ФРИДРИХ ДАННЕМАН

ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ В ИХ РАЗВИТИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

ТОМ I

ОТ ЗАЧАТКОВ НАУКИ ДО ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ

ПЕРЕВОД ВТОРОГО НЕМЕЦКОГО ИЗДАНИЯ
А. Г. ГОРНФЕЛЬДА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
М. Л. ЛЕВИНА И О. Ю. ШМИДТА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
МЕДИЦИНСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — 1932

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

IN IHRER ENTWICKLUNG UND IN IHRER ZUSAMMENHANGE

DARGESTELLT VON
FRIDRICH DANNEMANN

ZWEITE AUFLAGE
I BAND

ОТ РЕДАКЦИИ.

Естествознание, достигшее в наш век столь мощного развития, имеет длительную и замечательную историю. Изучение последней представляет огромный интерес и является необходимым не только для каждого естествоиспытателя, техника и врача, но и для экономиста, историка культуры, философа и педагога.

Исключительное значение приобретает история естествознания в нашей стране строящегося социализма в период небывалого в истории как по размаху, так и по быстроте и интенсивности развития производительных сил величайшего массива земного шара. Марксистско-ленинское изучение истории естествознания должно стать составной частью подготовки наших кадров научных работников, наших врачей, инженеров, педагогов.

Марксистско-ленинской истории естествознания еще нет. Имеются лишь буржуазные труды по истории естествознания, то более, то менее ярко проявляющие классовые установки и буржуазные предрассудки. Разработка марксистско-ленинской истории естественных наук — одна из очередных задач марксизма-ленинизма, как и соответствующая разработка истории техники.

Слабое знакомство с фактами истории естествознания сильно тормозит развитие диалектико-материалистической истории естествознания и находится в вопиющем противоречии с тем огромным интересом, который проявляют к истории естествознания наши молодые кадры.

Взаимодействие между классовой и в первую очередь экономической структурой общества и естествознанием, а также мировоззрением и естествознанием не могут решаться априорными рассуждениями, опирающимися на общие материалистические схемы, а должны быть прослежены в их конкретном историческом развитии. Познать современное состояние естественных наук — значит вскрыть социально-классовые корни, которые питали их в прошлом, вскрыть процесс их становления в зависимости от развития производительных сил общества и взаимодействия этого развития с самодвижением наук, обусловленного внутренней преемственностью их достижений.

Единственно научный, объективный метод, дающий ключ к пониманию борьбы между внутренними тенденциями эволюции естественно-научной мысли и реальными требованиями общественного развития, — это философия диалектического материализма, марксизм-ленинизм, — это метод исторического материализма. Только в свете учения, обоснованного гениальными произведениями Маркса, Энгельса и Ленина, учения, в основе которого лежит положение о том, что сознание определяется социальным бытием, столь блестяще оправдавшееся как в анализе движущих сил развития человечества в прошлом, так и в сознательном творческом их развитии в настоящем, — можно понять динамику эволюционного процесса естествознания.

Наш пролетарский Союз, воспитывающий не единицы, а миллионы истинных революционеров истории, в том числе и сознательных преобразователей науки, прилагает поистине героические усилия к внедрению в массы трудящегося народа диалектико-материалистического мышления, в частности — последовательно-материалистического естествознания. И если мы на фронте истории общества уже имеем достижения, по своей исторической значимости и своему научному весу далеко оставляющие позади буржуазную политическую историю, то в борьбе с буржуазными, классовыми предрассудками, в борьбе в первую очередь с идеалистической историографией, в области истории естествознания мы к сожалению еще сугубо мало сделали.

Предлагаемая вниманию наших молодых социалистических кадров книга научного сотрудника знаменитого „Германского музея образцовых великих произведений естествознания и техники" Фридриха Даннемана — сочинение немарксистское. Автор, подобно большинству буржуазных ученых, занимающихся историей естествознания, колеблется между материализмом и идеализмом. Книга Даннемана следовательно не может восполнить пробела в русской литературе в последовательно-материалистической истории естествознания в целом.

Однако, несмотря на упомянутый основной недостаток книги Даннемана, мы все же решили ознакомить с ней передовых рабочих нашей страны, в первую очередь учащуюся пролетарскую молодежь, с небывалым рвением отдающую ныне свои силы завоеванию науки, целиком поставленной на службу нашей великой социалистической стройки. Мы решили так потому, что популярное сочинение Даннемана обладает несомненно и крупными достоинствами, позволяющими рекомендовать его, как первое приближение

к тому знакомству с историей естествознания, потребность в котором как среди учащихся, так и преподавателей ощущается сейчас острее, чем когда либо.

„Четырехтомная история Даннемана", вышедшая первым изданием в 1910—1914 гг. — талантливая книга. Она может послужить толчком и отправной точкой для самостоятельной, опирающейся на марксистско-ленинскую методологию работы над историей естествознания.

Даннеман — наиболее известный в Германии популяризатор истории естествознания. Кроме упомянутого четырехтомного сочинения им написан еще ряд уже менее крупных работ, из них следует упомянуть его „Gründriss einer Geschichte der Naturwissenschaften" (1889) и удачно составленный популярный сборник отрывков из классических сочинений наиболее выдающихся естествоиспытателей, озаглавленный „Aus der Werkstatt grosser Forscher" 4 Aufl. 1922 (имеется на русском языке). Недавно появилось сокращенное издание его четырехтомной истории под названием: „Vom Verdèn der naturwisischer Probleme" (1928 г.). На русском языке имеется также изданный издательством „Матезис" (1913) сокращенная „История естествознания" и популярная брошюра „Как создавалась наша картина мира" (изд. „Образование", Петроград, 1915), очень поверхностная, а поэтому малоценная.

Большая эрудиция сочетается у Даннемана с уменьем выбрать из необозримого материала существенное и характерное. Живое изложение и уменье группировать материал — также несомненные достоинства книги.

Не будучи марксистом, Даннеман однако более других буржуазных историков естествознания понимает обусловленность развития наукп требованиями социальной структуры, в том числе и экономики, хотя последней он и не решается придавать основного значения, и таким образом часто впадает в субъективно-социологическую трактовку исторических процессов. В противоположность обычным историкам отдельных дисциплин естествознания, Даннеман все же не изолирует искусственно прогресса естественных наук от окружающей его материальной среды, не пытается также сводить их развитие только к внутренним тенденциям замкнутых в себе областей, не учитывает также и растущее взаимодействие между ними. В основном он, — будучи эклектиком, пусть и не всегда последовательно, — проводит материалистическое освещение развития науки в своих исследованиях и местами даже определенно выявляет материалистически-монистический взгляд на историю рас-

сматриваемой им науки. В этом нет ничего удивительного. История естествознания достаточно ярко вскрывает зависимость развития естественно-научной мысли от развития производительных сил, производственных отношений, от потребностей технически овладеть силами природы для того, чтобы заставить даже буржуазного историка, смотрящего на историю естествознания сквозь очки классовой и национальной ограниченности и предубежденности, говорить материалистической прозой, когда ему хотелось бы говорить языком идеалистической лирики.

Хотя Даннеман и сознает реакционное значение религии для прогресса науки, он, с другой стороны, все же не понимает объективной связи религии с классовыми интересами и тормозящее значение философского идеализма господствующих классов для развития науки. Не может он также отрешиться и от мещанского морализирования насчет абстрактных „высших", сиречь буржуазных ценностей, от обычной привычки трусливого немецкого филистера отмежеваться от „крайнего" материализма.

Мы не считали нужным вычеркивать те места, где автор соскальзывает в идеализм и вульгарную трактовку исторических фактов. Наша революционная молодежь, воспитываемая революционной теорией и практикой, достаточно грамотна, чтобы не попасться Даннеману на удочку. Лишь в некоторых существенных местах мы давали примечания с указаниями на ошибочные взгляды автора. Потребность в ускорении издания всех четырех томов также принудила нас на такое самоограничение.

По мере того однако, как Даннеман приближается к естествознанию новейшей истории, он все чаще теряет материалистическую перспективу, все больше выдвигая на первый план личность естествоиспытателя как таковую. Вот почему в последующих томах мы вынуждены делать больше примечаний, чем в этом первом томе. Кроме того к четвертому тому будет приложен список той новой литературы по естествознанию, которая появилась после выхода в свет книги Даннемана.

Перевод сделан с последнего немецкого издания А. Г. Горнфельдом и проверен тт. И. И. Аголом и С. А. Яновской. Окончательное редактирование и составление примечаний выполнено подписавшимися.

О. Ю. Шмидт.
Макс Левин.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.

Предлагаемая работа была закончена незадолго до войны. Прием, оказанный ей, был так благоприятен, что первый том разошелся уже во время войны. К сожалению ввиду чрезвычайных трудностей, с которыми пришлось бороться немецкому издательскому делу, второе издание не могло появиться непосредственно вслед за первым, так что в продолжение долгого времени всех томов не было в продаже.

Второе издание является не только дополненным, но существенно улучшенным, особенно с одной стороны. Так как один человек не может быть равно самостоятельным во всех областях знания, то на этот раз ко мне присоединилось несколько выдающихся исследователей. Особенно я обязан проф. Э. Видеману (Эрланген), проф. Липману (Галле) и проф. Вюршмидту (Эрланген). Я не только получил от них ряд многочисленных указаний, но они внимательно прочитали и всю корректуру книги. Большинство предложенных ими поправок и улучшений могло еще войти в текст. Другие более обширные изменения, предложенные ими, пришлось отложить до следующих изданий.

Посвящая эти первые три тома профессорам Видеману, Липману и Вюршмидту, я лишь в слабой мере выражаю мою благодарность. Я сознаю также, что их сотрудничество было вызвано прежде всего желанием сделать книгу более пригодной для пользования. Много дали мне многочисленные беседы по отдельным вопросам, равно как дружественные письма. Перечисление их заняло бы слишком много времени. Но я должен, особенно в связи с содержанием следующих томов, указать на помощь покойного д-ра Г. Бертольда, заслуженного исследователя новейшей истории наук. В моем распоряжении была его обширная библиотека, перешедшая к Мюнхенскому музею образцовых произведений естествознания и техники. Равным образом очень важным для нового издания книги оказалось частое личное общение с Бертоль-

дом, которому Баварская академия наук поручила составление издаваемой ею обширной истории физики [1].

Что же касается задач всей книги, то я должен повторить слова, предпосланные первому изданию. Живой интерес к истории наук проявляется в течение многих десятилетий. Чем яснее становится, что каждый шаг ставит перед разгадкой природы новые трудности, тем охотнее обращается взгляд назад, чтобы обозреть пройденный путь и почерпнуть в богатой сокровищнице прошлого науки новую надежду на дальнейшее проникновение в связь и совокупность естественных явлений. По мере того как деятельность отдельного исследователя ограничивается более узкой областью работы, все настоятельнее проявляется необходимость возможно чаще сосредоточивать внимание на совокупности научных знаний. Обозреть всю науку в ее нынешнем объеме совершенно невозможно. Но мы конечно можем представить ее целостность в историческом обзоре, выделяющем главные факты, связывающем их в единое целое и вызывающем более глубокое их понимание.

Ценным результатом исторического изучения является то, что оно охраняет от догматической односторонности, заставляя смотреть на науку как на нечто развивающееся и потому незавершенное. При этом приходится убеждаться также в том, что в прошлом развитии науки мы встречаемся с методами и приемами мышления, применяемыми и в наше время. Поэтому некоторые области современной науки едва ли можно изложить вне связи их с прежними исследованиями, представлениями и соображениями. Ввиду этого генетический метод изложения не только проник во многие учебники, но и появились многочисленные истории отдельных наук, причем изучение источников облегчено благодаря переизданиям часто трудно доступных старых трудов. Здесь надо напомнить об обширном замысле Оствальда. Его „Классики точных наук“ содержат в 195 томах основные работы из области математики, астрономии, физики, кристаллографии и физиологии.

Предлагаемая книга должна известным образом являться рамой для „Классиков точных наук“ Оствальда и показать, как отдельные области знания определялись в своем развитии взаимным влиянием. История науки есть прежде всего важная часть истории культуры. Поэтому ее можно понять лишь в том случае, если мы будем излагать ее в связи с историей культуры и с всеобщей историей. Вряд ли кто

[1] Бертольд не успел закончить эту работу. Она была передана впоследствии Герланду (до 1800 г.) и Вюршмидту (1800—1900 гг.).

пытался изложить историю развития естественных наук, исходя из этих точек зрения. Приступая к этому, отдельный исследователь должен заранее просить снисхождения. Разделение же труда среди многих сотрудников представлялось нарушающим цельность изложения.

Не только для историка, но и для специалиста по отдельной науке, для преподавателя, техника, врача и для каждого, глубже интересующегося естественными науками, очевидно чрезвычайно полезно иметь под рукой сочинение, пытающееся осуществить мысль, выраженную патриархом исторического исследования Леопольдом Ранке в V томе его „Немецкой истории". Ранке говорит здесь о том, как соблазнительно было бы когда-нибудь выяснить и оценить в рамках европейского развития вклад немцев в прогресс науки. „Такое исследование в сущности необходимо для всеобщей истории народа",—прибавляет Ранке [1].

Предлагаемый труд выходит за пределы задачи поставленной Ранке, так как он излагает историю точных наук во всем их объеме. К тому же в нем достигается и цель поставленная Ранке, так как невозможно изложить историю наук в Германии вне рамок общего развития.

Принимая это во внимание, мы должны видеть в естественных науках не только результат общей культуры, но и рассматривать естественные науки в их отношении к остальным наукам, особенно к философии, математике, медицине и технике; и здесь предстоит показать, как эти отрасли мышления и исследования обусловливали и влияли друг на друга.

От труда, ставящего себе эту задачу, нельзя ожидать полноты биографических и библиографических данных. Но эти данные, особенно библиографические, включены в книгу в таком объеме, что если она и не может служить справочником, то все же пригодна в качестве введения в изучение древнейшей и новой естественно-научной литературы. Ввиду этого последний том заканчивается подробными общими указателями: литературным, предметным и именным. Прочие томы содержат краткие указатели—предметный и именной.

История естественных наук—одна из младших отраслей исторического исследования, поэтому многое, особенно по отношению к более отдаленным эпохам, остается в ней невыясненным. Кое-что выяснилось лишь в последнее время в связи с успехами археологических и филологических

[1] Ссылка на националиста Ранке, расчитанная на буржуазного немецкого читателя, однако, не привела фактически к чрезмерному преобладанию немецкого материала в труде Ф. Даннемана. *Ред.*

исследований. Достаточно напомнить о ценных результатах, полученных нами благодаря открытию культуры древнего Востока и исследованию сокровищ арабской литературы. Правда, именно в этой области общие взгляды еще не установились в достаточной степени, и часто даже в важнейших вопросах мы встречаемся с противоречивыми суждениями. Вследствие этого для исследователя, желающего изобразить в связном изложении развитие естественно научных знаний в древние и средние века, возникают немалые трудности. Некоторые указания встретят согласие одних и возражения других. То же самое относится и к взглядам на взаимодействие и причины явлений, к которым нам пришлось притти. Однако эти обстоятельства со стороны не могли удержать меня от попытки дать общую картину и таким образом приступить к решению давно поставленной задачи, выполнение которой становится все более необходимым. Ибо лишь в общей картине получают свою подлинную ценность отдельные бесчисленные результаты исследования, тогда как, будучи разъединены, они часто представляются малоценными или даже совершенно лишенными значения.

Для оживления истории науки сделано до сих пор довольно мало. Лекции, широко охватывающие историю науки, читаются далеко не везде даже в больших университетах. Мало того в целом ряде высших учебных заведений нет никаких, даже частных исторических курсов, касающихся отдельных отраслей столь могуче разросшихся естественных наук, между тем как всюду читаются лекции по истории философии, искусства, литературы и т. д. Настоятельной необходимостью представляется учреждение в каждом высшем учебном заведении особой кафедры по истории естественных наук. Пока же их нет, работа, вроде предлагаемой, может служить подрастающему поколению научных работников до некоторой степени заменой университетского преподавания. Поэтому я с радостью приветствовал то, что отдельные университетские преподаватели указывали своим слушателям на всю важность более внимательного исторического изучения их науки. Так, профессор берлинского университета А. Шток пишет, что уже в течение нескольких лет он в своей вступительной лекции по экспериментальной химии рекомендует своим слушателям „Естественные науки в их развитии и взаимодействии". Есть стало быть надежда, что наш труд в новом издании, при содействии многих университетских преподавателей, выполнит свою задачу и в этом отношении.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Стр.

1. ПЕРВЫЕ РОСТКИ НАУК В АЗИИ И ЕГИПТЕ 13

Культура древних египтян (14). Математика и техника у египтян (18). Вавилоно-ассирийская культура (26). Математика вавилонян (30). Происхождение астрономии (31). Меры и весы (47). Зачатки металлургии и других химико-технических производств (49). Зачатки медицины (54). Первые естественно-научные знания (57). Древняя культура Южной и Восточной Азии (59).

2. РАЗВИТИЕ НАУК У ГРЕКОВ ДО АРИСТОТЕЛЯ 69

Зачатки греческого естествознания (70). Первая попытка объяснения природы из принципов механики (76). Начало идеалистического мировоззрения (81). Основание греческой механики (84). Зачатки греческой астрономии (93). Происхождение зоологии и ботаники (101). Первые шаги греческой медицины (105).

3. ВЕК АРИСТОТЕЛЯ 108

Аристотель (108). Аристотель как философ и его отношение к естествознанию (111). Основы механики Аристотеля (115). Зачатки акустики и оптики (118). Небо по Аристотелю (120). Основы физического землеведения и геологии (125). Четыре стихии Аристотеля (129). Основание зоологии (131). Аристотель о растениях (138). Теофраст и основание ботаники (140). Теофраст как основатель минералогии (147). Влияние и долговечность системы Аристотеля (149).

4. АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ ЭПОХА 152

Создание математической системы (154). Жизнь и значение Архимеда (157). Греческая математика достигает высшей точки своего развития в Архимеде и Аполлонии (161). Архимед развивает основные начала механики (168). Успехи оптики и акустики (170). Основы научной географии (172). Зачатки гелиоцентрического учения (176). Успехи измерительной астрономии (180). Зачатки научной картографии (184). Основание физики газов и жидкостей (186). Дальнейшие успехи механики (192). Научные основы геодезии (194). Описательное естествознание и медицина в Александрийскую эпоху (199).

5. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ У РИМЛЯН 201

Геодезия и астрономия у римлян (204). Инженерные сооружения (208). Литература в эпоху империи (211). Плиний (212). Источники Плиния (214). „Естественная исто-

рия" Плиния (217). Успехи анатомии и медицины (223). Ботаника как вспомогательная наука медицины (229). Взгляд римлян на природу у Лукреция и Сенеки (230). Химические знания и их применение (233).

6. ЗАВЕРШЕНИЕ АНТИЧНОЙ НАУКИ 234

Птолемеева система (235). Подсобные дисциплины для астрономии (240). Успехи географии (245). Дальнейшие успехи физики (250). Зачатки химии (256). Переход от древности к средним векам (266).

7. УПАДОК НАУК В НАЧАЛЕ СРЕДНИХ ВЕКОВ 269

8. ВЕК АРАБОВ 279

Математическая география и астрономия у арабов (285). Арифметика и алгебра у арабов (292). Распространение арабской науки (294). Оптика и механика у арабов (295). Химия в век арабов (301). Описательное естествознание и медицина (307).

9. НАУКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХРИСТИАНСКО-ГЕРМАНСКОЙ КУЛЬТУРЫ 313

Возрождение древней литературы (323). Альберт Великий (325). Роджер Бэкон (332). Крайности средневекового мышления (340). Естествознание в XIV столетии (342).

10. ВОЗРОЖДЕНИЕ НАУК 347

Науки в век гуманизма (350). Николай Кузанский (356). Леонардо-да-Винчи (358). Возрождение астрономии (367). Возрождение описательного естествознания (374).

11. КОПЕРНИК И ОСНОВАНИЕ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 377

Принятие и распространение гелиоцентрического учения (385). Астрономия и научная география (389).

12. ЗАЧАТКИ ВОЗРОЖДЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ 392

13. ЗАЧАТКИ НОВОГО ОБОСНОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ НАУК 415

Географические открытия и описательное естествознание (415). Обновление ботаники (418). Обновление зоологии (426). Возрождение анатомии (429). . . . . .

1. ПЕРВЫЕ РОСТКИ НАУК В АЗИИ И ЕГИПТЕ.

Первым естественно-научным и математическим системам, возникшим в эпоху расцвета духовной жизни Греции, предшествуют неизмеримые периоды времени, в течение которых отчасти случайно, отчасти имея определенную цель, накоплялись простейшие размышления и наблюдения— основы всякой науки; они накоплялись, но редко подвергались оценке, отбору и записи. Поэтому относящиеся к этой эпохе документы в высшей степени скудны, так что корни естественных наук, как и многих других проявлений духовной деятельности человека, теряются в сумраке доисторических эпох. Несомненно однако, что искать эти корни приходится не в Греции, где мы встречаемся с первыми законченными научными системами.

В долинах Нила и Ефрата, древнейших центрах культуры, развивались и первые зачатки знания, возвышающиеся над результатами поверхностного наблюдения и наивного созерцания. Вследствие соприкосновения возникших в Египте и в Азии элементов, вспыхнула впоследствии прометеева искра, дремавшая в греках. Им не только удалось усвоить эти элементы, но и обозначить их собственными исследованиями и насадить древо познания, которое после продолжительного периода засухи выросло в могучий ствол, от которого по преимуществу и исходят важнейшие блага современной культуры.

Развитие естественных наук с древнейших времен шло рука об руку с математическим мышлением. И в этом отношении первые движения мысли ведут к египтянам и вавилонянам. Если раньше в отношении этих обоих народов мы располагали лишь сохранившимися в литературе и отчасти весьма сомнительными сообщениями, то наш век, после многих тысячелетий удаливший мусор, скрывавший развалины Египта и Месопотамии и раскрывший тайну древнейших письмен, вывел на свет из тьмы забвения историю знания и даже быт этих древнейших народов.

Правда, на востоке и юге Азии культура возникла быть может так же рано, как и культура, расцветшая в долинах

Нила и Ефрата. Тем не менее истории всех точных наук приходится очень мало считаться с Индией и Китаем, так как население этих стран жило очень замкнуто и потому имело ничтожное влияние на развитие естественно-научных знаний в Передней Азии и Европе.

Культура древних египтян.

Обратимся поэтому прежде всего к египтянам—народу, создавшему вероятно древнейшую в мире литературу и давшему первые математические, естественно-научные и медицинские знания. Греческое предание, согласно которому египтяне переселились в долину Нила с юга, из Эфиопии, отвергнуто новейшими антропологическими и археологическими исследованиями [1]. Наоборот, мы должны скорее предположить, что древние египтяне были протосемитского происхождения, т. е. родственны вавилонянам [2]. На это указывают не только особенности языка, но и то обстоятельство, что культура в Египте [3] распространялась по направлению от устья к верховьям Нила.

Плодородная полоса земли, тянущаяся по пустыне вдоль обоих берегов Нила и образующая собственно Египет, под властью духовно более одаренных пришельцев оказалась в высшей степени пригодной почвой для развития высокой культуры. Сперва эта культура расцвела в Мемфисе, в стенах которого отдавалось много сил занятиям науками и художественному творчеству. Но высшего расцвета она достигла после основания Нового царства со столицей в Фивах (около 1600 г. до н. э.). Вблизи обеих столиц возвысились в пустыне монументальные усыпальницы, столь успешно выдержавшие смену времен, что благодаря новому археологическому исследованию, как говорит один из его главных представителей [4], понемногу встает весь древний Египет, являясь в полном свете истории, так что люди этой отдаленной эпохи получают для нас ту же реальность, как и древние греки и римляне.

---

[1] Сродство египетского языка с семитическим установлено главным образом Эрманом, сравнившим древнейшие глагольные формы и нашедшим многочисленные черты сходства. Что древнеегипетский тип сильно отличается от негритянского, доказано Вирховым путем исследования мумий фараонов.

[2] См. Wisdeman, Aegyptische Geschichte, 1884, S. 22, а также E. Meyer, Geschichte des Altertums, Bd. I, 1909, S. 44.

[3] Подробности о названии и географии древнего Египта см. Paulys, Realencykl. d. klass. Altertumswiss., Bd. I., S. 978.

[4] G. Maspero, Geschichte d. morgenländischen Völker im Altertum. Leipzig, 1877, S. 63.

Вплоть до XIX в. в главнейших вопросах приходилось довольствоваться сообщениями греческих и римских писателей. Правда, в Европу доходили многочисленные документы, покрытые египетскими иероглифами. Однако понимание этих письмен, равно как возникших из их сокращения иератических и демотических алфавитов [1] было утеряно с конца III в. вследствие победоносного проникновения в страну христианства. Над их расшифрованием трудились уже в XVII столетии [2].

Расшифровать их удалось лишь тогда, когда вслед за египетским походом Наполеона было предпринято археологическое исследование долины Нила. Первостепенную важность имело открытие нескольких высеченных на камне указов, каков например Розеттский (1779). Это — базальтовая таблица (ныне хранящаяся в Британском музее), содержащая одно и то же правительственное извещение (от 197 г. до н. э.) на трех различных языках: один из текстов дан на древнеегипетском языке и начертан иероглифическими письменами; из переводов один дан на народном языке и в соответственных ему демотических письменах, другой — на греческом языке и греческим алфавитом. Величайшей заслугой Шампольона, основателя египтологии, является их расшифрование. Среди продолжателей его надо прежде всего назвать Лепсиуса, руководителя прусской экспедиции по исследованию памятников Египта (1842—1845). Он открыл составленный на двух языках „Канопский декрет" (238 г. до н. э.), уясняющий нам времяисчисление древних египтян. К надписям на камнях присоединились в большом количестве тексты на папирусе, коже и глиняных черепках. Равным образом найдены в пределах Египта и клинообразные надписи (в Тель-эль-Амарне).

Основанию первой египетской династии Меной (Менесом), относящемуся приблизительно к 3300 г. до н. э., очевидно предшествовали продолжительные периоды спокойного развития, так как уже в эпоху первых династий, которых в египетской истории до начала греческого господ-

[1] Так например из знака совы  , обозначающего в иероглифическом письме звук *m*, возникли знаки  (иератический) и наконец  (демотический). Демотическими письменами пользовались в греко-римское время особенно в письменных сношениях.

[2] Например Атаназиус Кирхер (1601—1680), имеющий также заслуги в области естественных наук (см. ниже в других частях этого сочинения).

ства насчитывается тридцать, мы встречаемся с высокоразвитой культурой. Об этом свидетельствуют как сохранившиеся архитектурные памятники, так и письменные сообщения этого периода. Так, воздвигнутые в эпоху четвертой династии фараонами Хуфу, Хафра и Менкера великие пирамиды не только представляют собой истинные чудеса строительного искусства, но и вся конструкция этих, возникших в IV в. до н. э. памятников, указывает на астрономические и математические познания, которые очень трудно предполагать в столь древние времена. Так например все четыре ребра пирамид обращены точно к главным странам света, между тем как угол, образуемый их сторонами с основанием, мало или совсем даже не отклоняется от 52—факт, который, как мы увидим в дальнейшем, указывает на основные познания в области тригонометрии и учения о подобии.

Равным образом и то обстоятельство, что уже за тысячу лет до Менеса, а именно в 4241 г. до н. э., начали вычислять время по усовершенствованному календарю, говорит за то, что египтяне были культурным народом в те времена, когда повсюду на поверхности земли, не исключая Вавилонии, царил еще мрак доисторических времен [1].

То, что расположение древнеегипетских сооружений часто определялось с астрономических точек зрения, доказывает положение многих храмов. Так, английским астрономом Локаером был открыт храм, главная ось которого направлена к восходу Сириуса, являвшегося для египтян божеством [2]. По Локаеру ось другого храма обращена к точке солнечного заката в период летнего солнцеворота. Вследствие громадной длины здания солнечные лучи лишь в этот единственный момент в течение всего года могли проникать насквозь через весь храм. Таким образом храмы являлись астрономическими обсерваториями, дававшими возможность более точно определять длину года [3].

Памятники египетской архитектуры дают также возможность установить, в какую эпоху обитателям долины Нила

---

[1] E. Meyer, Geschichte des Altertums, 1909, Bd. I, S. 54. См. также ниже в этом томе.

[2] Ztschr. d. deutsch. morgenlen. Gesellschaft. 1904, S. 386.

[3] По Ниссену и Локаеру. См. статью Шарлье в Zschr. d. morgenlen. Ges. 1904, 386 и сл.

То же повторялось впоследствии и в древнейших христианских церквах. Затем их ось принято было направлять к той точке горизонта, в которой заходило солнце в престольный день данной церкви. Шарлье пытается таким образом установить астрономическим путем время сооружения церквей.

стало известно вавилонское разделение круга на шесть частей. Дело в том, что вплоть до эпохи восемнадцатой династии мы встречаемся лишь с орнаментами, основанными на четвертичном делении круга. С девятнадцатой династии как орнаменты, так и колесные спицы указывают на разделение круга на шесть частей. Между тем известно, что в эпоху, когда Передняя Азия сделалась данницей египтян, ко двору фараонов приходили дары, на которых мы встречаем деление круга на шесть и двенадцать частей [1]. Таким образом мы можем на этом примере проследить, какими путями научные познания передавались от народа к народу.

Чрезвычайно раннему применению письмен соответствует то, что уже древнейшие династии собирали документы. В третьем тысячелетии до н. э. уже имелись особые служащие, заведывавшие библиотеками. Мало того один из сыновей Менеса, основателя первой династии, упоминается в качестве составителя медицинских сочинений [2].

Египетское образное или иероглифическое письмо выступает на древнейших египетских памятниках, как нечто уже совершенно готовое. Очевидно оно есть результат продолжительного доисторического развития. Это письмо давало возможность обозначать не только предметы, но и абстрактные понятия и глаголы. Без сокращений и упрощений мы находим иероглифы [3] лишь на каменных памятниках, тщательно обработанные поверхности которых поражают каждого наблюдателя.

Для повседневного употребления иероглифические знаки были впоследствии упрощены до такой степени, что их первичную форму почти невозможно узнать.

Однако памятники письменности, добытые из гробниц и храмов в Мемфисе и Фивах, дают нам возможность составить довольно точное предетавление не только о событиях, одежде и обычаях, но и о науке этой эпохи. С уверенностью можно утверждать, что уже во времена Древнего царства в Египте существовала обширная литература. Как явствует из одной надгробной надписи в окрестностях Гизех, один сановник, живший около 2200 г. до н. э., носил

---

[1] M. Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, Bd. I, 1880, S. 59.

[2] G. Maspero, Geschichte der morgenländischen Völker, im Altertum. Перевод R. Pietschmann. Leipzig, 1877. S. 54

[3] В расшифровке их огромные заслуги принадлежат сначала Томасу Юнгу, а затем Шампольону.

звание „правителя книжного дома“ [1]. Однако из этой древнейшей литературы сохранились лишь очень незначительные фрагменты. Наряду с сочинениями религиозными и морально-философскими в этой литературе были также работы по астрономии, математике и медицине, составившие основу более полных позднейших египетских памятников, дошедших до нас.

Высшей точки своего развития египетская культура достигла около 2000 г. до н. э. В эту эпоху Египет стал великой державой, победоносно вторгшейся в Переднюю Азию и вступившей в тесное общение с Вавилонским царством. Между фараонами и вавилонскими царями, равно как и с азиатскими вассалами, возникла даже оживленная переписка. Это доказывается найденными в большом числе в 1888 г. в Египте [2] глиняными табличками с клинообразными надписями, составляющими ныне драгоценнейшее достояние Каирского, Лондонского и Парижского музеев.

Математика и техника у египтян.

В Египте,—говорит Аристотель (Метафизика, I, 1),—возникла наука математики, ибо здесь жрецы располагали необходимым для этого досугом. Наоборот, согласно рассказу Геродота (II, 109), необходимость изобрести геометрию вытекла у египтян из того обстоятельства, что границы их земельных владений ежегодно смывались наводнениями Нила и потому требовали для своего восстановления землемерного искусства. Правильны или неправильны эти сообщения греческого историка, во всяком случае геометрия древнейших культурных народов возникла под влиянием жизненных потребностей. Тот взгляд, согласно которому она возникла из идеалистических стремлений, мог бы быть справедливым лишь для позднейших ступеней развития [3,4].

За почтенный возраст египетской математики говорит и происходящий из Египта древнейший памятник этой науки представляющий собою нечто вроде практического руководства составленного около 1800 г. до н. э. и содер-

---

[1] Lepsius, Denkmäler. II, 50.

[2] В Тэль-эль-Амарне в Среднем Египте.

[3] H. Hankel, Entwicklung der Mathematik in den letzten Jahrhunderten, Tübingen. 1869.

[4] Автор, справедливо отвергая идеалистическое объяснение возникновения науки, не решается до конца отрицать его для дальнейшего развития. Эта уступка автора „общественному мнению“ буржуазной Германии однако в основном осталась чисто словесной, не определив собою дальнейшего изложения. *Ред.*

жащего наряду с многочисленными арифметическими задачами, в которых применяются уже дроби, также первый опыт изучения арифметических и геометрических прогрессий, определение площадей простейших фигур, необходимое для установления границ сельских участков, а также определение объема зерновых вместилищ[1]. В этом папирусе идет речь даже об определении площади круга, что достигается построением квадрата на диаметре, укороченном на $^1/_9$. Отсюда получается удивительно близкая величина для $\pi=3{,}16$ (вместо 3,14).

Показательны слова, которыми Ахмес начинает свое руководство. Они гласят: „Руководство к достижению познания всех темных вещей и тайн, содержащихся в предметах". Эти слова вызывают в памяти пифагорейцев, выступивших полторы тысячи лет спустя и видевших в числе и мере действительные, таинственно дремлющие в вещах существа. О чрезвычайной древности математики в Египте можно заключить также из того, что Ахмес в своем введении прямо говорит, что составил свою книгу по старым сочинениям, возникшим при одном из прежних царей. Эти сочинения, как явствует из этого указания, приблизительно на 500 лет старше книги Ахмеса и со своей стороны предполагают продолжительный промежуток времени, в течение которого изложенные здесь знания медленно развивались, не будучи закреплены письменно.

Так как счет возник из жизненных потребностей, то не подлежит сомнению, что сначала считали именованными числами и лишь впоследствии перешли к отвлеченным числам. Как показывает папирус Ринда, счет отвлеченными числами уже в XX в. до н. э. стоял на высоте, которую никак нельзя было себе представить до знакомства с этим важным памятником [2].

Ахмес предполагает счет целыми числами известным; в своих задачах он применяет дроби и занимается главным образом тем, что мы теперь называем правилом товарищества. Он пользуется только дробями, имеющими числителем единицу. Такую дробь он изображает, ставя над величиной знаменателя точку. Всякая другая дробь изображается как

---

[1] Папирус Ринда, хранящийся в Британском музее в Лондоне и заключающий сочинение, составленное писцом Ахмесом для царя гиксов Ра-а-ус. Сочинение это относится к 1700—2000 г. до н. э. Памятник издан в немецком переводе с объяснениями Эйзенлора (Лейпциг, 1877). Подробное изложение и разбор его содержания см. M. Cantor, Vorlesungen über Geschichte det Mathematik, 1880, Bd. I, St—19—52.

[2] J. Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. I, S. 52.

сумма дробей, имеющих числителем 1. Так например $^2/_5$ изображаются посредством $^1/_3$ и $^1/_{15}$, которые поставлены рядом друг с другом без знака сложения. Ахмес ставит во главу угла изображение любой дроби посредством дробей с числителем 1.

Для превращения дробей с числителем выше единицы в сумму дробей с числителем 1 Ахмес дает таблицу дробей [1] вида $\frac{2}{2n+1}$ (*n*=1, 2, 3... 49). Дроби с высшим числителем разлагаются на сумму одноименных дробей. Над такими суммами дробей производятся четыре арифметических действия.

Многие задачи, приводимые Ахмесом, являются уравнениями первой степени с одним неизвестным. Последнее носит наименование к у ч а. Так один пример гласит: „Куча, ее $^2/_3$, ее $^1/_2$, ее $^1/_7$, ее целое, всего в них 33". В нынешнем изображении это имеет вид: $^2/_3x+^1/_2x+^1/_7x+x=33$. Для определения *x* величина $(^2/_3+^1/_2+^1/_7+1)$ умножается до тех пор, пока получится 33. Приведем еще пример, относящийся к задачам на правило товарищества. Он гласит: „Разделить 700 хлебов между четырьмя лицами: $^2/_3$—одному, $^1/_2$—другому, $^1/_3$—третьему, $^1/_4$—четвертому". Выраженная в виде уравнения задача в знаках нынешней арифметики имела бы вид: $^2/_3x+^1/_2x+^1/_3x+^1/_4x=700$. Величина *x* определяется затем согласно следующему наставлению: „Сложи $^2/_3$, $^1/_2$, $^1/_3$ и $^1/_4$; получается $1+^1/_2+^1/_4$. Раздели затем 1 на $1+^1/_2+^1/_4$; будет $^1/_2+^1/_{14}$. Возьми теперь $^1/_2$ и $^1/_{14}$ от 700; это даст 400 (величина *x*).

Кроме иероглифа, обозначающего искомую величину (наш x), древние египтяне имели еще несколько математических знаков. Например знак, изображающий шагающие ноги, служил, смотря по направлению, знаком сложения или знаком вычитания. Был также знак равенства. Известно было уже и понятие корня. Еще недавно предполагалось, что древние египтяне не располагали этим понятием, но не так давно опубликованы фрагменты папирусов (относящиеся к эпохе двенадцатой династии), где мы находим указание, что $\sqrt{16}=4$, $\sqrt{6^1/_4}=2^1/_2$ и $\sqrt{1\,9/16}=1\ ^1/_4$ [2]. Наоборот приемы извлечения корня по всем вероятиям развились лишь в школе пифагорейцев, когда приходилось иметь дело с большими квадратными числами, множитель которых не был явствен на первый взгляд, но прежде всего, когда приходилось определять согласно пифагоровой теореме

[1] Eisenlohr. Ein mathematisches Handbuch der alten Ägypter (2. Ausgabe). S. 46—48.

[2] Шак в 38 и 40 томах Zeschr. f. ägyptische Sprache.

гипотенузу по катетам. Затем мы встречаем следующие уравнения:

$$2^2 + (1^1/_2)^2 = (2^1/_2)^2$$
$$6^2 + 8^2 = 10^2.$$

Наконец известны свитки, относящиеся приблизительно к 2000 г. до н. э., где мы находим наставление, как определять направление стен при постройке храмов. Способ определения заключался в „натягивании веревки": веревку разрезали на части, относящиеся друг к другу как 3 : 4 : 5, и строили из этих отрезков треугольник для того, чтобы получить искомый прямой угол. На этом основано мнение, что пифагорова теорема по всем вероятиям восходит к египетским влияниям [1].

Чрезвычайно искусны были египтяне, как следует из руководства Ахмеса, также в решении задач, приводящих к применению арифметических и геометрических прогрессий. Здесь также некоторые примеры ознакомят нас с первыми шагами в этой области. Ахмес предлагает разделить 100 хлебов между 5 лицами в арифметической прогрессии так, чтобы первые два лица, получающие наименьшую долю, получили в общем $^1/_7$ того, что достанется трем остальным лицам. Ахмес сперва принимает наименьшую долю равной 1 и затем говорит, не обосновывая этого: „Сделай, как надо, разницу равной 5½". Так он получает арифметическую прогрессию: 1, 6½, 12, 17½, 23 Этот ряд, правда, удовлетворяет условию, что сумма первых двух членов должна быть равна $^1/_7$ суммы трех последних, но вместо данных ста единиц ряд этот содержит лишь 60; так как однако 100 в $1^2/_3$ раза больше 60, то Ахмес исправляет неправильное, но лишь предварительное вычисление, умножая каждый член прогрессии на $1^2/_3$. Таким образом он находит совершенно соответствующий всем условиям ряд $1^2/_3$, $10^5/_6$, 20, $29^1/_6$, $38^1/_3$.

При решении другой задачи замечаются уже проблески знакомства с формулой суммирования геометрической прогрессии [2]. Определяется сумма пяти первых степеней семи: $7 + 49 + 343 + 2\,401 + 16\,807 = 19\,607$. Это производится не только посредством сложения, но Ахмес находит произведение 2 801 на 7. Последний прием поразительно совпадает с формулой суммы $S = \frac{a^n - 1}{a - 1} \cdot a$, ибо в данном случае $\frac{a^n - 1}{a - 1} \cdot a = \frac{7^5 - 1}{6} \cdot 7 = 2\,801 \cdot 7$.

[1] Кантор в Arch. f. Math. u. Physik, Bd. VIII, 1904.
[2] Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, Bd. 1, 1880, S. 37.

Широко распространена была у египтян, как у греков и прочих народов древности, счетная доска (абак). Числа на ней писались или обозначались камешками, палочками или другими знаками [1].

Если затем обратить внимание на чудеса инженерного и строительного искусства, созданные древними египтянами, равно как на упоминаемые Геродотом познания их в геодезии, то надо признать, что геометрия у этого народа также широко применялась, как и арифметика.

В высшей степени вероятно, что и для геометрии существовали такие же руководства, какими мы располагаем благодаря счастливому случаю в сочинении Ахмеса по арифметике. К сожалению до сих пор еще не открыто папируса, посвященного исключительно геометрии. Тем не менее руководство Ахмеса оказалось также ценным источником для сведений о геометрических познаниях египтян [2]. Мы упоминали уже о способе, применявшемся для определения площади круга. Приведем здесь пример вычисления площади треугольника. Речь идет о равнобедренном треугольнике, стороны которого равны 10, а основание 4 единицам длины. „Половину четырех надо умножить на десять; это будет его площадь". Таково решение у Ахмеса [3]. Мы не находим у Ахмеса обоснования этого способа, который правда не дает правильного решения, но так как основание относительно невелико, он дает решение, лишь незначительно отступающее от истины. В основании его решения лежит формула $\frac{b}{2} \cdot a$ (рис. 1), между тем как правильная формула была бы $\frac{b}{2}\sqrt{a^2 - \frac{b^2}{4}}$. Последняя приводит таким образом к извлечению квадратного корня,— приему, нигде не упоминаемому Ахмесом и по всем вероятиям и неизвестному ему, так что нам и не приходится ожидать от него точного определения площади [4].

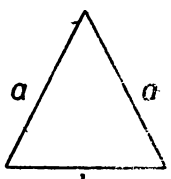


Рис. 1.

---

[1] Подробности о дошедших до нас экземплярах абака и приемах счета на нем см. Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik Bd. I, S. 43—45, 109—112 и сл.

[2] Cantor, Bd. I, S. 46.

[3] Eisenlohr, Papyrus, S. 125.

[4] По отношению к вычислению площади треугольника должно иметь в виду гипотезу, предлагаемую Симоном в его Geschichte der Mathematik im Altertum (1909). Он полагает, что здесь речь идет не о равнобедренных, а о прямоугольных треугольниках.

В тех случаях, когда представлялась необходимость измерить менее простые фигуры, египтяне прибегали к разделению их посредством вспомогательных линий. Так, найдены древние рисунки, где трапеция разлагается на части разнообразными способами (рис. 2).

В орудиях и орнаментах, покоящихся на разделении круга, мы находим деления его как на четыре и восемь, так и на шесть и двенадцать секторов, тогда как делений на пять и десять секторов мы не встречаем [1]



Рис. 2. Геометрические элементы в древнеегипетских орнаментах.

В эпоху Среднего царства египтяне были до известной степени знакомы не только с определением площадей и объемов, но и с исчислением отношений и свойствами углов. По всем вероятиям им уже очень рано было известно построение прямоугольного треугольника из сторон, относящихся друг к другу, как 3: 4: 5, хотя они пришли к этому не путем математического умозаключения, а путем практики [2].

Для объяснения величайшей точности, которую мы встречаем в пирамидах не только в отношении размеров всего сооружения, но и в обработке отдельных камней, должно предположить у древних египтян уже некоторое знакомство с основами теории подобия и тригонометрии. В этом убеждают также главы, посвященные в руководстве Ахмеса сооружению пирамид. Здесь мы находим выражение Segt. [3], вероятно обозначающее отношение половины высоты к боковому ребру пирамиды, т. е. соответствующее косинусу угла, образуемого этими двумя линиями. Как руководители работ, так и каменотесы должны были неизменно держать в памяти это или подходящее соотношение, так как иначе невозможно объяснить точное согласование углов, образуемых ребрами пирамиды с поверхностью земли.

При виде этого раннего развития геометрии удивительным кажется то обстоятельство, что у египтян не развилось искусство перспективного рисования, как это явствует из их барельефов и стенных картин, дошедших в таком изобилии и в столь превосходном состоянии до нашего времени.

Руководство Ахмеса доказывает, что уже за 2000 лет до н. э. математика стояла в Египте на чрезвычайно высокой

---

[1] Cantor, Vorlesungen über Geschichte d. Mathematik, Bd. I, S. 59.

[2] Ibidem, Bd. I, S. 59. См. также стр. 15.

[3] Cantor Geschichte d. Mathematik., Bd. I, S. 52, а также Eisenlohr, loc. cit. S. 135 (Anm. 3).

ступени развития. При этом надо еще имет в виду, что в памятнике этом замечен ряд ошибок, наводящих на предположение, что здесь мы имеем дело лишь с работой ученика. От математики египтян отправлялись вначале греки. Египетское учение о дробях с числителем, равным 1, можно проследить и в эпоху арабов вплоть до немецкого средневековья. Затем методы доказательств Евклида, которые приняты и доныне, также следуют египетским образцам [1].

Как в области наук, так и в области техники, достижения египтян являются основой дальнейшего развития. Рассматривая созданное ими в этой области, можно с полным основанием говорить об инженерной технике и инженерной механике уже у древних египтян [2].

Вызванные сходными условиями, эти отрасли человеческого творчества возникли у обитателей Месопотамии, чтобы затем в дальнейшем развитии у греков и римлян создать поразительнейшие произведения.

Инженерная техника возникла в непрестанной борьбе человека со стихиями природы и вследствие его стремления не только удержаться под натиском этих стихий, но и подчинить их себе. Самые ранние задачи инженерной техники касались воды во всех ее формах и проявлениях. Посредством искусственного орошения удалось египтянам и вавилонянам сделать свои страны житницами древнего мира. Параллельно заботе и пренебрежению к созданным для этой цели сооружениям возвышалось и падало значение этих стран и их обитателей. Так как в нижнем течении Нила, равно как и в Месопотамии, почти не бывает дождей, то земледелие в этих местностях могло совершенствоваться лишь по мере создания сложной системы плотин и каналов, приспособленных к колебаниям количества речной воды.

Совершенно иного рода задачи возникли уже в древности перед инженерным искусством в связи с усилиями использовать воду как средство сообщения, т. е. создать водные пути. Величайшим сооружением, которое мы находим в этой области в древнем Египте, является устройство водного пути между Средиземным и Красным морями. Принято смотреть на идею и осуществление этого проекта, как на нечто относящееся к нашему времени. И однако как замысел, так и выполнение его известны в далекой древности Уже в эпоху

---

[1] Tropfke, Geschichte d. Elementarmathematik, Bd. I, S. 74.

[2] C. Merkelh, Die Ingenieurtechnik im Atlertum. Berlin J. Springer, 1899. С этим большим трудом связана другая работа Меркеля „Bilder aus der Ingenieurtechnik", в серии Тейбнера „Aus Natur u. Geisteswellt" Bd. 60, 1904.

Рамзеса II, около 1300 г. до н. э. существовал канал, соединявший среднее из небольших, расположенных на Суэцком перешейке, озер с рукавом Нила, протекающим приблизительно в 70 км - на запад. Что было естественнее мысли продолжить его по направлению к Красному морю и таким образом соединить два мировых моря хотя бы при посредстве реки? При Птоломеях и арабах этот водный путь поддерживался в хорошем состоянии соответственно его значению Лишь с VIII века н. э. канал исчез; впрочем он и не удовлетворял бы возросшее позднейшее мировое сообщение благодаря географическим открытиям эпохи Возрождения.

Просто загадочными представляются технические достижения древнего Египта там, где речь идет о передвижении громадных тяжестей. На большие расстояния передвигались каменные глыбы, вес которых доходит до 300—400 т. Поднятие обелиска, высеченного из цельного куска гранита, имеющего до 30 м. в высоту, весом около 300 000—400 000 кг. представило бы большие трудности даже для нынешней техники [1]. О выполнении этого предприятия можно судить лишь предположительно. Не подлежит однако никакому сомнению, что при этом пользовались также и машинами. Правда, в древности колоссальные армии рабов заменяли в известной степени машины. Этого однако недостаточно для объяснения таких достижений. Над рабами должны были стоять образованные руководители, знакомые хотя бы только эмпирически с конструкцией и применением механических орудий.

Рано знакомы были египтяне также и с обработкой металлов. В эпоху Менеса (3300 г. до н. э.) имела уже значительное распространение медь. Она добывалась главным образом на Синайском полуострове. Серебро и железо были также известны очень рано.

Приблизительно до 3000 г. египтяне употребляли чистую медь, начиная с этого времени они уже умели сплавлять медь с оловом.

Первым металлом, который узнали и научились обрабатывать народы древнего мира, было без сомнения золото. Месторождением его у египтян являлась главным образом гористая местность между Нилом и Красным морем. Аравия также была богата золотом. Вероятно и Соломонову страну

---

1 Известно, с каким трудом удалось установить на площади перед собором св. Петра в Риме при помощи многочисленных кранов и сложных блоков гелиопольский обелиск. Этот обелиск представляет собой монолит весом свыше 300 000 кг. Подробности см. у Бека в его „Beitrerge zur Geschichte des Maschinenbaus“ Berlin 1899, S. 192.

золота—Офир—следует искать на побережье Красного моря [1].

Характерной чертой египетской культуры является ее преимущественное устремление к удовлетворению непосредственных практических потребностей. У древних египтян высоко стояла медицина. Они были искусны в геодезии и арифметике, а также хорошо ориентировались в небесных явлениях, но в отличие от вавилонян были однако далеки от гадания по движению светил.

Вавилоно-ассирийская культура.

Гораздо позже, чем культура древних египтян, выяснена на основании археологических обследований их страны культура вавилонян. И здесь остатки, нагромождённые или засыпанные среди развалин погибших городов, дают гораздо более достоверные и ценные сведения, чем дошедшая до нас литература, касающаяся вавилонян.

Древнейшим народом Месопотамии, известным нам, являются сумеры. Предполагается, что они принадлежали к монгольской расе в широком смысле слова [2]. Таким образом между древнейшей восточноазиатской культурой и первичной культурой Передней Азии существовала известная связь. Зачатки этой культуры обычно относят к пятому тысячелетию до нашей эры.

Около 3000 г. до н. э. народ семитического происхождения проник в Месопотамию. Вплоть до этого времени мы располагаем письменными документами, ничего правда не сообщающими о вторжении [3]. Как и в Египте, здесь возникли сперва небольшие государства, впоследствии объединенные в одно целое. Древнейшим царем объединенной Вавилонии называют жившего около 2200 г. до н. э. Гаммураби.

Как впоследствии в Европе латинский язык, так в Передней Азии долгое время сохранялся и применялся для научных целей язык более древнего культурного народа—сумерийский. Раннее высокое развитие духовной жизни в Вавилонии явствует из того, что народ ее уже в конце

[1] Подробное изложение древнейшей истории металлов имеется в приложении к „Алхимии" Липмана. Здесь указывается, что уже в каменном периоде в Египте изготовлялись медные сосуды. Серебро и железо стали известны лишь позже.

[2] Происхождение сумеров спорно. Несомненно они не принадлежат к семитической расе и уже до 3000 г. до н. э. достигли высокой ступени культуры и между прочим располагали развитой системой письмен (клинописью).

[3] См. „Der alte Orient", I, изд. Немецкого переднеазиатского общества.

третьего тысячелетия до н. э. занимался грамматическими исследованиями, важными юридическими вопросами и прежде всего внимательным изучением небесных явлений. Что сношения вавилонского царства простирались вплоть до Египта, доказывается вышеупомянутыми, относящимися к XVI в. до н. э. тель-эль-амарнскими [1] раскопками, в которых находятся письма царя Вавилонии к египетскому фараону Аменофису IV. Наряду с вавилонским и египетским царствами в Малой Азии существовало также царство хеттов (хатти) [2]. Новые археологические исследования доказали равным образом наличие тесных сношений между Грецией и древним Востоком. Посредниками являлись главным образом финикияне, до 1300 г. до н. э. владевшие Критом и господствовавшие в это время на Эгейском море. В 1300 г. до н. э. ассирияне завоевали Месопотамию. Они подняли благосостояние страны посредством обширных обводнительных сооружений, о которых сообщает нам Геродот [3]. Не меньшее внимание уделялось науке. Особенно со времени ассирийского царя Ассурбанипала, или Сарданапала (VII в. до н. э.), астрология развивалась до астрономической науки, опирающейся на непрерывные и точные наблюдения. С открытием библиотеки этого царя удалось познакомиться также с обширным вавилонским сочинением по астрологии, служащим с тех пор важнейшим источником наших знаний об астрономической науке древней Вавилонии [4].

---

[1] Тель-эль-Амарна—местность между Каиром и Фивами, где найдено большое количество клинописных таблиц. Часть их хранится в Музее переднеазиатских древностей в Берлине. В одном из писем (около 1400 г. до н. э.) встречается первое упоминание об Иерусалиме. В берлинской коллекции имеется также много таблиц, относящихся к древнейшей эпохе Вавилонии (3000 г. до н. э.) Когда эти таблицы были найдены, письмена на них не были видны вследствие накопившихся на них отложений. После применения различных приемов очистки они выступили с полной ясностью. Достоин упоминания также сумерийско-вавилонский словарь. Из тель-эль-амарнских таблиц в Берлин попало около 200; ценнейшие из них находятся в Лондоне. См. также C. Niebuhr, Die Amarna-Zeit, „Der Orient", 1, 2 Heft, Berlin, 1899.

[2] Памятники хеттской письменности найдены в северной Сирии и в Богаз-Кири (Каппадокия). Они являются частью берлинского собрания переднеазиатских древностей. Хетты сделали многое в области металлургии. Представляется вероятным, что металлургические познания, например способ получения железа, заимствованы Египтом и Вавилонией от них.

[3] Подробности об этом, равно как о водных сооружениях прочих древних народов (китайцев, греков, римлян), см. Merkel Die Ingenieurtechnik des Altertums.

[4] F. X. Kugler, Sternkunde und Sterndienst in Babel, Münster, 1907. Содержание астрологических клинописных документов изложено в III томе лондонского издания надписей. Перевод астрономических клинописных таблиц начат в 1874 г.

Памятники письменности, в большом количестве найденные в последнее время в Ниневии, Вавилоне и других местах благодаря раскопкам англичан, американцев, а затем также и немцев, представляют собой обожженные глиняные таблицы, на которых вдавлены письменные знаки в виде клинообразных черточек (рис. [3]).

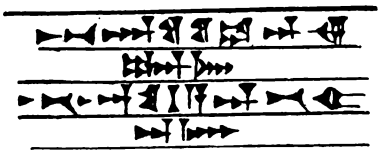


Рис. 3. Образец клинообразного письма. Dilbat ina sensi adi Istar kakkabi. Dilbat ina âribi Bilit ili. Перевод: „Делефат при восходящем солнце есть Истар среди звезд. Делефат при заходящем солнце есть Бельтис среди богов". Это значит, что Делефат, т. е. Венера, в качестве утренней звезды является звездой Истар-Астарты, и в качестве вечерней звезды—звездою Бельтис-Баалтис-Билитис (Роулинсон, III, 53, 36, 37).

Расшифровать их удалось лишь после того как в 1835 г. были найдены многоязычные тексты. Основой этого расшифрования и таким образом всего изучения вавилонской и ассирийской истории послужили надписи, найденные в развалинах персидских царских дворцов в Персеполисе и Сузе. Теперь опубликованы сотни тысяч клинописных таблиц [1]. Целая библиотека открыта в 1848 г. английским археологом Лейярдом [2].

Для знакомства с древнейшим развитием математики имеют чрезвычайную важность так называемые „ниппурские тексты". Они обнимают около 50 000 клинописных таблиц, хранившихся в храме в Ниппуре и ставших известными благодаря американским раскопкам. Ниппурские таблицы относятся к эпохе 2200—1350 г.г. до н. э. В Ниппуре, как показывают эти тексты, занимались не только математикой, но и астрономией, и медициной [3]. Из найденных здесь таблиц умножения явствует, что вавилонянам, хотя они обходились без нуля, был известен принцип значения цифры в зависимости от ее положения в числе [4].

Можно считать, что клинообразное письмо таким же образом произошло из иероглифического, или образного, как это было и с иератическим письмом египтян. Клинообразными черточками обозначались также числа. Вертикальный клин ▼ обозначал единицу. Десять выражалось двумя об-

---

[1]. Bezold, Ninive und Babylon, Monographien zur Weltgeschichte, 1903.
[2]. A. H. Layard, Niniveh and its remains, 1848.
[3]. Ниппурские тексты опубликованы под наблюдением Hilprecht'a: The Babylonian expedition of the university of Pennsylvania, Philadelphia.
[4]. См. стр. 30.

разующими угол черточками  , а дальнейшие числа образовывались посредством соединения этих двух элементов. Для сотни употреблялся особый знак, а именно вертикальный клин, соединенный с отходящим от него вправо горизонтальным клином:  Большие числа выражались в большинстве случаев сочетанием этих знаков, но также и умножением, при чем число, написанное слева от знака, являлось множителем Например тысяча изображалась  , т. е. десять раз сто. Для выражения еще больших чисел тысяча в свою очередь сопровождалась коэфициентами, так что например  обозначает не двадцать раз сто, но десять раз тысяча, т. е. 10 000. Таким образом мы находим у вавилонян умножение единиц различного десятичного порядка. В библии, очевидно следуя вавилонянам, для выражения больших количеств также применялся этот прием [1].

Клинописные таблицы имели то преимущество перед папирусными свитками, что они были почти неуничтожимы даже в тех случаях, когда становились жертвой пожара. Богатый материал представило открытие библиотеки Ассурбанипала (Сарданапала) Лейярдом (см. выше). Этот царь (668—626) имел библиотеку, для которой заказывал копии многочисленных сочинений, хранящихся в других архивах и восходящих до 1900 г. до н. э. Из этого собрания до нас дошло приблизительно 25 000 таблиц, являющихся важнейшим источником ассиро-вавилонской литературы. Для истории естественных наук они особенно важны благодаря тому обстоятельству, что в них заключается немало отрывков из математических, медицинских и астрологических сочинений Ввиду своеобразия и неполноты этих памятников нет ничего удивительного, что в начале знакомства с ними на них строилось немало неосновательных предположений. Библиотека Сарданапала находится ныне в Британском музее. Она была откопана главным образом в течение последних десятилетий XIX в. в Ниневии и содержит около 4 000 таблиц астрологического содержания. С тех пор стало совершенно очевидно, что астрология восходит к вавилонянам и ассирианам, между тем как раньше о ней имелись сооб-

---

[1]. Примеры в большом количестве приводит Кантор, т. I, стр. 71. Так например в книге пророка Самуила (1,18) говорится: „Саул побил тысячу, Давид же—десять тысяч“. И в другом месте: „Тысяча тысяч служили ему“ (Даниил, 7, 10).

щения в греко-римской литературе (например у Диодора, Bibliotheca historica, 2,29. Астрологические клинообразные документы библиотеки Сарданапала принадлежат к важнейшим из известных нам.

Математика вавилонян.

Кроме десятеричного счисления мы находим у вавилонян другое, покоящееся на шестидесятеричной системе и имеющее связь с разделением круга посредством откладывания радиуса на окружности, равно как с делением года на 360 дней. Открытие и прочтение клинописных таблиц показало, что шестидесятеричная нумерация применялась вавилонянами с соблюдением принципа значимости цифры в зависимости от ее положения (позиционная система). Так, одна таблица, найденная в 1854 г., содержит первые 60 квадратных чисел, расположенных следующим образом:

	1	есть	квадрат	1
	4	„	„	2
	9	„	„	3
Однако вместо	64	„	„	8 и т. д.
изображено [1]	1+ 4	„	„	8
	1+21	„	„	9
	1+40	„	„	10.

Это получает смысл лишь в том случае, если принять, что 1 перед 4, 21 и 40 принимается за шестидесятеричную единицу высшего порядка.

Другая таблица, найденная в Сенкере, содержит кубические числа от 1 до 32 с применением шестидесятеричной системы и принципа положения цифры.

Неясно, применялся ли для недостающих цифр особый знак, т. е. нечто соответствующее нулю, так как среди кубических чисел от 1 до 32 нет ни одного, состоящего из единиц первой и третьей ступени [2]. Наряду с целыми числами по шестидесятеричной системе встречаются также шестидесятеричные дроби. В то время как в дробях египтян числитель имел постоянную величину 1, в дробях вавилонян мы встречаемся с постоянным знаменателем 60 или 3600 (60×60). Дроби ½ или $^1/_3$ имели выражение $\frac{30}{60}$ или $\frac{20}{60}$ и изоб-

---

[1] На таблице числа стоят рядом, конечно без всяких знаков. Среди нововавилонских таблиц берлинского собрания имеется план большого здания; на этом плане размеры обозначены числами по шестидесятеричной системе, например: $11\cdot60+40$ (= 700).

[2] По мнению Э. Липпмана это даже совершенно невероятно.

ражались письменно в форме, напоминающей десятичные дроби [1].

Шестидесятеричная система была впоследствии усвоена греческими астрономами. Их примеру следовали арабы в средние века, пока наконец в новое время не была принята десятеричная система.

Столь важные для истории математики клинописные таблицы Сенкере возникли приблизительно одновременно с составлением математического руководства Ахмеса в Египте. Не только на основании найденных памятников, но и согласно греческим источникам, счисление халдеев представляется древнейшим. Так, Теон Смирнский говорит, что египтяне при исследовании движения планет пользовались рисунками, халдеи же числами; от обоих этих народов получили греческие астрономы зачатки своих знаний. Что однако вавилоняне обладали также и значительными геометрическими познаниями, видно из их стенных рисунков и высоко развитой архитектуры; достаточно напомнить, что они задолго до этрусков строили цилиндрические своды. Таким образом шестиричное деление круга является сознательным геометрическим построением; одна глиняная табличка геометрического содержания заключает даже деление прямого угла на три части. К шестиричному разделению круга присоединилось в дальнейшем деление всей окружности на 360 градусов.

Происхождение астрономии.

Познакомившись с зачатками математики, обратимся к древнейшим естественно-научным проблемам, на которых предстояло испытать себя математическому мышлению. Понятие о закономерности явления впервые возникло из наблюдения небесных явлений. Поэтому не случайно, что испытующее око прежде всего было направлено на эти процессы и что астрономия наряду с математикой принадлежит к первым проявлениям деятельности человеческого ума, могущим иметь притязание на имя науки. И в этой области основоположниками были не греки; рука об руку с возникновением математики развилась у египтян и халдеев совокупность астрономических познаний, ставших для греков и позднейших народов основой дальнейшего прогресса. Развитию этих астрономических познаний способствовала безоблачная атмосфера долины Нила и Месопотамии.

[1] Ср. также Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. I. S. 76.

Первейшими астрономическими впечатлениями, которых не может быть чужд человек даже на самой низкой ступени своего развития, являются видимое суточное движение светил, повторяющееся в вечной смене фазы луны, и видимое годичное движение солнца вместе с обусловленным им круговоротом времен года. От несколько более внимательного наблюдения не могло ускользнуть, что большинство светил не меняет своего взаимного расположения, тогда как солнце, луна и легко бросающиеся в глаза планеты проходят мимо неподвижных звезд.

Таким образом уже древнейшие египетские звездочеты отличали звезды „никогда непокоящиеся" от „никогда недвижущихся". К первым они причисляли Юпитер, Сатурн, Марс, которого они по причине его окраски называли также Красным, Меркурий и Венеру. Объединение светил в созвездия в качестве первого способа ориентироваться среди неподвижных звезд ведет свое начало не от греков, как предполагали раньше. Наоборот, созвездия, как и вообще вся астрономия, ведут свое происхождение с древнего Востока.

Несколько лет назад был опубликован относящийся к I в. н. э. египетский перечень планет и созвездий [1]. Он гласит: Перечень пяти живых звезд:

Горус (Сатурн).
Горус Красный (Марс).
Звезда Тота (Меркурий).
Божество утренней звезды (Венера).
Звезда Аммона (Юпитер).

Знаки зодиака названы здесь: „Двенадцать звезд для каждого из двенадцати месяцев". Удалось установить египетские названия для следующих знаков зодиака: Весы, Телец, Близнецы, Рак (?), Лев, Дева, Стрелец (?), Скорпион и Рыбы.

Уже древнейшим наблюдателям должно было броситься в глаза, что важнейшие неподвижные звезды бывают видимы близ заходящего солнца, затем исчезают в его лучах, появляются незадолго до его восхода и наконец вновь начинают сиять во тьме ночи.

Таким образом пришли к пониманию, что солнце в течение периода, совпадающего со временем, в пределах которого происходит смена времен года, совершает кругообразный путь по небосводу. Те созвездия, через которые

[1] Wilhelm Spiegelberg, Orientalistische Literaturzeitung. 1902, S. 6. Список был найден в груде остраков (исписанные черточками глиняные таблички), приобретенных Страсбургской библиотекой и расшифрованных Шпигельбергом. Текст письма на табличках—демотический.

проходит при этом светило дня названы были зодиаком (животным кругом).

Из всех неподвижных звезд древние египетские астрономы уделяли наибольшее внимание Сириусу. Они называли его Сопд, из чего греки сделали Сотис. С гелического восхода [1] Сириуса, совпадающего с началом подъема воды в Ниле, они начинали год. Он был разделен на 12 месяцев по 30 дней в каждом [2]. Обсерватории находились в Дендере, Мемфисе и Гелиополе. Здесь отмечались все ясно видимые светила и прослеживалось их движение. Из возникших таким образом таблиц до нас дошли лишь немногие осколки. Небосвод представляли себе как жидкость, объемлющую землю, подобно тому как это изобразил впоследствии автор библейской истории мироздания. В этой жидкости плавали звезды. В соответствии с этим мы видим на египетских памятниках каждое светило представленным в виде его божества в человеческом или зверином образе, плывущего в лодке вслед за богом солнца—Озирисом.

Вначале египтяне, как вероятно все народы, вели счисление по месяцам. То, что они так рано перешли к солнечному году, зависит от того обстоятельства, что разливы Нила, сообразно с которыми строится вся жизнь в Египте, находились в зависимости от движения солнца. В течение тысячелетий первый подъем воды в Ниле совпадал с гелическим восходом Сириуса, т. е. с его появлением в утренних сумерках [3]. С момента, в который Сириус становился вновь видим ранним утром, начинали египтяне свой календарный год. Он распадался на три времени года (разлив, посев, жатва) по четыре месяца, содержащие по 30 дней в каждом. По истечении еще этих 360 дней вставляли 5 дней, после чего начинался счет нового года. Но так как год содержит не 365, а приблизительно $365^1/_4$ дней, то ранний восход Сириуса каждые 4 года отодвигался на 1 день и лишь по истечении 4×365 лет ранний восход Сириуса вновь совпадал

[1] Если звезда восходит одновременно с солнцем, то говорят о ее гелическом или раннем восходе. При этом должно отличать истинный ранний восход, который можно установить, но нельзя наблюдать, от видимого раннего восхода. Последний момент делается возможным тогда, когда звезда восходит несколько раньше восхода солнца, так что она видима в сумерках. Различие времени доходит приблизительно до 20 дней. Таково же отношение и при гелическом закате.

[2] Начало первого египетского календарного исчисления относится к 4241 г. до н. э. (E. Meyer, Ägypten zur Zeit der Pyramidenerbauer, Leipzig, 1908. Sendschrift der deutschen Orientgesellschaft).

[3] Сириус (Сотис) считался поэтому звездой Изиды. Великая богиня природы, роняя в реку слезу, вызывала наводнение. См. также W. Capelle, Die Nilschwelle в Neue Jahrbücher f. d. klass. Altertum, 1914. S. 317.

с началом гражданского года в 365 дней. Что это было так, явствует из ряда надгробных надписей, где указаны рядом новый год Сириуса и гражданский [1].

Новые археологические исследования равным образом выяснили возникновение астрономических элементов. Астрономия стала возможной лишь вследствие того, что к измерению углов и установлению нумерации и развитию арифметики присоединилось измерение времени. Изобретателями способа точного измерения и разделения времени должны считаться вавилоняне. Они пользовались при этом водяными часами (клепсидрами) [2].

В тот момент, когда на горизонте показывался верхний край солнечного диска, открывали сосуд, наполненный водой и остававшийся всегда полным вследствие притока воды. Вода вытекала каплями в сосуд, что продолжалось до тех пор, пока нижний край солнечного диска не отделялся от горизонта. Начиная с этого момента, вытекающую каплями воду собирали в другой сосуд большего размера, и это длилось до тех пор, пока солнце вновь всходило на следующее утро. Количества воды в меньшем и в большем сосудах подвергались точному взвешиванию. Они показывали не только определенное отношение времени, но давали также с некоторой точностью отношение видимого диаметра солнца ко всему кругу. Если обозначить количество воды q и Q, то $(Q+q):q=360°:D$, и диаметр солнца D оказывается равным приблизительно половине градуса. Поэтому вавилоняне установили отношение солнечного диаметра к эклиптике равным 1:720 [3].

Правда, этот способ является точным лишь под экватором. Но так как наклонение эклиптики в стране халдеев не слишком велико, то отсюда получался вполне удовлетворительный для столь грубых измерений результат [4]. Из вавилонских источников явствует далее, что солнечный год

---

[1] Подробности о периоде Сириуса и других употребительных в древности эрах, т. е. о счислении, согласно которому годы начинаются от одного общепризнанного неподвижного момента, см. в Paulys Realencykl. d. klass. Altertumsw, под словом „Aera", 1898, S. 606.

[2] Ideler, Über die Sternkunde der Chaldäer. Abhandl. d. Berlin Akad. d. Wissensch. 1814—15, J. 214.

Способ, применявшийся при этом древними астрономами, описал Папп в своем комментарии к „Альмагесту".

[3] K. F. Ginzel, Die astronomischen Kenntnisse der Babylonier, в Beiträge zur alten Geschichte, Bd. I. 1902, S. 350.

[4] Быть может вавилоняне совершали взвешивание воды во время прохождения солнца через меридиан и таким образом избегали ошибки, вызываемой наклонением эклиптики.

считался в 365 дней и что даже не осталась незамеченной неравномерная скорость движения солнца в течение года[1].

Халдеи делили сутки на 12 двойных часов. Двойной час получался от того, что время, употребляемое солнечным диском на продвижение на небе на расстояние, равное его диаметру и могущее быть обозначенным как двойная минута, умножали согласно шестидесятеричной системе на 60.

Эта система времясчисления, возникшая из соединения математики и астрономии, осталась непоколебимой в дальнейшем, так что одно это свидетельствует о культурном значении Вавилонии. То, что впоследствии отрезки времени, на которые делились сутки, и соответственные дальнейшие подразделения этого отрезка были разделены попалам (отчего произошли нынешние час, минута и секунда), имеет второстепенное значение.

Древнейшие народы занимались астрономией не только ради практической пользы, приносимой ею; она являлась в то же время наукой предзнаменований и таким образом в связи с фаталистической и подвластной воображению природой восточного человека, очень скоро выродилась в астрологию. К этому присоединилось то, что наукой этой занималась главным образом каста жрецов, старавшаяся поднять свое значение той глубокой тайной и покровом сверхъестественного, которыми жрецы окружали свои дела и познания[2].

С зачатками астрологии, которой приписывали семитическое происхождение, мы встречаемся у сумерийцев. Особенное значение они приписывали Венере, равным образом неоднократно изображаются на их памятниках символы солнца и луны. Рядом с ними часто находим мы изображение змеи, быть может означающее млечный путь. Зачатки научной астрономии развились лишь после того, как племя халдеев вторглось около 1000 г. до н. э. в Вавилонию. От этого племени наименование „халдеи" перешло на вавилонских жрецов. Остается неизвестным, каким образом произошел

---

[1] См. K. F. cinzel, loc. Cit., p. 351.

[2] Автор не дает объяснения происхождения астрономии. Конечно, „природа восточного человека" тут не при чем: суеверия на определенной стадии встречаются во всех странах. Они находятся в тесной связи с первобытным мышлением, анимизмом и аниматизмом, выражающим полнейшую зависимость человека от природы. Суеверие ослабевает и исчезает по мере того, как человек научается овладевать силами природы. Тесно связанное с религией суеверие используется жрецами, как это правильно указывает автор, и возводится последними в систему, в которую вкраплены и зачатки подлинного научного знания. *Ред.*

этот переход названия [1]. И теперь, правда все еще имея в виду основную цель,—методически преобразовать астрологические исследования,—разделяя экватор и эклиптику на 360°, пользовались знаками зодиака, следили за движением планет и, особенно с царствования Набонасара (747—734), собирали многочисленные наблюдения над звездами, впоследствии использованные александрийскими астрономами, так что они и ныне еще сохранены в „Альмагесте" (арабское название главного астрономического сочинения Птолемея). Те клочки астрономических знаний, которые имелись до халдейского периода, не заслуживают названия научной астрономии: из того, что на древних каменных памятниках иногда встречается соединение звезды с изображением божества, нельзя сделать никаких особенных выводов [2].



Рис. 4. Вавилонский межевой камень.

Нет ничего удивительного в том, что среди астрологических наблюдений планет чаще всего встречаются наблюдения над Венерой. Это ведь, если не считать луны и солнца, единственное светило, видимое иногда днем и даже в полдень. Приближение Венеры к Юпитеру, Марсу и Сатурну, ее прохождение через ореол луны, ее исчезновение, ее возвращение — представлялись знаменательнейшими событиями. То, что Вечерняя и Утренняя звезды—это одна и та же Венера, было известно вавилонянам уже в древнейшем периоде их астрономии, т. е. около 2000 г. до н. э. (рис. 3).

Поскольку до сих пор установлено, древние тексты насчитывают до 200 неподвижных звезд и созвездий. Среди них мы уже рано встречаем в качестве важнейших некоторые знаки зодиака (Тельца, Льва, Близнецов). Распределение двенадцати знаков зодиака по известным участкам эклиптики встречается однако лишь в позднейших, чисто астрономических текстах [3].

Наряду с клинописными таблицами (рис. 3) следует упомянуть также о рисунках на пограничных камнях,

[1] E. Meyer, Geschichte des Altertums, Bd. III, 1901, S. 132.
[2] E. Meyer, Ibid. Bd. I, S. 527.
[3] C. Bezold, Die Astrologie der Babylonier и Boll, Sternglaube und Sterndeutung, B. G. Teubner, Leipzig, 1918, S. 9.

рельефах и надгробных памятниках. Они восходят к XIV столетию[1].

На изображенном здесь пограничном камне (рис. 4) высечено шестнадцать символов. На передней стороне на нашем рисунке находятся сверху Венера, затем лунный серп и рядом с ним солнце. Левая сторона занята восседающим на троне божеством, у ног которого сидит собака. На высоте его головы мы видим изображение скорпиона, а на высоте рук высечен светильник.

Систематические наблюдения путей, проходимых планетами по небу среди неподвижных звезд, начинается лишь с 750 г. Позже эти пять планет являются распределенными по определенным божествам и считаются „водителями судеб". С этих пор наблюдение за светилами подчиняется астрологии и фатализму, и лишь об этом периоде находим мы сведения у писателей древности—Геродота (около 450 г. до н. э.), Диодора (около 45 г. до н. э.) и Плиния (70 г. н. э.)[2].

С тех пор как расшифрованы клинообразные надписи (первый перевод клинописных таблиц астрономического содержания появился в 1874 г.), было доказано, что многие названия созвездий в значении, придаваемом им греками и нами, были приняты уже у вавилонян. На найденных в Месопотамии пограничных камнях имеются даже изображения знаков зодиака, которые мы и до сих пор применяем в звездных атласах[3]. Как и в наше время, халдеи разделяли зодиак на 12 созвездий. Среди них встречаются Весы, Овен, Телец, Близнецы, Скорпион и Стрелец, известные и нам. Остальные изображения изменились. Из Вавилона двенадцатеричное деление солнечной орбиты перешло затем в Египет и в Грецию. Так в начале XIX в. в Дендере (Верхний Египет) на крыше одного храма найдено изображение зодиака, хранящееся ныне в Париже. Здесь знаки зодиака присоединены к египетским символам (рис. 5). Вначале этому памятнику приписывали чрезвычайно глубокую древность. Теперь однако считается доказанным, что дендерский зодиак относится к эпохе римского господства. Предполагают затем, что греки заимствовали свои знаки от халдеев и что египтяне соединили халдейские знаки со своими символами.

В астрологическом направлении[4] древнейшей астрономии убеждает один халдейский документ, возникший приблизи-

[1] Так Плеяды в числе семи изображены на стекле (надгробном памятнике) одного царя VII в. до н. э.

[2] E. Meyer, Geschichte des Altertums, I, S. 369.

[3] Ginzel, Die astronomischen Kenntnisse der Babylonier.

[4] Обстоятельная статья Риса об астрологии в древности имеется в Paulys Reallex. d. klass. Altertums, Bd. II, 1896, S. 1802.

тельно около того же времени, когда в Египте было составлено древнейшее, дошедшее до нас математическое руководство (около 1700 г. до н. э.). Мы имеем в виду календарь предсказаний, полный астрологических пророчеств и расшифрованный благодаря успехам новейшей современной ориенталистики [1]). Этот календарь содержит предсказание затмений с указаниями, какие события должны явиться следствием этих затмений.



Рис. 5. Дендерский зодиак. Wi—Овен; Str—Телец; Z—Близнецы; K—Рак; L—Лев; J—Дева; W—Весы; Sk—Скорпион; Sch—Стрелец; St—Козерог: Wt—Водолей; F—Рыбы.

Необычайные небесные явления, каковы затмения и кометы, повергавшие человека в суеверный страх, направляли с особенной силой его внимание к миру небесных светил. Первые записи поэтому и относятся к затмениям и кометам. Они восходят у китайцев, египтян и халдеев к тысячеле-

[1] A. H. Sayce, The astronomu and astrology of the Babylonians with translations, London, 1874. Ср. также Cantor, I, S. 38 (3. Aufl., 1907).

тиям, предшествующим началу нашей эры. Какой громадный промежуток времени должен был пройти, пока халдеи открыли наконец правило, что затмения повторяются через 6 585 дней! О глубокой древности восточной астрономии свидетельствует также рассказ о том, что Аристотель дросил спутников Александра Великого разузнать в Вавилонии о древних астрономических наблюдениях халдеев. Вслед за тем—так говорит рассказ—и прибыли в Грецию черепки, на которых выдавлены были сообщения о наблюдениях, сделанных за 2000 лет до Александра Македонского [1]. Китайские сообщения о кометах вероятно восходят также далеко. И наконец в астрономических ежегодниках египтян мы находим сообщения о 373 солнечных и 832 лунных затмениях, которые наблюдались до начала александрийской эпохи [2].

Продолжительность солнечного круговорота в Египте, как и в Вавилонии, вначале исчислялась в 12 месяцев по 30 дней в каждом, стало быть в 360 дней. Каждый месяц распадался на три декады, весь год стало быть на 36 декад, по которым были распределены 36 значительнейших светил и созвездий. Однако отклонение периода в 360 дней от тропического года, насчитывающего $365\frac{1}{4}$ дней, было так велико, что оно должно было броситься в глаза уже в древнейшие времена. Поэтому в конце каждого года вставляли 5 дней, которые носили название „лишних дней". Это изменение времясчисления произошло однако уже во время Древнего царства; египтяне относили его даже к эпохе Менеса. Но и после этой реформы спустя продолжительное время египтяне заметили, что год оказывается все-таки слишком коротким, вследствие чего происходят смещения праздничных дней. Это наблюдение повело к вступившему в силу в 238 г. до н. э. постановлению [3], согласно которому каждый четвертый год должен иметь 366 дней, „чтобы не случалось, что некоторые из общественных праздников, празднуемых зимою, пришлось бы впредь праздновать летом". Египтяне таким образом являются народом, которому мы обязаны введением високосного года. Астрономические советники, помощью которых пользовался Цезарь при своей календарной реформе 46 г. до н. э., несомненно были знакомы с принятым в Египте распорядком. Это обстоятельство однако ни в малой мере не умеьшает заслуг Цезаря; ему обязаны стра-

[1] Wolff, Geschichte der Astronomie, S. 10.

[2] H. Suter, Die Geschichte der mathematischen Wissenschaften, Zürich, 1873, S. 18.

[3] R. Lepsius, Das bilingue Dekret von Kanopus, Berlin, 1866. Эта надпись открыта Лепсиусом в 1866 г. в Нижнем Египте.

ны Запада удержавшимся до XVI в. времясчислением, которое к его времени пришло в такой беспорядок, что в 46 г. до н. э. пришлось вставить целых 85 недостающих дней.

Вплоть до XIX в. наши сведения об астрономии и древности ограничивались в существенных чертах тем, что было передано нам об этом предмете греками. Более глубокий взгляд на возникновение астрономии принесло нам расшифрование клинописных памятников, в которых халдеи изложили свои астрономические познания [1]. В наши дни считается несомненным, что вавилоняне определили экватор и эклиптику, большинство созвездий зодиака и прочие области небосвода, равно как планеты, и что они производили систематические наблюдения над звездами задолго до того, как к этому перешли греки [2].

Прежде всего при исследовании клинописных знаков удалось обнаружить рисунок Капеллы (неподвижная звезда первой величины в созвездии Возницы). Затем удалось сделать то же для остальных многочисленных звезд эклиптики. К глубокой древности относятся не только знаки зодиака, найденные на пограничных камнях XII в. до н. э., но также введение приблизительно тридцати планетных и лунных пунктов, знакомство с которыми по всем вероятиям перешло отсюда в Индию и Китай [3].

Затем уже в очень древних клинописных текстах мы находим названия планет. Они связаны с определенными божествами, так например Венера с Истар (Астарта), Марс с богом войны. Последнее соединение, как известно, встречается повсюду и объясняется красноватым цветом светила.

Наблюдения вавилонян над планетами ограничиваются главным образом записями положения их среди созвездий, противостояний и поворотов, равно как гелических восходов и заходов. Вот пример [4]: „В седьмом году Камбиза, 22 Абу (523 г. до н. э.) Юпитер находился в первой части Сиру (Девы) в гелическом заходе".

---

[1] Дошедшие до нас древнейшие известия об астрономии вавилонян сведены Иделером. Über die Sternkunde der Chaldäer (Abhandl. d. Berl. Akad. d. Wissensch., 1814/15).

Сведенные и объясненные в работе Иделера фрагменты являлись вплоть до расшифрования клинописных памятников, т. е. до 1870 г., важнейшим источником по истории вавилонской астрономии.

[2] F. Boll, Astronomische Beobachtungen im Altertum, „Neue Jahrb. f. d. klass. Alt.", 1917, S. 17.

[3] Ginzel, Die astronomischen Kenntnisse der Babylonier und ihre kulturhistorische Bedeutung; в „Beiträge zur alter Geschichte" (Klio). Bd. I, 1901.

[4] По Ginzel, loc. cit. p. 191.

Издавна затмения и кометы считались знамениями и предвестниками чрезвычайной важности и поэтому были предметом внимательнейшего наблюдения. Имеются также сообщения о положении определенных планет во время затмения. Такие записи, сделанные из астрологического интереса, восходят к глубочайшей древности. Из них развились систематические наблюдения[1], восходящие к VIII в. до н. э. и достигшие, как показывают новейшие исследования, высшего расцвета после царствования Сарданапала, в эпоху нововавилонско-халдейского царства[2].

Вышеупомянутое археологическое сочинение, принадлежащее к составу библиотеки Сарданапала, содержит списки неподвижных звезд, записи о планетах, кометах, метеорах, затмениях и т. д. Все же самые факты очевидно казались менее важными, чем приписываемое им символическое значение[4]. С 700 г. до н. э. однако явственно выражается стремление с возможной точностью проследить движение небесных светил во времени и пространстве. Углы определяются с точностью до 6 минут, течение времени—до $^3/_4$ минуты[5]. Промежутки между заходом солнца и восходом луны были установлены с такой точностью, что дошедшие до нас записи их имеют значение и для нынешней астрономии. С помощью этих текстов, как свидетельствует Куглер, имеющий громадные заслуги в деле расшифрования астрономических клинописей, стало возможным открыть ошибку в нынешних исчислениях движения луны. Как высока может быть точность наблюдения периодического движения, делаемого в течение продолжительного периода, указывает следующий пример. Вавилоняне установили, что луна в течение 669 месяцев совершает 723 $^{32}/_{360}$ круговорота по небу. Из этого средняя длительность синодического месяца определяется в 29 дней 12 часов 44 минуты 7,5 секунды. Современная астрономия определяет продолжительность среднего синодического месяца в 29 дней 12 часов 44 минуты 2,9 секунды. Разница таким образом не превышает нескольких секунд.

---

[1] См. Ginzel, loc. cit. (Klio).

[2] Достижения ассириологии в этой области принадлежат к изумительнейшим результатам археологического исследования и представляют собой один из величайших триумфов расшифрования клинописных текстов (Bezold, Ninive und Babylon. 1903, S. 89). Среди ученых, объединяющих в одном лице астронома и клиноведа, должен быть назван в первую очередь Куглер.

[3] По Куглеру.

[4] F. X. Kugler, Sternkunde und Sterndienst in Babel. Münster, 1907.

[5] Ginzel, Die astronomischen Kenntnisse der Babylonier.

Среднее суточное движение луны, т. е. дугу, проходимую этим светилом в среднем в 24 часа, вавилоняне [1] определяли в 13° 10′ 35′.

С такой же тщательностью производились наблюдения над движением планет. Подобно солнцу и луне, они представлялись вавилонянам божественными существами, и их прохождение через созвездия зодиака, который вавилоняне именовали земным царством на небе, имело по их воззрениям решающее значение для истории земных обитателей [2]. Эту основную мифологическую черту вавилонской астрономии характеризовал уже Диодор. Он говорит о ней:

„Халдеи [3] утверждают, что мир по существу своему вечен, у него никогда не было начала, он также не может никогда погибнуть; но божественным провидением все устроено и приведено в порядок. Все перемены на небе не являются следствием случая или внутренних законов, но подчинены определенному и неизменному решению богов. Халдеи с давнего времени производили наблюдения над светилами, и никто точнее их не исследовал движений и сил отдельных звезд. Поэтому они могут также предсказать столь многое относительно будущности людей. Наиболее важным представляется им исследование движения пяти светил, называемых планетами. Они именуют их предсказателями. Светилу, именуемому у нас Сатурном, как отличнейшему и приносящему им многочисленнейшие и значительнейшие предсказания, они дали имя „Солнечной звезды“. Но прочим четырем присвоены у них те же названия, что и у наших звездочетов: это Марс, Венера, Меркурий и Юпитер. Предсказателями называют они эти планеты потому, что в то время, как прочие светила никогда не уклоняются от своего обычного пути, эти всегда движутся по своим собственным путям и именно этим предсказывают будущее и сообщают людям о благоволении богов. Предсказания — говорят они — можно узнать как по восходу, так и по захо-

---

[1] Так сообщает Гемин. Точно неизвестно, когда жил Гемин (от 100 г. до н. э. и до 100 г. после н. э.). Он был родом из Родоса и составил введение в астрономию (εἰσαγωγὴ εἰς τὰ φᾳνόμενα). Издание с немецким переводом редактировал К. Манициус. Лейпциг, 1898.

[2] Значением считалось как движение светил, так и поведение известных животных. Судя по содержанию некоторых клинописных текстов, скорпион в Вавилонии играл в этом отношении роль, приписываемую народом еще ныне паукам. По движениям скорпиона пытались например предсказать судьбу войска или течение государственных дел. (Mitt. z. Gesch. d. Med. und der Naturw., 1906, S. 326).

[3] См. Diodors von Sizilien, historische Bibliothek. Перевод J. F. Wurm, Stuttgart, 1827. B. II, Кар. 30.

ду планет, иногда также по их цвету, если обратить на него особое внимание. Иногда они предсказывают жестокие бури, иногда необычайно дождливую или сухую погоду, появление комет, солнечные и лунные затмения, вообще всякие перемены в пространстве, приносящие пользу или вред не только целым народам и странам, но и царям и простым людям. Движению планет подчинены звезды, именуемые „Советующими богами". Половина этих звезд подлежит наблюдению в пространстве над землею, прочие—под землею. Таким образом они обозревают все, что происходит среди людей и на небесах. Каждые десять дней от верхних к нижним ниспосылается в качестве вестника одна из звезд и также одна восходит от нижних к верхним. Движение подчиненных звезд установлено твердо и происходит равномерно в вечном круговороте. Есть двенадцать „Князей богов", и каждому из них принадлежит один месяц и один из двенадцати знаков зодиака, через которые проходит путь солнца, луны и пяти планет. Там завершает солнце свой круговорот в течение одного года, и луна проходит там свой путь в течение одного месяца".

Свою астрологическую деятельность халдейские жрецы ревностно продолжали также после начала персидского господства. Подобно монахам в позднейшие времена, они усматривали свою главную задачу в сохранении накопленных знаний посредством записей. Их значение покоилось главным образом на том, что они по звездам прорицали судьбу людей и народов. Для этой цели они свои обсерватории объединяли с храмами, а при обсерваториях содержали школы. Их наблюдения приводили к известным числовым результатам, по которым они предсказывали затмения и соединения светил. Такие вычисления сохранились на глиняных табличках (так например определение лунного затмения 16 июля 523 г., перешедшее в „Альмагест"). По господствующим воззрениям боги воплощались в светилах, особенно в планетах, и последние предсказывали земные события. По этой причине считалось существенно необходимым для каждого важного действия определить наперед должный момент времени и избегать неблагоприятного сочетания звезд. Жречество, умевшее, подобно халдейскому, питать эту веру, получало таким путем могущество, власть и почет, равно как возможность приобретать богатства [1].

---

[1] Подробнее о культурно-историческом значении вавилонских и египетских жрецов говорит Эдуард Мейер в „Geschichte d. Altertums", Bd. I.

Наблюдая планеты, халдеи сосредоточивали преимущественное внимание на их взаимном положении, расстоянии от луны и солнца, смене направления движения и их стояниях. Легко себе представить, с каким напряжением древние астрономы следили например за исчезновением Венеры в лучах вечернего солнца (гелический закат планеты) и ее новым появлением незадолго до солнечного восхода (гелический восход Венеры).

Наблюдения над гелическими восходами и закатами являлись основой учения о планетах [1]. Круговорот планеты, как известно, есть период, по истечении которого планета, видимая с солнца, вновь достигает той же неподвижной звезды. Между тем прямому наблюдению поддается геоцентрическое место планеты, но не гелиоцентрическое. И вот наблюдение гелических восходов и закатов давало возможность по крайне мере приблизительно определять время между двумя соединениями планеты с солнцем, т. е. установить время синодического оборота. Если наблюдать самые конъюнкции (соединения) было невозможно, то планеты во время гелических восходов и закатов принимали то же относительное положение к солнцу.

Для того чтобы проследить движение планеты по знакам зодиака, самым подходящим светилом является Юпитер. Его прохождение например между Гиадами и Плеядами есть астрономическое зрелище, которое должно было произвести сильнейшее впечатление на древнейших наблюдателей неба. Уже в ранние времена должно было броситься им в глаза то, что процесс этот повторяется приблизительно каждые двенадцать, а у Сатурна приблизительно каждые тридцать лет.

В то время как для этих обеих, чрезвычайно отдаленных от солнца и земли и находящихся вне земной орбиты, „внешних" планет круговые движения как с геоцентрической, так и с гелиоцентрической точек зрения являются приблизительно совпадающими, для Марса, Венеры и Меркурия вследствие их близости отношения оказываются гораздо сложнее. Однако обе видимые остановки—противостояние Марса и исчезновение в солнечных лучах—и для этих планет дают промежуток времени, постоянно возвращающийся и имеющий определенную продолжительность.

---

[1] Kugler, Sterakunde und Sterndienst in Babel. Assyriologische, astronomische und astrolmythologische Untersuchungen, Buch. I, Entwicklung der babylonischen Planetenkunde von ihren Anfängen bis auf Christus. Münster, 1907, S. 41.

В эпоху Селевкидов дошли даже до определения эфемерид планет. Для Сатурна например был установлен период в 59 лет для Венеры—8 лет. Ошибка в первом определении не превышает полградуса. Вычисленное по эфемеридам движение Венеры отступало от наблюдаемого всего лишь на 5 минут[1].

Венера вместе с луною и солнцем считалась владычицей зодиака. С XIV в. символы этой троицы появляются на верхушках межевых камней (рис. 4) [2]. Это значение Венеры объясняется тем, что она своим блеском далеко превосходит все прочие планеты. Под влиянием халдейской мудрости Плиний называет поэтому Венеру соперницей луны и солнца, ибо она распространяет столь яркий свет, что от него падают тени.

С такой же тщательностью, как за солнечным движением, следили вавилоняне и за движением луны. Какой долгий промежуток времени должен был пройти, пока из их записей выяснился период из 223 синодических месяцев, в течение которого луна по отношению к своим узлам и расстоянию от земли возвращается приблизительно к тому же положению! Этот период продолжительностью в 18 лет и 11 дней вавилонские астрономы называли „сарос". Определение этого периода дало им возможность предсказывать затмения. Птолемей в своем „Альмагесте", значительнейшем из астрономических руководств древности, о котором мы ниже будем говорить подробнее, трактует о многочисленных лунных затмениях, отмеченных в записях халдеев. Древнейшее халдейское наблюдение над лунным затмением, использованное Птолемеем, относится к 721 г. до н. э. Что Птолемей не воспользовался более древними, несомненно бывшими в его распоряжении халдейскими датами, объясняется очевидно тем, что он не считал древнейшие записи достаточно точными [3]. Последние халдейские наблюдения, упоминаемые Птолемеем, относятся к 240 г. до н. э. В них сравнивается положение Меркурия и Сатурна среди неподвижных звезд Около этого времени уже произошло некоторое взаимопроникновение учености халдейской и греческой. Ибо уже около 280 г. до н. э. вавилонянин Бероз [4] написал на греческом языке историю своего народа,—сочинение, от которого к сожалению сохранились лишь отрывки

---

[1] Jbidem.

[2] Kugler, Im Bannkreis Babels, S. 57.

[3] Wolff, Geschichte der Astronomie, S. 10.

[4] Бероз был жрецом в Вавилоне. Он сам указывает, что жил при Александре, сыне Филиппа. Подробности см. Christ, Geschichte der griechischen Literatur, 1889, S. 412.

в цитатах у других писателей. Это обстоятельство тем прискорбнее, что в этом труде заключалось немало сведений об астрономии халдеев. Выясненное теперь исследованием клинописи явное совпадение библейской и вавилонской историй сотворения мира явствует уже из сообщения Бероза[1].

От халдеев по свидетельству Геродота перешел в Грецию и древнейший астрономический прибор—гномон. Нельзя точно установить, когда это произошло, тем более что древние писатели (среди них Анаксимандр, около 550 г. до н. э. приписывают различным лицам заслугу введения этого важного прибора в Греции.

Высота, в конце концов достигнутая астрономией халдеев, может быть кратко определена следующим образом[2]: наблюдения, при которых углы определялись с точностью до 6′ и время до 40″, восходят к VII в. до н. э. Были известны движения солнца и различная длина времен года. Быть может имелось даже грубое представление о предварении равноденствий[3]. Продолжительность месяцев была определена с точностью, равной продолжительности, установленной Гиппархом. Основание тригонометрии подготовлено было некоторым исчислением хорд, так что и здесь халдеи могут считаться предшественниками александрийцев, особенно Гиппарха. Наконец удалось с достаточной

---

[1] Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie, 1899. S. 2.

Записи Бероза привлекали особое внимание евреев и христиан, так как в них заключаются совпадающие с библейскими, теперь же подтвержденные также клинописными документами, мифические сказания о потопе, вавилонском столпотворении и т. д.

[2] Ginzel, Das astronomische Wissen der Babylonier, Klio, 1901.

[3] Таково выставленное Винклером, очень сомнительное однако, предположение. По Винклеру вавилонский год начинался с весеннего равноденствия. Между тем равноденственные точки проходят весь зодиак в течение 26 000 лет. Весенняя точка остается таким образом в каждом созвездии зодиака приблизительно около 2000 лет. Принимая во внимание громадное время, в течение которого производились вавилонские наблюдения, движение равноденствий по мнению Винклера не могло ускользнуть от внимания вавилонян. Судя по источникам вначале, когда начались их наблюдения, весенняя точка находилась в созвездии Тельца. В VIII в. до н. э. весеннее солнце перешло в созвездие Овна, теперь же оно находится в созвездии Рыб. С этим быть может связано то, что с Овна начинается перечисление созвездий в известном мнемоническом двустишии Манилия:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpio, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

(суть Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы). То, что название знаков зодиака отчасти совпадает с вавилонскими наименованиями, указывает на то, что они, хотя и кружными путями, пришли к нам от вавилонян.

точностью установить при помощи эфемерид путь луны и солнца, равно как наступление затмений.

Взгляд на чрезвычайную древность вавилонской астрономии, отстаиваемый особенно Винклером, в последнее время уточнен исследованиями Куглера [1]. По его мнению до VIII в. не было небесных наблюдений, которым можно было бы приписать научную точность. Поэтому по Куглеру вавилонянам нельзя также приписывать открытие прецессии, как это сделал Винклер.

Если видеть цель науки в том, что она должна с известной точностью предсказывать наступление предстоящих явлений, то мы должны согласиться, что вавилоняне в области астрономии уже достигли этой ступени. По всем вероятиям астрономические знания Гиппарха и Птолемея, от которых в XV в. отправлялись Региомонтан и Коперник, в последнем счете покоились на созданных в Вавилоне основах астрономии [2].

Птолемей тринадцать раз ссылается на наблюдения, сделанные вавилонянами. Все они относятся к 721—229 гг. до н. э. Астрономия следовательно, по крайней мере отчасти, пришла в Грецию через Египет [3]. Своими астрономическими инструментами греки также отчасти обязаны вавилонянам, подобно тому как они заимствовали у них изображения созвездий эклиптики, разделение эклиптики на 360° и многое другое. Благодаря вавилонянам греки узнали также период сароса, равно как среднюю суточную скорость движения луны (13° 10′ 36″).

Меры и весы.

Употребительные у древних народов меры и весы подробно исследовал уже восемьдесят лет назад Бек [4], которого можно считать основателем сравнительной метрологии. Бек выяснил, что большинство античных систем ведет свое начало от вавилонян, но что в этом развитии имеет немалое значение также египетское влияние. Этот взгляд был подтвержден и значительно углублен новейшими археологическими исследованиями [5].

---

[1] F. H. kugler, Im Bannkreis Babels, Münster, 1910.

[2] Ginzel, Das astronomische Wissen der Babylonier, Klio, 1901, S. 209.

[3] Это соответствует также одному указанию Иосифа Флавия (Иудейские древности, I, 8) См. также Kugler, loc. cit. S. 117.

[4] A. Boeckh, Metrologsiche Untersuchungen über Gewichte, Münzüsse und Masse des Altertums, Berlin, 1838.

[5] См. статью Лемана-Гаупта, „Gewichte“ в Paulys Reallex. d. klass. Altertumsk. Suppl. Bd. III (1918), S. 588—654.

Вавилонянам удалось не только найти способы и единицу для измерения времени, сохранившуюся до наших дней, но, как показали новейшие археологические работы, они создали также систему мер и весов, которая была общеупотребительной и распространенной в древности. Единицей длины был двойной локоть, равный $992^1/_3$ мм. Эта мера недавно при раскопках найдена на статуях. То, что вавилонский двойной локоть и секундный маятник почти совпадают [1], объясняется конечно случайностью. Наоборот, существует мнение, что мера веса, м и н а, подобно нынешнему килограмму, выведена по определенному правилу из меры длины [2].

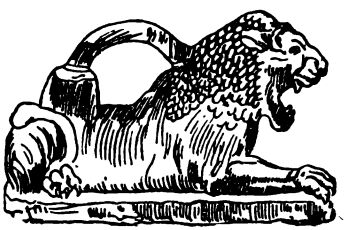


Рис. 6. Древневавилонский разновес. По Лейярду.

Ибо, если разделить двойной локоть на десять частей и эту десятую принять за ребро куба, наполненного водой, то вес этого количества воды оказывается очень близким к килограмму, так как двойной локоть очень мало отличается от метра. Вес этой воды почти равен весу мины (984 г). Половиной этого веса являлась так называемая легкая мина (492 г), употребительная во всей древней истории [3].

Древнейшие культурные народы были также знакомы с применением рычага для взвешивания товаров, лекарств и т. д. Раскопки в Месопотамии обнаружили многочисленные разновесы; среди них были и очень удобно сделанные (рис. 6). В Египте найдены разновески, среди которых имеются некоторые величиною лишь в несколько грамм, а также многочисленные изображения весов (рис. 7). Египетские весы были только двуплечные. В верхней части подставки имелся отвес для того, чтобы выверять точность установки весов. Египтяне очевидно умели изготовлять уже довольно чувствительные весы, ибо из рецептов в Папирусе Эберса явствует, что в употреблении была столь малая мера веса, как 0,71 г [4]

---

[1] Леман склонен усматривать в этом предналеренную связь. См. Beiträge zur alten Geschichte, Bd. 1, 1902, S. 355.

[2] C. F. Lehman, Überdi Beziehungen zwischen Zeit-und Raummessung im Babylon. Sexagesimalsystem. Klio, Bd. I, S. 381 и сл.

[3] Некоторым представляется сомнительным, чтобы древние вавилоняне уже производили меру веса от меры длины, причем указывается на опасность абстрактных предположений такого рода, какие выставлены Леманом и особенно Винклером (см. стр. 47). См. E. Meyer, Geschichte d. Altertums, 1909, S. 518.

[4] Медицинская единица веса, которую составитель Папируса Эберса кладет в основу своих рецептов по мнению Ф. Гульча (Gräich. und röm.

Согласно добытым доселе археологическим данным египтяне еще не пользовались неравноплечными весами. Но что египтяне уже с самой ранней древности были знакомы с действием неравноплечного рычага, показывает фиванская стенная живопись.

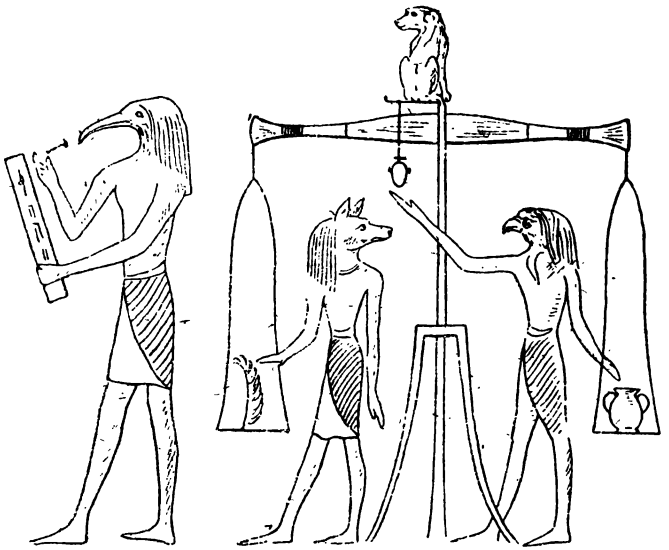


Рис. 7. Весы (взято из египетской „Книги мертвых").

Основанный на принципе неравноплечного рычага, безмен встречается впервые в Италии. Хорошо сохранившиеся экземпляры найдены в помпейских раскопках и в Этрурии.

Зачатки металлургии и других химико-технических производств.

Вавилоняне и египтяне в общем достигли равной ступени развития не только в математике и астрономии, оценкою которых мы занимались до сих пор, но и уровень прочих областей познания и культуры у обоих этих древнейших, вероятно родственных народов, живших при почти равных условиях, был в общем почти тот же. Так, новейшие исследования показали, что вавилоняне, так же как

Metr, 1882, S. 374 и 376) была равна приблизительно 6 *г*, а наименьшая мера веса под названием „pek" равна 0,71 *г*. Ср. R. Lepsius, Abhandl. d. Berl. Ak., 1871, S. 41—43 и F. Chabas, Recherches sur les poids, mesures et monnaies des anciens egyptiens. Paris, 1876, стр. 21, 38.

[1] Подробности об истории весов, мер веса и взвешивания см. Th. Jbel, Die Wage im Altertum und Mittelalter, Erlangen, 1908.

египтяне, добывали и обрабатывали железо. Уже Лепсиус [1] обратил внимание на то, что в египетской стенной живописи, так хорошо сохранившейся и в красках, шлемы изображены синими. Синий цвет имеют также мечи, изображенные в гробнице Рамзеса III. В обоих случаях может итти речь очевидно лишь об изображении железного оружия. Деревянные копья на рисунках египетских гробниц имеют красные и синие наконечники. Мы видим из этого, что для изготовления оружия наряду с железом употреблялась также медь. Чтобы обрабатывать гранит так превосходно, как мы это видим на их саркофагах и обелисках, египтяне должны были быть уже знакомы также и с закаливанием стали[2].

В последнее время в египетских, равно как и в вавилонских раскопках, найдены многочисленные доказательства раннего знакомства с железом. Во всяком случае по мнению большинства египтологов в древнем египетском царстве железо было в очень небольшом употреблении. Древнейшим следом этого металла считается кусок его, найденный в кладке хеопсовой пирамиды, сооруженной около 2500 г. до н. э. Такие же находки сделаны и в других пирамидах почти той же древности.

Несомненно открытие железа не может быть приписано одному определенному народу; в различные времена его удавалось изготовить повсюду, где в распоряжении людей оказывались легко обрабатываемые железные руды. Так было не только в Египте, но и в Индии, Персии, Палестине и других странах древнего культурного мира. Железной руды было достаточно и в Средней и в Южной Африке, и можно предполагать, что и там дошли до примитивного способа добычи железа, который встречается даже у готтентотов. Несмотря на все споры, которые уже велись об этом предмете, едва ли можно с точностью решить вопрос, научились ли египтяне добыванию железа от нубийцев или от обитателей Передней Азии, или они самостоятельно открыли способы его добывания.

Способ, каким египтяне добывали железо[3], мы видим из прилагаемого изображения (рис. 8). Они пользовались кожаными мехами, на которые наступали ногами. Один рабочий обслуживал два таких мешка, из которых попеременно один

[1] Lepsius, Die Metalle in den ägyptischen Inschriften, Abhandl. d. Ak. der Wissensch. zu Berlin, 1871, S. 111.

[2] A. Rössing, Geschichte der Metalle, 1901.

[3] A. De Rochas, Les origines de la science et ses premieres applications.

наполнялся воздухом натягиванием веревки, в то время как другой опорожнялся давлением ноги. Сжатый воздух поступал в горн, где железная руда, расплавляясь под редуцирующим действием угольного пламени превращалась в чугун. Мехи, сходные с древнеегипетскими, еще и теперь употребляются во внутренней Африке. Что и вавилоняне

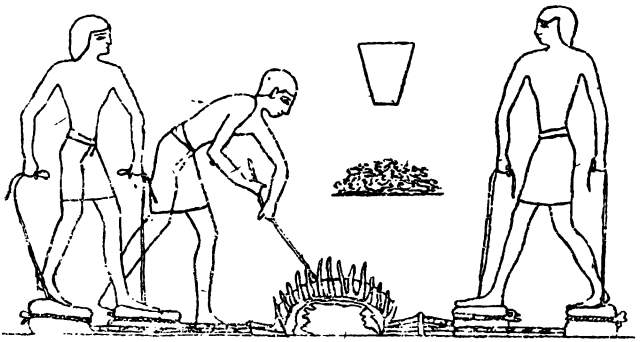


Рис. 8. Выплавка железа по египетским фрескам.

добывали и обрабатывали железо, доказывается не только клинописными текстами, но и найденными в раскопках шлемами, панцырями и орудиями.

Еще легче, чем железо из руды, выплавляется медь из малахита. Кроме того у древних египтян были рудники, где этот металл встречался в сыром виде. Так, народ этот уже в V в. до н. э. разрабатывал обширные медные рудники на острове Мероэ [1].

Правда металлический цинк и чистое олово не были известны древнейшим культурным народам [2]. Но они уже умели посредством прибавления руд этих металлов, особенно цинковой руды, изготовлять при плавке медных руд бронзу, применение которой для изготовления оружия, украшений и орудий восходит к древнейшим временам. Часто также бронзовые предметы носят следы обработки сталью [3]. Ранее всего были найдены и подверглись обработке серебро и особенно золото, так как оба металла во

[1] Rössing, Geschichte der Metalle, S. 11.

[2] Первое письменное упоминание о цинке находится у Парацельза. Он называет цинк „очень странным металлом, более удивительным, чем другие". В последнее время в египетских гробницах позднейшего периода найдены предметы из довольно чистого олова. Римляне, называя его plumbum candidum, отличали его от свинца, который они называли plumbum nigrum.

[3] Во многих бронзах, подвергшихся исследованию, олово заменено целиком или отчасти сурьмой. Этот металл или прибавлялся в виде

многих местах встречаются в удобном виде и ценились очень высоко вследствие их блеска и прочности. Египтяне разрабатывали золотые россыпи в Нубии. Они были знакомы с искусством позолоты и сплавляли золото с серебром в известном соотношении в лигатуру. Ежегодная добыча золота в Нубии в эпоху Рамзеса II оценивалась во много миллионов.

Любопытным письменным памятником этой эпохи является план рудника, находящийся на одном хранящемся в Турине папирусе XV в. до н. э. Здесь мы имеем план поверхностной разработки золота во всех его подробностях, являющийся древнейшим документом этого рода, дошедшим до нас [1].

Медный водопровод [2] встречаем мы в сооруженном около 2500 г. до н. э. в храме, раскопанном близ древнего Мемфиса. Длина водопровода доходит до 400 м. Трубы были сделаны из кованой меди; диаметр их равен приблизительно 4 см, а толщина стенок—1 мм. Стародавнее мнение, что латинское название меди cuprum происходит от острова Кипра, оспаривается в последнее время. Медь добывали в древности также в Альпах и в Скандинавии. Латинское название cuprum по всем вероятиям заимствовано римлянами у скандинавских народов [3].

Примером достижений народов древности в искусстве ковки является знаменитая железная колонна в Дели, в Индии. Она весит 11 000 кг. и насчитывает приблизительно 2000 лет [4]. Колонна сделана из очень чистого железа и несмотря на сырой климат страны почти не заржавела.

сурьмяной руды при обработке медных руд, или же приходится допустить, что в древности уже были знакомы с добычей металлической сурьмы. Последнего взгляда держится Гельм, см. Jahresbericht über die Fortschritte der klassischen Altertumswissenschaft (Stadlers Literaturbericht), 1902, Bd. III, S. 26—82.

Найденный при раскопках в Саккаре бронзовый слиток формы, известной нам из древних изображений, исследовал Бертело (Comptes Rendus, 1905, p. 183), Quelgues métaux trouvés dans les fouilles archéologigues en Egypte. В этом слитке оказалось 87,5% меди и 11,47% олова; остаток состоял из свинца и платины.

[1] F. Gerland, Arcn. f. d. Gesch. der Naturrw. und d. Techn. 1910, S. 304.

[2] Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturrw. 1909, S. 300.

[3] L. Wilser в Mit. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw. 1907, S. 487. По А. Людвигу (Z. schr. f. d. Kunde. d. Morgenl. 1905, Bd. XIX, S. 239—240), слово это еврейского происхождения. Исследователи расходятся в вопросе о появлении меди в Северной и Средней Европе.

[4] Rössing, Geschichte der Metalle, стр. 14, а также E. Schultze, Eisen und Stahl in Jndien, Arch. f. d. Gesch. d. Naturw. u. d. Techn. 1019 S. 350).

Средневековые путешественники с величайшим изумлением упоминают о ней. Вышина ее приблизительно $7^1/_2$ м, диаметр $^1/_2$ м.

Рука об руку с добычей и обработкой металлов шло производство стекла, глазури, окрашенных стеклянных и гончарных изделий. Как в Вавилонии, так и в Египте были хорошо знакомы с этими производствами. Стекло и глазурь окрашивались в красный и синий цвета окисью меди и соединениями кобальта. Что искусство шлифовки также стояло высоко—доказывает двояковыпуклое стекло, найденное Лейярдом[1] в развалинах Ниневии. Эта чечевица хранится в Британском музее; толщина ее 0,2 дюйма, а фокусное расстояние—4,2 дюйма. Неизвестно для какой цели она служила.

Изготовление стекла, изобретение которого ошибочно приписывалось финикиянам, практиковалось в Египте уже в древнейшие времена. Материалами служили песок, сода, ракушки и т. д. Известный барельеф Бени-Гассан изображает не выдувающих стекло работников, а по всем вероятиям обрабатывающих металл. Ибо выдувание стекла появилось лишь в начале нашей эры. Вначале стекло формовалось вокруг глиняной основы, или же жидкая стеклянная масса отливалась в глиняные модели, которые покачивали вверх и вниз, чтобы остывающее стекло приняло желательную форму. Подробному описанию стеклянного производства в древности посвящена работа А. Кизы[2]. Киза упоминает о египетских стекольных заводах, существовавших в эпоху Аменофиса IV в Тель-эль-Амарне. Египтяне распространяли предметы своего производства (например стеклянные буеы) путем массового вывоза. От египтян познакомились с изготовлением и художественной обработкой стекла финикияне и прочие народы Средиземного побережья.

Из прочих химико-технических производств практиковались не только керамика с применением глазури, но и красильное дело с употреблением квасцов в качестве протравы. Из минеральных красок употребляли киноварь и окись железа в их природном виде. Сурик, свинцовые белила и древесная сажа изготовлялись искусственно. Обрабатывая растительным маслом имеющуюся в Египте в естественном виде соду из натристых озер, пришли к изобретению мыла.

[1] A. H. Layard, Niniveh and its remains, London, 1849.

[2] A. C. Kisa, Die Erfindung des Glasblasens. Jahrb. f. Altertums k., I, S. 1; его же, Das Glas im Altertum, 1908.

Зачатки медицины.

Поразительно древней оказывается также медицина. Многое об этом стало известно из найденных в Египте папирусов и из вавилонских клинописных текстов, но все же часто оказывается невозможным узнать отдельные болезни по их описаниям. Насколько была развита медицина в Египте, слывшем при том здоровой страной, явствует из сообщений Геродота (II, 84). Он рассказывает: „Медицина у них разделена, каждый врач занимается особым родом болезней: одни — глазные врачи, другие—врачи для головы, третьи—для зубов, и еще иные — для невидимых болезней".

Очевидно не только необходимость лечить болезни, но и обычай бальзамировать трупы рано привели египтян к изучению строения человеческого тела, хотя в древности, как и в средние века, вскрытию трупов, производимому для научных целей, сильно препятствовали религиозные мотивы. Чрезвычайная древность вавилонской медицины явствует уже из того, что законодательный сборник Гаммураби говорит также об оплате медицинской помощи и об ответственности хирурга. Одна статья этого кодекса [1] между прочим гласит, что хирургу, оперировавшему глаз человека для удаления бельма, полагается отсечь обе руки, если глаз будет разрушен хирургическим вмешательством [2]. Не менее варварскими были египетские законы. Достаточно напомнить, что по сообщению Диодора врачи в случае смерти пациента подвергались опасности быть наказанными как убийцы.

Так как эти древнейшие врачи заимствовали свои целебные средства из всех царств природы, то медицина и естествознание с самого начала были связаны теснейшим образом. В найденных медицинских папирусах насчитывается до пятидесяти растений, применяемых для лечебных целей. Наряду с этим применялись также органы и выделения

---

[1] Kodex Hammurabis в Mitteil. z. Gesch. d. Med. und. d. Naturw. 1903, H. 1, S. 90. Гаммураби (Хаммураби) царствовал в 1958—1916 г. г. до н. э. Он объединил в законодательном сборнике применявшиеся правовые нормы. Сборник Гаммураби найден в 1901 г.

[2] Операция удаления бельма, которой до сих пор приписывали древность приблизительно в 2000 лет, отодвигается в силу этого упоминания в кодексе Гаммураби еще на 2000 лет. Ср. H. Magnus, Zur Kenntniss der im Gesetzbuche des Hammurabi erwähnten Augenoperationen, D. med. Wschr. 1903, № 23. Можно считать несомненным, что законы эти применялись уже задолго до их кодификации. 118-я статья сборника Гаммураби гласит: „Если хирург нанесет кому-либо тяжелую рану медным шилом и убьет человека или вскроет бельмо человека медным шилом и глаз человека будет разрушен, ему полагается отсечь руки".

животных, как например сердце, печень, кровь, желчь и т. д., затем минералы, как медные соли и сода.

Интересным эпизодом в истории медицины является лечение гнилого зуба. Вавилоняне считали, что образование дупла в зубах происходит от червей, выедающих внутренность зуба. Исцеления ожидали от заговоров. Эти заклинания распространились и в Европе и здесь сохранились вплоть до средних веков. Однако на место заговоров или наряду с ними уже очень рано появилось и соответственное лечение болезни. Боль утоляли ядовитыми травами, дупло в зубе заполняли смолой [1].

Клинописный текст, раскрывающий, каким образом космогонические представления часто соединялись с молитвенными формулами и лечебными предписаниями, гласит:

„Когда бог Ану создал небо,
небо создало землю,
земля создала реки,
реки создали каналы,
каналы создали ил,—
ил создал червя.
И пошел червь; при виде солнца он заплакал.
Перед лицом бога Эа пришли его слезы:
— Что дашь ты мне для моей еды?
Что дашь ты мне для моего питья?
— Я даю тебе дерево, которое гнило, и плоды дерева.
— Что мне гнилое дерево и плоды дерева?
Дай мне гнездиться внутри зуба.
Его дупло дай мне в жилище.
Из зуба высосу я его кровь.
Так как ты сказал это, червь,
то пусть побьет тебя бог Эа
силою своих рук.
Это будет заговором против зубной боли.
При этом измельчи листья белены и замеси с древесной смолой.
Это ты засунь в зуб, трижды повторяя заговор“ [2].

Что теснота в городах древнего культурного мира, подчас густо населенных, привела также к известной гигиене, жилищной и городской, может считаться несомненным. Часто строение городов уже производилось по определенным пла-

[1] В одном древневавилонском тексте предлагается белена как растение, парализующее члены, и древесный жир (смола), Mitt. z Gesch. d. Med., 1904, Sj. 221.

[2] F. v. Oefele, Zwei medizinische Keilschrifttexte in Urschrift, Umschrift und Uebersetzung (Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw., 1904, S. 217 и сл.).

нам. Городской план Ниневии найден на одной статуе, возраст которой определяется в 5000 лет. Мы встречаем у вавилонян и у египтян даже водопроводы и сточные трубы. По всем вероятиям греки были в этом, как и в очень многом другом, учениками этих народов. У ассирийн около 700 г. до н. э. были города с прямыми вымощенными улицами, причем имелись даже тротуары [1].

Каков был объем знаний египтян в медицине, ботанике и зоологии, едва ли возможно установить. Однако многие подробности явствуют из рисунков и дошедших до нас папирусов. Мы знаем далее, что практическая ботаника зародилась в Египте и Передней Азии. Так, в Египте возделывались три вида пшеницы и два вида ячменя, равно как и просо [2]. Здесь возделывали также клещевину, разводили финик, винную ягоду, виноград, чечевицу, горох и т. д.

Обширнейшим медицинским памятником является Папирус Эберса. Родиной его являются Фивы, где он написан вероятно около 1500 г. до н. э. Папирус Эберса представляет по преимуществу собрание рецептов (например клещевина против запора), молитв и заговоров против различных болезней. Он не дает поэтому представления о положении медицины вообще. Хотя мы не располагаем документом, трактующим с такой же обстоятельностью о хирургии, но наблюдения на мумиях над удачно излеченными переломами костей и т. д. дают возможность заключить, что эта отрасль медицины, всецело зависящая от анатомических познаний, стояла относительно высоко [3].

Изготовлением лекарств занимались вначале сами врачи. Однако уже в древней Александрии и в древнем Риме мы встречаемся с особыми изготовителями лекарств. Устройство

[1] H. A. Nielsen, Die Strassenhygiene im Altertum. Arch. f. Hyg. Bd. 43, 1902, S. 85—115.

[2] Список возделывавшихся в Египте и Палестине растений дан в статье Варбурга „Geschichte und Entwicklung der angewandten Botanik“ (Ber. d. D. Bot. Ges., 1901, S. 153). В Египте среди прочих растений важнейшими являются: три вида пшеницы, два вида ячменя, чеснок, порей, лук, лен, папирус, маслина, виноград, финик, винная ягода, дыня, тыква, артишок, спаржа, редька, горох, бобы, чечевица, капуста, фенхель (лекарственный укроп), анис, полынь, мак, клещевина, гранат. Большинство этих растений возделывалось также в Палестине, где уже была известна прививка. Орудиями служили: плуг, борона, серп, чесалки для льна и цепы для молотьбы.

[3] В Папирусе Эберса имеются некоторые указания, дающие возможность предположить, что древние египтяне ускоряли заживление ран посредством наложения швов. Первое описание этого метода находится у Цельса. См. Gurlt, Geschichte der Chirurgie, а также Erhardt, Die in der Chirurgie gebräuchlichen Nähte und Knoten in historischer Darstellung (Volkmanns klin. Vort. № 580/81).

домашних аптек восходит в Египте к глубочайшей древности. В египетском собрании Берлинского музея имеется домашняя аптека египетской царицы, относящаяся к 2000 г. до н. э. Эта аптечка согласно надписи на ней являлась подарком; в закрытых пробками алебастровых сосудах сохранились еще корешки, служащие для лечебных целей [1].

Первые естественно-научные знания.

Немало сведений об отношении древних египтян к окружавшему их животному и растительному миру дают нам стенная живопись в гробницах и украшения на табличках для косметики, которые клались с мертвецом в могилу. Папирус Эберса содержит также некоторые указания относительно развития скарабея (жука) из яйца, мясной мухи из личинки, лягушки из головастика [2]. Множество хорошо сохранившихся изображений животных и растений находится в относящихся к эпохе Древнего царства (пятая династия) гробницах Пта-Хотепа и Тии. Они принадлежат к некрополю древнего Мемфиса и расположены вблизи ступенчатой саккарской пирамиды. В гробнице Пта-Хотепа усопший изображен окруженный своими комнатными собачками и ручными обезьянками Слуги заняты закланием жертвенных животных или же ведут живую охотничью добычу, например газелей и львов. Охотничьи сцены содержат немало наблюдений над жизнью животных; так например мы видим здесь льва, бросающегося на окоченевшего от страха быка. Обстоятельно изображено также производство вина. Рисунки изображают возделывание виноградной лозы, собирание винограда и выжимку его. Очень рано с рисунков исчезают изображения фантастических смешанных существ. Таблички для косметики (древние египтяне подводили брови) показывают, что, уже начиная с первой династии, изображались за немногими исключениями только наблюдавшиеся в действительности животные формы [3].

С лошадью египтяне и вавилоняне познакомились сравнительно поздно. Так, в кодексе Гаммураби заключается множество постановлений, где идет речь о быках, ослах, овцах и других домашних животных, но нет упоминания о лошади. Последняя по всем вероятиям лишь в начале вто-

[1] „Tierärztliches Zbl.“, 1903, № 18.
[2] R. Burckhardt: Geschichte der Zoologie, S. 12. Leipzig, Göschensche Buchhandlung, 1907.
[3] Eduard Meyer, Ägypten zur Zeit der Pyramidenerbauer, Leipzig. 1908, (Sendschr. d. den Orientges).

рого тысячелетия до н. э. проникла в переднюю Азию и Египет вместе с арийскими племенами, продвигавшимися от Аральского моря. Появление лошади привело к изобретению боевой колесницы, совершенно преобразившей ведение войны.

Переход культурных растений и домашних животных из Азии в Европу изучен Виктором Геном на основании сообщений греческих и римских писателей. В его книге, появившейся впервые в 1870 г., еще не могли быть приняты во внимание важнейшие результаты египтологических и ассириологических исследований. В этом отношении новые издания книги Гена, создавшей в свое время эру в науке, подверглись очень малому изменению. Заслугой Гена является то, что он впервые настойчиво указал на то, что под влиянием человека фауна и флора культурных стран чрезвычайно изменились. При этом Ген пользовался все же по преимуществу чисто филологическим методом. Так например сравнительно позднее знакомство Передней Азии и Европы с курицей Ген выводит из того, что это животное не упоминается в ветхом завете, изображение его не встречается также в египетской стенной живописи, где представлено все, имеющее отношение к домашнему обиходу древних египтян. По отношению к Италии Ген приходит к общему выводу, что ее растительный мир под влиянием человека принимал постепенно все более южный и азиатский характер [1]. Так, Плиний сообщает, что например вишневое дерево было перенесено лишь Лукуллом с Понтийского побережья в Италию.

Литературные указания и изображения животных и растений находят ценное дополнение в действительных произведениях природы, открытых в древних египетских гробницах и хранящихся в большом Каирском музее. Здесь находятся многочисленные мумии собак, крокодилов, рыб, птиц (особенно ибиса), летучих мышей, землероек и т. д. Мир насекомых представлен особенно скарабеями. Не менее многочисленными являются остатки растений.

Египтяне дошли также до химических производств, целью которых было добывание лечебных средств из растительных веществ. Так известно, что они в позднейшие времена применяли для этого дестилляцию [2], пользуясь при этом изобретенными ими стеклянными сосудами. В каче-

[1] V. Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere in ihrem Übergange aus Asien. Berlin, 1902, S. 520.

[2] Gerland und Traumüller, Geschichte der physikalischen Experimentierkunst, Engelmann, Leipzig, 1889, S. 9.

стве лекарств находили применение также и неорганические вещества, например окись железа, квасцы и т. д., однако в меньшем размере, чем органические. Таким образом уже в древнейшие времена возникла известная связь между химическим производством и фармацией[1].

Египетские квасцы считались наилучшими (Плиний, 35, 184). Особые квасцовые копи, дававшие большую добычу, существовали по указанию Диодора (V, 15) на Липарских островах. Как и в наше время, различали многочисленные сорта квасцов, которые применялись не только в медицине, но и в качестве протравы, для пропитывания дерева с целью сделать его несгораемым, для дубления (Плиний, 35, 190),— словом для многих целей, для которых они служат и теперь.

Древняя культура Южной и Восточной Азии.

Изобразив первые зачатки культуры и науки в Передней Азии и Египте, мы должны уделить еще некоторое внимание элементам, возникшим в Индии и Китае. Значение индусов в развитии наук освещено надлежащим образом лишь новейшей санскритологией, хотя в этой области остается еще немало сомнений и неясностей. Лишь с основанием современного сравнительного языкознания было выяснено, что индусы имеют общее происхождение с греками, римлянами и германцами. Вероятно никогда не удастся установить, где была первоначальная родина предполагаемого индоевропейского пранарода. Мы во всяком случае должны считать, что это был пастушеский народ, окрепший в умеренном климате и начавший передвигаться, занимая новые места. Новое местожительство однако приходилось отвоевывать не только у природы, но и у коренного населения, стоявшего на низшей ступени развития. Так, индусы за несколько тысячелетий до начала н. э. вторглись со своими конями и быками с северо-запада на полуостров, названный по их имени. Вначале они осели в области Инда и, продвигаясь отсюда, оттеснили темнокожих первичных обитателей на юг и в горы.

На первых ступенях своего развития Индия не имела никаких сношений (или только слабые сношения) с средиземными народами. Однако уже с первыми проблесками исторической жизни можно установить сношения Индии с Западом, равно как с Китаем, так что былая вера в полную

[1] Meyer, Geschichte der Chemie, S. 16

замкнутость южно- и восточноазиатской культуры должна была уступить место другому взгляду. В первые времена основой сношений была торговля, предпочитавшая при этом морские пути. Этим путем индийские товары проникли в Аравийский залив, а отсюда в верх по Тигру и Ефрату. Даже восточное побережье отдаленного Египта поддерживало оживленные торговые сношения с Индией. И в позднейшие времена даже римские корабли плавали по Красному морю и Индийскому океану, где мореплаватели сумели воспользоваться равномерной сменой муссонов [1].

Обмен товарами шел во все времена параллельно с обменом знаниями. Дальнейшим могучим ферментом взаимного оплодотворения явились распространение религий и завоевательные походы. Так, впоследствии в результате походов Александра Македонского на границах Индии возникли греческие государства, посредничавшие в оживленном обмене также и духовными ценностями между обитателями Средиземноморского побережья и Южной Азии. В эпоху Римской империи и в византийский период сношения между индийскими и западными дворами происходили при посредстве посольств. Даже к китайскому двору явилось при императоре Антонине римское посольство [2].

Для истории наук особенно важно влияние, которое индусы оказали на живущие на запад от них народы в области медицины, астрономии и математики. Достаточно напомнить, что впоследствии учителями арабов в медицине и хирургии явились не только Гален, но и индусы. Среди произведений индийской природы было к тому же немало веществ, которые считались туземцами лечебными и о которых сообщалось другим народам. Так, по сообщению Арриана, при Александре Великом состояли на службе опытные индийские врачи, особенно искусные в лечении змеиных укусов. Доказательством древности индийской медицины может служить также то, что врачи пользовались у индусов глубоким уважением [3].

Среди позднейших индусских писателей по математике и астрономии должны быть выделены Ариабхатта (около 500 г. н. э.) и Брахмагупта (около 600 г. н. э.). Оценивая их заслуги, надо однако иметь в виду, что в произведениях

[1] Подробная статья Гумеруса о промышленности и торговле в древности помещена в IX томе Paulys Reallex. S. 1381—1535.

[2] Представлениям древних об Индии посвящена очень подробная статья Веккера в Paulys Reallex. d. klass. Altert. S. 1264—1325, Bd. IX. (1914). Лучший очерк античных знаний об Индии дан в „Географии" Птолемея (см. ниже).

[3] Lassen, Indische Altertumskunde, II, 511.

санскритской литературы, предшествующей Ариабхатте, явственны следы греческих влияний на индийскую науку. Долгое время предполагалось, что многие учения в древнейших санскритских сочинениях имеют греческое происхождение [1]. Однако в новейшее время за произведениями санскритской литературы признана большая самостоятельность.

К древнейшим созданиям индийской литературы принадлежат Веды. В них отражена религиозная и социальная жизнь индусов; но в них заключаются также первые зачатки наук, развивавшихся у этого замечательного народа по преимуществу в теснейшей связи с религиозными обычаями и ощущениями. В высшей степени своеобразным образом повлияли например жертвоприношения на развитие индийской математики. Дело в том, что по воззрениям индусов самая форма жертвенников имела величайшее значение для исхода жертвоприношения. И вот в одном предписании говорится: „Кто хочет достигнуть небесного мира, пусть складывает жертвенник в виде сокола". Между тем эта задача предполагает немалое знание планиметрии, так как все камни известного слоя должны быть полиэдрическими (многогранными) и, будучи пригнаны плотно, без щелей, друг к другу, должны дать фигуру сокола. Трудность увеличивается тем обстоятельством, что во втором слое, подобно первому, заключающем приблизительно двести камней, последние должны быть расположены иначе и все же в целом совпасть, вполне прикрывая первый слой. При этом формальные соотношения имели решающее значение, так как по воззрениям индусов от них зависело благополучие или несчастие [2].

Сочинение о жертвенниках, по мнению издателя (Бюрк, см. ниже), составлено в IV или V в. до н. э., если не раньше. Технические приемы, применявшиеся индусами при постройке жертвенников, натолкнули их вероятно на теорему о квадрате гипотенузы еще ранее V в. до н. э. Это однако не значит, что они открыли общие доказательства пифагоровой теоремы. Мы ведь не должны забывать, что часто и непосредственное геометрическое созерцание бывало источником новых знаний. Так, мы находим, что в некоторых индийских жертвенниках четыре квадрата (рис. 9) соединяются в больший квадрат. Четыре диагонали меньших квадратов дают новый квадрат, построенный на гипотенузе AC равнобедренного прямоугольного треугольника ABC.

[1] Cantor, I, 509.
[2] Bürk b Zeitsch. d. deutsch. morgenländ. Ges. Bd. 55 и 56.

Здесь непосредственное созерцание подтверждает правильность пифагоровой теоремы в этом отдельном случае.

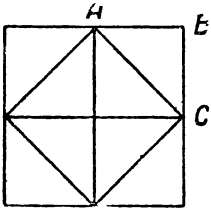


Рис. 9. Геометрическое построение индусов.

В изданном Бюрком индийском сочинении [1] дается поэтому более широкое обобщение: „Диагональ прямоугольника производит то, что производят отдельно длинная и короткая стороны прямоугольника [2].

Принятое прежде мнение, что индийская геометрия имеет по преимуществу греческое происхождение, таким образом после открытия важных индийских документов [3] не может более считаться правильным [4].

Среди прямоугольных рациональных треугольников индусам в VIII в. до н. э. были например известны треугольники, стороны которых относятся друг к другу, как: 3 : 4 : 5; 5 : 12 : 13; 8 : 15 : 17.

Для построения прямого угла здесь, как впоследствии в Египте и позже в Греции, пользовались приемом „натягивания веревки". Обычно применяемое при этом индусами отношение сторон [5] было: 15 : 36 : 39, стало быть также соответствовало пифагоровой теореме. Несмотря на все это остается вероятным, что лишь греки от многочисленных известных тогда отдельных случаев пришли к геометрическому обобщению, которое раньше приписывалось Пифагору.

Мы находим у древних индусов также правило для построения приблизительной квадратуры круга [6]. Если требуется найти круг, площадь которого равна площади квадрата $ABCD$, то проводят перпендикулярно линию $=AM$ (рис. 10). К MG прибавляют $NG = \frac{1}{3}\ GE$. Получен-

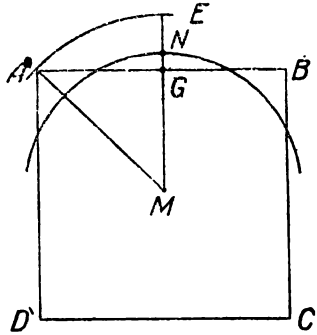


Рис. 10. Квадратура круга у индусов.

[1] Kap. I. 4, Ztschr. d. d. morgenl. Ges. Bd. 56, S. 328, 1902.

[2] Сооружение жертвенников с применением прямоугольных треугольников, отношение сторон которых выражается в целых числах, восходит вероятно к VIII в. до н. э. Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d Naturw. 1906, S. 473.

[3] Главным образом Апастамбы Сульбасутри.

[4] См. Zeuthens, Bemerkungen in der Biblioth. mathem. (3. Folge), V, 97—112.

[5] Cantor, Über die älteste indische Mathematik. Arch. f. Math. und Physik. 1904, Bd 8.

[6] Ap. Sulb. Sutra, III, 2, Zschr. d. morgenl. Ges., Bd. 55, 56. Статья Bürk.

ной таким образом линией *MN* как радиусом проводят из центра *M* круг. В индийском наставлении говорится: „Сколько теряется (в углах), столько прибавляется (в сегментах)".

Исстари индусы считались народом, особенно способным к математике. Действительно их заслугой является изобретение системы нумерации, в которой значение цифры определяется занимаемым ею местом, а также и изобретение самих цифр, ошибочно называемых арабскими. Как видно из таблиц Сенкере, вавилонянам была известна подобная „позиционная" система счисления, именно шестидесятиричная, в которой однако не было нуля. Позднейшие индусы введением нуля и десятиричной системы создали нынешнюю „позиционную" арифметику, впоследствии перешедшую на Запад через арабов.

Чем больше археологическая наука знакомит нас с знаниями древнего Востока, тем больше укореняется убеждение, что за три-четыре тысячелетия до н. э. вавилоняне, индусы и египтяне владели общим капиталом познаний. Несомненно, эти первые культурные народы многими истинами овладели независимо друг от друга, однако между ними происходил гораздо более оживленный обмен знаниями, чем это предполагалось до сих пор. Имеется достаточно доказательств тесных сношений между Вавилонией и Египтом. Доказательством того, что вавилонское влияние проникало также в Индию и даже в Китай, может считаться тот факт, что индийские и китайские источники определяют продолжительность длиннейшего в году дня в 14 часов 24 минуты, что с точностью до одной минуты верно для широты Вавилона. В то время как взаимное влияние древнейших египетских, вавилонских и индийских знаний можно скорее предположить, чем конкретно доказать, связь между индийской наукой, с одной стороны, греческой и арабской — с другой, совершенно очевидна. Особенно живой обмен между индусами, греками и арабами существовал в области математических и астрономических знаний. Так как в дальнейшем мы не предполагаем больше возвращаться к индусам, то остановимся здесь вкратце на развитии математики у индусов, столь способных к арифметике.

Несомненной заслугой индусов является создание новых цифровых знаков и нуля и усовершенствование способа начертания чисел, обусловившего зависимость каждой цифры от занимаемого ею места. Счет с применением нуля был в употреблении уже в эпоху Брахмагупты. Изображение дробей и действия над дробями едва отличаются от принятых ныне правил. Правда, черты в дробях нет, но числитель

уже пишется над знаменателем. В смешанных дробях целые числа пишутся на третьей ступени сверху; так например $2^3/_4$ изображалось $\overset{2}{\underset{4}{3.}}$. Для умножения дробей Брахмагупта дает следующее правило: „Произведение из числителей раздели на произведение из знаменателей". Мы находим далее у индийских математиков задачи на простое и сложное тройное правило. Задачи на сложное тройное правило разлагаются на ряд простых. В употреблении были даже особые выражения для тройного правила [1].

Продвинув так далеко вперед арифметику введением нуля и „позиционной" системы, индусы благодаря введению понятий положительных и отрицательных величин имеют не меньшие заслуги и в развитии алгебры. Они знакомы были даже с объяснением этих понятий при помощи слов „долг" и „имущество" и с их уяснением при посредстве движения вперед и назад на данном расстоянии. Для обозначения числа как отрицательного над ним ставилась точка. При решении уравнений допускались даже отрицательные ответы, которые еще Диофант (350 г. н. э.) признавал недопустимыми.

Что касается арифметических и геометрических прогрессий, квадратных и кубических чисел, то греки в этом отношении мало чему могли научиться у индусов. Однако этот народ создал теорию сочетаний и первооснову алгебры. Затем в Индии сделали шаг вперед в учении о возведении в степень, введя обозначение для иррационального квадратного корня. К возведению во вторую и третью степень индусы присоединили в качестве обратных действий извлечение квадратного и кубического корней. При этом они уже пользовались двучленными формулами $(a+b)^2$ и $(a+b)^3$. Мало того, их способ извлечения корней настолько совпадает с современными приемами, что у них принято было даже разделение числа, из которого извлекается корень, на группы в два или три знака.

В области алгебры индусы развили главным образом учение об уравнениях разных степеней. Неизвестная величина обозначалась особым знаком.

Как пример поэтической формы, в которую индусы облекали такие задачи, приведем следующую: „Из пчелиного роя $^1/_4$ опустилась на один цветок, а $^2/_3$ полетело на другой цветок. Одна пчела, равно привлекаемая сладостным

---

[1] Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. I, S. 98.

благоуханием обоих цветков, жужжит в воздухе. Скажи мне, прелестная женщина, сколько было всего пчел?"

Еще крупнее были успехи индусов в теории чисел. Но остановиться обстоятельно на этой стороне математики значило бы слишком далеко отойти от основной задачи этой книги, которая может уделить математике внимание лишь постольку, поскольку она имела значение в развитии естественных наук. Мы находим у индусов, как и у Диофанта, лишь отдельные немногие примеры решения кубических уравнений.

Не лишен интереса краткий обзор содержания индийской арифметики. Она обнимала двадцать действий и восемь определений, с которыми должен был быть хорошо знаком каждый мастер искусства счисления[1]. К четырем арифметическим действиям, возведению в степень и извлечению корня присоединялись шесть действий над дробями и пять для решения задач на простое и сложное тройное правило. Затем было правило, касавшееся перемещений. Особые правила относились к смесям, вычислению объемов и поверхностей, процентов, вычислению по тени (см. ниже) и т. д. По Буркгардту[2] можно допустить, что с V в. н. э. в Индии считали в общем совершенно так же, как и мы в наши дни. Считается также установленным, что арабы заимствовали свои цифры и приемы счисления у индусов.

То, что в санскритских сочинениях было найдено из области геометрии, менее значительно и по мнению Кантора отчасти ведет происхождение из Александрии, особенно от Герона[3]. Нигде не встречаем мы указания на то, чтобы индусы были знакомы с коническими сечениями. Эта часть геометрии исключительно греческого происхождения. Наоборот, индусам как народу, по преимуществу способному к арифметике, удалось создать первооснову теории сочетаний, — завоевание, до которого, как нам известно, не дошли греки.

Значительные успехи сделала у индусов тригонометрия, так как они ввели вместо хорды, стягивающей угол, ее половину, т. е. синус. Завоевание это во всем его значении было понято и использовано лишь арабами.

Первая индийская таблица синусов относится к 500 г. н. э.[4] Как у александрийцев и вавилонян, круг раз-

[1] Arneth, Die Geschichte der reinen Mathematik, S. 143.

[2] Burkhardt, Wie man vor Zeiten rechnete, Ztschr. f. d. Math. u. Naturw. Unterr., 1905, I H.

[3] Cantor, Geschichte der Mathematik, Bd. I, S. 540.

[4] Таблица эта помещена в сочинении Ариабхатты (род. в 476 г. н. э.), древнейшего индийского астронома, сочинения которого дошли до нашего времени.

деляется здесь на 360 равных частей. Каждая часть делится на 60 меньших отрезков (наши минуты), которых таким образом в целом круге содержится 6 360 = 21 600. Радиус измеряется этими наименьшими частями круга. Длина радиуса по одному произведенному индусами исчислению отношения окружности к диаметру определяется в 3 448. Так как синус, рассматриваемый как половина хорды удвоенного угла, при 90° равен радиусу, то для 90° в этой таблице показана именно эта величина: 3 448. Для sin 60° дано 2 978, для sin 30° — 1 719

В области естественных наук индусы обладали многочисленными разрозненными сведениями. Но до построения общей естественно-научной системы им было так же далеко, как вавилонянам или египтянам. Это выпало на долю греков. Что касается физики, то следует упомянуть, что знакомство индусов с зажигательным стеклом и с зажигательным зеркалом относится к глубокой древности. Так, одна из их древнейших книг [1] упоминает, что высушенный навоз загорается, если направить на него солнечные лучи посредством камня, или стекла, или металлического сосуда [2]. Надо сказать, что греки в эпоху Аристотеля также уже были знакомы с добыванием огня при помощи прозрачного камня [3]. На основании некоторых санскритских текстов древним индусам приписывали знакомство с порохом. В этих текстах упоминается один царь, живший в III в. до н. э. и устраивавший „фейерверки". Однако делать из этого заключение о столь раннем знакомстве индусов с порохом представляется довольно рискованным [4].

Можно легко понять, что пышная природа такой страны, как Индия, должна была вызвать ранний расцвет ботаники и покоящейся на ней медицины. Поэтому в санскритской литературе достаточно сочинений, где говорится о множестве лекарств, питательных продуктов и ядов. Однако лишь очень редко удается установить вид, о котором идет речь. Чаще всего упоминается Nelumbium speciosum, великолепная водяная роза. У древних индусов наряду с растениями для лечебных целей применялись также металлы и химические

---

[1] Нирукта.

[2] Roth, Indische Feuerzeuge, Zschr. der morgenl. Ges., 1899.

[3] Аристофан, Облака, стих 766 и сл. Здесь Аристофан рассказывает, как один должник надул своего кредитора тем, что расплавил содержавшую долговое обязательство восковую табличку при посредстве чечевицы, какие употребляются для добывания огня.

[4] См. статью „Schiesspulverfrage im alten Indien", Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw. 1905, S. I и сл.

соединения. Подробнее всего о состоянии их естественнонаучных и медицинских познаний сообщает Аюр-Веда Сусрута. Его сочинение состоит из шести книг, посвященных по преимуществу учению о целебных средствах, анатомии, патологии и терапии. Скелет человека согласно перечислению Сусруты заключает в целом 300 костей. В школе Сусруты уже производились вскрытия, анатомировались и препарировались в проточной воде трупы.

Это дает представление о поразительной высоте анатомических знаний, которыми индусы владели уже в VI в. до н. э. [1]. Сусрута был уже знаком также и с сахарной болезнью, между тем как наблюдение, что моча диабетиков отличается необычайно сладким вкусом, было сделано в Европе лишь в XVII столетии [2].

Среди лекарств [3] Сусрута упоминает ртуть, серебро, мышьяк, сурьму, свинец, железо и медь. Среди целебных средств древних индусов были также квасцы и нашатырь. Время возникновения Аюр-Веды не установлено с достаточной точностью. Веды сложились за период с 1500 до 500 г. до н. э. Слово Веда означает знание. Некоторые относят происхождение Аюр-Веды ко времени задолго до нашей эры. Сочинения Сусруты упоминают не менее 760 лекарств, громадное большинство которых имеет растительное происхождение [4]. Подобно древним вавилонянам, индусы умели оперировать бельмо. Известия об этом простираются приблизительно до начала нашей эры. Операция снятия катаракты производилась двумя инструментами: один служил для вскрытия глазного яблока, другим удалялся помутившийся хрусталик [5].

Гораздо более изолированной, чем индийская культура, все-таки приходившая в оживленное соприкосновение с греческим и арабским миром, оставалась культура китайская. Дело заключалось не только в том, что Китай был отделен от народов Передней Азии и Средиземного моря исполинскими горами и бесконечными пустынями, здесь недоставало также общности расового родства, связывавшего арийцев Индии с персами и западными индоевропейцами. Тем не

[1] Hoernle, Studies in the Medicine of ancient India, Oxford, 1907.
[2] Lippmann, Abhandlungen und Vorträge, 1906.
[3] Berendes, Das Apothekenwessen, seine Entstehung und geschichtliche Entwicklung, Stuttgart, 1907.
[4] Санскритский текст, направленный против употребления мяса, бродящих напитков и половой любви, напечатан в переводе в Ztschr. der deutsch. morgenl. Ges. 1907.
[5] S Hirschberg, Der Starstich der Inder. Ztschr. f. prakt. Augenheilk., Januarheft, 1909.

менее уже в древности благодаря торговле установились связи между крайним востоком Азии и Средиземным морем. Эти торговые сношения велись путем морских путешествий по Индийскому океану. Китай доставлял Западу главным образом шелк и получал за это благородные металлы, стеклянные вещи и янтарь. Распространяя все дальше свои завоевательные походы, римское и китайское царства подошли близко друг к другу у побережья Каспийского моря. Даже влияние секты несториан, возникшей в Передней Азии, захватило также Китай. Об этом сообщает нам воздвигнутый в Синганфу памятник с китайской и сирийской надписями. И все же ни одна культура древнего мира не осталась столь мало затронутой чужеземными влияниями, и сама в свою очередь не влияла так мало, как китайская, так что эта страна в вопросе о развитии наук едва требует упоминания. Правда интересы ее обитателей рано направлены были на вопросы математики и астрономии. Здесь было изобретено, правда очень несовершенное, книгопечатание и возникла литература, по объему не уступающая арабской. Произведения промышленности часто превосходили работы западных народов. Тем не менее внешнее влияние Китая было чрезвычайно незначительно. Даже столь важное изобретение, как компас, сделанное в Китае, оставалось более тысячелетия неизвестным народам Средиземного моря.

За чрезвычайную древность китайской астрономии говорит очень раннее упоминание в их литературе о соединении планет и комет. Познакомившись с литературой индусов, Европа была поражена древностью астрономических таблиц этого народа. То же самое относится и к китайцам, астрономическая литература которых стала известна в XVIII в. благодаря иезуитам, поселившимся в Китае. Оказалось, что здесь астрономия достигла немалой высоты уже в 1000 г. до н. э. Тем не менее дальнейшее ее развитие шло чрезвычайно медленно [1]. Так например один перечень комет восходит к 2296 г. [2]. Затем один из иезуитов, ознакомивший китайцев с европейской астрономией [3], упоминает записан-

---

[1] W. Förster, Die Astronomie des Altertums und -Mittelalters, Berlin. 1876.

[2] Wolff, Geschichte der Astronomie, S. 11.

[3] Орден иезуитов, на обязанности которого наряду с защитой католического вероучения лежало также и распространение его, уже в XVI в. обосновался во внеевропейских странах. В Китае он приобрел особое влияние благодаря тому, что создал новое календарное счисление на астрономической основе вместо старого, пришедшего там в чрезвычайный беспорядок. Этот новый календарь был особенно важен потому,

ное китайцами соединение планет в 2461 г. до н. э. [1]. Однако вероятно, что здесь имелось не настоящее наблюдение, но лишь вычисленное задним числом астрономическое явление. С гномоном китайцы познакомились уже около 1100 г. до н. э. При его посредстве они установили наклонение эклиптики, определили продолжительность года в 365¼ дня [2] и знали уже о периодическом возвращении затмений. Бывали случаи, что астрономы, неправильно предсказавшие затмение, подвергались смертной казни. Случай такого рода будто бы имел место уже в 2000 г. до н. э. [3].

Что восточная Азия и в средние века поддерживала сношения с прочим культурным миром, показывает возникновение алхимических исканий в Китае около 800 г. до н. э. Из китайских источников явствует, что и теоретические понятия, свойственные алхимикам Срединного Царства, вели свое происхождение от арабов [4].

2. РАЗВИТИЕ НАУК У ГРЕКОВ ДО АРИСТОТЕЛЯ.

Многие из возникших в Передней Азии и Нижнем Египте зачатков науки наряду с другими элементами культуры были усвоены финикиянами, которые в качестве важнейшего торгового народа древности перенесли их к прочим обитателям Средиземного моря. У греков, впоследствии непосредственно соприкасавшихся с возникшей на берегах Нила и Ефрата культурой, эти зачатки восточного происхождения упали на плодороднейшую почву. Здесь они были не только заимствованы, но стали основанием для необычайных новых творений. В качестве важнейшего средства для дальнейшего развития научной деятельности финикияне распространили также буквенное письмо [5], развившееся из иероглифов, обозначавших слоги и целые слова. Лишь после того как это было сделано, явилась возможность

что путаница во времясчислении считалась там неблагоприятным предсказанием для государственного управления и таким образом для будущности всей страны.

[1] Baden-Powell, History of natural philosophy, London, 1834, S. 11.

[2] H. Löschner, Über Sonnenuhren. Beiträge zu ihrer Geschichte und Konstruktion nebst Aufstellung einer Fehlertheorie, Graz, 1905.

[3] Mitt. z. Gesch. d. Med. und d. Naturw. 1908, S. 351.

[4] Подробнее об этом в статье R. Ehrenfeld, Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw., 1908, S. 144 и сл.

[5] Винклер в одной своей статье о значении финикиян для культур Средиземного моря (Ztschr. f. Sozialw. 1903, Bd. IV, № 6 и 7) восстает против мнения, будто изобретение буквенного письма принадлежит финикиянам. Он полагает, что средства обмена достижениями духовной жизни

с полной сознательностью отделить отвлеченное и мир вещей и таким образом возвыситься до создания систематически построенной науки [1].

Значительную роль в этой передаче культурных ценностей Востока играли также обитатели Крита и Передней Азии. На последних Вавилония в течение тысячелетий оказывала огромное влияние. В религиозном отношении это влияние отразилось особенно сильно на еврействе и таким образом в дальнейшем — на возникновение христианства.

Новое в финикийском письме заключалось в том, что здесь для каждого согласного и гласного звука был особый знак. Древнейшие документы, написанные этим письмом, встречаются уже в 950 г. до н. э.

У греков в тот период, когда они выходят из тьмы предания на свет истории, мы уже видим стремление не только созерцательно воспринять мир явлений, но и понять его в его причинной связи. Это прежде всего достигалось применением математических знаний к естественным процессам. Но, с другой стороны, важное значение имело также то, что они с величайшим напряжением старались немедленно дойти до первоосновы всего происходящего. И эти первые движения научного мышления имели место не в собственной Элладе, но в ионийских колониях. Последние занимали посредствующее положение между азиатским миром и девственной почвой Греции. К тому же уже за несколько столетий до начала философии и естественных наук они пережили высочайший расцвет поэзии.

Зачатки греческого естествознания.

Первым греком, действовавшим в обоих вышеуказанных направлениях, считается Фалес из Милета. Хотя сочинения его не дошли до нас и он по всем вероятиям излагал свое учение лишь устно, однако это учение, равно как его открытия и его биография, достаточно известны нам из сочи-

---

получили развитие где-то в средине Средиземноморского побережья и что финикийские письмена развились в связи с клинописной литературой. Надо напомнить, что и арийцы-персы создали род буквенного письма из клинописного в применении к надписям на памятниках (L. Wilser в Mitt. z. Gesch. d. Med. u. Naturw. 1905, S. 32). Древнейшие дошедшие до нас надписи греческими буквами на греческом языке относятся ко времени не позже начала VII в. до н. э. См. Beloch, Griechische, Geschichte Bd. I, 2, S. 2, 1913.

[1] K. Suter, Geschichte der mathematischen Wissenschaften, Zürich, 1878

нений древних писателей, чтобы дать нам приблизительно ясное представление о Фалесе [1].

Фалес родился около 640 г. до н. э.; деятельность его стало быть развивалась в то самое время, когда Афины получили от Солона основы своего государственного строя. Все известия согласны в том, что Фалес побывал в Египте и имел там сношения с кастой жрецов, являвшейся в те времена хранительницей всех математических и астрономических знаний. „Побывав в Египте,—так гласит рассказ,—Фалес привез в Элладу геометрию. Многое он открыл сам, зачатки многого передал своим преемникам“ [2]. В другом месте о нем говорится: „Он наблюдал небо, смотрел на звезды и публично предсказал всем милетянам, что днем наступит ночь, солнце скроется и месяц станет перед ним [3].

Древнейшее представление о затмениях, встречающееся нам, заключается в том, что солнце или луна сделались жертвой какого-то стороннего насилия. Является сомнительным, понимали ли действительно вавилоняне сущность этого явления. До его естественной причины додумались вероятно лишь греки. По одним известиям астрономия обязана этим успехом Анаксагору, по другим—пифагорейцам [4].

Предсказание Фалеса не следует смешивать с нынешними. Дело в том, что оно не было результатом измерений и вычислений, но покоилось исключительно на установлении тех промежутков времени, по прошествии которых периодически возвращаются затмения. Этот период заметили вавилоняне. В их распоряжении и были записи, охватывавшие ряд столетий и позволявшие установить промежуток в 6585 дней, по истечении которого равномерно наступают затмения. По истечении этого промежутка, охватывающего 223 месяца и носсившего у вавилонян название с а р о с, луна приходит почти в то же положение по отношению к земле и к солнцу. Опытным путем было также установлено, что сарос не всегда применим к предсказанию солнечных зат-

[1] Пейтман в статье о натурфилософии Сократа недавно (Arch. f. Gesch. d. Philosophie, 1902, S. 311) пытался доказать, что Фалес имеет заслуги не как философ, а только как астроном и инженер. По мнению Пейтмана представляется вероятным, что лишь Аристотель произвел без всяких оснований Фалеса в философы. По Липпману, взгляд этот не принадлежит к общепризнанным.

[2] C a n t o r, Geschichte der Mathematik, Leipzig, 1880, Bd. I, S. 113.

[3] Loc. cit. p. 114.

[4] Перечень упоминаемых древними писателями затмений помещен в Paulys Reallex. d. klass. Altertumsw. B. 6, S. 2352—2364. Здесь помещена также подробная статья Боля о затмениях (стр. 2339—2364). Первое достоверное известие относится к затмению, наблюдавшемуся в Вавилоне 19 марта 721 г. до н. э.

мений[1]. И в наименований пяти планет очевидно выразилось очень рано проявившееся вавилонское влияние. Древнейшие греческие названия обозначают свойства (Марс назывался Пламенный, Юпитер—Светящий и т. д.). Но начиная с IV в. до н. э. были в ходу следующие названия:

Звезда Гермеса (Меркурий), звезда Афродиты (Венера), звезда Ареса (Марс), звезда Зевса (Юпитер), звезда Хроноса (Сатурн).

Сокращенные обозначения—Гермес, Афродита и т. д.—явились лишь позже. Можно предположить, что в этом греки следовали примеру вавилонян, которые тоже посвящали планеты своим богам. Согласно новому предположению с некоторыми завоеваниями вавилонской науки пифагорейцы были уже знакомы [2].

Насколько в общем был низок уровень астрономических представлений греков в эпоху Фалеса, явствует из того, что по приписываемым ему учениям земля есть плоскость, омываемая океаном и накрытая небом, как хрустальным колоколом. При таких обстоятельствах не могло быть еще и речи о круговращении светил. В связи с этим учением во времена Фалеса принимали, что звезды при заходе погружаются в океан и плывут в нем вдоль края плоскости до точки своего захода.

Греки, писавшие по математике, приписывают Фалесу также некоторые важнейшие геометрические положения, например теорему о равенстве углов у основания равнобедренного треугольника, равно как теорему о том, что треугольник определяется стороной и прилегающими углами. С помощью этой теоремы определялось например расстояние кораблей от берега.

Однако по отношению к геометрическим познаниям Фалеса уже невозможно установить, что в них принадлежит ему и что заимствовано у египтян. Среди применений математических знаний известным является его измерение тени. Это—способ определять высоту очень высоких предметов. Фалес—так пишут о нем—привел этим в изумление своих современников. Метод его заключался в том, что он в тот час, когда тень и высота известного тела равны между со-

---

[1] Большое солнечное затмение 18 мая 603 г. до н. э. Фалес наблюдал вероятно в Египте. Он мог поэтому рассчитывать на то, что через 18 лет с лишним произойдет новое затмение. Оно и произошло в самом деле 22 мая 585 года. (Diels, Antike Technik, 1914. S. 3). См. также I. Zech, Astronomische Untersuchungen über die wichtigsten Finsternisse, welche von Schriftstellern des Altertums erwähnt werden, Leipzig, 1853.

[2] Neue Jahrb. f. d. klass. Altertum, 1911, S. 5,

бою,—а это он установил при помощи палки,—измерял длину тени соответствующего предмета, например пирамиды, что сразу представляло собой также высоту самого предмета [1] (Плутарх, III, 174, и Плиний, XXXVI, 12).

С гномоном, прибором, служащим для определения полудня по длине тени, греки ознакомились благодаря Анаксимандру Милетскому, виднейшему из учеников Фалеса. По Страбону Анаксимандр (610—546 гг. до н. э.) составил также первую карту земли, поскольку это позволяли тогдашние географические знания [2].

Его земляк Гекатей (родился около 550 г.), совершавший далекие путешествия, так высоко поставил это новое искусство, что, судя по рассказам, возбуждал общее изумление. Гекатей составил землеописание, к которому приложил карту земли. Он считается древнейшим греческим географом и предшественником Геродота. Из карт того времени не осталось ничего. Они вероятно походили на колесообразные карты раннего средневековья (рис. 11), т. е. давали исключительно грубые, лишенные всякой научной ценности указания, что послужило причиной презрительного отзыва о них Геродота.

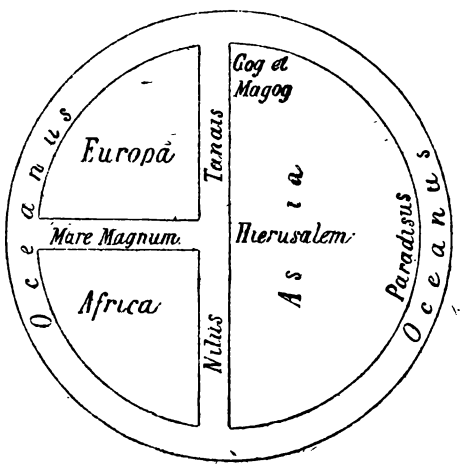


Рис. 11. Колесообразная карта земли,

Занятия естественными науками, начало которым у ионян согласно всем источникам положил Фалес [недаром Аристотель („Метафизика", I, 3) называет его „начинателем" философского изучения природы], вызвали также стремление к причинному объяснению всей совокупности явлений природы. С этих пор такое восходящее к первопричинам объяснение сделалось целью философии, которая естественно не могла притти к удо-

[1] О его методе измерения тени для любого угла см. у Hoppe, Mathematik und Astronomie im klassischen Altertum. Здесь указано, что Фалес (по Плутарху) втыкал палку в конечную точку тени при любой высоте солнца и учил, что длина тени палки относится к длине тени пирамиды, как длина самой палки к высоте пирамиды.

[2] A. Forbiger, Handbuch der alten Geographie, I, 44.

влетворительному решению столь широко поставленной проблемы. Что касается вопроса о происхождении греческой философии, то виднейший ее историк Целлер склоняется к взгляду, что греческая философия совершенно самостоятельна и не ведет своего происхождения с Востока. „Если был на свете народ,—говорит Целлер,—способный самостоятельно создать свою науку, то это были греки" [1].

Первое выражение их мировоззрения дали поэты. Гезиод, живший в VIII в. до н. э., первый в своих „Делах и днях" поставил вопрос о происхождении вселенной. Для Гезиода вопрос о происхождении мира сводился по преимуществу к учению о богах. Космогония и теогония в эту эпоху сливались еще в единое облаченное мистическим одеянием. Фалес и его непосредственные последователи, едва способные возвыситься над понятием материи, довольствовались предположением, что все вещи сводятся к единственному первичному веществу. Фалес считал, что самым подходящим в этом смысле веществом является вода, ибо она представлялась ему по своим свойствам стоящей между землей и воздухом. Это учение находило поддержку в некоторых наблюдениях Так например Египет, откуда вели свое происхождение многие взгляды Фалеса, считался созданием Нила. И затем разве все растения не развиваются из земли, увлажненной водою? Даже впоследствии, когда научились производить наблюдения с большей точностью, это учение продолжало находить приверженцев. Его держался Ван-Гельмонт, выдающийся ученый XVII в. Лишь Лавуазье и Шееле, стоящим уже на пороге новейшего времени, удалось безупречно поставленными опытами окончательно опровергнуть неизменно опиравшуюся на неправильные наблюдения веру в превращение воды в землю.

Стремление объяснить мир в его отношении к человеку не переставало со времен Фалеса занимать самые выдающиеся умы. Здесь этот вопрос занимал нас лишь постольку, поскольку результаты философского мышления оказывали влияние на дальнейшее развитие естественных наук. Последние не замедлили поставить себе более скромную, но достижимую цель: уразуметь закономерную связь явлений. По мере того как проникались этой целью, происходило постепенное устранение фантастических вымыслов, получивших выражение например в алхимии и астрологии, и в той же мере наука стала приближаться к своему нынешнему виду.

---

[1] Zeller, Die Philosophie der Griechen, Bd. I (5. Aufl.), S. 35.

С ионийской натурфилософией „в духовную жизнь человечества входит новый элемент". Впервые встречаются нам, наученые индивидуальности с собственными убеждениями, достигающие своих результатов путем напряженной работы мысли. Подобные выступления индивидуальностей являлись неизбежной предпосылкой дальнейшего развития истинной науки [1].

Чисто философская точка зрения, несмотря на недостатки присущие ей, в сравнении с точным исследованием несомненно все же имеет ту заслугу, что она неизменно вдохновляла опытные науки. Многие развитые греческой древностью философские взгляды, влияли на естествознание вплоть до новейшего времени. Так например, стремление свести многообразие веществ к единой первичной материи сохранилось и в наши дни. Вначале ионийские философы называли такой первичной материей какую-либо из известных стихий, например воздух или воду. Впоследствии Аристотель принимал воздух, воду, землю и огонь за различные формы проявления единого первичного начала. Поэтому считалось возможным превращение известных веществ одного в другое. И таким образом именно на философию Аристотеля могли опираться средневековые попытки превратить неблагородные металлы в благородные. Начало учения об элементах восходит к Эмпедоклу из Агригента (около 440 г. до н. э). Для него первичные вещества вечны, самостоятельны и невыводимы одно из другого. Благодаря двум движущим силам—дружбе и вражде, которые Гераклит называет отцом всех вещей, элементы смешиваются и получают вид вещей. Смешение происходит таким образом, что частицы одного вещества незаметно притягиваются частицами другого. Таким же образом по учению Эмпедокла возникают и чувственные ощущения [2].

Эмпедокл возвысился до многих верных или достойных внимания взглядов на отдельные явления природы. Так например он вместо центрального огня, вокруг которого по мнению пифагорейцев вращается земля, принимал существование жидкого огненного земного ядра, от которого получают свою теплоту горячие источники и вулканы. Этот подземный огонь поднял по его мнению из земли горы. На основании больших костей, найденных в Сицилии, Эмпедокл вывел заключение о доисторическом существовании рода исполинов. Свои взгляды он развил в поэме „О природе".

---

[1] Meyer, Alte Geschichte, Bd. IV, 1901, S. 199.
[2] Zeller, Die Philosophie der Griechen, 5, Aufl., Bd. I, S. 769.

К сожалению от нее сохранилось лишь немного отрывков. Из них однако видно, что Эмпедокл задумывался также и над природой растений. Он считал их одушевленными. Правда, признаком этой одушевленности ему представлялись явления, находящие теперь механическое объяснение, как например дрожание, вытягивание ветвей вперед и быстрое возвращение согнутых ветвей к прежнему положению. Равным образом к Эмпедоклу возводят утверждение, что растениям свойственны два пола. Даже часто возникающее впоследствии учение о периодических видоизменениях земной поверхности мы уже встречаем у этого философа. Поэтому [1] из дошедших до нас отрывков древнегреческой философии можно заключить, что одна из важнейших основ современной геологии, а именно, учение о том, что поверхность земного шара подвергалась ряду изменений, при которых погибали животные и растения, чтобы вновь возродиться в других видах, была в виде смутного предчувствия известна уже древности [2].

„Фактов, на которые при этом опирались, было быть может немного,—но тем проницательнее был взгляд, уже охвативший истину“ (Э. Мейер).

Первая попытка объяснения природы из принципов механики.

Если вначале в видоизменениях вещества, с которыми приходилось сталкиваться на каждом шагу, видели процессы возникновения и уничтожения, то философы впервые начали учить тому, что всякое изменение сводится к соединению и разложению и что при этом само вещество не образуется вновь и не уничтожается. В дальнейшем в философии возникло предоставление о строении материи из мельчайших частиц, перемещением которых вызываются это соединение и разложение. Усвоив эти два принципа, научное исследование сделало их путеводными звездами в своих стремлениях осмыслить природу.

Указанное механическое объяснение природы на основе учения Эмпедокла было проведено философами Левкиппом и Демокритом, которых называют атомистами. Их воззрения сводятся к следующим положениям. Все безначально и никак и никем не создано. Все, что было, есть и будет, с незапамятных времен обусловлено необходимостью [3]. Вселен-

[1] Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. I, 1854, S. 45.
[2] Zeller, Über die griechischen Vorgänger Darwins. Abhandl. d. kgl. Akademie d. Wissensch zu Berlin, 1878, S. 115.
[3] Также говорится у Плутарха, Strom, VII, Dox. Gr., S. 581.

ная состоит из качественно тождественных частиц—атомов, которые, различаясь по форме, меняют свое взаимное положение. Для того чтобы последнее было возможно, пространство должно быть вообще пусто. Атомы вечны и неразрушимы. Из ничего не возникает ничего. Ничто не может быть уничтожено. Всякое видоизменение состоит лишь в соединении и разделении атомов. Многообразие вещей зависит от числа, формы, соединения и разъединения атомов. Явления природы зависят не от прихоти сверхъестественных существ, но обусловлены известными причинами; ничто не происходит случайно [1]. Движение атомов изначально, оно повело к созданию бесчисленного количества миров. Кроме атомов и пустого пространства нет ничего. Слабая сторона этого атомистического учения, присущая ему до настоящего времени [2], заключается в том, что согласно этому учению „душа" также состоит из атомов, именно из более тонких, очень подвижных атомов, которые, проникая в более грубые, телесные атомы, и вызывают явления жизни. Например ощущение сладкого, горького, острого объяснялось различной формой атомов: атомы бывают круглые, многогранные, остроугольные. Восприятие, как вообще всякое действие вещей друг на друга, вызывается по Демокриту истечением и втеканием. По этой причине очевидно между атомами в телах должно находиться некоторое пустое пространство. Число атомов бесконечно велико, и формы их бесконечно различны. Но все же качественно они совершенно тождественны. При движении в бесконечном пространстве они сталкиваются. Это вызывает вихри, из которых создаются небесные тела. Последние возникают и исчезают; число их равным образом бесконечно. Это учение об образовании [3] миров было в XVIII в. воскрешено к новой жизни Кантом и Лапласом, оно также привело Джордано Бруно к его предположению о бесконечности миров.

---

[1] Ср. Windelband. Die Lehre vom Zufall, Berlin, 1870.

[2] Современный атомизм не обладает недостатком, на который указывает автор. Автор не знаком с точкой зрения современного материализма на природу психических явлений, качественное своеобразие которой современным научным материализмом объясняется без помощи атомистики. Для установления и познания реальных и объективных закономерностей психических явлений материалистическая наука не нуждается ни в „психических" молекулах, ни в „психических" атомах, ни в „психических" электронах. Значение же атомизма в физике и химии в настоящее время огромно. Ред.

[3] A. Brieger, Die Urbewegung der Atome und die Weltentstehung bei Leukipp und Demokrit, Halle, 1884.

Демокрит родился в 460 г. в ионийской колонии Абдера и умер в 370 г. до н. э. Во время многочисленных путешествий он приобрел обширные познания. „Я странствовал, говорит он, подолгу среди всех людей моего времени на далекие расстояния, исследовал отдаленнейшие места, видел большинство стран и слушал знающих людей". Из его многочисленных сочинений сохранилось очень немного. Ясно все же, что как в систематических своих трудах, так и в отдельных сочинениях он пытался охватить все области человеческого знания. Он писал не только по астрономии, медицине, земледелию, технике, военному искусству, как и многие до него, но ему принадлежит также первый опыт научной зоологии, ботаники и минералогии [1]. Едва ли Демокрит значительно подвинул вперед и обогатил науки частными исследованиями. Поэтому нет основания называть его величайшим естествоиспытателем древности. В астрономии Энопид и Метон были выше его. Демокрит был убежден в том, что земля имеет вид плоскости, так что в своих космографических представлениях он стоял гораздо ниже Платона. Он не способствовал также ничем существенным развитию математики, несмотря на его многочисленные математические сочинения. И все же печально, что от его сочинений остались лишь небольшие отрывки [2]. Демокрит без сомнения был величайшим полигистором (т. е. не только многознайкой) до Аристотеля. Последний всесхваляет его за то, что он повсюду доискивался естественных причин и установил многое, остававшееся раньше в пренебрежении. По свидетельству древних Демокрит вопреки своему материалистическому мировоззрению был благородной, богато одаренной личностью [3], воодушевленной служением истине

[1] E. Meyer, Alte Geschichte, Bd. V, 1902, S. 340.

[2] Собраны Муллахом, Берлин, 1843 (совершенно устарело; см. также Diels, Vorsokratiker). Хотя число подлинных фрагментов невелико, мы все же имеем гораздо большее представление об учении Демокрита, чем о воззрениях многочисленных других философов. Основательно было замечено, что его энергичнее расписывали, чем переписывали [F. A. Lange. Gesch. d. Materialismus. 1873. Bd. I. S. 11. (Ф. А. Ланге, История материализма, 1873, Т. I]. К тому же благодаря Аристотелю и Лукрецию мы довольно хорошо знакомы со взглядами Демокрита. Даже в чужой передаче они являются столь ясными и столь последовательными, что малейший отрывок легко может быть включен в целое (Ланге).

[3] Автор старается „обелить" материалиста Демокрита в глазах читателя-мещанина, связывающего представление о материализме с вульгарным мнением, согласно которому материализм есть учение, ставящее во главу миросозерцания стремление к удовлетворению всякого рода грубонизменных побуждений. В смешении этого грубовульгарного „материализма" с истинным философским материализмом сказывается то, что автор не только не знаком с диалектическим материализмом Маркса,

и науке. Если Демокрит привел в систему атомистическое учение, ведущее свое начало от Левкиппа (около 500 г. до н. э.), то развитие и распространение этого учения составляло преимущественную заслугу Эпикура. В римскую эпоху оно было затем изложено Лукрецием Каром (около 500 г. до н. э.) в дидактической поэме „О природе вещей".

Наибольшие трудности представлял для этих философов-атомистов вопрос о том, как объяснить исключительно необходимостью, без понятия целесообразной деятельности, целесообразность произведений природы, приводившую согласно Аристотелю, в восхищение также и Демокрита. Аристотель („Физика" 11,8) спрашивает: „Действует ли природа вследствие слепой необходимости или согласно целям?" Ведь и дождь идет не для того, чтобы рос хлеб, но потому, что сгущаются подымающиеся испарения. А то, что при этом растет хлеб,—дело случайности. „Не относится ли то же самое,—спрашивает Аристотель,—ко всем произведениям природы, и например является ли случайностью то, что передние зубы остры, а коренные тупы? В этом случае работа, которую они исполняют для нас, являлась бы непреднамеренным следствием этой случайности и была бы подобна совпадению между сгущением испарений и ростом злаков. Сохраняются лишь те существа, в которых все случайно слажено так, как если бы это „все" было создано для известной цели, в то время как то, что случай создал нецелесообразно, погибло и продолжает постоянно погибать". Аристотель отвергает эти, как он говорит, могущие быть ему представленными возражения. По его мнению во всем, что происходит в природе, есть цель („для чего"). В ней господствует цель так же, как в искусстве.

Представление атомистов о возникновении вселенной вне чьей-либо целеполагающей деятельности нашло себе отражение в некоторых местах поэмы Лукреция. Особенно в следующих стихах [1]:

Дальше: откуда достались богам образцы всех предметов,
Созданных ими, а также понятие о человеке?
Знали ль они, сознавали ль в душе то, что сделать
хотели?
Как бы узнали они о значении телец первичных,
Кои столь многое могут создать, свой порядок меняя,

Энгельса и Ленина, но даже не разобрался в истинном характере учения французских материалистов конца XVIII века (Гольбах, Гельвеций, Ламетри, Дидро) и немецких материалистов середины и второй половины XIX века (Штраус, Молешотт, Бюхнер, Фогт, Геккель). Ред.

[1] „О природе вещей", кн. V, стихи 181—194 и 419—421.

Если б природа сама не дала образцов для творенья?
Тельца первичные эти в количестве неисчислимом
И от времен незапамятных всюду проносятся, частью
Движимы собственной тяжестью, частью гонимы толчками.
Между собой они всячески сходятся и испытуют
Все, что может возникнуть от тех и других столкновений.
Стало быть, не удивляйся, что именно это движенье
Свойственно им и что в том положеньи они очутились,
В коем находятся ныне, весь мир обновляя рожденьем.

И дальше:

Истинно: тельца первичные все при своих сочетаньях
Твердым порядком и ясным сознаньем не руководились
И не условились раньше, какое кому дать движенье.

(Перев. Рачинского).

Идея о том, что природа часто создает новые виды, которые вновь погибают, если не могут удержаться, была по возрождении наук вновь впервые высказана Карданом [1]. Он сделал это, опираясь на распространенные Лукрецием учения Демокрита и Эпикура. Таким образом выясняется непрерывная связь между выраженным уже в древности предчувствием теории происхождения видов и ее научным завершением в трудах Ламарка и Дарвина. Ибо написанная в 1715 г. работа де Малье оказала значительное влияние на развитие эволюционных идей, особенно проявившееся спустя столетие у Ламарка (см. IV т. настоящего сочинения); весьма вероятно, что и де Малье был приведен к своему учению зародышами эволюционной идеи, ведущими свое начало из древности [2].

С философской точки зрения можно придавать ценность механическому объяснению вселенной или считать его превзойденным, но мы не можем у его сторонников не признать свободу от предрассудков и последовательность мысли. Ведь и в наши дни стремление науки заключается в том, чтобы свести качество к количеству и искать объяснения явления

---

[1] Cardanus, De Subtilitate, Lib. XI (Cardani operum, t. III, Lugduni 1663, p. 549). На это место указал мне Леопольд Левенгейм. См. также его сочинение: Die Wissenschaft Demokrits und ihr Einfluss auf die moderne Naturwissenschaft, von Louis Löwenheim, Berlin, 1914.

[2] Об этой зависимости см. также в вышеуказанной работе Левенгейма. Он подверг также обстоятельному исследованию влияние, оказанное воззрениями Демокрита на дальнейшее развитие наук. Из этой работы Левенгейма напечатано, как указано выше, лишь извлечение. Рукопись ее была доставлена сыном покойного ученого составителю настоящего сочинения после его выхода в свет для того, чтобы он мог иметь ее в виду при новом издании. Это и сделано во многих местах настоящего тома.

и его измеримости [1]. „Кто знает, что лишь этому методу естествознание обязано своими великими завоеваниями, тот сможет во всей полноте оценить высоту демокритовой мысли. Пусть атомистическая теория есть лишь сплетение гипотез, и все же у нас нет лучшей сети для уловления нашим пониманием естественных явлений“ [2].

Атомистическое учение претерпело своеобразную судьбу. Оно имело лишь ничтожное влияние на эпоху, в которую возникло. Лишь две тысячи лет спустя оно вновь вызвано было к жизни благодаря Гассенди и особенно Дальтону. С тех пор оно получило величайшее научное значение, ибо в основу всех объяснений естественных явлений [3] была положена механика атомов [4].

Начало идеалистического мировоззрения.

Другим созданием древней философии было утверждение и проведение Анаксагором понятия целесообразности вместо утверждаемой атомистами бессознательной необходимости. Все, что мы знаем об Анаксагоре, говорит, что он был одним из значительнейших философов древности. Он родился

---

[1] Для нас — как повидимому и для автора — материалистическое миропонимание является истинным, а не „превзойденным“. Необходимо только учесть дальнейшее развитие после Демокрита как естественных наук, так и философии. Последняя в диалектическом материализме достигла несравненно более высокой ступени, чем механическое миропонимание Демокрита. С другой стороны, современная физика доказала реальность, а не гипотетичность атомов. В последнее время мы не только „видим“—по ряду проявлений—бесспорно атомистическую структуру материи, но и подбираемся вплотную к воздействию на эту структуру и к использованию внутриатомной энергии. Этим будет дано окончательное, действенное доказательство реальности атома. Неверно также утверждение автора, будто задача науки заключается в непременном сведении качества к количеству и искании объяснения явления в его измеримости. Диалектический материализм настаивает на изучении также и качественных своеобразий явлений, отличающихся специфическими реально-объективными закономерностями. Современная наука стихийно все более отходит от той примитивной количественной точки зрения, какую приписывает ей автор. Цитированные автором ниже слова Шульце поэтому являются действительно „превзойденными“. Ред.

[2] Fr. Schultze в журнале „Kosmos“, 1877, 8 и 9 H.

[3] Нет, не всех объяснений естественных явлений! Естественные явления не только в астрономии, геологии, палеонтологии, зоологии и ботанике, но и в самой физике и химии отнюдь не всегда объяснялись „механикой атомов“. Ряд законов, открытых после Дальтона в перечисленных областях естествознания, с „механикой атомов“ не имеет ничего общего. Ред.

[4] См. H. C. Liepmann, Die Mechanik der Leukipp-Demokritischen Atome, Leipzig, 1885.

около 500 г. до н. э. в Малой Азии и после персидских войн переселился в Афины, где завязал дружественные отношения с Периклом. Анаксагор видел свою задачу в размышлении о природе и о ее явлениях и перенес этот философский прием в Афины, ставшие с течением времени центром духовной жизни древних. Его сочинение о природе пользовалось во времена Сократа большим распространением. К сожалению от этого сочинения сохранились лишь отрывки [1].

Подобно Эмпедоклу, Анаксагор исходит из воззрения, что все происходящее есть постоянное соединение и разложение, при чем количество материи в мировом пространстве не увеличивается и не уменьшается. Необходимые для этого движущие силы он видел в обособленном от материи, свободнодействующем, но самостоятельно не передвигающемся разуме. Но этот целесообразно действующий разум у Анаксагора является скорее предметом предположения, чем доказательства. Поэтому Платон и Аристотель ставят ему в упрек то, что его „νοῦς“ [2] служил ему для объяснения лишь в качестве deus ex machina.

По мнению Анаксагора, νοῦς создал вселенную из первичного состояния, или хаоса, не в качестве творящего, но лишь упорядочивающего начала. Создание из ничего есть восточное представление, мало свойственное греческому духу и потому почти не встречающееся у греческих философов. Наоборот, с самого начала существуют νοῦς и первичные составные части вещей. Здесь мы встречаемся с философским зародышем учения о сохранении силы и вечности материи. Νοῦς сообщает массе некоторое вихревое движение, в котором объединяется все сходное и возникает вселенная в ее нынешнем состоянии. Развитая впоследствии Кантом и Лапласом гипотеза туманности, как мы увидим ниже, по существу утверждает то же самое. Разница лишь в том, что новейшие мыслители очистили эти представления от старой геоцентрической точки зрения и дали им дальнейшее развитие с точки зрения учения Коперника. Вследствие кругообразного вихревого движения отделяются по Анаксагору друг от друга эфир, воздух, вода и земля. Отдельные массы последней стихии вследствие вихревого движения повисают в эфире. Это движение сообщает им светоносную силу, отчего они и являются нам в виде светил. Этот взгляд

[1] Schaubach, Anaxagorae fragmenta, Lipsiae, 1817; Mullachius, Fragmenta philos. graec. Parisiis, I и II, 1860—1867. См. также Diels, Vorsokratiker.

[2] Т. е. разум, здесь—мировой разум.

по Анаксагору доказывается падающими с неба метеоритами, из которых он упоминает один, упавший в 423 г. до н. э. в Эгоспотамосе (Фракия). Он полагает, что этот кусок железа, упавший при дневном свете на землю, ведет свое происхождение от солнца [1] и делает весьма вероятным, что последнее состоит все из раскаленного железа. Луна, подобно нашей земле, есть тоже тело, на котором есть горы и долины,—предположение, верность которого могла быть доказана лишь 2 000 лет спустя, благодаря Галилею [2]. Анаксагор разделил судьбу многих просвещенных умов. В глубокой старости он был заключен в темницу в качестве безбожника и лишь благодаря заступничеству Перикла отпущен на волю.

Обвинение покоилось главным образом на том, что Анаксагор объявил солнце раскаленным метеоритом. Афинский народ отплатил ему неблагодарностью, как позже Сократу [3] и Аристотелю.

Хотя понятие целесообразности, ведущее свое начало от Анаксагора и получившее развитие в идеях Платона, на дальнейших ступенях науки оказалось недостаточным, оно все же имело значение для древнего естествознания и явилось по существу движущим началом при создании аристотелевой системы, охватившей все знание того времени.

Древняя философия иногда являлась препятствием для науки вследствие того, что она выражалась больше в поэтическом творчестве, чем в критическом исследовании. Эти философы были слишком склонны принимать слово за вещь

---

[1] Он был величиной с мельничный жернов и упоминается также Плутархом и Плинием.

[2] Анаксагор предполагал, что солнце во много раз больше Пелопоннеса, а луна приблизительно равна последнему. Подобно земле, она является местопребыванием живых существ.

[3] „Неблагодарность" афинского народа в отношении Сократа повидимому состояла в том, что афинская демократия присудила его к смерти. Однако о „неблагодарности" в данном случае может говорить лишь историк, видящий в Сократе, вопреки всем данным истории, „великого мученика и героя". Таков наиболее распространенный шаблон буржуазной историографии. Эта старая легенда была в свое время отвергнута уже Гегелем, справедливо усматривающим в борьбе афинской демократии против Сократа борьбу двух миросозерцаний. Сократ пал жертвой классовой борьбы. Он выражал мнение афинской аристократии и публично решительно агитировал против афинской демократии и за Спарту в такой период (после ужасного поражения Афин в Пелопоннесской войне), когда она пыталась снова стать на ноги. Присуждение Сократа к смерти было актом самообороны афинской демократии в период напряженной классовой борьбы (см. G. Grote, History of Greece, 1850, Th. Gomperz, „Griechische Denker", II, 1903; Ф. Мерингг., Очерки по истории войны и военного искусства, Москва, 1924 г.), Ред.

и отвлеченное понятие за существо вещи. Правильно поэтому замечает Ланге в своей „Истории материализма“ [1]: „Сократ, Платон и Аристотель обманывались словами. Где было слово, там предполагалось существо. Например слово справедливость что-нибудь значит. Следовательно есть сущности, соответствующие выражениям“.

В Платоне (427—347 гг. до н. э.) греческая философия достигла предела своего развития. Основой его системы является то, что он видит в идее причину и цель всего происходящего и таким образом выводит духовный и телесный мир из единого начала. Хотя Платон создал мало своего в области математики, и его склонность к естественным наукам была очень слаба, все же обе эти области знания были оплодотворены его идеями. Велико было прежде всего личное влияние, оказанное им в качестве основателя афинской академии, на своих учеников, к которым принадлежали Аристотель, Евдокс и Гераклид Понтийский. Сам Платон был многим обязан пифагорейцам, с учением которых он познакомился в Великой Греции. Побывал Платон и в Египте.

Свои взгляды на природу Платон развивает в одном из своих диалогов, носящем название „Тимей“. Это сочинение особенно сильно проникнуто мифологическими и пифагорейскими учениями. По Платону мир существует не от вечности, как учил почти одновременно живший с ним Демокрит, но имеет начало и создателя. Вечны только идеи, которые создатель, т. е. движущее начало, соединяет с бесформенным первичным существом материального мира (нечто вроде хаоса). В результате является не бесконечность миров, но лишь один мир, которому свойственен совершеннейший образ, т. е. форма шара. И в подробностях платоново представление настолько отличается от механистического, что оно не могло стать основой естественных наук, ищущих объяснения в механических принципах.

Основание греческой математики.

В такой же мере, в какой первые философские искания вдохновляли естественно-научные исследования, повлияли они и на математику. Однако лишь новейшее время возвысилось до понимания той истины, что лишь соединение математических методов с экспериментальным исследованием дает надежду на решение естественно-научных проблем. Существенным недостатком древних, которые хорошо спра-

[1] Lange, Geschichte des Materialismus, Bd. I, S. 57.

влялись с математикой, было то, что они не оказались в такой же степени способными к производству опытов [1]. Причины, приводимые для объяснения этого, многочисленны. Одна из важнейших заключалась конечно в переоценке чистого умствования перед всяким занятием материальными предметами. Возникновению экспериментального исследования в высшей степени препятствовало также то обстоятельство, что занятие ремеслом считалось недостойным свободного человека и было возложено на рабов [2].

Если мы затем проследим за развитием математики, интересующей здесь нас, подобно достижениям философии, лишь постольку, поскольку она оказала влияние на естественные науки, то взгляд наш после ее первых шагов, отправляющихся от египетских и вавилонских зачатков, обращается от Ионии к другому центру эллинской культуры, а именно к Великой Греции. Если в Ионии вообще впервые научились понимать ценность математического изу-

---

[1] Слабое развитие экспериментальных исследований в древней Греции при поразительно глубоких созданиях философии и математики всегда давало идеалистической истории благодарный материал для рассуждений об особенностях греческого „духа". Позиция Даннемана—гораздо более трезвая и осторожная. Во-первых, он (в примечании) предостерегает от преувеличения этой черты греческой культуры. Во-вторых, он, хотя и вскользь, намеком, в следующей фразе указывает путь к пониманию этого явления.

Буржуазная культура нового времени усилила экспериментальное исследование, когда промышленность стала работать на широкий рынок и требовала более интенсивного производства. Сравнительная дороговизна рабочих рук (особенно в таких странах, как Италия, Голландия, затем Англия) толкала к изобретению машин и к улучшению процессов производства, вместе с которыми развилось и современное естествознание.

Дешевый труд рабов в древней Греции исключал необходимость интенсификации производства, поэтому экономика не предъявляла достаточного спроса на экспериментальные естественно-научные исследования.

Конечно указанное обстоятельство дает лишь общий подход к проблеме. Необходимы более детальные марксистские исследования по истории материальной и духовной культуры и экономике древней Греции,— тогда и поражающие идеалистов особенности греческой науки найдут свое естественное объяснение. Ред.

[2] Здесь однако не следует преувеличивать указанный недостаток древних, как это сделал например Дюбуа-Реймон („Kulturgeschichte und Naturwissenschaft"). Не следует забывать, что эксперимент играл роль также и в древности, особенно у александрийцев. В средних веках должны быть отмечены особенно стремления арабов дать дошедшим до них от греков наукам дальнейшее развитие при посредстве экспериментальных исследований. Ср. также Wiedemann, über das Experiment im Altertum und Mittelalter (Unterrichtsblätter f. Math. und Naturwi., 1906, № 4—6).

чения, то здесь мы встречаемся с его чрезвычайной переоценкой у Пифагора и его последователей. Существенным является прежде всего то, что и в прочей Греции явились люди, видевшие свою жизненную задачу в осмыслении вселенной. Одним из первых в этом смысле называют Пифагора. Но так как об его жизни нам почти ничего неизвестно и ни одно из его сочинений не дошло до нас, то и он, как и Фалес, выступает перед нами обвеянным баснословными преданиями. Первый долго считался основателем греческой математики, между тем как заслугой Фалеса и Анаксимандра являлось то, что они сделали математику вспомогательной дисциплиной для решения астрономических задач. В наши дни представление о значении Пифагора значительно ограничено (см. ниже).

Пифагор родился в Самосе около 550 г. до н. э. Сообщения об основании его школы очень противоречивы. Можно считать, что он, подобно Фалесу, побывал предварительно в Египте, а может быть и в Вавилонии [1]. И в этом случае стало быть речь идет о перенесении восточной науки на особенно благоприятную для ее дальнейшего развития греческую почву.

Скорее основываясь на предчувствии, чем на действительном научном познании, Пифагор и его ученики предполагали, что над всяким естественным процессом властвует определяемая мерой и числом закономерность. Односторонне преувеличивая эту мысль, они усматривали затем в числах причинную основу мира явлений. „Для пифагорейцев—говорит Аристотель—математика стала философией". Мы встречаем у них однако скорее чистую мистику чисел, чем стремление к развитию точной науки. Так, 6 было для них воплощением оживления, 7 -здоровья, 8—дружбы и т. д. Эта числовая мистика пифагорейцев конечно отчасти связана с акустическими опытами и размышлением над существом гармонии. Было замечено, что тон струны определенной длины погашается на октаву, если уменьшить длину струны вдвое, или что одинаково натянутые струны равной толщины дают консонирующие тоны, если их длины находятся в отношениях 1:2, 2:4, 3:4, 4:5. Причину этого явления пифагорейцы и искали в таинственном существе чисел. Представление о высоком значении гармонии выражалось также в том, что находившаяся под влиянием пифагорейской школы медицина смотрела на здоровье, как на симметрию известных свойств, каковы теплота, холод, сухость,

[1] Cantor, Geschichte der Mathematik, 1880, Bd. I, 128 и 158.

влажность и т. д. Между тем как болезнь очевидно заключается в нарушении этой симметрии [1].

Пифагорейцам приписываются, при чем невозможно отличить, что было найдено ими самостоятельно и что заимствовано извне, теоремы о сумме углов треугольника, о подобии треугольников, так называемая пифагорова теорема, равно как знакомство с золотым сечением, затем первое знакомство со стереометрией, особенно в части, касающейся пяти правильных многогранников и шара.

Свидетельства о геометрических открытиях Пифагора встречаются в литературе древности приблизительно в двенадцати местах. При обсуждении достоверности этих свидетельств надлежит однако иметь в виду, что древнейшие указания облечены в письменную форму через пятьсот лет, а главный документ (Прокл) через тысячу лет после Пифагора [2]. Прокл, опирающийся на два утерянных сочинения Евдема, древнейшего историка греческой математики, не считает Пифагора создателем понятия иррациональных величин и не приписывает ему ни построения правильных многогранников, ни открытия пифагоровой теоремы [3]. Также и Целлер, историк греческой философии, уже возражал против укоренившегося взгляда, будто Пифагор как математик сам создал нечто выдающееся. Результаты всех новейших исследований сводятся к тому, что Пифагору вообще нельзя приписать с уверенностью никаких определенных достижений в области математики.

Строгость в ведении доказательства, которой в общем славятся греки, была еще слабо развита у пифагорейцев. Часто они шли еще путем индукции и не умели отделять общее от частного. Во всяком случае их заслугой является то, что они отделили математику от непосредственных жиз-

---

[1] Подробности см. Diels, Antike Technik, S. 21.

[2] H. Vogt, Die Geometrie des Pythagoras. См., Bibl. math. (3. Folge), Bd. 9, S. 15 и сл. В связи с этим в последнее время высказаны сомнения, знаком ли был Пифагор со строением пяти правильных тел. Вероятно и с понятием иррационального греки познакомились лишь значительно позже.

[3] У греков были исторические сочинения о развитии математики. Евдем, ученик Аристотеля, составил историю астрономии и геометрии, погибшую за исключением немногих фрагментов, содержащих также вышеуказанные сведения о Фалесе. Затем Теофраст Эфесский написал историю математики, к сожалению целиком погибшую (Suter, Geschichte der mathem. Wissenschaften, 1873, S. 21). Отрывки из сочинения Евдема собраны и изданы Шпенгелем: Eudemi fragmenta, quae supersunt, Berlin, 1886. Достоин упоминания и Менон. Он был также учеником Аристотеля и написал историю медицины. Сохранившиеся отрывки изданы Дильсом (Suppl. Arist., III, 1, Berlin, 1893).

ненных потребностей и смотрели на нее, как на чистую науку [1]. Учение о треугольниках получило у Пифагора и его школы столь совершенное развитие, что Евклид, сводя математические знания греков в своих „Началах", должен был прибавить лишь очень немногое. То, что сумма углов треугольника равна двум прямым, пифагорейцы доказали, проведя от вершины угла линию, параллельную противоположной стороне [2]. К теореме, названной именем Пифагора, пришли вероятно, связав проникшую в Грецию из Египта или Вавилонии теорему, что треугольник прямоуголен, когда его стороны относятся друг к другу, как 3 : 4 : 5, с арифметическим равенством $3^2+4^2=5^2$. Да и вообще сила позднейших пифагорейцев коренилась в применении теории чисел к геометрии. Пифагорейцы также знали и применили к определению вписанного в треугольник круга теорему, по которой три линии, разделяющие углы треугольника пополам, пересекаются в одной точке [3]. Обстоятельно занимались они также правильными многоугольниками и пятью правильными многогранниками. Из последних куб, четырехгранник и восьмигранник изучались уже в восточной математике. Наоборот, двадцатигранник и двенадцатигранник были построены впервые пифагорейской школой. Все пять тел пифагорейцы положили в основу своих опытов мистического объяснения мира. Вселенная должна по их мнению иметь форму двенадцатигранника, четыре остальные правильные многогранника определяют частицы четырех стихий—огня, земли, воздуха и воды [4]. Лишь Евклид пришел к тому, что существует только пять правильных многогранников, т. е. тел, ограниченных равными, равносторонними и равноугольными плоскостями.

Как в геометрии, так и в арифметике были в это время созданы основы, обусловившие быстрый расцвет математики в Греции. Пифагорейцы создали понятие простых и относительно простых чисел, или чисел, не имеющих общего делителя. С Востока заимствовали они понятия квадратного и кубического чисел, с которыми вавилоняне были знакомы уже в III в. до н. э. Пифагорейцы занимались также учением о пропорциях, так как пропорции оказались очень удобными для решения некоторых задач, которые теперь решаются посредством уравнений. Наряду с пропорциями

[1] Tropfke, Geschichte der Mathematik, II, S. 5.
[2] Прокл в изд. Фридлейна. Стр. 379.
[3] Tropfke, II, 88.
[4] По указаниям Платона („Тимей") и Витрувия („De architectura"). Подробности у Тропфке, II, 400.

арифметической $(a-b=c-d)$ и геометрической $(a:b=c:d)$ внимание пифагорейской школы привлекали также пропорции, получающиеся при равенстве внутренних членов $(a-b=b-c$ и $a:b=b:c)$. К понятию иррационального пифагорейцы пришли, убедившись, что диагональ и сторона квадрата несоизмеримы. Систематическое изложение учения об иррациональном дал Евклид. Оно распространяется на многократные квадратные корни, но ограничивается лишь выражениями, допускающими построение при помощи линейки и циркуля [1].

Несколько столетий непрерывных занятий математическими науками, которым отдавались также наиболее выдающиеся из философов, каковы Платон и Аристотель, было затем достаточно, чтобы явились на свет первостепенные творения в виде трудов Аполлония и Архимеда. Особенно в руках последнего математика сделалась орудием, при помощи которого удалось решить многие задачи из области физики. В истории греческой математики Гиппократ Хиосский, работавший около 400 г. до н. э., занимает промежуточное положение между предшествовавшей школой пифагорейцев и математиками IV в. до н. э. Гиппократ ввел более точные приемы доказательств. Ему принадлежит также первый опубликованный курс математики [2] Наиболее известна его теорема о луночках (Lunulae Hippokratis). Она гласит: дан вписанный в полукруг равнобедренный прямоугольный треугольник. Если затем построить на катетах полукруги, то поверхности a и a' (луночки) равны поверхностям треугольников b и b' (рис. 12). Гиппократ показал далее, что отношение плоскостей кругов равно отношению квадратов соответствующих диаметров. Ему вероятно должен быть приписан также метод исчерпывания, с которым нам придется неоднократно встречаться при знакомстве с дальнейшим развитием греческой математики.

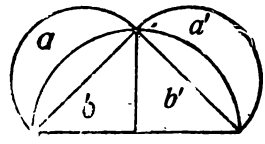


Рис. 12. Гиппократовы луночки.

Теорема о луночках представляет особый интерес потому, что она является первой удачной попыткой найти квадратуру криволинейной фигуры. Гиппократ [3] полагал даже, что его теорема подвигает его на шаг ближе к квадратуре

[1] H. Vogt, Die Entdeckungsgeschichte des Irrationalen. Biblioth. mathem., B. 10, S. 97.

[2] См. Paulys Reallex. d. klass. Altert., Bd. VIII.

[3] О Гиппократе см. Brettschneider, Die Geometrie und die Geometer vor Euklid, Leipzig, 1870.

круга. Однако его попытки решить эту задачу должны были остаться бесплодными уже потому, что, как доказала новейшая математика, истинная квадратура круга вообще невозможна. Гиппократова теорема о луночках была важным обобщением пифагоровой теоремы. Последняя ограничивалась квадратами. Присоединение новой теоремы уже вызвало проблески понимания, что, вообще говоря, подобные фигуры, построенные на катетах, равняются сумме плоскостей подобной фигуры, построенной на гипотенузе.

Три проблемы имели для древней математики такую же возбуждающую силу, какая, как мы увидим впоследствии, заключалась в проблеме превращения металлов. Это были: квадратура круга, задача удвоения куба, или делийская задача и задача деления любого угла на три части. Все три задачи были очень близки друг к другу и казались очень простыми. Все же однако они представляли (поскольку они вообще разрешимы) едва преодолимые трудности для величайших попыток.

С попытками найти квадратуру круга греческая математика в V в. до н. э. начинает становиться чистой наукой. Проблема занимала уже Анаксагора. Уже в это время[1] она ведет к приемам исчерпывания, которые были развиты далее Архимедом и могут считаться предтечей методов интегрирования в новой математике. Так как удовлетворительное решение квадратуры не могло быть найдено, то, пользуясь методом исчерпывания, удовлетворялись приблизительным результатом. В круг вписывался квадрат; на сторонах квадрата строились стороны вписанного в круг восьмиугольника, на них—стороны шестнадцатиугольника и т. д. до тех пор, пока полученный в конце концов многоугольник почти не отличался от круга. Этот многоугольник известными приемами элементарной математики последовательно превращался в равновеликий многоугольник с меньшим числом сторон, пока наконец не приходили к квадрату, площадь которого приблизительно равнялась площади данного круга. Такой конструктивный метод был очень громоздок и тем менее точен, чем больше было число необходимых построений, так как каждое из них более или менее отступало от точного результата.

В V в. до н. э. выплыла также и „делийская задача". Название свое она получила по преданию от того, что жителям Делоса было оракулом повелено придать кубическому алтарю удвоенную вместимость. Задача, которой занимались все вы-

[1] Antiphon (около 430 г. до н. э.). См. Cantor, Vorlesungen zur Geschichte der Mathematik, 1880, I, 172.

дающиеся греческие математики, и среди них Гиппократ Хиосский и Платон, повела прежде всего к понятию кубического корня, ибо если ребро данного куба есть a, а ребро искомого x, то $x^3 = 2a^3$ и $x = a\sqrt[3]{2}$. К этому выражению пришел уже Гиппократ. Но в то время как для квадратных корней могли быть найдены геометрические построения, для кубических корней этот путь оказался непригодным [1]. Уравнение $x = a\sqrt[3]{2}$ означает, что искомая сторона удвоенного куба есть первая *(x)* из двух средних пропорциональных *(x* и *y)* пропорций между простой *(a)* и удвоенной *(2a)* сторонами данного куба. Ибо если

$$a : x = x : y = y : 2a, \text{ то}$$
$$(1)\ a : x = x : y \text{ и } (2)\ x : y = y : 2a.$$

Перенеся полученную из (2) величину для y, а именно $y = \sqrt{2ax}$, в уравнение (1), мы получаем $a : x = x : \sqrt{2ax}$, из чего следует:

$$x^2 = a\sqrt{2ax},$$
$$x^4 = a^2 \cdot 2ax,$$
$$x^3 = 2a^3,$$
$$x = a\sqrt[3]{2}.$$

Таким образом задача была решена, если бы, исходя из пропорции $a : x = x : y = y : 2a$, удалось построить величину x. Геометрически эта пропорция выражается посредством приведенной (рис. 3) фигуры: $ABCD$ есть прямоугольник, ACD и CDE — прямоугольные треугольники. Согласно известной теореме о пропорциональности прямоугольных треугольников отношение [2] между отрезками, обозначенными на рисунке a, b, x, y, будет: $a : x = x : y$ и $x : y = y : b$.

Занятия делийской проблемой вывели позднейших математиков, среди которых прежде всего должен быть назван ученик Платона Менехм (около 350 г. до н. э.) за пределы геометрии прямых линий и круга к столь важным для астрономии и механики кривым, носящим название параболы, эллипсиса и гиперболы.

Исходя из извесных уже Гиппократу пропорций $a : x = x : y = y : b$, где для специального случая удвоения куба $b = 2a$, Менехм пришел к результату, что вытекающие из

[1] Важнейшими сведениями о различных путях, которыми древние решали делийскую задачу, мы обязаны Евтокию, комментировавшему сочинения Архимеда. Archimedes, изд. Heiberg, III, S. 104.

[2] Построение это, сообщаемое Евтокием в его комментариях к Архимеду, приписывается Платону. Archimedes изд. Heiberg, III, S. 66—70.

этой пропорции выражения $x^2 = ay$ и $y^2 = bx$ ведут к новой кривой, причем оба выражения тождественны по форме и содержат равные требования. Переведенные на язык геометрии, они обозначают требование построить на прямой (παραβάλλειν) прямоугольник (ay) так, чтобы площадь его равнялась квадрату (x^2). Менехм пришел к выводу, что геометрическим местом для всех удовлетворяющих этому условию прямоугольников является кривая, отличающаяся от круга и получившая впоследствии от построения (παραβολή) прямоугольника на прямой название параболы. Далее оказалось, что искомая величина x для удвоенного куба представляет собой одну из координат точки пересечения параболы с гиперболой или точки пересечения двух парабол. Однако изложение дальнейших подробностей этих построений завело бы нас слишком далеко. Во всяком случае с несомненностью установлено, что Менехм был знаком с построением обеих кривых по точкам и с их основными свойствами и даже с асимптотами гиперболы [1]. Отношение исследованных им кривых к поверхности конуса вероятно еще не было ясно Менехму; во всяком случае он дошел до этих кривых, стараясь определить для арифметического выражения соответственное геометрическое место [2].

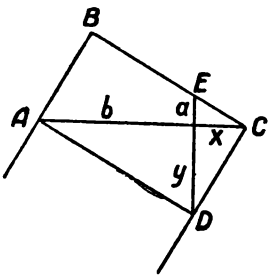


Рис. 13. Построение для решения „делийской задачи"

Задача разделения угла на три равные угла повела, подобно делийской задаче, к кубическим уравнениям и кривым высшего порядка. Так, около 400 г. до н. э. (Гиппий Элидский) удалась трисекция угла при помощи кривой, получившей название квадратриссы.

Занятие делийской проблемой и коническими сечениями повело в течение первой половины IV в. до н. э. также к более глубокому проникновению в истины стереометрии. Прежде всего в этом направлении работал Платон и его ученики. На неудовлетворительное состояние этой науки он указал в следующих словах: „По отношению к измерениям всего,

[1] Подробности сообщает данное Кантором (т. I, стр. 199) по Евтокию изложение найденных Менехмом теорем.

[2] Поступая так же, как и при построении параболы, но при условии, что от прямоугольников, построенных на прямой, всегда остается отрезок, получали в качестве геометрического места эллипс (ελλείπειν значит оставлять, выпускать). Если же, наоборот, все прямоугольники переходят за прямую, то получается гипербола (ὑπερβάλλειν значит перебрасывать).

что имеет длину, широту и высоту, греки проявляют присущее от природы всем людям невежество, столь же смешное, сколь и позорное". Но Платону пренадлежит и более важная заслуга [1] усовершенствования математического метода тем, что он сводил каждое положение к его предпосылкам, пока наконец не приходил к аксиомам и определениям как к основам математики, не требующим дальнейших предпосылок. Платону приписывается также изобретение метода косвенного доказательства [2].

Среди стереометрических теорем, открытых школой Платона, оссбенного внимания заслуживают две. Это прежде всего теорема о равенстве объемов пирамиды и трети призмы при условии равенства их оснований и высот. Затем было выяснено, что отношение объемов шаров равно отношению кубов их диаметров [3].

Около того же времени было вероятно открыто, что эллипсис, парабола и гипербола, равно как и круг, являются кривыми на поверхности конуса (коническими сечениями), происходящими от пересечения конуса плоскостями под различными углами к его оси [4].

Зачатки греческой астрономии [5].

Не столь удачны, как в философии и математике, были в течение этого периода завоевания греков в области астрономии. Начатками этой науки, например сведениями об эклиптике, знаках зодиака, планетах и т. д., они обязаны месопотамским обсерваториям. Равным образом двенадцатиричная, также шестидесятеричная системы счисления, равно как и покоящиеся на этих системах меры, пришли в Грецию при посредстве понийских городов, широко открытых вавилонскому влиянию [6]. Чрезвычайные трудности представляло для греков их времясчисление, в основу которого они вначале положили движение луны. Наблюдаемая быстрая смена фаз луны

[1] Математические заслуги Платона подверглись резкой критике М. Выгодским в интересной статье „Платон как математик" в „Вестнике Коммунистической академи", № 16, 1926. Ред.

[2] Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. II, S. 5.

[3] Обе теоремы приписываются ученику Платона Евдоксу Книдскому.

[4] Это открытие приписывается Аристею (около 320 г. до н. э.), также принадлежавшему к школе Платона. Он был вероятно также автором первого сочинения о конических сечениях. Cantor. I, 211.

[5] Подробный очерк с многочисленными библиографическими указаниями дан в статье Гульча в Paulys Realenzykl. f. d. klass. Altertum. Bd. II, 1896, S. 1828—1862.

[6] F. Cumont, Babylon und die griechische Astronomie, Neue Jahrb. f. d. klass. Altetum 1911, S. 1.

привела к установлению синодического месяца, продолжительность которого равняется 29 дням, 12 часам и 44 минутам Представляется очень вероятным, что первая попытка упорядочить времясчисление по движению луны и солнца привела к установлению периода в 12 месяцев, по 30 дней в каждом. Такой календарь однако далеко не мог считаться удовлетворительным, так как он слишком мало соответствовал действительному течению небесных движений. Поэтому следующий шаг заключался в том, что стали считать месяцы попеременно в 29 и 30 дней. Но это привело к сокращению года до 354 дней. Этот период и лежал в основании счисления греков, пока Солон не исправил значительную ошибку, вызванную этим методом счисления, прибавив к каждому второму году полный месяц из 30 дней. Таким образом на год приходилось в среднем $\frac{2.354+30}{2}=369$ дней, что все еще представляло значительное отступление от действительной длины. Одним из первых, работавших над урегулированием календарного счисления путем лучшего согласования лунного круговорота и солнечного года, был астроном Энопид Хиосский (около 460 г. до н. э.), к ученикам которого вероятно принадлежал Гиппократ Хиосский. Энопид принял в основу период, равный 730 лунным месяцам, или 59 солнечным годам, и таким образом пришел к длине года в 365—373 дня. Он также вероятно много содействовал ознакомлению с египетской и вавилонской астрономией и ввел в Греции зодиак, состоящий из равных отрезков. Он прославился также тем, что объяснил космическими причинами регулярно возвращающиеся подъемы воды в Ниле.

Беспорядок, в который пришел календарь греков, был осмеян современным драматургом Аристофаном („Облака", 615—619), выведшим в своих комедиях луну, жалующуюся на такое невыносимое положение. Лишь афинскому математику Метону в 433 г. до н. э. удалось окончательно устранить эту путаницу. Он ввел цикл из 19 лет, заключающий в себе 125 „полных" и 110 „пустых" месяцев, так что год содержал $\frac{125.30+110.29}{19}=365{,}263$ дня, тогда как истинная продолжительность солнечного года равна 365,242 дня [1].

Деление дня на часы, не имевшее у Геродота еще никакого особого обозначения, вошло в употребление, кажется

[1] Представляется вероятным, что Метон пользовался для этого таблицами движения луны и затмений, составленными халдеями за много веков раньше.

лишь в конце IV в. до н. э. До этих пор удовлетворялись тем, что по длине тени собственного тела или отвесного солнечного указателя заключали, насколько продвинулся день [1].

К приблизительному определению продолжительности солнечного года пришли лишь тогда, когда перешли к точному измерению длины тени при помощи гномона. Было установлено, что полуденные высоты и стало быть длинноты дня и времена года возвращаются по истечении периода в $360^1/_4$ дня К этому выводу присоединилось наблюдение, что в течение того же периода некоторые неподвижные звезды бывают видимы одна за другою вблизи восходящего или заходящего солнца. Из этого вывели заключение, что постоянное изменение куль минации (прохождение через меридиан места наблюдения) солнца обусловлено тем, что это светило в продолжение года совершает круг, наклоненный к небесному экватору. Для определенияже наклонения этого круга, получившего название эклиптики [2], было необходимо измерить наибольшую и наименьшую полуденную высоту в одном месте и взять среднюю изразности этих высот. Первым греком, определившим таким путем наклонение эклиптики, полагают, был Анаксимандр [3]. Однако мы встречаемся с гораздо более ранними указаниями. Так, китайские астрономы уже в 1100 г. до н. э. определили для наклонения эклиптики [4] довольно точно угол в 23° 52′.

Относительно существа луны довольно рано пришли к прдставлению, что она является свободно парящим, освещенным лучами солнца шаром. Пятна на ней объяснялись одними как неровности на ее поверхности, другими (например Аристотелем) как отражения наших материков и морей. Уже Анаксагор задал себе вопрос, почему столь близкое к земле и вероятно гораздо меньшее небесное тело не падает на землю. Он не далек от истины, когда сравнивает движение луны с движением камня в праще, быстрое вращение которой уничтожает стремление камня упасть на землю.

---

[1] Важнейшие указания на пособия для определения измерения времени в древности сведены в статье Рема „Horologium“ в Paulys Realenzykl. d. klass. Altertumsw., Bd, VIII, S. 2416 — 2433.

[2] Название эклиптика (ἐκλειπτικὸς κύκλος) вошло в употребление в древности лишь очень поздно.

[3] Около 560 г. до н. э. См. также Darmstädter, Handbuch der Geschichte der Naturwissenschaften.

[4] По мнению Липпмана наиболее раннее определение эклиптики вероятно вавилонского происхождения. Не установлено, действительно ли китайские астрономы уже в 1100 г. до н. э. определили с достаточной точностью наклонение эклиптики.

В то время как открытие больших планет по изменению их положения относительно неподвижных звезд не представляло никаких затруднений, открытие Меркурия, в среднем находящегося от солнца на расстоянии всего в 23° и потому на больших широтах видимого лишь в сумерках при остром зрении, предполагало уже большее внимание. Также и относительно Сатурна вследствие медленного движения его было сравнительно поздно установлено, что он является планетой. Необходим был систематически поставленный ряд наблюдений для определения периодов, в продолжении которых планеты возвращаются в свое прежнее положение. Так, установили, что Юпитер совершает свой путь по небу относительно неподвижных звезд в 12, а Сатурн лишь в 30 лет.

Большие трудности представили Марс и планеты, находящиеся внутри земной орбиты, — Меркурий и Венера. Однако, так как обе последние всегда являются вблизи солнца, то, согласно геоцентрическим представлениям, они должны были совершать свой круговорот проблизительно в равное время. В основу всех этих различий было положено различие в расстоянии небесных светил от земли, которая предполагалась неподвижно лежащей в центре. Согласно этому Сатурн, обращение которого требует наибольшего промежутка времени, считался наиболее отдаленным от земли, между тем как луна, обращающаяся вокруг земли двенадцать раз в течение года, считалась небесным светилом, наиболее приближенным к центру. Отсюда пришли к следующему ряду: Луна, Солнце, Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн.

Пифагорейцы задались прежде всего вопросом об отношении между расстояниями планет. При этом однако они оставались в пределах чистой числовой мистики. Так как в своих акустических исследованиях они натолкнулись на простые отношения между длинами гармонически звучащих струн, они сочли себя вправе без дальнейших исследований предположить такие же простые отношения и на небе. Так, позднее Платон принимал, что расстояния от земли до луны, солнца, Венеры, Меркурия, Марса, Юпитера, Сатурна относятся друг к другу [1], как 1 : 2 : 3 : 4 : 8 : 9 : 27. Вследствие наличности таких отношений совершенно так же, как в царстве звуков, должен возникнуть консонанс. Ибо предполагалось, что каждая планета, как тело, быстро движущееся, производит звук, из чего проистекает „гармония

[1] Такого рода попытки свести в одну математическую форму расстояния планет встречаются вплоть до XVIII в. (правило Титиуса, 1766).

сфер". О расстоянии неподвижных звезд, которые должны быть расположены на самой крайней из восьми концентрических сфер, у Платона ничего не говорится.

Эти спекуляции, как бы они ни казались излишними после открытия действительно существующих отношений, далеко однако не были лишены значения для развития астрономических наук. Именно они повели к попыткам исследовать точность принятых отношений, и мы увидим, каким путем в ближайшем периоде развития греческой астрономии подошли к решению этой задачи. Во все времена путь исследования заключался в том, что на известной ступени познания строились гипотезы, для проверки которых в дальнейшем присоединялись опыты. И когда впоследствии перед Кеплером вновь встала проблема, с которой мы расстаемся теперь, он подошел к ней с тем же предвзятым мнением, по которому планеты, как и столь многое в природе, должны быть расположены по простейшим отношениям. Так, поставленная пифагорейцами проблема оставалась вплоть до нового времени одной из основных задач, к решению которой стремилась астрономия, добиваясь все большей точности. Если халдеи и египтяне лишь заносили в свои записи вереницы наблюдений, охватывавших небесные явления на протяжении столетий, и таким образом создали драгоценнейший материал, использованный греками для дальнейшего развития астрономии, то более молодой народ, со всей живостью духа стремившийся к познанию первопричин, впервые перешел к объяснению этих явлений. Особенно заманчивой представлялась эта задача ученикам Платона, который в своем „Тимее" поставил вопрос о происхождении и порядке мироздания. Более из философских, чем из ясно определенных астрономических соображений, в это время были склонны, подобно пифагорейцам, не приписывать земле господствующего, центрального положения. Эта мысль, продолженная учеником Платона Гераклидом Понтийским, расширилась до гелиоцентрической теории, которую в дальнейшем развил по преимуществу Аристарх Самосский в III в. до н. э.

Зачатки гелиоцентрического мировоззрения, восходящего к школе Пифагора и Платона, освещены по преимуществу исследованиями Бека [1] и Скиапарелли [2]. До этого утверждали, что уже сам Пифагор учил о движении земли. Од-

[1] August Boeckh, Philolaos des Pythagoreers Lehren nebst den Bruchstücken seines Werkes, Berlin, Vossiche Buchhandlung, 1819.

[2] Schiaparelli, Die Vorläufer des Kopernikus im Altertum, 1873. Нем. пер. Curtze.

нако нет никаких достоверных свидетельств того, будто Пифагор учил чему-либо другому, кроме господствовавших в ранней греческой древности геоцентрических воззрений. Напротив, мы должны считать установленным, что учение о шарообразности земли было принято в пифагорейской школе еще в те времена, когда оно было совершенно не известно в Греции [1]. Ранее, чем землю, представляли себе небо в виде шара, на внутренней поверхности которого прикреплены звезды. Когда однако заметили, что луна, солнце и планеты проходят мимо созвездий и что планеты иногда бывают на непродолжительное время закрыты луной, то невозможно было не притти к пониманию, что расстояния небесных светил от земли различны. Первую среди греков попытку объяснить движение и взаимное положение небесных тел в их отношении к земле сделали пифагорейцы. К ним принадлежал живший в V в. Филолай, которому мы обязаны первыми письменными указаниями на это учение, легшее в основу дальнейшего развития науки о мироздании. Мы имеем здесь дело не с пустыми фантазиями. Основательно замечает поэтому Скиапарелли: „Система Филолая не есть плод беспорядочного воображения; наоборот, она возникла из стремления согласовать данные наблюдения с предустановленным принципом, касающимся природы вещей" [2]. Этим принципом было возникшее в пифагорейской школе учение о гармонии, господствующей повсюду,— стало быть также и в космосе.

Ввиду значения, представляемого записями Филолая для понимания воззрений, развитых Платоном, Гераклитом и Аристархом, мы попытаемся на основании фрагментов, изданных Беком, составить себе общее понятие об этих древнейших космологических представлениях. В своем дальнейшем развитии эти представления уже в древности привели к гелиоцентрическому мировоззрению.

По Филолаю существует лишь одна вселенная и она имеет форму шара [3]. В центре вселенной находится центральный огонь. Периферия образована безграничным Олимпом, который по своей природе есть также огонь, хотя мы и не можем воспринять этого совершенно бесцветного огня. Лишь солнце, представляющее собою темное стеклообраз-

---

[1] Это относится например к Анаксагору, жившему после основания пифагорейской школы.

[2] Schiaparelli loc. cit, p. 7.

[3] Платон заявляет в „Тимее" (62—63): „Утверждать о целом, имеющем форму шара, что у него есть верх и низ, недостойно разумного человека."

ное тело, видоизменяет пламя Олимпа таким образом, что мы воспринимаем его. Быть может источником этого предположения о всеохватывающем огненном Олимпе был Млечный путь. Между Олимпом и центральным пламенем движутся десять небесных тел, а именно: сфера неподвижных звезд, пять планет, затем солнце, под ним луна, как это должно заключить из солнечных затмений, затем земля и наконец ближе всего к центральному пламени „противоземлие". В то время как Платон в „Тимее" представляет себе землю как неподвижный центр, у Филолая—и это впервые—земле приписывается таким образом движение. Земля и „противоземлие" обращаются в течение 24 часов вокруг центрального огня. И этим объясняется суточное движение неба и неподвижных звезд. „Противоземлие" есть по существу полушарие, противоположное обитателям Средиземного моря. Если мы представим себе это полушарие отделенным от полушария, известного грекам, и центральный огонь, впоследствии сделанный центром земли, перенесенным также в мировое пространство, то мы должны признать, что Филолай со своей землей и „противоземлием" и их равномерным суточным движением вокруг центрального огня уяснял видимое суточное движение неба.

При таком движении мы естественно никогда не можем видеть „противоземлие", точно так же, как мы не можем видеть полушарие небосвода, противолежащее нашему месту пребывания. „Противоземлие" движется вокруг центрального огня в пределах земной орбиты, находясь неизменно между землей и центральным огнем; во время этого параллельного и концентрического движения земли и „противоземлия" мы не имеем возможности видеть солнце, находящееся на большом отдалении вне этой системы „центрального огня, противоземлия, земли", до тех пор пока мы находимся на противоположной ему стороне. Мы оказываемся тогда в тени, бросаемой „противоземлием," которое в течение половины суток скрывает от нас свет солнца именно настолько, насколько это в действительности делает земной шар, выходящий из противостояния земли и „противоземлия".

Первым, поставившим взамену суточного движения вокруг центрального огня суточное вращение нашей планеты вокруг своей оси и сделавшим таким образом ненужным предположение о „противоземлии" и огненном центре, был Гераклид Понтийский [1]. Гераклид однако сделал еще шаг вперед,

[1] Он жил приблизительно около 390—310 г. до н. э. и был во многих отношениях духовно близок к пифагорейцам. Он написал много сочинений, из которых нам известны лишь заглавия и отрывки. Распре-

объявив солнце также центром вращения двух внутренних планет — Меркурия и Венеры. Как известно, это представление Тихо-де-Браге распространил на все планеты за исключением земли [1].

Предположение, что Меркурий и Венера вращаются вокруг солнца, соответствовало наблюдению, что расстояние обеих планет от солнца очень невелико, а именно: для Меркурия в среднем 23°, для Венеры не больше 48°. Поэтому и Витрувий говорит: „Так как Венера и Меркурий движутся вокруг солнца как центра, они погрузили свои остановки и обратные движения в лучи солнца“ [2]. Платон также занимается этой проблемой в „Тимее“. По его словам бог поставил луну в первый круг, огибающий землю, а солнце во второй круг. О Меркурии и Венере здесь говорится („Тимей“, 38), что они помещены в круги, „которые движутся с быстротой, равной правда круговороту солнца, но имеют направление, противоположное ему. Поэтому солнце, Меркурий и Венера сходятся равным образом и равно догоняют друг друга“. Однако такими темными намеками не решается проблема стояний и обратных движений. Теорию, более соответствующую этим явлениям, предложил Евдокс, приняв „гомоцентрические сферы“. При посредстве этой теории удалось уяснить движение Юпитера и Сатурна с геоцентрической точки зрения.

Так как гипотеза Гераклида Понтийского давала объяснения движениям Меркурия и Венеры, между тем как теория гомоцентрических сфер оставалась здесь бессильной, то было естественно подвергнуть исследованию вопрос, нельзя ли распространить гипотезу Гераклида на внешние планеты. Так пришли к системе, принятой впоследствии Тихо-де-Браге. Выходило, что луна и солнце вращаются вокруг земли, между тем как прочие планеты в то же время вращаются вокруг солнца.

Все прочие светила представлялись вероятно каменными глыбами, которые раскаляются от быстроты движения. Так думали Демокрит и Анаксагор, между тем как прочие считали их отверстиями в небосводе, сквозь которые прорывается внешняя стихия—огонь. Впоследствии в неподвижных звездах видели тела, по существу сходные с солнцем и

делить эти отрывки сообразно заглавиям очень трудно и часто невозможно. О Гераклиде см. также у Gomperz, Griechische Denker, I, 98 (русск. пер. 1911 г.).

[1] См. ниже изложение и изображение системы Тихо.

[2] Vitruv, De architectura. Большинство писателей приписывают происхождение этого учения египтянам. Сам Коперник знал о нем из сочинений Марциана Капеллы (см. ниже, в главе о Копернике).

луной. Наконец для Гераклида Понтийского каждое светило являлось, подобно нашему, замкнутым, отъединенным миром.

О том, что неподвижные звезды могут находиться на различном расстоянии от нас, в древности едва возникало подозрение[1]. Наоборот, господствовало представление, что все неподвижные звезды принадлежат к одной сфере[2]. Напротив, Платон и Гераклид держались взгляда, что вселенная беспредельна и, подобно всякому отдельному светилу, одушевлена.

Одновременно с первыми наблюдениями и размышлениями о небесных светилах человеческая пытливость начинает заниматься вопросом о существе нашего земного местопребывания. Много времени прошло до тех пор, пока удалось избавиться от впечатления, что земля представляет собой кругообразную лепешку. Еще Гомер и Гезиод были убеждены в этом. У последнего солнце в продолжение ночи плывет на восток, в океан, откуда вновь поднимается ранним утром. Небо представляется ему сводом такой высоты, что тяжелый предмет падает оттуда девять дней и девять ночей, пока достигнет земли. Убеждение что страны, расположенные вокруг Средиземного моря, представляют собой лишь малую долю всей земли, распространилось уже до Аристотеля. Так Платон в „Федоне“ (гл. 58) говорит: „Земля велика, мы знаем из нее только небольшую ее часть вокруг Средиземного моря, между тем как другие люди живут во многих других подобных местах“. В том же сочинении говорится, что земля парит в чистом воздухе небес, или эфире, и, рассматриваемая издали, подобна шару.

Происхождение зоологии и ботаники.

В то время как математика, философия и астрономия у греков в эпоху, предшествовавшую Аристотелю, уже явственно выступают как отдельные отрасли знания, этого еще никак нельзя сказать о ботанике и зоологии. Внимание к растениям было вызвано медицинскими и сельскохозяйственными интересами. Так Теофраст, с которым мы познакомимся как с одним из самых ранних писателей по ботанике, рассказывает нам о „ризотомах“ (копателях корней) и „фармокополах“ (торговцах лекарствами) древнегреческих времен. Хотя цель этих людей была преимущественно практическая и их деятельность смешана со многими суе-

[1] См. стр. 97.

[2] Обстоятельная статья Болля о неподвижных звездах помещена в Paulys Realenzykl. f. d. klass. Altert., Bd. VI, S. 2407—2431.

верными обычаями, но все же они создали первый источник знания, а именно эмпирическую основу, к которой впоследствии в качестве второго, не менее важного элемента должно было присоединиться отвлеченно размышление, чтобы в соединении с опытом вырасти в истинную науку [1].

Теофраст говорит о ризотомах что они многое заметили правильно, но многое по-шарлатански преувеличили. То, что они при откапывании корней руководились полетом птиц и положением солнца, представляется Теофрасту глупостью.

Знакомство греков с растениями и число растений, известных пастухам, охотникам, крестьянам и вышеуказанным ризотомам, конечно не могло быть незначительным ввиду разнообразия греческой флоры, охватывающей многие тысячи явнобрачных растений. Об этом позволяет судить словарный состав этого времени. Так например, в песнях Гомера упоминается 63 растения. В сочинениях Гиппократа мы находим 236 названий растений, а у Теофраста, современника Аристотеля, мы встречаемся с 455 растениями, среди которых лишь немногие не принадлежат к флоре Греции. Древнейшие отрывочные заметки по ботаническим вопросам мы находим у философа Эмпедокла, основателя учения о четырех стихиях, или, как он выражался, корнях вещей. Он говорит (ст. 160—163):

Слушай прежде всего о корнях четверичных вселенной:
Воздуха высь беспредельная, земля, вода и огонь —
Вот источник всего, что есть, что было, что будет.

С научной точки зрения ценность взглядов на природу растений, высказываемых Эмпедоклом, не слишком велика Он полагает, что из всех живых созданий прежде всего вышли из земли деревья. Его учению о всеобщей одушевленности природы соответствует мнение, что растениям, как и животным, свойственны чувства удовольствия и неудовольствия и даже рассудок и понимание. „Знай, все имеет свою долю в уме и рассудке“, — таково замечание, приписываемое этому философу [2]. Одушевленностью растений Эмпедокл объяснял явления, которые мы сводим к механическим причинам, как например дрожание растений, вытягивание веток по направлению к свету и возвращение согнутых веток на прежнее место [3]. Мы встречаемся у Эмпедокла также с первыми зачатками учения о полах у растений, хотя истина здесь лишь смутно мелькала перед

[1] Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. I, S. 5.
[2] Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. I, S. 51.
[3] Плутарх, V, гл. 26.

ним. Так, по свидетельству Аристотеля, Эмпедокл полагал, что и деревья несут яйца, и как из одной части яйца происходит животное, между тем как другая служит ему питанием, так и из одной части семени растения происходит растение, а прочее служит питанием зародышу и первым корням [1].

Замечания о природе растений приписываются также и другим греческим философам. Они заслуживают отчасти упоминания, хотя мы не можем составить себе об их взглядах такого законченного представления, как о воззрениях Эмпедокла. Так, Демокрит из Абдеры также писал о растениях, и один из его учеников будто бы заметил, что листья одного встречающегося на Востоке растения складываются при прикосновении. Вероятно речь идет об одном из растущих там видов мимозы. Анаксагор называет солнце отцем, а землю — матерью растений. Он кажется приписывал также листьям способность дышать.

В еще более тесных отношениях, чем к растениям, стоял человек к миру животных. Здесь внимание его останавливали не только формы, но и проявления жизни, столь близкие его собственным, и внутреннее строение, которое у высших животных представляют столь большое сходство со строением человеческого тела. Первые зоологические познания были получены на домашних животных. При убое для еды и заклании в жертву раскрывалась атономия этих существ. Из домашних животных у греков были прежде всего коровы, лошади, овцы, козы, свиньи и собаки; разводились также куры, гуси, утки и голуби. Что касается прочего животного мира, то человекообразные обезьяны оставались неизвестными грекам. Наоборот, им знакомы были разные другие виды обезьян, как например павианы и макаки. С большими хищными зверями познакомились после того, как Александр Македонский и позже римляне основали мировую державу. Так, при Помпее были привезены в Рим первые тигры, а около 200 г. до н. э.—первые львы. Из китообразных был особенно известен дельфин. О попугаях Аристотель упоминает как об индийских птицах. Кроме многочисленных пород костистых рыб были довольно хорошо известны также акулы и скаты, особенно электрический скат. Из мягкотелых особенное внимание привлекала каракатица. Но знакомство с низшими животными, не считая пожалуй насекомых, оставалось на низкой ступени.

Одним из первых высказавших общие соображения о природе животного мира был тот же Эмпедокл, со взглядами ко-

[1] Аристотель, De gen. animalium, т. I, стр. 23.

торого на растения мы познакомились выше. Эмпедокл, проводя свое учение о четырех стихиях, пытался свести составные части тела животного каковы мясо, кровь и кости к смешению этих четырех стихий. О позвоночнике млекопитающих он полагал, что он разломан при возниковении на отдельныеп озвонки [1]. Из позднейших философов Демокритзанимался анатомированием животных. Его взгляды, часто упоминаемые Аристотелем, иногда свидетельствуют о понимании сути дела. Противоположность между Демокритом и Аристотелем ясна, особенно из замечания последнего, что Демокрит никогда не говорил о цели, но „все, чем пользуется природа, сводил к необходимости“ [2].

Демокрит развивает свои взгляды на происхождение органических существ в особом сочинении. К сожалению нам известно лишь его заглавие: „О причинах животных“ (Диоген, Лаэрций, IX, 47).

При склонности греков к отвлеченному умствованию нет ничего удивительного в том, что уже у древнейших греческих философов мы встречаемся с намеками на теорию происхождения видов [3]. Так, Анаксимандр учил, что под влиянием солнечной теплоты прежде всего возникли в иле пузырчатые формы. Из них произошли затем рыбообразные существа, из которых некоторые выползли на землю. Обусловленное этим изменение образа жизни привело также к преображению их вида. Таким образом по его мнению возникли сперва живущие на суше животные и наконец человек. Относительно последнего полагали, что он первоначально был сходен с рыбой. Такие же взгяды высказывает Демокрит. Эпикур также смотрел на все существа, включая человека, как на детей земли, различающихся лишь степенями.

У римлянина Лукреция, передающего в поэме „О природе вещей“ в главных чертах воззрения греческих натурфилософов, также встречаются отзвуки теории естественного отбора, между прочим также и мысль, что все нецелесообразное должно погибнуть [4]. Но конечно подобные, случайно вы-

[1] Аристотель, De part. anim., I, стр. 640a.
[2] Аристотель, De generatione animalium, V стр. 8.
[3] E. Dacqué, Der Deszendenzgedanke u. seine Geschichte, München, 1903.
[4] Стихи Лукреция, имеющие источником Эпикура и Демокрита (V, 854—870):

Виды же те, что доныне вдыхают живительный воздух,
Испокон века от гибели племя свое сохраняют
Хитростью или отвагою или же ловким проворством.
Твари другие ввиду доставляемой пользы вверяют
Жизнь свою нам и находятся под попечением нашим.

сказанные и впоследствии оказавшиеся верными мысли имеют очень мало общего с научным обоснованием теории происхождения видов. Последнее есть и останется созданием XIX в., являющимся прежде всего заслугой Ламарка и Дарвина.

Что Дарвин однако был знаком с эволюционными воззрениями древних, не зная их в подробностях, явствует из его собственных слов, где он упоминает об указаниях у писателей классической древности, имеющих отношение к его предмету

Первые шаги греческой медицины.

К наиболее ранним причинам, вызвавшим создание естественных наук, относится также стремление лечить недуги человеческого тела. Это стремление обострило наблюдательную способность и направило внимание на окружающую природу, которую стремились использовать для врачевания. Поэтому прежде чем расстаться с первым периодом развития греческой науки и перейти к Аристотелю и его школе, мы бросим взгляд на одно из важнейших применений естествознания — медицину. Это является тем более важным для понимания дальнейшего, что Аристотель происходил из старинной врачебной семьи и при создании философской и естественно научной системы отчасти опирался на медицинские воззрения.

Без сомнения, греческая медицина находилась под сильным влиянием дошедших с Востока и из Египета знаний и тайных учений, которые быть может представляют даже основу, на которой развилась в дальнейшем медицина в Греции. Но грекам было суждено понемногу отбросить характер чародейства, присущий зачаткам этой науки, и здесь проявить стремление к непредубежденному познанию и сочетанию фактов [1]. Из древних врачей особенно выдается Алкмеон Кротонский, ученик Пифагора [2]. Он считается основателем эмбриологии и сделал много ценных анатомических и физиологических наблюдений. По его воззрениям каждое ощущение передается мозгом и каждое движение

Но были звери еще, коим не дано было уменья
Жизнь защищать свою собственной силой и не дано свойства
Чем-либо быть нам полезными, ради чего мы бы старались
Нашей защитой их племя питать и им дать безопасность.
(Пер. Рачинского)

[1] E. Meyer, Geschichte d. Altertums, Bd. IV, 1901, S. 205.

[2] Об отрывках, касающихся Алкмеона см. Meyer, Geschichte des Altertums, Bd, IV, 1901, S. 207.

направляется оттуда. Алкмеон был главным представителем развитого в согласии с представлениями пифагорейцев учения, что здоровье и болезнь объясняются гармоническим смешением известных свойств или их нарушением. В основе этого учения лежит представление о четырех темпераментах, которые также должны покоиться на надлежащем смешении. Важнейшим документом о медицинской науке греков, находящимся в нашем распоряжении, являются так называемые „Гиппократовы книги". Мы встречаемся с ними со времен основания больших библиотек в Александрии. Нельзя видеть в „Гиппократовых книгах" произведения одного человека [1], хотя несомненно, что Гиппократ в качестве основателя научной медицины должен считаться первым, собравшим рассеянное и объединившим его в общую систему [2]. Кроме Гиппократа — он жил на острове Косе около 400 г. до н. э.,—получившего название Великого, в древней литературе упоминается еще шесть врачей, носивших то же имя. Поэтому нет ничего удивительного в том, что вопрос о личности Великого Гиппократа остается темным, тем более, что достоверной биографии его не существует. Что Гиппократ не мог быть единоличным составителем всех приписываемых ему сочинений [3], явствует из того, что в этих сочинениях не только встречается много противоречий, но даже полемика между отдельными их авторами [4].

Что касается анатомии, то медицинские знания, содержащиеся в сочинениях Гиппократа, опираются по преимуществу на исследование животных; но здесь имеются многочисленные наблюдения, касающиеся человека, особенно в области остеологии. Меньше всего древние были знакомы со строением и назначением нервной системы. В качестве отдельных членов этой системы были вероятно ранее всего открыты зрительные, слуховые и тройничные нервы. Вообще нервы смешивались с сухожилиями. Ощущение и движение

---

[1] Th. Beck, Hippokrates' Erkenntnisse, Jena, 1907.

[2] Платон, Протагор, гл. III.

[3] В качестве Corpus Hippocraticum до нас дошло приблизительно 100 греческих и 30 латинских сочинений. С полной достоверностью можно приписать Гиппократу лишь несколько книг. Далеко не все считались подлинными во все времена. Подробности см. в чрезвычайно подробной статье о Гиппократе в Paulys Reallex. d. klass. Aetert., Bd. VIII, 1913, S. 1801—1852.

[4] Beck, Hippokrates' Erkenntnisse, Jena, 1907. В этом сочинении кроме исследования о происхождении и значении „Гиппократовых книг" содержится подбор важнейших мест, имеющих отношение к современной медицине.

считались имманентными способностями. Источником их считалась „пневма", текущая из мозга через жилы по всем частям тела [1].

Большим шагом вперед в сравнении с прежним демонологическим взглядом на болезни явилось то, что в сочинениях Гиппократа психическое нездоровье рассматривается как действие физического недуга. Последнее объясняется нарушением равновесия между четырьмя жидкостями (Humores), образующими тело. Таковыми признавались кровь, слизь, желтая и черная желчь. Природа признается фактором исцеляющим. Она — говорится здесь — и без размышления находит средства и пути. Отстаивается также разумная профилактика. Подагра например объясняется сытой жизнью, и с гигиенической точки зрения чрезвычайно высокое значение придается умеренности и душевному спокойствию. В качестве терапевтического средства предлагается уже музыка. О высоте общего представления, с которым мы встречаемся в сочинениях Гиппократа, свидетельствует изречение: „Знание порождает науку, незнание—веру". Однако границы врачебных возможностей были осознаны, и признавалось, что лучшим врачом является сама природа. Согласно этому важнейшим стремлением было поддержать естественный процесс выздоровления. На ампутации еще не решались, так как не были знакомы с перевязкой сосудов. Известно изречение Гиппократа: „Чего не исцеляют лекарства, исцеляет железо. Чего не исцеляет железо, исцеляет огонь. Чего наконец не исцеляет огонь, то вообще неизлечимо" [2].

В зоологическом отношении важнейшим из гиппократовых сочинений является работа „О диэте". Среди питательных средств в ней заключается перечисление около пятидесяти животных в нисходящей последовательности. За млекопитающими следуют птицы, затем рыбы, моллюски и наконец раки. Пресмыкающиеся и насекомые не упоминаются как несъедобные. Эта классификация животных, получившая название косской (около 410 г. до н. э.), может считаться предшественницей классификации Аристотеля, которой мы займемся в следующей главе [3].

---

[1] Haeser, Geschichte der Mebizin, 1875, Bd. I, S. 141. Согласно воззрениям, развитым Платоном в „Тимее", сердце является средоточием соединения жил. Оно есть источник крови, стремительно несущейся через все части тела. Для охлаждения сердца служат легкие.

[2] В латинской форме это изречение поставлено Шиллером в виде эпиграфа к „Разбойникам": Quae medicamenta non sanant, ferrum sanat. Quae ferrum non sanat ignis Sanat.

[3] R. Burckhardt, Geschichte der Zoologie, S. 18.

3. ВЕК АРИСТОТЕЛЯ.

Четвертый век до н. э. было для греческого народа уже временем государственного падения. Искусство и философия также уже пережили эпоху своего расцвета. Наоборот, научное развитие вступает теперь в фазу, оказавшую не меньшее влияние на дальнейшую науку, чем созданные греками образцы в области государственной жизни и художественного творчества. В первый раз мы встречаем здесь в его полном значении научное стремление человеческой психики охватить природу в ее целокупности и связности. Это стремление и находит воплощение в Аристотеле и его учениках. Пусть представления, руководившие этими людьми, часто кажутся несогласимыми с началами нынешнего естествознания, все же никак нельзя отрицать основоположный характер их деятельности и значение, которое они имеют не только для древности и средних веков, но и для возникновения нового естествознания.

Аристотель.

В лице Аристотеля мы встречаемся с одним из значительнейших явлений древности, в котором воплотилось все научное знание того времени [1]. Он происходил из греческой семьи врача, пользовавшейся уважением при македонском дворе. Его отец Никомах был придворным врачом македонского царя Аминта. Аристотель родился в 384 г. до н. э. в Стагире, греческой колонии, расположенной вблизи Афона. Его воспитание, как часто бывало в те времена, было поручено одному только человеку. К нему сохранил Аристотель благодарность, как в свою очередь выказывал благодарность Аристотелю его великий ученик Александр. Вообще мы не располагаем подробностями о юности и развитии Аристотеля.

---

[1] Stahr, Das Leben des Aristoteles, I. Teil von Stahrs Aristotelia. 1830. Halle.

Но можно предположить, что он, согласно семейной традиции, должен был отдаться врачебному призванию, к которому и готовился прежде всего. Этим обстоятельством вероятно и объясняется главным образом эмпирическая тенденция Аристотелевой философии. Если в V в. наука являлась достоянием еще немногих выдающихся умов, то в течение IV в. она становилась все более доступной общеобразованным людям. Возрастали как объем, так и специализация литературы. Уже в первой половине IV в. едва ли был предмет, по которому не появлялись бы уже отдельные сочинения [1].

Центром духовной жизни в середине IV в. до н. э. были Афины. Здесь учил Сократ, а Платон основал цветущую философскую школу. Нет ничего удивительного, что состоятельный и воодушевленный научной жаждой юноша сюда прежде всего и направил свои шаги. В 367 г. он поступил в Академию, где учил Платон. Ее участником он оставался непрерывно вплоть до кончины учителя, последовавшей в 347 г. Принимая во внимание неустанные труды Аристотеля, Платон назначил его лектором и, сравнивая его с другим учеником, сказал, что тому нужны шпоры, а Аристотелю, наоборот, — узда. С полным правом и впоследствии Аристотеля называли одним из трудолюбивейших ученых, каких знает история науки [2]. Его слава с течением времени сделалась вероятно чрезвычайной. Это видно из того, что царь македонский Филипп, поручая ему в 343 г. воспитание своего четырнадцатилетнего сына, писал Аристотелю: „Приношу богам благодарность за то, что они дали мальчику родиться в твое время. Ибо, воспитанный тобой, я надеюсь, он будет достойным наследником моего престола". Случай, единственный в истории, — величайшему мыслителю своего времени было поручено воспитание величайшего государя. О ходе этого воспитания, обнимающего лишь первые годы пребывания нашего философа в Македонии (343—340), мы не имеем никаких известий. По малой мере преувеличением являются рассказы о том, что царственный ученик пожаловал своему учителю восемьсот талантов[3], равно как и целый отряд людей для собирания произведений природы. Несомненным однако является, что Александр высоко ценил то, чем обязан был Аристотелю. По случайному стечению обстоятельств последний в конце царствования Александра стал

[1] E. Meyer, Geschichte des Altertums, 1902, Bd. V, S. 338.
[2] E. Zeller, Die Philosphie aer Griechen, Bd. II, 2, S. 172.
[3] Ценность таланта на наши деньги равна приблизительно 2200 золотых рублей.

невинной жертвой опалы. После восьмилетнего пребывания в Македонии, являвшегося периодом собирания и подготовки, во время которого мысль создать энциклопедию наук уже владела конечно Аристотелем, он в 335 г. до н. э. возвратился в Афины.

Для проявления столь многообъемлющей научной деятельности, какую развил Аристотель, необходимы были значительные средства. Нельзя установить с достоверностью, располагал ли он ими благодаря щедрости македонских царей или взял из своего состояния. Всего вероятнее, оба эти источника вместе и дали Аристотелю возможность первым из греческих философов составить себе обширную библиотеку Изготовление книг являлось тогда трудной и дорогой работой, и количество экземпляров всякого сочинения было сообразно с этим очень невелико. Понятно поэтому, что требовались значительные суммы, чтобы иметь в своем распоряжении сочинения своей эпохи в таких размерах, как это сумел сделать Аристотель. Рассказывают, будто за сочинения одного лишь философа он заплатил три таланта [1].

В Афинах Аристотель преподавал в Лицее (Ликейон), городском здании, предназначенном для гимнастических игр. Благодаря привычке учителя излагать свое учение во время прогулки, его школа получила название перипатетиков (прогуливающихся). Пока Александр Македонский завоевывал мир, Аристотель был здесь царем в области наук. Однако из его многочисленных сочинений сохранилась лишь небольшая, хотя все же важнейшая часть.

Тридцатилетнее пребывание Аристотеля в антимакедонски настроенных Афинах было не очень приятным, так как на него смотрели косо как на чужеземца, связанного отношениями с ненавистным царем. Когда в 323 г. до н. э. пришла весть о внезапной смерти Александра, встреченная большинством с восторгом как знак освобождения от македонского ига, против Аристотеля поднялись многочисленные завистники и противники. Он был обвинен в хулении богов, но предпочел, не ожидая судебного разбирательства, покинуть враждебный ему город, дабы последний, — как сказал он, намекая на Сократа, — не согрешил вторично против философии. Что Аристотель правильно оценил свое положение, показывает заочный смертный приговор, вынесенный ему ареопагом тотчас же после оставления им города, несмотря на его отсутствие. Но Аристотель ушел недалеко. Он пересе-

[1] E. Zeller, Die Philosophie der Griechen, Bd. II, 2, S. 33.

лился на Эвбею в ожидании, что победа македонян над афинянами возвратит его на место его многолетнего пребывания. Этой надежде однако не суждено было исполниться, ибо уже через год после смерти Александра, прежде чем в Греции был восстановлен прежний порядок, смерть пресекла его богатую жизнь.

Сочинения и книги великого философа перешли первоначально во владение его любимого ученика Теофраста. Много осталось незаконченным и было восполнено впоследствии. Теофраст в свою очередь оставил сочинения одному из своих учеников. Полтора столетия они оставались под спудом. Наконец после того, как Сулла завоевал Афины, они попали в Рим, где их списывали и распространяли во множестве экземпляров. Не подлежит конечно никакому сомнению, что при этом многое было извращено и испорчено. Дошедшие до нас сочинения занимают почти 3 800 страниц обычного книжного формата [1]. Часть их однако должна считаться неподлинной [2].

По всей вероятности не существует ни одного сочинения Аристотеля, сохранившегося без изменений. Даже некоторые важнейшие его творения известны нам вероятно по переработкам, сделанным учениками. В этом между прочим убеждает и отсутствие единства стиля. Некоторые сочинения представляют собой лишь черновики или ряд выписок. К ним присоединяются сделанные позднейшими редакторами прибавления, которые невозможно отделить от основного текста. Наконец есть немало произведений, которые, нося имя Аристотеля, считаются все же неподлинными или лишь в незначительной части принадлежащими Аристотелю. К последним принадлежит изданное Николаем Дамаскином в эпоху Августа сочинение „О растениях". На эту тему было и подлинное сочинение, которое погибло (см. ниже). До нас к сожалению не дошло также иллюстрированное сочинение „О расчленении животных".

Аристотель как философ и его отношение к естествознанию.

Наиболее обширное место среди сочинений Аристотеля занимают его естественнонаучные сочинения. Они охваты-

[1] Heller, Geschichte der Physik. Bd. I, S. 48.

[2] Впервые сочинения Аристотеля были напечатаны (в латинском переводе) в 1473 г. в Риме. В 1493 г. появилось первое печатное греческое издание. Теперь лучшим считается издание, редактированное по поручению Берлинской академии Наук Беккером. Греческо-немецкое издание выпущено Prante'ом. Оно вышло в Лейпциге в изд-ве Wilhelm Engelmann и легло в основу данного здесь изложения учения Аристотеля.

вают всю вселенную, от общих условий бытия телесного мира и всего мироздания вплоть до описания и исследования населяющих землю животных и растений.

В дальнейшем изложении системы Аристотеля приняты во внимание главным образом следующие сочинения естественно-научного содержания: „Физика", „О мироздании", „О возникновении и уничтожении", „Метеорология" и „Механические проблемы" [1]. Среди чисто философских сочинений Аристотеля особого упоминания по его значению для каждой отдельной науки заслуживает „Органон". Здесь даны впервые в подробном изложении развитые Аристотелем основы формальной логики.

Значение Аристотеля в области естественных наук важно с двух точек зрения. Во-первых, он благодаря своей необычно плодовитой писательской деятельности объединил рассеянные отдельные сведения, добытые его предшественниками, и передал их потомству. С другой стороны, он никогда не ограничивался простой, лишенной критики компиляцией этих знаний. Наоборот, он поставил себе исполинскую задачу: исходя из философских принципов, построить систему всех наук. Таким образом философия, стремление к объяснению вселенной, была исходной и основной точкой, из которой выросла у него наука. Аристотель стремился сделать понятными мышление и мир в их противоположности и их взаимоотношениях. Философия, проникнутая еще у Платона поэтическими порывами, стала у Аристотеля трезвым изучением человеческого „я" с его умственной деятельностью и формами его восприятия, равно как и мира с его конкретными вещами. В них он старался отыскать как идеи, стоявшие у Платона над и за вещами так и цели этих вещей. Нельзя не сделать Платону упрека, что он уделял слишком мало внимания действительности, ставя на ее место систему из бессодержательных нередко понятий, между тем как Аристотель руководился убеждением, что настоящим источником познания может явиться лишь опыт. Поэтому Аристотель настаивает на том, что „следует сперва представить себе явления и лишь затем указывать их причины".

В пользовании диалектическим [2] методом, который он применял мастерски, Аристотель является учеником Сократа

---

[1] В последнее время это сочинение признано не принадлежащим Аристотелю.

[2] Здесь, как и дальше, автор имеет в виду диалектику не в смысле Гегеля, а в том более распространенном смысле, согласно которому

и Платона. Но в то врмя как философия последнего коренилась по преимуществу в диалектике, Аристотель стремится сочетать наблюдательный метод естествознания с диалектикой, что не удалось его учителям. „Правда, ему не было дано привести в полное равновесие оба элемента, но все же сочетанием их он достиг большего, чем кто-либо из греков“,— говорит Целлер в своей „Истории греческой философии“. Сократ и Платон прежде всего обращались к понятиям и часто в основу дальнейшего исследования полагали содержание понятия, почерпнутое лишь из наблюдения над обиходной речью или из общепринятого суждения, тогда как Аристотель неизменно кроме понятия имел в виду также движущие и материальные причины. Он не толко проницательный мыслитель, но настолько неутомимый наблюдатель, что нередко ему ставили в упрек чрезмерный эмпиризм. Основные приемы научного объяснения природы не развиты им в связанном виде, а рассеяны в многочисленных отдельных замечаниях. Приведем из них следующие: объяснению всегда должно предшествовать наблюдение. Часто настойчиво указывается на то, что общая теория должна опираться

диалектика означает искусство оперирования чисто логическими доводами и выводами в споре с противником.

У Сократа диалектика означает способ извлечения объективных истин на основе развития понятий путем диспута.

У Платона диалектика превращается в метод строго логического, философского обоснования понятий, в основу определений при переходе от низших, частных, к высшим, общим понятиям, в науку о познании сущего, вневременного, абсолютного, в метод познания „идей“, т. е. прообразов вещей.

У Аристотеля диалектика древних достигает наиболее значительного совершенства. Формальная логика, т. е. учение о законах мышления, отвлекающегося от содержания понятий, получила в системе Аристотеля свой наиболее разработанный вид. Однако в метафизике и естествознании логика Аристотеля приобретает уже черты и диалектической логики, т. е. метода мышления при помощи идеи развития, при помощи подвижных категорий, в отличие от мышления, пользующегося застывшими, неподвижными категориями. Аристотеля следует считать наиболее глубоким и универсальным диалектическим мыслителем до Гегеля, так как идея развития (развитие космоса, организма, государства и т д.) занимает центральное место в его системе. Но диалектика Аристотеля была еще идеалистической, ибо Аристотель в развитии искал не столько реальной преемственной смены явлений, сколько их сосуществования, а также то, что остается в вечном покое, незыблемым. Его диалектика искала первичное в противоречиях не в самой материи, а в человеческом мышлении распространяющем свойственные ему противоречия на природу.

Материалистическая диалектика марксизма наоборот, в противоречиях диалектического мышления видит лишь отражение противоречий диалектических процессов в самой действительности, в природе и обществе.

Ред.

на познание частных предметов. К наблюдению предъявляется требование, чтобы оно было тщательно, широко и прежде всего свободно от всякого предвзятого мнения. Прежде чем пользоваться чужими наблюдениями, нужно подвергнуть их строгой критике. Словом, мы находим у Аристотеля принципы, выше которых в философии нового времени едва ли могут предложить даже такие поборники эмпиризма, как Бэкон. Однако, как это было и у Бэкона, силы не соответствовали желанию. Причины этого были различны. Прежде всего в эпоху Аристотеля орудия научного исследования были еще слишком недостаточн развиты. Почти ни в одной области не дошли до точного определения количественных отношений. Аристотель чувствует это уже там, где трактует о теплоте. О восполнении органов чувств приборами и достигаемым таким образом чрезвычайным обострением наблюдений он однако не имел никакого представления или лишь очень смутное. Что не существует для пяти чувств, то для него вобще не существует [1].

Превосходно оценивает Целлер исследовательские приемы Аристотеля: „Так как греческая наука начала с отвлеченного философствования и опытные науки лишь поздно достигли некоторого развития, то естественно, что диалектический метод Сократа и Платона вытеснял строгую эмпирию. Аристотель вначале не только держался этого метода, но теоретически и практически довел его до совершенства. Что такого же совершенст а достигнет у него искусство эмпирического исследования, и ожидать было невозможно. К тому же ему еще чуждо было более точное различение обоих методов. Последнее было создано лишь высшим развитием опытных наук и — с философской стороны — исследованиями по теории познания, явившимися созданием нового времени".

Все объекты мышления Аристотель старался распределить в систему основных понятий, или категорий. Важнейшими из них являются субстанция, количество, качество, положение, действие и страдательность (активность и пассивность). Конечной целью всей природы представлялся ему человек. Находясь под влиянием Аристотелевой философии, человек в течение двух тысячелетий считал себя конечной целью вселенной, пока понятие цели не было заменено

[1] Пример этого по Эйкену мы встречаем в сочинени „О возникновении и уничтожении" (328, 23). Здесь Аристотель говорит, что если смешать большое количество с очень малым, то из этого возникнет не смесь, но меньшее превратится в большее. Так, капля вина в десяти тысячах мерах воды почти становится водой.

понятием механической причинности и человек не научился считать себя звеном в цепи прочих существ.

Основы механики Аристотеля.

От этой общей характеристики переходим к отношению Аристотеля к отдельным наукам.

На значении математики он часто настаивал в своих сочинениях, хотя настоящих математических исследований в них не содержится. В них однако заключается немало ценных замечаний о таких трудных понятиях, как пределы и бесконечное. „Непрерывной—говорит например Аристотель—будет вещь тогда, когда граница каждой из двух следующих друг за другом частей, в которой они соприкасаются, является одной и той же". Далее он разрешил парадокс о прохождении бесконечно большого числа точек пространства, в течение конечного времени, допущением в пределах конечного промежутка времени бесконечного множества частиц времени бесконечной малой продолжительности. Бесконечное является для него не чем-то действительным: в действительности существует лишь конечное любой большой или малой величины [1].

Наибольшие успехи в области естествознания можно было отметить там, где могла найти применение быстро расцветавшая математика. Подобно первым успешным шагам в области астрономии зачатки механики находились в зависимости от достижения математическим мышлением известной ступени развития. Понятия, соответствующие течению механических процессов, развиваются поэтому гораздо позже, чем возможность применения законов механики без их ясного осознания. Последнее конечно должно было иметь место уже при самом раннем выполнении всякой ремесленной работы.

Основными вопросами механики греческая философия занималась еще до Сократа. Особенно привлекали внимание проблемы тяжести и движения [2]. Также рано было замечено, что движение вследствие связанного с ним трения производит теплоту. Анаксагор выводил из этого явления даже свет, исходящий от небесных светил.

К повседневным явлениям, способным прежде всего вызвать размышление, принадлежит движение свободно падаю-

[1] Все относящееся у Аристотеля к математике сведено уже Бианкани: Aristoteles loca mathematica, 1615.

[2] E. Haas, Grundfragen der antiken Dynamik (Arch. f. d. Gesch. d. Naturwiss. u. d. Technik, 1908, 1 Heft.)

щих тел. Это явление, исходя из которого Ньютон пришел впоследствии к открытию закона всемирного тяготения, нашло у Аристотеля ошибочное объяснение. Для всего направления его мысли характерным является то, что он исходил не из самого явления, но из его логических определений, при которых и оставался. Он рассматривает прежде всего движение вообще и различает два рода этого движения: ограниченное (прямолинейное) и неограниченное (круговое). Последнее, как якобы более совершенное, он приписывает небесным телам. Прямолинейное движение объясняется стремлением тел, направленным либо к центру, либо от центра, таким образом отсюда выводятся понятия легкости и тяжести. Первое свойство приписывается воздуху и огню; второе воде и земле, т. е. всем жидким и твердым телам. Из этих объяснений с непреодолимой необходимостью следует для Аристотеля, что более тяжелое тело должно двигаться вниз быстрее, чем легкое, вследствие своего более сильного стремления к центру. Из этого впоследствии был сделан вывод, что тела падают тем быстрее, чем больше их вес, так что например стофунтовый кусок железа упадет на землю в сто раз быстрее, чем фунтовый. Любой опыт, произведенный без предвзятой мысли, мог бы убедить в неверности этого вывода. Тем не менее несмотря на возникавшие иногда сомнения он считался несомненным, пока Галилею не удалось блестяще опровергнуть его своими опытами над падением тел.

Главным препятствием, мешавшим развитию механики в древности и в средние века, можно считать различие, которое проводилось как между земными и небесными движениями, так и между естественными и вынужденными [1]. Лишь после падения этих преград стало возможным создание новой механики. К слабостям античной механики относится отсутствие ясного представления об инерции. Правда, намеки на это имеются (особенно у Плутарха и Лукреция), но все же все физики были твердо убеждены, что тело не может двигаться, если на него не действует внешняя сила или присущая ему тяжесть и легкость [2]. Атомисты обходились по крайней мере без последнего понятия, так как они рассматривали все тела, как тяжелые.

К этому надо прибавить еще несколько подробностей о содержании механического учения Аристотеля. Способ изложения заключается в том, что философ связывает с

[1] Haas, Arch. f. d. Gesch. d. Naturwiss. u. d. Technik, 1908, S. 47.
[2] Haas, loc. cit., p. 44.

опытными фактами ряд вопросов[1], которые он пытается изредка разрешать математическим путем, как это впоследствии с таким большим успехом делал Архимед, в большинстве же случаев пытается решать их при помощи диалектических ухищрений, исходя из известных определений[2]. Материалом для его исследований являлись колесо, рычаг, руль, весло, клещи и другие орудия. Ответ на вопрос дает часто опять-таки в вопросительной форме. Так, в главе шестой говорится: „Почему малый руль, привешенный в конце корабля, имеет столь большую силу? Быть может потому, что руль есть рычаг, море — тяжесть, а рулевой — движущая сила".

Внимание Аристотеля останавливается прежде всего на том, что большая тяжесть может быть передвигаема малой силой, как например при употреблении рычага. Грузы, удерживающиеся на рычаге в равновесии, Аристотель совершенно правильно определяет как обратнопропорциональные длинам отрезков рычага. Основание для этого закона он находит в том, что меньший груз в соответствии с его большим расстоянием от точки опоры должен пройти большую дугу. К рычагу сводятся также клин и носилки. Это становится ясным из следующего рассуждения (рис. 14): два человека несут на шесте AB груз G. „Почему — спрашивает Аристотель — груз сильнее давит на того, к кому G ближе?" AB — отвечает он — является здесь рычагом. Ближайший к G носильщик (при A) есть движимое, другой носильщик (при B) — движущее, и чем дальше последний удален от груза, тем легче он движет". Одноплечный рычаг не казался Аристотелю рычагом особого рода.

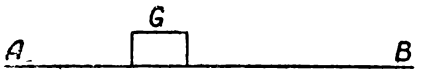


Рис. 14. Носилки у Аристотеля.

Важным отделом сочинения Аристотеля является часть, посвященная параллелограму сил. „Если что-нибудь, — говорится здесь, — движется в каком-нибудь отношении так, что оно должно пройти по одной линии, то эта прямая будет диагональю фигуры, которая определяется слагаемыми в данном отношении линиями. Пусть например отношение движения будет отношением, которое AB имеет к AC (рис. 15). Тогда A движется по направлению B, а AB — по направлению к CG. Таким же образом A достигает D в течение того же времени, в которое AD достигает EF. Если в последнем случае отношение движения будет то же, т. е. $AD : AE =$

[1] Отсюда и заглавие сочинения „Механические вопросы" (Quaestiones mechanicae).

[2] См. примеч. ред. на стр. 112 Ред.

= AB: AC, то малый параллелограм подобен большому, и следовательно диагональ AF ляжет по диагонали AG. Из этого следует, что предмет, движущийся в двух направлениях по диагонали, необходимо будет двигаться в отношении сторон. Если при этом два движения каждое мгновение меняют свое отношение, то тело не может двигаться по прямому направлению, но должно двигаться по кривой". Равным образом Аристотелю должно быть приписано положение, что круговое движение может быть представлено, как сложное из движения к центру и движения по направлению касательной. Затем Аристотель занимался проблемой толчка, нашедшей решение лишь у Валлиса, Врена и Гюйгенса. Он ставит вопрос, почему слабый толчок на клин может сделать много, тогда как давление на этот же клин дает мало („Механические проблемы").

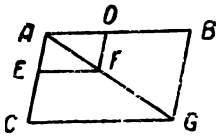


Рис. 15. Параллелограм сил.

С точки зрения научной точности за Аристотелем должны быть признаны еще две заслуги. Во-первых, он был (вероятно) одним из первых, старавшихся подкрепить свои рассуждения чертежами. Затем он уже подходил к мысли обозначать буквами величины, находящиеся между собою в известных отношениях.

Зачатки акустики и оптики.

Другой областью, равным образом оказавшейся уже в древности доступной точному исследованию, была акустика. Так например, пифагорейцы открыли, что для того, чтобы две струны одинаковой толщины, натянутые с равной силой, давали консонанс, длины их должны находиться в простых отношениях между собой. Это отношение для октавы они определили в 1:2. Сделано это было при посредстве монохорда. Прибор этот был приспособлен так, что струна, проходя через кобылку могла быть натянута любым образом посредством подвешенного груза. В этом приспособлении мы встречаемся с первым прибором, посредством которого экспериментальным путем был открыт закон природы. Также у Аристотеля мы находим некоторые правильные представления об акустических явления. Так например, он приписывает воздуху роль посредника в звуковых явлениях, которые он объясняет колебаниями, распространяющимися вплоть до нашего уха. „Звук — говорит он — возникает не оттого, что звучащее тело запечатлевает, как полагают некоторые, известную форму в воздухе, но оттого, что оно приводит воздух соответственным образом в движение. Воз-

дух при этом сжимается, расходится и подвергается толчкам со стороны звучащего тела, так что звук распространяется по всем направлениям". Также и эхо Аристотель совершенно правильно рассматривал как отражение.

Взгляды свои на явления звука Аристотель перенес и в область оптики. До него было распространено странное представление, что зрение есть вид осязания, при котором глаз, так сказать, активно протягивает к телам чувственные нити. По древнейшим взглядам природа глаза даже является огненной. С таким же мнением мы встречаемся и у индусов. Так, Сусрута считает хрусталик, который часто принимали за главный орган глаза, вместилищем вечного огня[1]. В согласии с этим древнейшие греческие философы, как например пифагорейцы, видели в зрении горячее испарение, истекающее из глаза по направлению к воспринимаемому предмету.

Аристотель („О чувствах", глава II) возражает против этого, так как в таком случае можно было бы видеть и ночью. Как для передачи звука необходим воздух, так и зрительное ощущение предполагает между глазом и видимым предметом посредствующую среду, могущую переносить действие. Внутренность глаза по Аристотелю прозрачна, потому что место расположения зрительной способности находится на задней его стороне. Аристотель отваживается также и на объяснение цветов. По его мнению, они происходят от смешения белого и черного, которые он называет основными цветами,—мысль, часто повторявшаяся впоследствии. Он оспаривает взгляд, будто цвета являются истечениями цветных тел. „Не следует думать — прибавляет он, — что все воспринимается нами через прикосновение. Но лучше сказать, что ощущение зрения является следствием движения посредника между глазом и видимым предметом". Здесь таким образом мы уже встречаемся с зародышем спора между теорией эманации и теорией вибрации, тянувшегося на протяжении XVII и XVIII вв. и решенного лишь в XIX в. [2]. Несмотря на некоторые ошибки, встречающиеся у Аристотеля, едва ли какой-либо мыслитель древности имел столь ясное представление об оптических явлениях. Поэтому даже Гете в своем сочинении „К учению о цветах" отправляется от него и дает изложение взглядов Аристотеля на свет и цвета [3].

---

[1] Haas, Antike Lichttheorien (Arch. f. Gesch. d. Philos., 1907, Bd. 20 Heft 3).

[2] Wilde, Über die Optik der Griechen, Berlin, 1832.

[3] Впрочем сочинение Аристотеля о цветах, согласно новым исследованиям, считается неподлинным.

Нужно еще упомянуть, что оптические представления, созданные атомистами (Левкиппом, Демокритом), представляют собою шаг назад, впрочем не в смысле времени, так как они развивали свои взгляды до Аристотеля. В сущности атомисты вернулись к старым воззрениям, но они перевернули прежние отношения и предположили, что отпечатки вещей отделяются от предметов и стремятся в глаз. С тем и другим взглядами Аристотель порвал, признав значение посредствующей среды для зрительного процесса. В средние века считали возможным отказаться от всякого физического объяснения, так как душа не нуждается ни в какой внешней помощи[1]. Наоборот, при явлениях зрения предполагалось непосредственное действие на расстоянии, и таким образом было создано понятие, долго служившее для того, чтобы по крайней мере с каким-нибудь словом связать процесс, необъяснимый механическими принципами.

Хотя работа над вопросами механики, оптики и акустики особенно побуждает к научным наблюдениям и опытам, все же у Аристотеля, как и почти везде в древности, мы находим лишь слабое движение в этом направлении. Все связывается с существующими воззрениями. К этим воззрениям присоединяются данные повседневного опыта, и из этого диалектическим путем[2] посредством умственных скачков и логических ухищрений получается результат, соответствующий господствующей системе, но часто также сводящийся к чисто словесному объяснению. Иногда Аристотель пытается обосновать результат такого абстрактного умствования новыми примерами из опыта. Иногда однако ему самому становилась ясной неудовлетворительность его метода. Так, в одном месте он говорит: „Явления еще недостаточно исследованы. Но когда это будет когда-нибудь сделано, то наблюдению надо доверять больше, чем умствованию, и последнему лишь постольку, поскольку оно дает результат, согласный с явлениями“.

Небо по Аристотелю.

В области астрономии Аристотель иногда следовал вышеуказанному принципу, во всей полноте выдвинутому лишь новым естествознанием [3]. С другой стороны, в своем сочинении, посвященном астрономии, он во многих местах

[1] Платон слил учение о зрительных лучах и отпечатках вещей в теорию соединенного изучения (синергия).

[2] См. примеч. ред. на стр. 112. Ред.

[3] Wolff, Geschichte der Astronomie, S. 42.

остается на привычном ему способе мышления. Так, он пытается доводами от разума доказать, что существует лишь один небосвод и что вселенная не имеет начала и не может исчезнуть. Он дает очень ясный обзор доказательств шарообразности земли. Приведем соответственный отрывок в несколько свободной передаче [1]. „Что земля есть шар, следует также из чувственного ощущения. При лунных затмениях предельная линия, обозначающая тень земли, всегда изогнута. Затем появление звезд свидетельствует не только о шарообразности земли, но и о том, что она не может быть очень велика. Так, незначительное передвижение места наблюдения на север или на юг дает большую перемену звезд над нашей головой: некоторые звезды, видимые в Египте, в северных странах не видны, а те звезды, которые в северных странах не сходят с неба, в южных заходят за горизонт. Следовательно земля не только шарообразна, но она и невелика, так как в противном случае при столь незначительной перемене места вышеописанное явление не было бы заметно. Поэтому можно думать, что местность вокруг Геркулесовых столбов соединяется с Индийской страной и что таким образом существует лишь одно море. Затем математики утверждают, что окружность земли равняется приблизительно 400 000 стадиям. И из этого следует, что земля не только шарообразна, но в сравнении с другими светилами и невелика".

Одновременно с учением о шарообразности земли возникло представление, что на ней должны быть антиподы. Уже пифагорейцы принимали это предположение [2]. „Изобретателем" слова антипод называют Платона. Однако мысль о заселенности всей поверхности земли выставляется не в виде проверенного факта, но лишь необходимого предположения.

О личном наблюдении одного редкого астрономического явления свидетельствует следующее место, приводимое нами также дословно [3]: „Ибо мы видели, что луна однажды, будучи полукруглой, прошла под Марсом. Последний скрылся в темной половине луны и вновь явился у освещенной. То же самое по отношению также и к прочим светилам сообщают те, которые уже в течение многих лет делали наблюдения, а именно египтяне и вавилоняне, от

[1] По изданию Прантля.

[2] По Диогену Лаэрцию (VIII, 26), которое однако не считается достоверным.

[3] По переводу Прантля, Aristoteles ve ier Bücher über das Himmelsgebäude, Leipzig, 1857, Verlag von W. Engelmann, S. 180—181.

которых мы имеем много достоверных известий относительно каждого светила".

Шарообразную форму Аристотель приписывает не только земле, но и небесному своду. Последний необходимо должен быть шарообразным, так как шар есть форма, с одной стороны, наиболее соответствующая существу вселенной, с другой--основная, первичная форма природы[1]. Вселенная представляется Аристотелю пространственно ограниченной. Звезды образовались из эфира, имеющего круговое движение, между тем как движение земных стихий прямолинейно. Пять планет, луна и солнце движутся каждая, как утверждал еще Евдокс, в своей собственной сфере. К этим сферам, под которыми понимались концентрические, шарообразные чаши, охватывающие расположенную в центре землю, прикреплены семь главных светил, между тем как неподвижные звезды имеют свою общую сферу и в пределах этой сферы не меняют своего взаимного положения.

В сочинениях Аристотеля мы не встречаемся с астрологическими представлениями. Правда, Платон держался взгляда, что светила являются божественными существами. Аристотель не разделял этого взгляда, точно так же как и учения о значении звезд, хотя греки этого времени уже были знакомы с астрономическими и астрологическими учениями халдеев.

Евдокс, посвятивший себя во времена Платона астрономии, равным образом относится отрицательно к этим учениям. Лишь в позднейшую эпоху, носящую название эллинистической, астрология сделалась господствующим духовным направлением.

Для объяснения неравномерности в движении планет уже Евдокс, основатель теории гомоцентрических сфер, ввел множественность сфер для каждой планеты. Так как каждое из этих светил заходит и восходит подобно неподвижным звездам, необходимо было для каждого из них принять сферу, соответствующую движению неподвижных звезд. Другая сфера, большой круг, который совпадал с эклиптикой, двигала планету в направлении, противоположном суточному вращению, т. е. с запада на восток, в промежуток времени, в течение которого планета проходит зодиак. Дальнейшие сферы оказались необходимыми для объяснения стояний и периодических обратных движений с востока на запад. Для луны и солнца равным образом было недостаточно двух сфер. В общем для объяснения

[1] De coelo, II, 4.

движений небесных светил Евдоксу понадобилось 27 сфер. Калипп прибавил к ним 7, а Аристотель еще 22. Это сделало весь механизм настолько сложным, что в конце концов от него отказались, заменив его теорией эпициклов. Реконструкцией воззрений Евдокса мы обязаны Скиапарелли [1]. Теория сфер не вытекает из каких-либо мистических выдумок, но является вспомогательным кинетическим представлением для возможно более точного описания наблюдаемых явлений. При оценке древних гипотез никогда не следует забывать, что наши современные теории в основе являются такими же вспомогательными представлениями, которые с прогрессом науки часто вытесняются новыми представлениями. Можно также предположить, что сам Евдокс рассматривал свои теории как вспомогательные, и лишь в позднейшие времена стали приписывать его гомоцентрическим сферам действительное существование. Показательно также часто встречающееся у древних писателей выражение, что теории движения небесных тел построены для того, чтобы „спасти явления", т. е. привести их в согласие с кинетическим представлением, удовлетворяющим разум. Поскольку держались принципа, что на небе возможны лишь равномерные и круговые движения, постольку теория сфер и позднее теория эпициклов давали соответствующее тогдашнему уровню науки разрешение проблемы, поставленной древними астрономами.

Уже в древности представление о шарообразности земли и неба привело к изготовлению глобусов. Сначала мы встречаемся с небесными глобусами. Один из них сохранился: это так называемый „глобус Фарнези", хранящийся в Национальном музее в Неаполе и представляющий собой мраморный шар, несомый „Атлас Фарнези". Этот глобус вероятно есть воспроизведение одной из сфер, изготовленных Евдоксом. На глобусе Фарнези высечены в рельефном изображении знаки зодиака. Судя по положению точки весеннего равноденствия, это художественное произведение относится к III в. до н. э. Впоследствии арабы, пользуясь греческими каталогами звезд, достигли высокого совершенства в изготовлении небесных глобусов. Сохранилось много таких глобусов, относящихся к XIII в. [2] Изготовление земных глобусов началось лишь в эпоху открытий, когда географический кругозор стал обнимать всю землю [3]. Исходящую из небесных светил

[1] Schiaparelli, Le sfere omocentriche di Eudosso, di Calippoe d'Aristotele. Mailand, 1876; нем. пер. Горна в Abhandl. Z. Gesch. der Mathem. 1 Heft.

[2] Wolff, Geschichte der Asronomie, z. 195.

[3] См. Martin Behaim, 1492.

теплоту и свет Аристотель объясняет тем, что „воздух под сферой нагревается". „Ибо — прибавляет он — движение от природы разгорячает как дерево, так и камни и железо"[1]. Но не только земля и небесный свод представляются Аристотелю шарообразными — он приписывает эту форму вообще светилам[2]. Он отказывается разделять взгляд, будто они порождают музыку сфер. Ибо, думает он, чрезмерный шум разрушает даже самые стойкие тела[3]. При объяснении явлений мерцания он возвращается к теории зрения, против которой выступает в другом месте. Он полагает, что планеты обладают спокойным светом, потому что они близки и „взгляд достигает их в своей полной силе". „Наоборот, взгляд, обращенный на неподвижные звезды, колеблется вследствие длины расстояния, и потому звезды, прочно прикрепленные к небосводу, мерцают, а планеты — нет[4].

Что касается наконец комет, то Аристотель не относил их к небесным телам, но считал порождением земной атмосферы. Как высоко ставилось это мнение и с какой силой кометы приковывали всеобщее внимание, видно из того, что еще в конце XIII в. во многих странах профессор не мог получить кафедру, не сделав публичного заявления, что кроме прочих учений Аристотеля он согласен также с его взглядами на кометы[5].

К Аристотелю восходит также другое учение (восточного происхождения), которое в своих последних выводах является парадоксальнейшим созданием человеческого духа, а именно учение о вечном возвращении. Аристотель в некоторых[6] своих сочинениях высказывает мысль, что все земное в своем вечном круговороте совершается так же периодически, как движение светил. Так например, происходит вечный кругообмен между морем и сушей[7].

Последующие философы, как например стоики, безгранично преувеличив, как впоследствии и Ницше, по существу правильную мысль, пришли к своеобразному учению, что в течение больших мировых периодов даже отдельные существа в своей совершенно определенной индивидуальности, например определенная деревня, определенный философ,

[1] De coelo, II, 7.
[2] De coelo, II, 8.
[3] De coelo, II, 9.
[4] De coelo, II, 8.
[5] Kaiser, Der Sternenhimmel, Berlin, 1850.
[6] Достаточно известно, что Ницше придавал особое значение этому учению, носящему название ἀποκατάστασις.
[7] E. v. Lasaulx, Die Geologie der Grichen und Römer, München, 1851, S. 32.

например Сократ, и т. д., должны в постоянной смене возвращаться вместе со всеми современными им существами, вещами и явлениями [1]. Это заблуждение человеческого духа объясняется тем, что светилам, которым приписывалось всеопределяющее влияние на всякое развитие и уничтожение, приписывалось также возвращение к начальному положению. Раз достигнуто последнее, то должны снова повториться в том же порядке и все события. Была предпринята даже попытка исчисления возвращения планет к тем же местным соотношениям на основании существующих наблюдений. Аристарх принимал для этого период в 2484 г. Другие исчисляли его в миллионах лет. Из ученых нового времени даже Тихо-де-Браге занимался вычислением этого периода, называемого „annus mundanus" (мировой год), и нашел его равным 25816 годам. Эта мысль была совершенно оставлена вероятно лишь тогда, когда установили, что число планет гораздо больше, чем принимали до тех пор.

К астрономическим основам учения о постоянном возвращении должно отнести также сделанное Гиппархом открытие процессии (предварения равноденствий). Оно повело также к установлению периода приблизительно в 25000 лет, называемого платоновым годом (см. ниже).

Это учение покоилось кроме астрономических также и на геофизических основах, так как предполагалось равномерное возвращение гигантских наводнений или периодическое усиление деятельности вулканов. Обычно эти события соединялись таким образом, что земные катастрофы связывались с периодическим возвращением астрономических явлений [2].

Для объяснения равномерного возвращения наводнений представляли себе землю пронизанной насквозь жилами и расщелинами, принимающими в себя воду и вновь опорожняющимися или предполагали, что в верхних слоях атмосферы воздух превращается в воду. К приверженцам этого учения относился Аристотель, обстоятельно занимавшийся метеорологическими явлениями.

Основы физического землеведения и геология.

В своих четырех книгах о метеорологии Аристотель описывает и обсуждает появление комет и падающих звезд, которые он считает созданиями нашей атмосферы, форму и высоту облаков, образование росы, льда, снега, происхождение ветров и бури и т. д.

[1] В Новом завете также встречаются отголоски этого учения („Деяния апостолов", 3, 21).

[2] S. Günther, Die antike Apokatastasis. Sitzungsber. der bayer Ak. d. Wissensch. Math. phys. Klasse, 1916, S. 83 — 111.

В первой книге [1] Аристотель говорит о явлениях, которые очевидно представляют собой северные сияния. Он говорит, что в светлые ночи бывают иногда на небе видны разверстые бездны, мечущие багровое пламя. Явление это производит такое впечатление, будто оно является отблеском отдаленного пожара. Некоторые места у Плиния и Сенеки также как будто указывают, хотя и менее определенно, на северное сияние, которое, правда очень редко, можно наблюдать в наши времена и в Южной Европе.

Землетрясения являются по Аристотелю следствием сжатого воздуха. Очень подробно говорится о радуге. Аристотель старается вывести это явление исключительно из отражения света. Капельки воды, — говорит он, — это зеркальца, которые вследствие своих малых размеров отражают не форму, а цвет светящегося предмета, смешанный с собственным цветом этих капелек. В радуге различаются лишь три цвета: красный, зеленый, фиолетовый. Однако между красным и зеленым проявляется блеклый цвет (желтый). Обсуждается также отношение радуги к высоте солнца и упоминается, что летом, в полдень, в Греции не бывает радуги. Лунную радугу,—говорит Аристотель,—ему пришлось наблюдать за 50 лет лишь всего два раза. Явление это так редко вследствие того, что оно имеет место только при полнолунии. Упоминается также об искусственной радуге, видимой в распыленной воде.

С первыми геологическими представлениями мы встречаемся уже у Фалеса и Эмпедокла. У Демокрита, ознакомившегося со многими странами земли, эти представления достигли поразительной высоты. Это видно из приводимого Аристотелем описания геолгических процессов, восходящего к Демокриту. Оно гласит [2]: „Не всегда одни и те же места земли были влажны или сухи, но они изменяются сообразно возникновению и исчезновению рек. Таким же образом изменяется отношение суши к морю. Где теперь суша, там делается море, и там, где теперь море, воникает в свою очередь суша“ [3]. „Необходимо считать, что это происходит периодически“ [4].

---

[1] Главы 4 и 5.

[2] Arist., Meteor I, 14.

[3] Сходные воззрения развивали уже Страбон и Эратосфен (см. ниже). Страбон основывал свои теории на знакомстве с вулканическими явлениями, между тем как Эратосфен исходил из наблюдений над окаменелостями внутри континентов.

[4] Не будем останавливаться на доводах Аристотеля. Он говорит о расцвете и старости отдельных частей земной поверхности.

Так как естественное возникновение суши происходит постепенно и в продолжение периодов, чрезвычайно длинных в сравнении с нашей жизнью, то мы ничего этого не замечаем[1].

Египет например как будто всегда становился все суше и суше. Вся страна может вероятно рассматриваться как нанос Нила. Также дело обстоит и с Аргосом. Исстари эта страна была болотиста и почти необитаема. Теперь, наоборот, она возделана. Все сказанное об этой небольшой области относится и к целым странам. Некоторые предполагают, что причиной таких явлений надо считать изменение всего небосвода, как будто бы он подвергался изменениям. Другие же утверждают, что море уменьшается, потому что высыхает. При этом забывают, что в то же время, когда высыхают одни местности на земле, море наводняет другие [2].

Предположение, что водная масса моря становится все меньше и что море в конце концев совершенно исчезнет, ведет свое начало от Демокрита. Последний уже до Аристотеля пришел к необычайной мысли, что конфигурация земной поверхности меняется на протяжении геологических периодов[3]. Воззрение, что геологические изменения сводятся к космическим причинам, ведет свое происхождение от Демокрита. Аристотель отвергает это, потому это видит в небе место неизменяемого бытия. Все это показывает, что

---

[1] Аристотель распространяется затем о том, почему воспоминание о таких событиях не сохранилось даже в памяти тех народов, которым приходилось отодвигаться перед наступающим морем или переселяться во вновь возникшие страны.

[2] Бартелеми Сент-Илер в предисловии к труду „Météorologie d'Aristote" (Париж. 1863) называет эти рассуждения Аристотеля просто поразительными.

[3] Овидий выразил в поэтической форме эту мысль в своих „Метаморфозах" (XV, 260 и сл.):

...Так много раз судьба всех мест изменялась.
Видел я: там, где была когда-то надежная суша,
Ныне — пролив; из моря я земли возникшие видел,
От океана вдали находил ракушки морские.
И на высоких горах был якорь старинный открыт.
Что было полем, то в дол глубокий от вод превратилось,
Скрывшись под натиском вод, дном их стала гора.
В прежних болотах сухим песком стала влажная почва.
В жаждущих влаги степях болота сырые стоят.

(Пер. Д. П. Якубовича).

По поводу старинных „якорей" приводим сообщение Помпония Мелы, что в глубине Нумидии иногда находили „остатки слизняков, отшлифованные водой, камни, не отличимые от прибрежных голышей, застрявшие в скалах якори (?), равно как и другие признаки того, что море некогда доходило до этой местности".

представление Демокрита о природе во многих отношениях выше воззрений Аристотеля и приближается к нашему, ибо ныне уже не подлежит сомнению влияние космических процессов на вековые изменения земной поверхности. Затем предположение Демокрита о постоянном уменьшении находящейся на земле водной массы соответствует современным геологическим представлениям. Завершением этого процесса будет то, что вся вода будет связана вследствие выветривания и других изменений минералов.

Демокриту было совершенно ясно, что море исчезает не от того, что солнце испаряет его, так как он знал, что морская вода всегда вновь ниспадает на землю в виде дождя. Это видно из его объяснения наводнений Нила [1].

Надо думать, что чрезвычайно ясное учение Демокрита о круговороте воды легло в основу представлений Аристотеля. Последний говорит: „Некоторые утверждают, что реки текут не только в море, но и вытекает из него". Вода морская испаряется и подымается вверх. Здесь она вновь сгущается вследствие охлаждения и потому вновь падает на землю [2].

Для возникновения первых геологических представлений чрезвычайную важность имело то обстоятельство, что страна, в которой обитал древнейший культурный народ—египтяне, носила все признаки того, что она находится в процессе постоянного медленного видоизменения. Воспоминания и записи египтян обнимали многотысячелетний период, из событий которого явствовало, что в нижнем течении Нила страна непрерывно увеличивается по направлению к северу [3]. Соленые озера на Суэцком перешейке едва ли могут быть объяснены иначе, как остатки моря. На постепенное поднятие Египта из моря указывают также окаменелости, находимые в его горных местностях. Тем не менее порази-

[1] Diodori, Bibliotheca historica, I, 39. В основание этого изложения геологических воззрений Демокрита положена вышеупомянутая работа Левенгейма (стр. 80).

[2] Здесь Аристотель замечает, что ему кажется смешным предположение некоторых, будто солнце питается влажными испарениями и совершает свой круговорот по той причине, что не всегда одни и те же места могут доставить ему пищу.

[3] Так, Плутарх говорит: „Остров Фарос, некогда отделенный от Египта целым днем пути, теперь представляет собой часть страны. Но он не пододвинулся к суше, а отделявшее его от суши море отошло перед рекой, образующей сушу". Дальше Плутарх замечает: Ибо Египет был морем. Оттого в ущельях и на горах и теперь еще находят множество раковин. Во всех родниках и колодцах здесь вода соленая и горькая, как остаток былого моря" Plutarch, Über Isis und Osiris, изд. Parthey, Berlin, 1850, S. 70 и 71).

тельно, что на основании все же ничтожного количества наблюдений пришли уже в древности к столь ясному пониманию геологических процессов, какое мы встречаем у Эратосфена, у Аристотеля, который, правда, ограничивается лишь сообщением фактов, и особенно у Демокрита. Нельзя забывать, что эти античные зародыши геологической науки имели, как будет указано ниже, немалое влияние на возникновение геологии в XVI и XVII вв. Это влияние идет так далеко, что его можно проследить даже в геологии нового времени, в которой нетрудно обнаружить влияние древних учений, особенно ясно развитых Демокритом и дошедших до нас через посредство Аристотеля.

Четыре стихии Аристотеля.

В заключении своей „Метеорологии" Аристотель говорит о четырех стихиях. Более обстоятельное рассмотрение этого предмета заключается в сочинении о „Возникновении и исчезновении". Что возможны лишь четыре стихии, Аристотель доказывает путем спекуляции. Его рассуждения так характерны для оценки приемов его мышления, что мы остановимся на них несколько подробнее [1].

Существует, полагает он, четыре основных ощущения: теплота, холод, влажность и сухость. Эти ощущения воспринимаются попарно. С математической точки зрения возможно образование шести таких соединений (шесть комбинаций по два). Однако два соединения невозможны, как противоречивые, а именно: соединение теплого и холодного и соединение сухого и влажного. Остаются следовательно лишь четыре противоположности, и согласно с этим возможны лишь четыре стихии. Соединению холодного с сухим соответствует земля, холодного с влажным — вода, теплого с влажным—воздух, теплого с сухим— огонь. Из смешения этих четырех стихий возникают, по Аристотелю, все земные вещества, затем каждой стихии соответствует ее определенное „естественное" место, к которому она стремится [2].

---

[1] Уже Платон развивал учение о четырех стихиях, а также некоторые взгляды на вещества, из которых слагаются минералы, растения и животные. С алхимическими представлениями мы еще не встречаемся у Платона и Аристотеля, однако их учения о природе материи имели большое влияние на возникновение алхимии. Подробности об этом см. в статье O. E. Lippmann, Chemisches und physikalisches aus Platon (Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 76, S. 513 и сл., и его же Abhandlungen und Vorträge zur Gesch. d. Naturwiss., Leipzig, 1913, Bd. II).

[2] О химических познаниях и представлениях Аристотеля говорит Липпман в Arch. f. Gesch. der Naturwiss. u. d. Technik, 1910, Bd. II, S. 235—300.

Материю Аристотель предлагает данной от века. Она не может возникнуть из ничего, не может также увеличиться или уменьшиться в количестве [1]. Она способна лишь к превращениям. Превращения вызываются тем, что между несходным и противоположным происходит взаимодействие. Это предполагает соприкосновение. Последнее не всегда является непосредственным. Наоборот, оно может произойти также посредством промежуточной субстанции, каждая часть которой приводит в движение ближайшую. В последнем счете каждое изменение, все равно количественное или качественное, покоится на движении. Раз тело пришло в движение, то немыслимо, чтобы оно остановилось, не встретив сопротивления, точно так же и покоящееся тело сопротивляется и остается неподвижным на своем месте [2].

Во всех этих положениях мы уже встречаемся с зародышами и предчувствиями научных мыслей, которым впоследствии суждено было оправдаться целиком или отчасти. Мысль о законе сохранения материи также выступила уже рядом с предчувствием закона сохранения энергии. Мы встречаемся с ней в изречении, что существующее в природе движение не может ни возникнуть, ни исчезнуть[3]. Тем не менее нельзя забывать, что Аристотель иногда изрекает истину совершенно случайно; так например он говорит, что воздух возникает из двух составных частей: вблизи земной поверхности преобладает сырой и холодный, в вышине же—сухой и теплый.

[1] По сочинениям „Физика", „Возникновение и уничтожение" и „Небосвод". Соответственные выдержки сведены Липпманом во втором томе Arch. f. Gesch. der Naturw. d. Technik. Здесь на стр. 235 — 300 приведено еще значительное количество выдержек, дающих представление об основных мыслях Аристотеля.

[2] „Механические проблемы", I глава. Общие воззрения, развитые в этом сочинении, соответствуют взглядам древней перипатетической школы. Тем не менее сочинение это не считается подлинно аристотелевским, так как в отдельных случаях проблемы и их решения направлены на практические применения. Это же считается несвойственным Аристотелю и больше соответствует направлению Стратона, к которому по смерти Теофраста перешло руководство перипатетической школы. Об основных критических и комментированных изданиях см. статью об Аристотеле в Paulys Reallex. der klass. Altertumswiss., 1896, Bd. II, S. 1012 — 1055.

[3] „Физика", VIII, 1, и „Метафизика", XII, 6. Не следует переоценивать такие смутные предчувствия и ни в коем случае не следует ставить их наряду с достижениями научного исследования нового времени. „Я отношусь, — говорит Видеман, — очень скептически к таким указаниям, ибо в древности можно найти все — положительное и отрицательное". С другой стороны, нельзя отрицать, что часто эти предчувствия в течение столетий действовали возбуждающим и оплодотворяющим образом. Сравните например отношение Коперника к древним писателям.

Всякое возникновение имеет по Аристотелю три причины: материю, лежащую в основе становления, форму как цель, и движение как повод. Форма, преобразующая материю, тождественна, по Аристотелю, для живых существ с тем, что мы называем душою. Различия в видах души определяют ступенчатый ряд живых существ. Низшая душевная ступень есть прозябание. Она ограничивается принятием пищи и размножением и находит проявление в растениях. Животная душа способна кроме того к ощущению, у человека же к этому еще присоединяется и разум. Сам человек представляется Аристотелю целью и центром всего мироздания. В нем божественное ощущение возвышается до сознания[1]. Душа же для Аристотеля не есть нечто самостоятельное. Она связана с материей, не будучи однако вещественной. Именно она строит из материи тело и действует так, что оно построено целесообразно.

Ученикам Гиппократа и также Платону учения о четырех стихиях было уже достаточно, чтобы вывести из него происхождение болезней. Так как тело состоит из земли, огня, воздуха и воды, то избыток или недостаток одного из этих веществ, равно как изменение их местопребывания имеет следствием возмущение, т. е. болезнь.

Аристотель также выводит некоторые болезни из избытка влаги, другие — из чрезмерной теплоты. В легких по его мнению с возрастом накопляются частицы земли, которые в конце концов угашают огонь, и тогда наступает смерть.

Стихии Аристотеля не являются элементами в современном смысле. С другой стороны, однако он отвергает гелозоизм ионийских натурфилософов („Невозможно, чтобы одно что-либо, например воздух, было всем“[2]). Аристотель убежден, что „существует субстанция чувственно воспринимаемых тел, которая однако всегда соединяется с противоположностью, из чего возникают так называемые стихии элементы“[3].

Основание зоологии.

В то время как математика и астрономия уже до Аристотеля прошли первые шаги своего развития, сознательно стремясь к решению определенных задач, — по отношению к описательным естественным наукам дело обстояло иначе. Правда, и в этой области, как и в астрономии, основы были

[1] Аристотель, „Политика“, I, 8.
[2] Aristoteles. Zwei Bücher uber Entstehen und Vergehen. Übers. v. Prantl, Leipzig: verl. W. Engelmann, 1857. S. 451.
[3] Loc. cit. S. 437.

непосредственно даны неизбежным наблюдением. Но на долю Аристотеля и его школы выпали первая обобщающая сводка и приведение в систему разрозненных естественнонаучных знаний.

Важнейшим сочинением Аристотеля, относящимся к животным, является его „Зоология“[1]. Это основной труд и значительнейшее зоологическое сочинение древности. Оно содержит не только описания животных, но обнимает также строение и отправления органов, равно как развитие и образ жизни. Краткое его изложение представит нам образец знаний Аристотеля и его приемов изучения. Начинается оно с описания человеческого тела. Однако для исследования внутренних органов он пользуется животными, так как в те времена не решались еще на вскрытие человеческих трупов. Поэтому анатомические познания Аристотеля еще незначительны.

Сердце, единственный по его мнению орган, содержащий кровь, является для него также и единственным органом, вырабатывающим кровь. Из сердца эта жидкость распространяется по всему телу, причем однако Аристотель не связывает с этим представления о кровообращении[2]. Кровь представляется ему далее носителем присущей человеку теплоты. Задача дыхания заключается, по его мнению, в том, чтобы сводить эту теплоту к должной мере. Не следует удивляться, что взгляды Аристотеля так еще далеки от признанных теперь верными и всякому доступных взглядов. Ибо именно исследование процессов, совершающихся в живых существах, представило для дальнейших столетий величайшие трудности, и мы о связи этих процессов сами не во всем достигли удовлетворительного представления. Уяснение этой связи прежде всего стояло в зависимости от успехов химии и физики, находившихся во времена Аристотеля еще в зародыше. Достаточно напомнить о том, что явление дыхания и возникновение животной теплоты нашли правильное объяснение лишь после того, как были установ-

---

[1] Критически проверенный текст этого сочинения с немецким переводом под ред. Ауберта и Виммера, Лейпциг, 1868, 2 т.

[2] Образцом приемов, посредством которых Аристотель уясняет вопросы анатомии, может служить следующая выдержка из его сочинения „Четыре книги о частях животных“: „Так как кровь есть жидкость, то необходимо должен быть сосуд, для каковой цели природа создала жилы. Последние должны иметь единое начало. Ибо если возможно, то одно лучше, чем многие. Сердце есть начало жил, ибо они явно исходят из сердца, а не проходят через этот орган, существо которого, как части родственной им,—жилообразно“ (Aristoteles, Vier Bücher über die Teile der Tiere; Griechisch und Deutsch; herausgegeben von Franziu; Leipzig, W. Engelmann, 1853).

лены состав и роль атмосферного воздуха. А это произошло лишь в конце XVIII века, на пороге последнего периода истории естествознания. Великой заслугой Аристотеля является уже то, что он поставил вопросы об отправлениях и развитии органических существ и таким образом дал позднейшим поколениям толчок продолжать исследование этих предметов. Так, развитие цыпленка в яйце было уже проблемой, занимавшей Аристотеля. А подробное исследование этого предмета было возобновлено лишь 2000 лет спустя и лишь в новейшее время, после усовершенствования всех методов исследования, привело к известному результату.

Изумление вызывает и то, что у Аристотеля не только низшие, но даже более высоко развитые животные возникают посредством произвольного самозарождения. Здесь мы встречаемся снова с проблемой, за судьбами которой мы будем следить на протяжении столетий, пока наконец новое время ее не разрешило. Конечно можно понять, почему, по мнению Аристотеля, вши происходят из мяса, а клопы из животных соков. Но вот например его странные представления о происхождении угрей: „Они не кладут яиц [1], — говорит он, — и никогда еще не удалось открыть в них органов, служащих для размножения. Есть болотистые пруды, где они возникают вновь, когда вода и ил удалены, и дождь вновь наполняет эти пруды. Ибо угри происходят из дождевых червей, которые образуются сами из ила". Извиняющим может служить то обстоятельство, что размножение угрей вплоть до новейшего времени оставалось темной областью зоологии.

Однако самозарождение ни в коем случае не представлялось Аристотелю единственным путем возникновения низших животных. Так, он определенно говорит о насекомых, что они размножаются, но и возникают тоже самопроизвольно. Самозарождение было для него и позднейших зоологов догматом, помогавшим выйти из затруднения, в которое нередко повергало их незнание действительных обстоятельств. О процессе развития сам Аристотель превосходно замечает в своем сочинении о размножении и развитии животных: „Одно из двух: либо все части животного возникают одновременно, либо они создаются одна за другою, как петли сети. Ясно, что совершается именно последнее. Ибо мы видим, что в то время как некоторые части уже имеются налицо, других еще нет. Несомненно, что они невидимы не вследствие своих малых размеров. Хотя легкое имеет больший объем, чем сердце, оно появляется тоже позже последнего" [2].

[1] Цитировано по О. Ленцу, „Зоология греков и римлян", стр. 519.
[2] Lenz, loc. cit. p. 137.

В связи с анатомическими познаниями Аристотеля необходимо упомянуть, что ему знакомо было улиточное устройство внутреннего уха, равно как и связь между органом слуха и полостью рта. О внутренности глаза он говорит, что она состоит из влаги, способствующей зрению. Вокруг нее есть черная и вне последней белая оболочка. В мозгу он отличает более твердую оболочку, прилегающую к черепу, от более мягкой, непосредственно охватывающей мозг[1].

Железы пищеварительных органов также в общем правильно описаны Аристотелем, который нашел их даже у некоторых беспозвоночных животных. Затем он пояснял свои сочинения рисунками, в чем вероятно явился образцом для следующих поколений. С другой стороны, он не умел еще различить нервы и сухожилия. Значение мускулов не было ему еще известно. Наоборот, он сводил движение членов к деятельности сухожилий и видел в мясе орган ощущения.

В дошедших до нас сочинениях Аристотель упоминает приблизительно 500 видов животных. Не всегда однако можно установить, о каких видах идет речь. Так, здесь указывается много видов четвероруких. Однако во времена Аристотеля еще не были знакомы с человекообразными обезьянами[2]. Равным образом очень мало знали о низших животных, но все же Аристотель — и это является его огромной заслугой — охватывает знакомые ему формы, располагая их в соответствующей их природе научной системе, значительно усовершенствованной лишь в начале XIX в. в работах Кювье. Уместным поэтому представляется остановиться несколько подробнее на этом первом и столь удачном опыте естественной классификации животных.

Прежде всего Аристотель разделяет все царство животных на кровеносных и бескровных. Если он и исходил здесь из неверного предположения, будто красный цвет есть необходимый признак крови, то фактически обе его большие группы, как мы увидим из дальнейших подразделений, совпадают с тем, что мы теперь называем позвоночными и беспозвоночными. Кровеносные животные распадаются у

---

[1] Между упомянутой Аристотелем твердой и мягкой оболочкой (dura и pia mater) находится еще очень нежная паутинчатая оболочка arachnoidea).

[2] S. Günther, Geschichte der antiken Naturwissenschaft; Handbuch d. klass. Altertumswiss, Bd. V, 1 Abt., S. 100. Даже о слонах, которые вскоре стали употребляться по Средиземному побережью для военных целей, Аристотель знал только понаслышке (Beloch, Griechische Geschichte).

Аристотеля на живородящих четвероногих (млекопитающие) птиц, четвероногих, кладущих яица (наши нынешние отряды амфибий, пресмыкающихся и к которым он, несмотря на отсутствие конечностей, но совершенно правильно ввиду их прочего строения причисляет змей) и резко отделенных от рыб китообразных. О последних он знает, что они дышат легкими и рождают живых детенышей. „Четвероногие, рождающие живых детей, — говорит Аристотель, — почти все густо покрыты волосами. Они бывают или многопалые, как лев, собака и пантера, или двукопытные, как овца, коза и олень. Или же у них лишь одно копыто, как у лошади. Животных, носящих рога, природа одарила в большинстве случаев двумя копытами. Рогатого однокопытного животного нам никогда не приходилось видеть. Животные различаются между собой и отличаются от человека зубами. Зубы есть у всех живородящих четвероногих. Эти зубы расположены у них в обеих челюстях или непрерывными рядами или с перерывами. Ибо у всех рогатых в верхней челюсти нет передних зубов. Но есть и другие виды животных — безрогие, но с неполными рядами зубов, как например верблюд. У многих есть клыки, например у кабана. Затем есть животные с зубами для кусания, как например лев, пантера и собака. Клыков и рогов одновременно не бывает у животного. Не бывает также зубов для кусания наряду с клыками и рогами".

Хотя Аристотель делает здесь некоторые указания и обобщения, относящиеся к зубам и строению ног у млекопитающих, он однако не доходит до установления разрядов или подразрядов в нынешнем смысле. Среди птиц он все же различает разряд хищных и разряды плавающих и голенастых. В частности группа птиц характеризуется еще следующими замечаниями: „Только они из всех животных, подобно человеку, двуноги, у них нет ни рук, ни передних ног, но они имеют крылья. Это — органы, свойственные этому разряду животных. На ногах у всех много пальцев. Обыкновенно пальцы разделены. Но у плавающих птиц ясно разъединенные пальцы соединены плавательными перепонками. Все высоко летающие птицы имеют четыре пальца, из которых три в большинстве случаев направлены вперед, а один назад. У некоторых два пальца направлены вперед и два назад".

В пятой и последней группах, а именно у рыб, он отмечает наличность жабр и плавников [1]. Ему известно также,

[1] Он различает хрящевых рыб (акул) и костистых.

что не только китообразные, но и некоторые акулы рождают живых детенышей. Мало того, он знаком даже с развитием акулы, которое было окончательно выяснено лишь в новейшее время. Так, он рассказывает, что среди акул встречаются яицекладущие и живородящие породы. Среди живородящих, как у некоторых млекопитающих, есть такие, у которых зародыш связан пуповиной с маткой (рис. 16). Это обстоятельство было открыто лишь в XIX в. Иоганнесом Мюллером, исследовавшим Mustela laevis [1].

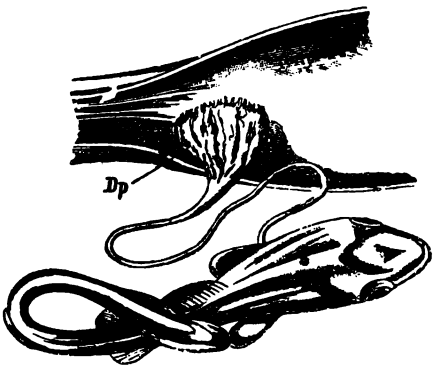


Рис. 16. Зародыш акулы по Аристотелю
Dp—послед, связанный с маткой [2].

Среди бескровных (беспозвоночных) наиболее развитыми ему кажутся головоногие (каракатицы), на строении и образе жизни которых он останавливается подробно. „Они,—говорит он,—имеют ноги, находящиеся на голове, мантию, покрывающую внутренности, и плавники вокруг мантии. Есть у них также восемь ног с присосками. У некоторых пород, как например у сепий, есть кроме того по два длинных щупальца; ими они хватают пищу и подносят ее ко рту. Во время бури они прикрепляют эти щупальцы, как якоря, к скале и так качаются по волнам. За ногами у всех следует голова, в середине которой находится снабженная двумя зубами морда. Над ней расположены большие глаза и между ними хрящеватая масса, заключающая мозг".

Затем следуют раки, называемые Аристотелем мягкокожими. Следующую группу представляют собой членистые животные. Под ними Аристотель подразумевает всех животных с перехваченным телом, стало быть не только насекомых, но и пауков, тысяченожек и кольчатых червей. Он указывает, что тело всех насекомых состоит из трех частей: во-первых, головы, во-вторых, части тела, содержащей живот и кишки, и, в-третьих, расположенного между ними отрезка, которому у других животных соответствуют спина и

---

[1] Ср. I. Müller, Über den glatten Hai das Aristoteles, Abhandl. der Berl. Akademie, 1840.

[2] Claus, Lehrbuch der Zoologie, 1883, стр. 677.

грудь. „Кроме глаз,— продолжает Аристотель,— насекомые не имеют никаких видимых органов чувств. У некоторых есть жало, находящееся или внутри тела, как у пчел и ос, или вне его, как у скорпиона [1]. Из всех насекомых лишь у последнего бывает длинный хвост; кроме того у него есть ножницы. У некоторых насекомых, например у бабочек и у жуков, есть над глазами усики. Внутри находится кишка, которая обычно идет прямо к заднему проходу, иногда же имеет извивы".

Рассматривая насекомых, Аристотель с особенным вниманием останавливается на строении и образе жизни пчелы. Он упоминает о том, что она несет пыльцу на ногах и откладывает мед в ячейки. Он рассказывает о строении сот, о личинках и куколках, он знаком с происхождением и ролью так называемой пчелиной узы, так что мы едва ли встречаем столь же верное описание этого важного насекомого до Сваммердама, которому применение микроскопа и основные положения новейшего естествознания дали возможность заглянуть гораздо глубже в эти вопросы.

Четвертую группу, характеризующуюся твердой раковиной, покрывающей мягкое нерасчлененное тело, образуют слизняки и улитки, объединенные Аристотелем под названием оболочников. Пятая и последняя группа—морские звезды, губки и голотурии—занимает среднее место между царством растений и животных.

Многие соображения, высказанные Аристотелем в его работах по зоологии, показывают, что он руководствовался, хотя и с телеологической точки зрения, мыслью, которую современная биология определяет как идею способности к самосохранению. Смысл этого понятия в том, что образ жизни, местопребывание и организация животного соответствуют друг другу. Но в такой же степени и отдельные органы находятся друг к другу и к общему физическому строению в известном отношении, которое Кювье, величайший зоолог нового времени, назвал корреляцией органов. В какой мере Кювье и новая биология согласны здесь с Аристотелем, показывает например замечание последнего о зубах. „Зубы,— говорит он в третьей книге своего сочинения „О частях животных",—даны животным в общем для измельчения пищи, но также в качестве оружия для нападения и обороны. У тех, кто пользуется ими для боевых целей, это будут ли-

[1] Название „насекомое", которое теперь употребляется для обозначения шестиногих артроподов, применяется Аристотелем в более широком смысле. Он причисляет к насекомым также пауков, тысяченожек и глист, словом, все создания с перехватами (насечками) вокруг тела.

бо клыки, как у кабана, либо же острые, плотно прилегающие друг к другу зубы. Сила этих зверей зависит от их зубов. Поэтому зубы должны быть остры и целесообразно прилегать друг к другу, чтобы взаимное трение не тупило их. Затем у острозубых зверей всегда далеко вытянутая вперед заостренная морда. Так как их борьба заключается в кусании, то им необходима длинная морда, ибо они будут кусать тем сильнее и тем большим количеством зубов, чем более вытянута их морда вперед [1].

Представления Аристотеля о питании животных, равно как и о питании растений заключали в себе много верного. Все составные части тела образуются, по его мнению, из принятых в пищу веществ [2]. Для отдельных субстанций, как жир, желчь и т. д., вероятно требуются и определенные питательные вещества. Последние просачиваются из крови по разветвлениям жил и таким образом достигают места, где выделяются. Жир образуется из мучной и сладкой пищи, которая легко превращается в жир. Наиболее важным выделением крови представляется Аристотелю семя. Наряду с водой и землей оно содержит главным образом теплый порождающий жизнь воздушный дух — пневму (см. стр. 107). Как земля может превращаться в минерал, так содержащаяся в семени земля превращается в человека. Звери с крепкими костями происходят, по мнению Аристотеля, из семени, особенно богатого землею. Душа и тело живых существ образуют, по его представлению, единство, правда лишь в том смысле, что тело есть орган души [3]. Об этом говорит также и тот факт, что некоторые животные, будучи разрезаны, продолжают жизнь в каждой своей части.

Аристотель о растениях

В своем стремлении отобрать, свести и систематически расположить с философской точки зрения все знания сво-

[1] Штадлер проводит сравнение между этим рассуждением Аристотеля и точкой зрения современных биологов (Biologie und Teleologie, Neue Jahrbüch. f. das klass. Alt., 1910, S. 147). В виде примера он приводит следующее место из учебника зоологии Шмейля: „Когда кошка закрывает пасть, то зубы верхней челюсти скользят плотно вдоль зубов нижней челюсти. Так как верхние зубы скользят мимо нижних, то их коронки не стираются. Они остаются всегда острыми и режущими, как это необходимо хищному зверю. Когда кошка зевает, то видно, что ее пасть широко разверста. Поэтому она может глубоко впиваться своими зубами в свою жертву". Сходную мысль выражает Гете в „Метаморфозе животных".

[2] Tierkunde, I, 69.

[3] De anima, I, 4 и 5.

его времени Аристотель не мог пройти без внимания мимо мира растений. К сожалению его „Теория растений", посвященная этому предмету, погибла. Из взглядов Аристотеля на природу растений до нас дошли только разрозненные, но все же многочисленные его замечания, рассеянные в прочих его сочинениях [1]. Особый интерес представляют высказывания Аристотеля о родстве между животными и растениями [2]. Природа переходит постепенно от неодушевленного к одушевленному. За неодушевленными предметами следуют растения. Среди них одни отличаются тем, что проявляют большую, другие меньшую жизненность. Если сравнить растения с безжизненными предметами, то первые как бы одарены душою; наоборот, в сравнении с животным растение представляется как бы бездушным. И все же переход от растения к животному непрерывен. Некоторые морские существа возбуждают сомнение, животные это или растения. Аристотель размышляет также и о делимости животных и растений [3]. „Если от числа,—говорит он,—отнять число, то остается другое число. Наоборот, растение и многие животные остаются существовать, когда их делят". Низшие животные и растения, как правильно замечает Аристотель, сходны стало быть в том, что у них отсутствует единство организации. Поэтому отдельные части организма могут продолжать жизнь и развиваться в самостоятельные существа [4]. Они сходны между собой также и в том, что главной целью тех и других является размножение, и вся их организация может быть выведена из этой цели.

Аристотель размышлял также о питании растений. Корни он называет аналогом рта, так как они, как и рот, служат для принятия пищи [5]. Земля содержит приготовленную для растений пищу и служит им, так сказать, животом, между тем как животные носят землю в качестве содержимого кишок, откуда они получают питание, подобно тому, как растения питаются при посредстве корней [6]. Кому при этом своеобразном, но в основе правильном представлении философа не придет в голову столь удачное

---

[1] Собрание этих фрагментов ботаники Аристотеля издано Виммером: Phytologiae Aristotelicae fragmenta, Бреславль, 1838; немецкий перевод этих фрагментов в Geschichte der Botanik E. Meyer, Bd. I, S. 94 и сл.

[2] Histor. animal., VIII, cap. 1.

[3] De anima, гл. VI.

[4] De part. animal., 4, 5.

[5] De animalibus, II, cap. 1.

[6] De part. animal., II, cap. 3.

определение кишечных ворсинок как внутренних корней животного? Подобное же соотношение, какое существует между питанием животного и питанием растения, обнаруживается, по мнению Аристотеля, и в их развитии. Он говорит: „Как растение пользуется почвой, так зародыши пользуются маткой“ [1].

Что касается происхождения растений, то он считает, что и они происходят либо из семени, либо зарождаются самопроизвольно. Самопроизвольное зарождение имеет место, когда земля или части растений подвергаются гниению. Что касается пола, то по мнению Аристотеля, у растений мужское не отделяется от женского. Поэтому каждое растение само производит из себя потомство. То же самое происходит в известном смысле у животных. Ибо если они хотят производить потомство, то два животных должны, так сказать, слиться в одно. Животных таким образом можно считать растениями, в которых мужской и женский пол раздельны. Из разрозненных замечаний Аристотеля мы можем заключить, что в его время уже много размышляли о ботанических предметах и что уже имелись налицо ценные наблюдения и обобщения. Первый, кому мы обязаны общим сочинением о растениях, был ученик великого философа—Теофраст. В ботанике он занимает такое же положение, какое Аристотель в зоологии.

Теофраст и основание ботаники.

О жизни Теофраста мы черпаем сведения главным образом у Диогена Лаэрция и Плутарха. Однако биография его мало известна и затемнена преданиями и преувеличениями. Теофраст родился в 371 г. до н. э. в Эрессе, на острове Лесбосе. Посвятив себя философии, он вначале примкнул к атомистам (Левкипп), затем к Платону и наконец к Аристотелю. Теофрастом (богоречивым) он был назван за свое красноречие [2].

---

[1] Politic., VII, cap. 16.

[2] Диоген Лаэрций, 5, 38, 51. Сочинение Диогена Лаэрция, написанное в III в. до н. э. („Десять книг о жизни, учениях и изречениях знаменитых в философии мужей“), считается однако поверхностным и мало достоверным.

Плутарху принадлежит сочинение, известное под заглавием „О мнениях философов“. Вероятно то, что имеется в наших руках, представляет собой лишь выдержку из какого-то произведения Плутарха.

Несмотря на свои несовершенства, упомянутые сочинения являются важными источниками, так как сообщают многое, что другим путем невозможно было бы установить.

После смерти Аристотеля, любимым учеником и многолетним другом которого он был, Теофраст стал во главе основанной Аристотелем в Афинах философской школы, которую довел до высшего расцвета. В Афинах Теофраст был окружен величайшим уважением. Его слава проникла и за границу, так что Птолемей Лагид старался привлечь его в Александрию. Следующий рассказ свидетельствует о том, как почитали Теофраста в его отечестве. Теофраста обвинили в недостаточной религиозности. Однако этому обвинению не только не было дано хода, но сам обвинитель едва не стал обвиняемым [1].

Если Теофраст не может сравняться с Аристотелем в отношении творческой силы, то он превосходил его обширностью отдельных естественно-научных знаний. Он придавал величайшую ценность наблюдению многочисленных конкретных случаев, в чем, по его мнению, заключается единственный путь к образованию правильных понятий. Там, где Теофраст располагал лишь чужими наблюдениями, он относился к ним очень критически и не скрывал своих сомнений. Его трудолюбие было неисчерпаемо и не покидало его до глубокой старости. Умирая, он, скорбя больше всего о прекращении своей научной деятельности, жаловался на краткость человеческой жизни [2]. Древность восхваляла также его обходительность. В „Тускуланских беседах" Цицерон приписывает ему изречение, что в одной грубой добродетели не заключается еще блаженства. Он считался также одним из самых выдающихся ораторов, умевшим превосходно и расчетливо сочетать свои слова с жестами и мимикой.

О его необычайном трудолюбии свидетельствует также количество его сочинений [3]. К сожалению важнейшие из них погибли. Они охватывали математику, астрономию, ботанику, минералогию и все части созданной Аристотелем философской системы. Теофраст умер в 286 г. до н. э. 85 лет от роду. Своей школе он, по преданию, завещал сад и помещение для преподавания [4].

Кроме главного ботанического труда, все девять книг которого в полном виде дошли до нас и с основным содержанием которого мы познакомимся в дальнейшем, Теофраст написал еще работу „О причинах растений". Эта работа к сожалению дошла до нас в неполном виде. Сочинение о причинах растений (περὶ φυτῶν αἰτιαῖ) относится к истории

[1] Diogenes, 39, 37.
[2] Cicero, Tuscul. disput, 3, 28.
[3] Диоген приводит 227 заглавий.
[4] Zeller, Philos. der Griechen, II, 2, S. 642.

растений, так как более философские книги Аристотеля по зоологии относятся к чисто описательным его работам [1].

До Аристотеля на растения, поскольку они не служили непосредственным целям питания человека и животных, обращали внимание по преимуществу из медицинских интересов. Собирание растений и извлечение из них целебных соков производилось в виде промысла вышеупомянутыми ризотомами (корнекопателями). Это были предшественники наших нынешних фармацевтов. Теперь наука заинтересовалась наряду с царством животных также и растительным миром. Если не считать не дошедшего до нас сочинения Аристотеля о теории растений, то Теофрасту принадлежит первый обстоятельный труд об известных грекам растениях, где обращено внимание как на условия их жизни, так и на общую морфологию. Сочинение, к изложению которого мы переходим, озаглавлено: „Естественная история растений" [2].

При знакомстве с этой книгой прежде всего бросается в глаза отсутствие точных описаний, которые лишь впоследствии были признаны ближайшей целью ботанической науки. Часто мы не находим никакого описания растения, о котором идет речь, так как Теофраст считает его достаточно известным читателям. В других случаях он ограничивается указанием на чисто внешние его особенности, так что впоследствии, даже после того, когда флора Греции была подвергнута более точному изучению, часто бывало трудно, а иногда и невозможно установить в отдельном случае, о каком растении идет речь. Когда в конце средних веков ботаника получила новый толчок к развитию, то всеми владел предрассудок, будто все растения, о которых писали древние, особенно упоминаемый ниже Диоскурид, можно найти и в Западной Европе. Лишь после продолжительных поисков в этом направлении, в редких случаях приведших к положительным результатам вследствие того, что географическому распространению растений не было уделено должное внимание, — стали переходить к возможно более точному описанию растений. Так возникли „травники" первых ботаников нового времени. Трудность установить, о

---

[1] О сочинениях Теофраста см. также W. Christ, Griechische Literaturgeschichte, Nördlingen, 1889, S. 435 и сл.

[2] Немецкий перевод К. Шпренгеля, 1822 г. Лучшее издание подлинника под ред. Виммера — Theophrasti Eresii Opera, quae supersunt omnia, Бреслау — Лейпциг, 1842 — 1862. Теофраст основывается на чужих сочинениях, не дошедших однако до нас.

каком растении говорят древние писатели[1], еще увеличивалась обстоятельством, что в течение тысячелетий флора соответствующих стран сильно изменялась вследствие переселений, климатических изменений и главным образом благодаря влиянию человека.

Территория, изученная греками с точки зрения ботаники во времена Теофраста, была очень обширна: походы Александра Македонского принесли знакомство с Персией, Бактрией и Индией, а еще раньше было уже многое известно о растениях, встречающихся в Малой Азии и Египте. Конечно в своих завоевательных походах греки знакомились с произведениями природы лишь мимоходом и обращали внимание почти исключительно лишь на то, что вызывало их изумление на чужеземных рынках[2].

Новый свет на ботанические результаты похода Александра пролили исследования Бретцля[3]. Греческое войско сопровождали ученые. Их наблюдения образуют часть того, что мы назвали бы теперь трудом генерального штаба об индийском походе. Эта работа к сожалению погибла, но выдержки из нее перешли в „Историю растений" Теофраста[4]. Из чужеземных растительных ландшафтов, которые Теофраст изображает обстоятельнее, сравнивая их с растительностью восточного побережья Средиземного моря, нужно прежде всего назвать мангровые заросли Персидского залива. Теофраст дает обстоятельное описание своеобразных растений этого вида. Он изображает с такой точностью образ жизни мангровых растений, уходящих далеко на своих воздушных корнях от морского берега, что новейшие путешественники, как Швейнфурт, могли лишь подтвердить его сообщения. Бретцль называет „блестящим" данное Теофрастом описание индийской смоковницы, которая со своими опорными корнями, отходящими от ветвей в землю, подобна целому лесу. Уже Теофраст понял, что эти опоры, направляющиеся в глубь земли от почти горизонтально расходящихся ветвей, представляют собой настоящие корни; он также уже понял, что бамбук есть вид тростника, и очень

---

[1] Об упоминаемых Теофрастом растениях, поддающихся до некоторой степени точному определению, см. Sprengel, Geschichte der Botanik. Bd. I, S. 58—90.

[2] О сообщениях греков об Индии Страбон говорит: „То, что они видели, они узнали лишь в походах, проходя мимо" (Buch 15, Ausgabe von Grosskurd, Bd. III, S. 108).

[3] H. Bretzl, Botanische Forschungen der Alexanderzuges, Leipzig, B. G. Teubner, 1903.

[4] ἱστορίαι τῶν φυτῶν.

удачно сравнил зубчатый лист банана с маховыми перьями птичьего крыла.

Греки познакомились с хлопком вероятно лишь после походов Александра Македонского, между тем как в Египте уже очень рано существовало хлопчатобумажное производство. Благодаря наблюдениям, сделанным во время походов Александра, грекам стало известно, что некоторые растения способны производить движения, — факт, до тех пор известный только у животных. Речь идет о периодических движениях листочков индийского тамаринда (Tamarindus indica). Эти движения описаны в их отдельных стадиях так точно, что вплоть до начала новых физиологических исследований этого предмета они представляли собой лучшее описание, какое мы вообще имели о сне растений. В соответствующем месте Теофраст говорит[1]: „У этого дерева многочисленные перистые листочки. Они тихонько складываются во время ночи. На рассвете они раскрываются, и в полдень все дерево открыто. После полудня листочки понемногу опять складываются, и ночью растение опять съеживается. В тех местах говорят, что оно спит".

Знакомство греков с растительным царством от бассейна Средиземного моря до тропических областей Азии не только ввело их в понимание некоторых основных фактов географии растений, но и ознакомило их с некоторыми важными законами фитогеографии, так что неправильно приписывать основание этой науки Александру Гумбольдту. Изменение характера флоры в зависимости от высоты почвы над поверхностью моря греки могли наблюдать уже на своей родине. Здесь они заметили, что за средиземноморской флорой с ее вечно зелеными растениями следует сперва область лиственного леса, затем хвойные леса и еще выше — область, которую мы теперь назвали бы альпийской. Еще яснее представлялось им то же явление, когда они достигли подножия гор, отделяющих Индию от массы азиатского материка. Здесь внизу царила еще тропическая флора с ее пальмами и бананами. Непосредственно над ним греки увидели растения, напоминающие растения Средиземноморского побережья. Далее следовали лиственные деревья, над ними хвойные и наконец альпийские растения. Такую же смену растительности установили они при сравнении растений северных областей с флорой южных. Это сравнение приходилось им делать не только в Европе, но и в Азии. И здесь, в расположенных севернее местностях, они встретились с

[1] Hist. plant. IV, 7, 8. См. Bretzl, S. 121.

могучими, темными хвойными лесами, которые им представлялись характерными для средней Европы.

В „Истории растений" Теофраста практический интерес часто берет верх над научным. В соответствии с этим обширное место занимают описания известных технических производств, например добывание древесного угля, смолы, дегтя и пряностей, а также и применение разных сортов дерева, особенно же действие растений на человеческое тело[1]. Но здесь идет речь и о географическом распространении растений, их болезнях, продолжительности жизни, влиянии климата на них, равно как и об их питании. При этом, понятно, не приходится удивляться некоторым ошибочным взглядам этого времени, когда едва научились делать наблюдения, не говоря уже об опытах над растениями. Так, то явление, что густо стоящие деревья не отличаются сильным ростом, а остаются тонкими и длинными, Теофраст объясняет не влиянием света, но недостатком питания. Из болезней растений он упоминает хлебную червоточину, головню и медвяную росу. Последняя, по его мнению, происходит благодаря чрезмерной влажности растений, тогда как в действительности дело заключается в выделениях растительных тлей. Действием климата объясняет Теофраст также и то, что в жарких странах не бывает ежегодного листопада у растений, которые на побережьи Средиземного моря теряют зимою свою зелень. Так обстоит например с фиговым деревом и виноградом.

Органами питания он считает не только корни, но и листья. Питание совершается обеими поверхностями посредством всасывания. Рост листьев и появление плодов, — как правильно замечает Теофраст, — находятся в такой зависимости, что когда имеет место один процесс, то замедляется другой[2]. Он рассматривает также часто повторяющееся заблуждение о возможности превращения одного растительного вида в другой. Так он говорит: „Полагают, что дикая мята превращается в садовую и пшеница в пырей". О сексуальности растений он так же мало мог составить себе ясное представление, как и весь прочий древний мир. Он упоминает все же, что появлению плодов у финиковых пальм способствуют тем, что ветки, производящие пыльцу, вешают над ветками, приносящими плоды.

---

[1] Действию растений на человека посвящена IX книга, которая однако именно в этих частях считается неподлинной (H. Stadler, Neue Jahrbucher f. d. klassische Altertum, 1911, S. 86).

[2] „О причинах растений", 2, 14.

„Некоторые деревья, — говорит он, — сбрасывают свои плоды до их зрелости, против чего также принимают меры. У фиников средство это заключается в том, что мужские цветы приближают к женским, ибо при содействии мужских цветов плоды остаются на дереве и созревают. Делается это следующим образом: как только расцветает растение мужского пола, срезают цветочную коробочку и посыпают пыльцой женский плод. После такой обработки плод остается на дереве и не спадает". Отправляясь от этих и подобных наблюдений древних, Камерарий в новое время положил основы учению о сексуальности растений.

Заслугой Теофраста является также логическое определение, равно как морфология важнейших органов растений. Так например у него мы находим понятие перистого листа, который до тех пор считали веткой. Ему однако не удалось создать естественную классификацию растительного царства и таким образом сделать то, что сделал Аристотель в области зоологии. Теофраст различает деревья, кусты, кустарники и травы и в пределах этих четырех групп говорит о домашних и диких растениях. Так, он озаглавливает одну главу: „О диких деревьях", а другую начинает словами: „Теперь пойдет речь о растениях рек, болот и прудов". Правда, в его распределении растений иногда указаны и естественные группы. Наконец Теофрасту мы обязаны рядом ценных сообщений о строении и развитии растений. Они представляются ему живыми существами, заключающими в себе как предпосылки жизни тепло и влажность. В связи с этим он старался также установить сходство в строении растений и животных. В качестве внутренних частей растений он различает кору, древесину и сердцевину. Эти части состоят из волокон, жил, мяса и сока. Мясо соответствует тому, что мы теперь называем паренхимой, или основной тканью. Волокна — это нынешние сосудистые пучки. Теофраст замечает даже, что иногда эти волокна бывают правильно расположены. У некоторых же растений, как у трав и пальм, они рассеяны в мясе (в основной ткани) неправильно.

Некоторые наблюдения мы находим у Теофраста также и относительно развития растений. Он указывает, что в зародыше содержатся корень и ствол[1], и что корень первым развивается из семени. Затем уже развивается стебель, первые листья которого отличаются от позднейших более простым видом. Удачно отмечается далее, что коленчатость

---

[1] „История растений", 8, 2.

и расчлененность усиливаются с дальнейшим развитием[1]. Нет ничего удивительного в том, что ботаника уже у Теофраста является довольно развитой наукой, так как Теофраст несомненно мог опираться на предшественников, которых он отчасти и упоминает[2]. Наряду с Теофрастом можно было бы назвать еще некоторых членов перипатетической школы, занимавшихся ботаникой, но так как от них не сохранилось почти ничего кроме их имен и заглавий их сочинений, то мы займемся дальнейшими судьбами ботанической науки лишь позднее, когда мы снова встретимся с нею у римлян.

Как для животных, так и для растений греки принимали в качестве особого вида размножения самопроизвольное зарождение. Оно считалось возможным не только для мелких растений, но иногда даже и для деревьев. Однако Теофраст относился к этому взгляду скептически. Он старался объяснить предполагаемые случаи самозарождения рассеянием семян путем разнесения их дождями, птицами, наводнениями или ветром. Он указывает также на то, что многие семена вследствие своей ничтожной величины просто легко остаются незамеченными. Размножение посредством семян он считает обычным. По Теофрасту семя растения можно сравнить с яйцом животного. В обоих заключается первоначальное питание для зародыша. Однако Теофраст и не отрицает самопроизвольного зарождения, особенно у мелких растений. Он полагает, что при разложении веществ могут под влиянием влажности и теплоты возникать как растения, так и животные.

Теофраст как основатель минералогии.

И третья из описательных естественных наук, минералогия, также получила свою первую обработку в ту самую эпоху, когда были вызваны к жизни зоология и ботаника. Сделано это было также Теофрастом, а именно в его сочинении „О камнях“[3]. Однако здесь еще в большей степени, чем в ботанике, мы имеем дело лишь со сводкой отдельных химических или минералогических сведений, полученных в горнопромышленном производстве. Железо было известно уже в микенскую эпоху. Хотя Греция была богата железной рудой, вначале металл этот применяли лишь для выделки

[1] O. Warburg, Berichte der Deutsch. bot. Gesellschaft, 1901, XIX, S. 153.
[2] „О причинах растений“, I, 5, 5.
[3] Περὶ λίθων, Theophrasti Eresii Opera; Griechisch und lateinisch von F, Wimmer.

украшений (например колец). Когда научились закалять его, оно стало применяться также для выковки оружия. У Гомера речь идет по преимуществу о бронзе, но часто упоминается также и железо[1]. С очень ранних времен производилась также обработка серебряных руд Лауриона. В тамошних копях была широко развитая сеть шахт и штолен с деревянным креплением. Богатая добыча из рудников Лауриона давала афинянам возможность в борьбе с персами изготовлять вооружение в таких размерах, какие при других условиях были бы едва ли возможны для столь небольшого государства. В Лаурионе разрабатывались содержащие серебро свинцовые руды, из которых, как это делается и теперь, посредством обжигания и последующего плавления получали сырой свинец. Дальнейшая обработка Treibarbeit давала затем серебро вследствие окисления свинца в окись свинца Glätte[2].

Говоря о минералах, Теофраст останавливается на том, что они особенно различаются цветом и весом. К минералам он относит также кораллы, образующиеся в море. Затем он упоминает о минерале, который, подобно тому, как янтарь притягивает дерево, притягивает руду и железо. Теофраст называет его линкурион. Остается неясным, какое вещество он имел в виду. Многим минералам приписываются целебные свойства: так, для борьбы с эпилептическими припадками предлагалось вдыхать дым гагата, очень смолистого вида бурого каменного угля; порошок малахита служил средством от некоторых глазных болезней и т. д.[3]

Народом, который первый начал в странах Средиземного моря заниматься горным делом, исстари называли финикиян. Именно они, основав обширную горную промышленность в Испании, открыли металлические богатства этой наиболее богатой рудами страны старой Европы. В греческой литературе о рудниках идет речь уже у Геродота. У Гомера однако нет о них никакого упоминания[4].

Обстоятельно познакомились с горным делом древности после того, как было возобновлено производство в старых

---

[1] Beloch, Griechische Geschichte, I, 1, S. 212.

[2] Böckh, Abhandlungen der Berl. Akademie, 1814/15, S. 104. В кучах шлаков, оставшихся от афинян, еще содержится 10% свинца и 0,004% серебра. В последнее время из них вновь стали добывать оба эти металла, См. Dammer, Handbuch der chem. Technologie, 1895; Bd. II, S. 549.

[3] H. Führer, Beiträge zur Geschichte der Edelsteinmedizin. Berichte der Deutschen pharmazeutischen Geseeilschaft, 1901, S. 435 и 1902, S. 86 и сл. См. также Lenz, Mineralogie der alten Griechen u. Römer, 1861.

[4] Ср. ст. „Bergwerk“ в Reallexikon der indogermanischen Altertumskunde von O. Schrader.

рудниках Испании и в Лаурионе. Это произошло в середине XIX в. В горах Лауриона были открыты многочисленные следы поверхностной разработки штольни и до двух тысяч шахт. Были найдены также орудия, которыми древние пользовались в горном деле, например рудничные лампы, железные молотки, долота, ломы и т. д. Глубина шахт превышает сотню метров. Дальнейшему углублению очевидно помешало скопление подземных вод. В раскопках найдены были также вылепленные из глины модели, имеющие отношение к разработкам. Эти археологические находки восполняют сохранившуюся литературу до такой степени, что мы имеем возможность составить себе верное и точное представление об афинском горном деле и металлургии, восходящих к VII в. до н. э. [1].

Влияние и долговечность системы Аристотеля.

Мы посвятили предыдущее изложение главным образом картине достижений Аристотеля и того, кто в области естествознания прежде всего следовал по его стопам, т. е. Теофраста. Прежде чем обратиться к александрийской эпохе, скажем еще несколько слов о значении Аристотеля. Его влияние длилось две тысячи лет, и каждый век должен был так или иначе, хотя и очень различным образом, определить свое отношение к нему, как и вообще к греческой философии и естествознанию. Оценка, которую он встречал, была очень разнообразна, смотря по точке зрения тех, кто давал ее. В течение большой части средних веков Аристотель считался неприкосновенным авторитетом. Еще Данте признает его во всей полноте и называет его il maestro di color che sanno—учителем тех, кто занимается наукой. Буря против Аристотеля, разразившаяся в начале нового времени, меньше относилась к нему самому, чем к его средневековым последователям и комментаторам, которые старались прикрыть его авторитетом немало собственных ошибок.

Резкое разногласие с Аристотелем возникло лишь с усилением все более последовательного стремления объяснять природу чисто механическими принципами с полным устранением понятия целесообразности, являющегося в аристотелевой философии центром, вокруг которого все вертится. Наибо-

[1] C. v. Ernst, Über den Bergbau im Laurion; Berg und Hüttenmänisches Jahrbuch der Bergakademien zu Leoben und Pribram, 1902. Статья основана на сообщениях Корделлы, руководившего в течение десятилетий восстановлением и работой лаурионских рудников.

лее резкое осуждение вызывал поэтому Аристотель в век просвещения, во время французского материализма и „человека-машины". В те времена легко говорили о бесполезных фантазиях Аристотеля, не будучи основательно знакомы с его сочинениями. Исключением являлся в те годы Кювье, прямо восхищавшийся зоологическими работами Аристотеля. С преодолением вновь расцветшей философией чистого материализма наступила реакция [1]. В первую очередь следует упомянуть Гегеля, вновь восстановившего значение великого Стагирита [2]. „Аристотель,—говорит Гегель,—проник во всю толщу реальной вселенной и подчинил понятию рассеянность ее многообразия". Если ограничить данное изречение Гегеля тем, что на место действительно им сделанного поставим стремление, то тем самым правильно будет определено значение Аристотеля. В его лице мы встречаем человека, который поставил себе целью объяснение вселенной в целом и природы в ее отдельных проявлениях и старался дать охватывающее решение этой задачи. Прилагать поэтому к нему, как это было сделано в Англии, мерку современного естествоиспытателя совершенно не основательно [3].

Благодаря Аристотелю впервые была создана научная система, охватывающая результаты наблюдений и опыта, правда, под слишком сильным влиянием чисто отвлеченных понятий, но с исключением религиозных, мистических и национальных предрассудков. В этой общей основной черте научности лежит значение и стимулирующая сила его учения. Именно эта черта обеспечила влияние Аристотеля во все времена и на все народы.

Совершенно независимо от этого общего значения Аристотеля нужно признать, что в его сочинениях объединено и отобрано громадное множество отдельных сведений. С полным правом поэтому Ауберт и Виммер, редакторы „Зоо-

[1] Под „чистым материализмом" Даннеман разумеет французский материализм XVIII в. Противопоставление материализма философии в о о б щ е бессмыслица, так как и материализм был философией, притом самый передовой в XVIII в., философия же, о которой здесь говорит Даннеман, — философией идеалистической. Поскольку в последней преобладал идеализм, постольку она не „преодолела" материализма. Идеалистическая философия, особенно в лице Гегеля, была прогрессом лишь постольку, поскольку она в философию внесла новый элемент — сознательную диалектику, идею развития.

Р е д.

[2] И в новейшей фазе развития биологии мы встречаемся с возрождением мыслей Аристотеля. См. т. IV.

[3] J. T y n d a l l, Religion und Wissenschaft, Autorisierte Übersetzung, Hamburg 1874.

логии“ Аристотеля, называют это замечательнейшее естественно научное произведение древности „биологией всего животного царства, основанной на множестве отдельных сведений, оживленной духом великого замысла — охватить в цельной картине всю животную жизнь как частицу мироздания во всех его бесконечных разветвлениях, — и проникнутой единым мировоззрением“.

Аристотель является также основоположником истории наук как особой дисциплины. Благодаря его побуждению например занялся Евдем (стр. 87) составлением истории математики, а другие его ученики делали то же в области медицины и физики.

4. АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ ЭПОХА.

В предшествующих главах мы в основных чертах изобразили эпоху, в течение которой возникли первые зачатки естественных наук и достигшую высшей точки своего развития в обобщающей, систематизирующей деятельности Аристотеля. Рано встречаемся мы с духовным оживлением в ионийских колониях, где особенно тесно было соприкосновение Греции с древней восточной культурой. Главными центрами науки стали затем Афины и цветущие города южной Италии; там—благодаря Аристотелю и его школе, здесь—благодаря пифагорейцам.

Как Александр стремился подчинить своей громадной мощи весь мир, так Аристотель стремился охватить совокупность всех знаний своего времени. Но к длительному господству над прочими народами греки оказались неспособны. Со смертью великого завоевателя распалась и его держава. Иное положение сложилось в области науки. Здесь может итти речь о владычестве греков, пережившем классическую древность. Греки стали учителями древних народов, тогда как на долю Рима выпала роль покорителя мира.

Развитие личности достигло у греков невиданного дотоле значения, но творческая сила этого народа ослабела с тех пор, как он потерял свою политическую самостоятельность. Правда, это ослабление более заметно в области искусства, главным образом поэзии, и меньше в научной области. Но здесь выяснилось другое своеобразное явление. В эпоху национального и хозяйственного упадка, начавшегося в метрополии уже в III в., ученая Греция приняла космополитический характер. Столица греческой мудрости была перенесена из Афин в Александрию, которая благодаря своему благоприятному положению, своему богатству и интересу, проявляемому египетскими государями, являлась особенно подходящей для того, чтобы стать новым центром научной жизни. Связь между греческой наукой и вавилонской, длившаяся в течение столетий, стала очень тесной

после эллинизации Малой Азии. Греки считали просто честью для себя посещение храмовых школ Вавилона. Особенно оживлены были эти сношения в эпоху господства Селевкидов и Птолемеев.

Господство над Египтом после смерти Александра Великого (323 г. до н. э.) перешло в руки Птолемея Лаги. Этот царь, род которого занимал египетский престол вплоть до 30 года до н. э., когда страна обратилась в римскую провинцию, привлек к своему двору многих греческих ученых, особенно из Афин. Таким образом он стал основателем Александрийской академии, которой предназначено было в течение столетий двигать вперед науку и сохранить ее до следующих времен. Внешнее оборудование для целей этой ученой коллегии было завершено благодаря Птолемею Филадельфу. Последний воздвиг великолепное здание, где ученым предоставлялось помещение для жительства и для их научной и преподавательской деятельности. Он основал также знаменитую Александрийскую библиотеку. В саду, расположенном вблизи царского дворца, содержались животные из тропических областей Африки, среди которых были также громадные змеи.

Третий Птолемей, получивший прозвание Эвергета (247—222 г. до н. э.), присоединил к библиотеке книгохранилище, принадлежавшее ранее Аристотелю и Теофрасту [1]. В позднейшие времена в большой библиотеке Александрийского музея хранилось приблизительно 400 000 свитков. К этому присоединялось еще книгохранилище в Серапеоне. При осаде Александрии Цезарем (47 г. до н. э.) частью погибли находившиеся здесь книжные сокровища, которые Цезарь предполагал перевести в Рим. Позже они обогатились на 200 000 свитков вследствие присоединения Пергамской библиотеки [2].

Почти все ученые древности, о которых будет итти речь в дальнейшем, принадлежали к составу Александрийской академии или стояли в более тесной близости к ней. Деятельность этих людей в общем являлась однако уже не творческой, она была более направлена на сохранение и развитие наследия древности. В соответствии с этим их работы охватывали не только математику и естествознание, но всю область тогдашнего знания, от философии и других

[1] Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, Bd. I, S. 223. Leipzig, 1880.

[2] Подробности об Александрийской библиотеке и прочих библиотеках древности см. в Pauly's Reallexikon d. klass. Altertums., Bd. III, 1899. S 405 и сл.

отраслей чистого мышления вплоть до занятия самыми конкретными предметами. Часто они ограничивались простыми комментариями существующих сочинений, как это и было по отношению к зоологии и ботанике. Но там, где мог найти применение (например в области чистой математики) дедуктивный метод, имело место и дальнейшее развитие полученного от предшественников наследия. Существенно были продвинуты вперед также некоторые отделы физики. Это относится прежде всего к физике газов. В позднейшую александрийскую эпоху мы встречаемся наконец с зачатками алхимии и таким образом с корнями химической науки.

В качестве математиков среди членов Александрийской академии должны быть названы особенно Евклид, Аполлоний и Диофант. В области астрономии работали Гиппарх и Птолемей, между тем как физика обязана своими успехами Тезибию и Герону.

Создание математической системы.

К наиболее ранним представителям александрийской школы принадлежит Евклид (Eukleides), имя которого тесно связано с историей математики, — науки, которая не только в новое время, но уже в древности являлась важнейшим условием расцвета естествознания. Жизнь Евклида известна мало. Сведения, касающиеся места его рождения, равно как его учения, расходятся. Несомненно, что Евклид в начале эпохи Птолемеев, т. е. около 300 г. до н. э., жил в Александрии [1]. Птолемею Лаги, который, по преданию, выразил желание, чтобы изучение математики было не так трудно, он ответил известным изречением: „К математике нет царской дороги!“

Из дошедших до нас сочинений Евклида главнейшим являются „Начала“. Их полнота и строгость доказательства делают их по общему признанию настолько образцовыми, что вплоть до новейшего времени их очень часто клали в основу начального обучения. В своих „Началах“ Евклид объединил в основном все известные в то время математические знания, и там, где этого еще не было сделано, ввел точные доказательства. Его сочинение обнимает геометрию на плоскости и в пространстве и занимается также учением о числах как основе всякого измерения.

---

[1] Евклида часто смешивали с современником Платона Евклидом из Мегары.

Подробная передача содержания 13 книг, на которые разделяются „Начала“ Евклида, дана в „Истории математики“ Кантора (т. I, стр. 221—252) [1].

Первая книга посвящена линиям, треугольникам и параллелограммам. Заключением ее является пифагорова теорема. Центром второй книги является задача построения квадрата, равного любой данной прямолинейной фигуре. В следующей книге рассматривается учение о круге. Четвертая трактует о вписанных и описанных многоугольниках. Построение пятиугольника делает необходимым применение золотого сечения. Шестая книга особенно интересна тем, что здесь мы встречаемся с первым решением задачи на максимум. Здесь именно доказывается, что $x(a-x)$ получает наибольшее значение, когда $x=\frac{a}{2}$.

В седьмой, восьмой и девятой книгах содержится учение о числах. Начинается с взаимно простых чисел и чисел, имеющих общего делителя. Нахождение его, как и теперь, достигается последовательным делением каждого последнего делителя на полученный остаток. Далее исследуются пропорции и простые числа и доказывается, например, что простых чисел имеется бесконечное множество. Затем Евклид указывает нахождение суммы геометрического ряда и исследует иррациональные числа. Двенадцатая книга трактует о пирамиде, конусе, цилиндре и шаре. Цилиндр по Евклиду образуется вращением прямоугольника вокруг неподвижной стороны, а конус и шар—таким же вращением треугольника или полукруга. Он, правда, упоминает, что отношение объемов шаров равно отношению кубов их диаметров, но все же объем шара удалось определить лишь Архимеду. Мы встречаемся уже у Евклида также с замечанием, что наклонный разрез цилиндра или конуса дает кривую, имеющую вид щита (эллипсис) [2].

Наконец тринадцатая книга посвящена многогранникам, образуемым равносторонними правильными многоугольниками. Евклид кончает замечанием, что правильных многогранников может быть только пять, а именно: четырехгранник, восьмигранник и двадцатигранник, образованные тре-

---

[1] См. также Cantor, Euklid und sein Jahrhundert, Leipzig, 1867. Полное собрание сочинений Евклида под ред. Гейберга и Менге, Leipzig, 1883—1896.

[2] Heiberg, Euklidstudien. S. 88.

угольниками, куб и ограниченный пятиугольниками двенадцатигранник [1].

Ясность и строгость в ведении доказательств, созданные Евклидом, были усвоены позднейшими греческими математиками. Им однако в большинстве случаев еще нехватало понимания общей постановки проблем. Сколько в задаче возможно случаев в положении линий, столько было для греческой математики проблем [2]. Поэтому нам часто приходится видеть, как самые выдающиеся ее создатели решают один за другим все и иногда очень многочисленные случаи проблемы, не возвышаясь путем расширения понятий до общих положений. Новой математике удалось в этом отношении достигнуть того, что оказалось недоступным греческой, и это объясняется тем, что лишь в соединении геометрии с алгеброй, достигнутом гораздо позже, удалось найти метод для общего решения математических задач.

Педагогическое значение „Начал" Евклида метко определяется следующими словами: „Что александриец Евклид писал за 300 лет до начала нашей эры, и в наши дни остается как по форме, так и по содержанию неприкосновенным фондом школьной математики". Лишь несколько добавлений пришлось включить в евклидову систему. Величественнее гранитного памятника, яснее и отчетливее в своих очертаниях, чем любое художественное творение, пережила она столетия. Что приходилось продумывать, изучать и упражнением усваивать молодому эллину, тому в наши дни с равным благоговением посвящает свой труд прилежный ученик [3].

Евклид привел математические знания своего времени в систему [4]. Много он прибавил также своего. Дальнейшая разработка и присоединение новых областей явились делом Архимеда. В его лице мы встречаемся с гениальнейшим

[1] Это замечательное применение пяти правильных тел положено впоследствии Кеплером в основу астрономического учения.

[2] H. Hankel, Die Entwicklung der Mathematik in den letzten Jahrhunderten.

[3] Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. II, S. 3.

Новейшая педагогика не разделяет этого благоговения перед „Началами" Евклида как школьным руководством. Евклид писал не для школьников. С педагогической точки зрения желательна совершенно новая группировка материала, исходящая в большей степени из опыта.

Ред.

[4] Во многих рукописях имеются еще книги 14 и 15. Они однако приписываются не Евклиду, но александрийцу Гипсиклу (150 — 120 г г.). Ему вероятно принадлежит лишь первая из этих книг. Обе посвящены правильным телам. Подробности см. — Cantor, Gesch. d. Math., 1,1907, S. 358.

математиком древности. Между Аристотелем, главным представителем минувшей эпохи, и Архимедом лежит промежуток около ста лет. В историческом отношении этот промежуток имеет чрезвычайно важное значение, потому что с завоевательных походов Александра Восток вошел в теснейшие сношения с народами Средиземного моря, между тем как одновременно с этим новое государство, Римская республика, стремилась подчинить своему господству западный бассейн Средиземного моря, а затем и все страны древнего культурного мира. Такую же силу распространения проявила в области искусства и науки Греция, находившая для этого точки опоры повсюду — на Востоке, в Египте, в Италии и даже на западном побережье Средиземного моря. В течение ближайших столетий греческой культуре и римскому владычеству суждено было явиться связующими элементами, в известной степени объединившими столь разнообразные народы Южной Европы, Малой Азии и Северной Африки в почти единое государственное, духовное и торговое общежитие, явившееся почвой для столь поразительно быстрого всеохватывающего распространения христианства.

Жизнь и значение Архимеда.

Прежде чем обратиться к участию Архимеда в дальнейшем сооружении здания чистой и прикладной математики, остановимся вкратце на предшествующем развитии математики и затем на жизни великого математика. Если в IV в. до н. э. преобладал еще философский порыв греческого духа, направленный на создание всеобъемлющих систем, то в эпоху, следующую за Александром Великим, мы встречаемся больше с тяготением к эмпирическому и полезному, что было связано с быстрым развитием математики и сведением отвлеченного умствования к более скромным размерам. Наряду с требованиями практической жизни (торговля, землемерие и т. д.) три проблемы чистой науки были уже до Архимеда возведены греками на необычайную высоту [1]. Это были: квадратура круга, удвоение куба и трисекция угла [2]. Так, тщетные попытки найти квадратуру

[1] Подробная статья Гульча об Архимеде помещена в Paulys Reaeenzykl. d. klass. Altert., Bd. II, 1896, S. 507.

[2] Вероятно эти три проблемы „чистой" математики возникли также из определенных практических задач. Противопоставление чистой и прикладной науки, которого еще придерживается автор, все больше обнаруживает свою методологическую несостоятельность, по мере того как марксистский анализ вскрывает движущие причины развития науки. Ред.

круга привели Гиппократа [1] к нахождению теоремы, и теперь еще известной под названием луночек Гиппократа. При помощи расширенной пифагоровой теоремы Гиппократ показал, что две площади, ограниченные кривыми линиями, могут быть сведены к одной площади, образованной прямыми линиями (стр. 89). Удвоение куба или делийская проблема потребовала нахождения стороны (a) куба, вдвое большего, чем данный куб; иначе говоря, если $x^3=2a^3$, то требуется определить x посредством геометрического построения. Усилия решить эту задачу были вознаграждены отысканием ряда новых кривых (циссоида, конхоида, конические сечения). Задача разделения угла на три части также привела к отысканию новых кривых, имеющих определенные свойства и поддающихся построению на основании этих свойств. Затем математические знания греков были объединены Евклидом, о котором была речь в начале предыдущей главы.

Мы имеем мало достоверных сведений об Архимеде. Он родился в Сиракузах в 287 г. до н. э., т. е. жил в беспокойное для Сицилии время великих решительных войн, которые Рим и Карфаген вели за мировое господство. И историкам этого времени (Ливию, Полибию и Плутарху) мы главным образом обязаны сообщениями об Архимеде. Но то, что о нем рассказывают и другие, состоит главным образом из анекдотов, которыми древность любила разукрашивать жизнь своих знаменитых людей, особенно своих выдающихся мыслителей. По указанию Плутарха, Архимед был родственником Гиерона II, тирана сиракузского [2]. Отец Архимеда был астрономом и он рано познакомил его с астрономическими наблюдениями. Не занимая никакой официальной должности, Архимед всецело отдался научной деятельности. Некоторое время он прожил в Египте. Здесь в Александрийской академии, к составу которой можно причислить и Архимеда, после смерти Александра Великого расцвела твердыня эллинской мудрости, призванная в продолжение дальнейших столетий высоко держать светоч науки. Мы еще остановимся поэтому на александрийской школе в одной из следующих глав. В Александрии Архимед принадлежал к ученикам математика Конона. Говорят, что уже после возвращения в Сиракузы, где Архимед провел большую часть своей жизни, он посылал Конону на просмотр свои сочинения и

[1] Гиппократ был родом из Хиоса. Он жил во второй половине V в. до н. э. в Афинах.

[2] По Кантору (Geschichte d. Mathem., Bd. I, S. 253) представляется вероятным, что он происходил из низших классов.

был с ним в постоянной переписке. Его отношение к сиракузским правителям побудило его применять свое необычайное искусство в механике также к усовершенствованию метательных орудий и других военных машин. Древние приписывали Архимеду изобретения многочисленных механизмов. К ним принадлежат сложный блок (полиспаст) и архимедов винт. Последний и в наши дни еще находит в Египте применение для орошения прибрежных местностей Нила. Во многих рассказах, особенно касающихся руководимой Архимедом обороны его родного города, нелегко отличить истину от заблуждения. Достаточно указать, что конечно самому Архимеду действие вогнутых зеркал было знакомо гораздо больше, чем позднейшим писателям, приписывающим ему совершенно невозможное, а именно сожжение осаждающих кораблей при помощи вогнутых зеркал. Рассказывают также, что Гиерон предложил ему привести в движение большую тяжесть при посредстве малой силы. Это будто бы привело Архимеда к изобретению подъемной машины, при помощи которой он вытащил без затруднения на глазах изумленного царя тяжело нагруженную триэру. Возможно, что Архимед применил для этой цели бесконечный винт в соединении с системой зубчатых колес,—прибор, изображенный на прилагемом рисунке (рис. 17) [1].

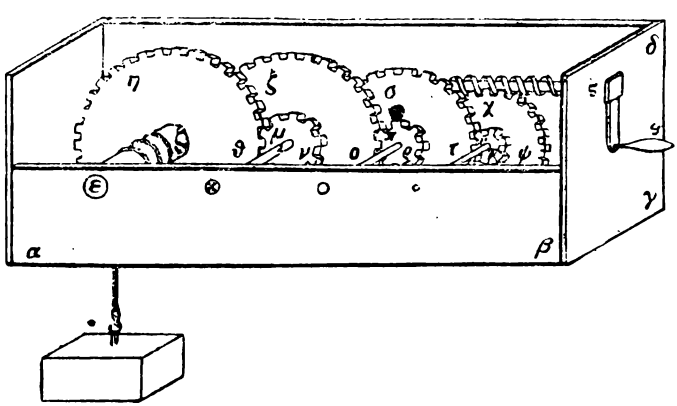


Рис. 17. Прибор для поднятия больших тяжестей.

Великое изумление вызвал затем построенный Архимедом планетарий. В центре находилась земля. Луна, солнце и планеты вращались вокруг этого центра при посредстве

[1] W. Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Jahrb. f. d. klass. Altertum, Bd. 13, 1904, S. 329.

механизма, вероятно приводившегося в действие водою. Цицерон упоминает об этом мастерском произведении, служившем образцом для устроенных в средние века (например на часах страсбургского собора) планетариев [1].

Более подробны сообщения о последних годах жизни Архимеда, так как они относятся ко времени осады Сиракуз. Судя по рассказам историков[2], Архимед играл при этом значительную роль и в конце концов нашел здесь печальный конец. Дошедшие до нас рассказы об этом событии также состоят из смеси правды и вымысла. Вторая пуническая война, которой суждено было решить судьбу Сицилии, началась в 218 г. до н. э. рядом побед Ганнибала, каких не видел свет со дней Александра Великого. Вскоре однако военное счастье изменило ему, и между тем как Ганнибалу лишь благодаря искусным движениям удавалось удерживаться в Италии, римляне брали один сицилийский город за другим, пока наконец не овладели всем островом. Наибольшие трудности для римского полководца Марцелла представил город Сиракузы. Оборонительным изобретениям приписывается главным образом то, что городу удалось выдержать многомесячную осаду. Метательные машины необычайной силы и меткости, бросавшие по рассказу Плутарха многопудовые тяжести на большие расстояния, повергали идущие на приступ войска в ужас и отгоняли их назад. С натиском флота пытались справиться сожжением кораблей. На основе этого позднейшие летописцы сочинили вышеупомянутый, совершенно неправдоподобный рассказ, будто Архимед поджег корабли осаждающих войск при помощи вогнутых зеркал.

Когда наконец Сиракузы пали под натиском римлян, и солдаты, разъяренные перенесенными тяготами и потерями, устроили чудовищную резню, среди жертв ее оказался и Архимед. Известия о его кончине, якобы очень огорчившей Марцелла, различны. Наибольшей известностью пользуется рассказ, что Архимед был убит римским солдатом в момент напряженного размышления над математической задачей. Его последние слова были: „Noli turbare cirkulos meos!“ (не трогай моих чертежей). Могила ученого была украшена надгробным камнем, на котором был высечен шар, вписан-

[1] O. Spiess, Archimedes von Syrakus; Mitt. z. Gesch. d. Med. u. Naturw., Bd. III, S. 230. Ср. также Cicero, De republica, I, 14, и. F. Hultsch, Über den Himmelsglobus des Archimedes, Schlömilchs Zschr., H. XXII, A. 106—108.

[2] Поливий, „История“, кн 8, гл. 5—9; Плутарх, Марцелл, 14—19.

ный в цилиндр. Это было сделано во исполнение желания самого Архимеда и указывает на то значение, какое Архимед придавал своему открытию, что объем вписанного в цилиндр шара относится к объему цилиндра, как 2:3. Этот памятник, воздвигнутый Марцеллом, был впоследствии найден Цицероном в очень запущенном состоянии и спасен от забвения[1].

Свое восхищение величайшим математиком древности Цицерон выразил в словах, что Архимед обладал большим гением, чем это совместимо с человеческой природой [2]. По многосторонности и гениальности из ученых математиков нового времени с ним может сравниться разве лишь Гаусс[3].

Проблемы, занимавшие Архимеда приблизительно через сто лет после Аристотеля, относились главным образом к области статики. Они разрабатывались чисто естественнонаучным методом, т. е. на основе опытов и математической дедукции, что обеспечивало наилучший успех. Поэтому его сочинения должны быть отмечены как наиболее выдающееся произведение греческого духа в области точной науки. Едва ли можно считать случайностью, что сочинения эти возникли не в метрополии, по преимуществу занимавшейся искусством и философией, а в великой Греции, где процветала торговля и господствовала известная трезвость рассудка, способствующая исследовательской деятельности.

Греческая математика достигает высшей точки своего развития в Архимеде и Аполлонии.

Научное значение Архимеда[4] в равной степени выдвигается как в чистой математике, так и в механике. Кроме

---

[1] Цицерон так рассказывает об этом событии („Tusculanae disputationes", V, 23): „Будучи квестором в Сицилии, я нашел здесь могилу Архимеда, неизвестную самим сиракузянам. В памяти у меня запечатлелось несколько кратких стихов, в свое время высеченных на могильном камне. Согласно этим стихам в верхней части памятника находится шар с цилиндром. И вот, среди многих гробниц, расположенных за воротами, ведущими к Агригенту, я заметил маленькую колонну, едва возвышавшуюся над кустарником и носившую в верхней части изображение шара с цилиндром. Я не замедлил сказать сиракузянам, из которых знатнейшие сопровождали меня, что это и есть разыскиваемая могила. Мы приказали раскопать и очистить это место лопатами. Тогда на передней части колонки показалась упомянутая надпись. Таким образом виднейший и некогда столь образованный город Великой Греции не имел бы понятия о могиле своего величайшего мыслителя, если бы иноземец не показал ее его гражданам".

[2] De republica, I, 22.

[3] Такую же оценку дает Дильс в главе, посвященной Архимеду (H. Diels, Antike Technik).

[4] Собрание сочинений Архимеда из Сиракуз (Archimedes von Syrakus vorhandene Werke). Нем. пер. с греческого с разъснениями и критиче-

только что упомянутой важной теоремы об отношении между объемами цилиндра и вписанного в него шара, отношение поверхностей которых было также определено им, Архимеду принадлежит еще сочинение об измерении окружности, содержащее вычисление числа π. Эта работа важна как по своему значению в развитии геометрии, так и в истории математики вообще. Метод Архимеда — тот самый метод, по которому и теперь еще обучают в элементарной геометрии. Исходя из положения, что окружность круга меньше, чем периметр описанного вокруг него правильного многоугольника, и больше, чем периметр вписанного, Архимед в качестве границ, между которыми должно заключаться π, находит числа 3,141 и 3,142. Это — числа, получающиеся для величин периметров вписанного и описанного правильных 96-угольников. Упомянутый метод называется методом исчерпывания. Но может быть назван также интегрированным методом древней математики. Стремление свести в такого рода задачах пределы сколь угодно близко, не прибегая к сложным и продолжительным вычислениям, привело в XVII в. к открытию исчисления бесконечно малых.

Древность занималась уже также изопериметрическими проблемами, т. е. задачами на определение максимальных и минимальных значений. Так, уже до Аристотеля было известно, что из всех плоских фигур равного периметра круг имеет наибольшую площадь и что шар среди всех тел равной поверхности обладает наибольшим объемом[1].

Метод исчерпывания применялся древними не только к криволинейным фигурам, но и к поверхностям и телам. Прием, который для этого применялся, всегда сводился к тому, чтобы неограниченно уменьшать разницу между измеряемой величиной: линией, площадью, или объемом и вспомогательным образом, который для этого вводился. Еще большая точность достигалась, когда избирались два вспомогательных построения, например вписанный и описанный многоугольники для круга, и таким образом устанавливались две границы для искомой величины. Что касается площади круга, то Архимед доказал, что она равна площади прямоугольного треугольника, один катет которого равен радиусу, а другой — окружности круга.

скими замечаниями Эрнста Ницце (Ernst Nizze), 1824. Новейшее немецкое издание сочинений Архимеда под ред. Гейберга: Archimedis opera omnia cum comentariis Eutocii, Leipzig, 1880. Новое, расширенное издание — в 1910 г. Евтокий, написавший комментарии к части сочинений Архимеда, жил при Юстиниане (около 500 г. н. э.).

[1] По Симплициусу. Сравн. также статью В. Шмидта об изопериметрии в древности (Bibl. math., 1901. S. 5).

Однако в деле изучения плоских фигур Архимед вышел за пределы элементарной математики; именно он учил определять площадь параболы и эллипса и открыл свойства кривых высшего порядка, например спиралей. При помощи вышеизложенного метода исчерпывания Архимед показал например, что сегмент параболы равен $^4/_3$ треугольника, имеющего равные с ним основание и высоту. Изучая эллипс, он доказал, что площадь его относится к площади круга, диаметром которого служит большая ось, как малая ось относится к большой и т. д. Замечательнейшей работой о кривых является его сочинение о спиралях. Одну из таких линий, названную по его имени архимедовой спиралью, он определяет следующим образом. „Если прямая линия вращается с равномерной быстротой в плоскости вокруг одного из своих концов, остающегося неподвижным, и если одновременно с этим некоторая точка равномерно подвигается на движущейся линии от неподвижного конца, то эта точка описывает спираль". Такое соединение двух точно охарактеризованных движений, встречающееся впервые лишь у Гиппия[1], представляло собой большой успех в науке.

Архимеду удалось также при помощи приема, сходного с применением к кругу параболы, найти квадратуру своей спирали. Он сумел даже решить проблему касательной для этой кривой, показав, как может быть проведена касательная в любой ее точке.

Недавно открытое Гейбергом сочинение о методе (Ephodion)[2] с еще большей ясностью свидетельствует о том, что Архимед уже пользовался методом, по существу соответствующим нашему нынешнему интегрированию. Повидимому Архимед развил метод бесконечно малых, изложенный в „Методе", в известном смысле лишь для своего частного употребления, так как применение понятия бесконечно малых было под запретом у математиков, боявшихся упреков со стороны философов. Для решения имеющихся здесь

[1] Гиппий Элидский жил около 420 г. до н. э. Найденная им линия, известная под названием квадратриксы, образуется, по Гиппию, из соединения вращательного движения с поступательным. При помощи этой линии надеялись притти к квадратуре круга. Подробности см. Cantor, Geschichte der Mathematik I (1907), S. 197.

[2] Гейберг открыл его в полимпсесте (т. е. пергаменте, с которого стерт первоначальный текст и написан новый), хранившемся в Константинополе, и опубликовал в журнале „Hermes". Берлин, 1907, стр. 235 и сл. В новом издании сочинений Архимеда под редакцией Гейберга (1913) „Эфодион" напечатан также с латинским переводом (т. II, стр. 427). Немецкий перевод Гейберга и Цейтена в Bibl. math. III. Folge. VII (1907), S. 322 и сл.

в виду задач считался подходящим лишь метод исчерпывания. В термины последнего, очевидно в угоду господствующей школе, Архимед облек положения, которые он нашел, исходя из механики, или при помощи своего метода бесконечно малых. В качестве примера стоит указать на теорему об усеченном цилиндре[1]. Для решения этой задачи Архимед дает доказательство из механики, доказательство посредствам метода исчерпывания и еще одно, основанное на его, ставшем теперь известным методе бесконечно малых. Последний заключался в том, что он сводил площади к прямым линиям и тела к площадям, как это из новых математиков сделал впервые Кавалиери. Новый метод разъясняется между прочим на теореме о площади сегмента параболы и на многих теоремах об определении объемов и центров тяжести.

К сожалению сочинения Архимеда о вписанном в круг семиугольнике и еще одно о соприкосновении кругов не дошли до нас. Чрезвычайную важность имеют сохранившиеся работы Архимеда о шаре и цилиндре. Здесь доказано, что поверхность шара равна учетверенному наибольшему кругу его ($O = 4r^2\pi$). Далее вычисляется поверхность шарового сегмента. И наконец показано, что объем цилиндра, имеющего основанием большой круг шара, а высотой — диаметр шара, другими словами, цилиндра, описанного вокруг шара, относится к объему шара, как 3 : 2. Архимед нашел, что поверхность этого цилиндра равна полуторной поверхности шара. Соответствующая фигура не только нашла место на его надгробном камне, но сохранилась также на монетах города Сиракуз.

Исследования шара привели Архимеда наконец к телам вращения, образуемым вращением конических сечений, к его коноидам и сфероидам. И в этом случае он пользуется методом исчерпывания, разлагая тела, объем которых отыскивался, на диски равной толщины и суммируя вписанные и описанные цилиндры. Полученные величины представляют собой пределы, тем более приближающиеся к искомому объему, чем меньше расстояние между сечениями.

О конических сечениях писал уже Евклид. Но в исследованиях этого предмета никто из александрийских математиков не имеет столь высоких заслуг, как Аполлоний Пергейский. Он был современником Архимеда и Эратосфена. Его сочинения написаны в 240 — 200 г. г. до н. э. Сохранилось лишь значительнейшее из них, озаглавленное

[1] Гейберг, S. 302.

Κωνικά (конические сечения). Здесь Аполлоний показал, что кривые, известные под названиями эллипса, параболы и гиперболы, образуются на поверхности конуса, пересекаемого плоскостями. Аполлоний проник также в трудную область асимптот, которые приближаются к ветвям гиперболы, не пересекая их. Не только у современников, но и у позднейших поколений вызывали величайшее изумление его восемь книг о конических сечениях[1], хотя некоторые хулители неосновательно упрекали Аполлония в том, что он слишком широко пользовался утерянными трудами по этому предмету, принадлежащими Евклиду и Архимеду[2].

Существеннейшим новшеством Аполлония является уже то, что он не ограничился, подобно своим предшественникам, прямым конусом, но показал, что все сечения могут быть получены и на наклонном конусе. Он был также первым, доказавшим для конических сечений большинство тех свойств, которые выводятся теперь из уравнений этих кривых. Основное содержание его сочинения заключается в следующем. Прежде всего конус определяется как поверхность, образуемая линией, вращаемой по окружности и одновременно проходящей через неподвижную точку, лежащую вне плоскости круга. Каждое сечение, проходящее через эту неподвижную точку, образует треугольник. Если в плоскости сечения расположена прямая, соединяющая центр круга с неподвижной точкой, составляющей вершину конуса, то образующийся при этом треугольник называется осевым треугольником, так как он заключает эту прямую, или ось. Новые плоскости сечения образуют затем на поверхности конуса, смотря по своему направлению, различные кривые, называемые коническими сечениями. К этому присоединяются рассуждения о сопряженных диаметрах, о касательных в любой точке конического сечения, равно как об асимптотах гиперболы. Подробно рассматриваются точки, которые мы называем теперь фокусами конических сечений. Доказывается важное положение о равенстве углов, образуемых нормалью с обоими радиусами-векторами, исхо-

[1] Сочинение Аполлония о конических сечениях издано в немецкой обработке в 1861 г. Бальзамом. Сочинения, сохранившиеся в оригинале, изданы Гейбергом (Лейпциг, 1891 — 1893). Сочинение о конических сечениях содержит восемь книг. Первые четыре сохранились в оригинале, книги 5 — 7-я в арабском переводе. 8-я книга потеряна. Хорошая обработка принадлежит английскому астроному Галлею (1710), который перевел на латинский язык все сочинение с присоединением сохранившегося греческого текста и пытался восстановить потерянные части.

[2] Первые попытки изучения конических сечений встречаются уже у жившего в IV в. до н. э. Менехма.

дящими из точки соприкосновения, равно как теорема о постоянстве суммы или разности радиусов-векторов. Соответствующие отделы сочинения содержат таким образом почти все основные теоремы учения о конических сечениях.

На теореме, что сумма радиусов-векторов равна большой оси ($r + r^1 = 2a$), основано, как известно, обычное построение эллипса при помощи нитки. Этот способ однако не указан еще у Аполлония, но встречается лишь гораздо позже. В отношении гиперболы должно заметить, что до времен Аполлония не было известно, что кривая эта слагается из двух ветвей; исследования неизменно касались лишь одной ветви. Сам Аполлоний имел для второй ветви еще особенное название. Квадратура гиперболы не удавалась древним математикам. Определение ее сделалось возможным лишь в XVII в., когда были найдены новые методы, составляющие содержание высшей математики.

Своего апогея сочинение достигает в книге, рассматривающей вопрос о максимальных и минимальных значениях, связанных с коническими сечениями. Это преимущественно исследования о самых длинных и самых коротких линиях, которые можно провести к коническому сечению из любой точки плоскости.

Древние не сумели еще расширить исследования бесконечных малых, встречающиеся уже у Евклида и Архимеда, до степени общего метода. Древняя математика достигла скорее в сочинениях Архимеда и Аполлония всего того, что было достижимо без метода бесконечно малых и аналитического исчисления, вошедших в общее употребление лишь в XVI и XVII вв. [1]. Учение о конических сечениях представило важную основу для дальнейшего развития астрономии и механики. То же самое относится и к тригонометрии, происшедшей из потребностей астрономии и основанной позднейшими александрийцами. Как мы увидим в дальнейшем, Аристарх, определяя расстояние солнца по данным частям треугольника без помощи тригонометрии, мог найти искомую величину лишь трудным путем последовательных приближений.

В заключение упомянем еще об одном сочинении Архимеда, которое некогда читалось очень усердно и заслуживает внимания еще и теперь. Это его „Исчисление песка“. Для понимания решаемой в этом сочинении задачи мы

[1] Что при определении объемов и площадей Архимед уже пользовался наряду с обычными приемами доказательства также методом бесконечно малых, близких к приемам Кавалиери, доказано открытием его „Метода“.

должны напомнить, что у греков еще не было ничего подобного нашей нынешней нумерации. Числа обозначались буквами. Писать большие числа было очень неудобно, так как принцип поместного значения цифры, лишь при посредстве арабов перенесенный с Востока в Европу, был еще неизвестен, и для нуля не было знака. Просто поразительно, каких успехов достигли древние в арифметике, несмотря на это! Архимед отваживался даже исследовать геометрическую прогрессию $1, {}^1/_4, {}^1/_{16}, {}^1/_{64}$, сумму которой он нашел равной ${}^4/_3$ Он пользовался ею при вычислении площади сегмента параболы. Он умел уже извлекать также трудные квадратные корни [1].

В исчислении песка[2] доказывается, что любое сколь угодно большое множество может быть выражено числом. Полагая в основу исчисления аристархову сферу неподвижных звезд, Архимед вычисляет, какое количество песчинок определенной величины могло бы найти в ней место. Большинство астрономов эпохи Архимеда под выражением „вселенная" понимало шар, центром которого является центр земли, а радиусом — прямая линия, соединяющая центры земли и солнца. В своем сочинении „Против астрономов", рассказывает нам Архимед, Аристарх Самосский пытался доказать, что вселенная во много раз больше этого шара. Он пришел к убеждению, что звезды вместе с солнцем неподвижны, земля же движется по окружности вокруг солнца, стоящего в середине земной орбиты. „Диаметр сферы неподвижных звезд, — говорит Архимед, — относится к диаметру вселенной (в вышеупомянутом смысле), как этот последний к диаметру земли". Он утверждает затем, что если бы существовал шар из песчинок, величиною равный этой аристарховой сфере неподвижных звезд, то все же можно было бы указать число, величина которого превосходила бы даже количество песчинок в этом предполагаемом шаре. Опираясь на некоторые предпосылки об окружности земли, отношении земли и солнца, сообразно которому, по определении видимого солнечного диаметра, расстояние солнца исчисляется в 10 000 земных радиусов, Архимед

---

[1] Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, I, S. 253.

[2] Сокращенное воспроизведение имеется у Даннемана „Из мастерской великих исследователей" (Aus der Werkstatt grosser Forscher). Leipzig, 1908, S. 10.

(Имеется русский перевод: „Псаммит" Архимеда с комментариями и кратким очерком научной деятельности Архимеда. Перевод Г. Н. Попова, из-во „Сеятель". П. 1923. (Ред.)

определяет число песчинок, которые поместились бы в сфере неподвижных звезд, в 10^{63} или 1000 дециллионов.

Архимед развивает основные начала механики.

Древность была богата выдающимися математиками. Достаточно наряду с Архимедом назвать лишь Евклида и Аполлония. Но вплоть до новой эпохи в истории наук не было никого, кто мог похвалиться такими достижениями в области механики, как Архимед. Он должен считаться основателем этой науки. У Архимеда впервые мы встречаемся с ясным выражением важнейших положений теории рычага, центра тяжести и гидростатики. Законы равноплечего рычага Архимед выражает в следующих словах:

а) равные грузы, действуя на неравных расстояниях, не находятся в равновесии но действующий на большем расстоянии, опускается вниз;

б) неравные грузы, действующие на равных расстояниях, не находятся в равновесии, но больший опустится вниз;

в) если неравные грузы, действующие на неравных расстояниях, находятся в равновесии, то больший находится на меньшем расстоянии;

г) неравные грузы находятся в равновесии, когда они обратнопропорциональны своим расстояниям.

С последним положением, выражающим закон рычага, связывается приписываемое Архимеду изречение: „Дай мне точку опоры, и я сдвину землю“ [1].

Во второй части своей работы о равновесии [2] Архимед распространяет нахождение центра тяжести даже на сегмент параболы, квадратуру которой предварительно находит. В книгах, посвященных плавающим телам, он выводит из основных свойств жидкости, а именно из легкой подвижности ее частиц и распространения давления, ряд положений, из которых важнейшие гласят:

а) поверхность всякой покоящейся жидкости шарообразна, и центр ее совпадает с центром земли;

б) твердые тела, имеющие при равном объеме равный вес с жидкостью и погруженные в нее, отпускаются до тех пор, пока на поверхности воды от них ничего не выдается;

в) каждое твердое тело, которое легче жидкости, будучи погружено в нее, опускается до тех пор, пока масса жид-

---

[1] δός μοι ποῦ στῶ καὶ κίνῶ τὴν γῆν (Pappus VIII, 11, ed. Hultsch).

[2] Сочинения Архимеда, немецк. изд. Ницце, стр. 26 и сл.

кости, равная по объему погруженной части, будет весить столько же, сколько все тело;

г) когда в жидкость погружается тело, которое легче ее, оно всплывает вновь с силой, равной весу объема жидкости вытесняемого телом, уменьшенному на вес самого тела;

д) твердые тела, которые в равном объеме тяжелее жидкости, будучи в нее погружены, опускаются до наибольшей глубины и становятся в жидкости легче на вес, равный весу жидкости, имеющей объем погруженного тела.

Последний закон, получивший название *закона Архимеда*, имеет для механики жидкостей то же фундаментальное значение, какое закон рычага для механики твердых тел [1]! К гидростатическому принципу, связанному с его именем, Архимед пришел, по рассказу Витрувия [2], благодаря особому случаю. Согласно рассказу, Гиерон заказал корону из заранее взвешенного слитка золота. Когда ему сообщили, что часть золота похищена и заменена серебром, он обратился к Архимеду за советом, как доказать обман. „Погруженный в размышления об этом предмете,— продолжает Витрувий, — он случайно отправился в баню. Опустившись здесь в полную до краев ванну, он заметил, что вода выливается по мере того, как его тело погружается в ванну. Как только он додумался до причины этого явления, он не мог усидеть в ванне и, гонимый радостью, выскочил из нее и голый побежал домой, громко восклицая: „Эврика, эврика!“ (я нашел).

О решении поставленной Гиероном задачи, так называемом вычислении короны, Витрувий рассказывает следующим образом:

„И вот Архимед, исходя из своего открытия, изготовил два слитка, весом равных короне: один золотой, другой серебряный. Затем он наполнил объемистый сосуд водою до краев и погрузил туда серебряный слиток, после чего вода вылилась из сосуда настолько, насколько в него был погружен слиток. Вынув слиток, он наполнил сосуд водою настолько, насколько ее стало меньше, и при этом измерил прилитое количество. Из этого выяснилось, какой вес серебра соответствует определенному объему воды. Узнав это, он погрузил золотой слиток в полный сосуд и влил

[1] Приведенные здесь основные гидростатические законы содержатся в первой книге Архимеда о плавающих телах. См. нем. издание сочинений Архимеда под ред. Ницце, стр. 225 — 228.

[2] Vitruvius, De architectura IX. Перевод на нем. яз. V. Reber, 1865, Stuttgart.

мерой вновь вытесненную воду. Оказалось, что на этот раз воды вылилось на столько меньше, насколько объем золотого слитка был меньше, чем объем серебряного слитка, имеющего такой же вес. Наполнив затем еще раз сосуд и погрузив в воду самую корону, он нашел, что при погружении короны вылилось больше воды, чем при погружении золотого слитка того же веса. И из излишка того, что вытекло при погружении короны, он вычислил, сколько было примешано серебра, и таким образом разоблачил кражу".

В дальнейшем течении своей работы о плавании Архимед исследует устойчивость некоторых плавающих тел, например шарового сегмента и параболического коноида, причем его очевидно занимало не столько обогащение механики, сколько применение своего математического искусства.

Архимед занимался также определениями центра тяжести. Ему было известно, что точка, в которой пересекаются две линии, делящие пополам стороны треугольника, есть его центр тяжести. Вообще математические приемы Архимеда интереснее занимавших его механических проблем, между тем как для новой эпохи было характерно противоположное взаимоотношение, что вполне оправдывает принадлежащее Лейбницу изречение: „Кто погружается в сочинения Архимеда, тот меньше будет удивляться открытиям новых ученых".

Успехи оптики и акустики.

В связи с значительными успехами математики прежде всего двинулась вперед физика, астрономия и математическая география. С воззрениями древних на звук и свет мы познакомились, когда говорили о пифагорейцах и Аристотеле. Александрийцам, особенно склонным к систематизации знаний, мы обязаны первым общим трудом по оптике. Эта работа приписывается Евклиду. Она содержится в двух книгах, „Оптике" и „Катоптрике", являясь очевидно первой попыткой применить геометрию (пользуясь законом прямолинейного распространения света и законом отражения) для объяснения видимой величины фигуры, отражения света и других оптических явлений [1]. Любопытно утвер-

[1] „Оптика" и „Катоптрика" Евклида были изданы в 1557 г. в Париже на греческом и латинском языках. Новое издание Грегори вышло в свет в 1703 году. Лучшее издание принадлежит Гейбергу и Менге, Bibl. Teubn., 1883.

ждение [1], что „вогнутые зеркала, направленные на солнце, производят огонь". Однако здесь ошибочно утверждается, что возгорание происходит в центре кривизны.

Евклид старается доказать это геометрически посредством приводимой нами фигуры (рис. 18) [2] и замечает об этом построении: „все лучи, идущие от солнца ΔEZ через центр θ зеркала *(ABΓ)*, падают обратно в центр θ. Благодаря этим лучам в центре собирается солнечная теплота, и потому находящееся здесь тело возгорается". Предположение, что солнечные лучи падают на вогнутое зеркало параллельно, привело бы Евклида к правильному соотношению. Ошибку Евклида открыл уже Аполлоний [3].

Отражение в вогнутых и выпуклых зеркалах Евклид объясняет тем, что здесь, как и от плоских зеркал, лучи отражаются под равными углами. Для уяснения служит прилагаемый рис. 19 [4].

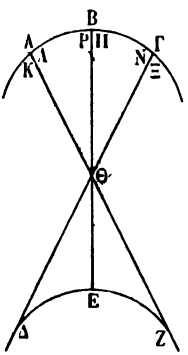


Рис. 18. Ход лучей для вогнутого зеркала (по Евклиду) [5].

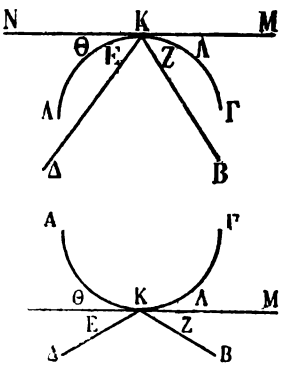


Рис. 19. Отражение в вогнутом (сверху) и в выпуклом (снизу) зеркалах (по Евклиду).

Евклид был уже знаком с одним из известнейших опытов над преломлением света. Он говорит о нем в следующих выражениях [6]: „Если положить предмет на дно сосуда и отодвинуть последний так далеко, что предмет исчезнет из

[1] 30-я теорема „Катоптрики" Евклида.

[2] „Оптика" и „Катоптрика" Евклида находятся в 7-м томе издания Гейберга и Менге.

[3] E. Wiedemann, Über das Experiment im Altertum und Mittelalter (Vortrag).

[4] Gesamtausgabe, Bd. 7.

[5] Gesamtausgabe, Bd. 7. S. 343. См. также статью Würschmidt в Commemoration Essays, Oxford. 1914.

[6] 7-е опытное положение „Катоптрики".

вида, то он становится вновь видимым, если налить в сосуд воду".

Как геометрия исходит из известных положений, которые можно свести к немногим аксиомам, так и оптика Евклида исходит из небольшого количества, а именно восьми основных опытных наблюдений, из которых Евклид выводит посредством геометрического построения свои теоремы. Важнейшими из указанных Евклидом основных фактов оптики являются следующие. Световые лучи[1] суть прямые линии. Ограниченная лучами фигура есть конус, вершина которого находится в глазу, между тем как основание конуса соответствует очертаниям видимого предмета. Предметы, видимые под большим углом, кажутся больше, чем видимые под меньшим углом, или кажущиеся размеры предмета зависят от зрительного угла.

В „Катоптрике" исходной точкой служат также определенные опытные положения. Их приведено семь и из них выведено около тридцати теорем.

Весьма вероятно, что оптические сочинения Евклида дошли до нас в чрезвычайно испорченном виде. Несмотря однако на ряд недостатков и неточностей, они оставались во всеобщем употреблении вплоть до времени Кеплера, значительно продвинувшего оптику вперед.

В Александрии занимались также акустическими проблемами. Если пифагорейцы принимали явления консонанса и диссонанса тонов просто как данное, то у Евклида мы впервые встречаемся со стремлением уяснить себе причину этого замечательного явления. Диссонанс есть для него неспособность тонов смешиваться, отчего звук становится грубым для слуха, между тем как консонирующие тоны способны смешиваться. Здесь Евклид предугадывает объяснение, данное впоследствии (Смитом и Гельмгольцем).

Основы научной географии.

В теснейшей связи с успехами общей культуры, политического развития и успехами прочих наук география достигла в эту эпоху высоты, непревзойденной вплоть до начала новой истории. Важнейшим оказалось для александрийской эпохи то обстоятельство, что условия сообщения и переписки уже давали тогдашним ученым возможность совершать далекие путешествия и широко общаться письменно. Знакомство с Дальним Востоком было открыто науч-

[1] Точнее следовало бы сказать „зрительные лучи", так как по представлению Евклида лучи выходят из глаз.

ному землеведению походами Александра. Мы видели уже ранее, что собранные в этом походе наблюдения легли в основу географии растений. Со времен Птолемеев Африка становилась доступной все далее от Египта. На севере географический кругозор простирался почти до области полуночного солнца.

С северными странами Европы древний мир познакомился особенно благодаря путешествиям массилийца (марсельца) Питеаса, современника Александра Великого. Питеас предпринял путешествие с научными целями до северной конечности Британии. Прежнее предположение, что он проник до Исландии, не подтвердилось. Во всяком случае он привез сообщение, что на далеком севере в середине лета солнце не заходит. В связи с этим он упоминает баснословную страну Тулэ [1].

Таким образом географический кругозор древних простирался от южного полушария до северного полярного круга [2]. Результаты древних путешествий являлись особенно ценными, когда их производил такой человек, как Питеас, вооруженный физическими и астрономическими знаниями. К сожалению собственные сочинения Питеаса не дошли до нас и добытые им сведения известны нам лишь в малой доле по отрывкам, сохранившимся у других писателей [3].

Богатые материалы, добытые в походах Александра и научных путешествиях, подобных странствию Питеаса, были обработаны Дикеархом, учеником Аристотеля, и затем полстолетия спустя еще подробнее Эратосфеном. Дикеарх определял ширину известного древним мира от Мероэ до полярного круга в 40 000 стадий (длина аттической стадии равнялась 177,6 метра). Расстояние от Геркулесовых столбов (Гибралтарский пролив) до устья Ганга он определял в 60 000 стадий [4].

По Дикеарху (350—290 гг. до н. э.) Геркулесовы столбы, Мессинский пролив, полуостров Пелопоннес, южное побережье Малой Азии и Индия лежат на одной параллели, которая и делит „Ойкумену", т. е. часть земли, считающу-

[1] По Штадлеру здесь имеется в виду не остров, а Скандинавия (Jahrb. f. d. klass. Aet 1911, S. 86). За Тулэ принимали также Исландию или Шотландские острова. См. Peschee, Geschichte der Erdkunde, 1877, S. 2.

[2] Более подробные сведения о пространственных границах греческой и римской географии содержатся в первом отделе „Истории географии" Пешеля.

[3] Сохранившиеся фрагменты изданы на нем. яз. М. Фуром. Дармштадт, 1841.

[4] Beloch, Griechische Geschichte, Bd. III, Abt. 1, S. 476. 1904. Есть русск. перев.

юся обитаемой, приблизительно пополам. Таким образом ошибки в ориентации, сделанные Дикеархом при определении этой линии, не могут считаться незначительными.

Дикеарху принадлежат также первые не на глазомер сделанные определения высот. Сначала древние имели весьма преувеличенное представление о высоте гор. Так по Аристотелю, вершины Кавказа еще четыре часа после того, как солнце зашло у их подножья, сияют в его свете, а Плиний считал Альпы в десять раз выше, чем они на самом деле [1]. Он избежал бы такого преувеличения, если бы обратил большее внимание на величины, уже полученные Дикеархом и после него Эратосфеном для значительных высот. Так Дикеарх приблизительно точно определил высоты Пелиона 1620 метров и Акрокоринфа 575 метров. В виде общего указания он уже отмечал, что такие величины в сравнении с диаметром земли представляются ничтожными. Дикеарху по праву принадлежит имя основателя математического землеведения [2]. Однако это почетное звание больше подходит жившему полвека спустя Эратосфену.

Эратосфен родился в 275 г. до н. э. в Кирене. Птолемей III Эвергет призвал его в Александрию и назначил библиотекарем большой Александрийской библиотеки. Главным трудом Эратосфена является его „Землеописание", первый научный труд по географии, известный однако лишь по отрывкам, сохранившимся у Страбона [3]. Он распадается на три книги. Первая посвящена физической, вторая—математической географии, между тем как в третьей содержится хорография, т. е. описание отдельных стран. Заслуги Эратосфена велики также в области астрономии. Имеется кроме того письмо, в котором он занимается знаменитой делийской проблемой удвоения куба. Ему принадлежит также правило нахождения простых чисел. Сообщают, что в 220 г. до н. э. Эратосфен установил в Александрии армиллы (см. ниже), при посредстве которых определил расстояние между тропиками в $^{11}/_{83}$ окружности, т. е. в 47,7°.

---

[1] Плиний (кн. 2, глава 65) ссылается в этом месте также на показания Дикеарха.

По Аристотелю, высота Кавказа должна была быть равна приблизительно 70 000-метрам

[2] A. Gercke u. E. Norden, Einleitung in die Altertumswissenschaft. Bd. II, S. 314, 1912.

[3] Ср. Bernhardy Eratosthenica, собрание отрывков из сочинений Эратосфена. Берлин, 1822. Эратосфен умер около 194 г. до н. э. Работа Бернарди устарела, но новой сводки всех фрагментов нет. См. еще Berger, Die geographischchen Fragmente des Eratosthenes, Leipzig, 1880.

После того как было установлено, что земля имеет форму шара, естественно было перейти к определению размеров этого шара. Эратосфену принадлежит также заслуга отыскания надлежащего для такого измерения пути и нахождения в соответствии с имевшимися в его распоряжении средствами приблизительно верного результата [1].

При широком распространении путешествий древним должно было броситься в глаза, что суточные круги, описываемые известными звездами, не везде равно наклонены к плоскости горизонта. Это особенно не могло ускользнуть от них по отношению к солнцу. Так, Эратосфену было известно, что это светило в южном Египте во время летнего солнцеворота проходит в полдень через зенит, между тем как в Александрии в этот же день оно проходит через точку, расположенную к югу от зенита. По этой причине в полдень этого дня в Сиене [2] гномон не бросает никакой тени. В связи с этим известным ему обстоятельством Эратосфен при решении своей задачи исходил из некоторых предположений, правда не совсем правильных, однако настолько близких к истине, что при грубости метода, примененного здесь, это не могло существенно повлиять на результат. Прежде всего предполагалось, что земля представляет собой правильный шар. Затем, что названные города лежат на одном меридиане, между тем как в действительности их долготы разнятся на несколько градусов [3].

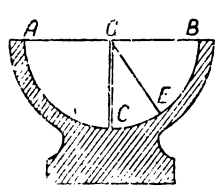


Рис. 20. Скафиум (прибор, служивший в древности для измерения высоты солнца) [4].

B A (рис. 20) находится инструмент, которым древние обыкновенно пользовались для определения высоты солнца. Это—полое полушарие, в середине которого возвышается гномон *GC*. Этот прибор устанавливался таким образом, что гномон стоял перпендикулярно к горизонту, являясь продолжением земного радиуса. Угол *EDA* (рис. 21) можно было отсчитать по скале. Он равен дуге меридиана *AB*, подлежащей измерению. Эратосфен нашел, что *EDA* равен $^1/_{50}$ окружности, или 7°12′. Расстояние между Сиеной и Але-

[1] См. также Günther, Die Erdmessung des Eratosthenes (в Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik. Band. III).

[2] У первого нильского катаракта, почти под северным тропиком (нынешний Ассуан).

[3] Александрия — на 3°14′ западнее Сиены.

[4] См. Schaubach, Geschichte der griechischen Astronomie, Tab. III, Fig. 2.

ксандрией он считал равным 5000 стадий. Более точные измерения расстояния имелись только до нижнего Египта, так что Эратосфен вынужден был довольствоваться сообщениями путешественников, которые исчисляли расстояние суточными переходами [1]. Окружность земли таким образом оказалась равной 5000×50=250000 стадий,—величина в нынешних мерах равная 45000 километров, тогда как на самом деле окружность земли равна 40000 километрам [2]. Это научное завоевание Эратосфена вызвало восхищение древности, которая лишь в вышеупомянутых измерениях Аристарха могла похвалиться сходным успехом.

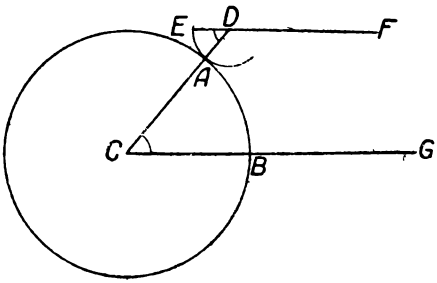


Рис. 21. Градусное измерение по Эратосфену.

Естественно было теперь повторить градусное измерение не на приблизительно оцененной, но на точно измеренной части меридиана. Однако такое измерение было осуществлено лишь гораздо позже. Подобно Дикеарху, Эратосфен так же старался восполнить измерение земной поверхности определением высоты возвышающихся над нею гор. Как и Дикеарх, Эратосфен шел при этом тригонометрическим путем и пришел к результату, что высочайшие из измеренных им горных вершин не могут быть выше десяти стадий.

Зачатки гелиоцентрического учения.

Что уже в первом периоде деятельности Александрийской академии астрономия созрела до настоящей науки, перейдя от спекулятивных умствований к измерению и наблюдению, явствует прежде всего из возникших в III в. до н. э. работ александрийцев Аристила и Тимохариса, равно как Аристраха Самосского, стоящего в тесной связи с

[1] См Cantor, Bd. I, S. 283.

[2] Подробности см. у Lepsius, Das Stadium und die Gradmessung des Eratosthenes auf Grundlage der ägyptischen Masse. Ztschr. f. ägyptische Sprache u. Altertumskunde, 1877, H. 1, S. 3—8. По Лепсиусу, не подлежит сомнению, что стадия Эратосфена была равна 180 метрам. Это была длина греческой стадии; длина египетской стадии была равна 179 метрам. По Гоппе (Mathematik und Astronomie im klassischen Altertum), точная длина греческой стадии равнялась 185,136 метрам, а длина малой стадии фараонов — 174,5 метра. Ср. также Decourdemanche, Traitè pr. des poias et mesures, 190,9, стр. 134.

александрийской школой. Последнему принадлежит заслуга развития с полной ясностью гелиоцентрической теории. Уже пифагорейцы сомневались в том, что земля находится в центре вселенной. Один из них, Филолай [1], развил теорию, по которой земля в продолжение суток обращается вокруг центрального огня. Таким образом суточное движение неба было объявлено лишь кажущимся. Когда центральный огонь был перенесен в центр земли, этим была предвосхищена одна из важнейших частей учения Коперника, а именно вращение нашего светила вокруг оси.

Мы имеем в настоящее время возможность проследить постепенное развитие основы этого учения — о вращении земли и остальных планет вокруг солнца. Исходной точкой были наблюдения над Венерой и Меркурием. Они повели, как мы видели, к учению Гераклида Понтийского (см. стр. 100), по которому эти небесные тела вращаются вокруг солнца. Коперник, по его собственным словам, знал об этом учении, которое, правда, раньше приписывалось египтянам. Исходя отсюда, легко было притти к правильному понятию о системе мироздания, — надо было только увидеть в солнце центр орбит и для остальных планет. Оставляя в стороне трудно восстановимые теперь у м с т в о в а н и я пифагорейцев, надо сказать, что Аристарх был первым, с полной ясностью выразившим гелиоцентрическое мировоззрение. К созданию его системы его очевидно должно было привести убеждение, что солнце гораздо больше, чем земля и луна. Даже без знания законов динамики Аристарх так сказать почуял, что бессмысленно принимать вращение исполинского небесного светила вокруг сравнительно мелкого. К этому соображению Коперник прибавил еще, что солнцу как светилу мира пристало находиться в его центре.

Вплоть до конца первого периода, доходящего приблизительно до Аристотеля, в развитии греческой астрономии преобладала спекулятивная мысль. К счастью в александрийской школе и в связи с нею явились люди, критически подошедшие к изучению небесных явлений. Таким образом астрономия перешла от философий, основанных на недостаточных наблюдениях, к методу измерений, и поэтому возвысилась до степени науки в строгом с м ы с л е слова. Первыми вступившими на этот путь, среди греков, должны считаться александрийцы Аристил и Тимохарис и прежде всего уже упомянутый Аристарх Самосский. С научной деятельностью этих людей связаны две проблемы, занимавшие с тех пор

[1] См. стр. 98.

человеческую мысль и приводимые к все более точному их разрешению. Это, во-первых, топография неба неподвижных звезд, т. е. точное определение положения возможно большего числа светил, а во-вторых, измерения земли и нашей планетной системы, раньше всего расстояний солнца и луны. Выше было уже изложено, в какой степени египтяне, и особенно халдеи, собрав богатый материал наблюдений, охватывающий длительные промежутки времени, подготовили работы александрийских астрономов.

Аристил и Тимохарис, производившие свои наблюдения около 300 г. до н. э., пользовались армиллами, т. е. разделенными на градусы кругами, один из которых лежит в плоскости экватора, между тем как другой может вращаться вокруг оси мира. При помощи этого инструмента им удалось определить положение отдельных светил, установив их склонение или градусное расстояние от небесного экватора с точностью до частей градуса и одновременно отнеся их к точке весеннего равноденствия. Составленный ими список, за исключением немногих указаний не дошедший до нас, дал 170 лет спустя Гипарху возможность открыть предварение равноденствия[1]. В своих астрономических наблюдениях Тимохарис пользовался так же часами. Вавилонское разделение суток на двенадцать частей очевидно не было известно грекам до Александра Великого[2]. До этого времени в практической жизни руководились длиной собственной тени и назначали например свидание на тот час дня, когда длина тени будет 6 или 8 стоп.

Первые исследования расстояний в планетной системе принадлежат Аристарху. Он был несомненно одним из значительнейших астрономов своего времени. Мы не имеем однако подробных сведений о его жизни. Аристарх родился в 270 г. до н. э. Отрывки сочинения, посвященного размерам и расстояниям луны и солнца, — все, что осталось от его трудов[3]. Расстояния этих светил от земли относятся между собой, по Аристарху, как 1:19, тогда как истинное отношение равно приблизительно 1:400. К своему результату

[1] См. ниже.

[2] Bilfinger, Die antiken Stundenangaben, Stuttgart, 1888, S. 74.

[3] Аристарх, О величине и о расстояниях солнца и луны. Немецкий перевод работы Аристарха с объяснениями А. Нокка дан в приложении к Freiburger Lyceumsprogramm, 1854. Сочинение Аристарха сделалось известным благодаря латинскому переводу, появившемуся в 1488 г. Греческий текст был опубликован по манускрипту Валлисом в 1688 г. В обновленном виде греческий текст издал Е. Ницце в 1856 году. Готовится новое издание греческого текста с немецким переводом К. Манициуса.

Аристарх пришел путем следующего рассуждения. Если с точки E, расположенной на земле (рис. 22), луна кажется освещенной солнцем ровно наполовину, то эта точка E с центрами луны и солнца образует прямоугольный треугольник, где расстояние луны есть катет ME, а расстояние солнца — гипотенуза ES. Угол при E равен, по Аристарху, 87°, тогда как в действительности он гораздо меньше отклоняется от прямого угла, будучи равен 89°50′. Искомое отношение, которое Аристарх путем трудных вычислений заключил в пределы между 1:18 и 1:20, равно косинусу угла при E, под которым в данном случае видимы с поверхности земли оба светила EM : ES (см. рис. 22).

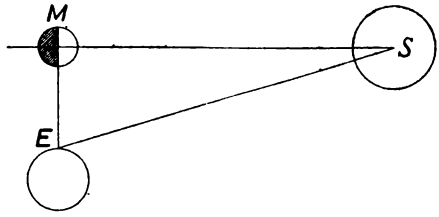


Рис. 22. Определение расстояния луны и солнца от земли по Аристарху.

Аристарх занимался также вычислением объемов небесных тел. Так, он нашел, что луна приблизительно в 25 вместо 48 раз меньше земли, солнце же в 300 вместо 1 300 000 раз больше земли [1].

Теоретический путь, которым Аристарх старался решить свою задачу, был правилен. Если же, несмотря на это, результат оказался столь значительно отстоящим от принятой ныне величины, то это объясняется многими обстоятельствами. Во-первых, в те времена еще не умели измерять такие маленькие разницы в углах, как те, о которых идет речь. С другой стороны, искомая граница между освещенной и темной половинами луны не отличается достаточной отчетливостью. Во всяком случае Аристарх в полной мере заслуживал признания, которым платила ему древность за это определение. Что Аристарх ясно выразил гелиоцентрическую теорию за полторы тысячи лет до Коперника, явствует также из одного замечания Архимеда. Он говорит: „Аристарх пришел к выводу, что звезды и солнце неподвижны. Земля же вращается вокруг солнца, стоящего в середине земной орбиты“ [2].

К предшественникам Коперника относится также пифагореец Никетас. По словам самого Коперника, именно он побудил его отказаться от геоцентрической точки зрения. Об учении Никетаса мы узнаем из краткого, находящегося

[1] Аристарх, О величине и т. д. Положение 15—18.
[2] „Псаммит“ Архимеда.

у Цицерона замечания, на которое впоследствии ссылался Коперник. Цицерон говорит: „По сообщению Теофраста, Никстас Сиракузский считает, что небо, солнце, луна и звезды неподвижны и что кроме земли ничто в мире не движется. Земля вертится вокруг оси. Оттого кажется, что небо движется". Это несомненно является ясным свидетельством того, что уже в древности делались попытки, хотя и разрозненные, объяснить видимое суточное движение неба вращением земли. Коперник мог сослаться на Плутарха, так как Плутарх в своем сочинении „О мнениях философов" упоминает об астрономических учениях Хилолая и Гераклида Понтийского, а в другом месте ссылается и на воззрения Аристарха.

Успехи измерительной астрономии.

Значительнейшими успехами в дохристианском периоде александрийской эпохи астрономия обязана Гиппарху [1]. Его научная деятельность относится приблизительно к 160—125 г. до н. э. О жизни его известно мало. Он жил на Родосе, но вероятно бывал подолгу и в Египте. Гиппарх облегчил работу астрономов прежде всего тем, что дал в качестве тригонометрического пособия таблицу хорд. Она содержала величины хорд, соответствующих углам в круге, выраженные в частях радиуса. Вычисление было очень трудно. Исходной точкой для него служили хорды в 120, 90, 72, 60 и 36°. Эти хорды, будучи сторонами равностороннего 3-, 4-, 5-, 6- и 10-угольника, легко выражаются в частях радиуса. При помощи пифагоровой теоремы и одного вспомогательного предложения определялись затем хорды половин дуг, равно как хорды сумм и разностей дуг, и таким образом составлялась таблица многочисленных дуг с соответствующими им хордами. Вначале в этой таблице было много пробелов, впоследствии однако понемногу заполненных посредством интерполяции. Лишь Птолемей опре-

[1] Гиппарху посвящена статья А. Рема в Realenzyklopädie des klassischen Altertums von Pauly — Wissowa — Krol, Bd. 8, S. 1666 — 1681.

„Географические фрагменты" Гиппарха собраны и изданы Бергером; общего собрания фрагментов до сих пор нет, Гиппарх, подобно Кеплеру, служит доказательством того, что научное знание может соединяться иногда с астрологическими предрассудками. Из трудов Гиппарха в оригинале сохранилось лишь одно малозначительное юношеское сочинение Τῶν Ἀρατοῦ, καὶ Εὐδόξου φαινομένων ἐξηγήσεων βιβλία. Так как склонность к астрологии плохо мирится с установившимся представлением о Гиппархе как о бесстрастном исследователе, то его занятия астрологией подвергались сомнению. Но теперь они могут, как и относительно Птолемея, считаться доказанными.

делил с достаточной точностью хорды всех углов, последовательно возрастающих на полградуса. Его таблица, представлявшая собой значительную часть большого труда Птолемея, в течение полутарасячи лет царившего в астрономии, оказывала в продолжение этого долгого промежутка времени великие услуги астрономам, заменяя нынешние тригонометрические таблицы.

Птолемей разделил радиус на 60 частей и продолжил это шестидесятеричное деление. Хорды были затем выражены для различных углов в 60-х долях радиуса. Так были установлены тверцые отношения, не зависящие от абсолютной длины радиуса и хорд. Случалось иногда, что Птолемей вместо целых хорд пользовался половинами, но последовательное проведение этого приема, который являлся бы введением функции синуса, явилось заслугой индусов.

Тригонометрия древних ограничивалась прямоугольным треугольником. Распространение тригонометрических функций на углы в 90 — 180° есть заслуга арабов, основавших также тригонометрию косоугольного треугольника [1]. Когда древним астрономам приходилось иметь дело с такими треугольниками, они разлагали их на прямоугольные, которые умели вычислять.

Из успехов, достигнутых математикой в александрийскую эпоху, наибольшую пользу извлекла астрономия. Для нее начался период систематических наблюдений и измерений. И если результатом и не явилось еще общее признание истинной системы мироздания, то удалось все же притти к ясному представлению о многих явлениях, поддающихся установлению лишь посредством точного измерения. Здесь прежде всего должен быть назван Гиппарх, имеющий для астрономии то же значение, какое имеет Аристотель в области зоологии и Архимед в механике.

В течение первых стадий развития астрономии для установления положения важнейших неподвижных звезд ограничивались тем, что воображали на небе известные фигуры. Иногда звезды группировались в созвездия по внешнему сходству их расположения с каким-нибудь предметом, как например созвездие Колесницы (Большой Медведицы).

К эпохе расцвета александрийской школы относится попытка более точного, добытого измерением углов, определения положения важнейших неподвижных звезд. Определялись их положения по отношению к точкам пересечения эклиптики с небесным экватором, причем в большинстве

[1] J. Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. II, S. 223.

случаев было с точностью до долей одного градуса определено и расстояние от экватора. Такой список неподвижных звезд, охватывавший около 150 указаний и составленный Аристилом и Тимохарисом, был в руках Гиппарха, когда вдруг в 134 г. до н. э. произошло редкое астрономическое событие — на горизонте появилась новая звезда [1] первой величины. Но если в области неподвижных звезд, которую Аристотель считал местом непреходящего бытия, возможны такие внезапные перемены, то это естественно должно было вызвать в астрономах желание создать более точную топографию неба для того, чтобы дать будущим временам возможность постоянной проверки. Поэтому в годы, следовавшие за этим событием, Гиппарх определил положение приблизительно тысячи звезд [2]. Гиппарх не только решил таким образом поставленную задачу, но сделал кроме того важное открытие, что точки весеннего и осеннего равноденствий медленно меняют свое положение. Именно оказалось, что одна из виднейших звезд в зодиаке — Спика (Колос), в созвездии Девы — отстоит от точки осеннего равноденствия на 6°, между тем как расстояние, исчисленное 170 лет назад, равнялось 8°. Широта же неподвижных звезд оставалась неизменной. Это продвижение точек равноденствия [3] Гиппарх считал возможным определить на основании прежних наблюдений по крайней мере в градус на столетие, т. е в 36″ в год, тогда как в действительности оно равно 50″.

Работы Гиппарха, посвященные предварению равноденствий, к сожалению погибли за исключением того, что сохранилось в „Альмагесте“. По Таннери, определенная Гиппархом величина прецессии равняется 1° 23′ 25″ в столетие [4]. На открытии прецессии основано представление о периоде в 26 000 лет (платоническом годе), который был связан с учением о вечном возвращении. Указание на это

---

[1] Новая звезда, как следует из китайских источников, появилась в созвездии Скорпиона.

[2] F. Boll, Die Sternkataloge des Hipparch (Bibl. math. 1901. S. 185). По Боллю в каталог Гиппарха входило 850 звезд.

[3] Явление это объясняется тем, что земная ось в течение периода приблизительно в 26 000 лет описывает конус. Вследствие этого небесный экватор, представляющий собою проекцию земного экватора, также меняет свое положение в течение этого периода. Этот процесс носит название прецессии, или предварения равноденствий, так как при этом точки весеннего или осеннего равноденствий медленно меняют свое положение в направлении суточного движения.

[4] Mitteilungen zur Gesch. d. Medizin u. d. Naturwissenschaften, № 53 (1913), S. 431.

учение мы находим уже у Платона, а затем также у Цицерона, Сенеки и других писателей древности. Мысль, что природа подлежит правильно повторяющейся смене, была не вполне безосновательной. Отцы церкви однако относились к ней отрицательно, так как она не соответствовала христианским представлениям. Наоборот, у арабов вновь встречаются приверженцы учения о вечном возвращении [1].

Наблюдением Гиппарх установил также, что земля, находясь вблизи солнца, движется быстрее, чем вдали от него; однако он отнес это движение к нашему центральному светилу в соответствии с его видимым характером. Так как в древности держались взгляда Аристотеля, что движение небесных тел равномерно и кругообразно, то Гиппарх объяснял наблюденное им явление теорией эпициклов,—по которой солнце двигалось по кругу, центр которого в свою очередь двигался по большому кругу, огибающему землю. Более точное исследование кажущегося движения солнца повело далее Гиппарха к открытию, что длина года, т. е. время между двумя прохождениями центра солнца через точку весеннего равноденствия, не равняется, как принимали до него, $365^1/_4$ суткам, но что оно несколько короче [2].

Гиппарх приступил также к более точному определению движений луны и планет, как они видимы на небосводе. Однако решение этой задачи удалось лишь много столетий спустя Птолемею, значение которого в астрономической науке мы оценим в дальнейшем.

Гиппарха занимала также проблема определения расстояний и величин небесных тел, вызванная числовой мистикой пифагорейцев и уже привлекавшая внимание Аристарха. Для решения этой задачи он ввел понятие параллакса. Так называется угол, под которым земной радиус виден с звезды, расстояние которой подлежит измерению. Вычисления Гиппарха дали для расстояния луны 59 земных радиусов. Эта величина довольно близка к истине [3], между тем как определенные Гиппархом расстояние и размеры солнца значительно отступают от действительности.

Важнейшие учения древней астрономии на основе достижений Гиппарха были сведены в одно целое Гемином.

---

[1] См. также стр, 124 этого тома.

[2] Гиппарх принимал продолжительнось тропического года в 365 суток 5 час., 55 мин., тогда как в действительности она равняется 365 суток 5 час., 48 мин. 51 сек.

[3] Среднее расстояние между центрами луны и земли равно 60,27 радиуса земного экватара, или 384 400 километров.

Родосец Гемин жил около 70 г. до н. э. в Риме. Его введение в астрономию (εἰσαγωγή) издано в 1590 г. под заглавием Elementa astronomie [1]. Оно свидетельствует о большой осведомленности, свободно от всяких ходячих суеверий, — словом, вполне научно. Гемин решительно отвергает некоторые господствующие воззрения. Так например он утверждает, что летние жары не зависят от „Собачьей звезды" (Сириуса), но объясняются положением солнца. Для Гемина неподвижные звезды не расположены все на одной сфере. Расстояния, отделяющие их от земли, вероятно очень различны. Мы только не имеем возможности увидеть это различие. Сочинение Гемина служило в позднейшие времена важным источником знакомства с античной астрономией.

Зачатки научной картографии.

Описанные успехи астрономии привели к тому, что и география начала получать все более научный характер. Это выразилось прежде всего в том, что начали пользоваться астрономическими определениями местности. Вначале географические карты были простыми итинерариями (путеводителями), — другими словами, они составлялись на основании приводимых путешественниками расстояний и направлений относительно стран света. В то время как Эратосфен, излагая свою географию, ограничивался указанием высоты полюса для города или местности, Гиппарх ввел определение географической долготы и широты. Для того чтобы найти широту места, нужно было только установить высоту солнца в полдень во время равноденствия и полученный таким образом угол вычесть из 90°. Для этой цели пользовались гномоном. При этих измерениях, производившихся с точностью 1—2 дуговых минут, древние астрономы ошиблись на 16 минут, — величина, равная радиусу солнца. Происхождение этой ошибки выясняет рис. 23. Здесь

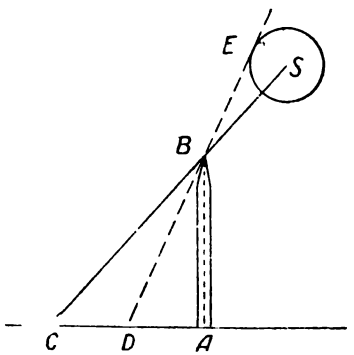


Рис. 23. Определение широты посредством гномона.

[1] „Элементы астрономии" изданы уроженцем Иевера (в Ольденбурге в Северной Германии) Хильдериком. В 1819 г. Гельма дал просмотренный текст в приложение к своему изданию сочинений Птолемея.

видно, что, если судить по тени, то высота солнца определяется углом BDA, тогда как истинная высота солнца есть BCA [1].

Гиппарх делил экватор на 360°. Избранный им первый меридиан проходил через остров Родос, так как здесь он производил часть своих наблюдений. В то время как широта легко поддавалась определению, после того как выяснена была ее связь с высотой солнца, определение долготы представляло большие трудности, которые давали себя знать еще во время Ньютона и были устранены лишь с развивавшимся усовершенствованием хронометров. Уже Гиппарх предложил нечто в роде хронометрического метода. Если предположить, что наступление небесного явления, например начало лунного затмения, видимо всем обитателям известной части земли одновременно, то надо установить время наступления явления для различных местностей и из разностей местных времен вычислить разность долгот. При картографической передаче Гиппарх пользовался для изображения неба стереографической [2], а для изображения земли — главным образом ортогональной проекцией (рис. 24). При первом виде проекции между глазом и кривой поверхностью, подлежащей изображению, располагается плоскость. Каждый луч, соединяющий точку изображаемой поверхности с глазом, пересекает эту плоскость. Поэтому точки кривой поверхности проектируются на плоскости таким образом, что глаз получает от изображения на плоскости то же впечатление, какое он получает от кривой поверхности, например от сферического небосвода. При ортогональной проекции от каждой точки кривой поверхности, подлежащей изображению, опускается перпендикуляр на проекционную плоскость. Изображение на последней производит таким образом то впечатление, которое получает глаз от очень отдаленной кривой поверхности.

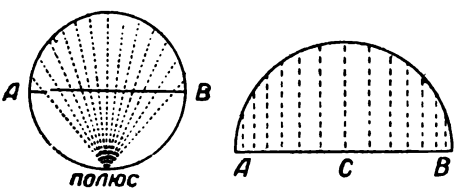


Рис. 24. Стереографическая и ортографическая проекции.

---

[1] Подробности об этих измерениях см. P e s c h e l, Geschichte der Erdkunde, München, 1877, S. 43 — 45.

[2] Стереографическая проекция предлагалась также Птолемеем. По Гоппе (Math. u. Astronomie im klass. Altertum), остается неизвестным, была ли она знакома Гиппарху.

В то время как астрономия и география, мощно развиваясь, пережили благодаря Птолемею во II в. н. э. в стенах той же александрийской академии эпоху второго расцвета, научная механика после блестящего начала, которым она была обязана Архимеду, как будто была обречена на застой, хотя и эта наука являлась весьма подходящим полем для применения выработанного математикой дедуктивного метода. Кроме определения центра тяжести твердых тел — Архимед при этом ограничивался поверхностями — теоретическая механика не могла похвалиться существенными успехами. Определения, о которых идет речь, принадлежат александрийцу Паппу, жившему в IV в. до н. э. и таким образом принадлежащему к позднейшей эпохе.

По примеру Архимеда Папп также занимался исследованием тел вращения и при этом пришел к важному общему положению, впоследствии получившему известность под названием правила Гульдина. Папп нашел, что объем тела вращения может быть определен по поверхности вращающейся фигуры и кругу, описываемому центром ее тяжести. Это правило было забыто в течение столетий и вновь найдено Гульдином (1577 — 1643), имя которого оно носит до сих пор.

Гораздо больше, чем теоретической механикой, в александрийскую эпоху занимались вопросами практической механики. Так, например водяные часы были снабжены механизмом со стрелкой, и был изобретен пожарный насос. Изобретение его приписывается Ктезибию (около 150 г. до н. э.) [1]. Судя по найденному в XVIII в. (вблизи Чивита-Веккин) экземпляру, относящемуся к временам римской империи, устройство пожарного насоса уже в древности в главных чертах было сходно с нынешним (рис. 25).

В то же время были добыты некоторые знания о природе газов и паров. Особенно велики в этой области заслуги Герона Алексанрийского, имя которого и ныне связано с известным прибором наших физических кабинетов, героновым шаром [2]. Деятельность Герона вероятно относится приблизительно к 100 г. н. э., однако вопрос, к какой собственно эпохе он принадлежит, все еще остается нерешенным. Подробности об этом „героновском вопросе“ изложены в нижеуказанном из-

---

[1] См. Vitruvius, De Architectura, X, 7.

[2] Очень подробная статья о Героне помещена в Paulys Realenzyklopädie f. d. klass. Altert., Bd. VIII, 1913, S. 992 — 1080.

дании Шмидта [1]. Заслуга Герона заключалась в том, что он свел многочисленные изобретения древних физиков и техников и таким образом чрезвычайно способствовал развитию, полученному физикой с VI в. Собственные изобретения Герона едва упоминаются в его сочинениях. Его „Пневматика" – первое дошедшее до нас сочинение, где идет речь

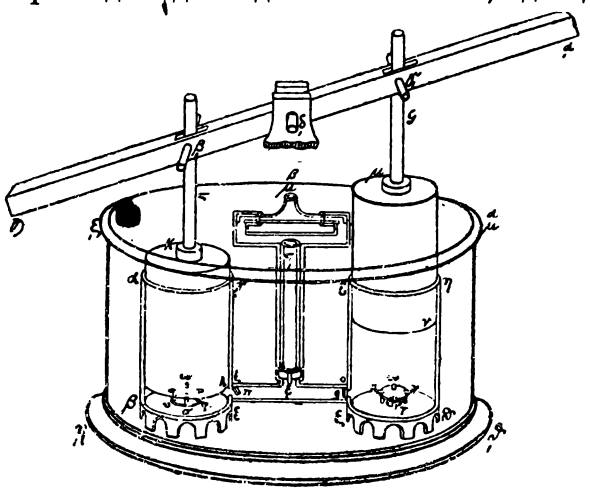


Рис. 25. Пожарный насос по Герону.

о свойствах воздуха и сжатых паров. Что у Герона были в этой области многочисленные предшественники, видно из того, что он начинает свою „Пневматику" словами: „Занятие воздушными и водяными механизмами очень высоко ставилось древними философами и математиками. Необходимо поэтому привести в должный порядок все издавна известное об этом предмете".

Из предшественников Герона одним из первых, известных нам, является Ктезибий Александрийский, около 140 г. до н. э., нашедший подражателя в византийце Филоне. Мы находим уже у Филона описание геронова шара, который поэтому должен бы называться филоновым шаром [2]. У него же мы встречаем и термоскоп [3].

[1] Herons von Alexandria Pneumatica et Automata. Греч. текст с нем переводом В. Шмидта. Leipzig, 1899.

„Пневматика" Герона издана в 1575 г. в переводе с греческого на латинский Коммандином (Heronis Alexandrini Spiritualium liber. A. Federico Commandino Urbinate). Оригинальный текст издан в 1693 г. Тевено.

[2] W. Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Neue Jahrb. f. d. klass. Altert., Bd. XIII (1904), S. 329.

[3] W. Schmidt, Die Geschichte des Thermoskops Abhandl. zur Gesch. der Math., Bd. VIII, S. 161 — 173.

„Пневматика“ Филона и „Механика“ Герона до последнего времени были известны лишь по незначительным фрагментам. Но недавно открыты арабские переводы греческих текстов. Так в 1894 г. познакомились с „Механикой“ Герона [1] и в 1897 г. с „Пневматикой“ Филона Византийского. Полное собрание сочинений Герона имеет чрезвычайную важность для истории математики, равно как для чистого и прикладного естествознания. Сочинение Герона об автоматах важно

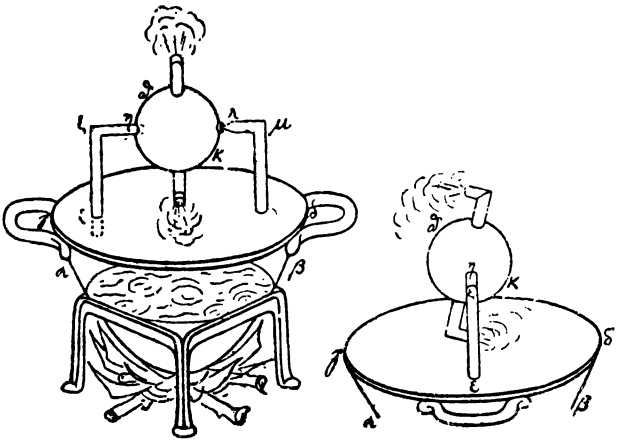


Рис. 26. Герон применяет пар к механическому прибору.

также для истории исскуства, так как дает некоторые указания на устройство машин, применявшихся в античном театре [2]. В своей „Пневматике“ Герон описывает много механизмов, приводимых в движение нагретым воздухом или паром. Рисунки, приводимые нами здесь, принадлежат не самому Герону, но Бальдо де-Урбино, одному из позднейших его издателей. Если мы имеем здесь дело отчасти с физическими игрушками, то все же встречаемся кой с чем, давшим толчок позднейшим изобретениям. Это особеннно относится к прибору, в котором пар приводит тело во вращательное движение таким же образом, как это делает вытекающая вода в сегнеровом колесе. Машина Герона (рис. 26) состоит из котла, из которого выходят две вертикальные трубки. Между ними находится вращающийся шар с двумя трубками, из которых проходящие в шар пары вырываются по направ-

[1] Благодаря Кара де Во, который однако считается недостаточно надежным.

[2] Heronis Alexandrini Opera quae supersunt omnia. B. I. Druckwerke nnd Automatentheater, 1899. B. II. Mechanik und Katoptrik, 1901. B. III. Vermessungslehre und Dioptra, 1903. Греческий текст и немецкий перевод,

лению касательной. От этого шар приходит во вращение. Шар, получивший название геронова (рис. 27), описывается им так: „В отверстие сосуда впаивается трубка, доходящая почти до дна и кончающаяся узеньким выходом. Через боковое отверстие мы наливаем в сосуд воду. Затем мы вдуваем в это отверстие воздух, закрыв пальцем узкий выход вертикальной трубки. Если мы теперь закроем боковое отверстие и отнимем палец от трубки, то воздух, вдутый и сжатый в сосуде, будет гнать воду через трубку вверх". Приводим также даваемое Героном изображение сифона (рис. 28). „Если отверстие сифона – говорит Герон, объясняя устройство прибора,—находится на равной высоте с поверхностью воды, то хотя сифон полон воды, вода из него не вытечет, и он останется полным, ибо здесь, как в весах, вода, стремясь на стороне $\vartheta\beta$ подняться и на стороне $\beta\gamma$ опуститься, остается в равновесии. Если же нижнее отверстие сифона ниже поверхности воды, то вода из него вытекает, так как находящаяся в отрезке $\varkappa\beta$ вода, будучи тяжелей, чем находящаяся в отрезке $\beta\vartheta$, преодолевает последнюю и увлекает ее за собой".

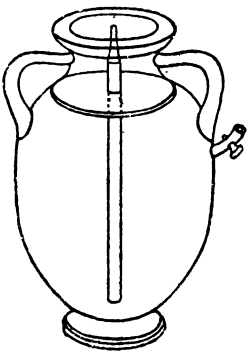


Рис. 27. Геронов шар.

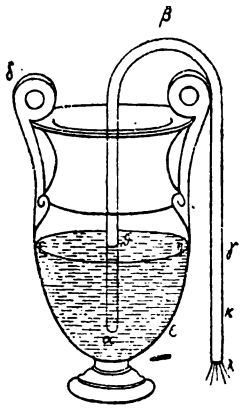


Рис. 28. Изображение сифона по Герону.

Что касается природы воздуха, то Герон полагает, что он состоит из частиц, отделенных, подобно песчинкам, пустотами. Это доказывается прежде всего тем обстоятельством, что к воздуху, находящемуся в шаре, можно прибавить еще воздух, что в свою очередь зависит от того, что новые частицы воздуха заполняют пустоты. Если же предположить, что воздух заполняет сплошь все пространство, то шар при введении в него нового количества воздуха должен был бы лопнуть. Если бы не было пустот, — прибавляет Герон, — то ни свет, ни теплота не могли бы проходить сквозь воду и другие жидкости. Ибо, если бы в жидкости не было пустот, так что лучи проникали бы в воду насильно, то она выливалась бы из полных сосудов. Каждое тело поэтому состоит, по мнению Герона, из мельчайших частиц и расположенных между ними пустот. Наоборот, сплошная пустота вне воз-

действия внешней силы невозможна. Что воздух представляет собой тело, Герон доказывает погружением опрокинутого пустого сосуда в воду. Он замечает также, что воздух обладает своеобразной упругостью, так как после сжатия вновь расширяется, подобно сухой губке.

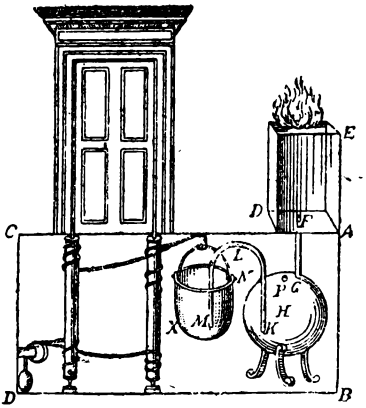


Рис. 29. Автомат Герона для открывания храмовой двери [1].

К каким удивительным ухищрениям умели техники применять эти знания, показывает нам механизм, изображенный на прилагаемом рисунке (рис. 29) и основанный на расширении и сжатии воздуха. Если на алтаре E зажигается пламя, то нагретый воздух, расширяясь, гонит воду, находящуюся в шаре P в подвешенный на блоке сосуд M. Последний, становясь от этого тяжелее, опускается и открывает дверь. Когда воздух остынет, вода через трубку L течет обратно в P, и дверь закрывается благодаря тяжести противовеса D, между тем как сосуд M возвращается в прежнее положение.

Как описание, помещенное в „Пневматике“ Герона, так и археологические находки доказывают, что в поздней древности уже существовали органы с клавиатурами, употреблявшиеся, подобно нынешним органам и фортепиано (рис 30). Они приводились в действие водой, при помощи которой сжимался воздух в ящике (водяной орган или гидравл). Несколько времени назад был найден в Карфагене орган, сделанный из глины. Кроме механизма, служащего для образования воздушного тока, в нем видны три ряда органных трубок и клавиатура [2]. Герон приводит затем описание пожарного насоса, реконструкция которого представлена на рис. 25. Его описание гласит: „Пусть αβγδ и εζηϑ — два бронзовых цилиндра, середина которых высверлена для движения двух поршней, которые плотно входят в цилиндры, не пропуская воздуха. Цилиндры соединены между собой

---

[1] Heronis Alexandrine spiritualium liber, Amstelodami, 1680. См. тоже Mach, Die Prinzipien der Wärmelehre, 1896, S. 5.

[2] „Фортепиано“ древних римлян описано в Mitteil. zur Gesch. der Med. u. Naturw., 1905, S. 342. Изготовление водяных органов практиковалось в средние века в Восточно-римской империи, так что конструкция их не изобретена, как предполагали раньше, в конце средних веков.

открытой с обоих концов трубкой ξοδ. Вне цилиндров, но внутри трубки помещены клапаны π и ρ таким образом, что они открываются наружу, на дне же цилиндров сделаны круглые отверстия, прикрываемые маленькими пришлифованными пластинками. Последние закреплены крючочками и стерженьками, так что они могут двигаться вверх и вниз, но не могут отклониться от отверстия в сторону. С поршнями соединены стержни и коромысла. От трубки, соединяющей оба цилиндра, идет вертикальная трубка, раздваивающаяся в с в двойное отверстие, ведущее к вращающемуся „выходу". Этот механизм соответствует таким образом вообще нынешнему насосу, за исключением только регулятора.

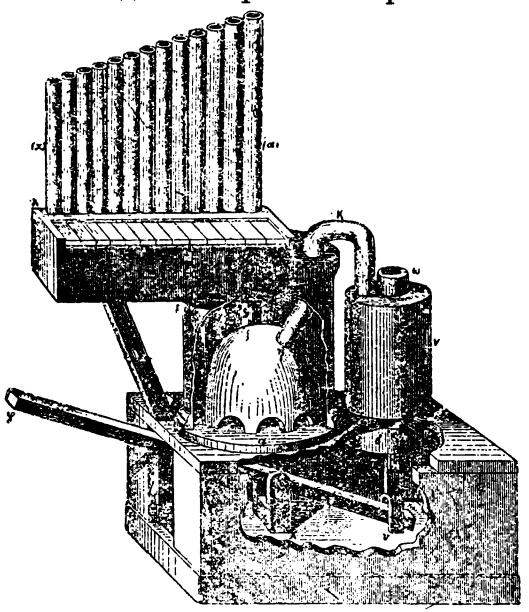


Рис. 30. Водяной орган или гидравл.

Часть многочисленных опытов, описанных Героном в „Пневматике", ведет свое происхождение от Филона Византийского, бывшего, подобно Герону, учеником Ктезибия. Приведем здесь некоторые из этих опытов, так как они имеют существенное значение. Так Филон устроил термоскоп, основанный на расширении воздуха вследствие теплоты. В свинцовый шар *a* непроницаемо впаяна дважды изогнутая трубка *b* (рис. 31); другой конец трубки погружен в воду. Когда свинцовый шар выставляли на солнце, то воздух стремился из него через *b*. Если, наоборот, охлаждали свинцовый шар, то вода через трубку *b* входила в шар *a*.

Рис. 32 изображает всасывающую свечу Филона. В сосуде *a* находится вода и горящая свеча. Ее покрывают шаром *d*. „Немедленно — говорит Филон — вода начнет подыматься вверх. Это происходит от того, что находящийся в *d* воздух выгоняется движением огня. Высота подъема воды находится в зависимости от количества выгоняемого воздуха".

Таким образом от наблюдения древнего физика ускользнуло то, что уходит лишь некоторая часть воздуха. Во всяком случае мы встречаемся здесь с опытом, который производили в XVIII столетии Шееле и другие для доказательства того, что воздух состоит из двух различных газов.

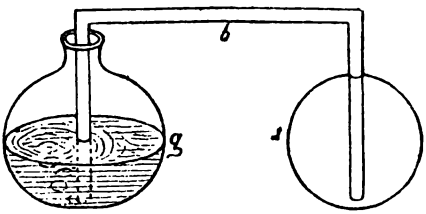


Рис. 31. Термоскоп Филона.

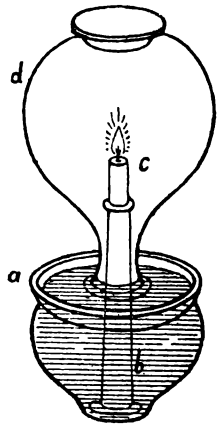


Рис. 32. Всасывающая свеча Герона.

Дальнейшие успехи механики.

Герону принадлежит также сочинение о механике твердых тел, долго считавшееся потерянным и бывшее известным лишь по отрывкам у позднейшего александрийца Паппа (около 300 г. н. э.). По сообщению Паппа [1] Герон рассматривает в этом сочинении пять простейших машин: рычаг, ворот, клин, винт и полиспаст. Так например он следующим образом описывает полиспаст (рис 33). „Желая поднять тяжесть, мы должны тянуть привязанную к ней веревку с силой, равной весу тяжести. Если же мы привяжем один конец этой веревки к неподвижному месту, а другой—перекинем через привязанной к тяжести блок, то поднять тяжесть будет легче. Если мы теперь прикрепим в неподвижном месте второй блок и через него также перекинем эту веревку, то подымать тяжесть будет еще легче. Но мы прикрепим в неподвижном месте не отдельные блоки, но их ось, вращающуюся в деревянной коробке, которую мы назовем обоймой, и привяжем эту обойму веревкой к неподвижному месту. Блоки же, соединенные с тяжестью, мы заключим в другую коробку, подобную первой. Чем больше будет блоков, тем легче будет поднимать тяжесть". В другом месте

[1] Pappi Alexandrini collectionis lib. VIII, ed. F. Hultsch, 1878. О недавно открытой арабской обработке „Механики" Герона см. ниже.

Герон решает задачу, как посредством зубчатой передачи поднять тяжесть в тысячу при помощи силы, равной пяти (см. рис. 17). У Герона мы находим уже также осуществление принципа таксометра при посредстве сходной передачи. Его устройство явствует из рис. 34. На втулке колеса находится стержень, который, проходя мимо колеса EZ, снабженного восемью шпеньками, каждый раз задевает один шпенек. Повороту колеса EZ соответствует движение находящегося над EZ зубчатого колеса на один зуб. Передача совершается посредством червячного хода через EZ. Эта передача совершается таким образом, что полный поворот последней стрелки обозначает многие тысячи поворотов колеса экипажа или прямо отмечает в стадиях пройденный путь [1].

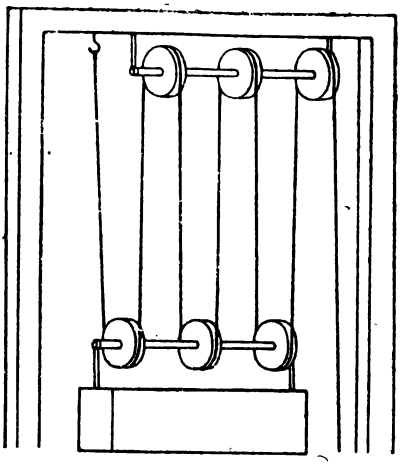


Рис. 33. Полиспаст Герона.

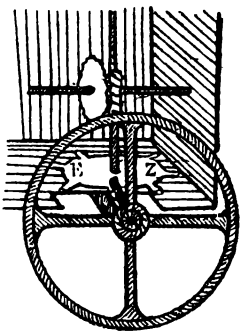


Рис. 34. Геронов измеритель пути.

В новейшее время „Механика“ Герона издана во французском переводе по арабской рукописи [2]. Герон дает не только описание и теорию пяти простых машин, но занимается подробно определением центра тяжести. Так, он определяет центр тяжести треугольника как точку пересечения медиан, делящих друг друга в отношении 2:1. Для нахождения центра тяжести неправильного четырехугольника он разделяет его диагональю на два треугольника, соединяет их центры тяжести и затем делит эту соединительную линию в отношении обратном весу этих треугольников.

[1] Подробности о таких античных автоматах см. в Diels Antike Technik Дильса.

[2] Карра де Во в Journal asiatique, X, 1 — 2. От греческого текста остались лишь фрагменты. В изданном Шмидтом собрании сочинений (Opera omnia) содержится перевод „Механики“ по арабской обработке этого сочинения Герона. „Катоптрика“ переведена с латинского текста.

Рассматривая рычаг и полиспаст, Герон исследует отношения путей, проходимых действующей силой и грузом, или времени, требуемого для поднятия груза на определенную высоту, в зависимости от выигрыша силы. При этом он приходит к закону, известному нам теперь под названием золотого правила механики. Форма, в которой он выражает этот закон, такова: „Отношение времен равно обратному отношению движущих сил“ [1]. Не так ясна была Герону теория винта и клина. Здесь ему не удалось установить отношение между силой и тяжестью. Это происходит от того, что он не сводит клин и винт к наклонной плоскости, но тщетно старается объяснить их из принципа рычага. Наклонная плоскость не была причислена им к простым машинам, и действие ее не было еще понято [2].

Научные основы геодезии.

Особой оценки заслуживают еще старания Герона усовершенствовать геодезию. Ему принадлежит сочинение „О диоптре“ [3]. Это—измерительный инструмент, в котором мы можем видеть первообраз современного теодолита. Реконструкция этого интересного прибора изображена на рис. 35; она принадлежит Герману Шене [4].

Главными частями его были находящиеся на штативе доска AB и зубчатое колесо $\Gamma\Delta$, приводимое в движение архимедовым винтом EZ и таким образом дающее возможность вращать весь инструмент вокруг вертикальной оси. Другой архимедов винт находится над $K\Delta$. Ясно, что назначение его было посредством вертикального зубчатого полукруга поворачивать вокруг горизонтальной оси доску с диоптрической линейкой. Так как доска не лежит непосредственно на зубчатом полукруге, но прикреплена к прямоугольному его продолжению, то вращение вокруг горизонтальной оси посредством верхнего архимедова винта могло продолжаться до тех пор, пока большая доска принимала вертикальное положение. Таким образом при помощи этого инструмента можно измерить всякий горизонтальный и всякий

[1] Journal asiatique, IX, 2, p. 264 и след.

[2] Хороший обзор физических знаний Герона дан Ф. Кнауфом в программной статье Sophiengymnasium, Berlin, Ostern. 1900.

[3] Греческий текст издали в 1858 г. Вентури и Венсан с французским переводом в Notices et extraits des manuscrits de la blibliotheque imperiale, XIX, 2. Диоптрой называется зрительная труба или инструмент для определения угла посредством двух противолежащих отверстий (рис. 35).

[4] Jahrbuch des deutsch. archäolog. Institutes, 1899, Bd. XIV, H. 3.

вертикальный угол; диоптра следовательно является чрезвычайно удобным инструментом для решения задач, представляемых геодезией. Правильная установка достигалась посредством ватерпаса и свинцового отвеса. Для того чтобы можно было отсчитывать маленькие углы, диоптрическая линейка имела довольно значительную длину.

Упомянем здесь немногие из многочисленных задач, для решения которых Герон в своем сочинении указывает надлежащие способы измерения и вычисления. Важнейшей задачей было снятие плана поля любых очертаний. Герон поступает при этом следующим образом. Прежде всего намечается большой прямоугольник, не выходящий за границы поля (рис. 36). Затем от каждой стороны прямоугольника проводятся во многих точках перпендикуляры к линии, ограничивающей поле. Таким образом часть подлежащего измерению поля, лежащая вне большого прямоугольника, разделяется на небольшие отрезки возможно более правильной формы, так что площадь их сравнительно не трудно измерить.

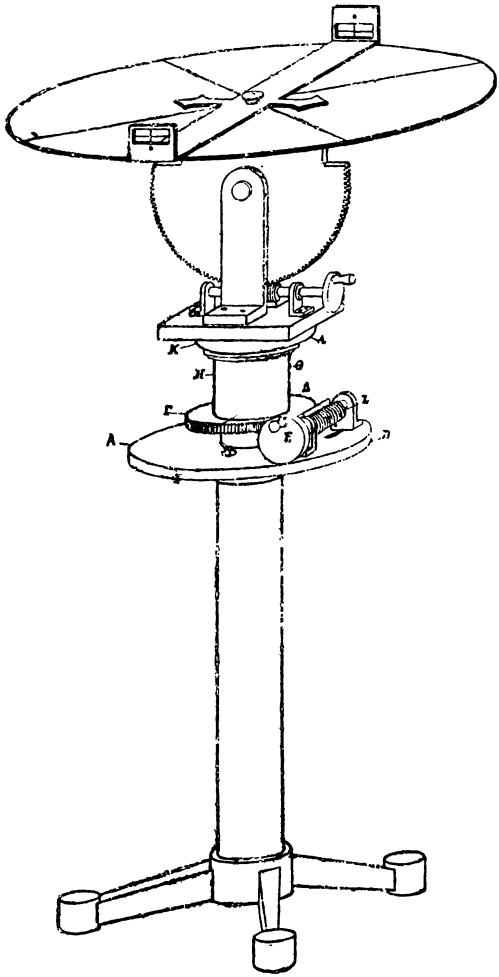


Рис. 35. Инструмент Герона для измерения углов.

Взгляд на рисунок показывает нам, что Герон пользуется здесь прямоугольными координатами и что, проведя достаточное количество перпендикуляров на стороны прямоугольника из разных точек пограничной

линии поля и измерив их, он мог легко изобразить поле на плане.

Затем Герон показывает, как измерить ширину реки, не переходя ее. В другом отделе решается задача, как при помощи плана поля восстановить границы поля, если границы его за исключением немногих межевых камней

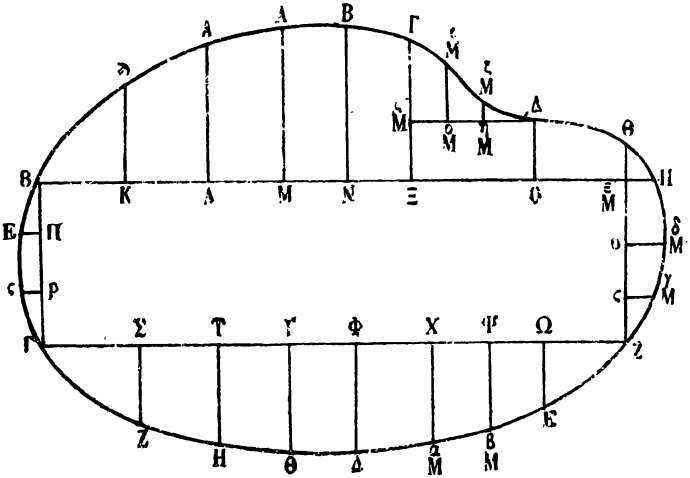


Рис. 36. Измерение поля по Герону.

сглажены временем. В отделе 30 [1] излагается предложенная Героном формула определения площади треугольника по трем сторонам:

$$\triangle = \sqrt{\frac{a+b+c}{2} \cdot \frac{a+b-c}{2} \cdot \frac{a+c-b}{2} \cdot \frac{b+c-a}{2}}.$$

Неизвестно, сам ли Герон нашел эту формулу или заимствовал ее у других. Трудно также сказать, как велико было его участие в конструировании диоптры. Несомненно, землемерное искусство существовало в Египте уже за тысячелетие до Герона. Но все же правила его были недостаточны, почему и предполагается, что Герон, опираясь на работы своих предшественников, составил официальный учебник геодезии.

Последний служил руководством для римлян; ибо, как и следовало ожидать, у этого народа при его практическом

[1] Ср. отдел 25 сочинения Герона; см. также Cantor, „Geschichte der Mathematik", Bd. I, S. 324.

устремлении искусство землемерия стояло очень высоко. Иначе как могли бы производиться например обширные водопроводные работы, если бы римляне не были хорошо знакомы с искусством нивелирования, для которого также пользовались диоптрой?

В то время как греческий текст „Диоптры" известен уже с 1858 г. геронова „Метрика" — произведение, бывшее в неизвестности с VI в. н. э., открыта лишь в 1896 г. „Метрика" Герона [1] представляет собой руководство, содержащее наставление к разделению и вычислению площадей, между тем как „Диоптра" дает описание важнейших геодезических приборов и приемов, а также ряд примерных задач.

К задачам, решение которых проводит Герон кроме нивелирования принадлежит также проведение прямой линии между двумя точками, которые не видны одна с другой. Задача эта имела практическую важность уже в древности в тех например случах, когда представлялась необходимость прорыть через гору тоннель. Что древние инженеры не останавливались перед тоннельными сооружениями значительной длины, показывает произведенная в 1884 г. на Самосе очистка тоннеля приблизительно около 1 000 *м* длины (через гору Кастро). Как Герон решал задачи проведения тоннеля через гору, если даны входные отверстия тоннеля, показано на рис. 37. Мы видим, что и здесь он пользовался системой прямоугольных координат.

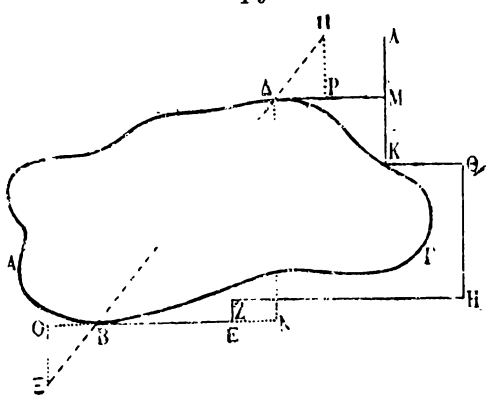


Рис. 37. Задача с тоннелем по Герону.

Герон заканчивает свое изложение уверенными словами: „Если тоннель будет прорыт таким образом, то работники встретятся с обеих сторон".

Тоннель через гору Костро открыт благодаря новым немецким исследованиям. Назначением его было соединить

[1] Heronis Alexandrini Opera quae supersunt omnia изд. Schmidt, Bd. I — III, Leipzig 1889, 1900, 1903. „Метрика" напечатана в III томе. Она открыта Р. Шене в 1896 г.

с городом источник, расположенный за горой. Это сооружение, восхваляемое Геродотом как чудо, возникло при Поликрате. Оно достойно удивления и потому, что работа ведь производилась без применения взрывчатых веществ [1].

Дальнейшим примером тоннельных сооружений древности является существующий и теперь сточный канал „эмиссар" Альбанского озера. Этот сток представляет собой подземный ход в 1 200 метров длины; его ширина равна 1½ метра, вышина 2 метра [2]. В качестве инженерной работы больших размеров должно быть упомянуто из греческой истории осушение Копаидского озера, произведенное при Александре Великом [3]. У Герона мы встречаемся также с первыми указаниями, как ориентироваться под землей при горных работах. Из этих зачатков, особенно со времен Агриколы, основателя новой минералогии (XVI в.), развилось маркшейдерское искусство.

Сочинения Герона дают наилучшие представления о конкретном измерении и счете его эпохи с употребительными тогда мерами. К сожалению мы не имеем такого же документа по отношению к коммерческому счету [4]. Но все же мы встречаемся у Герона с употребительным уже в древнем Египте правилом товарищества. Известна например задача Герона с колодцем. В ней требуется определить время, в течение которого может наполниться бассейн притекающею через многие трубы водою, если известно время, которого потребовало бы наполнение его через каждую из этих труб отдельно.

Герон написал также „Катоптрику". Из нее ясно, что уже в древности существовало воззрение, что природа ничего не делает напрасно. Исходя из этого принципа, давалось объяснение прямолинейного распространения света. Эта же точка зрения руководила Героном при доказательстве, что путь, проходимый падающим и отраженным светом, является минимальным лишь тогда, когда угол падения равен углу отражения [5].

---

[1] Diels, Antike Technik, S. 9.

[2] E. Merkel, Die Ingenieurtechnik im Altertum, 1899, S. 151.

[3] E. Zink, Die Entwicklung der Entwässerungen mit offennen Gräbe und Drainagen von den ältesten Zeiten bis sur Gegenwart.

Дренажные работы с глиняными трубами производились в Вавилонии уже около 1900 г. до н. э.

[4] Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. I, S. 98.

[5] Haas, Antike Lichttheorien в „Archiv für Geschichte der Philosophiti. Bd. 20 (1907), S. 356.

Описательное естествознание и медицина в александрийскую эпоху.

При оценке сочинений Птолемея, Евклида и Герона бывает трудно решить, что создали эти мыслители в областях, которыми они занимались, своего — нового, и что позаимствовали у современников и предшественников. К тому же в задачу предлагаемого здесь связного изображения общей истории наук не может входить оценка отдельных притязаний на первенство. Эта в общем мало плодотворная задача должна быть предоставлена частным историческим исследованиям,— оговорка, которая делается здесь по отношению также к позднейшим периодам истории наук. Для нас гораздо важнее осветить состояние научных знаний в каждый данный момент, раскрыв при этом их логическую связь и обусловливающие их причины. Этой цели и должно было служить несколько более подробное изложение, посвященное нами трем упомянутым александрийским ученым.

В то время как астрономией, математикой и некоторыми областями физики александрийцы занимались очень много, достигнув в этих науках значительных успехов, описательным естественным наукам они уделяли гораздо меньше внимания. Быть может причиной этого является комментаторский характер учености александрийцев. Ведь главной их задачей было сравнение, объяснение и восполнение рукописей. Так Плиний говорит о них: „Сидеть в школах и слушать лекции было приятнее, чем странствовать по пустыням и изо дня в день собирать новые растения“[1]. Ботаника перестала быть самостоятельной наукой. Она продолжала свое существование в александрийской школе лишь в качестве отрасли медицины, лекарствоведения (фармакологии). Важно было поэтому для развития ботаники то, что географы этого времени обратили внимание на растительное царство. Здесь прежде всего должен быть упомянут величайший из географов поздне александрийской школы, Страбон. Если этот ученый сам не был знатоком растений, то он по праву считал растительное и животное царство предметом своей науки, так что со времен Страбона уже неизменно признавалось значение ботаники для общего землеведения.

Гораздо больше, чем ботаникой, александрийцы занимались анатомией. Здесь прежде всего должны быть названы Герофил (около 300 г. до н. э.) и Эразистрат[2] (около 280 г.

[1] Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. I, S. 215.

[2] Обстоятельная статья Вельмана об Эразистрате напечатана в Pauly's Realezyklop., Bd. VI (1909), S. 333.

до н.э.). Герофилу [1], одному из виднейших врачей древности, принадлежит первое подробное исследование глаза, между тем как Эразистрат умел уже отличать кровеносные вены от артерий, наполненных, по тогдашним взглядам, пневмой. Эразистрат был недалек также от открытия кровообращения. Ему помешало только вышеупомянутое заблуждение, что в артериях содержится воздух (пневма). С другой стороны, он совершенно правильно видел в сердце исходное место кровеносных сосудов, а в мозге — начало нервов. Но прежде всего анатомия была поставлена на твердую почву тем, что научились отличать сухожилия от нервов, в которых увидели орган ощущения, а в мускулах — орудие движения. Надо при этом сказать, что александрийцы не были особенно разборчивы в средствах, так как они не останавливались даже перед вивисекциями на живых людях [2].

[1] По указанию Дильса (Antike Technik, S. 24), Герофил измерял пульс у своих больных при помощи карманных водяных часов.

[2] Haeser, Geschichte der Medizin, Bd. I, S. 233.

5. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ У РИМЛЯН.

Гораздо позже, чем в Герции и в заселенной греками южной Италии, развилась высокая духовная культура в средней Италии. Главную массу населения этой части Апеннинского полуострова составлял вторгшийся в незапамятные времена из-за Альп народ, родственный эллинам и кельтам. Здесь он вначале пришел в соприкосновение с этрусками, народом, происхождение которого остается темным. Лишь гораздо позже проявилось влияние на среднеталийские народности расположенных в южной Италии греческих поселений. Это произошло лишь после того, как последние получили государственное единство под руководством Рима.

В то время как в течение столетий, непосредственно предшествовавших нашей эре, в тиши александрийского храма науки стремились к познанию мира, этот мир был покорен мощью римского оружия. Греция уже в течение столетия с лишним была римской провинцией, когда в 30 г до н. э. та же участь постигла Египет. Политическое преобразование этой страны происходило однако постепенно, так как римское влияние уже задолго до этого становилось все сильнее и решительнее. Поэтому и для наук это преобразование не имело такого решающего значения, как впоследствии вторжение разнузданных варварских полчищ. Ибо по мере того, как римляне политически овладевали Грецией, наложившей на весь Восток свой духовный отпечаток, они постепенно усваивали так же все содержание греческой образованности. Они стали господами греков, но так же их учениками. Римляне имели возможность черпать также из богатых сокровищниц литературного творчества семитов и египтян[1]. Учителями в области искусства и науки они все же не стали. Всему их существу, равно как их потребностям, гораздо больше соответствовало развитие техники. В этой области, как и ныне еще показывают великолепные остатки

[1] Lindner, Weltgeschichte, Bd. I, S. 26.

их сооружений, они несомненно превзошли греков. И все же научная основа техники — механика не обязана римлянам никаким значительным успехом. Хотя Рим, став политическим центром мира, в эпоху империи наряду с Александрией все больше становился и научным центром, все же никак нельзя говорить о римском периоде в истории наук. Римляне почти не пошли дальше усвоения элементов греческой образованности, между тем как в Александрии, ставшей в это время римской, новый высокий расцвет науки заполняет первые столетия нашей эры [1].

Когда эллинизм, приблизительно во время второй Пунической войны, начал проникать в римскую духовную жизнь, римская литература не могла еще похвалиться никаким значительным созданием. Прозаической письменности, посвященной научным вопросам, почти совершенно не было до этого времени. То, что имелось в этой области, ограничивалось основами правоведения, летописями, богослужением и узкими потребностями практической жизни. Величайшее влияние на литературу римского народа оказало его сближение с греками, особенно с южно-итальянскими колониями, а затем с греческой метрополией. Началось это сближение между Римом и Грецией с торговли, но более глубоким его сделало лишь военное столкновение, приведшее римские войска в греческие колонии и Элладу, равно как, с другой стороны, многочисленных греков, а также сокровища греческого искусства и науки — в Рим. Начало этого переворота относится к III в. до н. э. ко временам Тарентийской (282—272) и первой Пунической (264—241) войн. В 200 г. была завоевана Македония, а несколько десятилетий спустя победа одержанная Эмилием Павлом при Пидне (168 г. до н. э.), навеки покончила с Македонским царством, некогда по размерам и значению равным римскому. Многочисленные заложники, по преимуществу из знатных и образованных греческих семей, явились после этой победы в Рим. Драгоценнейшей добычей, привезенной победителем в Рим, была библиотека македонского царя. В связи с этими событиями в Риме образовался постоянно возраставший круг друзей греческой образованности, с восхищением внимавших урокам прибыв-

[1] Автор не ищет действительного объяснения слабой научной продуктивности Рима и ограничивается только все той же ссылкой на „дух" римского народа. Нас такой подход удовлетворить не может. Дальнейшие исследования должны еще объяснить этот факт, повидимому тесно связанный с тем, что Александрия, Антиохия и т. д. оставались надолго центрами торговли и финансов, тогда как в Риме, жившем в значительной степени на доходы от прямого грабежа провинции более прогрессивные хозяйственные формы развивались медленнее. *Ред.*

ших в Рим риторов и философов. Из этого духовного сближения все с большей отчетливостью рождалось стремление при посредстве соединения реальной римской мощи с содержанием греческой духовной жизни образовать в пределах единого государственного целого новый, освобожденный от узости недавних национальных рамок, космополитизм.

Среди людей, восставших против этого движения, однако не имевших никакой возможности хотя бы отчасти замедлить его, должен быть прежде всего назван Марк Порций Катон. Ненависти, с которой он в каждом заседании сената требовал разрушения Карфагена, соответствовало его ожесточение против греческой образованности и греческой культурной жизни. Плодом этих воззрений были Praecepta („Наставления") Катона, — произведение, представляющее собой нечто вроде энциклопедии и имевшее целью показать, что древнейшая римская литература может легко выдержать сравнение со столь высоко ценимой, особенно по ее новизне, греческой литературой. От „Наставлений" Катона сохранилось лишь несколько отрывков. Наоборот, в его книге о сельском хозяйстве (De agricultura) мы имем древнейшее дошедшее до нас произведение латинской прозы. Оно является одним из важнейших источников „Естественной истории" Плиния, которою мы в дальнейшем займемся обстоятельно.

От присущего эллинам стремления искать в отдельных явлениях общее, идею, римляне перешли впоследствии к более эмпирическому, часто некритическому наблюдению поверхностных сторон явлений, иногда доходя на этом пути до пошлостей, с какими мы встречаемся например у Цицерона, полагавшего, что естествоведение разыскивает вещи, которых никто знать не может, или такие, которые знать никому не нужно. Было высказано не мало предположений относительно того, почему римляне не продолжали дела, начатого греками так, чтобы вслед за основанием наук непосредственно следовало бы их дальнейшее развитие. Одни усматривают причину этого явления в отсутствии экспериментального исследования, хотя как мы видели, зачатки его уже имелись в эпоху расцвета александрийской культуры. Другие полагают, что римляне, правда бывшие призванными наследниками греков, ставя перед собой задачу сперва покорить мир и овладеть им, не имели по этой причине ни времени, ни желания заниматься науками. То, что наука в первые времена после своего основания не могла похвалиться значительными успехами, пытались также объяснить отсутствием приборов для научной работы, в таком богатстве созданных в новое время.

Влияния, которыми объясняются эти и подобные им явления в развитии цивилизации и духовной жизни, не могут быть ясными для нас, рассматривающих столь отдаленные времена сквозь чрезвычайно мутную среду. Во всяком случае здесь имели значение не одна или несколько из вышеназванных причин, а взаимодействие многочисленных обстоятельств. Прежде всего важнейшую роль играли по всем вероятиям естественные свойства национального характера, не всегда тожественные даже у родственных народов, равно как политические и религиозные обстоятельства [1]. Так по выражению Кантора [2], „весь духовный склад римлян был обращен на все что угодно, кроме чистой науки", и даже когда Рим стал уже мировой державой, Цицерон указывал на то, что в области чистой геометрии греческие математики проявили себя с великим блеском, между тем как римляне ограничивались лишь счетными и измерительными операциями [3].

Геодезия и астрономия у римлян

Римляне считали землемерное искусство по крайней мере столь же древним, как сам Рим. Первоначально им занимались жрецы, которым было нужно устанавливать границы земель, принадлежавших храмам. В эпоху империи землемерное искусство было чрезвычайно развито. Желавший быть землемером должен был окончить школу и выдержать экзамен [4]. Первыми познаниями в землемерном искусстве римляне обязаны были вероятно этрускам. В качестве измерительного прибора они употребляли угловой крест, состоящий из двух линеек, пересекающихся в горизонтальной плоскости. Изображение такого прибора найдено на гробнице одного римского землемера [5]. По концам линеек находились отвесы. При помощи вех и этого прибора, так называемой г р о м ы, древние италийцы уже могли определять ширину реки с одного берега, не переходя через реку. Эта задача носила даже определенное название. Вышеупомянутый прибор, служивший римлянам для измерения углов, найден в новейших раскопках. Рис. 38 изображает экземпляр, найденный при исследовании римской государственной границы (limes) в Германии в окрестностях Регенсбурга. Рис. 39 представляет

[1] См. прим. к стр. 85 и 202. *Ред.*
[2] Gesch. d. Math., Bd. I, S. 45.
[3] Тускуланские беседы, I, 2, 5.
[4] C a n t o r, Römische Agrimensoren, Leipzig, 1875.
[5] Соответственная надгробная надпись опубликована в XIV томе 2-й серии трудов Туринской академии.

реконструкцию прибора. Римский инструмент [1] представляет собой шаг назад в сравнении с диоптрой Герона. Римляне пользовались им для прокладывания северо-южной линии и для построения прямых углов. В качестве нивелира они пользовались родом водяных весов (ватерпаса). Особое применение находила г р о м а в случаях, когда необходимо было разделить место поселения или поле системой пересекающихся под прямым углом дорог.

Новый расцвет математики имел место в эпоху Цезаря. К этому времени относятся зачатки самостоятельной матема-



Рис. 38. Римский измерительный инструмент.

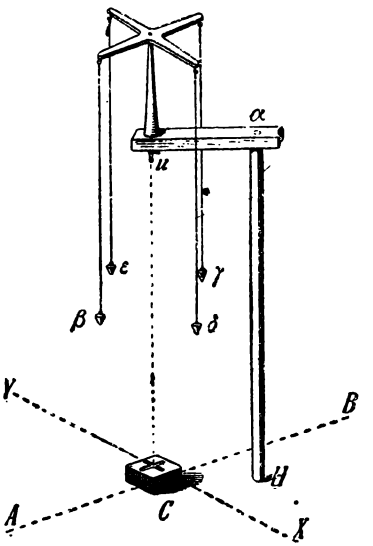


Рис. 39. Реконструкция громы.

тической литературы, да и сам Цезарь выступал в качестве математического писателя. Плиний неоднократно пользуется как источником для XVIII книги своей „Естественной истории" сочинением Цезаря под заглавием „О звездах". В области прикладной математики Цезарь поставил себе две великие задачи. Он решил упорядочить пришедший в величайший беспорядок римский календарь и произвести обмер всего римского государства. До 46 г. до н. э. в Риме считали время по солнечным годам, приспособляя этот календарь

[1] Подробности см. у Шмидта, Neue Jahrb. f. d. klass. Altertum, Bd. 13 (1904), S. 329 и Bibl. math., 3 F. Bd. 4.

Вопрос о зависимости римских землемеров от Герона не затронут Шмидтом.

к смене времен года при помощи довольно беспорядочного присоединения дополнительных месяцев. Однако в конце концов ошибка времяисчисления разрослась до такой степени, что ко времени Цезаря весеннее равноденствие отставало от действительного на 85 дней и таким образом приходилось на зимние месяцы. По возвращении из египетского похода (47 г. до н. э) Цезарь упорядочил календарь при содействии александрийского астронома Созигена. Времяисчисление было урегулировано на основах, известных нам еще из Канопского декрета. Год был определен в 365 дней, а в каждом четвертом г. накануне 24 февраля (dies sextus ante calendas) вставлялся день bissextus, откуда annus bissextilis (т. е. високосный год).

Задуманный Цезарем обмер римского государства вероятно также имел источником указания александрийских ученых. Сдача провинций в откуп, походы и чрезвычайное увеличение флота, военного и торгового, делали эту работу настоятельно необходимой. Так как Цезарь однако пал преждевременно под рукой убийц, исполнение ее выпало на долю Августа. Обмер, руководителем которого был приближенный Августа, полководец и политик Агриппа, был после почти тридцатилетней работы закончен в 20 г. до н. э. и по отношению к Италии, Греции и Египту отличался довольно высокой степенью точности, между тем как другие страны были лишь приблизительно обмерены людьми, носившими название „димензоров". Результатом работы явилась громадная карта, выставленная в специально для этого сооруженной зале и „представлявшая миру зрелище мира" [1].

В новейшее время высказаны сомнения относительно того, сделана ли эта карта, названная по имени Агриппы, на основании точных измерений. Если однако и не считать решенным вопрос о ценности карты, то все же работа Агриппы несомненно послужила образцом для дальнейших карт, охватывающих orbis terrarum (земной шар). До наших дней дошел один экземпляр, составленный очевидно для военных целей. Он известен под названием Tabula Peutingeriana, указывает военные дороги всего римского государства и хранится в Вене [2]. Рис. 40 представляет часть ее, изображающую Балканский полуостров.

---

[1] Плиний, Естественная история, III, 2.

[2] Ее прежний владелец назывался Пейтингер. Он жил в начале VI столетия в аугсбурге и получил карту от Кондрата Цельтеса, нашедшего ее в 1500 г. Карта была составлена в 375 г. н. э. Цельтес был один из виднейших немецких гуманистов. Литературные создания классиков его занимали меньше, чем практические знания древнего мира.

Вся карта (на рис. 40 представлена часть из середины) представляет собой свиток из 11 пергаментных листов и имеет в длину 7 метров и в вышину 0,3 метра. Своеобразная растянутость ее в направлении восток — запад объясняется формой свитка. При ее составлении научно-картографическая точка зрения очевидно уступала место чисто практической неоходимости иметь перед собой удобный обзор дорог. Зигзагообразные перерывы на путях (пти-

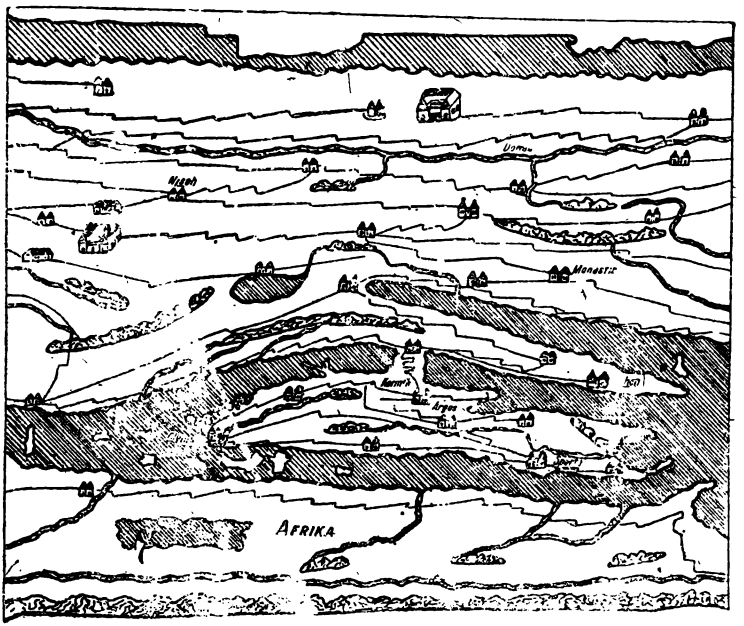


Рис. 40. Карта Пейтингера (Балканский полуостров).

нерариях) обозначают остановки (станции). Расстояния между ними обозначены в цифрах. В большинстве случаев имеются в виду римские мили в тысячу шагов millia passuum (или 1482 метра) [1].

Астрономическими вопросами римляне начали заниматься сравнительно поздно и в большинстве случаев лишь из практических соображений. С солнечными часами [2] они познакомились лишь в середине III века до нашей эры,

[1] Новое издание карты с объяснениями К. Миллера, Штутгарт, 1916.
[2] Плиний, VII, 60. Ср. также Bilfinger, Die antiken Stundenangaben, Stuttgart, 1888, S. 75.

с водяными часами вероятно сто лет спустя, между тем как халдеи употребляли солнечные часы уже за 750 лет до нашей эры [1].

Инженерные сооружения.

Как математикой и астрономией, так и механикой римляне занимались не столько ради нее самой, сколько ввиду ее практической пользы. Таким образом возникла область, заслуживающая название инженерного искусства, или практической механики, и достигшая у римлян высокого расцвета [2].

С механикой римлян недурно знакомит сочинение Витрувия, носящее не совсем подходящее заглавие „Об архитектуре“ [3]. М. Витрувий Полион жил в эпоху Августа. Он занимался главным образом устройством военных машин и по поручению Августа руководил вообще строительным делом. Краткое изложение сочинения Витрувия познакомит нас с тогдашним уровнем знаний. Витрувий начинает с того, что требует от инженера многостороннего научного образования. Инженер должен не только знать математику, но должен быть знаком также с основами права и медицины, ибо с последней приходится иметь дело при выборе подходящих и здоровых участков для постройки здания.

Очень удачно то, что Витрувий говорит об отношении между теорией и практикой. „Люди, стремившиеся к чисто механической умелости без теоретической науки, никогда не могли достигнуть должного влияния своими работами С другой стороны, те, которые полагались исключительно на науку, как будто охотились за тенью. Лишь тот, кто основательно овладел теорией и практикой, вооружен достаточно для достижения поставленной себе цели“. Высказанное в этих словах наставление применимо и в наши дни.

Во второй книге Витрувий рассматривает строительные материалы. Описывается обжигание и гашение извести. Упоминается и цемент пуццолана, который в смеси с известью применялся для водных сооружений. Затем следуют указания, касающиеся постройки жилых домов, храмов, бань

---

[1] H. Löschner, Über Sonnenuhren, Graz. 1905. Книга содержит многочисленные указания на источники.

[2] C. Merkel, Die ingenieurmechanik im Altertum, Berlin, 1903.

[3] Vitruvius, Zenn Bücher über die Architektur, Перевод Reber, Stuttgart, 1865,

и т. д. В главе о стенной живописи в качестве подходящих красок названы киноварь, медная зелень и охра. Восьмая книга посвящена водяным источникам и устройству водопроводов. Упоминаются также горькие и нефтяные источники, равно как асфальтовое озеро под Вавилоном, доставляющее связующий материал для тамошних построек. В девятой книге говорится главным образом о предметах физических и астрономических; последняя же книга трактует о насосах, пожарных и иных машинах. Что касается практически физических инструментов, то безмен, и теперь носящий в Германии название римских весов, является несомненным изобретением самих римлян, имевшим применение еще в древности [2].

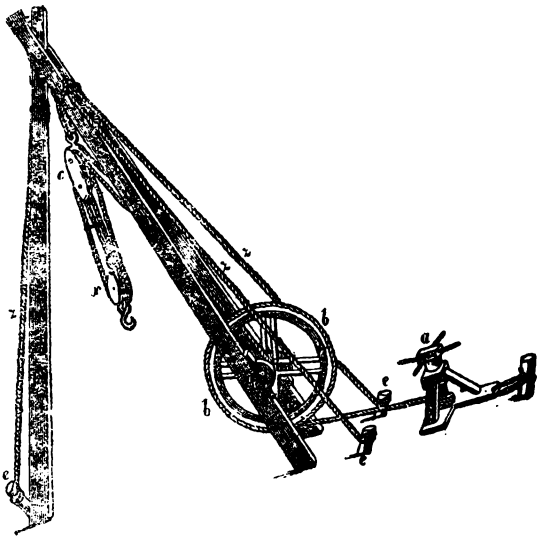


Рис. 41. Подъемный римский кран [1].

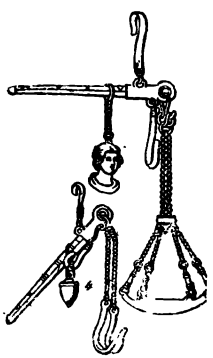


Рис. 42. Римский безмен.

Рис. 42 изображает найденные в Помпее безмены. Как и большинство вещей из Помпеи, они хранятся в Национальном музее в Неаполе. Изобретение безмена относится по крайней мере к III в. до н. э. Передвижному грузу часто придавалась художественная форма: эта часть весов имела вид то плода (гранатное яблоко), то бюста (Меркурий) и т. д.

В области архитектуры и инженерного искусства (сооружение мостов, строение кораблей, устройство водопроводов, военные дороги, военно-технические работы) создания римлян конечно возвыша-

[1] Terquem, La science romaine à l'époque d'Auguste' Paris, 1885; p. 75; фиг. 9.

[2] Gerland und Traumüller, Geschichte der physikalischen Experimentierkunst, Leipzig, 1899, S. 56.

ются над уровнем чисто ремесленной работы. Их сооружения предполагают научно и практически образованных архитекторов и инженеров. Правда, особых школ, какие существовали для философии, риторики, правоведения и медицины, для инженерного искусства не было. Кто предполагал посвятить себя инженерному делу, поступал в юности в учение к специалисту. Предварительными знаниями для изучения инженерного искусства являлись математика, оптика, астрономия, история и правоведение.

В эпоху империи в Риме наряду с учителями риторики, медицины и т. д. были также преподаватели механики и архитектуры. О содержании их и об аудиториях заботилось государство. Вероятно оно освобождало также отцов, отдавших своих сыновей в обучение инженерному искусству, от уплаты налогов; такую же льготу получали инженеры, отличившиеся в качестве преподавателей. Как высоко ценили значение инженеров, показывает следующий отрывок из письма императора Константина (323 — 337) к одному из его наместников. Он гласит: „Нам нужно как можно больше инженеров. Так как их нехватает, то побуди к изучению этого дела людей приблизительно 18-летнего возраста и уже располагающих необходимыми для общего образования знаниями. Освободи родителей от налогов и доставь ученикам необходимые средства“ [1].

Таким образом, поскольку речь идет о практическом применении, механика в эпоху александрийцев и римского владычества могла уже похвалиться некоторыми успехами. Иначе обстояло дело с механикой как наукой. Сколь несовершенны были представления большинства писателей древности о механических явлениях, показывают многие примеры. Так Плиний о прилипале (Echineis remora), средиземноморской рыбе, имеющей на лбу присоски, которыми она прикрепляется к кораблям и другим предметам, рассказывает следующую басню: „Как бы ни свирепствовали бури и неистовствовали волны, это маленькое создание смеется над их яростью, укрощает их силу и останавливает корабль, когда никакой канат, никакой якорь не может этого сделать, и оно сдерживает натиск и укрощает стихии не своей работой или противодействием, но единственно тем, что прилипает к предмету“.

Стало быть по отношению к простому механическому понятию царило столь большое невежество, что через сто-

[1] C, Köhne, Die Ausbildung der ingenieure in der römischen Kaiserzeit. Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw., 1907, S. 17.

летия после первых блестящих шагов Архимеда в области механики такой писатель, как Плиний, без всяких колебаний верил подобным россказням. Из этого однако следует также, что влияние Архимеда на физическое мышление следующих за ним столетий было очень незначительно. Подлинное понимание его сочинений, равно как умение исходить из его достижений и двигаться от них дальше, за немногими исключениями как будто совершенно отсутствовало в течение дальнейших пятнадцати столетий.

Литература в эпоху империи.

Литература народа находится всегда в зависимости не только от своеобразия этого народа и чужих влияний, но в высокой степени и от его политического развития. Эта зависимость в древности ощущалась гораздо сильнее, чем в последующее время, когда духовная жизнь стала менее ограниченной национальными рамками и свобода отдельной личности получила значительно больший размах. Как в древних Афинах, в Александрии и в других центрах научной жизни, так и в императорском Риме величайшее значение в развитии искусств и наук имело отношение главы государства к этим проявлениям творчества. Уже Август проявлял высокий интерес и понимание в области литературы и даже сам пробовал свои силы в качестве поэта и прозаика. Август хорошо понимал, что литература может принести государственной власти, от которой она зависит, большую пользу или же, наоборот, вследствие неумелого обращения с ней она может стать в оппозицию к власти, чем причинит ей больший или меньший ущерб.

За пышным развитием римской литературы в век Августа последовали менее благоприятные десятилетия под владычеством мрачного Тиверия и павшего жертвой „безумия цезарей" Калигулы. Сковывающий гнет, тяготевший тогда на всех кругах общества, проявлялся с особой силой в области духовного творчества. Он смягчился лишь тогда, когда после смерти Нерона вступил на престол более человечный правитель в лице Веспасиана, за которым — к сожалению, очень не на долго — следовал его сын Тит. Плиний был близок к обоим, особенно — к Титу. Правда, последний вступил на престол в самый год смерти Плиния, но уже при жизни отца Тит играл значительную роль как в государственной, так и в научной жизни. В то время как Веспасиан был прежде всего воином, Тит настолько овладел образованностью своего времени, что, по сообщению Плиния, написал стихотворение, посвященное появлению кометы.

Созданием этой столь благоприятной для литературы эпохи Флавиев была „Естественная история“ Плиния. Это — обширнейший памятник естественно-научных познаний римлян, дошедший до нас и содержащий многочисленные сведения, которые погибли бы без добросовестных записей Плиния. Как явствует из предисловия, это сочинение закончено в 77 или 78 г. нашей эры.

Плиний.

Кай Плиний Секунд Старший родился в Комо в 23 г. н. э. Он получил прозвище Major (Старший), в отличие от своего племянника и тезки, пользовавшегося в качестве писателя прозвищем Minor (Младший). Плиний рано переселился в Рим, где образцом для своей деятельности избрал Помпония Мелу. Последний сумел с ответственной служебной деятельностью соединить пламенное увлечение литературой. В этом следовал за ним Плиний. Подобно Помпонию Меле он был военачальником. Веспасиан часто привлекал его к совету в государственных делах. В молодости военная служба привела его в Германию. Хотя он занимал высокие должности и жил неизменно в сутолоке важнейших дел, он находил однако досуг для того, чтобы охватить в обширном труде все познания своего времени. В посвящении, обращенном к Титу, Плиний говорит о своем замысле: „На путь, по которому я пойду, не вступал никто; никто из нас, никто из греков не решался единолично дать описание природы во всей ее совокупности. Если мой замысел не удался, то самое стремление к нему было великолепно и сладостно“.

„Естественная история“ была вероятно почти закончена в 77 г. Вследствие внезапной гибели автора сочинение это было издано его племянником, вышеупомянутым Плинием Секундом Младшим. Надо думать, что последний мало изменил в книге. Он называет ее (Письма, III, 5) „обширным ученым сочинением, не менее разнообразным, чем сама природа“.

Известен трагический конец Плиния. Когда он в 79 г. находился в окресностях Неаполя, внезапно началось то страшное извержение Везувия, которым были уничтожены Геркуланум и Помпея. Бесстрашный римлянин поспешил на место несчастья. Чувство долга или любознательность гнали его туда с неудержимой силой. Высадившись на берег, он пал жертвой разнузданных стихий.

Сама катастрофа описана Плинием Младшим в письме, обращенном к историку Тациту. Приведем отсюда несколько отрывков:

„Ты просишь меня рассказать тебе о кончине моего дяди, мужа, имевшего счастье свершить великие дела и написать прекрасные книги. Чудесной судьбе угодно было, чтобы он нашел смерть при гибели прекрасной местности. Память же его будет жить вечно.

Вместе с флотом, состоявшим под его начальством, дядя находился у Мизенского мыса. 22 августа ему сообщили, что показалось облако необычайной формы. Оно имело вид пинии (итальянская сосна), ствол которой возвышался к небу и ветви которой распространялись во все стороны. С пылом естествоиспытателя, стремящегося исследовать нечто новое, дядя распорядился немедленно приготовить к отплытию судно. Но прежде чем он вступил на него, он получил написанное у подножия Везувия письмо с просьбой о помощи. Вследствие этого в море должен был выйти весь флот. На адмиральском корабле дядя смело направлялся навстречу опасности и с палубы наблюдал течение ужасающего явления природы. Одновременно он диктовал свои наблюдения писцу. По мере приближения к месту несчастья пепел стал падать на корабли все гуще и горячее. К нему примешивались даже куски пемзы и лавы. Причалили в Стабии. Между тем стемнело. Из Везувия высоко вверх изверглось пламя. В то же время содрогнулась земля, так что дом, в котором находились Плиний со своей свитой, начал шататься. Все вышли из дому, причем каждый для прикрытия от каменного дождя привязал к голове подушку. Стремясь с другими убежать от серного дыма и пламени, Плиний внезапно упал в изнеможении. Раз еще удалось ему при помощи двух рабов стать на ноги. Затем он упал, умирая".

Плиний Младший сообщил также кое-что о личности и приемах работы своего дяди. Отличительным свойством его, по указанию племянника, было невероятное трудолюбие. Он спал мало и ел весьма мало, по обычаю отцов — очень простую пищу. Во время своих путешествий он неутомимо предавался работе. При нем неизменно находился писец.

Литературная плодовитость Плиния была необыкновенна. Кроме „Естественной истории" он написал еще ряд других сочинений, погибших или дошедших до нас лишь в отрывках, т. е. в качестве выдержек в чужих сочинениях. Так, во время своего пребывания в Германии Плиний написал сочинение, посвященное войнам, которые римляне вели на германской территории.

Источники Плиния.

Не менее двух тысяч сочинений доставили Плинию материалы для его „Естественной истории". Его работа заслуживает тем большего признания, что он мог посвящать ей только часы досуга, остававшиеся ему от других занятий, т. е. главным образом, как сам он говорит, — ночные часы. О некоторых сочинениях мы не имели бы никакого представления без Плиния. С другой стороны, однако должно указать, что Плиний не подымается до самостоятельного исследования и мышления. Иногда он приводит то, чего, очевидно, и сам не мог понять как следует. Часто он смешивает правду с вымыслом. Получается впечатление, что Плиний черпал свои знания не только из природы, сколько (главным образом) из книг, что не удивительно для человека, который даже прогулку считал пустой тратой времени.

Список источников, из которых Плиний по его собственному указанию черпал сведения, содержит 146 римских и 327 иноземных писателей. Среди последних находятся многие, сочинения которых потеряны и которые не были бы известны даже по имени, если бы Плиний не назвал их среди своих источников.

Из римских писателей, на которых опирается Плиний, должен быть прежде всего назван Марк Теренций Варрон (116 — 27 г. до н. э.) Он обработал целый ряд наук в энциклопедической форме. Его произведения являются образцом для столь частых в средние века книг, посвященных „семи свободным искусствам" (см. гл. VII). Подобно Катону, Варрон также старался собрать все старые знания, чтобы во всей их самостоятельности и истинном значении противопоставить их заполонившей Рим греческой литературе. Среди сочинений Варрона, использованных Плинием, прежде всего надо назвать труд о сельском хозяйстве (Rerum rusticarum, libri III). Варрон говорит здесь о земледелии, скотоводстве, пчелах, рыбах и дичи. Хотя Варрон пользуется также материалами Катона, он однако повсюду выступает с твердым самостоятельным суждением, основанным на богатом опыте и обширных знаниях. Особенно интересно одно место (книга I, 12,2), в котором можно видеть нечто в роде предвосхищения теории бацилл. Варрон высказывает здесь предположение, что в болотистых местностях зарождаются существа, которые так малы, что их нельзя видеть. Эти создания, по его мнению, проникают через рот и нос в тело, являясь причиной тяжелых заболеваний.

Филологи часто преувеличивают значение таких представлений, отчасти совпадающих с нашими нынешними воззрениями. Мнение Варрона конечно не играло никакой роли в создании современной теории бацилл, равно как взгляды Эпикура не привели Ламарка или Дарвина к созданию их теорий. Тем не менее пророческие догадки, с которыми мы часто встречаемся в развитии наук, имеют право на упоминание в истории человеческого духа. Их ценность бесспорна. Не надо только преувеличивать их значение, пытаясь ставить их наряду с точными результатами исследований нового времени.

Среди медицинских писателей, доставивших Плинию материал для его книг, посвященных медицине, должно наряду с Гиппократом, Эразистратом и многими другими назвать особенно Корнелия Цельза (приблизительно от 35 г. до н. э. до 45 г. н. э.). Подобно Варрону и задолго до него Катону, Цельз также старался охватить знания своего времени в энциклопедии. Она была названа Artes (Искусства). Сохранилась лишь часть ее, посвященная медицине. В этой области Цельз, не будучи сам врачом, мог однако развить собственные взгляды, основанные на опыте. Из греческих источников Цельз наряду с гиппократовыми сочинениями пользовался главным образом александрийскими. Медицинская работа Цельза может быть поставлена наряду с последними, равно как с сочинениями Галена [1]. В ясной и простой форме он изображает сперва должный образ жизни, затем болезни и наконец исцеление при посредстве лекарств и хирургического вмешательства [2]. Цельс описывает методы перевязки сосудов, о которых нет еще упоминания в сочинениях Гиппократа, хотя уже давно применялись кровеостанавливающие средства как склеивающие, так и стягивающие. О таких средствах имеются упоминания уже у Гомера [3].

Среди прочих болезней очень удачно описал Цельз болезни печени и желудка. Предлагаемое им лечение этих болезней на основе диэтетического образа жизни и теперь еще имеет значение [4].

---

[1] Haeser, Lehrbuch der Geschichte der Medizin, Jena, 1875, Bd. I, S. 254.

[2] Сочинения Цельза изданы Т. Мейер-Штейнегом в III томе Voigtländers Quellenbücher. Цельз не был врачом, хотя написал одну из лучших медицинских книг. Он родился по всем вероятиям в Вероне и умер в Риме.

[3] См. Heeger, Zur Geschichte des Blutstillung im Altertum und Mittelalter (Wien. klin. W. 1910, S. 1006 и 1079). О перевязывании артерий, введенном Амбруазом Парэ, см. ниже.

[4] Pron, Les maladies de l,estomac et du foie et leur traitement dans Celse. La France Médic, 1910 374.

Несколько позже Цельза выступил Асклепиад. Он был греческого происхождения, родился в Прузе, в Вифинии и жил в начале I в. до н. э. в Риме. Асклепиад был там вначале учителем красноречия; позже он пользовался большой известностью в качестве врача. Его называют изобретателем трахеотомии. Предварением современной клеточной теории является его учение, что живые существа состоят из очень большого числа маленьких телец. Тельца эти находятся в постоянном движении и видоизменении, и их свойствами и положением в человеке обусловливаются его здоровье и болезни.

В качестве источника для некоторых своих книг Плиний упоминает также известного автора „Энеиды" Виргилия. В поэме под названием „Георгика" Виргилий изображает и прославляет деревенскую жизнь. „Георгика" посвящена главным образом земледелию, плодоводству, скотоводству и пчеловодству. Жизнь пчел изображена наглядно, увлекательным поэтическим языком.

Из многочисленных иноземных писателей, называемых Плинием в качестве источников, укажем здесь лишь следующих: Фалес, Аристотель, Теофраст, Демокрит, Гиппарх, Герофил, Евдокс, Пифей, Юба и т. д. Юба прибыл в Рим в качестве заложника из Нумидии после победы над его отцом. здесь он посвятил себя наукам. Плутарх и другие писатели часто ссылаются на Юбу, из сочинений которого сохранились лишь отрывки.

Вопрос об источниках, которыми пользовался Плиний, вызвал обширную литературу. Особенно подробно обсуждался вопрос об отношениях Плиния к Аристотелю, Катону и Варрону [1].

Писателем, игравшим преимущественно роль посредника между Плинием и греческой литературой, считается Юба. Он многое почерпнул из Аристотеля и Теофраста и в отношении греческой литературы имел для Плиния приблизительно то же значение, какое имел для него Варрон в отношении римской.

Если „Естественная история" Плиния страдает отсутствием единства, то нельзя все же не заметить в ней систематического распределения материала, восходящего от общего к частностям. Плиний начинает свое изложение с изображения мироздания и явлений, представляемых нам в общем атмосферой и поверхностью земли. Затем следуют важнейшее

---

[1] Montigny, Quaestiones in Plinii nat. hist. be animalibus libros, 1844. Müntzer, Beiträge zur Quellenkritik der Naturgeschichte des Plinius, 1897.

из географии и этнографии. В связи с этим рассматриваются животные, начиная от млекопитающих и кончая насекомыми. Затем следуют книги о растениях и лекарствах, доставляемых растительным царством, и о их действии. Заключением служат книги минералогического содержания. Драгоценным камням и минеральным краскам посвящено по отдельной книге. В последних книгах рассматривается подробно, с перечислением многочисленных выдающихся произведений искусств, применение металлов и камней к художественным работам.

Среди географов, на которых опирался Плиний, должен быть прежде всего указан Помпоний Мела, современник императора Клавдия. Его „Хорография" (наука о странах) составлена вероятно около 43 г. н. э. Это — древнейшее римское сочинение по географии, дошедшее до нас[1]. Помпоний описывает страны, следуя вдоль берегов, но почти ничего не говорит о математической географии, с которой начинается сочинение Плиния.

„Естественная история" Плиния.

Перейдем теперь к самому Плинию. В своей „Естественной истории", обнимающей 37 книг, он ставит себе целью отобрать и объединить знания своего времени, рассеянные в упомянутых многочисленных источниках. Трудолюбивое решение этой задачи составляет великую заслугу, хотя он часто приводит сведения без всякой критики и не всегда владеет материалом. Так например, он считает достойными упоминания самые баснословные россказни об африканских племенах. Он рассказывает, что у представителей одного из этих племен нет голов, а рот и глаза находятся на груди. Основной идеей, проникающей все сочинение, является мысль, что природа все создала ради человека. Поэтому описываемые явления природы рассматриваются не сами по себе, но по преимуществу в их отношении к человеку. О самом человеке он высказывается в следующих характерных для него словах: „Все прочие животные сразу овладевают своим существом. Лишь человек не может ничего сделать без наставления. Он один знает честолюбие и корысть и жадность, заботится о своей могиле и даже о своем будущем после смерти. Ни у какого создания страх не отнимает в такой степени присутствие духа. Ни в ком не свирепствует сильнее ярость.

[1] Рукопись, с которой списаны все остальные, находится в Ватикане. Извлечение, сделанное Г. Филиппом, появилось в Voigtländers Quellenbücher. Томы 11 и 31.

Все другие животные живут в мире с подобными себе. Несмотря на свою дикость, ни львы, ни морские чудовища не враждуют друг с другом. Но поистине величайшее страдание человеку приносит человек. „Естественная история" VII, I.

Что Плиний однако часто знакомился также непосредственно с вещами, составляя о них собственное мнение, следует из различных мест его сочинения. Многое из того, о чем он сообщает, он наблюдал лично благодаря многообразию жизни императорского Рима. Не одно животное, описываемое им, доставлялось для арены или для пиршества в столицу мира из отдаленнейших местностей тогдашнего orpis antiquus. То же относится и к растениям. Сам Плиний рассказывает о ботаническом саде, устроенном одним римским ученым с целью исследовать действие трав [1]. Под его руководством Плиний познакомился со многими целебными растениями.

К учению о шарообразности земли присоединялся взгляд, что род человеческий распространен гораздо больше, чем предполагалось ранее; мало того — что должны существовать антиподы. „Наука и мнение толпы — говорит Плиний [2] — находятся в чрезвычайном противоречии. Согласно науке земля населена по всей окружности людьми, которые таким образом обращены друг к другу ногами, и все одинаково имеют над головами небосвод. Но, по мнению других, возникает вопрос, почему же антиподы не падают? Как будто неуместен был бы обратный вопрос, почему они не удивляются тому, что и мы не падаем. Но больше всего толпа возмущается, когда ее пытаются уверить, что и вода покрывает землю сводом. И все же нет ничего очевиднее, ибо повсюду висящие капли принимают форму шариков".

Из того обстоятельства, что продолжительность длиннейшего дня в Александрии равна 14, в Италии 15 и в Британии 17 часам, Плиний выводит, что смежные с полюсом страны должны иметь летом 24-часовой день, а во время зимнего солнцестояния столь же длинную ночь („Естественная история"), II, 75. Среди доказательств кривизны земной поверхности мы находим у Плиния также указание на то, что на море видны сперва мачты кораблей и лишь затем их корпус.

Так как в эпоху римского мирового господства учение о шарообразности земли стало общим достоянием образован-

---

[1] Подробная статья о древнем садоводстве в Paulys Realenzykl., Bd. VII, S. 768 — 841.

[2] „Естественная история", II, 65.

ных людей, то в отдельных случаях имелось уже правильное представление об отношении солнца к планетам. Вследствие этого не остались незамеченными позднейшими писателями зачатки гелиоцентрического учения, возникшие у греков. Поэтому Коперник мог связать свое учение непосредственно с воззрениями, дошедшими из древности [1].

Как явствует из „Естественной истории" Плиния, римляне приписывали луне и даже неподвижным звездам влияние на земные события, нами не признаваемое. Так например, здесь говорится [2] „Кому не известно, что при восходе Пса ощущается на далеком расстоянии влияние этого созвездия на землю? При восходе его бушует море, беспокойным становится вино в погребах и в болотах начинается брожение". Что луна играет важную роль в явлениях прилива и отлива было известно, но явление это получило чисто мистическое объяснение, причем луна рассматривалась как светило дыхания, поэтому при приближении луны все тела наполняются. Плиний утверждает даже, что при росте луны увеличиваются в размерах и раковины. Мало того, и количество крови в человеческом теле увеличивается и уменьшается, подобно свету этого светила [3]. „Морские приливы и отливы — говорит Плиний — при всем разнообразии их смены имеют все же причину лишь в солнце и луне. Между тем сроки их никогда не повторяются в тот же час, что и в предыдущий день, ибо они известным образом подчинены каждому светилу, ежедневно восходящему в другом месте. При полнолунии прилив сильнее всего. И прилив наступает через два часа после того, как луна начинает опускаться от полуденной линии, так как действия всех небесных явлений позже доходят до земли, чем совершаются самые явления. Открытая широкая поверхность моря ощущает силу далеко действующего светила сильнее, чем тесно ограниченные пространства. Поэтому ни озера, ни реки не приводятся таким образом в движение" [4].

Число звезд, которые у астрономов получили определенные названия, Плиний определяет в 1 600 [5]. Они возникли, по его мнению, из объемлющего вселенную огня и поддерживаются в висячем состоянии всеоживляющим, наполняющим все пространства воздухом, находящимся в непосред-

---

[1] По указанию самого Коперника, он читал у Цицерона и Плутарха, что гелиоцентрическое учение имело в древности приверженцев. Copernicus, De revolutionibus (Ausg. v. Curtze), S. 6.

[2] „Естественная история", II, 40.

[3] Loc. cit. II, 99.

[4] Loc. cit., II, 97.

[5] Loc. cit., XI, 3.

стренной близости к огню. Земля, несомая воздухом, покоится в пространстве, связанная с водой как четвертой стихией. Между землей и небосводом парят луна, солнце и пять планет. Благодаря своему движению последние называются блуждающими звездами, хотя ничто не блуждает меньше, чем именно они.

Такова в общих чертах картина мира, созданная древностью. В этом представлении уже больше нет места для былых антропоморфических богов, за которых держался еще народ под руководством жрецов. Таким образом уже в древности результатом всего духовного движения была непроходимая пропасть между наукой и верой. Между тем религиозные верования всегда пытались приспособиться к успехам знания. Так в древности научное движение явилось предпосылкой новой монотеистической формы религии. Если в новой картине мироздания уже не было места для прежнего множества богов, то теперь, как выражается Плиний, сама вселенная должна была явиться божеством. Этой пантеистической точке зрения Плиния соответствует его представление, что когда говорят о божестве, то можно иметь в виду только природу. Но от представления, что вселенная составляет одно целое, до веры, что вселенная, не будучи сама богом, является однако проявлением единого бога, был лишь один шаг. И это повело в эпоху, о которой идет речь, к основанию единобожия. Так как старая вера в богов была преодолена для образованного человека, то нехватало внутренней связи между человеком и богом-природой. Отсюда неудовлетворенность и пессимистическое мировоззрение [1], подготовившее в это время наилучшую почву для христианской религии. Достаточно вспомнить, что в качестве единственного утешения в несовершенстве бытия Плиний напоминает, что человек в любой миг может добровольно отказаться от этого бытия.

В области описательного естествознания Плиний сделал шаг назад в сравнении с Аристотелем и Теофрастом. Плиний вновь принимает без сомнений многие зоологические сообщения древнейших писателей, отнесенные Аристотелем в область баснословия. О систематическом построении зоологии и ботаники нет у него и речи. По отношению

[1] Неудовлетворенность и пессимизм людей позднеримской эпохи объясняются конечно не этой причиной, а глубоким хозяйственным кризисом и тревожным политическим состоянием Империи. Если эти причины проявлялись в писаниях представителей аристократии и отчасти средних слоев, то низы городского населения и рабы вообще никогда не имели оснований к оптимизму. *Ред.*

к ботанике он стоит гораздо ниже Теофраста, так как при классификации растений не сходит с чисто утилитарной точки зрения, разделяя растения на лекарственные, пряные и т. д. Наоборот, правильное представление мы находим у Плиния в отношении тех животных, которых Аристотель назвал бескровными. „Я согласен, — говорит он, — что у насекомых нет крови, но у них есть зато некоторая жизненная влажность, заменяющая для них кровь".

Посвященные ботанике книги его „Естественной истории" начинаются с деревьев, — не потому, правда, чтобы он видел в них высшую ступень растительной организации, но потому что они прежде всего удовлетворяют простейшие потребности человека. Прежде всего он перечисляет (книги 12 и 13) достойные внимания чужестранные деревья, согласно их географическому распространению. Затем он переходит к виноградной лозе, маслине и плодовым деревьям. Отдельная книга посвящена декоративным насаждениям и растениям, важным в пчеловодстве. Последние он разделяет на пригодные и портящие мед.

Подробнее всего распространяется Плиний о лекарственных растениях. При этом он проникнут мыслью, что и незаметнейшая травка должна обладать своей, хотя часто еще скрытой, целебной силой. И здесь, как и везде, руководящей мыслью „Естественной истории" остается убеждение, что природа создала все ради человека. Изложение подчинено таким образом утилитарному принципу, часто оставаясь в соответствии с этим довольно сухим и нередко сводясь к простому перечислению. Местами однако оно возвышается до риторического подъема, особенно там, где Плиний высказывает свое стоическое мировоззрение, или там, где он выступает как laudator temporis acti, т. е. восхвалитель доброго старого времени.

Главным источником ботанических познаний Плиния является Теофраст. Так например, у Теофраста он позаимствовал описание индийской флоры. Однако сделано это было без большого понимания и проникновения. Тонкое и точное в большинстве случаев огрублено, и эта часть у Плиния едва возвышается над массой прочих подробностей[1]. Собственные наблюдения приходилось Плинию ввиду вышеуказанного его образа жизни делать не часто. Если он иногда говорит в своем сочинении о наблюдении, то в большинстве случаев он имеет ввиду сделанные ему

[1] Ср. H. Bretzl, Die botanischen Forschungen des Alexanderzuges, Leipzig, 1903. См. также стр. 150 этого тома.

устные сообщения. Число растений, упоминаемых Плинием, довольно велико. Оно доходит почти до тысячи, т. е. здесь приблизительно вдвое больше видов, чем в перечислении Диоскурида[1]. Эти сообщения Плиния соответствуют его энциклопедической установке и достойны внимания, особенно если вспомнить, что Линней все богатство земной растительности оценивал лишь в десять тысяч видов.

Упомянем также о влиянии „Естественной истории" Плиния на потомство и о значении, которое она имела в естествознании. Ведь для ряда столетий нашей эры вплоть до возрождения наук, лишь немногие сочинения имели такое же значение, как „Естественная история". Она являлась важнейшим источником для всякого знакомства с естественно-научными и многими другими предметами. Это длилось до тех пор, пока научились ценить собственное наблюдение и исследование выше авторитета и книжной мудрости и таким образом начали закладывать основы нового естествознания. Часто при обсуждении трудов античных писателей забывают, что начатки старого знания не только доставили не мало ценного материала для нового естествознания, но самой своей неудовлетворенностью послужили толчком для дальнейшего его развития. С этим связано то, что, смотря по занимаемому нами положению, суждение о древнем писателе всегда необычайно неустойчиво и противоречиво. Это относится к Плинию в такой же степени, как к Теофрасту, Аристотелю и многим другим. То их возвеличивали до небес, то принижали, в том и другом случае редко оценивали согласно их действительному значению.

Даже Кювье и Бюффон, принадлежащие к наиболее выдающимся исследователям нового времени, не отказывали Плинию в признании. Так Бюффон в своей большой „Естественной истории", эпиграфом которой служат слова Плиния, говорит о нем: „Его сочинения охватывают не только животных, растения и минералы, но также географию и астрономию, медицину, историю торговли и искусств — словом все науки. Поразительна осведомленность Плиния во всех областях. Возвышенность мысли и красота выражения соединяются у него с глубокой ученостью".

Александр Гумбольдт, давший во втором томе своего „Космоса" историю физического мировоззрения, с признательностью упоминает о Плинии. Он называет „Естественную историю", равной которой, по его словам, нет ничего

[1] E. Meyer, Geschichte der Botanik, 4 Bände, 1854.

древности, грандиозной попыткой изображения мироздания. Несмотря на все недостатки этого произведения, пред автором витала единая всеобъемлющая картина мира. К этому можно прибавить, что Плиний пытался сделать для своего времени то, к чему стремился Гумбольдт в своем „Космосе". И если сам Плиний называл свое произведение энциклопедией, то надо иметь в виду, что это слово с тех пор переменило свое значение. Ибо в древности оно обозначало нечто в роде „цикла и изложения общих наук" (Гумбольдт, „Космос", т. II), между тем как теперь энциклопедией принято называть словарь и справочник. В новых исторических обзорах, составители которых, быть может, и не были знакомы с „Естественной историей" Плиния, автор ее иногда пренебрежительно называется поверхностным многознайкой и бездарным компилятором. При этом сами они являются не более, чем попугаями отрицательных суждений, пущенных в оборот в половине XIX в. относительно древности и ее писателей, особенно естествоиспытателями. В наши дни положено начало более основательной оценке исторического развития, так что в общем попытка измерять Плиния или Аристотеля мерой нового исследователя едва ли встретит теперь сочувствие. Чтобы установить точную меру, необходимо стремиться понимать их в соответствии с временем, породившим их, и сравнивать их сочинения с произведениями той же или близкой им эпохи. При этом взгляд прежде всего обращается к христианской и арабской литературе средних веков, и если сравнить „Естественную историю" Плиния с произведением этой литературы, ставящим себе те же цели, например с „Книгой природы" Конрада Мегенберга, то сочинение римлянина является в совершенно ином, истинном освещении.

Признанию, окружавшему „Естественную историю" Плиния в течение всего средневековья, соответствует то обстоятельство, что от этой эпохи дошло до нас множество — не менее двухсот — списков его сочинения. Из древнейших нет, правда, ни одного полного. Часто они представляют собой лишь отрывки. Но текст новейших списков убеждает, что они сводятся все к одному основному подлиннику.

Успехи анатомии и медицины.

Как у римлян, так и в Александрийской академии изучение животных и растений определялось прежде всего медицинскими и сельскохозейственными точками зрения. Существенным представлялось также освобождение от пред-

взятых мнений, препятствовавших до сих пор проникновению в строение и отправления человеческого тела. Уже вскоре после Аристотеля, анатомические познания которого по крайней мере по отношению к человеку были, как мы видели, еще очень незначительны, научились различать артерии и вены. Было замечено также, что разветвления их проходят близко друг к другу. Так как однако при вскрытии мертвого тела артерии оказались пустыми, то это привело к убеждению, что назначение артерий — проводить в живой организм воздух. Некоторые проникнутые, правда, еще многими неправильностями представления о кровообращении, истинное значение которого понял лишь Гарвей в XVII столетии, имел римский врач Гален[1] (131 — 201 г. н. э.). Гален родился в Пергаме. Он получил образование в Греции, но занимался врачебной практикой в Риме (164 — 201 г. н. э.) и читал здесь также лекции по анатомии, которую обогатил ценными работами, основанными на зоотомических исследованиях.

Гален видел в анатомии и физиологии основы медицины [2] и уже стремился решать физиологические вопросы экспериментальным путем. Кровообращение изображает он следующим образом, причем мы пользуемся современной терминологией [3]. „Через вены кровь притекает к правой части сердца. При посредстве сердечной теплоты еще пригодные части отделяются от непригодных. Последние чрез легочную артерию притекают к легким и при выдыхании удаляются, между тем, как легкие в то же время втягивают пневму из атмосферы [4]. Пневма через легочные вены проходит к левой стороне сердца, соединяется здесь с кровью, проходящей сквозь сердечную перегородку, и затем проходит через аорту во все части тела и наконец опять возвращается в вену".

Таким образом Гален [5] имел уже представление об общем кровообращении; однако ему оставалось неизвестным, что

---

[1] Гален опирался главным образом на Эразистрата, одного из виднейших анатомов до-христианской эпохи (род. в 280 г. до н. э.), вероятно исследовавшего также строение мозга. Его современник Герофил дал точное описание глаза.

[2] A. Hirsch, Geschichte der Medizin, S. 10.

[3] Haeser, Lehrbuch der Geschichte der Medizin, Iena, 1853, Bd. I, S. 154.

[4] Гален полагает, что впоследствии еще откроют живительную составную часть воздуха, которую он называет пневмой.

[5] Гален был необычайно плодовитым и многосторонним писателем. Известны заглавия (Christ, Geschichte der griechischen Literatur, S. 630) более 350 его сочинений, из которых сохранилось 118 подлинных и 45 со-

вся масса крови по совершении этого круговорота проходит через легкие. Вместо правильного представления о роли кислорода воздуха, которое стало возможным лишь вследствие понимания химических процессов, Гален принимает мистическую пневму, под которой понимали не самый воздух, но присущее ему оживляющее начало.

Сочинение Галена дает нам ясное представление об успехах анатомии в эпоху римского господства [1]. Оно заслуживает также особого внимания, потому что является единственным подробным изложением анатомии, дошедшим до нас от древности. Гален начинает с анатомии мозга и выходящих из него парных нервов. Затем следуют описания глаза, языка и губ. Движение объясняется действием мускулов, о которых Гален говорит, что они сокращаются и вновь ослабевают (Bd. II, S. 45, изд. Симона). Гален пришел к очень важным физиологическим выводам, так как он был одним из первых, прибегавших к вивисекции. Так мы находим в его книге описание действия, оказываемого перерезанием языкоглоточного (Glossopharyngeus), зрительного и слухового

мнительных. Содержание большинства посвящено медицине. Особенно ценился краткий терапевтический справочник (τέχνη ἰατρική), известный в средние века под названием „Микротехникум". Кроме того Гален написал ряд философских и драматических сочинений, например комментарий к „Тимею" Платона, к Аристотелю и Теофрасту. Главное издание сочинений Галена сделано Альдина, 1525 (изд. Шартрие, Париж, 1679). Обстоятельную оценку значения Галена см. в Paulys Realenzyklopedie, т. VII, стр. 578 — 591.

[1] Galenos. Семь книг Анатомии Галена. „ΑΝΑΤΟΜΙΚΩΝ ΕΓΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΒΙΒΛΙΟΝΘ—ΕΙ Впервые опубликованы по рукописям одного арабского перевода IX в., переведены на немецкий язык и комментированы Максом Симоном. I том:—арабский текст, II том—немецкий текст; Leipzig. J. C. Hinrichs. 1906.

Первые восемь книг „Анатомии" Галена и часть девятой книги известны в первоначальном греческом тексте. В них рассматриваются конечности, голова, шея, туловище, органы пищеварения и дыхания. Книги 9 — 15, изданные Симоном по арабской рукописи, до сих пор были почти неизвестны. Книга девятая дает описание мозга. В десятой описаны глаза, язык, пищевод; в одиннадцатой — гортань; в двенадцатой — половые органы; в тринадцатой — сосуды, в четырнадцатой и пятнадцатой — нервы. В этих семи книгах мы почти повсюду встречаем самостоятельные анатомические исследования на живых и мертвых животных, причем всегда имеется в виду человек. Во многих местах цитируется знаменитый александрийский анатом Эразистрат. Выставляется настойчивое требование, чтобы всякий, читающий по анатомии, старался собственными глазами наблюдать отдельные явления на теле животных.

Называть Галена Клавдием Галеном нет никакого основания: великого врача звали не Клавдий Гален, а просто Гален. См. Mitt. zu Gesch. d. Med. u. d. Naturwi., 1902. S. 3.

нервов. Особенно удивительны опыты над языкоглоточным нервом. Гален упоминает, что с каждой стороны языка имеется два нерва. Если перерезать одну пару, то весь язык лишается способности к самостоятельному движению, если же перерезать лишь один из этих нервов, то парализуется лишь половина языка [1]. Вторая пара нервов, — продолжает Гален, — не соединяется с мускулами, но разветвляется по поверхности языка, служа проводником ощущения. „Нерв переносит из мозга вкусовое ощущение", — говорится у него.

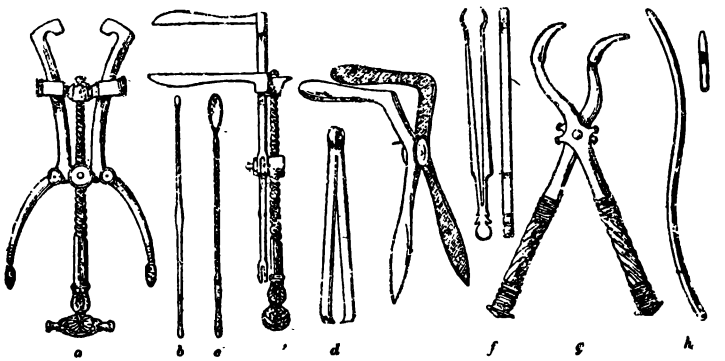


Рис. 43. Хирургические инструменты.

Интересно также данное Галеном описание мускула, подымающего веки, и особенно его анатомическое исследование нервов и мускулов гортани, — исследование, главной целью которого являлось для него установление сущности возникновения голоса. Одна книга Галена трактует о венах и артериях, другая — об органах размножения. Даны также описания зародыша с его оболочками и последа (плаценты).

Если для истории медицины очень важно то, что Гален изложил в цельной системе всю совокупность греческой медицины, то с чисто научной точки зрения величайшего интереса заслуживает метод Галена. Ибо он первый поставил исследование отправлений организма на почву широко проведенных опытов на живых животных [2]. Поэтому Гален по праву может быть назван основателем экспериментальной физиологии. В какой степени медицина продвинулась

[1] Изд. Симона, Bd. II. S. 94.

[2] Haeser, Geschichte der Medizin, 1875. Bd. I, S. 364. Между прочим Гален пытался уже составить представление о местоположении отдельных функций мозга, снимая слоями мозговую массу. Ср. Falk, Galens Lehre vom Nervensystem, Leipzig, 1871.

вперед благодаря успехам механики, показывают дошедшие до нас от древности хирургические инструменты (рис. 43.) Надо упомянуть также, что и Гален, как делали и за столетия до него составители гиппократовых сочинений, придавал великую важность гигиенически-диэтетической стороне медицины. Гален дал подробное изложение своих взглядов на действие воздуха и продуктов питания, а также оценил с медицинской точки зрения сон и бодрствование, спокойствие, движение и настроение духа. В этом профилактическом направлении следовала за ним в средние века Салернская школа [1].

Лишь благодаря тому обстоятельству, что Гален пришел к верному в общем представлению о сущности мускулов, сухожилий и нервов, возвысилась медицина до степени подлинной науки. Прежде всего из понимания анатомического строения тела извлекла пользу хирургия. Наоборот, зоология и ботаника потеряли свой научный характер в сравнении с подходом Аристотеля и Теофраста к этим областям знания, которые обследовались лишь ввиду их медицинского значения. Так незадолго до „Естественной истории" Плиния появилась „Фармакология" Диоскурида [2]. Здесь упоминается около 600 растений, но описание так поверхностно, что в большинстве случаев трудно определить, о каких видах идет речь.

У всех толкователей сочинений Диоскурида мы находим одну черту, встречающуюся у естественнонаучных писателей средних веков: слову приписывалось почти большее значение, чем самой вещи. Точная передача названий, возможно более полное перечисление синонимов, народных и тайных обозначений занимают в этих сочинениях первое место. Были даже писатели, главным предметом для которых являлась номенклатура растений и связанные с этим рассуждения об особенностях грамматических и синонимических [3]. Ботаника занимала Диоскурида лишь постольку, поскольку этого требовала его цель. Он отказался от обычного у его пред-

[1] Подробности у Gerster-Braunfels. Abriss der Geschichte der Jatrohygiene vom Altertum bis zur Neuzeit.

[2] Диоскорид жил в I в. н. э. Точное начертание его имени — Диоскурид, но общепринята форма — Диоскорид. Он был грек и в качестве римского военного врача посетил многие страны. Его сочинения изданы по-гречески и по-латыни Шпренгелем, 1829 (гораздо лучше новое издание Вельмана). Они сохранились во многих списках. Знаменит иллюстрированный манускрипт VI в., приобретенный в Константинополе для Максимилиана II и хранящийся в Венской библиотеке (ср. Christ, Geschichte der griechischen Literatur, München, 1889, S. 629.

[3] E. Meyer, Geschichte der Botanik. Bd. II, S. 113.

шественников алфавитного расположения растений, чтобы объединять их группы, представлявшиеся ему естественными. При этом он впал не в одну ошибку. Правда, трудно определить, что он нашел сам и что позаимствовал от своих предшественников.

Сочинение Диоскурида имело в продолжение средних веков и позже большое значение. „То, чем для позднейших времен,—говорит Мейер в своей „Истории ботаники“, — была «Systema naturae» Линнея, тем для этой эпохи была „Фармакология“ Диоскурида, с той только разницей, что от творения Линнея не задумались итти дальше, тогда как на сочинении Диоскурида, наоборот, спали, как на подушке. Тем не менее Диоскурид не только в течение средних веков считался неоспоримым авторитетом в указанной области, но еще основатели новой ботаники в начале XVI в. отправлялись во многом от него. Ими двигало при этом стремление вновь найти описанные Диоскуридом растения, чем возбуждалась к новой жизни любовь к природе.

В то время как греки в области ботаники являются теоретиками [1], римляне согласно своему утилитарному духу занимались больше прикладной ботаникой. В этом отношении оказали на них влияние карфагеняне. У последних еще в VI в. до н. э., стало быть задолго до греческих георгиков, появилось сочинение Магона о сельском хозяйстве, впоследствии по приказу римского сената переведенное на латинский язык. Значение карфагенян в этой области вероятно связано с их зависимостью от финикийской культуры [2]. Интерес римлян к ботанике усиливался еще тем, что они с особенной любовью занимались садоводством. Так у них явились парники, где молодые растения охранялись от холода, но освещались солнечными лучами через окна из слюды [3].

Знамениты были также сады императора Адриана в его поместьи в Тибуре, нынешнем Тиволи. Дачи римских богачей, расположенные по скалистому побережью Средиземного моря, также отличались богатым садовым убранством. Римские сады страдали однако также некоторой искусственностью, так что были голоса, как например Горация, проповедывавшие возвращение к природе.

Одно из лучших сочинений о сельском хозяйстве составлено М. Порцием Катоном (ум. в 149 г. до н. э.), цензором,

[1] O. Warburg; Geschichte der angewandten Botanik (Berichte der Deutsch. bot. Ges., XIX, 1901 S. 159).

[2] Warburg, loc. cit. Основные сведения о земледелии у древних народов, см. в статье „Ackerbau“ в Paulys Realenz, 1894, S. 261 и сл.

[3] Сенека упоминает о них как о новом изобретении.

знаменитым своим стремлением вернуть римлян к простоте и чистоте нравов[1]. Сочинение Катона начинается с похвалы земледелию и содержит наставления, касающиеся плодоводства, хлебопашества и заведение других полезных растений [2]. Мы указывали уже на него как на один из источников Плиния.

Ботаника как вспомогательная наука медицины.

Достигший большой известности в качестве анатома и врача, Гален занимался растениями с мидицинской точки зрения. В своих путешествиях, приведших его в Грецию, Малую Азию, Египет и Палестину, он старался собирать и наблюдать в местах их естественного произрастания все растения, которым приписывалось целебное действие. Какое значение придавалось этому предмету, явствует также из того, что римские императоры этой эпохи содержали на Крите собирателей трав, так как лекарственные растения этого острова ценились особенно высоко. Гален возражал против этого мнения и держался взгляда, что в Италии произрастают одинаково действующие лекарственные растения.

Благодаря археологическим раскопкам наше время имело возможность непосредственно познакомиться с растениями, которыми занимался древний мир. К растениям, открытым в египетских гробницах, присоединились растительные остатки, найденные в помпейских раскопках. Они хранятся в Национальном музее в Неаполе, и в некоторой части сохранились так хорошо, что поддаются определению [3].

Особый интерес, иногда владевший даже коронованными особами, проявляли в древности к ядовитым растениям. Так, по рассказу Плутарха („Жизнь Деметрия"), пергамский царь

---

[1] Cato, De re rustica. Лучшее издание Кейля (1892).

[2] Марк Теренций Варрон, живший при Цицероне, также написал книгу о сельском хозяйстве. Подробности см. среди источников Плиния. „De re rustica" Варрона также издана Кейлем в 1884 году.

[3] L. Wittmack, Die in Pompeji gefundenen pflanzlichen Reste. Englers Botanische Jahrbücher, Bd. 33 (1903). S. 38 — 63. Среди прочих определены: Allium cepa (лук), Amygdalus communis (сладкий миндаль). Castanea vesca (сладкий каштан), Corylus avellana (лесной орех), Juglans regia (грецкий орех), Lens esculenta (чечевица), Olea europea (маслина), Panicum italicum (могар), Panicum milliaceum (просо), Phoenix dactilifera (финик), Pinus Picea (ель), Jisum sativum (горох). Prunus persika (персик) Triticum vulgare (пшеница), Vicia Faba (бобы), Vitis vinifera (виноград). Эти остатки представляют собой семена и плоды. На помпейских фресках мы находим изображение около пятидесяти растений, которые удалось определить; в других случаях это оказалось невозможным Comes, Darstellung der Pflancen in den Malereien von Pompeji, Stuttgart, 1895.

Аттал сам возделывал ядовитые растения, как например белену, чемерицу, болиголов, волчьи ягоды и занимался изучением действия их соков. Пергам вообще в области наук соперничал некоторое время с Александрией.

Взгляд римлян на природу у Лукреция и Сенеки.

Кроме Плиния особого упоминания заслуживают два других римских писателя, также писавшие по естествознанию, Лукреций и Сенека. Лукреций Кар (он умер в 55 г. до н. э.) изложил свои натурфилософские, восходящие к Эпикуру воззрения, в дидактической поэме, содержащей много любопытного. Она называется „De rerum natura" (О природе вещей), очень высоко ценилась среди литературных произведений до августовской эпохи и как по форме, так и по содержанию является подражанием греческим образцам. Среди своих источников Лукреций наряду с Эмпедоклом, „прекраснейшим сокровищем плодоносного сицилийского острова", называет прежде всего Эпикура. Из сочинений этого „мужа, превосходящего других мудрецов, как солнце затмевает звезды", почерпал он „золотые слова", предлагаемые нам его дидактической поэмой. Поэтическое изложение механического мировоззрения едва ли является благодарной задачей для поэта. Тем большего восхищения заслуживает способ, которым решил ее Лукреций, достойно увенчанный за это музами [1]. Не только красота сравнений и жизненное описание могучих явлений природы захватывает нас в его произведении, но прежде всего творческая сила мировоззрения, покоящегося на отрицании всякой веры в богов и иных суеверий. В отношении его представлений о явлениях природы мы вынуждены ограничиться здесь немногими указаниями. Ничто не возникает из ничего, — говорит Лукреций вместе с Демокритом и Эпикуром, — если бы этого хотели даже боги. Но природа всегда порождает одно из другого. Вещи по Лукрецию состоят из бесконечно малых частиц. Иначе было бы например совершенно необъяснимо, почему находящиеся в употреблении металлические предметы постепенно становятся тоньше. Так как при абсолютной заполненности пространства было бы невозможно движение, то необходимо предположить, что частицы не плотно стиснуты друг с другом, но разделены пустыми промежутками. Затем все имеет вес.

[1] К Лукрецию относится стих Виргилия: Felix, qui potuit rerum cognoscere causas (Счастлив, кто мог познать причины вещей), — изречение впоследствии применявшееся к Ньютону. См. „Георгики" Виргилия, II. 490.

В пустом пространстве даже пламя имеет вес. Его стремление кверху обусловлено тем, что, несмотря на его природную тяжесть, течение воздуха гонит его вверх, подобно тому как тяжелое дерево всплывает в воде. Звук, свет и теплота для Лукреция — материальные истечения. Своеобразна его, заимствованная у Эпикура, теория зрения. Согласно этой теории, мы воспринимаем вещи таким образом, что от их поверхности отделяются тонкие оболочки, которые по воздуху притекают к нашему глазу. Явление магнетизма также объясняется тем, что тончайшие частицы истекают из магнита. Даже молния по мнению Лукреция состоит из гладких маленьких частиц. Намек на закон сохранения материи и силы можно видеть в следующих стихах („О природе вещей", II, 294 — 307):

Вся совокупность материи не была сжата плотнее
В целом своем никогда, как и не была более редкой,
Так как ничто не приходит в нее и ничто в ней не гибнет.
А потому и движение, в котором первичные тельца
Вечно бывают, с начала веков оставалось все тем же;
Тем же путем и впоследствии тельца те двигаться будут.
То, что они порождали, рождать при условиях тех же
Будут и дальше они. Существует, растет здоровеет
Все здесь, поскольку назначено то по законам природы,
И никакое усилие порядок вещей изменить не способно.
Ибо не может ничто из материи прочь отделиться,
Бывши в нее заключено; и напротив, не могут ворваться
Новые силы в нее, при посредстве которых возможно
Переиначить природу вещей и порядок движения.

(Перевод И. Рачинского).

Интересно объяснение, даваемое Лукрецием отношению между ощущением и материей. Он приписывает ощущение не самим атомам, но лишь их сочетанию. Ибо,—говорит он,—человеческие атомы не могут ведь плакать и смеяться. Таким образом материализм Лукреция возвышается над грубым материализмом Демокрита. Затем он высказывает замечательные взгляды на явления физической географии. Так постоянство уровня моря он объясняет как следствие круговорота воды. По его предположению, вода из моря подземными путями возвращается в горы и, отложив там свою соль, изливается в виде источников [1]. Землетрясение объясняется тем, что внутренность земли наполнена пустотами, реками, болотами и нагромождением камня.

[1] По Витрувию, наоборот, источники питаются водой, ниспавшей на землю в виде дождя и пропитавшейся в нее.

Пустоты рушатся и это производит сотрясения, именуемые землетрясениями.

Не менее чем сочинения Лукреция замечательны „Quaestiones naturales“ (Естественные вопросы) римского поэта и философа Сенеки, умершего в 65 г. н. э.[1]. Сенека полагает, что зрение есть обманчивое чувство, так как например весло в воде кажется сломанным. Радугу он считает отражением солнца, так как некоторые зеркала,—говорит он, — устроены таким образом, что они растягивают предметы до невероятных размеров. У Сенеки мы находим также единственное указание на то, что древние были знакомы с призмой, и наблюдали явления спектра. Сенека говорит, что если взять куски стекла со многими ребрами и пропустить через них солнечные лучи, то можно видеть радуги. Он упоминает также о стеклянных шарах, наполненных водою, и о способности их увеличивать предметы, находящиеся за ними [2]. О том, что римляне были знакомы с оптическими свойствами шлифованных стекол, говорит также одно замечание Плиния. Он упоминает о том, что Нерон для того чтобы лучше видеть, смотрел сквозь изумруд. Этот камень был вогнутый и таким образом мог „собирать зрительные лучи“ [3]. В раскопках (напр. в Помпее) иногда находили стеклянные чечевицы, очевидно служившие зажигательными стеклами. В ниневийских раскопках также найдена плоско-выпуклая чечевица из горного хрусталя, вероятно тоже служившая для оптических целей [4].

Звук по Сенеке есть давление воздуха. В этом взгляде, приблизительно совпадающем с действительностью, он сходится с Витрувием, который в противоположность Лукрецию, видящему во всем истечения, рассматривает звук как сотрясение воздуха. Это сотрясение, по Витрувию, подобно камню, брошенному в воду, образует круговые волны. Только волны, образуемые звуком, распространяются не только по поверхности, но и в ширину и в вышину (т. е. шарообразно).

В третьей книге мы встречаемся с намеком на периодическую смену в судьбе миров, называемую apokatastasis. Согласно этому учению, по сообщению Бероса, земля должна истлеть в пламени, когда все планеты соединятся в созвездии Рака и таким образом образуют одну прямую линию. Нао-

---

[1] Впрочем, это сочинение вероятно значительно искажено позднейшими вставками.

[2] Quaest. natur. 1,6.

[3] Плиний, „Естественная история“ 37,5. Это место однако неясно и толкование его сомнительно.

[4] Poggendorfs annalen Ergänzungsband 4, S. 452.

борот, когда это соединение светил повторится в созвездии Козерога, наступит всемирный потоп.

Высота естественно научного мировоззрении Сенеки находит лучшее выражение в его взгляде на кометы. Современники его,—говорит он, — убеждены, что кометы возникают из сгущенного воздуха. Он же считает их „вечными созданиями природы" потому именно, что им свойственно круговращение [1].

О наблюдательности и проницательности Сенеки свидетельствуют также его взгляды на геологические явления. Землетрясения объясняются частью обвалом пустот, имеющихся внутри земли, частью скоплением там газов. Вулканы образуют соединительные пути между поверхностью и расплавленным ядром внутри земли. Среди вулканов, перечисляемых Сенекой, нет упоминания о Везувии, тогда как Страбон ввиду находящихся вблизи него шлаков считает его угасшим вулканом. Многие замечания Сенеки о размывающей и отлагающей деятельности воды и об образовании отложений согласуются с новейшими геологическими воззрениями и „неизменно свидетельствуют о здравом смысле" [2]. Витрувий в своем сочинении „Об архитектуре" также высказывает взгляд, что вблизи Везувия внутренность земли вероятно раскалена. Он заключает это из того, что подле Байи из земли вырываются горячие пары. Далее Витрувий на основании рассказа о том, что в древние времена расплавленная внутренность земли приводила к извержениям Везувия, объясняет этим накоплением в окрестностях Помпеи пемзы, которая возникла из другого камня вследствие жара. Витрувий упоминает также („Об архитектуре" 8, 3), что есть источники, которые силой своей кислоты могут растворять камни мочевого пузыря, подобно тому как уксус растворяет яичную скорлупу [3].

Химические знания и их применение.

Мы узнаем у Плиния кой-что и о минералогических и химических знаниях [4] римлян. Всего обстоятельнее он занимается стеклом. Он изображает его производство из песка, соды (nitrum) и раковин. Ему известно также, что при посредстве

[1] Seneca, Quaestiones, VII, 22 и 23.

[2] Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie, 1899, S. 10.

[3] О химических знаниях Плиния см. в Lippmann Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften Leipzig, 1906. Во втором томе этого сборника (Лейпциг, 1913) сведены указания относительно химических познаний греков.

[4] Плиний, 36, 64.

стеклянных или хрустальных шариков, равно как посредством стеклянных сосудов, наполненных водою, можно под лучами солнца произвести сильный жар[1]. Римляне устраивали даже теплицы с стеклянными стенами, чтобы таким образом рано получать свежую зелень У Плиния уже упоминаются также зеркала, изготовленные из стекла. В новых раскопках и найдены такие зеркала. Подкладка этих древних зеркал состоит иногда из чистого свинца[2], иногда из других металлов.

Плиний сообщает также о важнейших красках и их применении. Он упоминает крапп и индиго, которыми окрашивают шерсть. Ему однако оставалось неизвестным, каким способом добывают в Индии индиго. Дальше всех в искусстве окрашивания пошли по сообщению Плиния египтяне. Он рассказывает, что они обрабатывали ткани перед окраской особыми жидкостями (протравами).

Плинию известно было и мыло. Он рассказывает, что галлы и германцы изготовляют мыло посредством кипячения сала с золой сожженных растений. Вероятно щелочь золы делалась едкой посредством примеси извести[3].

Многое о химических знаниях эпохи римского господства мы узнаем также из фармакологии Диоскурида, составленной около 75 г. н. э. Так он говорит о лужении котлов. Что известные минералы, облитые уксусом, производят газ, было известно уже в древности. Плиний связывает с этим замечание, что уксус сильнее огня, ибо он побеждает скалы, сопротивляющиеся огню[4].

6. ЗАВЕРШЕНИЕ АНТИЧНОЙ НАУКИ.

К эпохе всемирного господства Рима относится новый расцвет Александрийской академии. Правда, присоединенная к ней большая библиотека в значительной части погибла уже в 47 г. до н. э. В возмещение этого в Александрию попали многочисленные свитки пергамской библиотеки. Другая, менее значительная, библиотека находилась там в помеще-

---

[1] Плиний, 36, 66 — 67.

[2] Jahresbericht über die Fortschr. d. klass. Altertumswi, 1902, Bd. III, S. 26 — 82.

[3] Меуер, Geschichte der Chemie, 1914 S. 17.

[4] Известные рассказы о предпринятом Ганнибалом и другими „растворении" раскаленных скал уксусом сводятся, однако, по Липпману, к чисто суеверному представлению, что уксусу присущ чрезвычайный холод и что соединение этой крайности с пылом огня вызывает также совершенно необычайное действие.

нии Серапейона. Она погибла в конце VI столетия при возмущении, вызванном христианами. Несмотря на это, Александрия еще долго после VI в. н. э. оставалась значительнейшей высшей школой Востока [1].

Птолемеева система.

Среди александрийских ученых первых веков нашей эры наиболее прославлено имя Птолемея. Мы обратимся прежде всего к его заслугам в развитии астрономии и географии.

Птолемей жил во II в. н. э. в Александрии. Величайшие заслуги имел он в качестве математика, астронома, физика и географа. По всем вероятиям он родился в Птолемаиде, в Верхнем Египте. Кроме этого о его жизни неизвестно почти ничего. Он является автором многочисленных сочинений, сохранившихся частью в оригинале, частью на арабском или латинском языке. Важнейшим из них являются „География", „Альмагест" (главное сочинение по астрономии), „Оптика".

Система мироздания, предложенная Аристархом, была правда счастливой идеей; но одна гелиоцентрическая точка зрения еще не могла явиться твердой основой для точного изображения происходящих на небе процессов. Поэтому система его не могла в древности сделаться общепринятой тем более, что не было механических понятий, которые должны были быть согласованы с системой. Так Птолемей привел возражение, которое впоследствии делалось также Копернику и Галилею, но было последним опровегнуто, а именно, что вращение земли вокруг оси должно вызвать отклонение брошенного вертикально вверх тела. Кроме того Птолемею, как всему древнему миру, казалось неопровержимой истиной высказанное Аристотелем предположение, что движение небесных тел, как божественных и вечных, непременно должно быть равномерно и кругообразно. Между тем можно было видеть, что как планеты, так и солнце и луна двигаются по небу неподвижных звезд то быстрее, то медленнее, первые как будто иногда даже останавливались и двигались то вперед, то назад.

Неравномерность годичного солнечного движения проявилась для Птолемея прежде всего в том, что солнце для продвижения от точки осеннего равноденствия к точке весен-

[1] Об александрийских книжных богатствах и судьбах их см. Ritschel, Breslau, 1838 и F. Schemel, Die Hochschule von Alexandrien im 4. u. 5. Jahrh. n. Chr. Neue Jahrbücher für das klass. Altertum, 1909. S. 438.

Как указано здесь, большая библиотека с ее 400 тысяч томов была уничтожена лишь в 272 г. н. э.

него требует в течение зимнего полугодия 178 дней 18 ч., между тем как другую половину эклиптики, т. е. путь от точки весеннего до точки осеннего равноденствия оно проходит в гораздо более продолжительное время, а именно в 186 дней и 11 часов[1]. Эта неправильность, называемая „первым неравенством", объясняется, как мы знаем теперь, тем, что небесные тела движутся не по кругам, но по эллипсам. „Второе неравенство", имеющее место лишь у планет, объясняется тем, что мы делаем наши наблюдения, находясь на земле, которая сама движется вокруг солнца. Именно этим обстоятельством объясняются кажущиеся остановки и обратные движения планет. Равным образом уже Птолемей заметил, что в движении луны имеется отклонение, носящее название эвекции. Мы объясняем его теперь нарушениями лунного движения, вызываемыми солнцем. Это самая значительная из неправильностей лунного движения, превышающая величиной один градус.

Уже Платон называл важнейшей задачей астрономии сведение наблюдаемых, неравномерных движений к правильным, однообразным, так как, — говорил он, — нет никакой причины, чтобы небесные тела двигались не однообразно. Первым, пытавшимся дать решение поставленной Платоном задачи, был его ученик Евдокс Книдский. Он пользовался при этом теорией гомоцентрических сфер, и ему удалось изобразить второе первенство, как закономерно определенный феномен движения. По Евдоксу, каждая планета укреплена на вращающейся сфере. Полюсы этой сферы лежат в другой сфере, также вращающейся вокруг оси. Оставалось только так выбрать скорости этих сфер и такое положение их осей, чтобы по возможности удовлетворить действительному течению явлений. Для этой цели необходимо было для луны и солнца принять по три, а для каждой планеты по четыре сферы. Лучше всего удавалось таким образом свести к определенному до некоторой степени правилу движения более отдаленных планет, — Сатурна и Юпитера. Величайшие трудности представлял Марс, на котором впоследствии Тихо де Браге и Кеплер должны были после бесконечных стараний открыть истинное течение движения планет.

Чтобы лучше согласовать теорию с действительными явлениями, впоследствии пришлось еще увеличить число

[1] Johannes Frischauf, Grundriss der theoretischen Astronomie und der Geschichte der Planetentheorien. Leipzig, 1903. S. 104.

Изменение быстроты видимого солнечного движения объясняется тем, что земля зимой ближе к солнцу, чем летом.

сфер [1]. По другому пути пошли Гиппарх и Птолемей. Для объяснения первого неравенства они воспользовались эксцентрическими кругами, а для второго — эпициклом [2]. Для объяснения неравномерности годичного движения солнца Гиппарх принимал, что земля смещена из центра круга, по которому равномерно движется солнце. Теперь легко было найти такую величину этого эксцентрицитета, чтобы она согласовалась с течением явлений. Допущение эксцентрических кругов однако не объясняло движения луны, не говоря уже о движении планет. Поэтому Птолемей вернулся к мысли, высказанной математиком Аполлонием, и привлек на помощь два или большее число круговых движений (рисунок 44). Пусть E будет земля, вокруг которой радиусом R=Mm описан эксцентрический круг. По последнему движется однако не исследуемое небесное тело, но центр кругового пути pqts, по которому с равномерной быстротой движется планета. Этот круговой путь есть эпицикл; вся теория поэтому называется теорией эпициклов. Ясно, что небесное тело, видимое с земли, в p движется быстрее, чем в t, где его движение противоположно движению эпицикла. Очевидно также, что несмотря на равномерность движения, удовлетворяющего требование Платона, могут иметь место кажущиеся остановки. Надо было только избрать такое отношение r и ME к R, а также времена обращения вокруг M и m, чтобы эти гипотетические движения удовлетворяли действительному течению явлений и последнее могло быть вычислено из принятых соотношений. Если же вычисления не совпадали с новыми, произведенными на основании расчета наблюдениями, то вводили третий эпицикл, центр которого описывал круг pqts. Посредством сочетания таких круговых движений, очевидно, можно изобразить всякое движение, протекающее по определенным законам по любому пути.

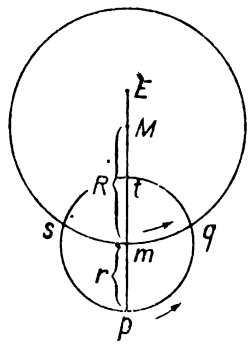


Рис. 44. К уяснению теории эпициклов.

Птолемей применил теорию эпициклов прежде всего к объяснению движения луны. Что расстояние луны от земли подвержено значительным колебаниям, явствовало для него из того факта, что видимый диаметр луны, по его наблю-

[1] Это сделал Калипп.

[2] Эксцентрический круг, связанный с эпициклом, получил название деферирующего.

дениям, колеблется между $31^1/_3$ и $35^1/_3$ минутами. Таким образом Аристотель был прав, когда утверждал, что „тот же самый кружок при равном расстоянии от глаза иногда закрывает луну, иногда нет".

Для объяснения обращения луны Птолемей предположил, что светило описывает эпицикл, проходимый в промежуток времени, в течение которого луна возвращается к той же конечной точке большой оси своего пути. Центр этого эпицикла обегает землю по кругу, наклоненному к эклиптике, в соответствии с склонением лунной орбиты. Продолжительность этого кругооборота определяется возвращением к узлам, точкам, в которых пересекаются эклиптика и лунная орбита. Таким путем Птолемей достиг согласия между вычислением и наблюдением, по крайней мере для тогдашнего уровня астрономической науки.

Того же результата Птолемей стремился добиться при помощи эпициклов и эксцентрических кругов по отношению к движению планет. Однако здесь трудности были пожалуй еще больше.

Пока на теорию эпициклов смотрели как на простую вспомогательную гипотезу, она не вызывала возражений. Ведь и в наши дни мы пользуемся для описания естественных явлений различными фикциями, которые лишь тогда становятся опасными для прогресса науки, когда мы приучаемся видеть в них подлинную основу явлений. Напомним хотя бы о допущении магнитных и электрических жидкостей, в существование которых не верит ни один физик, хотя они часто кладутся в основание элементарного описания магнитных и электрических явлений. Однако с постепенным усложнением таких гипотез применение их становится все более трудным. По этой причине теория эпициклов носила в себе зерно гибели, хотя ее господству предстояло быть продолжительным. Ибо даже Коперник, уже посадив, как он выражался, солнце на его царский престол посреди вращающихся вокруг него светил, был тотчас же вынужден воспользоваться эпициклом как вспомогательной конструкцией, потому что он был убежден в кругообразном движении планет. Правда, при принятии гелиоцентрического учения отпадало так называемое „второе отклонение", проистекающее из того, что земля рассматривалась как центр небесных движений. Иначе обстояло дело с „первым отклонением", происходящим от того, что небесные тела движутся не по кругам, а по эллипсам. Так как Коперник и не думал о возможности какого-либо иного движения, кроме кругообразного, то ему для объяснения первого отклонения не оставалось ничего

иного, как применить теорию эпициклов. Птолемей изложил астрономические и тригонометрические знания своего времени, значительно умножив и расширив их, в руководстве, названном арабами Альмагест [1] и считавшемся на протяжении всего средневековья астрономическим евангелием.

Необходимость усовершенствования приведенных Птолемеем каталогов планет чувствовалась уже в средние века. Поэтому в 1250 г. Альфонс, король кастильский, собрал ученых, составивших новые, так называемые альфонсовы астрономические таблицы, представляющие значительный прогресс в сравнении с таблицами Птолемея. Несмотря на возрастающую сложность теории эпициклов, она осталась неприкосновенной. Это, по рассказам, вызвало замечание короля Альфонса, что вселенная была бы проще, если бы при сотворении мира господь бог привлек его к совету.

Кроме вышеизложенной и соответствующей тогдашнему уровню астрономии теории эпициклов, мы находим в Альмагесте продолжение работы над определением местоположения неподвижных звезд, начатой уже прежними александрийскими астрономами и Гиппархом [2]. Перечень, составленный Птолемеем, содержит 1022 звезды, определенных как по их положению среди принятых у греков созвездий, так и по долготе и широте [3].

Птолемей продолжил также исследование открытой Гиппархом прецессии, величина которой была определена приблизительно в один градус в столетие. Подтверждение этого явления имело чрезвычайную важность, так как Гиппарх мог опираться лишь на неточные наблюдения древних александрийцев.

Прежде чем закончить перечисление астрономических заслуг Птолемея, остановимся еще кое на чем из содержа-

---

[1] Произошло это название от арабского члена al и первого слова греческого заглавия (ἡ Μεγίστη σύνταξις). Перевод на арабский язык был сделан не позже 827 г. С XII столетия Альмагест неоднократно переводился на латинский. Неудовлетворительное издание греческого текста вместе с французским переводом дал Гальма (два тома, Париж, 1813—1816). Греческо-латинское издание редактировали Вильберг и Грасгоф, Эссен, 1838—1845. Из новых исследователей, сделавших Альмагест доступным, должен быть наряду с Гейбергом назван и Манициус (Des Claudius Ptolemäus Handbuch der Astronomie. Aus dem Griechischen übersetzt von Karl Manitius, Leipzig, 1912).

[2] Число видимых простым глазом неподвижных звезд доходит до 4—5 тысяч. Гиппарх составил первый научный каталог неподвижных звезд с указанием их положений и величин.

[3] Он составляет VII книгу Альмагеста и в 1795 году издан в переводе с объяснениями Б о д е: Claudius Ptolemäus'Beobachtung und Beschreibung der Gestirne, Berlin, 1795.

ния Альмагеста, что даст представление о воззрениях, до которых возвысилась александрийская астрономия. Земля есть шар. Она нахоеится в середине неба, но в сравнении с громадностью небесных пространств может считаться лишь точкой. Тогда как земля стоит неподвижно, светила движутся по окружностям. Таковы положения, стоящие во главе всего сочинения. Длина года определяется в Альмагесте в 365 дней 5 часов 55 минут. Земля в 39 раз больше луны, солнце же больше луны в 6 600 раз. Что касается расстояний, то указано, что луна отделена от нас равно на 59, а солнца—на 1 210 земных радиусов.

Расстояния светил от земли распределяются по Птолемею следующим образом: за луной следует прежде всего Меркурий, затем Венера и наконец солнце. Затем идут Марс, Юпитер и Сатурн. За этими семью планетами, число которых было умножено открытием Урана, сделанным лишь Гершелем, следуют неподвижные звезды.

К изображению этой системы мироздания, носящей его имя, Птолемей присоединяет изложение основ плоской и сферической тригонометрии, важнейших подсобных дисциплин астрономии.

Подсобные дисциплины для астрономии.

Астрономические успехи Птолемея стали возможными потому, что обе важнейшие вспомогательные для астрономии науки,—математика и измерительное искусство, — поднялись на значительную высоту. Важнейшей подготовительной работой в области математики явилось сочинение астронома Менелая Александрийского, набюдения которого над звездами упоминаются в Альмагесте. Менелай составил труд об исчислении хорд, не дошедший до нас, и второй — под названием „Сферика", где изложены начала сферической тригонометрии. „Сферика" дошла до нас лишь в переводах [1]. Менелай уже устанавливает положение, принадлежащее Галлею, что в каждом сферическом треугольнике сумма трех углов больше двух прямых. Он доказывает, что против равных сторон сферического треугольника лежат равные, а против неравных — неравные углы, и против бо́льших сторон лежат бо́льшие углы. Его сочинение содержит важнейшие теоремы о конгруэнтности сферических треугольников, далее, те теоремы о трансверсалях в плоском и сферическом треугольнике, которые до сих пор носят название „теорем Менелая". В области плоской и сферической

[1] Лучшее издание, принадлежащее Палелю, появилось в Оксфорде в 1758 г.

тригонометрии Птолемей завершил начатое Гиппархом и Менелаем. Он придал этой науке форму, пригодную для астрономического употребления и удержавшуюся, как и его учение, долее тысячи лет.

Последним среди великих математиков древности должен быть назван александриец Диофант. Ему принадлежит сочинение об арифметике, от которого сохранилась приблизительно половина[1]. Он дал ему название ἀριθμητικά и таким образом сделал шаг в область, почти неисследованную.

У Диофанта мы встречаем уже некоторые обозначения и сокращения, тогда как до него действия производились по преимуществу при посредстве слов и разве лишь (как у древних египтян) при помощи некоторых специальных выражений. Для обозначения искомого неизвестного (наш x) Диофант употреблял сигму ς, единственную греческую букву, не обозначавшую никакого определенного числа. Для второй степени он употребляет знак δν̃ (δύναμις = квадрат), для третьей κν̃ (κύβος = куб). Шестую степень Диофант обозначал κν̃ κ̃ν̃. Высшие степени у него не встречаются. Для обозначения вычитания он употребляет особый знак (⅄ = перевернутое Ψ). Величины, подлежащие сложению, он ставит рядом друг с другом без всякого знака. Имеется даже знак равенства ι, сокращение от ἴσοι, равно[2]. Эти примеры достаточно убеждают нас в том, что мы встречаемся у Диофанта с приемами, объясняющими его выдающиеся успехи. Существенным недостатком диофантовой алгебры является то, что она не знает еще противоположения положительных и отрицательных величин. Это имеет свое основание в том, что Диофант образует только такие разности, при которых уменьшаемое больше вычитаемого. Вычесть большее число из меньшего — алгебраический прием, ведущий к понятию отрицательного числа — казалось ему чем-то невозможным. Если решение уравнения приводило к отрицательным величинам, то Диофант объявлял такой случай недопустимым. Особое значение это ограничение имело в решении квадратных уравнений, с которыми Диофант обнаруживает превосходное знакомство. У него мы встречаемся также с первым кубическим уравнением, но это единственный случай. К тому же и соответственное уравнение могло быть сведено к уравнению низшей степени[3]. Диофант даст решение, не указывая метода его получения.

[1] Первое знакомство с сочинениями Диофанта доставил их латинский перевод Ксиландера (Базель, 1575).

[2] M. Cantor, Geschichte der Mathematik. Bd. I. S. 402.

[3] Диофант, кн. VI, 19. Подробности см. Cantor, I. S. 407.

Особенно характерно для Диофанта то, что он почти во всех задачах отходит от частных случаев и возвышается до общего рассмотрения. Ввиду этого положение, занимаемое Диофантом в развитии науки, может считаться исключительным. Совершенно неожиданно, без всякой подготовки встают перед нами его творения, столь отличные от всего, им предшествующего. В произведениях этого математика веет совершенно не тот дух, что в произведениях классических геометров [1]. И подобно тому, как мы не знаем подготовительных работ и предшественников Диофанта, так в течение тысячелетия, следующего за ним, мы не видим математиков, которые пытались бы продолжать начатое им. Лишь в начале нового времени сумели приобщиться к Диофанту и создать высшую математику, важнейшим элементом которой являются, как у Диофанта, общие числа, взятые сами по себе и в их отношении к геометрическим и физическим величинам.

Диофант жил вероятно в III в. н. э; во всяком случае его сочинение написано позже произведений Птолемея. На развитие древней астрономии оно не оказало никакого влияния [2].

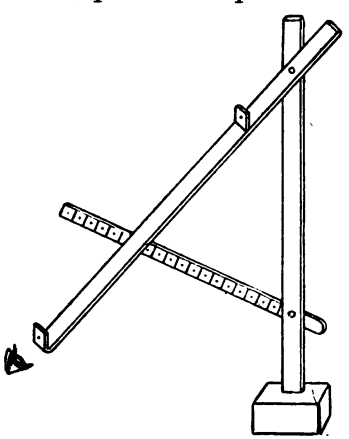


Рис. 45. Параллактическая линейка.

Не менее, чем математическими достижениями своих предшественников, Птолемей сумел воспользоваться успехами геодезии. В эпоху юности астрономии расстояния на небосводе измерялись вероятно диаметрами луны, для чего пользовались двумя вращающимися на шарнире стержнями, в точке пересечения которых находился глаз наблюдателя. Александрийцы пользовались для измерения углов двумя приборами. В одном применялось прямолинейное деление, в другом — деление окружности. К первому виду принадлежит параллактическая линейка (рис. 45), называемая также Regula Ptolemaica и описанная Птолемеем в „Альмагесте". Она состоит из вращающегося вертикального стержня, около верхнего конца которого движется другой

[1] Hankel. Die Entwicklung der Mathematik in den letzten Jahrhunderten. S. 10.

[2] Первое пригодное издание сделано Галлеем. Оксфорд, 1758.

стержень равной длины с диоптрами для наведения на звезду. В нижнем конце отвесного стержня приделан третий, вращающийся стержень с делениями. Этот стержень можно двигать по желобку диоптрической линейки. При измерении высоты положение диоптрической линейки отсчитывается по второй подвижной линейке, а затем по таблице хорд находится соответственный угол.

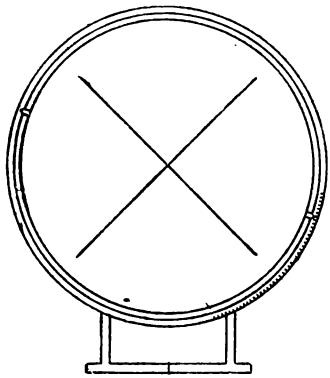


Рис. 46. Армилла Птолемея. Схематический чертеж по Альмагесту.

Птолемей однако по примеру Аристилла и Тимохариса (300 г. до н. э.) пользовался также так называемыми армиллами — соединенными между собой кругами с градусными делениями. Эрагосфен еще в 220 г. до н. э. построил в Александрии армиллы значительных размеров и при помощи этих инструментов определил расстояние между тропиками в $^{11}/_{83}$ окружности. Одна из армилл, которыми пользовался Птолемей, изображена на рис. 46 [1]. Она состояла из медного или бронзового кольца, разделенного на 360°. Кольцо было укреплено на столбе в вертикальном положении и совпадало с направлением меридиана. В этом кольце вращалось второе кольцо с двумя диаметрально противоположными шпеньками. Для определения полуденной высоты солнца поворачивали внутреннее кольцо до тех пор, пока тень одного шпенька не падала на другой шпенек. Армиллярная сфера состояла из двух скрепленных друг с другом под прямым углом кругов, из коих один лежал в плоскости меридиана, другой — в плоскости небесного экватора. В меридианном круге вращался третий круг, ось которого совпадала с осью мира. В этом третьем круге двигался четвертый, концентрический круг. Нахождение точки на небе производилось посредством диоптров, между тем как градусное деление давало возможность отсчитывать склонение и часовой угол. В основание прибора таким образом была положена мысль воспроизвести в малом виде окружности и круговые движения, замеченные на небосводе. Для измерения углов служило также астрономическое

[1] Repsold, Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge, 1908.

кольцо, или астролябия [1]. Она состояла из двух концентрических движимых в противоположном направлени кругов, снабженных каждый парой противостоящих диоптров. Для измерения горизонтальных углов круг клали; если надо было измерить вертикальные углы, его подвешивали.

Кроме армилл Птолемей, подобно халдейским астрономам, пользовался также каменными стенными квадрантами, закрепленными в плоскости меридиана.

Мы видим таким образом, как велика была уже при древнейших астрономических наблюдениях зависимость исследователя от искусства механика. Поэтому развитие астрономии шло всегда неизменно рука об руку с постоянным усовершенствованием и возрастающей точностью измерительных приборов. Уже устройство кольцевых инструментов, которыми пользовались александрийцы, требовало выдающегося уменья. „Даже в наши дни—так гласит приговор выдающегося знатока точной механики Репсольда — точности таких измерительных приборов, пригодных для элементарных наблюдений, можно было бы ожидать лишь от очень умелого работника, пользующегося токарным станком[2]“.

Для измерения времени, имеющего в астрономии такую же важность, пользовались, как это делали уже халдеи, водяными часами. Уже в V в. до н. э. не удовлетворялись определением часов дня по длине тени, но строили водяные часы (клепсидры). Мы встречаем такие приборы, даже с будильниками, в IV в. до н. э. [3]. Применяемые при этом приборы усовершенствовал живший в 270 г. до н. э. александриец Ктезибий, считающийся также изобретателем пожарного насоса, водяных органов и т. д. и нашедший

---

[1] Буквально „хвататель звезд“. О дошедших до нас астролябиях см. в Bericht über die Ausstellung im South Kensington Museum (Berlin, 1877, S. 394 и сл.).

По „Альмагесту“ (V, I) астролябия, которою пользовался Птолемей, представляла собой нечто вроде армиллярной сферы, так как она состояла из сочетания отчасти неподвижных, отчасти подвижных кругов, снабженных диоптрами. История астролябии подробно изложена с иллюстрациями Иосифом Франком в Sitzungsberichte der phys.-med. Sozietät zu Erlangen. Первоначально предназначенный для определения положения звезд прибор постепенно подвергался различным видоизменениям, которые все носят название астролябий; изображения их часто встречаются в древнейших астрономических сочинениях.

[2] Repsold, a. a. O. S. 6.

[3] Diels. Antike Technik, S. 25. В сохранившейся до наших дней Башне ветров в Афинах находились водяные часы, а снаружи устроены были солнечные часы и флюгер. Под карнизом аллегорически изображены восемь главных ветров. На них и указывала стрелка флюгера в зависимости от направления дующего ветра.

продолжателя в Героне. Для того чтобы отверстие, через которое протекает в его часах вода, оставалось неизменным, Ктезибий изготовлял втулку не из обыкновенного металла, а из золота или драгоценного камня. Он обеспечил также постоянный уровень воды в верхнем сосуде для того, чтобы в равные промежутки времени из него всегда вытекало равное количество воды. Иногда устраивалось так, что вытекающая вода поднимала предметы, движение которых передавалось колесам, а затем стрелкам.

Успехи географии.

География обязана Птолемею подобно „Альмагесту" так же, как и Гиппарху, значительными успехами. Составленное им около 140 г. н. э. руководство по этой науке [1] почти до конца средних веков не имело соперников. Благодаря этим двум сочинениям Птолемей явился одним из величайших учителей для всех времен, так как с „Альмагестом" и „Географией" связаны великие открытия, сделанные новым временем в области астрономии и географии. Как в Альмагесте, так и в Географии заключено поразительное богатство фактов. В Географии определено по широтам и долготам положение не менее 5000 мест известной тогда части земной поверхности. Это не только города, но и устья рек, горы и другие достойные внимания места. Определение широты было сделано с такой точностью, что карты, начерченные по указаниям Птолемея в меридиальном направлении, страдают лишь незначительными неправильностями. Птолемей сам преподал указания относительно определения места и черчения карт. Приложенные к старым спискам его Географии карты (10 карт Европы, 5 Африки и 12 Азии) относятся однако лишь к VI столетию, хотя несомненно восходят к античным образцам. „Они являются, — говорит Риттер [2], — основой всех новых географических карт. Без них едва ли наши карты достигли бы нынешней степени совершенства".

Мы уже занимались приемами, применявшимися древними для определения долгот. Результаты их были очень несовершенны [3]. К тому же и в древности уже меняли положение первого меридиана. Так Птолемей перенес начало исчисления

---

[1] Издано Ноббе (3 тома, Лейпциг, 1843 — 1845); нем. перевод 21 — 24 глав, принадлежащий Т. Шенс, напечатан в Jahresber. d. Gymnasiums zu Chemnitz. 1909.

[2] C. Ritter. Geschichte der Erdkunde u. d. Entdeckungen Berlin, 1861.

[3] Так Марин исчислял размеры известного древним мира [От Счастливых островов (остр. Зеленого Мыса) до южного берега Китая] в 225° долготы. Птолемей ограничил это протяжение до 180°. В действительности оно равно 140°.

от меридиана, проходящего через остров Родос, к счастливым островам Дальнего запада. Это представляло то преимущество, что для известных местностей земли отпадало различие между восточной и западной долготами.

При картографическом изображении известной ему части земной поверхности Птолемей не мог больше оставить без внимания ее кривизну. Необходимо было поэтому применить метод, позволяющий изображать части шаровой поверхности на плоскости. Эту задачу Птолемей решил, предложив метод проекции, легший в основание дальнейшего развития картографии.

Предшественник Птолемея Марин Тирский изображал круги параллелей и долгот в виде прямых линий, причем последние чертил параллельно друг дугу. Поэтому градусы долготы становились для северных стран земли слишком большими, что Птолемей и старался исправить посредством своего метода проекции. Птолемей разъясняет свой метод следующими словами: „Правильно будет, если изображать меридианы прямыми линиями, чертить градусы широты в виде отрезков кругов, проводимых из одного и того же центра. Последний предполагается находящимся на отвесной линии над северным полюсом. Отсюда можно чертить меридианы в виде прямых линий, так чтобы было обеспечено приблизительно сходство с шаровой поверхностью. Это достигается тем, что меридианы остаются перпендикулярными к окружности широты и сходятся в общем полюсе".

В то время, как математическая часть географии в связи с значительными успехами астрономии развивалась очень успешно, физическая география также не отставала от нее. Громадное значение имело тут расширение кругозора, вызванное римскими завоевательными походами, и связанная с ним космополитическая точка зрения, согласно которой вся земля являлась местопребыванием человека. Особенно ярко выражена эта точка зрения у Страбона, о „Географии" которого Гумбольд [1] говорит, что она разнообразием и грандиозностью превосходит все географические труды древности. В согласии с взглядами нынешних геологов Страбон утверждает, что острова и целые материки подняты вулканическими силами. „Не только малые острова могут быть под-

[1] „География" Страбона переведена на немецкий язык Форбигером (Штутгарт, 1856 — 1862); новое издание Мейнеке (Лейпциг, 1886). См. A. v. Humboldt, Examen critique de l'histoire de la géographie. ,I 152 — 154. Страбон был греческого происхождения, но жил по преимуществу в Риме. Он родился в 63 г. до н. э. и объездил большую часть римского государства. Писал он по-гречески.

няты,— говорит он (кн. 1, гл. 3), — но также большие и даже материки". О Сицилии он говорит, что „ее можно считать не осколком Италии, но предположить, что она поднята из глубины огнем Этны". Однако Страбон обсуждает также возможность того, что Сицилия оторвана от Италии землетрясением. В качестве доказательства возникновения островов вулканическим путем он приводит то, что в 196 г. до н. э. вблизи Теры, нынешнего Санторина, при вулканических явлениях поднялся из моря остров окружностью в 12 стадий. Как в Сицилии, так и на Капри и других близких к берегу островах Страбон видит прежние части материка, между тем как острова, лежащие в открытомом море, подобно упомянутому новообразованию вблизи Теры, возникли вследствие вулканической деятельности.

У Страбона же мы впервые встречаемся с предположением, что вулканы представляют собой предохранительные клапаны земли. Ибо древние утверждали, что по их наблюдениям во времена повышенной деятельности Этны и вулканов, лежащих вблизи Сицилии, последняя меньше страдает от землетрясения.

Окаменелости были также правильно поняты Страбоном. Так, рассматривая чечевицеобразные нуммулиты известняка, из которого выстроены гизехские пирамиды, он возражает против предположения, будто это затвердевшие остатки еды строительных рабочих. Уже Эратосфен по его словам упоминал, что в тысячах стадий от моря случалось находить улиток и ракушки [1]. Поэтому следует думать, что некогда большая часть суши была в течение некоторого времени залита наводнением, а затем вновь высохла. Дно моря так же по его мнению неровно, как и поверхность суши, откуда и проистекают разные глубины моря.

В качестве доказательства чрезвычайно значительного передвижения морского берега, имевшее место в историческое время, Страбон упоминает о былом приморском городе южнее устья По, ныне лежащем в 90 стадиях от берега. С тех пор этот берег, как известно, еще значительно дальше отошел от моря, так что Равенна, которая во времена Страбона была еще приморским городом, теперь находится в 7 км. от берега.

Страбон имеет правильное представление о размывающей деятельности воды, о причине приливов и отливов, равно как о понижении температуры при подъеме в высь. Он пред-

[1] Эратосфен видел также в соляных озерах Суэцкого перешейка доказательство того, что перешеек этот раньше был покрыт морем.

полагает даже существование второй материковой массы, существующей наряду с континентом Европы, Азии и Африки, и говорит: „Возможно, что в том же умеренном поясе, проходящем через Атлантический океан, есть кроме обитаемой нами земли еще другая или даже многие земли". Колумб, наоборот, руководился предположением, что путешествие на запад должно непосредственно привести к восточному побережью азиатского материка.

К концу древности римляне пришли также к довольно ясным представлениям о явлениях физической географии. Так Витрувий [1] видвинул довольно правильную теорию образования водных источников вместе с основанным на ней наставлением к их отысканию; в то же время Сенека [2] довольно правильно описывает изменения, производимые на земной поверхности водою, и объясняет большие приливы тем, что при этом кроме луны действует и солнце.

Довольно значительны были познания в области описательной географии стран, накоплявшиеся в продолжение последних столетий до начала нашей эры. Что касается знакомства с отдельными странами, то землеописание Страбона счастливо восполняет географию Птолемея. Страбон занимался больше европейскими, Птолемей — азиатскими странами. Только по отношению к северной и восточной Германии сообщения Птолемея содержательнее. „Птолемей,— говорит Ранке [3], — своим описанием земель по ту сторону Рейна и Дуная открыл новый мир". Он разрушил также легенду, будто Каспийское море соединяется с океаном и доказал замкнутость Каспийского бассейна. Свое изложение Птолемей основывал главным образом на географических знаниях финикиян и на сообщениях, приносимых ему караванной торговлей. Множество материалов доставили также походы Александра Македонского, могучее распространение римской державы, равно как путешествия, совершавшиеся тогдашними географами вместе с войсками в свите наместников и в составе посольств. Таким образом например в эпоху Птолемея об Индии знали гораздо больше, чем во времена Меркатора в конце XVI столетия [4].

---

[1] Vitruvius, De architectura, VIII, 1.

[2] Сенека. Naturales quaestiones. III, 5 и 28. Остается все еще спорным, тождествен ли он с драматургом и философом Сенекой, жившим в Риме от 4 г. до н. э. до 65 г. н. э. Немецкий перевод его естественно-научных сочинений издан Мозером и Паули. (Штутгарт, 1828 — 1855); новое издание вышло под редакцией Гаазе (Лейпциг, 1893 и 1895).

[3] „Weltgeschichte", III, 313.

[4] O. Peschel, Geschichte der Erbkunde, S. 12.

По рассказу Геродота (IV, 42), египетской фараон Нехо в 600 г. до н. э. отправил финикийские корабли из Красного моря в плавание вокруг всей Африки, так чтобы они вернулись через Гибралтарский пролив в Египет. Плавание продолжалось будто бы три года. Рассказ Геродота часто возбуждал сомнения. Несомненно во всяком случае, что в древности путешественники не раз пересекали экватор, ибо мореплаватели по возвращении рассказывали, что, огибая Ливию в западном направлении, они в полдень видели солнце справа, т. е. на севере. Геродот прибавляет к этому сообщению, что оно кажется ему невероятным; быть может, другие ему поверят. Этот рассказ Геродота приводили в доказательство того, что плавание вокруг Африки действительно имело место [1].

Путешествия Марина Тирского [2] были источником, которым Птолемей особенно широко пользовался при составлении своей географии, заключающей восемь книг. В связи с развитой торговлей, которую вели финикийские портовые города, там располагали обширными знаниями обо всех землях, островах и морях, посещаемых финикийскими кораблями. На основании этого материала Марин начертил карту, хранившуюся под названием Тирской всемирной карты в александрийской библиотеке.

Меридианы и параллели у Марина изображались прямыми, пересекающимися под прямым углом. Для известной тогда части земли (от 30° до 40° широты) этот способ проекции, называемый „плоским", дает сеть прямоугольников. Для экватора, как для средней широты, сеть должна была бы состоять из квадратов.

Карта Марина Тирского делает его основателем математической географии. Исходной точкой для него был прямоугольный крест, образованный меридианом и параллелью Родоса (36°), откуда исходила сеть пересекающихся под прямым углом линий.

Птолемей говорит о Марине, работы которого являлись для него опорой, что он располагал таким богатством сообщений древних и новых и был знаком с таким множеством рассказов и сочинений о путешествиях, как ни один из его предшественников. В соответствии с этими сообщения Птолемея об азиатских странах гораздо богаче, чем дошедшие до нас от римских географов. Так Птолемей называет мно-

[1] C. Ritter, Geschichte der Erdkunde und Entdeckungen. Berlin, 1861.

[2] Марин Тирский жил во II в. н. э. незадолго до Птолемея. Он пытался определять широту и долготу для каждой местности.

гочисленные города, реки и горы острова Цейлона (Тапробана), о котором Плиний едва упоминает. Птолемею известны также Зондские острова. С передней Индией он знаком так хорошо, что указывает не только местоположение 39 городов, но и сообщает продолжительность самого длинного дня в них по точным наблюдениям. Реки и горы Индии, называемые им, не были известны европейцам вплоть до XVI столетия.

Географические знания финикиян, на которые опирался Птолемей, простирались таким образом не только на моря и побережья, но и на внутренние части материков. Он описывает даже сухопутный путь от Ефрата через Бактрию и высокий горный хребет, простирающийся до Китая [1].

Дальнейшие успехи физики.

Во главе этого периода мы поставили в качестве важнейшего научного события успехи астрономии и расцветшей в первые века нашей эры вместе с нею географии. Остановимся теперь на естественных науках, продвинувшихся не так далеко. В дохристианскую эпоху механика достигла высшей точки своего развития в лице Архимеда и Герона. Главным ее представителем в рассматриваемое время является александриец Папп, имеющий также заслуги по отношению к дальнейшему развитию математики. Папп жил в конце III в. до н. э. Дошедшее до нас сочинение его состоит из 8 книг и называется „Собрание“ [2]. Последняя книга занята главным образом геометрически обоснованными механическими теориями, как например учением о центре тяжести и о наклонной плоскости. Здесь рассматривается также задача поднятия данной тяжести данной силой при посредстве зубчатых колес, диаметры которых находятся в известных отношениях. В седьмой книге Паппа заключается важное положение, лишь в XVII в. получившее всеобщую известность под названием „Правила Гульдина“, а именно теорема о том, что объем тела вращения равен произведению площади вращающейся поверхности на путь, проходимой ее центром тяжести. Надо прибавить, что у Паппа, как ни у кого из его предшественников, встречается в столь широком объеме

[1] Карты, содержащиеся в дошедших до нас рукописях „Географии“, принадлежат, правда, не самому Птолемею, но одному из его младших современников, подвергшему существовавшие карты исправлению и улучшению.

[2] Издание с латинским переводом под ред. Ф. Гульча. Берлин, 1876—1878. В 1871 г. изданы 7-я и 8-я книги с немецким переводом Гергардта.

применение букв для обозначения общих величин, что мы можем видеть в этом зачатки буквенного счисления.

Об успехах оптики и акустики во время первого расцвета александрийской школы мы говорили уже раньше. Замечательно, что и в эпоху второго расцвета оптика также сделала большие успехи. Виновником их был тот же Птолемей, заслуги которого в области астрономии и географии мы только что так высоко ценили[1]. Ибо у Птолемея мы находим одну из замечательных попыток подвергнуть физическое явление индуктивному исследованию, вообще столь мало обычному в древности.

Речь идет об отклонении светового луча при переходе его из одной среды в среду другой плотности, между тем как свет в той же среде распространяется всегда прямолинейно. Даже от ранних наблюдателей не могло ускользнуть, что преломление это тем больше, чем наклоннее свет к поверхности, разграничивающей обе среды. Первый шаг на пути индуктивного исследования должен был заключаться в попытке измерить явление и определить опытным путем для ряда углов падения величину соответствующих углов преломления. Последнее было сделано Птолемеем. При посредстве изготовленного для этой цели прибора он измерил для углов падения в 10°, 20°, 30° и т. д. соответственные углы преломления. Его прибор состоял из круга, разделенного на градусы (рис 47) и погруженного до центра в воду. Определение производилось следующим образом: луч *BC* направляется через марку *B* части круга, находящейся над поверхностью воды, *MN*, в центр круга, *C*. Здесь, при вступлении луча в воду, происходит преломление. Преломившийся луч *CD* продолжает свой путь под водой, пока не пересечет окружность снова в точке *D*, которую можно отсчитать на градусном делении. Величины, полученные Птолемеем таким образом, приведены в следующей таблице:

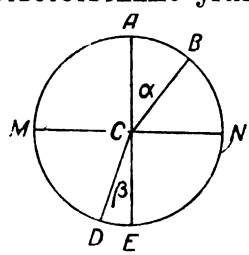


Рис. 47. Птолемей измеряет угол преломления.

Угол падения (α)	Угол преломления (β)	Вместо
10°	8°	(7°29′)
20°	15°30′	(14°51′)
30°	22°30′	(22°)

[1] О своеобразных судьбах „Оптики“ Птоломея рассказывает Вильде в своей Geschichte der Optik, Bd. I, S. 51. Здесь рассказано, что это сочинение было известно Роджеру Бэкону, Региомонтану и даже еще в начале XVII столетия. Затем в течение долгого времени оно считалось

Угол падения (α)	Угол преломления (β)	Вместо
40°	29°	(28°49′)
50°	35°	(34° 3′)
60°	40°30′	(40°30′)
70°	45°50′	(44°48′)
80°	50°	(47°36′)

Показатель преломления [1] для перехода света из воздуха в воду оказывается таким образом равным 1,31, тогда как по новейшим измерениям он равен 1,33. Таким образом принимая во внимание способ исследования, результат надо признать довольно точным, — доказательство того, что Птолемей выполнял одно из важнейших требований точного исследования — детальную тонкость измерения.

Полученным при этом результатом Птолемей воспользовался также для объяснения одного астрономического явления. По его умозаключению, луч света при прохождении через атмосферу должен также испытывать преломление, постепенно увеличивающееся от зенита к горизонту и известное под названием атмосферической рефракции. Влияние этой рефракции он обнаружил например в том, что по его наблюдениям расстояние между полюсами светила при восходе и заходе оказывалось меньше, чем в момент высшей кульминации.

После измерения ближайший шаг по пути индуктивного исследования заключается в отыскании закономерного отношения между данной и найденной величинами. Птолемей попытался сделать и этот шаг в области физики. Если ему и не удалось свести найденные отношения к математическому выражению, то все же он формулировал основной закон диоптрики, указав, что луч света при переходе из среды менее плотной в более плотную преломляется в направлении к перпендикуляру, опущенному на разделяющую поверхность. Он считает даже вероятным, что для каждых двух веществ существует одно определенное отношение между углом падения и углом преломления.

После этого успеха проблема преломления долго не двигалась вперед. Правда, ею занимались арабы, проявлявшие особую деятельность именно в области оптики [2]. Они все же не пошли много дальше Птолемея. Занимался этим вопросом и Иоган Кепелер, произведший измерение преломле-

---

потерянным, пока несколько десятилетий назад не было вновь открыто в латинском переводе с арабского. Критическое издание под ред. Джильберто Гови: L'ottica, di Claudio Tolemeo, Torino, 1885.

[1] Величины, означенные в скобках, получены на основании показателя преломления $\pi = 1{,}3335$ (по J. Hirschberg, Ztschr. fr. Psych. und Phys. der Sinnesorgane. XVI, S. 331).

[2] Альхас в 7-й книге своей „Оптики". См. ниже в этом томе.

ния по методу, который будет описан ниже, и введший понятие предельного угла. Окончательное решение этой задачи было найдено лишь в XVII в. Снеллиусом, с которым мы познакомимся в дальнейшем, как создателем закона преломления.

Заслуживает также упоминания сочинение Дамиана об оптике [1]. О жизни Дамиана неизвестно ничего. Сочинение его об оптике во всяком случае написано позже труда Птолемея. Оригинально обоснование, которое Дамиан дает оптическим воззрениям греков. Приведем поэтому несколько отрывков в вольном переводе:

„Вид наших глаз, которые не пусты, — подобно прочим органам чувств, предназначенным поэтому для принятия чего-либо, — но шарообразны, доказывает, что от нас исходит излучение. Что это излучение есть свет, в этом убеждают искры, сверкающие из глаз. У ночных животных глаза светятся даже ночью. Еще очевиднее будет это, если мы обратим внимание на сходство нашего зрительного органа с солнцем.

Так как зрительные лучи, исходящие из нашего глаза, должны возможно скорее достигнуть видимого предмета, то они должны двигаться по прямой линии. И далее, если они должны охватить его возможно всестороннее, они должны направляться к нему в круговой форме. Ибо природа имеет обыкновение делать все, что полезно живому существу. Чтобы встретить видимые предметы в круговой форме, зрительные лучи должны иметь вид либо цилиндра, либо конуса. О цилиндре не может идти речь, так как в этом случае невозможно было бы охватить предметы, которые больше, чем глаз. Очевидно поэтому, что зрительные лучи имеют форму конуса.

Прямолинейное движение зрительного луча, его отражение и его вне времени совершающееся распространение на далекое расстояние, — все это можно наблюдать и на солнечных лучах. И наш зрительный луч также способен держать путь сквозь те предметы, сквозь которые проникают солнечные лучи, как например „стекло и воду".

Рассмотрев успехи в области астрономии, географии и физики, достигнутые главным образом при содействии Птолемея, окинем общим взглядом достояние, которым располагал древний мир в римско-александрийскую эпоху в прочих отраслях естествознания. В то время как механика, оптика и акустика уже покоились на научных основаниях, в области теплоты, магнетизма и электричества не удавалось переступить за пределы нескольких грубых наблюде-

[1] Оно издано по-гречески и по-немецки Р. Шене. Берлин, 1897.

ний и смутных указаний. Магнитный камень и способность его притягивать железо были известны уже с самой ранней греческой древности. Так как душе приписывалась способность двигать предметы, то и полагали, что магнит так же, как животное и растение, обладает душой [1].

Не могло долго оставаться скрытым также свойство магнита действовать сквозь другие вещества. Так Лукреций, подробно останавливающийся в своей поэме „О природе вещей" на магнетических явлениях, рассказывает (VI, стр. 1043 и сл.):

Также и то наблюдал я, как прыгают в медном сосуде
Самофракийские кольца железные или опилки
В случае, если под этим сосудом есть камень магнитный [2].

(Перевод И. Рачинского).

Лукреций описывает также возбуждающие в несведущих людях величайшее изумление, известные уже Платону цепи, состоящие из железных намагниченных звеньев, которые не входят друг в друга, но лишь соприкасаются между собой. Он пытается даже дать объяснение магнетических явлений. Как из многих других тел, так и из магнита истекают частицы, вытесняющие окружающий воздух. Вследствие этого (VI, 999 — 1005):

Прежде всего непременно от камня того истекает
Телец первичных порыв, разгоняющий силой ударов
Воздуха столб, расположенный между железом и камнем.
Как только это пространство пустеет и место в средине
Опорожняется, тотчас первичные тельца железа
Внутрь пустоты той врываются вместе, притом происходит,
Что вслед за ними кольцо само тащится в целом составе.

(Перевод И. Рачинского).

От внимания древних [3], как видно, ускользнуло, что магнит имеет два полюса, между которыми расположена индифферентная зона. Они также не имели понятия о направляющей силе, тогда как китайцы были знакомы с ней еще до начала нашей эры.

---

[1] Так у Аристотеля (О душе, I, 2) говорится: „Фалес также кажется считал душу движущим, так как он говорит о магните, что последний обладает душой, ибо двигает железо".

[2] Лукреций жил от 98 до 55 г. до н. е. Его состоящее из 6 книг сочинение „О природе вещей" занимается основами физики, психологии и этики. Следует отметить 4-е издание Lachmann'a (Берлин, 1871). Перевод на немецкий язык сделан Seydel'ем (Мюнхен, 1881). Имеется русский перевод Рачинского.

[3] Знания древних в области магнетических и электрических явлений обстоятельно передает, приводя многочисленные литературные выдержки, A. Nrbanitzky в 34-м томе „Elektrotechnische Bibliothek". Wien, 1887.

Одно из основных явлений электричества, возбуждаемого трением, стало во всяком случае известно древним народам, как только они путем торговых сношений познакомились с янтарем, который с особенной очевидностью притягивает при трении легкие тела. Так Плиний („Естественная история", кн. 37, гл. XII) говорит: „Вообще янтарь, получивший от трения пальцами жизненную теплоту, притягивает сухие листочки, соломинки и ниточки так же, как магнит — железо". Янтарь древние называли „электроном". Из этого слова возникло обозначение свойства, замеченного впервые в янтаре, — „электричество".

Это свойство древние, как видно, замечали и в других телах[1], но они не подозревали о существовании связи между этим свойством и грозою. Правда философы не усматривали уже в молнии и громе, как это делал народ, скованный воззрениями языческой естественной религии, выстрелы и голос Зевса. Но они были еще очень далеки от правильного объяснения явления. Анаксимандр например считал молнию сгущенным в облаках воздухом, который внезапно взрывается с грохотом.

Плиний говорит о громе и молнии: „Если ветер вырывается из большой пустоты, придавленной книзу тучей, то он называется ураганом. Если ветер возгорается в то мгновение, когда пронизывают тучу, то это молния. Нет ничего удивительного, что молния видна раньше, чем слышен гром, хотя возникают они одновременно. Ибо свет быстрее звука. Гром и молния возникают одновременно, — так установила природа" („Естественная история", кн. 2, гл. 50 и 55).

Знакомы были древним также тихие электрические разряды, известные под названием блуждающих огней. Плиний описывает это явление следующим образом: „Возникают звезды даже на земле и на суше. Я сам видел ночью на копьях караульных солдат за окопами огонек этого вида. И на реях и других частей кораблей являются такие же звезды с своеобразным, ясно слышным звуком, причем они, подобно птицам, часто меняют место" („Естественная история", кн. 2, гл. 37).

Из многих письменных указаний и материальных остатков древности (позолоченные шпили храмов, обитые медью шесты) считали возможным вывести заключение, что древние народы уже употребляли громоотводы. Но из оценки существующего материала явствует, что о сознательном при-

[1] Так Теофраст в своей книге о камнях упоминает о благородном камне, который от трения становится электрическим.

менении громоотводов до Веньямина Франклина не может итти речь [1].

Известно было древним также явление животного электричества, но оно равным образом ускользало от их понимания. Ведь атмосферные явления получили объяснение в связи с законами статического электричества лишь в XVIII в., а понимание законов животного электричества было достигнуто лишь в новейшее время после открытия гальванизма. „Гнюс (электрический скат) владеет опасным ядом, — говорит греческий автор составленного во II столетии н. э. сочинения [2]: — от природы он слаб и так медлителен, что кажется, будто он может только ползать. С каждой стороны у него есть ткань, которая всякого кого она коснется, тотчас лишает силы, замораживает его кровь и парализует конечности". Плиний подозревает, что здесь дело идет о совершенно своеобразном явлении, ибо он говорит; „Гнюс парализует самую сильную руку, даже издали, если только дотронуться до него копьем. Из этого ясно видно, что существуют невидимые силы" („Естественная история", кн. 32, гл. 1 и 2). Что и человеческое тело, подобно копью, может быть проводником этого своеобразного действия, есть, правда, открытие нового времени, но другой древний писатель (Элиан, 9,14) упоминает, что толчки чувствуются уже в том случае, если из сосуда, в котором находится гнюс, пролить воду на руку или на ногу.

Медицина не замедлила воспользоваться этим замечательным явлением. Так Гален сообщает, что пробовали приблизить к человеку, страдающему головной болью, живого гнюса, который оказался болеутоляющим средством[3]. Авиценна (Ибн Сина), переработавший на арабском языке сочинения Галена, повторяет это указание.

Зачатки химии.

Если физика в древности, по крайней мере в некоторых отраслях, могла похвалиться известной научностью, то не так обстояло дело по отношению к химии. Здесь понимание существа явлений могло быть лишь следствием многочисленных целесообразно поставленных опытов, а древность была мало склонна к такому направлению исследования. Все, что мы можем сообщить о зачатках химии, это то, что

---

[1] R. Hennig, Archiv f. Gesch. d. Naturw. u. Tehnik. Bd. II, H. 1.
[2] Oppian, De piscat., 2, 43.
[3] Galeni opera, изд. C. S. Kühne, Bd. XII, S. 365.

благодаря медицине и промышленности, особенно горному делу, пришлось понемногу познакомиться с рядом химических процессов, но связать эти процессы между собою или с другими группами явлений не удавалось никому. Все объяснения изменений в составе тел являлись чистыми умствованиями, для проверки которых не было еще никаких способов.

Величайшие влияния на дальнейшие занятия химическими явлениями оказало учение, сводившее мир к единому первичному веществу, открывающемуся чувством в четырех проявлениях в виде стихий: огня, земли, воздуха и воды. В согласии с этим учением стояло возникшее в конце древнего мира стремление превратить неблагородные металлы в благородные — проблема, рассматривавшаяся на протяжении всего средневековья, как основная цель и задача химии.

Знакомство с металлами и с их применением было довольно широко распространено в древности. Так например, свинец, который, подобно железу, редко находится в чистом виде и добывается из свинцовой руды, находил уже в древнем Риме применение для водопроводных труб. Олово и цинк были известны не в чистом виде, но в качестве составных частей сплавов. Последние получались от прибавления окиси олова или содержащего цинк галмея к медным рудам при их выплавке.

Равным образом обычно было в древности добывание ртути посредством нагревания киновари с железом.

Изготовление химических препаратов, поскольку они не возникают в результате простого окисления, было мало возможно, пока в распоряжении людей не было минеральных кислот. С изготовлением их однако древние не были знакомы. Единственная известная им кислота была органическая, а именно уксусная кислота.

Тем обстоятельством однако, что мрамор и известь при накаливании дают новое вещество, которое в соединении с водой является превосходным строительным материалом, умели хорошо пользоваться. В позднейшие времена древности мы находим в Риме также применение цемента, без которого немыслимы были бы многие гигантские сооружения. Что обожженая глина делает соду более едкой, было равным образом известно уже в древности [1]. Наоборот, химическая природа газообразных веществ оставалась неясной. Правда, замечено было, что при брожении и в некоторых местностях

[1] Meyer, Geschichte der Chemie, S. 16.

из земли выделяется газ, негодный для дыхания. Никому однако не приходило в голову видеть в этом особенном воздухе газ, отличающийся от естественного воздуха.

Занятие превращениями состава тел получило мощный толчок, когда возникла мысль, что посредством соответственной обработки из неблагородных металлов может быть добыт благородный. Некоторую теоретическую основу это стремление нашло в учениях Платона и Аристотеля. С проблемой алхимии мы встречаемся уже в первых веках нашей эры в Египте у ученых александрийской школы. Она опиралась на довольно значительные сведения о металлах, их добыче и их важнейших сплавах, чисто эмпирически добытые во время продолжительного предшествующего периода [1].

И в дальнейшем, можно сказать, история алхимии совпадает в существенных частях с историей металлургии. Египтяне по Лепсиусу различали в своих надписях восемь созданий царства минералов, которые они ценили особенно высоко. Это были прежде всего золото, сплав золота и серебра, известный под названием электрум, серебро и лапислазуревый камень.

У первых алхимиков важнейшее значение имел свинец. Так как из сырого свинца удавалось выделять серебро, то явилась вера, что свинец особенно пригоден для добычи из него других металлов. Олово, правда, входит в состав древнеегипетских бронз [2]. По всем вероятиям однако чистое олово не было знакомо египтянам. Неизвестна была им также ртуть, игравшая у алхимиков вследствие замечательных свойств очень важную роль. В употребление она входит лишь у греков и римлян. Плиний называет ее вечной жидкостью и ядом для всех вещей [3].

Продолжительное накопление отдельных химических и раньше всего металлургических знаний вскоре после начала нашей эры сменилось определенным направлением, называемым алхимией и имеющим целью превращение неблагородных веществ в благородные металлы. Старейшая египетская рукопись, сообщающая нам об этом, относится к III в. н. э. Алхимия выступает здесь в соединении с астрологией. На это указывает также то, что золоту соответствовало солнце, серебру — луна и прочим металлам — планеты.

---

[1] См. также Berthelot, Les origines de l'Alchimie, Paris, 1885. Бертело считается односторонним и устаревшим после новых работ, особенно после исследований Диппмана.

[2] В последнее время в египетских гробницах найдены предметы из довольно чистого олова.

[3] Liquor aeternus, venenum rerum omnium.

Из наблюдения, что посредством соединения неблагородных металлов можно получать сплавы, напоминающие золото и серебро, что из сырого свинца посредством соответственной обработки можно выделить настоящее серебро, а из амальгамы — золото, образовалось предположение, что неблагородные металлы возможно превращать в благородные. При недостаточном понимании сущности химического процесса вышеуказанные явления представлялись действительными превращениями веществ Так как усовершенствование горного производства привело к увеличению добычи, то естественно было притти к мысли, нельзя ли посредством надлежащей обработки превращать все сырье в благородный металл.

Период, в течение которого исследование изменений состава веществ происходило под знаком этих исканий, было названо веком алхимии.

С первыми алхимическими замыслами мы встречаемся уже у александрийцев. Известны относящиеся к III в. н. э. александрийские сочинения, посвященные проблеме облагорожения металлов[1].

Арабы несомненно получили толчок к занятию этой проблемой от ученых порабощенного Египта и несторианских школ Передней Азии. Наэто указывает быть может самое слово „химия". Оно значит одинаково с одним древним названием Египта. Как сообщает Плутарх, обитатели этой страны вследствие черноты своего материка были названы хемы (chêmi). Название „чернокнижие" быть может также находит здесь объяснение.

Новые филологические исследования делают эту этимологию сомнительной. В наши дни склонны больше вместе с Зосимой, алхимическим писателем IV в. н. э., производить слово химия от имени Хемеса, которого Зосима называет составителем первой книги по химии. По третьему предложению слово химия происходит от слова χύμα, обозначающего металлическое литье [2]. При этом положении вопроса оче-

---

[1] Текст этих сочинений издан с французским переводом Бертело в 1887 и 1888 гг. под заглавием Collection des anciens alchimistes grecs. Бертело, Die Chemie im Altertum u. Mittelalter. Нем. перево 1909, S. 5), сделал доступным тексты как греческих, так и сирийских и арабских химиков, среди них также рукописи, до тех пор лежавшие втуне и забытые в Парижской, Лонданской и Лейденской библиотеках. В несколько отличающемся от нашего изложения виде происхождение алхимии изображено у Липпмана в его „Алхимии".

[2] Diels, Antike Technik, S. 111.

видно приходится считать происхождение слово химия совершенно темным [1].

Александрийские ученые, а впоследствии и арабы, занимавшиеся химическими процессами, руководились в своих воззрениях теориями о природе вещества, развитыми Платоном и Аристотелем.

Практической основой, на которой созидалась алхимия, наряду с горнозаводской добычей металлов являлось прежде всего изготовление из благородных металлов предметов украшения. В этой промышленности издревле господствовало стремление подменить ценное менее ценным и таким образом ввести в заблуждение покупателя. Достигалось это или примесью к золоту и серебру других металлов, или поверхностной окраской металлов и сплавов с целью сообщить им вид, сходный с золотом и серебром. Средством такого рода служило например соединение мышьяка с серой, еще и теперь носящее в минералогии название аурипигмента. Ртуть, с которой познакомились в Малой Азии и в испанских рудниках, разрабатывавшихся карфагенянами уже задолго до начала нашей эры, также находила применение при изготовлении сплавов и для поверхностных видоизменений. Если всем этим примерам, к которым вскоре присоединились известные представления и размышления спекулятивного характера, присвоить название химии, то химическая наука в своих зачатках восходит к глубокой древности. Знакомство с веществами, видоизменяющими поверхность металлов, естественно вело к поискам универсального средства, способного производить любые желательные видоизменения. Так возникло учение о „философском камне", которому, не сумев его найти, продолжали впоследствии приписывать все новые действия, особенно способность исцелять болезни и удлинять жизнь [2].

Важную роль в этих превращениях металлов играла ртуть. Совершенно понятно, что открытие столь своеобразного металла вызвало изумление и возбуждало фантазию. Сколь универсальное значение приписывалось ртути, показывает

---

[1] Липпман в своей „Алхимии", называя древнейшим источником для уяснения слова „химия" Зосиму, относит его деятельность к III в. н. э. Зосима написал ряд греческих сочинений, которые, хотя и в искаженном виде, сохранились в отрывках и заключают определенные упоминания о химии как искусстве делать золото и серебро (Biochem. Zeitung, 1914, S. 685). Впрочем по мнению Липпмана производство слова химия от имени Хемеса не встречается у Зосимы.

[2] Так же неясны, как происхождение слова химия, все известия о „камне мудрецов", или „филосовском камне". По Липпману это название встречается впервые в сочинениях, относящихся вероятно к I в. н. э.

приводимая Бертело выдержка из письма, относящегося к IV в. н. э. Здесь говорится: „Научи меня тому, чему я хотел бы научиться. Это дело, которое ты знаешь, превращение. Ртуть ведь всяким способом принимает вид всех веществ. Она белит все тела и притягивает их души, кипячением вбирает их в себя и овладевает ими. Она приспособлена к этому, ибо содержит в себе самой начала всего жидкого. Проделав превращение, она готовит всякие перемены цветов. Она представляет собой твердую основу, тогда как цвета собственно не имеют основы. Потеряв свою собственную основу, ртуть становится чем-то, имеющим силу изменять и именно посредством действий на металлические тела".

Эллинистические писатели называют основателем алхимии Гермеса Трисмегиста [1] (трижды великого). Это совершенно мистическая личность, отождествляемая также с одним из главных египетских богов (Пта, Тот). Гермесу приписывается бесчисленное множество (двадцать тысяч и более) сочинений. Выражения: герметическое искусство, герметическая упаковка, герметические книги и теперь еще напоминают о нем. Есть также таблицы, приписываемые Гермесу. Знаменитейшая из них носит надпись „De operatione solis", т. е. о делании солнца (золота). О мистическом содержании этой таблицы, высоко ценившейся в средние века, дают представление следующие строки: „Как все вещи стали из Одного, так все вещи рождены из этой единой вещи. Ее отец — солнце, ее мать — луна. Ветер нес ее в своем чреве. Кормилица ее — земля. Отдели земное от огненного, дымообразное от плотного, и ты получишь славнейшее во всем мире" [2]. Более определенные, хотя также скудные известия дает вышеупомянутый александрпец Зосима. Он родился в Панополисе (Верхний Египет) и жил около 300 г. н. э. Влияние его на развитие алхимии было несомненно очень велико. В обширном сочинении он объединил знания своих предшественников со своим собственным опытом. Однако большую часть сочинения составляют сдва понятные, изложенные в мистических выражениях, рецепты. По словам Зосимы рецепты эти возникли в Египте. Они находились в руках жрецов и хранились в величайшей тайне. Желающий проникнуть в тайны алхимического искусства должен был предварительно исполнить ряд нравственных требований [3]. Он должен был быть чист душою и свободен от корысти. Он должен был, далее,

[1] О Гермесе Трисмегисте см. Paulys Realenzy. d. klass. Altert. Bd. 8 S. 792—822.

[2] Kopp, Beiträge zur Geschichte der Alchemie. S. 377.

[3] Berthelot, Collection des anciens alchimistes grecs, Paris, 1888.

погружаться всем своим существом в избранный предмет. Успеха мог ожидать лишь стремящийся к познанию, но никак не невежественный и особенно руководимый нечистыми помышлениями! Дальнейшее условие заключалось в избрании „надлежащего времени и счастливых мгновений". Чтобы добиться их, требовались не только заклинания, колдовские средства и молитвы, но также содействие планет.

Сочинения Зосимы, известные по отрывкам в сирийских рукописях, содержат также разные сведения о приборах, бывших в употреблении у алхимиков, каковы печи, перегоночные аппараты (рис. 48) и т. д.

Что касается влияния планет, то здесь Зосима опирается главным образом на Гермеса Трисмегиста Наиболее влиятельной сферой является сфера Меркурия, так как конус земной тени доходит именно до него.

В одном месте Зосима описывает, как накаленная ртуть с серой соединяются в киноварь, которая первоначально образует черную массу, лишь при возгонке приобретающую красную окраску. Если нагреть киноварь с известными примесями в закрытом сосуде, то из киновари появляется в виде „серебряной", или „божественной воды" ртуть. Это страшно ядовитая, неустойчивая в жару пневма, теряющая при охлаждении „свой легкий полет" и осаждающаяся на крышке сосуда в виде капель[1].

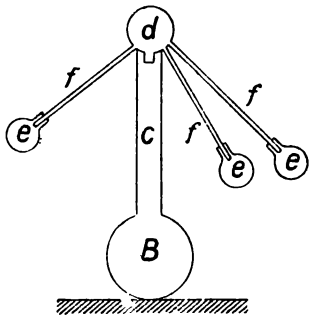


Рис. 48. Перегоночный аппарат, изображенный у Зосимы.

Развитое Зосимой на основе мистики Гермеса учение о влиянии планет на удачу „священного дела" было в V в. развито в целую систему неоплатоником Олимпиодором[2]. Именно он связал каждый из семи металлов с планетами, известными древним также лишь в священном числе семи. У него соответствует:

Золото — солнцу,
Серебро — луне,
Медь — Венере,
Железо — Марсу,
Олово — Юпитеру,
Ртуть — Меркурию,
Свинец — Сатурну.

[1] Berthelot, Collect., II, 276.

[2] Приписываемое ему сочинение называется: Александрийский философ о Зосиме, Гермесе и философах.

Светило обозначалось тем же знаком, что и соответствующий ему металл [1]. В эти мистические отношения между алхимией и астрологией с увлечением погружались впоследствии арабы. Путем археологических исследований в Египте старались выяснить места, где занимались химическими производствами, так сказать, лаборатории этой первой алхимической эпохи и приборы, применявшиеся в этих мастерских. Успех этих расследований до сих пор очень незначителен. Так, Бертело описывает по указаниям Масперо помещение, смежное с гробницей и служившее по всем признакам лабораторией в VI в. н. э. Стены этого помещения были закопчены, и на полу его находились бронзовый очаг и разная утварь из бронзы, алебастра и других минералов.

Среди дошедших до нас остатков алхимической литературы должны быть прежде всего названы сочинения, ложно приписываемые Демокриту, и два найденные в Египте, в Фивах, папируса.

Сочинение псевдо Демокрита первоначально составлено вероятно около 200 г. до н. э.; в нем дана сводка всего химико-технического знания этого времени [2], но нет ничего алхимического (по Липпману). Из переработок, восходящих к этому источнику, прежде всего должно быть упомянуто обширное сочинение под заглавием „Фозика и мистика Демокрита". То, что дошло до нас, полно пробелов и извращений. В новое время ближе познакомились с учением псевдо-Демокрита лишь в XVI столетии.

Из сохранившихся отрывков явствует, что „Физика и мистика Демокрита" трактует особенно о золоте, серебре, жемчуге, благородных камнях и пурпуре. Следующий пример дает понятие о содержании этой книги. „Возьми ртуть, закрепи ее магнезией. Брось на медь белую землю. Если бросишь на это желтое серебро, то получишь золото. Природа побеждает природу". Для алхимического искусства делания золота на протяжении всех столетий девизом оставалось изречение Демокрита:

Одна природа осиливает другую,
Одна природа побеждает другую.

---

[1] Таким же образом распределялись двенадцать известных тогда драгоценных камней по двенадцати знакам зодиака. „Все земные вещи и всякое земное событие были предустановлены в небесных прообразах", — говорит Бертело („Die Chemie im Altertum u. Mittelalter"). По Липпману многие из указаний Бертело односторонни и недостоверны.

[2] Сохранившиеся на сирийском языке поучения Демокрита изложены в нескольких рукописях, хранящихся в Англии. Подробности см. у Липпмана E. v. Lippmann, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Berlin, 1919, S. 40.

Совершенно новый свет на древнейшую историю алхимии брошен папирусами, найденными при открытии одной гробницы в фиванских раскопках в 1828 г. Вместе с другими многочисленными свитками они были перевезены в Европу, но лишь в новейшее время привлекли внимание. Хранящийся в Лейдене папирус был опубликован в 1885 г., а Стокгольмский в 1913. Оба документа относятся к III в. н. э. и в общем заключают наставления, относящиеся к подделке благородных металлов, окраске пурпуром и вайдой (синиль, Isatis tinctoria), равно как к драгоценным камням и жемчугу. Так, Стокгольмский папирус заключает указания, как возвращать жемчугу потерянный блеск. Другие наставления

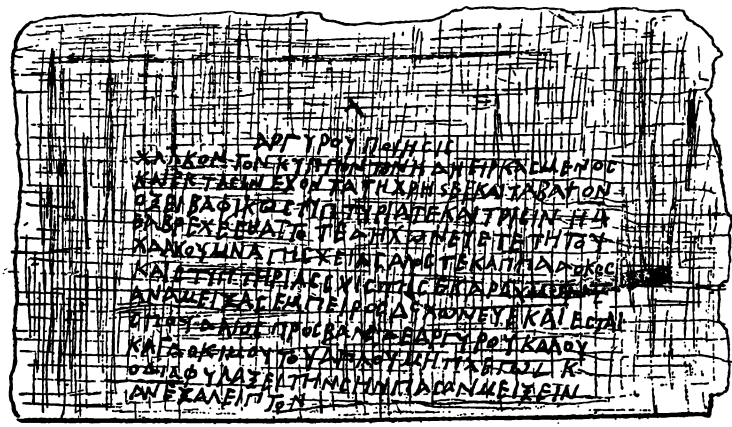


Рис. 49. Факсимиле Стокгольмского папируса.

касаются изготовления жемчуга из слюды и других малоценных материалов. С похвальбой указывается, что такой жемчуг „лучше настоящего".

О составлении подобных золоту сплавов трактуют рецепты, по поводу которых говорится, что даже специалисты обманывались в происхождении полученного вещества [1]. Часть первой страницы знаменитого Стокгольмского папируса изображена на рис. 49. Как явствует из заголовка, она посвящена изготовлению серебра (ἀργύρου ποίρσις) и начинается словами: χαλκὸν τὸν κύπριοντὸν ἤδη εἴρχασμε'νος. В переводе приведенный здесь образец текста гласит: „Хорошо обработанную и вычищенную медь погрузи в острую квасцовую ванну, чтоб она там размягчалась в течение 3 дней. Затем рас-

[1] Стокгольмский папирус (изд. Lagerkrantz) стр. 4.

плавь ее вместе с миной (=43,6) руды из хиосской земли, примешав каппадокийской соли и кристаллических квасцов по 200 драхм (1 драхма=4,5 г). Расплавь это бережно, и оно будет превосходно. Примешай к этому не более 20 драхм хорошего и чистого серебра; это сделает всю смесь неразрушимой".

Исходным материалом для сплавов являлась главным образом медь. Мышьяковыми, свинцовыми или оловянными соединениями она окрашивалась под серебро. Весь процесс назывался λεύκωσις (беление). Поверхностное золочение меди производилось посредством ртути (золочение через огонь). Среди этих рецептов мы находим встречающееся вновь в средине века наставление, как разводить листовое золото в яичном белке для изготовления золотых чернил. Другие главы касаются размножения (удвоения, утроения) серебра. Наставления относительно красочных веществ и красильного дела, содержащиеся в Стокгольмском папирусе, обличают высокое развитие, достигнутое химической техникой в этих отраслях уже в древности. Подлежавшая окраске шерсть очищается мытьем и кипячением с прибавлением мыльного корня, известковой воды или раствора соды. Затем шерсть погружается в протраву, для чего берутся по преимуществу квасцы или содержащие квасцы минералы. Красочные вещества, как прочие материалы, подвергались до употребления предварительному испытанию. Исследовался их вид, их отношение к растиранию, к растворяющим веществам и т. д. Затем следовало растворение, составление определенных оттенков и самое крашение. Окрашивалась почти исключительно шерсть. Краской служили сирийский кермес (червец, шарлах), крапп, чистотел и пурпур. Для окраски в синий цвет служила, содержащая индиго, вайда. Подходящими смесями вайды и кермеса достигались превосходные подражания пурпуру. Соответственное наставление кончается словами: „Ты увидишь, пурпур будет неописуемо красив".

К немногим предшественникам, которых мимоходом упоминают составители Лейденского и Стокгольмского папирусов [1], относится также вышеупомянутый псевдо-Демокрит.

Уже в зачатках химии можно распознать два влияния, определявшие ее развитие вплоть до новейшего времени. Это

[1] Подробный анализ содержания обоих папирусов дан в „Алхимии" Липпмана (стр. 1—26). По Дильсу (Antike Technik, S. 21) умножение металлов является не только делом обмана, но первоначально опирается на представление, что металл так же может размножаться, как растительное семя, посаженное в землю.

было, во-первых, стремление держать в тайне открытые факты и придуманные приемы и, во-вторых, сочетание этой области с магией и мистикой. Объясняется это тем, что химические процессы в чрезвычайной степени отличались загадочностью и чудесностью и что лишь после долгих исканий нашли им научное объяснение. Затем дело ведь касалось здесь областей, в которых нестари корысть, суеверие и обман играли громадную роль. Мы ведь еще в самой ранней древности встречаемся с применением похожих на золото и серебро сплавов для изготовления фальшивой монеты.

Требование держать наставления в тайне выставляется уже в Стокгольмском папирусе, а гораздо более поздняя Mappae clavicula ставит клятву о тайне даже во главу угла. Посредством тайны химик стремился охранить не только свои знания, но прежде всего также свою личность. Ибо ему грозила вражда не только со стороны церкви и правителей, но и со стороны суеверной массы. Как химия со времен Возрождения освободилась от этих оков и возвысилась в новое время до руководящего положения в области наук и техники, будет предметом дальнейшего изложения.

Переход от древности к средним векам.

С эпохой второго расцвета александрийской школы и переходом естествознания в дальнейшем от самостоятельного исследования к комментариям заканчивается развитие, которым естественные науки обязаны древности. Наступает продолжительный период застоя и даже утраты некоторых накопленных сокровищ, совпадающий в общем с эпохой, носящей во всемирной истории название средних веков. Лишь в XIII в. кроме отдельных попыток, встречающихся особенно у сирийцев и арабов, которыми мы еще займемся обстоятельнее, начинают замечаться признаки, позволяющие заключить о возрождении наук; и лишь после того как во всех областях обратились к изучению древней литературы, после того как в XV и XVI столетиях в Италии и соседних странах расцвели искусства, после того наконец, когда географический кругозор охватил всю землю и общая культура в значительной степени поднялась, — мы замечаем с начала XVII в. зародыши нового расцвета естественных наук, характерные для духовной жизни последних столетий. Этот новый расцвет так тесно связан со всей совокупностью культуры нашего времени, что новый упадок наук знаменовал бы одновременно конец этой культуры. Много искали причин того явления, почему наука и культура древности погибли

и род человеческий в течение почти целого тысячелетия пребывал в застое. Ведь наше время движимо чувством, что человечество, став на путь, по которому оно двинулось с конца средних веков, уже не может быть остановлено в своем неудержимом движении к дальнейшему познанию и высшему развитию. Основная причина, придающая уверенность этому чувству, заключается в том, что новая наука вызвала к жизни мощную технику, незнакомую древности, промышленность которой оставалась на ступени ремесла, лишенного научных основ. Вследствие того что человек в новое время, став на путь экспериментального исследования, сделался повелителем сил природы, наука неизмеримо теснее слилась со всей совокупностью культуры, чем это было в средние века [1].

Не раз пытались принизить научные достижения древности [2]. Нельзя однако, забывать, что в древности ввиду отсутствия всяких подготовительных работ приходилось во всем создавать основы. Если верно, что древние в области математики, поэзии и философии дали больше, чем в естественных науках, то нельзя упрекать их в этом. Их наблюдения не могли итти дальше, чем это позволяли ничем не вооруженные физические чувства. А простое размышление, опирающееся лишь на поверхностное, никакими особыми вспомогательными приборами не обостренное наблюдение, и непривычка к индуктивному методу исследования неизбежно должны были не раз вести на ложные пути. Исключением являются арабы, среди которых были также выдающиеся экспериментаторы. Лишь когда в конце средних веков всеобщим стало сознание, что „голос умствования не ведет ни к чему, что

---

[1] Автор близко подходит к правильному ответу, но не может сделать решающего шага. На самом деле развитие производительных сил (потребности в более совершенной технике) явилось толчком к новому расцвету науки. Этот расцвет в свою очередь каждым своим успехом способствовал дальнейшему развитию техники, а развитие техники вновь и вновь предъявляло к науке дальнейшие требования *Ред.*

[2] Так Генрих-фон Моль в речи, произнесенной 1863 г., говорит о древних. „В области естественных наук они оставались на детской ступени развития и являются примером того, как даже высочайшая философская проницательность не способна создать что-нибудь в области естествознания, если не опирается на точное исследование физических тел". Подобно Молю рассуждали многие естествоиспытатели в продолжение большей части XIX в. Лишь в последнее десятилетие, после пробуждения в представителях естествознания интереса к истории наук, взгляды изменились. И все наше изложение в достаточной степени показало, что такие приговоры, как например вышеприведенное суждение Моля, по крайней мере в его всеобщем характере, не могут быть признаны правильными.

необходимо исследовать не только факты, но и их причины"[1], возникло научное исследование в современном смысле.

Необходимо затем иметь в виду, что древний мир не знал последовательного метода научного исследования. Существо последнего далеко не исчерпывается требованием опираться на опыт. Такое требование многие выставляли уже в древности. Оно заключается в том, что исследователь непрестанно и с возможной полнотой стремится согласовать с фактами свои представления, вытекающие из исследования опытного мира. Такие представления у древних встречаются, но им недоставало еще понимания, что только непрестанное сопоставление идей с явлениями, видоизменение идей, их дедуктивное преображение, их замещение новыми представлениями, когда старые перестают быть удовлетворительными, — вот в чем заключается существо естественных наук. Ибо величайшим тормозом прогресса всегда была упорная приверженность предвзятой идее.

Указанные недостатки древности принадлежат к причинам того, что ей пришлось испытать такие политические и религиозные потрясения, от которых, надо надеяться, будет избавлен мир новой культуры, которому угрожают быть может другие опасности. Такими потрясениями явились подготовленные многовековым разложением и завершенные натиском германских племен распад римской империи, а также победа христианства и ислама над язычеством или над индиферентностью, явившейся последствием крушения политеизма. Из этих двух сил христианство действовало более внутренним, но устойчивым путем, между тем как ислам, соединив огонь и меч с религиозным фанатизмом[2], вторгся непосредственно в судьбы большей части мира. С этих, действовавших вначале разлагающим образом влияний, начинаются для всеобщей истории, а также и для истории наук — средние века, к которым мы теперь и обратимся.

---

[1] Lindner, Weltgeschichte, I, 34.

[2] Фанатизм этот направлен был исключительно против язычников, но не против христиан, евреев и персов (прим. Э. Видемана).

7. УПАДОК НАУК В НАЧАЛЕ СРЕДНИХ ВЕКОВ.

Глубочайший разрыв в развитии всеобщей культуры и науки был вызван падением римской мировой державы под натиском германских народностей. Большинство городов было разрушено. Городская культура, достигшая в Греции и Италии высокого расцвета и представлявшая единственную почву для развития более утонченных, направленных на искусство и науку сил, уступило место деревенскому быту с его неблагоприятными духовными стремлениями. Уменьшилось население городов, как и вообще население всех стран на побережьи Средиземного моря, несмотря на приток новых, победоносно вторгшихся племен. Безмерна была также гибель сокровищ искусств и науки, накопленных в течение столетий. Достаточно напомнить, что например Рим вплоть до начала V в. н. э. на протяжении всей своей истории никогда еще, — если не считать древнейших времен, — не видел врага в своих стенах. Правда, кровопролитные бои не раз свирепствовали на его улицах, но до сих пор Рим был избавлен от опустошения и грабежа. Виновником первого события этого рода был Аларих со своими вестготами в 410 г. „Чудовищно было впечатление, произведенное на современников. Весь римский мир содрогнулся от ужасающей боли“ [1]. За этим первым опустошением следовали другие, гораздо худшие. Не только Рим, но и другие центры духовной и художественной жизни стали жертвой таких же разгромов. При таких условиях падение исполинской римской империи было неизбежно. Историк, охотно берущий в основу своих делений бросающиеся в глаза события, считает поэтому началом средних веков великое переселение народов или установление первой германской власти на итальянской территории. В истории наук также искали сходных, делающих эпоху событий, и таковыми называли уничтожение философской школы в Афинах или завоевание арабами Александрии в 642 г. (Геллер в „Истории физики“.) Не следует однако забывать,

[1] Lindner, Weltgeschichte seit der Volkerwanderung, I, 96.

что в этой области события протекают без шума, что она находится конечно в зависимости от всемирно-историчееких катастроф, но никогда не теряет характера спокойного развития.

Дух второго александрийского расцвета давно угас около 600 г. Александрийские ученые едва умели хранить старые сокровища, большинство которых было уже разрушено. С тех пор как жизнь все более проникалась моральным разложением, с одной стороны, а сдругой, — отвернувшимся от мира и его знания христианством, в течение стало быть целого ряда десятилетий до окончательной победы германского элемента, — науки и в Риме уже не были предметом прежней заботы. Рим и Александрия сделались главными центрами христианской церкви. И так как основной целью последней было, преодолев античность, поставить на ее место новые основы, то она, неправильно толкуя писание, обратилась и против античной науки. Единственной задачей познания объявлялось отношение души к богу; лишь оно и считалось доступным познанию. Разум объявлялся бессильным. Только милостью божией даруемое откровение может просветить людей [1]. „Ни в каком исследовании", — говорит Тертулиан[2], — после евангелия нет больше нужды". И Евсевий говорит о естествоиспытателях своего времени: „Не из незнания вещей, которым они изумляются, но из презрения к их бесплодной работе ставим мы низко их дело и обращаем нашу душу к занятию более высокими вещами". Надо иметь в виду, что эти церковные отцы христианской древности могли защищать свою точку зрения, опираясь на взгляды языческих философов, например Сократа, который объявлял единственно достойным предметом размышления человеческую душу с ее внутренними переживаниями.

С настоящей ненавистью обрушились первые христианские ученые на попытку механического объяснения мира, принадлежащую Левкиппу, Демокриту и Эпикуру. „Лучше бы мне никогда не слышать имени Демокрита!" — восклицает Августин. Атомисты объявляются людьми слепыми и жалкими. Особенно свирепствует против них александрийский епископ Дионисий Великий в своем сочинении „О природе" [3]. Суждения, приводимые Дионисием по поводу учения атомистов, несмотря на их полемическое направление,

[1] K. Lasswitz, Geschichte der Atomistik, Bd. I, S. 12.

[2] Tertullian, De praescr. haeretic., car. 7.

[3] Значительные отрывки из этого сочинения дошли до нас в качестве составных частей произведений Евсевия (изд. Диндорфа, Лейпциг, 1867,

являются ценным источником для знакомства с этим важным направлением греческой философии.

Дионисий спорит с атомистами, настаивая прежде всего на целесообразности вселенной и усматривая в боге художника и творца произведения искусства, каковым вселенная является человеку. Ведь даже одежда или дом — так приблизительно гласят некоторые его рассуждения — не могут возникнуть сами по себе, но для этого требуется правильное руководство. Каким же образом из хаоса могло бы самостоятельно возникнуть сооруженное из неба и земли здание, космос — воплощение порядка. Переходя к звездам, он говорит: „Но если даже эти жалкие люди этого не хотят, то все же, как веруют праведные, их создал не кто иной, как великий бог, словом ведущий их по их путям". Ни строение и совместная деятельность человеческих органов, ни тем менее духовная деятельность по мнению Дионисия несовместимы с атомистическим учением. Не может же философ получить свой разум от неразумных атомов.

В то время как Дионисий занимает по отношению к механическому [1] объяснению природы позицию воинствующего богослова и борется посредствам доводов, лежащих вне научного мышления, Лактанций выдвигает против атомистического учения физические и философские аргументы. Лактанций спрашивает, откуда же происходят эти первичные частицы и чем может быть доказано их существование, если никто их не видел и не чувствовал. Но даже если и признать существование атомов, то эти легкие и круглые частицы никак не могут связаться друг с другом и образовать твердые тела. Если же для избежания этой трудности приписать атомам углы и зацепки, то это уже не будут атомы, так как такие выступы могут ведь быть отделены от них. Стремление объяснить или по крайней мере исследовать закономерность происходящего было отвергнуто. И эта точка зрения церкви сохранилась в ней за исключением

т. 22, стр. 321). Немецкий перевод этих отрывков см. Georg Roch, Die Schrift des alexandrinischen Bischofs Dionysios des Grossen „Über die Natur", Leipzig, 1882.

[1] Еще раз напоминаем, что Даннеман — как большинство немецких естествоиспытателей — часто употребляет термин „механический" — mechanisch — в смысле, которому у нас скорее соответствует слово „материалистический", например mechanische Weltanschauung означает не „механическое", а „материалистическое" мировоззрение. Впрочем автор с д и а л е к т и ч е с к и м материализмом не знаком, так что такое совмещение терминов появляется у него совершенно естественно. Редакция передает слово mechanisch б у к в а л ь н о, но считает долгом предупредить возможные недоразумения со стороны читателей. *Ред.*

немногих уступок успехам науки на протяжении многих веков, если не считать немногие уступки, сделанные церковью пред лицом успехов научного развития. „По мере усиления христианского учения все больше исчезает тяготение к причинному объяснению вещей [1]. Чудо объясняет все. К чему же все усилия найти объяснения?" — говорит Курд Лассвиц в своей превосходной книге о средневековой атомистике [2].

Ввиду высокого уважения, которым окружены были писания отцов церкви вплоть до новейшего времени, положение, занятое ими по отношению к естественно-научному объяснению и исследованию, имело наихудшие последствия для дальнейшего развития науки. Оно возбуждало также очень часто фанатизм толпы, которая, не удовлетворяясь столкновением мнений, набрасывалась не только на науку, но и на ее памятники и сокровища Так например, задолго до того как арабы заняли Александрию, драгоценная библиотека Сарапейона была в этом городе предана пламени толпою под предводительством христианского патриарха. Уже в III столетии один патриарх разогнал ученых Александрийской академии. При императоре Юлиане они получили разрешение вернуться, но уже при Феодосии возобновились преследования. Именно в это время патриарх Феофил добыл от императора разрешение разрушить Серапейон.

С таким же невежеством, как и против светской науки, свирепствовали первые приверженцы новой веры также и против медицины, дошедшей от древних. С болезнью боролись посредством молитв и заклинаний, она объявлялась наказанием божьим, которому нужно покоряться без сопротивления; удачные же исцеления считались делом дьявола.

Даже учение о шарообразности земли, насчитывавшее уже многовековую древность и бывшее единственной основой географического определения местоположения, исчезло

---

[1] Автор ошибается. Усиление влияния христианского учения и укрепление власти церкви означали не ослабление тяготения к причинному объяснению вещей, — таковое имеется в христианском учении, — а ослабление интереса к причинно-материалистическому объяснению явлений, к познанию естественных причин, к изучению объективной действительности.

Это явилось результатом чрезвычайно медленного развития хозяйства, международного обмена и техники и ничтожной роли городов. При таких условиях мышление, опирающееся в области естествознания на наблюдение и эксперимент, не только не поощрялось, но испытывало сильнейшее торможение. Ред.

[2] K. Lasswitz, Geschichte, d. Atomistik, Bd. I, S. 29

в средние века, будучи осуждено отцами церкви вроде Лактанция или было затемнено мистическими представлениями. Так мы встречаемся в это время со взглядом, что земля есть холм, вокруг которого движется солнце в течение дня. Августин не признавал существования антиподов, потому что в священном писании среди потомства Адама не упоминается такая людская порода. Согласно Рабану Мавру земля имеет форму колеса, обтекаемого океаном. Какой регресс в сравнении с астрономией Александрийской школы! Ученые раннего средневековья своим мировоззрением почти вернулись к наивной точке зрения, на которой стоял Гезиод в VIII в. до н. э. Лишь через восемь веков после начала нашей эры начали вновь приписывать земле шарообразную форму. В некотором отношении впрочем влияние отцов церкви оказалось полезным: они выступили в общем против астрологических учений, затемнивших в эпоху империи астрономическую науку. Сделано это было не столько из научного убеждения, сколько из убеждения, что предсказывать судьбу людей и народов по звездам — дело кощунственное [1].

Таким же врагом образования, как и первые христиане, хотя, правда, по другим причинам, являлась вторая сила, овладевшая миром на обломках античности, — германские племена. Лишь с момента соприкосновения с древней культурой выступают они на свет истории. Не только культурные обитатели Южной Европы, но и создания их духовной жизни первоначально казались этим пришельцам враждебной силой. Так, Прокопий рассказывает о готах, которые впервые после долгой смуты переселения народов вновь создали в Италии упорядоченный строй, что по их взглядам человек, раз испугавшийся розги учителя, уж никогда не может твердо устоять перед лицом меча и копья.

Если принять во внимание, что обе эти силы — христианство и германизм — овладели западной частью древнего мира, одна духовно, другая физически, между тем как на востоке вскоре выступил с такими же тенденциями ислам, то нетрудно понять, что в духовной жизни средних веков для науки, созданной древним миром, вначале не было места. Наоборот, можно удивляться тому, что эта наука оказалась достаточно сильной, чтобы не погибнуть совершенно, но тлеть под пеплом, пока, приблизительно с начала XIII в., она не засветилась вновь.

[1] По Липпману отцы церкви возражали против того, будто звезды являются причиной земных событий. Но считалось вполне возможным, что движения светил могут предвещать земные события.

С развитием зачатков, созданных древностью, боролись не только вышеуказанные стремления, присущие христианству и германцам в начале их выступления, но над древним миром разразился ряд событий, по ужасу не знавших равных. Они превратили Южную Европу в груду развалин и уничтожили благополучие, являющееся до известной степени предпосылкой всякаго искусства и науки. Между тем как Восточно-римская империя была до известной степени устойчивой, Запад сделался игрушкой в руках германских племен. За разгромом, учиненным готами, последовало вторжение вандалов, оставлявших повсюду развалины, в качестве следов своих походов. „Они разрушали все, что находили,— рассказывает о них летописец. — Чума не могла быть опустошительнее. В то же время свирепствовал столь ужасающий голод, что оставшиеся в живых пожирали тела умерших". Едва вероятным кажется рассказ историка того времени, что крепости принуждали к сдаче трупным зловонием, нагромождая перед укреплением тела перебитых пленных. Почти в то же время, как вандалы грабили Рим, Верхнюю Италию опустошали гунны, путь которых отклонился на юг вследствие победы, одержанной над ними Аэцием при Шалоне. После этих кровопролитнейших войн в Европе, истекавшей кровью, воцарились страшные эпидемии. Быть может общее ослабление европейского человечества, подготовившее почву для чумы, явилось следствием предшествующих событий. В первый раз пронеслось это поветрие по римской империи при Марке Аврелии, потребовав гораздо больше жертв, чем новейшие эпидемии. По рассказу Прокопия, бывшего тайным писцом Велизария, эта эпидемия свирепствовала целых полвека во всем римском государстве, так что в Италии местами погибали виноградные лозы и злаки за недостатком рабочей силы.

Понемногу однако из смуты и опустошения, знаменующих первые века средневековья и объясняющих бессильную неподвижность научного духа, выросло положение более устойчивое. Сделавшись в V в. носителем церковного владычества, Рим снова, хотя и в другом смысле, чем в древности, оказался почитаемым центром Запада, и язык Рима стал мировым. В начале VI в. Бенедикт Нурсийский основал в Западной Европе монашество. Мысль удаляться от мира ради исполнения религиозного долга восточного происхождения и была обычна в быту языческого Востока. Она с особой силой охватила первых христиан, не умевших примирить законы новой веры с требованиями и трудностями жизни. И вот вскоре после распространения христианства мы видим,

как тысячи верующих удаляются в отдаленнейшие местности Сирии и Египта. Так возникло подчиненное определенным правилам монашество, бывшее для тех времен явлением понятным и благоприятствовавшее сохранению духовной культуры. Уже в середине IV столетия монашество, особенно благодаря епископу Василию Великому, распространилось в Малой Азии и на Балканском полуострове. Вскоре оно получило распространение также в Западно-римской империи, где почву для этой формы религиозной жизни подготовил по преимуществу Августин. Бенедикту Нурсийскому принадлежит заслуга объединения в совместной жизни бродивших до тех пор без дисциплины склонных к монашеству толп, которые он заставил обратиться к правильному труду. Занятие науками он объявлял одной из важнейших обязанностей своего ордена. „Монастырям [1],—говорит в своей „Всемирной истории" Линднер,—мы обязаны всем или большей частью того, что дошло до нас от античных латинских и даже от древнегерманских сочинений: они держали открытым путь назад к древности".

Правда, церковные владыки несочувственно смотрели на изучение нефилософских произведений древности. Так, в 1200 г. мы встречаемся с запрещением [2], объявлявшим греховным для монахов чтение естественнонаучных сочинений. В общем однако деятельность ордена была направлена на сохранение старых рукописей и распространение образованности, так что бенедиктинцы с правом избрали своим девизом изречение: Ex scholis omnis nostra salus (из школ все наше спасение).

И в политической жизни Италии бури, свирепствовавшие там в продолжение столетий, уступили наконец место спокойному развитию. В продолжение первой половины VI столетия здесь владычествовали остготы. При их знаменитом короле Теодорихе (475—526), стремившемся к слиянию германского и романского элементов, страна даже расцвела на короткое время. Вновь ожил научный дух, процвели школы и возвратилось былое уважение к ученым [3]. В этот период особого упоминания заслуживает Кассиодор и Боэций.

Кассиодор родился в Южной Италии и был около 500 г. тайным писцом и советником Теодориха. После победы византийцев над остготами он удалился в монастырское уединение. Благодаря ему и Бенедикту Нурсийскому, основав-

[1] Lindner, Weltgeschichte, Bd. I, S. 305.

[2] Издано церковным собором 1209 г. в Париже. См. также „Космос" Гумбольдта II, стр. 31, и примечание там же.

[3] Libri, Histoire des sciences mathematiques en Italie, V. I, P. 82.

шему в 529 г. около Неаполя монастырь Монте-Кассино, высшим законом монашеской жизни вместо прежней пассивной созерцательности была выставлена трудовая деятельность. Неутомимо переписывались на пергаменте прекрасным почерком находившиеся в распоряжении монастыря рукописи. И таким образом наряду со многим, не имевшим никакой цены, сохранилось для потомства также многое и ценное. Кассиодор сам в качестве полезнейшего труда указывал монахам на переписывание книг. Свое последнее сочинение он написал на 93-м году жизни. Он оставил двенадцать книг писем [1] и Энциклопедию [2] так называемых семи свободных искусств (Грамматика, Риторика, Диалектика, Арифметика, Музыка, Геометрия и Астрономия.) Мы имеем здесь однако не обстоятельное изложение этих наук, но больше перечисление греческих и латинских писателей, изучение которых рекомендуется начинающему.

Прообразом таких, столь частых в средние века собирательных работ, посвященных свободным искусствам, является труд Марка Теренция Варрона, жившего в 1 в. до н. э. и энциклопедически изложившего девять научных дисциплин. Кроме вышеназванных он ввел в свой труд также медицину и архитектуру.

Заслуживающим в истории наук упоминания товарищем Кассиодора был принадлежавший к древнему римскому роду Боэций. Сперва он занимал высшие должности в своем родном городе, затем впал в немилость и после долгого пребывания в темнице был обезглавлен. В темнице возникло его знаменитое сочинение „De consolatione philosophiae“ (Об утешении в философии), произведение, переведенное на многие языки. Боэций вновь сделал доступным изучение греческих писателей, переведя их на латинский язык с объяснениями. Кассиодор, историк остготской эпохи, сохранил для потомства отрывок из письма Теодориха к Боэцию, в равной степени делающего честь как автору, так и получателю. „В твоих переводах, — говорится в этом письме, — читают по латыни „Астрономию“ Птолемея и „Геометрию“ Евклида. Платон, исследователь вещей божественных, и Аристотель, логик, спорят на языке Рима. И Архимеда, механика, передал ты по-латыни. Какие бы науки и искусства ни породила плодоносная Греция, Рим воспринял их на своем родном языке благодаря твоему посредничеству“ [3].

---

[1] Variarum (epistolarum), libri XII.
[2] De artibus ac disciplinis liberalium literarum.
[3] Cassiodorus, Varia. I, 45.

Любимыми занятиями Боэция были музыка и акустика. Он производил многочисленные опыты с монохордом и трубами и составил сочинение о музыке [1], где развито немало правильных взглядов. Эта книга еще важнее для нас тем, что по ней мы можем составить себе известное представление о музыке древности и раннего средневековья. Согласно историческим известиям образованные готы также выказывали живой интерес к астрономии и физике.

К сожалению многообещающим зародышам, возникшим на почве Италии, суждено было погибнуть в самом расцвете. Так же быстро, как возвысилось царство остготов, было оно уничтожено ужасающими войнами, которые вели с ним восточно-римские императоры. Десять лет спустя опустошенная Италия попала в руки лангобардов. Подъема, равного тому, который она пережила во времена остготов, она уже не знала под владычеством лангобардов, длившимся ряд столетий. Но в эту, относительно тихую эпоху произошло постепенное слияние германского элемента с римским, что явилось подготовительным условием для создания более высокой культуры.

Наряду с Кассиодром и Боэцием заслуживает в эту эпоху упоминания епископ Исидор Севильский. Он родился в 570 г. в Картагене (в Испании) и умер в 636 г. В труде, заключающем двадцать книг под заглавием „Origines“ (Начала), он представил, подобно Кассиодору и Марциану Капелле, род энциклопедии наук. „Начала“ охватывают не только свободные искусства, trivium (Грамматику, Риторику, Диалектику) и quadrivium (Арифметику, Музыку, Геометрию и Астрономию), но также медицину, естествознание, географию и т. д. Сочинение Исидора вытеснило энциклопедию Кассиодора и Марциана Капеллы и было вплоть до конца средневековья наряду с Плинием и Аристотелем важнейшим источником для всех позднейших сводных трудов. Оно носит также заглавие „Этимологии“ (Libri originum seu etymologiarum). Соответственно с этим мы у него находим прежде всего этимологию названия предметов, часто ничего больше. В большинстве случаев одако эти объяснения происхождения слов чрезвычайно произвольны и не имеют никакой цены.

Писатели вроде названных не умножили существовавших знаний; они подобно Плинию проявляли себя лишь в качестве литературных собирателей. Именно это делает их чрезвычайно важными в деле сохранения знания и научного

[1] Boethius, Fünf Bücher über Musik. Нем. перевод Оскара Пауля, Leipzig, 1880.

интереса в течение всего средневековья. Почти все они стремились к тому, чтобы внедрить в широкие круги занятие науками, заботясь о распространении и усовершенствовании школьного дела. Это является заслугой не только Кассиодора и Рабана Мавра, но и Исидора Севильского.

Став центром литературных занятий, монастыри, особенно в германских землях, впервые приобщившихся к культуре, сделались также убежищем врачебного искусства. Монахи приготовляли лекарства не только для собственного употребления, но и для окрестных жителей. Целебные травы возделывались в особых огородах под охраной монастырских стен. Более подробные сведения имеем мы о лекарственных садах Сан-Галенского монастыря, уже в IX в. снабжавшего соседние деревни лекарствами. Из многочисленных трав, разводимых для этой цели в Сан-Галене, можно назвать например шалфей, руту, мяту и фенхель (лекарственный укроп). Самостоятельное аптечное дело развилось в странах германской культуры лишь в позднем средневековьи [1]. В древности врач обыкновенно сам изготовлял лекарства.

---

[1] См. дальше в этом томе.

8. ВЕК АРАБОВ.

Новый толчок к занятиям древней наукой зародился в странах Запада уже не на собственной почве, как во времена Теодориха, но исходил от восточного народа, до этого не игравшего почти никакой роли. Это явление принадлежит к замечательнейшим в развитии наук, почему мы займемся им с несколько большей обстоятельностью. В то время как христианство захватило западные народы, ислам овладел всем Востоком. Новое учение распространялось огнем и мечом и продвигалось рука-об-руку с созданием арабами мировой державы. И арабы, подобно первым последователям христианства, вначале относились враждебно к основам существующей образованности. Ослепленный фанатическим пылом калиф Омар, по преданию, отдал арабскому полководцу, взявшему Александрию, приказ уничтожить существующие еще там книжные богатства: „Если в этих книгах говорится то, что есть в Коране, то они бесполезны. Если же в них говорится что-нибудь другое, то они вредны. Поэтому в том и другом случае их надо сжечь".

По другим известиям [1], эти слова были сказаны при завоевании Персии. По отношению к этому изречению и многим другим словам, приписываемым разным историческим личностям, в большинстве случаев невозможно доказать, имеем ли мы дело с достоверными изречениями. Если же, несмотря на это, они, как например слова Галилея: „А все-таки движется", находят упоминание в истории наук, то это делается потому, что они часто превосходно характеризуют людей, условия времени или духовные течения.

[1] Проф. Э. Видеман сообщил мне по этому поводу следующее. „Кажется здесь перенесено в Египет событие, имевшее место в Персии. Арабский историк Ибн Кальдун замечает: Мы знаем, что магометане при завоевании Персии нашли бесчисленное множество книг и что их полководец Саад Ибн Аби Ваггас спросил калифа Омара, разделить ли эти книги вместе с добычей среди правоверных. Омар ответил: „Брось их в воду. Если в них содержится нечто, ведущее к истине, то мы имеем от бога то, что еще лучше ведет нас к ней. Если же в них заключается ложное, то они нам не нужны". Вследствие этого приказа книги были уничтожены водой или огнем".

Какие размеры приняла гибель книжных сокровищ вследствие разрушительного пыла, охватившего арабов в начале их выступления, определить невозможно. Гибель эта однако началась в Александрии гораздо раньше, еще в эпоху осады города Юлием Цезарем. При Клеопатре впрочем ущерб этот был возмещен благодаря приобретению Пергамской библиотеки. Разрушение Серапейона имело место при Феодосии. При этом однако спасено было так много, что можно было основать новую библиотеку. С сохранившимися еще остатками литературных сокровищ арабы при завоевании Александрии поступили кажется не слишком благосклонно, хотя известия о проявленном ими вандализме несомненно очень преувеличены [1]. Дело в том, что приверженцы ислама были терпимее, чем христиане. В то время как последние принуждали покоренных к обращению в христианство и не признавали никакой религии наряду с христианской, ислам заботился больше о том, чтобы властвовать. Христиане под его господством получили свободу вероисповедания и даже свои церкви и монастыри. Ислам оставлял покоренным народам их своеобразие. Покоренные им города сохранили свое значение в качестве центров духовной жизни и большее благосостояние, между тем как Запад, под властью германцев склонился скорее к деревенскому, натуральному хозяйству. Поэтому культура Востока не потерпела от ислама в своем развитии такого насильственного перерыва, какой испытал Запад. Восточная культура средних веков заслуживает названия арабской не столько по своему характеру, сколько ввиду того обстоятельства, что господствующим стал язык арабов. Это указание устраняет также парадоксальность того, что доселе неизвестному народу кочевников приписываются все создания Востока на протяжении средних веков.

Арабы сумели превосходно объединить и отобрать все культурные элементы, принадлежавшие порабощенным народам. Завоевав в течение короткого промежутка, от выступления Магомета до начала VIII столетия, Сирию, Палестину, Египет, Персию, Северную Африку и Испанию, они восприняли элементы культуры, найденные в этих странах, чтобы затем передать их западным народам. На долю последних выпало успешное развитие этих основ, что удалось арабам лишь в незначительной степени. Заслугой арабской литературы является сохранение важнейших частей греческой науки и спасение их в сумраке средневековья для нового времени.

---

[1] Подробности о смене судеб, хранившихся в Александрии, книжных богатств см. у Ричля, стр. 188, примеч. 1.

После гибели старой культуры науками занимались в греко-христианских и еврейских школах Сирии и Персии. Завоевав эти страны, арабы нашли здесь богатую духовную жизнь [1]. Вероятно однако, что при первом натиске древнейшая литература этих стран была отчасти уничтожена, так что ввиду пробудившегося интереса к науке оказалось необходимым возвратиться к греческим оригиналам, чем например объясняется упоминаемая ниже деятельность калифа Аль Мамуна (стр. 286). Рука-об-руку с переводом шло комментирование. Так, сообщают, что Ибн Сина (Авиценна, 980 — 1037) написал комментарии к сочинениям Аристотеля в двадцати томах. Его работа погибла, но его комментарий к произведениям Аристотеля о животных сохранился в латинском переводе (Михайла Скота).

Таким образом, несмотря на все преследования, которым подвергалась греческая наука, на Востоке все еще сохранились многочисленные ценные ее остатки. Большие заслуги по сохранению этих остатков принадлежат секте несториан [2], распространенной во время завоевательных войн арабов в Персии и Сирии. Со времен Александра Македонского многие греки, поселившись в значительнейших городах Сирии и Персии, распространяли в Передней Азии свои знания и свой язык. Вскоре в соприкосновение с греческой образованностью вошло здесь и еврейство. Еще теснее оказалось их слияние после начала нашей эры благодаря распространению христианского вероучения. Свойственное грекам стремление повсюду, где они селились на чужбине, выступать в качестве учителей своих новых земляков, получило таким образом новый толчок. Школы сделались христианскими, но сохранили согласно греческому духу свое стремление к занятиям светской наукой и ее распространению.

В качестве местопребывания академии упомянем Эдессу. Здесь возникла также значительная библиотека. Начиная приблизительно с V в., на сирийский язык переводились произведения Аристотеля, греческие сочинения по медицине, математике, астрономии и т. д. Сирийцы могут считаться

---

[1] Wüstenfeld, Die Akademien der Araber und ihre Lehrer, Göttingen, 1837.

[2] Несториане были изгнаны из византийской империи около 450 г. При их посредстве арабы познакомились с сирийскими переводами астрологических и алхимических сочинений. Самостоятельную алхимическую литературу в виде продолжения греческой и сирийской арабы создали вероятно лишь в период Аббасидов (750—1558). Можно вместе с Липпманом („Алхимия", стр. 358) считать, что, познакомившись с попытками изготовить золото арабы занялись алхимией не из научного интереса, но в расчете на обогащение.

непосредственными учениками греков. Однако прогресс науки ничем особенным сирийцам как будто не обязан. Главная заслуга их заключается в том, что они передали арабам знание и взгляды древних. Основанные в Месопотамии несторианские школы процветали здесь от V до II столетия. Здесь именно арабам стали известны основы античной науки, в том числе и алхимии, при посредстве которых они проникли затем в Испанию и в прочие страны Европы. Занятие химическими процессами быть может привело сирийских ученых в Месопотамии к изобретению так называемого греческого огня, применявшегося с конца VII столетия при осадах крепостей и в морских сражениях [1].

Греческий огонь был введен в Константинополе в 678 г. одним сирийцем и вероятно представлял собой смесь летучих земляных масел, асфальта и жженой извести. Благодаря последней эта смесь при соприкосновении с водой возгоралась. Напротив, применение селитры в зажигательных снарядах, ракетах и т. д. относится к гораздо более позднему времени [2].

Сохранилось много сирийских рукописей, посвященных химическим вопросам; содержание их известно благодаря Бертоле. Здесь заключается перечисление [3] металлов, семи земель, двенадцати камней, служащих амулетами, и ряда минералов, пригодных для окраски стекла. Амулетами, которым приписывались волшебные силы, считались например аметист (против пьянства) и янтарь (против желтухи). Вторая сирийская рукопись (она хранится в Кембридже) может считаться древнейшим систематическим сочинением по химии. Ее разделы озаглавлены: обработка меди, ртути, свинца, железа и т. д. Сирийская алхимия заключается главным образом в переводе греческих первоисточников. В вышеупомянутом перечислении название каждого металла сопровождается наименованием определенной планеты и определенного божества.

Догматические споры вызвали разрыв между сирийскими христианами, придерживавшимися учения епископа Нестория [4], и александрийской и византийской иерархиями. Пре-

---

[1] M. Berthelot, Die Chemie im Altertum und im Mittelalter. Herausgegeben von E. Kalliwaolda und F. Strunz, Leipzig und t. Wien, 1909.

[2] См. Lippmann Ueber das Feuerbuch des Marcus Graecus в „Alchemie", 1919, стр. 477 и сл.

[3] В рукописи, хранящейся в Британском музее, подробнее см. Липпман, Алхимия.

[4] Несторий родился в Сирии. Он был приверженцем Анастасия, учение которого было объявлено ересью.

следования, которым вследствие этого подверглись ученые, преподававшие в сирийских школах, заставили их переселиться в персидские общины христиан, главным образом в Месопотамию, где они в V столетии основали новые рассадники науки [1]. Это сделало несториан посредниками между Востоком и Западом древнего мира. Возникшие в Индии элементы знания распространились в Персии и были впоследствии переданы арабам и при их посредстве Европе.

При Альмансуре калифат в Багдаде распространял вокруг себя весь блеск Востока. Несториане, как и прочие греческие ученые, были призваны ко двору, где на них возложена была задача перевести на арабский язык находившиеся в их распоряжении научные сокровища. Магометанскими владыками руководил при этом скорее пыл собирателей, чем действительное понимание значения научных завоеваний. Рассказывают например, что Гарун аль Рашид, калиф из дома Омеядов, живший во времена Карла Великого, просил греческих императоров доставить ему все, что их страна произвела в области философии. Положение, первоначально занятое арабами по отношению к этим сочинениям, сводилось к слепому преклонению перед авторитетом. Как Коран в области религии и жизни, так существующие главным образом греческие, научные труды служили им непререкаемым руководством в знакомстве с науками. Ввиду этой их черты нельзя было конечно ожидать от них значительного прогресса, но эта преувеличенная оценка имела все же то хорошее следствие, что их литература прежде всего послужила к сохранению доставшихся им сокровищ духа. На этом гораздо больше, чем на их собственном творчестве, покоится всемирно-историческое значение арабской литературы [2].

Стремление собирать книги было обычно в странах, где расцветала арабская культура. Так, по рассказам, в Багдаде было больше ста книжных лавок, и многие частные лица обладали большими библиотеками. Здесь возникли даже ученые общества, с которыми мы встречаемся на Западе лишь в начале новой истории, со времен возрождения наук. Также и горожане стремились к образованию, распространению которого способствовали школы. В то время как в Риме в императорскую эпоху существовало лишь около тридцати публичных библиотек, в Багдаде их было гораздо больше. Учителя, преподававшие в магометанских школах, получали от государства жалованье. Несмотря на то, что их

[1] Среди них должны быть названы школа в Нисивии и академия в Джундисапуре, которая достигла высокого расцвета уже в VI веке.

[2] Meyerz, Geschichte der Botanik, Bd III, S. 107.

преподавание основывалось по преимуществу на знаниях, почерпнутых из книг, оно все же переходило в поучительную беседу с учениками, захватывая главным образом богословие и право. Оно достигло таким образом известной высоты. В качестве дополнительного пути к образованию обычны были научные путешествия. Такими путешествиями был вызван к жизни ряд превосходных географических работ. Авторы объективно описывали не только топографические, но и климатические условия посещенных ими стран, равно как и добываемые в них продукты. До нас дошли отчеты арабских путешествий, дающие ценные сведения даже о Майнце, Фульде и других немецких городах раннего средневековья.

Велик был также интерес арабов к приборам и механизмам. Так, по рассказу Эйнгарда, среди подарков, присланных Гаруном Аль Рашидом Карлу Великому к торжеству коронования, были водяные часы с циферблатом, возвещавшие о наступлении часа тем, что металлический шар падал в них в бронзовый таз [1]. Точная механика несомненно достигла высокой степени совершенства у арабов, проявлявших „баснословный талант в деле изготовления различных видов водяных часов" [2].

Не менее велика была склонность к науке, которую проявлял сын и преемник Гаруна, калиф Аль Мамун. Он воздвиг в Багдаде обсерваторию и основал во многих городах своего государства школы и библиотеки. Уже при Гаруне состояли собственные переводчики, а его наследник учредил для этой цели настоящий институт, в котором было объединено большое количество ученых, владевших различными языками. Особые уполномоченные закупали книги в Сирии, Армении и Египте. Главной заботой был перевод всех сочинений Аристотеля и Галена. Познакомились также с Евклидом, Птолемеем и Гиппократом. Деятельно переводили даже с персидского и индийского. После победоносной войны против византийского императора Аль Мамун одним из условий мира поставил требование о доставке по экземпляру всех произведений, хранящихся в библиотеках греческого государства для перевода этих сочинений на арабский язык. Среди них находилось также вышеупомянутое главное астро-

[1] Heller, Geschichte der Physik, 1882, Вл. I, S. 160.

[2] О подразделении времени и производстве часов у арабов подробно излагают Э. Видеман и Ф. Гаузер в работе: Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur, E. Harras, Halle, 1915.

По Видеману и Гаузеру рассказ Эйнгарда не совсем точен.

номическое сочинение Птолемея, впоследствии названное „Альмагест".

Математическая география и астрономия у арабов.

Арабы дали немало доказательств тому, что они не только пассивно воспринимали древнюю науку. Так например при Аль Мамуне вновь было предпринято измерение градуса широты для определения окружности земли, причем обошлись без подражания созданным греками образцам [1]. Значительным успехом в сравнении с Эратосфеном было здесь то, что длина положенного в основу отрезка была выражена не в дневных переходах, но вымерена в направлении меридиана при помощи измерительного шнура. Длину градуса определили в 56, а при втором измерении в $56^2/_3$ арабских мили, т. е. 113 040 м, из чего окружность земли определяется в 40 700 м [2].

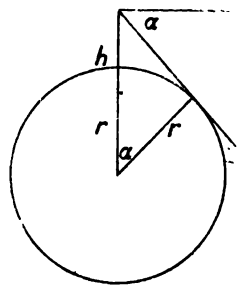


Рис. 50. Определение окружности земли у Альбируни.

Альбируни [3] сообщает о приемах этого измерения следующим образом [4]: „Избери место в плоской пустыне и определи его широту. Потом проведи меридиан и иди вдоль него по направлению к полярной звезде. Измерь путь в локтях. Затем измерь широту второго места. Вычти отсюда широту первого и раздели разницу на расстояние между местами в парасангах. Результат, умноженный на 360, дает окружность земли в парасангах [5].

Интересен другой способ, примененный Альбируни к определению окружности земли. Он заключается в том, что

---

[1] S. Günther, Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie, 1877, S. 59.

[2] Peschel, Geschichte der Erdkunde, 1877, S. 122.

[3] Альбируни (973—1048) был математик, астроном и географ. Он является главным образом посредником в научных сношениях арабского мира с Индией. Ред.

[4] E. Wiedemann, Bestimmungen des Erdumfanges von Al Beruni (Archiv f. Gesch. der Naturwissenschaft und Technik), Bd. I (1908), S. 66.

[5] Альбируни превосходно описал явление сумерек, среди которых явственно можно различить и зодиакальный свет.

Ни Альбируни, ни прочим арабским астрономам не удалось объснить медно-красную окраску луны, наступающую при полном лунном затмении вследствие прохождения освещающих ее солнечных лучей через земную атмосферу Ред.

поднимаются на высокую гору, находящуюся вблизи морского берега, и отсюда посредством наблюдения солнечного заката определяют угол α, т. е. депрессию (рис. 50). Альбируни показывает затем, как путем тригонометрического вычисления по этому углу и по высоте горы определяют величину земного радиуса. Такое вычисление он произвел на самом деле. Он поднялся в Индии на гору, возвышающуюся над морем на 652 локтя, и измерил угол, образуемый на вершине зрительной линией, обращенной к горизонту, с горизонтальной. Угол этот был определен при помощи астролябии и оказался равным 34′. По этой величине и по высоте горы были вычислены радиус и длина градуса. Вычисление дало для окружности земли величину в 5 600 миль [1], т. е. 41 550 км.

По приказу Аль Мамуна, организовавшего вблизи Красного моря вышеупомянутое градусное измерение, был также с большой точностью установлен наклон эклиптики. Искомая величина была определена в 23° 35′. В наши дни она равняется 23° 27′. Изменение за столетие равняется таким образом приблизительно 48″.

В труде, жившего при Аль Мамуне Альфрагани, или Альфергани, мы находим систематическое изложение астрономических познаний арабов. В основе его сочинения (издано в 1537 г. Меланхтоном из бумаг Региомонтана под заглавием „Alfragani rudimenta astronomiae“ — „Основы астрономии Альфрагана“) лежал, правда, „Альмагест“: однако очевидно, что составитель его был прилежным астрономом, стремившимся улучшить приемы своих предшественников. Альфрагани описал также употребительные в его время астрономические инструменты. Он производил свои наблюдения в обсерватории, сооруженной Ал Мамуном, причем часто пользовался при этом помощью самого калифа.

Гораздо выше Альфрагани был, живший приблизительно сто лет спустя, Аль Баттани (его переводчики называли его Albategnius). Аль Баттани [2] был княжеского происхождения. Он имеет большие заслуги не только в астрономии, но и во введении тригонометрических функций. Его наблюдения, которые он производил приблизительно в 880—910 гг., считались арабами чрезвычайно точными. Аль Баттани проверил и усовершенствовал многие указания Птолемея. Сочинение его „О движении звезд“ появилось в латинском переводе с

[1] E. Wiedemann, loc., p. 69.

[2] Сочинение Аль Баттани превосходно издал на арабском и латинском языках Наллино.

дополнениями Региомонтана в 1537 г. Обозначение синус для отношения половины хорды к радиусу перешло отсюда в математическую литературу всех народов. Таким образом было устранено имеющееся в „Альмагесте“ неудобство, свя-

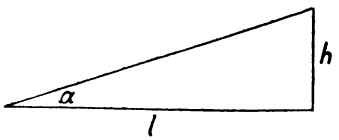


Рис. 51. Тригонометрические вычисления.

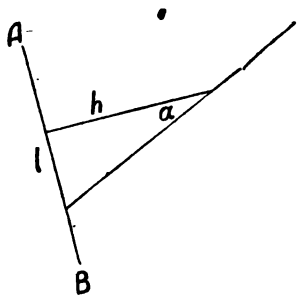


Рис. 52. Тангенс как функция.

занное с применением целых хорд. Положения тригонометрии принимают у Альбатани характер более приспособленных для вычислений формул. Из $\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = D$ вычисляется $\sin\alpha = \frac{D}{\sqrt{1+D^2}}$, а затем α находится по таблицам синусов. Дробь $\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$ также кладется в основание одного вычисления. Именно, если α обозначает высоту солнца над горизонтом и h есть высота измерителя тени, а l длина тени, то $\frac{l}{h} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \operatorname{ctg}\alpha$, или $l = h \cdot \operatorname{cotg}\alpha$.

Аль Баттани определил затем длину l при определенной высоте $h(=12$ для $\alpha)=1°, 2°, 3°$ и т. д. Таким путем он получил небольшую таблицу котангенсов целых углов.

Тригонометрия является одной из областей, которой арабы охотно занимались не только ввиду ее отношения к астрономии, но и из самостоятельного интереса. К функции тангенса Аль Баттани должен был притти уже тогда, когда (рис. 52), укрепив на стене AB горизонтально стержень h, он пользовался отношением длины тени l к длине стержня h для определения угла α. Что тангенсы пригодны для вычисления треугольников, было понято вскоре после Аль Баттани [1].

Высшей точки развития тригонометрия арабов достигла в 1250 г. в сочинении „О фигуре секущей“. Здесь рассматривается прямоугольный и, исходя из теоремы синусов,

[1] Это сделал Абуль Вафа (940—998) Ср. Braunmühl, Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie, S. 55.

также косоугольный треугольник. В основных чертах здесь изложена также тригонометрия косоугольного сферического треугольника. Дальнейшее развитие тригонометрии, прежде всего формулировка столь важной теоремы косинусов, имело место лишь несколько сот лет спустя в эпоху возрождения наук на Западе благодаря Регномонтану.

Мы имели уже раньше случаи упомянуть о высокой степени искусства, проявленного александрийскими механиками при изготовлении астрономических измерительных приборов, особенно астролябий. В этом искусстве практическая астрономия арабов была по крайней мере равна греческой, если не выше ее [1]. Наряду с круглыми астролябиями арабы в качестве измерительных приборов употребляли также квадранты и полукруги, затем параллактические линейки и инструменты, показывавшие величину тригонометрических функции, как синус и синус верзус [2]. Введение этих функций в астрономию связано с именем Аль Баттани, организовавшим в период 882—910 гг. свои наблюдения и составившим таблицы [3]. На основании астрономических наблюдений, произведенных арабскими обсерваториями в Дамаске и Багдаде, была предпринята проверка птолемеевых таблиц [4].

Расцвет арабской науки, вопреки некоторым утверждениям, не был кратковременным, ибо век спустя мы вновь встречаемся с выдающимся астрономом Ибн Юнисом (умер в 1008 г.), составившим в Каире по приказу калифа Аль Хакима ценные астрономические таблицы движения солнца, луны и планет. И здесь астрономы располагали сооруженной с большой щедростью обсерваторией. На основании каталогов звезд изготовляли из серебра и меди превосходные небесные глобусы, из которых некоторые дошли до нашего времени. В измерении углов старались достигнуть большей точности, придавая инструментам с градусным делением громадные размеры. Так, установленный в Багдаде секстант, которым в 992 г. измеряли наклон эклиптики, имел радиус в 58 футов и показывал отдельные секунды. У арабов же мы встречаемся со способом устанавливать инструменты

---

[1] Repsold, Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge, Leipzig, 1908, S. 11.

[2] Sedillot, Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, Paris, 1841.

[3] C. Brockelmann, Geschichte der arabeschen Literatur, 1898—1902, Bd. I, S. 222.

[4] Brockelmann, Bd. I, S. 220.

для определения кульминаций неподвижно в плоскости меридиана. Мы находим здесь в употреблении даже инструмент с горизонтальным кругом, над которым устроено два вращающихся квадранта. Этот инструмент, в существенных чертах соответствующий азимутальному квадранту Тихо де Браге, давал возможность определять одновременно азимут и высоту двух светил. „Вращающиеся квадранты арабов и прибор Тихо легли в основании конструкции нынешних теодолитов.

Астрономия, все больше вырождавшаяся в астрологию, математика и покоящаяся на геометрических основах оптика, затем химия в своем первом, проникнутом мистическими представлениями, одеянии,—таковы науки, которыми с особенным предпочтением занимались арабы. Здесь, особенно поскольку идет речь о химии, бывшей, если не по происхождению, то по своим первым шагам, по преимуществу арабской наукой они могут похвалиться выдающимися успехами.

Толчок к занятию математикой арабы получили не только от греческих сочинений, принадлежащих народу, по преимуществу способному к геометрии, но не в меньшей степени от индусов, выдававшихся своими арифметическими способностями. От последних, поскольку это позволяют думать наличные, еще недостаточные свидетельства, они получили вероятно также позиционную систему счисления, покоящуюся на значении цифры по ее положению и называемую нами до сих пор арабской, так как от арабов получили ее западные народы. И алгебра, поскольку она имеет индийское происхождение, была значительно усовершенствована арабами.

Из греческих математиков важнейшее влияние на развитие математики у арабов оказал Евклид. К дальнейшему развитию арифметики они были подвинуты главным образом заимствованием индийской нумерации. Индийские цифровые знаки распространились впрочем очень рано из Александрии вплоть до Рима [1].

Прежде чем перейти подробнее к развитию математики у арабов, должно упомянуть, что в конце средних веков, вероятно также при посредстве этого народа, дошли до Западной Европы изобретенные на Востоке Азии буссоль и,— весьма вероятно — также порох. С сообщением о буссоли мы встречаемся в одном китайском сочинении II в. н. э. Здесь магнит называется камнем, при помощи которого дают

---

[1] C. Brockelmann, Geschichte d. arabischen Literatur, Bd, I (1898), S. 215.

направление иголке [1]. Доказано далее, что китайцы уже в XII в. н. э. были знакомы с явлением магнитного склонения. Соответственное место в китайском источнике гласит[2]: „Если натереть конец иголки магнитным камнем, то она показывает на юг, но не точно, а немного на восток. Отклонение равняется приблизительно $^1/_{24}$ окружности (т. е. приблизительно 15°)".

Рассказ, будто компас изобретен или введен в Европе моряком Флавио Джойя из Амальфи, оказался одной из многих, обращающихся в истории науки легенд. Не подлежит никакому сомнению, что употребление магнитной иглы было известно в Европе задолго до Джойи, жившего в XIV столетии. Так, в одной провансальской книге, относящейся XII столетию [3], упоминается, что моряк должен руководствоваться магнитной иголкой, когда не может увидеть ни луны, ни звезд. В одном сочинении, написанном в 1180 г. [4], говорится, что железная иголка от соприкосновения с магнитом получает способность показывать на север, что важно для моряка. За Флавио Джойей должно признать быть может ту заслугу, что он соединил иглу с кругом, на котором намечены страны света, и таким образом сделал ее более удобной для употребления [5].

Изобретена ли буссоль в Европе самостоятельно или принесена туда при посредстве арабов из восточной Азии, до сих пор нельзя было установить с достоверностью. Принимая во внимание однако оживленные торговые сношения мусуль-

---

[1] Klaproth, Sur l'invention de la boussole, 1834. Согласно новым исследованиям китайские сообщения о компасе восходят к IV в. до н. э. См. Gerland, Der Kompass bei den Arabern und im christlichen Mittelalter. Китайцы пользовались компасом вначале в путешествиях по суше; на море он вошел в употребление вероятно не раньше III в. н. э.

[2] Heller, Geschichte der Physik, Bd. I, S. 210

[3] Guyot de Provins, La Bible.

[4] Ее автор — Александр Неккам. Соответственное место гласит: „Nautae enim mare legentes, cum beneficium claritatis solis in tempore nubilo non sentiunt, aut etiam cum caligine nocturnarum tenebrarum mundus obvolvitur, et ignorant in quem mundi cardinem prova tendat, acum super magnetem ponunt, quae circulariter circumvolvitur usque dum ejus motu cessante cuspis ipsius septentrionalem plagam respiciat" (ср. Hellmann, Die Anfänge der magnetischen Beobachtungen, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Bd. 32, Berlin, 1907). В переводе это значит: „Когда моряки в туманную погоду не пользуются благодеянием ясного солнца или с наступлением ночной темноты не знают, в каком небесном направлении движется корабль, они прикрепляют над магнитом иглу, которая вращается до тех пор, пока ее острие по прекращении движения не указывает северного направления.

[5] A. Breusing Flavio Gioja und der Schiffskompass Zeitschrift pt. Gesellsch. f.Erdkunde, Bd. IV, 1869.

манских стран с Индией и Китаем, должно считать последнее более вероятным [1].

Интересно также, как постепенно пользование магнитной иглой становились все более практичным. Сперва ее делали плавающей. Так, в составленной в 1232 г. книге „Сокровища купцов в познании камней" говорится: „Когда ночь так темна, что капитаны не могут видеть звезд для того чтобы ориентироваться, то они наполняют сосуд водою и ставят его внутри корабля в месте, защищенном от ветра, затем они берут иглу и протыкают ею соломинку, так что образуется крест. Этот крест они бросают в воду, находящуюся в упомянутом сосуде, так чтобы он плавал на поверхности. После этого они берут магнит, приближают его к поверхности воды и вращают рукою. При этом начинает вращаться игла на поверхности воды; тогда они сразу убирают руки, после чего игла показывает две точки, именно: север и юг".

Дальнейшее улучшение заключалось в том, что вращающийся магнит установили на иголке. Соединение магнита с вращаемым разделенным кругом относится вероятно к XIV в. Завершено было устройство компаса, когда Кардан (в XVI столетии) снабдил его названным по его имени приспособлением (Карданов подвес) [2].

Так же, как с компасом, обстоит вероятно дело и с порохом, который стал в Китае известен гораздо раньше, чем в Европе. Древнейшее известие о порохе в европейской литературе содержится в рукописи Марка Грека, хранящейся в Париже [3]. Здесь говорится, что должно растереть вместе серу, канифоль или угол и селитру и этой смесью наполнить длинные трубки. Если затем смесь зажечь, то трубки взлетают в воздух или лопаются с громоподобным грохотом.

По Марку Греку делается это так: одна часть канифоли, одна часть серы, шесть частей селитры растираются в порошок, смешиваются с маслом, — и затем этой смесью наполняют трубку. По другому данному здесь рецепту одна часть серы, две части липового или ивового угля и шесть частей селитры растираются в порошок и употребляются для наполнения ракеты и изготовления „летучего огня". Такие

[1] Ср. E. Wiedemann, Zur Geschichte des Kompasses bei den Arabern. Verhandl. d. Deutsch. phusikal. Gesellschaft zu Berlin, 1907, Bd. 9. S. 764—773. Видеман приводит здесь между прочим указания, относящиеся к 1232 г., из которого следует, что уже тогда железу посредством натирания магнитным камнем сообщали способность располагаться в северно-южном направлении

[2] Об усовершенствованиях компаса будет итти речь в дальнейшем.

[3] Marcus Graecus, Liber ignium Berthelot, Chimie au moyer age, V. I, стр. 108.

ракеты бросали на неприятельские корабли, чтобы вызвать на них пожар[1].

Арифметика и алгебра у арабов.

К занятиям математикой арабы пришли вследствие знакомства с сочинениями греков и индусов. Птолемей и Евклид, Апполоний, Герон и Диофант были распространены в многочисленных арабских переводах[2]. Какое значение при этом имели христианско-греческие школы, возникшие в Сирии под влиянием секты несториан, было уже упомянуто. В VIII столетии до Багдада дошло извлечение из сочинения индуса Брамагупты. Это извлечение было переработано в 820 г. Магомстом Ибн Муса Альхваризми[3].

Ибн Муса (бен Муса), известнейший арабский математик, жил при Аль Мамуне. Он принимал участие не только в издании индийских сочинений, но и в переработке птолемеевых таблиц, равно как в вышеупомянутом арабском градусном измерении[4]. Ибн Муса писал также об арифметике и алгебре. Переводчик книги об арифметике превратил Альхваризми в название алгорифм, которое и теперь применяется к каждому, ставшему правилом, способу исчисления.

По индийскому образцу цифры у Ибн Вусы получают значение по месту. Если при сложении сумма цифр больше девяти, то десятка должна быть прибавлена к следующему разряду, а на прежнем месте пишется лишь то, что является избытком над десятью. „Если остатка нет, — продолжает Ибн Муса, — то поставь кружок (нуль), чтобы место не оставалось пустым. Кружок должен занять его, чтобы от пустоты не

---

[1] Подробности см. у Дильса, Antike Technik, стр. 97 и сл. В нашем изложении мы следуем за Дильсом, в свою очередь следующим за Бертело. Точка зрения Дильса оспаривается Липпманом (см. его Abhandlungen und Vorträge. Bd I), согласно которому сочинение Марка Грека составлено лишь в 1250 г. Указание Бертело, будто Марк Грек был знаком с селитрой по его мнению совершенно не основательно, и Дильс не имел права доверяться Бертело. Подробнее см. у Липпмана в „Алхимии", стр. 477 и сл. Ср. также новейшую работу Руска по этому поводу.

[2] Так, Ибн аль Хайтам (Альхасен) ежегодно переписывал Евклида и Альмагест для заработка. Ср. Wiedemann, Ibn al Haitam, ein arabischer Gelehrter, Leipzig, 1906, S. 152.

[3] Можно составить целый список транскрипций имени Альхваризми. Руска (Zur ältesten arabischen Algebra und Rechenkunst, Heidelberg, 1917) приводит с дюжину таких транскрипций.

[4] Перевод открыт в 1857 г. в Кембриджской библиотеке и является первым выпуском изданных Бонкампаньи Trattati d'aritmetica.

уменьшилось число мест, и второе место не было принято за первое“ [1].

Сочинение Ибн Мусы об „алгебре“ — первое носящее это название. Слово алгебра приблизительно обозначает „дополнение“ и относится к решению уравнений. Метод добавления (Algebr) заключается в прибавлении к обеим частям уравнения равных положительных величин для исключения из него отрицательных членов.

Книга Ибн Мусы предназначалась не столько для научного, сколько для практического употребления. Это явствует также из следующих слов, которыми Ибн Муса начинает свою книгу: „Любовь к наукам, которою господь бог отличил Аль Мамуна, повелителя правоверных, и его расположение к ученым, вдохновили меня написать краткое сочинение об исчислениях посредством дополнения и уравнивания. При этом я ограничиваюсь легчайшим и тем, что людям более всего потребно при разделах, наследствах, торговых делах, измерении земли и т. д.“.

Ибн Муса различает шесть видов уравнений, имеющих в нынешнем начертании следующий вид:

$$bx = c;\ ax^2 = c;\ x^2 + bx = c;$$
$$x^2 = bx + c;\ x^2 + c = bx;\ ax^2 = bx.$$

Для уравнения $x^2 + c = bx$ он дает решение:

$$x = \frac{b}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - c}.$$

Он упоминает, что задача эта невозможна в случае, если

$$c > \left(\frac{b}{2}\right)^2$$

Тройное правило, и притом по индийским образцам, также излагается в этом сочинении, имевшем громадное значение не только для арабской, но и для западной математики [2].

---

[1] Trattati d'aritmetica. I, 8.

[2] Подробнее об Ибн Мусе трактует работа Р у с к а (Ruska) Zur ältesten arabischen Algebra und Rechenkunst, Heidelberg, 1917. Sitzungsber d. Heidelb. Akad. d. Wissensch. По Руске о первых шагах арабской алгебры было высказано много противоречивых взглядов. Необходимо поэтому обратиться к обстоятельному сопоставлению текстов и переводов. Алгебры в нынешнем смысле Ибн Муса не составлял. Целью его сочинения является лишь основанное на многочисленных примерах введение в прикладную арифметику. Ибн Муса нигде не указывает, откуда он берет материал. Различные переводы выражений algabr и almukabalah не могут дать ясного представления об их математическом смысле. Кантор говорит о восстановлении и противопоставлении; Руска — о дополнении и выравнивании. В отделе, посвященном Ибн Мусой шести формам уравнений, говорится, что всякое другое уравнение может быть приведено посредством указанного способа к одной из шести основных форм. Р е д.

Распространение арабской науки.

Завоевав Испанию, арабы основали Кордовский калифат, получивший для западной части их государства такое же значение, какое Багдад имел для Востока. Торговля и промышленность достигли здесь высокого расцвета. Возникли великолепные здания. Были распространены новые растения, прежде всего финиковая пальма. В Испании главным образом произошло соприкосновение западного христианства с наукой ислама. Отсюда ведет свое начало оживление научных занятий в христианских странах, познакомившихся в IX и X столетиях с греческими писателями в арабском переводе и с комментариями арабских ученых, каковы Авиценна и Аверроэс. Авиценна (его арабское имя — Ибн Сина) жил в 980 — 1037 г. в Персии. В качестве философа он примыкает к Альфараби, который пытался объединить философию Платона с Аристотелем и придал астрологии форму, сохраненную ею в течение всего средневековья [1]. Авиценна занимался главным образом медициной. Все знания своего времени в этой области он свел воедино в большом сочинении, в „Каноне“ [2].

Значение Аверроэса (Ибн Рошд, 1120—1198) заключается главным образом в том, что он сделал сочинения Аристотеля доступными арабскому и христианскому средневековью. Преклонение его перед этим философом было так велико, что по его утверждению мироздание завершено лишь рождением Аристотеля. Несмотря на это, нельзя отрицать за философией Аверроэса известной самостоятельности [3]. Все его представления о природе проникнуты, можно сказать, почти современным характером. Бог и материя по его воззрениям вечны. Создание из ничего, излюбленное представление восточно-христианской мистики, невозможно. Духовное есть то, что движет материю и определяет ее форму. И человеческая душа есть также ни что иное, как формообразующая сила нашего бытия. Легко понять, что церковь отвергала такие учения как еретические. Представляется даже вероятным, что с натурфилософскими воззрениями Аверроэса ввиду их связи с физическими учениями Аристотеля пытались бо-

[1] Альфараби составил энциклопедический свод наук, дошедший до нас в арабском подлиннике и латинских переводах (De scientiis). Подробности см. в ст. Э. Видемана, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, XI, Erlangen, 1907 (Sitzungsberichte der physik. Medizin. Sozietäs in Erlangen, Bd. 39).

[2] „Канон“ был впервые напечатан в Венеции 1493 г. в латинском переводе.

[3] E. Renan, Averroes et l'Averroisme, Paris, 1852.

роться временным запрещением физических сочинений этого философа.

Свидетельством высокого расцвета науки под западно-арабским господством является также то, что около 900 г. в Кордове возникла высшая школа с библиотекой из многих сотен тысяч томов. Учреждения такого же рода были созданы в других городах, как Гранада, Толеда и Саламанна, расцветших под мавританским владычеством благодаря торговле и благосостоянию. Из всех стран Западной Европы стекались жаждущие знания в эти города, которым не было ничего равного на родине. Когда арабы прочно водворились в Южной Италии, то и там была оценена арабская мудрость. По поручению Гогенштауфена Фридриха II „Альмагест" был переведен с арабской рукописи на латинский язык. К естествознанию и притом не только по арабским источникам, но и на основании собственных наблюдений, этот император проявлял большой интерес. Так возникло его сочинение об охоте с птицами, где в разных случаях он дает анатомическое обоснование зоологическим соображениям[1]. В книге содержится хорошее описание птичьего скелета, а также анатомия внутренностей. Здесь говорится о механических условиях полета, о перелетах птиц и т. д. Руководством в анатомическом исследовании птиц император был обязан вероятно ученым врачам салернской школы. Фридрих II был будто бы также первым государем, разрешившим вскрытие человеческих трупов, так как он был проникнут убеждением, что лишь этим путем можно ожидать успехов медицины.

Оптика и механика у арабов.

Как уже было упомянуто, наряду с математикой и астрономией арабы особенно занимались, основанной на геометрии, оптикой. Отчасти собранные, отчасти самостоятельно приобретенные знания в этой области дошли до нас полнее всего в сочинении жившего в XI в. в Испании физика Альхасена (Ибналь Хайтам) [2]. Это сочинение, пользовавшееся высоким

[1] Reliqua librorum Friderici II, imperatoris de arte venandi cum avibus Ed I. G Schneider. Lipsiae 1788/89. Ср. также Garus, Geschichte der Zoologie München, 1872 и Burckhardt. Geschichte der Zoologie, Leipzig, 1907.

[2] Opticae Thesaurus Alhazeni Arabis lidri VII, nunc primum editi a Fr. Risneto, Basileae, 1572. См. Schnaaseb Die Optik Alhazens Programm des gymnasiums zu Stargard, 1889. Полное имя Альхасена: Абу Али Мугаммед бен эль Хасан ибн эль Хайтам эль Басри. Арабская иллюстрированная рукопись его сочинения храниться в Лейдене. Перевод Риснера передает оригинал в сокращенном виде, но точно. О позднейшей арабской обработке оптики Альхасена подрбно сообщает Э. Видеман в Archiv f. d. Ceschichte d. Naturwissenschaften und d. Technik, 1912, S. 1—53.

уважением, заслуживает более обстоятельного знакомства с его содержанием, дающим понятие о тогдашних знаниях. Конечно уже александрийцы занимались строением глаза. Однако описание, данное Альхасеном, является первым достойным названия анатомического. Доныне употребительные названия главных частей глаза, как humor vitreus (стекловидное тело), cornea (роговая оболочка), ретина (сетчатая оболочка) и т. д. восходят к „Оптике" Альхасена.

Правда, лишь позднейшие исследования уяснили соотношение между хрусталиком и сетчатой оболочкой в их зна-

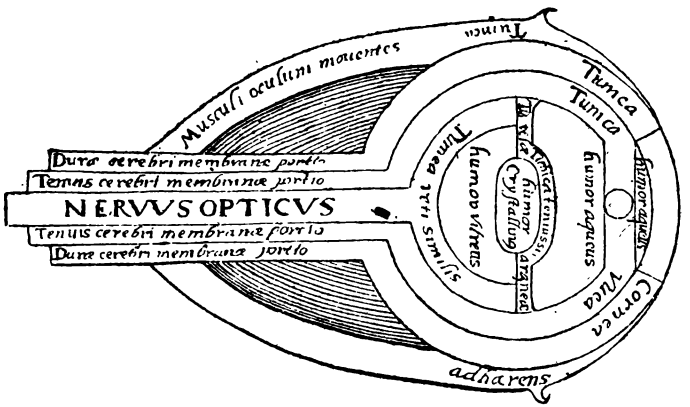


Рис. 53. Разрез глаза по Альхасену.

чении для появления зрительного образа. Как явствует из прилагаемого изображения (рис. 53), взятого из издания Риснера, Альхасен помещал хрусталик в средине глаза. Здесь сходятся все лучи, перпендикулярно проходящие через

Новейшая точка зрения на оптику арабов изложена в сводной работе Майергофа. См. M. Meyerhof, Die Ontik der Araber, в Zeitschrift, ophtalmologische Obtik, Berlin, Verlag von g. Springer, 1920.

Надо прибавить, что составителями появлявшихся с VIII столетия сочинений на арабском языке были меньше всего арабы, по преимуществу персы, сирийцы, египтяне, месопотамцы, и не только магометане, но также христиане и евреи. Значительнейшее сочинение арабов по оптике, Opticae Альхасена Thesaurus известно западному миру с XIII в. Обстоятельное изучение арабской оптики на основе перевода оригинальных текстов произведено лишь в течение последних десятилетий в области офтальмологии Гиршбергом, в физической части Видеманом. К сожалению, несмотря на все усилия, арабский текст „Оптики" Альхасена не найден до сих пор. Биография Альхасена точно пересказана Э. Видеманом по арабским биографиям ученых (Archiv f. d. Gesch. d. N. u. d. T. 1910 ,3). Латинский перевод, лежащий в основе издания Риснера, относится предположительно к XIII столетию. Подробный перечень содержания всех семи книг „Оптики" Альхасена дает М. Мейергоф в своем отчете в Zeitschr. f. ophtalmologische Optik, VIII (1920), № 3.

переднюю выпуклость глаза. Лишь эти лучи по его предположению содействуют отчетливому зрению и воспринимаются хрусталиком [1]. Совокупность этих лучей образует зрительную пирамиду. Ее вершина находится таким образом в центре глаза, а основанием является поверхность видимого предмета.

Во второй книге исследуются двадцать два свойства, различаемые глазом в предметах, а именно: свет, цвет, расстояние, облик, размеры, число, движение, спокойствие, прозрачность и т. д.

Свет по предположению Альхасена требует для своего распространения времени [2]. Оптические обманы также рассмотрены Альхасеном (в третьей книге его „Оптики“ [3]). В изучении явлений отражения и преломления, которым посвящено главным образом сочинение Альхасена, замечается шаг вперед по сравнению с греками [4]. Для получения изображений употреблялись не только плоские, но и сферические, цилиндрические и конические, вогнутые и выпуклые зеркала, причем определялись положение и размеры изображения. Закон отражения оказался применимым для всех исследованных зеркал. Он знает местонахождение фокуса, который еще Евклид помещал в центре кривизны. Альхасену известно также то обстоятельство, что не все лучи сходятся в одной и той же точке. Произведенные им наблюдения над зажигательным шаром привели к результатам, что для всякого

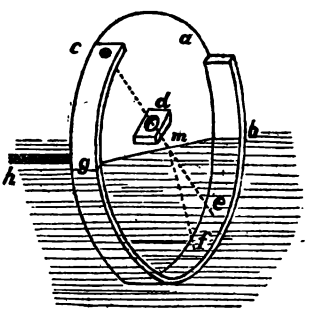


Рис. 54. Альхасен исследует преломление света.

[1] Он ошибочно обосновывает этот взгляд тем, что разрушение хрусталика имеет следствием потерю зрения, между тем как повреждение других частей глаза по его мнению не вызывает такого действия.

[2] Что свет требует для своего распространения известного времени, Альхасен выводит из того, что цвета цветного волчка (который известен был уже Птолемею) при быстром вращении сливаются и не могут быть различимы.

[3] В изложении анатомии глаза Альхасен опирается в основном на Галена. Подобно последнему, он различает три влаги (водянистая влага, хрусталик, стекловидное тело) и четыре оболочки, и так же, как он, помещает хрусталик в центре глаза.

[4] См. также Schnaase, „Alhazen“ в Schriften der Danziger Gesellschaft. N. Elge, Bd. VII, S 140. В противоположность большинству греков и своих арабских коллег Альхасен совершенно сознательно выставляет теорию, что зрение является следствием лучей, прямолинейно распространяющихся от предмета к глазу (Meyerhof, Zeitschr. f. ophtalmolog. Optik, VIII, 1920, H. 3 S. 42).

гладкого прозрачного шара из стекла или сходной массы лучи сходятся в точке, находящейся от шара на расстоянии равном приблизительно $^1/_4$ диаметра. Рассматривается даже свойство параболоида вращения отражать параллельно исходящие из фокуса лучи. В „Оптике“ Альхасена (Optic. Thes., VII, 43) отмечено также то явление, что предметы, рассматриваемые сквозь шаровой сегмент из прозрачного вещества, кажутся бо́льшими.

Если Птолемей открыл, что каждому углу падения соответствует определенный угол преломления, то Альхасен прибавил к этому наблюдение, что падающий и преломленный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром падения. Прежнее предположение, что отношение между углом падения и углом преломления является постоянным, Альхасен считает верным лишь для малых величин. При своих исследованиях преломления света он пользовался прибором, сходным с тем, который употреблял Птолемей. Он брал медный круг с ободком, разделенным на градусы (рис 54). В ободке находится отверстие *c*. Второе отверстие *d* проделано в пластинке, расположенной недалеко от центра круга. Этот прибор погружался в жидкость до центра. Если затем луч проникал через оба отверстия *c* и *d*, то он падал на жидкость в центре круга, на ободке которого можно было отсчитать угол падения и угол преломления.

Отражением и преломлением Альхасен объясняет некоторые важные астрономические явления. Так; сумерки сводятся к отражению света. То обстоятельство, что сумерки длятся лишь до тех пор, пока солнце не дойдет до 19° ниже горизонта, дает Альхасену способ определить высоту нашей атмосферы [1] (рис. 55). Пусть *M*,—рассуждает он,—будет верхний воздушный слой, способный еще отразить луч *SM*, а точка *A* — местонахождение наблюдателя. Угол *HMS*, образуемый солнечным лучом *SM* с горизонтом, будет равен 19°. По закону отражения $\sphericalangle BMC = \sphericalangle AMC$. Так как, далее, сумма трех углов у *M* равна 180°, то угол *AMC* будет равен $\frac{180 - 19^\circ}{2} = 80^\circ 30'$. Так как сторона $AC = r$ известна, то этим определяется прямоугольный треугольник *ACM*.

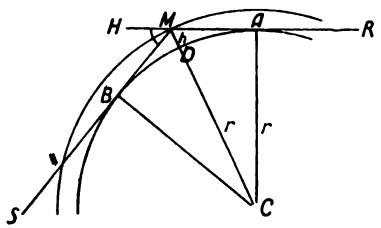


Рис. 55. Определение высоты атмосферы по Альхасену.

[1] В приложении к Opticae Thessurus.

Искомая высота получится, если мы по данным элементам вычислим гипотенузу MC ($MC = r : \sin 80° 30'$) и вычтем из нее r. Таким образом, $МД = h = (r : \sin 80° 30') - r$. Эта величина по вычислениям Альхасена равняется 52 000 шагов (5—6 миль), мы же принимаем ее равной 10 милям [1].

Против этого вычисления легко привести возражение, до которого мог додуматься сам Альхасен. Ибо он знал, что световой луч, падающий в атмосферу под углом, не распространяется по прямой линии, но, переходя во все более плотные, все сильнее преломляющие свет слои, распространяется по кривому пути. Это явление, называемое астрономической рефракцией, было известно уже Птолемею. В древности однако его объясняли не увеличивающейся плотностью атмосферы, но содержащимися в ней парами. Мерцание звезд происходит по Альхасену от быстрых изменений в атмосфере, а то явление, что луна и солнце вблизи горизонта кажутся сплюснутыми, объясняется астрономической рефракцией [2].

Кроме „Оптики" сохранилось еще небольшое сочинение Альхасена, посвященное прозрачности и природе света. Оно начинается следующими словами: „Изучение того, что

---

[1] Альхасен принимал окружность земли равной 4 800 миль (вместо 5 400).

[2] Что светила вблизи горизонта кажутся больше, чем в зените, Альхасен объясняет оптическим обманом. Последний происходит от того, что глаз оценивает размеры предметов сообразно величине зрительного угла и предположительному отдалению, которое на горизонте вследствие расположенных посередине предметов представляется больше. По той же причине свод небесный кажется приплюснутым.

Первое упоминание о камере-обскуре встречается в сочинении Альхасена „О фигуре тени", переведенном на немецкий язык Видеманом. Здесь говорится: „Если солнечный свет во время затмения проходит через маленькую круглую дырочку и падает на противолежащую стену, то изображение имеет вид серпа". Доказательство Альхасен приводит в обстоятельном сочинении (переведено Видеманом). Его комментатор Кемаль аль Дин, живший приблизительно 300 лет спустя, развивает теорию камеры очень подробно. Вюршмидт полагает, что западные ученые при устройстве камеры-обскуры воспользовались опытом арабов.

То обстоятельство, что при солнечном затмении в узкое отверстие виден серпообразный образ солнца, было известно уже в древности.

В сочинении „О зажигательном зеркале по коническим сечениям" (изд. Гейбергом и Видеманом, Bibl. math., III Folge, Bd. 10, H. 3, Альхасен упоминает о наблюдении древних, что зеркала, имеющие форму параболоида вращения, соединяют все лучи в одной точке и производят более сильное действие, чем все другие зеркала. Открытие это приписывается Диоклу (350 г. до н. эры). Альхасен указывает на отсутствие теоретической конструкции, которую и предлагает. Однако уже Аполлоний установил подлинное положение фокуса в параболоидных вогнутых зеркалах. — Ред.

есть свет, относится к области естественных наук, изучение же того, *как* он действует, изучение его лучей, нуждается в математических науках вследствие того, что свет распространяется по прямой. То же относится и к прозрачным телам, в которые проникает свет. Рассмотрение существа их прозрачности относится к области естественных наук, изучение же того, как распространяется в них свет, относится к области математики“ [1]. Любопытны также развиваемые в этом сочинении взгляды на степень прозрачности, которая по мнению Альхасена безгранична.

Благодаря Альхасену обратили внимание на увеличительную способность стеклянных сегментов шара [2]. Весьма возможно, что его указания привели к изготовлению очков. Хотя Альхасен и опирается на античных оптиков, он все же выше Птолемея, последнего и значительнейшего из упомянутых нами. В то время как прежняя историческая наука мало ценила Альхасена [3] новое исследование [4] сумело по достоинству оценить его заслуги и самостоятельность, проявляемую во многих частях его сочинений.

Наряду с оптикой арабы занимались также механикой. Так, мы встречаемся у них с более точным определением удельного веса. Относящаяся к XII столетию таблица [5] содержит следующие величины:

Золото	19,05	(вместо	19,26	по	современному	определению),
Ртуть	13,56	(„	13,59	„	„	„),
Медь	8,66	(„	8,85	„	„	„),
Свинец	11,32	(„	11,35	„	„	„),
Морская вода	1,041	(„	1,027	„	„	„)[6],
Кровь	1,033	(„	1,045	„	„	„),

Величины эти определялись посредством весов или сосуда, позволяющего определять количество воды, вытесняемой взвешенным количеством исследуемого тела. Для жидкостей пользовались ареометром, который употребляли для этой же цели уже позднейшие александрийцы [7].

---

[1] Zeitschr. d. morgenl. Geselsch., 1882. Baarmann, über das Licht von Ibn al Haitam.

[2] Opticae Thesaurus VII, 48 Ср. также Schnaase, „Alhazen“ в Schriften der Danziger Natforsch Gesellschaft, Neue Folge, Bd VII, S. 140.

[3] Например, Монтюкла.

[4] Особенно Шпаазе и Э. Видеман.

[5] Таблица взята у Аль Казини, составившего в 1137 г. книгу под заглавием „Весы мудрости“. Ср. Wiedemanns Annalen, Bd 20, S 539.

[6] Подробности см. у Gerland und Traumüller, Geschichte der physikalischen Experimentierkunst, Leipzig, 1889. По истории ареометра ср. также статью Липпмана в Chemiker-Zeitg, 1912, № 68.

[7] Ср. E. Wiedemann, Über das Experiment im Altertum und Mittelalter (Vortrag), см. также Über Wagen bei den Arabern (Sitzsber. der phys. Mediz.

Взвешивание производилось довольно точно. При общем весе более 2 кг. ошибка не превышала 0,06 грамма. Эти достижения арабов заслуживают тем большего удивления, когда подумаешь, что в это самое время христианский Запад был переполнен еще главным образом схоластическими препирательствами. Так например, в главном сочинении Томаса Аквинского (умер в 1274 г.) среди многих сотен глав мы встречаем лишь одну, посвященную „естественным действиям вещей", тогда как множество их трактует о питании ангелов, их пищеварении и сне. Тот же самый Томас Аквинский, почитаемый схоластиками как величайший учитель, объявлял стремление к познанию вещей грехом, поскольку оно не направлено на познание бога [1].

Химия в век арабов.

Велики заслуги арабов и в развитии химии. Правда, уже задолго до них промышленность и горное дело привели к знакомству с рядом химических превращений. С другой стороны, арабы несомненно получили первый толчок к занятию химией в Сирии, Месопотамии и Египте, где был накоплен богатый опыт. Однако у позднейших александрийцев и арабов химические исследования оказались не связанными с насущными утилитарными целями и превратились в орудие алхимии, давшей им такой толчок, какой никогда не мог бы им сообщить чисто научный интерес.

Многочисленные собранные на Востоке химические знания достигли при посредстве арабов Испании [2]. Отсюда они были перенесены на христианский Запад, где нашли особенно благоприятную почву. С XIII столетия алхимическое искусство расцвело вследствие этого во Франции, Германии и Англии. Немалое количество сведений, относившихся к свойствам и обработке металлов, несомненно дошло до средневекового Запада непосредственно из древности.

Soziet. in Erlangen, Bd. 37, 1905, S. 388 и сл.) Видеман рассказывает здесь о применении физических знаний для разных мошеннических проделок, например, устраивали весы, в пустом коромысле которых помещали немного ртути. В одном арабском сочинении, описывающем целый ряд фокусов и ухищрений, говорится: „Если надо, чтобы золото оказалось легче, то заставляют ртуть потечь в сторону разновесов".

Обманывали также таким образом, что на пальце продавца было кольцо с магнитом, которое при взвешивании умело приближали к железной стрелке весов. Что такие мошенничества были довольно стары, явствует также из того, что уже Коран обличает их.

[1] Summa theologiae, Venet., 1593, T. XI p. 407.

[2] Рядом с Испанией заслуживает упоминания Сицилия, также сыгравшая роль в распространении на западе арабской науки. Ред.

Не следует поэтому преувеличивать роль, которую пришлось сыграть арабам. До наших дней сохранилась (в Луккской библиотеке, см. Бертело, стр. 28 цит. соч.) рукопись времен Карла Великого под заглавием Compositiones ad tingenda, содержащая наставления об окраске мозаики и кожи, золочении, паянии и т. д. Среди рукописей X столетия открыто, далее, большое сочинение о красильном деле (Marrae clavicula), по мнению Бертело не носящее никаких следов арабского влияния. Наставления, содержащиеся в этих средневековых западных произведениях, часто дословно заимствованы у греческих алхимиков. Так, Marrae clavicula содержит предписания, буквально совпадающие с таковыми же, ставших недавно известными античных химических сборников (папирусы Лейденский и Стокгольмский). Прежнее мнение, будто алхимия является исключительно созданием арабов, оказалось таким образом неосновательным. Тем не менее не следует недооценивать заслуги арабов в области алхимии. Они не только сохранили и распространили эту науку в том виде, как она досталась им от древности, но они также развили и значительно обогатили ее.

Уже в VIII и IX столетиях арабская алхимическая литература достигла значительного объема. Несколько позже уже упомянутые арабские ученые Альфараби и Авиценна наряду со многим другим, писали также об алхимии. Авиценна, которого позднейшие алхимики называли своим учителем, объявлял, что золото и серебро образуются под влиянием луны и солнца из испарений земли со всеми своими особенными свойствами, которые никакой человек не может воспроизвести искусственно. Скептически относился Авиценна и к астрологическим учениям [1].

Об отдельных химических знаниях арабов мы узнаем кое-что из составленной в 975 г. Абу Мансуром „Книги фармакологических начал“ [2]. Абу Мансур упоминает например о применении гипсовой повязки при переломах костей — способе, усвоенном новейшей медициной лишь в XIX столетии. Посредством перегонки,— говорится в другом месте книги,— можно из морской воды приготовить питьевую воду таким же образом, как приготовляют перегонкой розовую воду.

Если уже в древности различали серные соединения мышьяка (реальгар и аурипигмент), то книга Абу Мансура

[1] E. Lippmann, Alchemie, S. 405.

[2] Перевод напечатан в „Historische Studien“, 1893. Извлечение Липпмана подзаглавием „Chemie vor Tausend Jahren“ в Zeitschrift für angewandte Chemie, 1901, H 26. Ср. его же Abhandlungen u. Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, 1906.

доставляет нам одно из первых известий о белом мышьяке. Мышьяковые соединения называются здесь летучими и ядовитыми, но целебными. То же самое говорится о ртути, которая в форме мази рекомендуется против домашних насекомых. Наоборот, о минеральных кислотах мы не встречаем у Абу Мансура еще никакого упоминания. Можно поэтому предполагать, что в его время они еще не изготовлялись. Азотная кислота и царская водка встречаются в средневековой литературе лишь в XIII столетии [1]. Эти химические вещества и не могли быть известны много раньше, так как селитра была известна в древности и лишь в 1200 г. была доставлена арабами в Европу в качестве „китайской соли". В самом Китае эта соль употреблялась для взрывчатых смесей вероятно не до начала нашей эры, а лишь гораздо позже [2]. Благодоря арабам распространилось из Индии по странам западной культуры также возделывание сахарного тростника. С сахарным тростником познакомились благодаря походам Александра Македонского. Изготовление твердого сахара было изобретено лишь через несколько столетий после начала нашей эры, — по мнению Липпмана в промежутке между 300 и 600 гг. Приблизительно с 750 г. н. э. сахарный тростник разводили в Египте. Вскоре после открытия Америки его возделывание перенесли на Сан-Доминго. Мы видим таким образом, как распространение растения, доставляющего нам одно из важнейших органических соединений, теснейшим образом связано с ходом исторических событий.

Большое техническое и научное значение, но также и пагубные следствия имело приписывавшееся раньше арабским химикам и врачам открытие, что путем перегонки можно выделить из вина опьяняющее начало этого напитка. Позже оно получило название алкоголь и к величайшему несчастью для человечества было принято в число лекарственных средств. В особенности ценили алкоголь как предохранительное средство от больших зараз (чума, черная смерть), опустошавших Европу в средние века [3].

[1] Подробности см. у Липпмана в его Abhandlungen u. Vorträge, S. 139.

[2] Lippano, loc. cit., p. 132.

[3] Из того, что в приведенной выше таблице удельных весов нет алкоголя, Липпман заключает, что в 1120 г. он еще не был известен. По его мнению это совсем не арабское, но западное и сравнительно позднее открытие. До сих пор общепринятым было мнение, что алкоголь уже в IX в. был известен арабам. По Липпману открытие алкоголя относится к XI столетию и повидимому имело место в Италии (Alchemie, 472). Слово „коголь" обозначает очень тонкий порошок, „ал" — арабский член. Подробности см. у Липпмана, Chemiker-Zeitung, 1913, S. 1313, и 1917, S. 865.

Значительнейшим арабским писателем алхимического века считался долгое время Гебер (Джабер) [1], якобы живший в первой половине VIII столетия. Его называли автором многих сочинений, дошедших до нас в латинском переводе [2]. Эти сочинения, особенно главное из них под заглавием „Summa perfectionis magisterii", известны в христианской Европе в той форме, в которой дошли до нас приблизительно с XIII в. По исследованиям [3] Бертело и Штейншнейдера личность и историческое значение Гебера представляются очень темными. Дело в том, что те арабские сочинения, составителем которых он во всяком случае может считаться, имеют по содержанию очень мало общего с латинскими переводами, впоследствии выходившими под его именем. Образец этих сочинений напечатан Бертело (цит соч., стр. 61.) Мы встречаем здесь главным образом шарлатанские самовосхваления и неясные указания. Гебер советует в своих сочинениях держать его сообщения втайне. В качестве мусульманина он часто ссылается на свои религиозные воззрения, чтобы избегнуть возможного подозрения, что он преувеличивает или мошенничает. Гебер сравнивает металлы, как это делали уже александрийские алхимики, с живыми существами. Мы встречаемся у него также с учением, что каждая вещь кроме своих внешних видимых свойств имеет еще тайные (оккультные). Так он говорит: „Свинец снаружи холоден и сух, а внутри тепел и влажен, между тем как золото тепло и влажно снаружи и, напротив, холодно и сухо внутри". В соответствии с этим находится взгляд, встречаемый нами у Разеса, что медь в своем сокровенном существе представляет собой серебро. Кому удастся выделить из меди красный цвет, тот переведет ее обратно в серебро, каким она по своей тайной природе является. Краткое изложение содержания псевдо-геберовых сочинений [4] даст нам наилучшую картину

[1] О Гебере подробнее и в соответствии с новейшими данными трактует Липпман в своей „Алхимии".

[2] Немецкие издания вышли в 1710 г. в Эрфурте и 1751 г. в Вене. Перечисление работ Гебера у Wüstenfeld, Geschichte der arabischen Ärtzte und Naturforscher, 1840, S. 12 и 13.

[3] Ср. также E. v. Lippmann в Zeitschrift f. angewandte Chemie, 1901, H. 26.

[4] Важнейшими из них является „Summa perfectionis magisterii", „De inventione veritatis" и „Alchimia Geberi". В последнем сочинении описывается приготовление азотной кислоты и царской водки. По мнению Бертело неправильно приписывать арабским авторам XII XIII столетий настоящее знакомство с нашими минеральными кислотами и их солями. Наоборот, „тогдашние сложные и неудобные приемы изготовления были упрощены лишь на латинском западе в течение XIV и XV столетий". Результаты исследований Бертело о Гебере оспариваются в последнее время Липпманом.

цели и объема химических знаний позднего средневековья, хотя ввиду большой неполноты обследования средневековой литературы нельзя установить с точностью, что является результатом собственных изысканий авторов этих сочинений и что они заимствовали у прежних писателей.

Важнейшим фактом, с которым мы встречаемся в псевдогеберовых сочинениях, является знакомство с азотной и серной кислотами и с царской водкой, между тем как древность располагала только уксусной кислотой. Эти кислоты добывались посредством нагревания соли и соляных смесей — метод, остававшийся для серной кислоты единственным вплоть до изобретения „английского способа". Азотная кислота получалась посредством нагревания смеси селитры с купоросом. Благодаря примеси нашатыря к азотной кислоте получалась царская водка, способность которой растворять золото — „царя металлов" — не осталась тайной для алхимиков. К изготовлению такого раствора стремились уже давно, так как от него ожидали исцеления всех болезней.

На основе знакомства с минеральными кислотами могла теперь развиваться химия, работающая мокрым путем, тогда как до сих пор занимались главным образом химией плавильных процессов. Так, растворяя серебро и другие металлы в азотной кислоте, дошли до ляписа и многих других солей, которые, как например ртутные соли, не были известны древним. Едва ли надо упоминать, что полученные соединения вначале были очень не чисты. Однако были известны уже все важнейшие приемы, имеющие целью очистку добытых препаратов. Таковыми, кроме деотилляции, известной уже александрийцам, были прежде всего кристаллизация, сублимация (возгонка) и фильтрование. Равным образом описаны в псевдо-геберовых сочинениях также водяные ванны и печи для химических операций [1].

С химическими свойствами металлов составители этих сочинений были знакомы гораздо лучше, чем древние; они например добывали из металлов целый ряд кислородных соединений. Так, мы находим у них первые сообщения о получении окиси ртути [2], вещества, игравшего чрезвычайно важную роль в дальнейшем развитии химии. Уже умели соединять металлы не только с кислородом, но и с серой. Полученные сульфиды оказались более тяжелыми, чем примененный металл, между тем как ранее ошибочно предполагали, что с окислением связано уменьшение вещества.

[1] Ср. также Wiedemann, Über chemische Apparate bei den Arabern в сборнике Дингардта, Beiträge aus der Geschichte der Chemie.
[2] H. Korr, Geschichte der Chemie, Bd. 1, S. 53.

В эту эпоху был также сделан шаг вперед и в знакомстве с соединениями легких металлов. Поташ добывался посредством сожжения винного камня, сода — по общепринятому до введения лебланновского процесса способу (сжигание морских водорослей). Посредством прибавления извести растворы этих обеих солей делались щелочными, и таким образом получались едкое кали и едкий натр [1]. Последние служили для растворения серы, которая при посредстве кислот вновь выделялась из щелочного раствора в виде тончайшей пыли (серное молоко) [2].

Замечалось также стремление объединить отдельные химические знания с точки зрения теории (Липпман в своей „Алхимии" считает доказанным ее александрийское происхождение), которая конечно ввиду всеобщего недостаточного понимания химических процессов была очень далека от истины. Металлы считались смесью ртути и серы [3]. Сера (sulfur) считалась в металлах, как и вообще в горючих веществах, носителем горючести. От нее металлы получают и окраску. Наоборот, меркурий (ртуть) считался составной частью, обусловливающей плавкость, блеск и растяжимость. Под „сульфуром" и „меркурием" алхимиков не следует однако понимать обычную серу и обыкновенную ртуть. Эти вещества лишь состояли главным образом из серы или ртути. Обыкновенная сера и „сульфур" алхимиков относились друг к другу приблизительно так же, как каменный уголь и химический элемент — углерод. Предполагалось, что в благородных металлах преобладает меркурий. При посредстве изменения отношений этих предполагаемых составных частей металлы могут быть переводимы друг в друга. Таким образом медь занимала место между золотом и серебром, — и ее потому легко превращать в то или другое. Посредством нагревания с галмеем [4] она становилась близкой к золоту, посредством сплавления с мышьяком — к серебру. Достиг-

---

[1] $Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$

[2] $6KOH + 12S = K_2S_2O_3 + 2K_2S_3 + 3H_2O$

$K_2S_2O_3 + 2HCl = 2KCl + SO_2 + S + H_2S$

$K_2S_5 + 2HCl = 2KCl + H_2S + 4S$

Уравнения эти приводятся только в виде примеров: соляная кислота, применяемая здесь, еще не была тогда известна.

[3] В подлинных сочинениях Гебера (по Бертело) эта теория еще нигде не упоминается.

[4] Знакомство с металлическим цинком не может быть прослежено ранее конца средних веков. По мнению Липпмана металлический цинк стал известен лишь в новое время. Наоборот, сплав меди и цинка (томпак) был известен еще во времена римской империи: Ср. Mitteil. zur Geschichte der Medizin und d. Naturwissensch. 1903 S. 150 и 174.

нутое таким образом превращение красного цвета в желтый и белый считалось началом перехода в другой металл [1]. Олово чище и содержит больше меркурия, чем свинец. Что последний можно посредством прибавления ртути обратить в олово, считалось несомненным. При всех дальнейших опытах преследовалась цель изготовить прежде всего вещество, при помощи которого будет удаваться полное превращение металлов. Это гипотетическое вещество получило название филосовского камня. Позднейшие алхимики христианского запада приписывали ему чудеснейшие действия [2]. Так как они, подобно позднейшим арабским алхимикам, придерживались в главном вышеуказанных воззрений и так как значительного умножения отдельных сведний также не замечалось, то едва ли может итти речь о каком-либо прогрессе химии в дальнейшем течении этого периода. Наоборот, все больше сливались обе псевдонауки, алхимия и астрология, одновременно все больше проникаясь мистическими элементами.

Вопрос о том, откуда ведут происхождение встречающиеся в псевдо-геберовых сочинениях знания, которые мы находим здесь в конце XIII столетия совершенно законченными и все же являющиеся результатом продолжительного развития, принадлежит и в наши дни к темнейшим в истории химии.

Описательное естествознание и медицина.

Обратимся теперь к заслугам арабов в деле сохранения древних естественнонаучных сочинений. О значительном прогрессе в области зоологии и ботаники здесь не может быть речи, тем более что арабы питали отвращение к анатомическим исследованиям. Потому они в области анатомии человека полностью ограничивались Аристотелем и Галеном, а при занятиях животным и растительным царствами стремились, подобно поздней древности, главным образом изучить и увеличить сокровищницу лекарственных средств.

С этой же точки зрения проявляли арабы интерес к минералам. Картину минералогических познаний и воззрений арабов

---

[1] Объяснением может служить следующее место, приводимое Бертело: „Медь состоит из более тусклой и густой ртути и густой и красной серы. Олово делается из ясной ртути, прокипяченной в течение короткото времени с белой и ясной серой. Если кипячение продолжается долго, то получается серебро и т. д. Создание этих металлов в недрах земли завершается, правда, в течение долгих столетий, но искусство может сократить их производство. Оно будет таким образом совершаться в течение нескольких часов или нескольких минут".

[2] Надо, впрочем, сказать, что чудесные действия приписывали философскому камню уже древнейшие греческие алхимики.

дает составленная в XIII в. „Космография" Ибн Махмуда Аль-Казвини [1]. Согласно этому сочинению прозрачные минералы возникают из жидкостей, прочие — из смешения воды с землей. Вода также становится камнем, как сама является сгущенным воздухом. „Если возможно, — говорит Аль-Казвини, — что вода принимает форму воздуха, то также должно быть возможным, что она сбрасывает с себя форму воды и принимает форму земли". Изложение открывается замечанием, что описаны будут не все, но лишь самые чудесные свойства минералов. Под этими свойствами понимаются прежде всего их целебное и волшебное действия. Так, о свинцовом блеске говорится: „Аристотель сказал: это известный камень, добываемый во многих рудниках. Это — минерал, содержащий свинец; в качестве глазного порошка он полезен для глаз, он сохраняет их и устраняет слезотечение". Свойство горного хрусталя изображается следующими словами: „Горный хрусталь есть вид стекла, только он тверже. Цари употребляют сосуды из горного хрусталя в убеждении, что питье из них полезно".

Было известно добывание красной окиси ртути посредством долгого нагревания ртути. Возникающая при этом красная масса считалась однако искусственной киноварью. Наоборот, естественная киноварь возникает вследствие соединения ртути с серой в недрах земли. Среди свойств квасцов упоминается, что они останавливают кровотечение. Далее говорится: „При окраске одежды красильщики прежде всего погружают ее в квасцы. От этого краска никогда не линяет". Особенно волшебные силы приписывались аметисту: „Это камень, который будучи положен в огонь, тушит его. Если же его положить под язык и выпить через него опьяняющий напиток, то пары не поднимаются в голову, и не становишься пьян". Интересно, что здесь уже имеется упоминание о сверлении алмазом. По Аль-Казвини ремесленники вделывают кусочки алмаза в конец сверла и пробуравливают им твердые камни. С оправленным соответственным образом алмазом проникает врач в мочевые протоки, чтобы измельчить там образовавшиеся камни. О магните сообщается: „В Индийском океане находится остров из этого минерала. Когда корабли приближаются к нему, то все, что в них

---

[1] Незаконченный немецкий перевод по тексту, редактированному Вюстенфельдом, издан в 1868 г. Отрывок, посвященный камням, переведен на немецкий язык (1895) с объяснениями Руска (Ruska) и положен в основу нашего изложения.

сделано из железа, отлетает, как птица, и прилипает к магниту [1]".

Космография Аль-Казвини дает понятие также о зоологических знаниях и воззрениях арабов И в этой области они были по преимуществу лишь посредниками между древностью и новым временем. Самостоятельных достижений и новых взглядов мы не находим в дошедших до нас арабских сочинениях зоологического содержания, хотя в отношении более мелких вопросов здесь встречаются основательные замечания. Так, Аль-Казвини говорит в одном месте, что каждое животное имеет конечности, согласующиеся с его телом, и суставы, соответствующие его движениям. И кожа создана в согласии с потребностью животных в защите [2].

Знакомство с отдельными животнымн видами было значительно расширено арабами, научные путешествия которых простирались до Китая, Южной Азии, Восточной Африки и даже Суматры и Явы. Как в зоологических сочинениях, возникших в средние века на Западе, так и в арабских космографиях большое место занимают баснословные рассказы о зверях. Рассказ о ките, принятом за остров, к которому приставали корабли, встречается нам здесь с тем изменением, что место кита у арабов занимает исполинская морская черепаха.

Наряду с арабскими переработками зоологии должны быть упомянуты переводы сочинений Аристотеля и Галена. Ибн Сине (Авиценне), жившему в начале XI в., приписывают двадцатитомный комментарий, ко всем сочинениям Аристотеля. Комментарий к книгам Аристотеля о животных сохранился в латинском переводе [3]. Равным образом Ибн Рошд (Аверроэс), подобно Авиценне, имевший выдающееся значе-

---

[1] Арабские книги о камнях заключают также наставление о гравировании изображений планет на камнях, соответствующих отдельным планетам. О каждой из семи планет сообщается, при каком соединении звезд точно описанное изображение планеты должно быть вырезано на камне, посвященном планете, и какое действие имеет талисман, если при этом будут еще исполнены известные ритуальные предписания. Сатурну соответствует камень в кольце из свинца, Марсу — камень в железном кольце и т. д. Подробности см у L. Ruska, Griechische Planetendarstellungen in arabischen Steinbüchern. (Sitzungsber.d. Heidelb. Akad. d. Wiss, Heidelberg 1919).

[2] Al Qazwini и Al Khazini — два различных арабских писателя: Al Khazini жил около 1130 г. Ему принадлежит очень точное определение ряда удельных весов. Al Qazwini, составитель книги о камнях, жил приблизительно сто лет спустя. Он составил большое землеописание: „Чудеса мироздания и памятники стран". Его полное имя: Закария Ибн Мухамад Ибн Махмуд Аль-Казвини.

[3] См. Carus, Geschichte der Zoologie, S. 173.

ние в средневековой философии, писал комментарии к естественнонаучным сочинениям Аристотеля.

Чисто ботанических трудов не было у арабов, так же как у греческих писателей, следовавших за Теофрастом. Ботаника преследовала и у них почти исключительно практические цели, выступая как отрасль медицины и агрономии. При этом она одновременно тащила за собой все более раздувавшуюся, сводящуюся к номенклатуре и синонимике груду филологической учености. Из сочинений греческого происхождения особенно переводился на арабский язык и комментировался Диоскурид. До общих размышлений о природе растений возвысился разве лишь Авиценна. Последний различал три ступени одушевления: душу растительную, животную и человеческую. Животной душе он приписывал силы, направленные на питание, на рост и на размножение.

Среди сочинений арабов, относящихся к сельскому хозяйству, должно быть названо произведение Ибн Алаввама, дошедшее до нас во многих полных рукописях. Оно составлено в XII в. в Испании и трактует о почве, об удобрении и орошении, затем о разведении деревьев, о хлебопашестве и садоводстве [1]. Подробнее всего изложено разведение деревьев. Описаны многочисленные способы облагорожения, отчасти поясненные рисунками. Особая глава трактует о возрасте деревьев. Многие сведения, касающиеся растений и их распространения, рассеяны также в обширной географической литературе арабов. Вообще их ботанические познания были не малы.

В XIV столетии выдающимся является путешествие Ибн Батуты [2], которое по достоинству можно поставить рядом с путешествием Марка Поло. Автор объездил не только побережье Средиземного моря, но побывал также в Индии и Китае. Здесь дано описание разных растений чужих стран и оценено их применение. Все же Ибн Батута черпал свои знания больше на рынках, чем на лоне природы, так что ботаническое содержание его труда уступает по значению географическому.

Остается наконец упомянуть, что в связи с химией и ботаникой арабы успешно занимались также медициной. При этом они отправлялись от знаний, полученных ими от греков (Гален) и индусов. Новым созданием их была главным образом фармация, впервые выступившая в VIII в. в качестве

---

[1] Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. III, S. 263.

[2] Английский перевод С. Ли., Лондон 1829, французский — Дефремери и Сангинети, Париж 1854. Новое издание 1913.

самостоятельной науки в арабских странах в тесной связи с химией [1].

В области ухода за больными и фармакологии многое также восходит к арабам. Так как их вероучение не разрешало вскрытия трупов, то в области анатомии они могли лишь следовать за Галеном. Некоторые успехи, которых все же достигла у них хирургия, находят свое объяснение в индийских влияниях. Сочинения Галена в обработке Ибн Сины (Авиценны) появились около 1000 г. под заглавием „Канон" и в течение средних веков оставались главным источником знания, пока Парацельз не предал сочинения Авиценны огню. Достойны упоминания также успехи арабов в области офтальмологии. Правда, здесь они опирались на основы, созданные греками. Однако они обогатили эту отрасль медицины (глазные болезни) своими прибавлениями и переработали ее в „по своему плану" [2].

Оказав возбуждающее влияние на христианский Запад, арабская культура склонилась к быстрому упадку. Могущественный багдадский калифат распался на ряд мелких государств. Но пронесшийся в XIII столетии поток монгольских народностей уничтожил и их. „Доныне Восток не может оправиться от ударов этого страшного времени" [3]. Такая же судьба постигла мавританское владычество в Испании. Образовавшиеся здесь малые мусульманские государства были покорены надвигавшимся с севера христианским населением. Это явилось вначале причиной полного опустошения цветущего полуострова. Фанатическая ярость, с которой первые христиане, равно как арабы в начале своего поприща истребляли сокровища науки, как бы вновь возродилась здесь. Когда после соединения Кастилии и Арагонии пала Гренада, тамошняя большая библиотека с сотнями тысяч томов стала жертвой огня — невозместимая потеря, так как здесь хранились многочисленные арабские издания старых писателей. Правда, после учиненного монголами уничтожения арабской культуры Передней Азии, арабская наука нашла убежище в Сирии и Египте. Но с тех пор арабская литература уже не представляла единого целого,

[1] Подробности у Berendes, Das Apothekewesen, seine Entstehung und geschichtliche Entwicklung, stuttgart 1907. S 61.

[2] Hirschberg, Geschichte der Augenheiekunde, кн. II, г, l, Leipzig 1905; Hirschberg, Über das älteste arabische Lehrbuch der Augenheilkund e (Berichte der berliner Akabemie der Wissensceaften, 1903)

О медицинских знаниях арабов см. обстоятельный доклад Г. Зайдена в Sitzungsberichte d. peys. med. Societät in Erlangen (Bd. 47, 1915).

[3] C. Brockelmann, Geschichte der arabischen Literatur, Bd. II (1902). S. 3:

а влачила обособленное существование в отдельных странах. Астрономия снизилась до чего-то вроде пономарской службы при мечетях. Естественные науки выродились в волшебство и игру. Наконец Сирия и Египет также стали добычей османских султанов. Было еще счастьем, что османы в эпоху расцвета своего господства в противоположность бессмысленно свирепствовавшим монголам оказывали внимание духовным ценностям. Завоеватель Константинополя Магомет даже интересовался наукой. Но в это время Восток давно уже уступил руководство во всех областях духовной жизни Западу, и главным образом Италии.

Однако не только борьба с другими государствами приостановила развитие арабской культуры. Подобно другим, возникшим на Востоке древнейшим культурам, ей также недоставало внутренней силы для продолжительного самостоятельного творчества [1]. Оттого с упадком арабского влияния в конце средних веков Восток перестал играть роль в общем духовном развитии. Руководство перешло в это время к Западу с его осевшими в Италии, Германии, Англии и Франции после великого переселения народами.

---

[1] Совершенно неожиданное утверждение, не связанное со всем изложением. Автор старается всему найти объективную причину происходящих в области культуры явлений и частью находит ее в войнах, переселениях, даже чуме. Как опытный и добросовестный историк, он чувствует, что найденных причин еще недостаточно, и, не находя другого выхода, принужден вновь обратиться к „духу культуры" и „внутренней силе". Между тем, недостающие причинные звенья даются экономикой. Ред.

9. НАУКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХРИСТИАНСКО-ГЕРМАНСКОЙ КУЛЬТУРЫ.

В то время как арабские наука и литература в течение IX—XII в.в. развивались почти непрерывно, на Западе в течение этого периода мы находим лишь незначительные остатки наук прежней эпохи и лишь очень редко встречаемся с жизнеспособными зачатками. Все, что там имелось по части знания и искусства, может считаться в основе лишь обломком римской культуры, к которому германские племена вначале мало что могли прибавить. Характерным для всего этого периода в развитии Западной Европы является преобладание религиозных воззрений в области мысли и преобладание церкви над прочими направлениями и учреждениями во всей общественной жизни. Все науки должны были служить возвышению славы господней. В действительности они служили церкви и ее заправилам. Семь свободных искусств, или trivium и quadrivium, охватывали с этой единственной точки зрения всю совокупность тогдашней учености. Грамматикой занимались, чтобы понимать церковный язык, риторикой,—чтобы применять его. Арифметика раскрывала в мистическом истолковании тайны чисел. Главной задачей астрономии представлялось установление церковного календаря. И музыка, значащаяся среди семи свободных искусств, также не уклонялась от церковного характера. Все, что было в начале средних веков известно по астрономии, представляло собою лишь ничтожные остатки греко-римской литературы, посвященной этому предмету. К тому же германские народности и не создали ничего самостоятельного в области астрономии. Лишь позже сношения с арабами вызвали здесь перемену.

Что арабы так рано распюлагали уже научными астрономическими сведениями, объясняется тем, что они вскоре после своего выступления на историческое поприще познакомились с важнейшим астрономическим созданием древности — „Альмагестом".

Это дало им возможность развивать далее греческую науку, послужившую им образцом, и значительно обогатить ее. Северные страны Европы, куда проникла культура

в раннем средневековьи, познакомились с астрономией по совершенно незначительному в научном отношении произведению Марциана Капеллы, положенному в основание преподавания в quadrivium. Здесь давались некоторые сведения о созвездиях, планетах, гармонии сфер, временах года и т. д., но нигде не было объяснений, — везде лишь подытоженные данные и общие указания. Кроме того при посредстве латинских переводов были известны простейшие астрологические тексты греческого происхождения. Самостоятельные знания были так ничтожны, что неизвестны были даже такие понятия, как равноденствие и солнцестояние [1]. Наряду с Марцианом Капеллой пользовался уважением Плиний. На них обоих опирались главным образом Исидор Севильский и Рабан Мавр.

Лишь понемногу дух научности, возбужденный арабами, начал распространяться в северных странах Европы, Под его влиянием возникли сочинения Герберта, впоследствии папы Сильвестра II (940 –1003), о котором будет итти речь в дальнейшем. Пользуясь построенными в древности армиллами и астролябиями, перешли в это время также к самостоятельным наблюдениям и измерениям. С солнечными часами познакомился германский культурный мир также лишь благодаря древним. Впервые это имело место в Англии и Ирландии в VII столетии. В Германии Герберт изготовил впервые солнечные часы для Оттона III. Он написал также книгу об этом предмете. Лишь с начала XV в. в Германии начали часто устраивать на замках и церквах солнечные часы, в значительном количестве сохранившиеся до нашего времени. Они состояли из вертикального циферблата с гномоном, образующим с ним угол в 45°.

Уже по форме весов, особенно же безменов, появившихся во времена Меровингов, — их и в наши дни еще находили в гробницах, — можно видеть, что они сделаны по римскому образцу.

В то время как научное мышление в странах новой германской культуры, развивавшейся на развалинах античного мира, двигалось лишь в теснейшей связи со скудными остатками античной письменности, совершенно иначе обстояло дело с расцветшей в средние века промышленностью. В этой области германцы чаще всего являлись преемниками кельтов, наследие которых они взяли в руки и самостоятельно расширили. Это относится например к горному

[1] F. Boll в статье „Astronomie“ в „Reallexikon der germanischen Altertumskunde“ (1911—1918).

делу, которое кельты еще до вторжения германцев в среднюю Европу уже подняли на довольно значительную высоту. В добывании соли не произошло регресса. В древние времена соль, по свидетельству римских писателей, добывали, обливая горящее дерево водою из соляных источников. Из-за обладания такими источниками германские племена нередко вели между собой войны. Позже выпаривали рассолы в глиняных горшках. Наконец в солеварном деле пришли к применению сковород. Со времен Меровингов соль вырабатывалась в многочисленных больших солеварнях.

Остатки горных работ, доказывающие разработку руд, восходят к доисторическому времени. По Тациту однако Германия производила очень мало железа и совсем не добывала ни золота, ни серебра. Документально доказана разработка железных руд лишь с начала VIII столетия; так например в Вецларской области в 780 г. Она относится однако к гораздо более раннему времени. И золото вероятно рано добывалось в альпийских реках путем промывания. Вначале существовала лишь надземная разработка. Подземные работы стали возможны лишь с расширением производства, и в XII столетии было уже довольно хорошо известно устройство шахт и штолен.

Выплавка металлов из руд предполагала производство древесного угля. При помощи его выплавлялись железные руды в ямах или в особых горнах. Посредством этого, так называемого сыродутного процесса с применением вначале ручных мехов, получались *крицы* ковкого железа. Обводя вокруг ямы для защиты огня кругообразные стены и постепенно возвышая их, дошли до доменных печей, с которыми в их первичном виде мы встречаемся приблизительно в начале XV столетия. Их продуктом был богатый углеродом чугун, который лишь посредством дальнейших металлургических процессов превращался в ковкое железо.

С добычей серебра, меди, олова и свинца познакомились в Средней Европе сравнительно поздно. Серебряные и свинцовые рудники в Госларе начали разрабатываться при Оттоне I[1].

Олово добывалось в Богемии приблизительно с XIII в. В это время серебряные рудники в Средней Европе имели уже большое распространение. Добыча серебра производилась не только в Гарце, но также в области Мейсена, в Фрейберге, в Юрских и Альпийских горах. Вначале между этими зачатками металлургической техники и наукой не было почти

[1] Hoops, Reallexikon des germanischen Altertums.

никакой связи. Лишь с XV в., после того как Агрикола составил свои ученые труды, посвященные горному делу, ученые начали интересоваться этой отраслью человеческой деятельности, столь важной в развитии нового естествознания.

Зачатки знаний, принесенные римлянами во Францию, Англию и Германию, были в значительной степени сметены переселением народов. Когда по окончании народных передвижений в Германии и северной Галлии возникло государство франков, благодаря которому чрезвычайно подвинулось вперед распространение христианства, вышеназванные страны оказались поэтому вновь в состоянии глубочайшей некультурности. Новое государство благодаря тому избегло опасности распадения, что было объединено под властью потомков Пипина. Они приостановили нашествие арабов на Западную Европу и обосновали в своем энергично развивавшемся государстве христианско-германскую образованность. Несмотря на свои многочисленные войны, Карл Великий проявлял личный действенный интерес к науке, и духовное развитие Запада несколько ускорилось [1]. После завоевания Италии император решил собрать в своей стране литературные пособия, необходимые для развития науки. В эту эпоху благотворное влияние на германскую образованность оказывала также Британия. Около 600 г. Григорий Великий отправил в эту отдаленную страну партию бенедиктинцев, которые занимались здесь возделыванием девственной земли и смягчением нравов, не оставляли также занятий наукой. Создав себе таким образом точку опоры в Северной Европе, эти монахи выступили в качестве учителей и проповедников среди германских племен Средней Европы. Значительнейшим из них был Винфрид, или Бонифаций [2]. Его ученики основали монастырскую школу в Фульде. Другой британский монах Алкуин наставлял в делах учености императора, который, убежденный в полезном влиянии монахов на побежденные народы, по мере сил содействовал их деятельности. Ученые иностранцы привлекались ко двору и образовали здесь нечто вроде академии, состоявшей однако почти исключительно из бриттов. Школы по предложению Карла должны были не только служить воспитанию духовенства, но и нести образованность в широкие круги.

Алкуину было поручено руководить дворцовой школой. Сюда стекались ученики очень различного возраста и поло-

[1] Ускорение духовного развития Запада, разумеется, имело более глубокие объективные причины, чем субъективные интересы Карла Великого, о чем подробнее см. ниже. Ред.

[2] Он был убит в 754 г. в Фрисландии и похоронен в Фульде.

жения, избранные императором для занятия высоких должностей. Вероятно Алкуин является виновником распоряжения, по которому духовенство также должно обладать некоторыми научными знаниями.

Мысль устраивать общенародные школы была однако еще чужда императору. Монастырские школы в Фульдо Сан-Галене и Корвее стали научными питомниками своего времени и своей страны. Ученый руководитель первый из них Рабан Мавр, получивший почетное прозвище primus Germaniae praeceptor (первый наставник Германии), составил сборник [1], содержавший между прочим и очерк естествознания. Здесь видно, насколько уровень знания понизился теперь в сравнении с наукой древности. Очерк Рабана Мавра не содержит ничего самостоятельного, но сплошь опирается на сочинения древних, содержание которых передает в извращенном виде.

Сочинение свое Рабан Мавр составил, как он говорит, с целью написать по образцу древних о природе вещей и о происхождении их названий. Этим объясняется преимущественно грамматически филологическая точка зрения, не только свойственная его предшественникам, но преобладающая вплоть до новейшего времени. Так как Рабан Мавр приводил все в связь с библийским преданием, то сочинение его проникнуто мистическим аллегоризмом, отличающим почти все средневековые сочинения. В первой половине говорится о боге, ангелах, христианской жизни и обиходе. Во второй части идет речь об астрономии, геометрии, медицине и других науках. Одна книга в девяти главах посвящена земледелию, злакам, стручковым плодам, винограду, деревьям, ароматическим травам и овощам. В общем рассмотрено до сотни растений по их распространению и свойствам.

Дополнением к этой ботанической книге является „Capitulare de villis et cortis imperialibus" — обстоятельное положение об управлении императорскими поместьями. Здесь между прочим перечислены растения, подлежащие насаждению в императорских садах. „Capitulare de villis" является одним из важнейших документов аграрных отношений в эпоху Королингов. Предписано например насаждение крапа и вайды для красок, равно как разведение ворсянки, которую употребляли при производстве сукна. Из деревьев в императорских поместьях предписывалось сажать наряду с яблоней, грушей и вишней также персики, миндаль, шелковицу, лавр и грецкий орех.

[1] De Universo, libri XXII.

Когда распалось государство франков и бесконечные оборонительные войны против теснившего извне врага, равно как внутренние усобицы, захватили всю страну, незначительные научные ростки, возросшие при Карле Великом, большею частью погибли. Многое было уничтожено до тла, другое не имело уже сил для дальнейшего развития по той причине, что все духовные интересы были целиком захвачены соперничеством, возгоревшимся между теологией и схоластической философией.

За время между Карлом Великим и Альбертом Великим заслуживает упоминания Гильдегарда настоятельница монастыря в Дизибоденберге, называемая чаще Гильдегардой Бингенской. Она была составительницей четырех книг „Физики". Ее сочинение содержит не только первые ростки отечественной ботаники и зоологии, но к изумлению дает также обзор лекарственных снадобий, не только заимствованный из Диоскурида, но почерпнутый также из народной медицины.

„Физика" написана около 1150 г. и содержит много собственных наблюдений. Главное ее содержание — флора и фауна окрестной местности. Определение описанных здесь видов, которых Гильдегарда называла принятыми в то время народными названиями, в большинстве случаев не легко и часто не надежно [1]. Здесь упоминаются почти все нынешние плодовые деревья, особенно перечисленные в „Capitulare" растения, при чем составительница подчинена меньше влиянию древних, чем многочисленные авторы позднейших ботанических сочинений.

За временем Карла Великого следовала эпоха, в течение которой страны Запада были почти исключительно поглощены борьбой с Востоком. Лишь после этого началось движение вперед. Правда, крестовые походы нанесли не мало ран Западной Европе; но они расширили кругозор так, как это в свое время сделали походы Александра. Если в течение предыдущих столетий духовные импульсы исходили главным образом непосредственно от мусульманских обитателей Испании, то теперь при посредстве Южной Италии пришли в соприкосновение с культурой ислама, переживавшей свой расцвет в эпоху застоя германских народов. Это влияние Востока распространялось не только на северную часть полуострова, но отчасти в связи с паломничествами в Рим

[1] L. Geysenheyner, Über die Physika der hl. Hildegard und die in ihr enthaltene älteste Naturgeschichte des Nahegaues Berichte des botan. und zoolog. Vereines f. Rheinland-Westfalen, Bonn 1911. Ср. также работы Х. Зингера, Оксфорд (Mitteil. z. Gesch. der Med., 1919. S. 338).

разлилось также по Европе, севернее Альп. Из Византии и непосредственно с Востока проникали многочисленные духовные стимулы в Среднюю и западную Европу.

Мы узнали в предыдущей главе, что арабы не только сумели сохранить полученные от греков и индусов знания, но и развиавть их далее и слить со своими собственными творениями в мощную литературу. Эта арабская литература, хотя по преимуществу в латинских переводах, является господствующей на Западе в течение позднего средневековья. Так как главным предметом арабских или возникших на основании арабских источников сочинений были наряду с медициной астрономия и математика, то естественно, что Запад с началом возрождения прежде всего обратился к этим наукам.

С сокровищами духа, хранившимися у арабов, Запад впервые познакомился в Испании, находившейся с 711 г. под владычеством мусульман. Сюда во множестве стекались из Франции, Англии и Средней Европы люди, жаждавшие знаний, для того чтобы впоследствии передать родине приобретенные познания. Среди этих людей заслуживает упоминания Герберт, впоследствии папа Сильвестр II, и Герард Кремонский.

Благодаря Герберту (940—1003) и его ученикам познакомились с нашими нынешними цифрами, и теперь носящими название арабских [1]. Герард Кремонский дал первый перевод „Альмагеста", главного сочинения Птолемея, по путям которого шла астрономия в древности и средних веках [2].

Были переведены с арабского также „Элементы" Евклида [3]. Математический труд Ибн Мусы и арабские работы, опирающиеся на Аристотеля, сделались доступными для Запада благодаря латинскому переводу Иоанна Севильского (около 1150 г.). Об аристотелевой философии он давал лишь весьма уродливое представление. В этом нет ничего удивительного, когда вспомнишь, что греческий оригинал был переведен сперва на арабский, затем на кастильский и наконец на латинский языки и что при этом многие трудные места не были поняты и потому переданы совершенно неправильно.

В Италию математические знания арабов перенес около 1200 г. Леонардо Пизанский [4]. Итория этого человека и его

---

[1] Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Bd. I. S. 13.

[2] Ср. H. Würschmidt в Archiv für Gesch. der Mathem., 1913.

[3] Английским монахом Ателъгартом около 1120 года.

[4] Известный также под именем Фибоначчи или Боначчи. Фибоначчи—значит сын Боначчи (filius Bonacci).

математические сочинения показывают, как тесно связано развитие и распространение наук с уровнем культуры. Родина Леонардо, Пиза, в связи с возникшими в век крестовых походов сношениями с Востоком, сделалась могущественнейшим торговым городом Италии. Благодаря его богатству здесь возникли первые, еще ныне восхищающие всякого посетителя, творения нового итальянского искусства Торговля вытекала из практических потребностей и преследовала материальные цели. Она стремилась поэтому непосредственно использовать всякое умственное завоевание, в особенности в области математики. Для этой цели Леонардо, сын пизанского купца, в своих деловых путешествиях, приведших его в Сицилию, Грецию, Египет в Сирию, изучал принятые в этих странах способы счисления. Так возникло около 1200 г. главное математическое сочинение средних веков „Liber abaci" („Книга абака") Леонардо, начинающая в истории математики новую эпоху. Во введении Леонардо говорит, что прежние приемы счисления в сравнении с приемом индусов показались ему переполненными ошибок. Поэтому в основу своего сочинения он положил индийские методы, прибавив кое-что свое и позаимствовав многое из геометрического искусства Евклида, чтобы род латинян отныне не пребывал в этих вещах в прежнем невежестве [1].

В первых главах говорится о четырех действиях над целыми числами и дробями. В первый раз встречается здесь черта для дробей, служащая также обозначением деления. О египетских действиях над дробями напоминают встречающиеся в „Книге абака" разложения дробей на дроби с единицей в числителе. В следующих главах говорится о тройном правиле, правилах товарищества и смешения, степенях и корнях; в дальнейшем приводятся задачи „Алгебры" и „Альмукабалы", т. е. учение об уравнениях, излагаемое по Ибн Мусе. В частности в книге Леонардо заключается также кое-что принадлежащее самому составителю; важно то, что он свободно владеет излагаемым предметом, который он передает самостоятельно и с отчетливостью, свойственной его соотечественникам.

Одновременно с математическими были перенесены на Запад также естественнонаучные знания арабов. Вследствие этого в начале XII в. здесь выступают ученые, посвятившие себя алхимии и оптике, особенно занимавшей арабов. Среди них прежде всего должны быть названы Альберт Великий

[1] Подробное изложение „Книги абака" дает Кантор в своей Geschichte der Mathematik, Bd. II. S. 1—32.

и Роджер Бэкон, которыми мы займемся обстоятельно. Затем, по примеру арабов, была возвышена до уровня науки медицина (в XII в. в Салерно), между тем как до тех пор лечение болезней в христианских странах оставалось областью благочестивого суеверия.

В области оптики заслуживает упоминания прежде всего Вителло. Он был родом из Польши и во второй половине XIII в. составил сочинение по оптике, в котором излагал учение Альхасена в связи с теориями, принадлежащими Евклиду и Птолемею. Сочинение Вителло было неоднократно напечатано. Оно принадлежит к обширнейшим трудам по оптике, но содержит мало самостоятельного. Впоследствии Кеплер в своих оптических исследованиях отправлялся от Вителло и опубликовал их в сочинении, озаглавленном „Дополнение к Вителло“ [1]. Если мы представим себе, что около 1200 г. великая, созданная древними народами, сокровищница научных стимулов и ростков, ожидавших лишь дальнейшего развития, сделалась благодаря распространению арабской литературы доступной романским и германским народам, то мы поймем, что этот момент считается в новой исторической науке межой в истории наук [2].

Не малое влияние имело также расширение географического кругозора благодаря путешествиям венецианца Марко Поло. Марко Поло проехал Азию до Пекина и странствовал по ее югу вплоть до Суматры. Он провел много лет (1275—1292) на службе у одного монгольского государя и обращал внимание на все, что встречал в чужих странах. Его сообщения распространяются на все три царства природы. Он называет многочисленные драгоценные и полудрагоценные камни. Благодаря ему стало впервые известно, что каменный уголь можно употреблять в качестве горючего материала. Он обратил также внимание на нефть, тушь, фарфор. Из области растительного царства Марко Поло упоминает о различных лекарственных средствах, ароматических веществах, красильных деревьях, индиго и т. д. Описывается обработка бамбука, хлопчатой бумаги и шелка. Многочисленны также сообщения о животном мире всего азиатского материка. Сообщения касаются зебу, яка, различных конских пород, слона, носорога, мускусного быка, человекообразных обезьян, тигра, змей и т. д. Из рассказов о птицах особенно любопытно упоминание об исполинской

---

[1] Ad. Vitollonem Paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur Francoforti, 1604.

[2] Например Кантором в его „Истории математики“.

птице на Мадагаскаре, расстояние между распростертыми крыльями которой равно шестнадцати шагам [1].

Большое значение в развитии наук имел в эту, как и во всякую другую, эпоху также расцвет торговли. Торговля особенно развивалась благодаря тесным сношениям, в которые вступили Италия, Германия и Франция как между собой, так и с Востоком. С торговлей расцвели города. Благосостояние, увеличивавшееся в городах, привлекло внимание широких кругов к созданиям духа. Богатые города, дальновидно понимая свои интересы, всегда покровительствовали наукам. В конце средних веков такие города развились особенно в Италии, где прежде всего должны быть названы Венеция, Пиза, Флоренция и Генуя. Они обладали государственной властью и, стараясь широко распространить свое влияние, стремились, хотя и среди постоянных междоусобных войн, к мощному развитию всякой промышленной и художественной деятельности. Высоко расцвело например искусство отливки металлов и стеклянное производство. Несколько позже возникли на севере городские общины, бывшие не только торговыми центрами, но одновременно и питомниками совершенно нового духа. Здесь нужно прежде всего назвать могущественную Ганзу и Рейнский союз городов. „Пред нами начало великолепного жизненного развития, — говорит Ранке, — города смыкаются в светскую силу, в которой зарождаются гражданская свобода и большие государства“ [2]. Дальнейшими обстоятельствами, имевшими значение в общем развитии, является уничтожение рабства, переход от натурального к денежному хозяйству [3] и наконец в области духовной культуры, распространение в Европе производства бумаги, — все события XIII столетия, в течение которого таким образом был создан целый ряд основ для начавшегося в конце средних веков обновления государственной и духовной жизни.

---

[1] Остатки и яйца громадных вымерших птиц (Aepyornis), как известно, впоследствии были найдены на Мадагаскаре. Извлечение из зоологических сообщений Марко Поло см. в „Geschichte der Zoologie“ Каруса, München 1872, стр. 197 и сл. См. также очерк Липпмана „Chemisches bei Marco Polo“ в „Zeitschr. f. angewandte Chemie, 1908, Heft 34.

[2] Основание городов является одним из плодотворнейших достижений средних веков. Оно было причиной освобождения труда от связи с землей. До развития городских вольностей никто в средние века не имел ни прав, ни достаточных средств к жизни, если он не был связан с землей (См. Grupp, Kulturgeschichte des Mittelalters, Bd. II).

[3] Древнейший известный нам вексель относится к 1207 г. Ср. Grupp, Kulturgeschichte des Mittelalters, 1894. Bd. II. S. 56. На Востоке векселя, денежные переводы и расчетные учреждения были известны гораздо раньше.

Одновременно в лице Данте мы встречаемся с первым великим поэтом нового времени и с первыми свободными мыслителями христианского Запада в лице Альберта Великого и Рожера Бэкона, знакомство с жизнью и деятельностью которых в дальнейших главах наилучшим образом ознакомит нас с воззрениями и научными стремлениями этой эпохи. И пластические искусства пережили в XIII и XIV вв. время своего возрождения. Это произошло прежде всего в Италии. Достаточно напомнить о творениях Николая Пизанского и Джотто [1], произведения которых в области живописи и ваяния еще по сей день представляют захватывающее свидетельство о высоте художественного подъема XIII и XIV вв., нашедшего непреходящее выражение также в многочисленных готических соборах этой эпохи.

Возрождение древней литературы.

Начало XIII столетия, по выражению Чемберлена, является исходным пунктом новой духовной жизни человечества под руководством германцев. По этой причине этот панегерист „культурной миссии германизма" полагает уместным считать 1200 г. пограничным между средними веками и новой историей [2]. Так или иначе зачатки возрождения должны отнести к началу XIII столетия.

Новое время нашло свое выражение и в области просвещения. По образцу арабских высших школ возникли университеты в Неаполе, Салерно и Болонье, а затем в Париже, Оксфорде и Кембридже. В XIV в. за этим последовала Германия, основав университеты в Праге, в Вене и Гейдельберге. Правда, вначале это были главным образом центры ожесточенных споров. Однако ученые освободились от монастырского гнета — обстоятельство, имевшее громадное значение в дальнейшем. Чтобы избежать тисков, которыми церковь в продолжение средних веков держала всякую научную деятельность, изобрели положение о двойной истине. Под

[1] Оба жили в первой половине XIV в.

[2] Автор относится с некоторой иронией к Чемберлену и совершенно прав. Здесь имеется в виду живший в Германии писатель Houston Stuart Chamberlain, написавший на рубеже XIX и XX вв. несколько книг, посвященных проповеди „культурного превосходства" арийцев: о Вагнере, о „смысле XX века" и т. д.

H. St. Chamberlain вместе с французом Gobineau является основоположником современной теории немецкого расового шовинизма и антисемитизма, фальсифицирующего науку, чтобы доказать, что только германские „северные", народы призваны править миром, а остальным рекомендуется добровольно подчиняться. Ред.

этим понималось учение, по которому истиной в церковном смысле может считаться то, что с точки зрения науки ложно. Таким образом один и тот же человек, смотря по тому, занимает ли он точку зрения философа или теолога, мог считать правильным и тут же осуждать один и тот же взгляд. К этой теории нельзя относиться с чрезмерным осуждением, хотя на первый взгляд такое поведение представляется совершенно безнравственным. Достаточно вспомнить, что и в наше время есть люди, убежденные в необходимости отчетливо разграничивать области знания и веры, как несоединимые, в то время как другие стараются примирить их друг с другом [1]. Приходится поэтому смотреть на впервые возникшую в Париже и Падуе теорию двойной истины как на первую попытку науки освободиться от гнета церкви. Это учение, — говорит один из исследователей [2], — есть памятник стремлений ищущего духа создать себе свободное и обширное поле.

Наилучшее воплощение этот дух возрождающихся наук нашел в двух ученых, к жизни и заслугам которых мы теперь обратимся. Это были Альберт Великий в Германии и его современник Роджер Бэкон в Англии.

Оба они жили в XIII в. Это было время Фидриха II Гогенштауфена и его тщетной борьбы с папством. К XIII в., с одной стороны, относятся последние крестовые походы и развитие судов над еретиками, творимых фанатическими монахами, между тем как, с другой стороны, начался расцвет торговли и промышленности, а с ними и школ. И в области умственного развития это время исполнено противоречий. Вплоть до конца XIII в. единственной силой средневековья была власть церкви и ее догматов. Философские сочинения древности, особенно логика Аристотеля, пользовались уважением, потому что годились для хитросплетений богословских споров. Что же касается естественнонаучных трудов Аристотеля, то самое воспоминание о них почти исчезло.

---

[1] Оправдание сознательного дуализма, понятного во времена средневековья, как своеобразная попытка обойти террор господствующего класса, т. е. церкви, ссылкой на то, что и сейчас существуют подобные дуалисты, являются пошло-мещанской аргументацией. Даннеман забыл маленькую истину: разные времена — разные песни. Упомянутые им дуалисты средневековья были скрытыми революционерами, в то время как нынешние буржуазные дуалисты — махровые реакционеры, испугавшиеся побед естественнонаучной мысли и потому проповедующие всякие „разграничения“ и „примирения“. Нельзя мерить поведение людей разных эпох одной меркой и оправдывать прошлое настоящим. Ред.

[2] M. Maywald, Die Lehre von der zweifachen Wahrheit, ein Beitrag zur Geschichte der scholastischen Philosophie, Berlin 1861. См. также Тиндаль, Религия и наука и Ланге, История материализма.

Представление о природе принизилось до карикатуры. Если первые отцы церкви видели еще в ней отчасти отражение божественной мудрости, то впоследствии это уступило место почти презрению. Человеку глубокого средневековья природа являлась в мрачном отражении учения о дьяволе как нечто, всегда готовое сковать человека чувственной похотью и отвратить его от его небесного предназначения.

Можно себе представить, какое впечатление на поколение, воспитанное в таком духе, должно было в начале XIII в. произвести внезапное знакомство с естественнонаучными произведениями Аристотеля. В латинском переводе (частью с арабского, частью с греческих подлинников) они быстро распространились по всему Западу. С греческими подлинниками познакомились во время последних крестовых походов в Константинополе и других местностях Востока [1]. Сколь иной была картина мира в этих сочинениях, захвативших души как новое откровение! Мир представлялся здесь не воплощением зла и источником пагубы, но „сплетением чудесной гармонии разумных целей и средств“ [2], исследование которых представлялось достойнейшим назначением мыслящего человека. Можно понять, что церковь не оставалась равнодушной к этому умственному движению. Так в 1209 г. в Париже она постановила, что воспрещается под страхом отлучения читать публично или тайно как естественнонаучные сочинения Аристотеля, так и комментарии к ним.

Альберт Великий.

Натурфилософия Аристотеля нашла прежде всего пламенного поборника в одном человеке. Это был Альберт Великий. Поэтому очерк его жизни и деятельности лучше всего перенесет нас в изображаемую эпоху. Albertus Magnus, настоящее имя которого Альберт фон Больштетт, родился в начале XIII столетия [3] в швабском городке Лауингине. Получив образование в Падуе, он был преподавателем в доминиканской школе в Кельне, а временно также в парижском университете, где его орден располагал несколькими кафедрами. Ко времени его пребывания в Кельне относятся землекопные работы для устройства фундамента Кельнского собора. В Париже стечение слушателей на его лекции было так велико,

[1] Jourdain, Geschichte der aristotelischen Schriften im Mittelalter, übersetzt von Ad. Stahr, Halle 1831.

[2] Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. IV.

[3] Недавно с большой вероятностью установлено, что он родился в 1207 г. (Enders в Histor. Jahrbuch der Görres-Gesellschaft, 1910. S. 293).

что толпу их не могла вместить никакая аудитория. Таким образом в стремлении к знанию не было недостатка в XIII в.; не было только достойного предмета для удовлетворения этого стремления. Все ведь сводилось только к письменным текстам, известным в переводах. Их содержанием исчерпывалась тогдашняя наука. Всякое самостоятельное движение мысли сдерживалось верой в авторитет, какой в равной степени не знала никакая эпоха. Преследования и казнь постигали всякого, восставшего против этой веры в авторитет, как будто поразившей все и всех слепотою. Не много самостоятельного можно поэтому ожидать и от Альберта Великого, хотя он принадлежит к наиболее выдающимся ученым, встречаемым нами в истории средних веков. Ему мы обязаны тем, что в области естественных наук начали исходить из сочинений античной древности. Здесь стали опираться на греческие тексты, которые в это время отчасти уже дошли до Запада из Константинополя, тогда как ранее ограничивались латинскими переводами арабских переработок — двойное посредничество, извращавшее содержание сочинений, доходивших в совершенно неправильном виде. Скудные знания о мире растений и животных, которыми располагали до Альберта Великого, едва ли заслуживали названия зоологии и ботаники. Некоторый интерес проявляли разве лишь к упоминаемым в библии созданиям, описанным в „Физиологе", очень распространенной во многих переработках книге [1]. Здесь содержатся однако невероятнейшие басни. Несмотря на это, „Физиолог" почти в течение тысячи лет играл роль элементарного зоологического учебника [2], хотя и не в нашем смысле, так как он употреблялся в школах главным образом для целей религиозной проповеди [3]. Здесь рассматриваются главным образом млекопитающие и птицы, затем некоторые пресмыкающиеся и амфибии и лишь одно из насекомых, а именно муравей. Из растений упоминаются фиговое дерево, болиголов и чемерица. Упомянуты также некоторые минералы: алмаз, агат, „индийский камень", якобы излечивающий от водянки, и камни, пригодные для огнива.

Еще более скудным покажется это содержание, если принять во внимание, что „Физиолог" содержит не описание упомянутых созданий, хотя бы в некоторой степени удовле-

[1] См. также Peters, Der griechische Physiologus und seine orientalischen Übersetzungen, Berlin 1898. Здесь изложена также история этого замечательного произведения.

[2] M. Goldstaub, Der Physiologus und seine Weiterbildung, „Philologus" 1901, Supplementband, 8, 3.

[3] H. Stadler, Neue Jahrbücher f. d. klass. Altertum, 1911. S. 86.

творительно, но в большинстве случаев приводит лишь некоторые выдержки из библии, отдельные черты из образа жизни животных, побасенки и россказни. Так, о пантере рассказывается, что она пестра, что, наевшись она спит три дня, затем пробуждается с ревом и распространяет такой приятный запах, что к ней стекаются все звери; только дракон ей враг. Пророк Осия говорит: „Я буду как лев дому Иуды и как пантера дому Ефраима" и т. д. С большинством басен о животных связаны моральные замечания. Об обезьянах рассказывается, что их ловят, заставляя их замазывать себе глаза клеем. Так ловит нас дьявол на клей греха, как преследуемый бобр откусывает свои яички, так человек должен искоренять свои дурные страсти и т. д. И чисто баснословные существа, как например сирены и многократно упоминаемый в библии единорог, рассматриваются в различных изданиях „Физиолога". Эти образцы дают достаточное представление о громадной пропасти между средневеково-церковным взглядом на природу и естествоведением расцвета греческой духовной жизни.

Древнейший „Физиолог" составлен во II в. н. э. в Александрии. На этом греческом сочинении основан ряд восточных переработок библейской зоологии. Альберт Великий черпал материалы из латинского „Физиолога", переведенного также на древневерхненемецкий и другие северные языки. Но распадающийся на 26 книг зоологический труд Альберта является прежде всего пересказом зоологических писаний Аристотеля. Лишь последние книги его сочинения обличают несколько большую самостоятельность. Альберт пользовался также „Естественной историей" жившего также в XIII столетии Томаса Кантемпре; но то, что он дает своего, обработано гораздо основательнее. Что мы еще встречаем у него древние анатомические заблуждения Аристотеля, конечно неудивительно. Так, он тоже называет сухожилия нервами и видит в них источник движущей силы. По его мнению они выходят из сердца, о нервах же в настоящем смысле он не имеет еще никакого представления [1].

Альберт Великий развил очень обширную литературную деятельность [2]. Очень неудовлетворительное собрание его сочинений, в издании Ямми, появилось в 21 томах infolio

---

[1] Carus, Geschichte der Zoologie, S. 231.

[2] Подробная оценка Альберта Великого дана в „Истории ботаники" Э. Мейера, т. IV, стр. 9—84. См. также Fellner, Albertus Magnus als Botaniker, Wien 1881. Критическое издание ботанических сочинений Альберта Великого под редакцией Э. Мейера и К. Иессена: Alberti Magni de vegetabilibus libri VII, Berlin 1867.

в 1651 г. Томы второй, пятый и шестой содержат естественнонаучные сочинения. Том второй наряду с пересказом аристотелевой физики заключает основы астрономии в пять книг о минералах. Достойно замечания, что Альберт считает Млечный путь скоплением малых звезд; любопытно также его мнение, что появление комет не может быть связано с судьбами отдельных людей. В пятом томе заключаются сведения по географии, а также семь книг о растениях. Следует остановиться на мнении Альберта об антиподах. Лишь грубое невежество — полагает он — может утверждать, что люди, обращенные к нам ногами, должны упасть. Шестой том полного собрания заключает 26 зоологических книг.

Заслуга Альберта заключается в том, что он подробно писал обо всех предметах, о которых читал в аристотелевых сочинениях. При этом, с одной стороны, им руководили непредвзятое внимание и любовь к природе; с другой стороны, его сковывало стремление примирить взгляды древних на природу с догматами католической церкви. Пробиться от этой зависимости к подлинной свободе мысли ему не пришлось. Изложение теории Аристотеля Альберт соединял со своими собственными взглядами таким образом, что он вначале следует за Аристотелем, а затем всякий раз прибавляет, что внесет поправку. Такой поправкой является вся вторая книга „Ботаники“ [1]. Она начинается словами: „Все это, — т. е. содержание первой книги, — говорили древние естествоиспытатели. Все же оно несколько неясно. Поэтому я начну сначала и изложу общую ботанику в естественном порядке“.

Что Альберт Великий стремился к самостоятельности также в других областях [2], показывают слова, которыми он начинает специальную ботанику. Он говорит: „То, что я здесь пишу, я частью узнал сам, частью слышал от людей, о которых я убежден, что они рассказывают только то, чему сами были свидетелями“. В познании отдельных существ имеет по его мнению значение только личный опыт, так как здесь умозаключения от разума невозможны. Несмотря на это, в соотвстствии с духом времени, мы находим у Альберта, особенно в описании животных, не мало старых побасенок.

Свое сочинение о растениях Альберт написал, опираясь на произведение, которое приписывалось тогда Аристотелю [3]. Оно содержит семь обширных книг и принадлежит к значи-

[1] H. Stadler, Albertus Magnus als selbstständiger Naturforscher (Forschungen zur Geschichte Bayerns, Bd. 14. S. 95—114.)

[2] H. Stadler, loc. cit.

[3] Оно принадлежит Николаю Дамаскину.

тельнейшим старым сочинениям ботанического содержания. В период от Аристотеля, основателя ботаники, вплоть до времени Альберта Великого эта наука падала все ниже; с Альбертом она воскресла „как феникс из пепла [1]“: Альберт начинает с основ общей ботаники. Больше всего занимает его вопрос, обладают ли растения душой. Да, — говорит он, — они одушевлены, подобно всякому телу, движущемуся своей собственной силой. Без этого движения невозможны ни рост, ни питание, ни размножение. Этими функциями однако ограничивается деятельность души растения. Этому ограниченному объему их деятельности соответствует также малое внешнее различие частей растения, равно как способность растений рождать новые из каждой своей части, как из семени.

Любопытны также замечания Альберта о сне растений. Когда растения съеживаются зимою вследствии холода, и их соки и тепло уходят внутрь, — они спят. То, что некоторые цветы вечером складывают свои лепестки, а с наступлением дня вновь раскрывают их, также объясняется сном. Что касается половой жизни, то здесь Альберт видит в растениях лишь очень отдаленное сходство с животными.

Рост растений, — как говорит он, имея в виду дуб, кедр и другие деревья, — не связан, кажется, ни с какой определенной мерой, как у минералов. Отсутствие органов чувств и движений, в которых выражается высшая живая жизнь, является причиной, почему корни, представляющие собой род растения, погружены в землю. Если бы питание не притекало само собой, если бы оно не охватывало повсюду корни, то растение совсем не могло бы питаться. Если бы затем ничтожная собственная теплота растения не поддерживалась снаружи солнечной теплотой, то ее одной было бы недостаточно, чтобы переварить впитанное питательное вещество и воспользоваться им для роста и размножения.

Так как растение таким образом принимает и распределяет внутри себя пищу гораздо проще, чем животное, то оно и не имеет по Альберту ни кровеносных сосудов, ни желудка, но лишь поры, какими незаметно покрыта также вся поверхность животного. Обнаруживаемые в шестой книге познания Альберта по специальной ботанике не малы. Он все же разделяет со многими писателями древности веру в превращение растений. Так, вследствие возраста или вследствие более или менее удовлетворительного питания различ-

---

[1] E. Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. IV. S. 40. Не надо однако забывать о заслугах арабов в ботанике (Пример. Видемана).

ные злаки могут превращаться друг в друга. Равным образом вследствие гниения растений возникают другие растительные виды. Так, больное дерево покрывается паразитами, а именно омелой.

Общая ботаника Альберта есть первый опыт ее изложения. Ибо то, что он нашел в сочинении Николая, скорее неблагоприятно повлияло на его работу, чем подвинуло ее вперед. Прошли столетия, пока появился второй труд, выдерживающий с ним сравнение. „В недостатках его повинно его время,—говорит Э. Мейер,—достоинства принадлежат ему самому". В специальной ботанике Альберт говорит о деревьях, кустах и травах — однолетних и многолетних. Материал расположен по алфавиту. Нельзя не признать тонкость наблюдений. Так, с точностью, какой мы не встречаем в древности, описывает он например ольху и ясень, мак, огуречник и розу.

Со времени Альберта Великого много было потрачено стараний, чтобы вновь найти растения, описанные древними. Старания эти увенчались однако малым успехом, так как существующие описания были далеко не настолько точны, чтобы по ним можно было определять виды растений, и так как растения Греции и Малой Азии разыскивали в Средней Европе, не обращая внимания на их географическое распространение. Во всяком случае большим успехом было то, что начали вновь непосредственно заниматься произведениями природы. Первым следствием такого устремления было возрождение описательного естествознания. Это повело в свою очередь к устройству ботанических садов и к изданию травников,—первым проявлениям научной ботаники, встречаемым нами на пороге нового времени.

От работ Альберта Великого до второй половины XV столетия успехи ботаники были в общем незначительны [1]. Некоторые известия о новых растениях пришли в Европу из стран, открытых для Запада крестовыми походами, но от этого научные познания существенно не подвинулись вперед. Довольно значительно было расширено знакомство с отдельными растениями благодаря путешествиям Марко Поло по Восточной Азии, хотя в сообщениях его, естественно, говорилось главным образом о растениях, имеющих значение в торговле.

---

[1] Также по Варбургу (Berichte der D. botan. Gesellschaft, 1901. S. 153) средние века не проложили новых путей ни в научной, ни в прикладной ботанике, арабы же добыли некоторые новые сведения в области лекарствоведения.

Подобно ботаническим и зоологические сочинения Альберта содержат многочисленные указания на его собственные наблюдения. Особенно это относится к животному миру Германии. Мы находим здесь например довольно удачные описания крота, землеройки, белки и ежа. Альберт перечисляет почти всех немецких грызунов и превосходно изображает деятельность белки. Очень точно описывает он также зубы грызунов. Упоминается и белый медведь. О морже рассказывается, что он имеет длинные клыки и что из его кожи делаются ремни, которые привозятся для продажи в Германию. Далее описан гренландский кит и охота на него. Тюленей и дельфинов Альберт описывает как „млекопитающих животных с твердыми костями, рождающих живых детенышей и имеющих дыхательное горло". Он прибавляет: „Опускаю сообщения древних, потому что они не согласны с рассказами опытных людей". О суставчатых животных Альберт сообщает даже, что у рака и скорпиона имеется струна, соответствующая спинному мозгу и проходящая по телу со стороны живота. Деятельность муравьиного льва он описывает следующим образом: „Муравьиный лев не есть муравей, как утверждают многие. Ибо я часто наблюдал и часто показывал друзьям, что это животное имеет вид клеща. Он прячется в почке и вырывает здесь полукруглую воронку, на вершине которой находится его рот. Если муравей в поисках за едой пробегает мимо, он его хватает и пожирает. Мы это часто видели" [1].

Альберт Великий был также одним из первых писавших в Германии о химии, при чем однако не пошел дальше арабов. То, что не благородные металлы можно превращать в благородные, было для него делом бесспорным. Это определенно явствует из его сочинения «De rebus metällicis et mineralibus». Альберт считал также возможным изготовление элексира, способного сообщать всем металлам прекраснейший золотой цвет. Он, правда, предостерегал от кажущихся превращений, но высокое уважение, которым он пользовался, очень содействовало развитию алхимических стремлений [2].

---

[1] H. Stadler, Albertus Magnus von Köln als Naturforscher und das Kölner Autogramm seiner Tiergeschichte, Leipzig 1808.

Штадлер считает кельнскую рукопись лучшей из существующих. По этой рукописи он издал зоологию Альберта Великого: Albertus Magnus, De animalibus, libri XXVI. Nach der Kölner Urschrift. Bd. I. Кн. I—XII, Münster 1916.

[2] По Липпману алхимические сочинения, приписываемые Альберту Великому, надо считать подделкой.

. Извлечения из сочинения «De rebus metallicis et mineralibus» изданы Коппом.[1] Из них явствует, что в этой области мы встречаемся у Альберта Великого отчасти с чисто аристотелевскими, отчасти с арабскими взглядами и мнениями. Он считает, что металлы, как и все прочее, состоят из четырех стихий. Если же их составными частями являются сера и ртуть, то сера в свою очередь состоит из воздуха и огня, серебро же — из воды и земли.

Роджер Бэкон.

Еще большее внимание, чем Doctor universalis, как называли Альберта Великого, привлекает Doctos mirabilis — Роджер Бэкон. В его сочинения входят не только описательное естествознание, химия и физика, но все отрасли наук, особенно же философия и богословие. Английский францисканец Роджер Бэкон является затем одним из первых в ряду мучеников, отмечаемых историей наук со времен их возрождения.

Роджер Бэкон родился в 1214 г.[2]. Образование получил в Париже, а затем в Оксфорде, где он впоследствии занимал кафедру. Большое влияние на развитие Бэкона оказал Петр Перегрин, живший в Париже и известный в качестве экспериментатора. Бэкон рассказывает, что Перегрин как мастер эксперимента выносит на дневной свет все темное[3]. Отличительной чертой этого замечательного для своего времени человека было то, что он не любил словестных препирательств, но требовал доказательств и фактов, что оказало решающее влияние и на Бэкона, создавшего самое слово scientia experimentalis (экспериментальная наука)[4]. Уже Герберт[5] впрочем предлагал занятие естественными науками в качестве противовеса схоластическим спорам. Бэкон делал то же самое, но с большей настойчивостью[6]. В качестве источника для своей естественной истории Бэ-

[1] Kopp, Beiträge zur Geschichte der Chemie, 3, 64 и сл.

[2] Год рождения не установлен точно. Свидетельства колеблются между 1210 и 1214 гг., но большинство склоняется к 1214 г. (оксфордские торжества по случаю семисотлетия рождения Бэкона происходили в 1914 г.).

[3] Sebastian Vogl, Die Physik Roger Bacons, Inaug.-Dissertation, Erlangen 1906.

[4] Сохранилось еще сочинение Перегрина о магните. Перегрин различал магнитные полюсы и указал на притяжение разноименных полюсов.

[5] Герберт родился во Франции и учился в арабских университетах в Севилье и Кордове и в 996 г. выбран папою римским. Как папа он известен под именем Сильвестра II.

[6] Vogl, loc. cit.

кон пользовался греками (Аристотель, Евклид, Птолемей), римлянами (Плиний, Боэций, Кассиодор) и арабами. Среди последних выдаются главным образом Авиценна (Ибн Сина) и Альф Фараби. Сочинение последнего, представляющее собой нечто вроде энциклопедии, было переведено на латинский язык Герардом Кремонским под заглавием „Liber de scientiis" („Книга о науках"). Бэкон не только обладал всеобъемлющей ученостью Альберта Великого, но отличался от него большею ясностью и свободой мышления. В сочинении о ничтожестве магии[1] Бэкон боролся с верой и волшебством. Приверженцам этой веры он обязан десятилетним заключением в темнице в конце своей жизни. Весьма вероятно однако, что обвинение в волшебстве послужило его ордену лишь предлогом воспрепятствовать ему продолжать обличение церковных безобразий, ибо мужество Бэкона доходило до того, что он требовал преобразования церкви сверху до низу, равно как критического пересмотра священного писания на основе подлинных текстов.

Что люди прежних веков немногим отличались от нынешних, убеждают следующие выдержки из „Compendium studii theologiae" Бэкона: „Главным препятствием в изучении мудрости является беспредельная испорченность, охватившая все сословия. Все духовенство предано высокомерию, распутству и корысти. Где ни сходятся духовные лица, везде они возбуждают соблазн. Государи и господа угнетают и грабят друг друга и губят своих подданных войною и налогами. В соединенных королевствах Британии думают только о завоеваниях, не заботятся о том, справедливо ли достигается что либо или несправедливо, лишь бы осуществить свой замысел. Высшие сословия поклоняются лишь желудку и плотским наслаждениям. Этот дурной пример портит простонародье, побуждая его к ненависти и воровству, или же оно гибнет под дурным влиянием высокопоставленных лиц. Разврат и похоть не поддаются описанию. В купеческой среде господствует хитрость, обман, бесконечное надувательство и т. д.". Такова картина нравов XIII столетия в изображении Бэкона.

Настойчивее всего стремился Бэкон к более свободному строю религиозной жизни. Это происходило в то самое время, когда на юге Франции альбигойцам пришлось тяжело поплатиться за свое отпадение от церкви. Если призыв

[1] Epistola de secretis artis et naturae operibus atque nullitate magiae, 1260. Издание этой книги появилось в Париже в 1542 г.

Подробно о Бэконе см. Siebert, Roger Bacon, sein Leben und seine Philosophie, Marburg 1861.

Бэкона и прозвучал напрасно и не был способен вызвать бурю, какую имело следствием например выступление Гуса, то все же Бэкон может считаться одним из предшественников реформационного движения. Что он не безусловно подчинялся авторитету Аристотеля, было не меньшим преступлением для тогдашнего времени.

С другой стороны, Бекон и не был способен совершенно освободиться от оков греческой философии и средневекового богословия. Так, он вместе с Аристотелем верит в пространственную ограниченность мира. Он старается диалектически доказать также, что не может существовать много миров или один бесконечный мир. Лишь гораздо позже у Джордано Бруно мы встречаемся с понятием бесконечной вселенной. Подобно Аристотелю, Бэкон также опровергает диалектическими доводами учение о пустоте, принятое в качестве необходимой предпосылки движения атомов последователями атомистики, с которыми боролся Аристотель [1]. Повелительницей наук является для Бэкона не философия, а теология. Если знание, говорит он, противоречит священному писанию, то оно ошибочно [2]. В пределах этого ограничения он требует обновления наук и основания естественных наук на наблюдении и опыте. Многое, высказанное впоследствии в XVI в. его однофамильцем Франциском Бэконом, является отзвуком указаний и требований, выставленных уже Роджером Бэконом. „Людям, пошедшим в науке по новым путям, — говорит Роджер Бэкон [3], — всегда приходилось бороться с препятствиями и возражениями. Но истина все же крепнет и будет крепнуть вплоть до дней антихриста". Для науки по Бэкону есть три пути: наблюдение, опыт и умозаключение. Особенно восхваляется математика, но величайшее значение придается также языку как формальному выражению мышления. Так, Бэкон говорит: „Мы должны помнить, что словам свойственно величайшее действие. Почти все чудеса совершены словом. В словах выражается высшее воодушевление. Поэтому слова, глубоко задуманные, живо прочувствованные, хорошо рассчитанные и выразительно произнесенные, обладают чрезвычайной силой".

---

[1] Bacon, Opus tert., cap. 43. См. также K. Werner, Die Kosmologie und allgemeine Naturlehre des Roger Bacon, Wien 1879.

[2] Opus majus, cap. 1.

[3] Opus majus, cap. 13.

Если даже принять, что знания Бэкона целиком основаны на древних писателях и арабах, то все же должно согласиться [1], что он не простой компилятор, что он умел критически относиться к готовому, усваивать его и передавать самостоятельно. Главнейшей его заслугой однако остается то, что он является одним из первых, указавших на путь самостоятельного исследования в противоположность вере в авторитет, хотя сам он не имел еще возможности беспрепятственно итти по этому пути. Из этой неутоленной потребности проистекает известная тоска, выражающаяся в частых мечтах Бэкона о большей власти человека над природой, которыми пересыпаны его сочинения [2]. С этой основной чертой его мы встретимся в XVII в. у его однофамильца Франциска Бэкона. Возможно даже, что последний больше обязан Роджеру, чем кажется [3]. Это можно считать вероятным, хотя не желаем этим обличать позднейшего Бэкона в чем-то вроде плагиата.

Главное сочинение Бэкона носит заглавие „Opus majus". Оно было окончено в 1267 г. и посвящено Бэконом папе Клементию IV [4]. В первой части своего сочинения Бэкон говорит о главных причинах господствующего невежества. Таковыми представляются ему суетность и вера в авторитет, стародавние предрассудки и многочисленные неправильные и неудовлетворительные понятия. Второй отдел посвящен обзору научных основ, созданных греками и арабами. В центре этого обзора стоит, разумеется ,Аристотель, сочинения которого, подвергнутые свободной критике, оказываются далеко не исчерпывающими и не свободными от ошибок. Для надлежащей оценки прежних достижений Бэкон в

[1] Vogl, Die Phusik Roger Bacons.

[2] Бэкон считает содействие духовному и материальному благосостоянию целью всех наук. Но есть, по его мнению, еще и высшая цель, выражаемая им в словах: „Humana nihil valent nisi applicentur ad divina" (все человеческое ничтожно, поскольку не применяется к божественному) (Opus majus, p. 108).

[3] Döring, Die beiden Bacon (Archiv für die Geschichte der Philosophie, 1904. S. 341).

[4] Новое издание Бриджеса (Лондон 1897—1909, 3 тома) содержит латинский текст и подробное изложение каждой главы по-английски, затем введение о жизни и значении Бэкона. Старое издание Джебба (Лондон 1733) неудовлетворительно. К чествованию памяти Бэкона по случаю семисотлетия его рождения появился в 1914 г. сборник статей о его научной деятельности и значении (Oxford 1914). Назовем из них Ф. Пиково (Париж) — о месте Р. Бэкона в философии XIII в.; Смит (Нью-Йорк) — о его значении в истории математики; Видеман (Эрланген) — о его заслугах в оптике; Пьер Дюгем (Бордо) — о „боязни пустоты" в его физике; Паттисон Мюир (Кембридж) — о его отношении к химии и алхимии.

третьем отделе требует изучения подлинных текстов вместо обычного доселе чтения латинских и арабских переводов. Прежде всего он выставляет это требование по отношению к библии и сочинениям Аристотеля. Четвертый отдел посвящен математике, включая астрономию и ее применение. Бэкону известна была ошибочность юлианского календаря, и он предлагал главе церкви внести улучшения. По юлианскому календарю, — говорит он, — величина года равна 365¼ дней. Между тем доказано, что год короче и что в 130 лет набегает один лишний день.

Следующий отдел, основанный на Альхасене, трактует об оптике. Отражение в параболических зеркалах, равно как анатомия и физиология глаза, изложены так ясно и удачно, что в этих отделах с особенной очевидностью выразилась передовая точка зрения Бэкона. Самый процесс зрения он переносит в мозг, основывая это на том, что лишь таким образом можно объяснить соединение возникающих в обоих глазах чувственных ощущений в едином восприятии[1]. Оптические знания Бэкона выше знаний Альхасена. Так, Бэкону известна сферическая аберрация, т. е. тот факт, что лучи, идущие параллельно оси, лишь тогда пересекаются в одной точке, когда встречаются с зеркалом в равном расстоянии от оптического центра. Он занимается также зажигательным шаром и выпуклыми зеркалами, опираясь на Альхасена[2]. Затем Бэкон исследует, расположен ли фокус вогнутого зеркала в центре шара или в средине радиуса. Он принимает последнее, т. е. правильное воззрение и совершенно основательно замечает, что речь может итти не о точке пересечения лучей, но лишь о небольшом пространстве. Таким образом намечается уже сущность катакаустики[3]. О мираже (fata morgana) говорится, что многие считают его дьявольским наваждением, между тем как он объясняется естественными причинами. Далее Бэкон описывает приборы для измерения диаметра луны и солнца. Величина земли совершенно несравнима с величиной неба и прочих светил. Так, солнце в 170 раз больше земли. И млечный путь состоит из множества скученных звезд, свет которых смешивается с солнечным. Прилив и отлив вызываются тем, что лунные лучи, падая вертикально, всасывают испарения, наличностью которых объясняется также

[1] Visio non completur in oculis, sed in nervo (зрение не завершается в глазах, но в нерве), говорит он (Opus majus, V, cap. 2).

[2] О зажигательном шаре упоминают уже Аристотель и Плиний.

[3] Würschmidt, Rogers Bakons Art des wessenschaftlichen Arbeitens nach seiner Schrift „De speculis" (Roger Bacon, Commemoration Essays IX).

мерцание звезд. То обстоятельство, что приливы происходят также на стороне Земли, противоположной Луне, Бэкон объясняет следующим образом. Он считает, что небосвод, где расположены неподвижные звезды, тверд; потому он отражает лунные лучи. Эти отраженные лучи попадают на сторону Земли, противоположную Луне, и здесь вызывают то же явление, какое производят, падая непосредственно на Землю. Сообразно этому представлению небо неподвижных звезд и, стало быть, вся вселенная предстаавляются пространственно ограниченными. Ведь и Аристотель предполагал, что неподвижные звезды получают свет от Солнца. Мысль о бесконечности вселенной и о множественности солнечных и иных систем могла явиться лишь после установления системы Коперника.

Радугу Бэкон пытался объяснить в согласии с Аристотелем и Авиценной. Ему было известно, что радуга исчезает, когда Солнце подымается выше 42° над горизонтом. Объяснить, почему Солнце, проникая в темное пространство сквозь неправильные дырочки, дает круглые изображения, он не мог. Свет для своего прохождения требует по его мнению времени и заключается не в отделении частичек, так как иначе светящие предметы должны были бы так же улетучиваться, как мускус. Для объяснения распространения света Бэкон приводит следующий, известный уже Альхасену опыт. Если перед маленьким отверстием перегородки поставить три свечи, то лучи их перекрещиваются в этом отверстии. Бекон усматривает в этом доказательство того, что species, т. е. то, в чем он видит природу света, не смешиваются. В наши дни мы сказали бы, что световые лучи, не мешая друг другу, проходят через одну точку.

Шестой отдел посвящен опыту. Он начинается словами: „Без собственного опыта (эксперимента) невозможно достаточное познание“ [1]. Эксперимент выставляется здесь как важнейший способ обосновать теорию и вести ее к новым выводам. Заключительную часть сочинения (отдел седьмой) составляют соображения о назначении науки вести человечество не только к знанию, но и к высшим нравственным целям. Особенно любопытно положение, занятое Бэконом по отношению к математике. Он называет ее вратами и ключом к прочим наукам. Основные истины математики врождены по его мнению человеку. Лишь путем математики можем мы притти к полной истине [2]. В прочих науках тем

[1] Sine experientia nihil sifficienter sciri potest.

[2] Opus majus, IV, cap. 3.

меньше ошибок и сомнений, чем больше удается им опереться на математику [1].

Сочинения Бэкона полны фантастических предвидений относительно будущего. Так, он говорит: „Могут быть построены корабли, гребущие без людей, так что направляемые одним человеком они будут двигаться с большей быстротой, чем если бы они были полны гребцами. Можно также устроить экипажи, которые будут двигаться с безмерной стремительностью без животных“ [2]. Бэкон однако не указывает, как представляет он себе осуществление этих мыслей. Было бы поэтому неправильно придавать таким заявлениям, как это уже делалось, преувеличенное значение.

В дальнейшем мы находим замечания, на основании которых Бэкону приписывалось первенство в деле изобретения подзорной трубы. Так как однако не доказано, что он делал опыты или по крайней мере имел ясное представление об основах конструкции, то такие притязания, исходившие от англичан, должны быть отвергнуты, чем не умаляется значение этого замечательного человека. В действительности Бэкон не мог быть знаком даже с очками, которые появляются по всем вероятиям лишь в 1280 г. [3]. Первое письменное упоминание имеется в одном письме от 1299 г., автор которого говорит, что без очков, недавно изобретенных на благо всех людей с ослабленным зрением, он не может ни читать, ни писать.

Подобно всем своим современникам Бэкон верил в возможность облагорожения металлов. Он также был глубоко убежден, что созвездия оказывают влияние на Землю и на судьбу человечества.

В связи с этим мы находим у Бэкона чрезвычайно обстоятельное изложение астрологических учений, к которым пришли XIII столетие, опираясь на древних, и раннее средневековье. В эту эпоху астрология достигла высшей точки развития. Впоследствии она утратила свою убедительность,

---

[1] Мнение, напоминающее позднейшее, часто цитируемое изречение Канта.

[2] De secretis operibus artit et naturae, cap. 4.

[3] Изобретателем очков считается Сальвино дегли Армати, живший во Флоренции. По другому известию изобретателем должен считаться Александр де Спина. Оба сообщения неверны. Несомненно однако, что первые очки были изготовлены в Италии и что это произошло в конце XIII столетия (Wilde, Optik, Bd. I, S. 96).

Уже Лессинг пытался доказать, что шлифованный изумруд, при помощи которого Нерон созерцал цирковые игры, был зеркалом („Антикварные письма“, 45). Рассказ приведен у Плиния („Естественная история“, XXXVII).

пока наконец в XVII в. не исчезла совершенно из круга научного образования. В сущности изумительно, как в уме, столь выдающемся, как Бэкон, не зародилось никаких сомнений. Так как астрологические учения особенно характерны для всего духа средних веков, то мы уделим место кое-чему из них в том виде, как их воспринял Бэкон.

Астрологи разделяли небо на двенадцать „домов". Каждая планета (включая Луну и Солнце) имеет „дом", в котором создана. Лев есть дом Солнца, Рак — дом Луны, Дева — дом Меркурия и т. д. Каждой из пяти планет кроме того назначено еще по одному из пяти оставшихся „домов". Юпитер и Венера — счастливые звезды, Марс и Сатурн — несчастные.

Большое влияние оказывают соединения планет, т. е. их встреча в одном и том же „доме". Такие соединения (конъюнкции) предвещают перемену на престоле, голод и подобные события. Они влияют также и на отдельных людей. Правда, ими не определяются стремления людей, но небесные силы действуют на тела и ввиду тесного взаимодействия души и тела тем самым на душу.

Бэкон присоединяется также к восточным учениям, по которым определенные планеты властвуют над известными странами: так например Сатурн над Индией, Юпитер над Вавилоном, Меркурий над Египтом, Луна над Азией. Возможно, что полумесяц в качестве турецкого герба ведет свое происхождение от таких астрологических представлений.

По химии в сочинениях Бэкона[1] заслуживает внимания его упоминание о смеси, производящей при воспламенении страшное потрясение. В качестве одной из составных частей этой смеси он называет селитру[2]. Очевидно мы имеем здесь дело с порохом, около этого времени проникшим в Европу из Восточной Азии. Первоначально им пользовались для взрывов в рудниках. С XIV столетия порох произвел в военном деле переворот, имевший громадное влияние на политические судьбы Европы[3].

[1] В последнее время подлинность некоторых из них заподозрена (E. v. Lippmann).

[2] H. W. L. Hime (R. Bacon, Essays, Oxford 1914) полагает, что вероятно Бэкон случайно составил из селитры, угольного порошка и серы взрывчатую смесь и наблюдал самый взрыв. Состав этой смеси он передал в виде анаграммы, очевидно для того, чтобы сделать тайну не всем доступной и избежать неприятностей, которые могло это опасное исскуство вызвать перед инквизицией, основанной незадолго до этого (S. Würschmidt, Mon. Hefte f. d. nat., Unterr., 1915, 264).

[3] Огнестрельное оружие по всем вероятиям изобретено в Германии. Изобретатель его неизвестен. Несомненно только, что новое изобретение

В известной степени Бэкон принадлежит также к духовным инициаторам великих путешествий нового времени. Он держался взгляда, что Азия так далеко простирается на восток, что ее восточных берегов можно достигнуть посредством короткого переезда через Атлантический океан. Эти воззрения Бэкона вместе с их обоснованием перенес Пьер д'Альи в свое сочинение под заглавием „Imago mundi" („Образ мира") [1]. Известно однако, что Колумб именно благодаря чтению этого произведения был впоследствии приведен к своему путешествию в западном направлении [2].

Из всего этого явствует, что в лице Бэкона мы встречаем замечательного человека, игравшего выдающуюся роль в развитии наук и заслужившего удивление, которым он окружен [3]. Бэкон — одна из немногих звезд, освещающих мрак христианского средневековья. То обстоятельство, что он не смог совершенно освободиться от предрассудков своего времени, не должно умалять признательности, которой мы ему обязаны.

Крайности средневекового мышления.

Характерной чертой средневековья в научной области являются прежде всего астрологические и алхимические стремления. При одном звуке этих слов — астрология и алхимия — мы сразу переносимся в эпоху, о которой идет речь. Не только обозначаемые этим именем лженауки, но иногда даже магия и некромантия являлись в это время предметом университетского преподавания.

Принято думать, что величайшие алхимические нелепости, касающиеся действия materia prima (первичной материи) или философского камня, имеют источником Раймунда Люллия. Люллий, doctor illuminatissimus (доктор озареннейший), родился в 1230 г. Его сочинения, или вернее то, что под его именем находилось в обращении, нашли особенно много легковерных последователей в XIV в. В качестве уродли-

---

быстро распространилось в XIV веке по всей Европе вплоть до Азии. Ариосто в „Неистовом Роланде" возмущается „проклятым, глупым чортовым ухищрением", о котором говорит:

„Ты уничтожил воинскую славу,
Ничтожным дымом сделал рыцарскую честь"

[1] Книга д'Айли, написанная в начале XV столетия, представляет собой одну из средневековых энциклопедий. Из нее Колумб познакомился с мнением Аристотеля и Страбона, что до восточных берегов Азии можно добраться, отправившись на запад.

[2] Tschakert, Peter von Ailly, Gotya 1877, S. 335.

[3] K. Werner, Die Kosmologie und allgemeine Naturlehre des Roger Bacon, Wien, 1819.

вейшего порождения воображения Люллия встречаемся мы с его учением о мультипликации (умножении). Согласно этому учению философский камень превращает тысячекратное количество ртути в первичную материю, в materia prima. И это превращение может повторяться много раз, пока наконец после известного ослабления преобразующей силы materia prima тысячекратное количество ртути превращается в чистое золото. Перед лицом таких нелепостей алхимической мысли не представляется удивительным, что она дошла до изречения: „Maro tingerem, si Mercurius esset" (если бы море состояло из ртути, я превратил бы его в золото).

Среди нелепостей и заблуждений, встречаемых нами в средние века наряду с алхимией, астрологией и магией, должна быть названа вера в ведьм. И от этого зловредного заблуждения, столь часто становившегося ужасающим бичом в руках церковного фанатизма, человечество избавилось путем многовековой борьбы [1], благодаря победе естественнонаучного мировоззрения. К первым начавшим борьбу против астрологии принадлежит живший во второй половине XV века Пико де ла Мирандола.

Пико де ла Мирандола принадлежал к ученым гуманистам, которые в общем склонялись к астрологии, так как последняя была ведь созданием поздней древности. Ведь даже Меланхтон принадлежал к ее приверженцам, тогда как Лютер отвергал астрологическое искусство и объявлял его грубой ложью, которой надлежит противопоставить простой здравый смысл. Этим здравым смыслом порождены были и возражения Пико де ла Мирандолы. Для того чтобы убедиться в неверности всяких предсказаний, достаточно спросить одновременно астрологов и хиромантов об одном предмете и увидеть, как они противоречат друг другу. Их предсказания погоды также совершенно недостоверны. В таком роде все его доводы. Что небо является общей причиной земных событий, это признает и Пико. Но всякие отдельные явления должны быть объясняемы их ближайшими причинами.

О зловредных последствиях астрологического учения Пико говорит, что оно разрушает философию, фальсифицирует медицину, губит религию, порождает суеверие, благоприятствует идолопоклонству, загрязняет нравы, клевещет на небо

[1] „С тех пор как инквизиция занялась преследованием язычников и фанатическая поповская ярость вознамерилась искоренить всякое самостоятельное мышление, падали в течение четырех столетий бесчисленные кровавые жертвы во всей Европе. (M. Carriere, Die philosophische Weltanschauung der Reformationszeit, Stuttgart 1847, S. 87.

и делает человека несчастным рабом предрассудков и соблазнителей.

Уже за век до Мирандолы борьбу против астрологии, магии и других порождений суеверия вел один из величайших гуманистов — Франческо Петрарка. Его старания однако были не менее безуспешны, чем попытки его преемника. Однако заслуга обоих борцов заключается в том, что они выковали в этой борьбе оружие для дальнейших поколений. Такими же убедительными доводами, какие Пико де ла Мирондола [1] выдвигал против астрологии, боролся врач Якоб Вейер с верой в ведьм и связанными с нею преследованиями. Он доказал например, что ночные кошмары являются следствием физического состояния и не вызываются присутствием дьявола. Он понял роль, которую при возникновении суеверных представлений играет воображение, равно как расположение женщин к истерии. Однако он нашел очень мало приверженцев и много противников. Вплоть до конца XVIII в. духовенство, инквизиторы и фанатизированная толпа преследовали и жгли на кострах мнимых ведьм.

Спасением от всех этих недугов эпохи могли быть только естественные науки. Они и начали уже свой поход. Но долго еще, в сущности по сей день, пришлось и приходится им бороться за уничтожение суеверия и предрассудков, равно как за свое признание в качестве средства воспитания широких народных масс [2].

Естествознание в XIV столетии.

Об естественнонаучных знаниях и представлениях, господствовавших в середине XIV столетия, дает в некоторых отношениях очень удачное представление „Книга природы" Конрада фон Мегенберга.

Конрад фон Мегенберг родился в 1309 г. на Майне. Получив образование в Германии и Париже, где получил степень доктора, он преподавал в Вене, а затем был каноником в Регенсбурге. Здесь написал он свое сочинение, появившееся

[1] Подробности о Пико де ла Мирандола см. M. Carrerire, Die philosophische Weltanschauung der Reformationszeit, 1847.

[2] Последний намек относится к господствующему в Европе, особенно в Германии и дореволюционной России, классическому образованию, главным элеметом которого были древние языки, латинский и греческий. Естественники тщетно агитировали за признание естественных наук по крайней мере „равноценным средством воспитания" .Агитация оставалась безрезультатной, так как естественники не понимали связи „классического" образования с политическими интересами господствующих классов, со стремлением сохранить обособленную привилегированную школу для высших классов. *Ред.*

в 1350 г. [1]. Он умер в 1374 г. Главным источником Мегенберга является написанное в 1250 г. сочинение Томаса Кантемпре: „О природе вещей" („De naturis rerum"). Оно заключает обзор тогдашних сведений о живых и неодушевленных явлениях природы. Книга Кантемпре является первым сочинением этого рода в средневековой литературе [2]. В двадцати книгах Томас рассматривает анатомию человека, растения, животных, металлы и драгоценные камни, четыре стихии и свод небесный с семью планетами. Труд этот однако не основан на собственных наблюдениях, но позаимствован из различнейших писателей. Больше всего использованы Аристотель, Гален и Плиний. Привлекаются однако также Теофраст, Исидор Севильский и отцы церкви. „Книга природы" Мегенберга в такой степени опирается на указанное сочинение Томаса, что может быть названа его сокращенной и согласованной с успехами разделяющего их столетия немецкой переработкой [3]. Все же Мегенберг, как он прямо заявляет, пользовался и другими книгами, когда книга Томаса оказывалась недостаточной. При этом он не только компилятор. Он даже отвергает как невероятное кое-что, беспрекословно приемлемое Томасом. Что он несмотря на это верит в волшебство и заклинания, должно отнести на счет духа его времени. Таким образом книга Мегенберга является одним из лучших свидетельств о чувствах и мышлении даже просвещенных людей

---

[1] Оно напечатано в 1862 г. по рукописям Фр. Пфейфером. В выдержках недавно издано Шульцом: Conrad von Megenberg, Das Buch der Natur. Die erste Naturgeschichte in deutscher Sprache. In neuhoch deutscher Sprache bearbeitet und mit Anmerkungen versehen von H. Schulz Greifswald 1897.

[2] Сохранились еще многочисленные рукописи, например в Бреславле, Вольфенбюттеле, Готе, Париже, Лондоне и т. д. (см. Carus, Geschichte. der Zoologie, S.214). Об отношении Конрада Мегенберга к Томасу Кантемпре Штадлер в отзыве о первом издании настоящего труда в „Neue Jahrbücher für das klass. Altertum", 1911, S. 86, пишет: „Понятно, что Конрад Мегенберг не пользовался непосредственно Аристотелем, Галеном, Плинием или даже Теофрастом, которого не знал ни один средневековый автор, но все цитаты Мегенберга из этих авторов взяты из Томаса де Кантемпре. Наряду с полными рукописями (в Париже и Мюнхене) сочинений последнего существуют и сокращенные тексты. „Рукопись последнего типа перевел Конрад, присоединив местами наивную критику, моральные разглагольствования и также немногочисленные замечания по существу".

[3] Доказательством его широкого распространения служат его многочисленные рукописи, до сих пор находимые иногда, особенно в южной Германии. Оно появилось до 1500 г. также в шести печатных изданиях. „Книга природы" Мегенберга является переводом Томаса Кантемпре и не может считаться самостоятельной работой (H. Stadler, Albertus Magnus, Thomas von Cantimpré und Vinzenz von Beauvais, Natur und Kultur, 1906, S. 86—90).

эпохи Возрождения. Некоторые сведения о содержании книги поясняют вышесказанное.

Первый отдел посвящен человеку. Здесь изложены учения Аристотеля и Галена, являющиеся нам в том виде, который был им придан позднейшими писателями [1]. Мозг от природы холоден, сердце же теплое. Мозг расположен выше сердца для того, чтобы его холодность могла быть смягчаема теплотой сердца. Природа создает сначала сердце, а потом мозг. О глазе говорится, что он окружен тонкими оболочками. В них заключается кристаллическая влага, на которой основана зрительная сила. Зрительный нерв есть пустая жила, назначение которой — приводить к глазам собственно духовную деятельность чувства зрения. Таковы смутные представления, из которых нельзя понять, как себе собственно представляет Мегенберг процесс зрения. О сердце и легких он говорит следующее: сердце есть первое живое в человеке и последний орган, который умирает. Оно имеет две полости — правую и левую. В них хранятся кровь и особые духи, обусловливающие жизнь. По жилам духи и кровь притекают из сердца к остальным органам. К сердцу примыкают легкие, потому что мягкие легкие в силу своей способности вбирать воздух сохраняют сердце в прохладе, чтобы оно не задохлось в своем собственном жару. Более точного различия между жилами, нервами и сухожилиями мы не встречаем и у Мегенберга.

Второй отдел говорит „О небесах и семи планетах". Кроме небосвода, на котором укреплены неподвижные звезды, Мегенберг различает еще две сферы. За ними следуют внутри семь планетных небес, из которых каждое несет лишь одно светило. Все вращается в различные промежутки времени вокруг центра вселенной — Земли. Каждой планете свойственны ее особенности и действия. Так, Юпитер тепел и сух. Поэтому он делает земное царство плодоносным и приносит хороший год, когда является в своей полной силе и благоприятном положении. Марс горяч и сух; поэтому он разгорячает сердце человека и делает его гневным. Солнцу приписывается пятнадцать свойств, которые затем аллегорическим путем переносятся на богородицу.

По отношению к кометам мы встречаемся со взглядом, который оставался господствующим со времен Аристотеля до Тихо и Кеплера. Комета представляется здесь собственно не звездой, но „огнем, горящим в верхах воздушного царства". Питается этот огонь жирными, исходящими из земли испа-

[1] См. издание Шульца, предисловие VI.

рениями. Продолжительность явления кометы зависит от того, как долго притекают эти испарения в достаточном количестве. Раз в кометах видели явления атмосферические, то совершенно последовательно было предположение, что они оказывают на землю более глубокое влияние, чем звезды. Стране, к которой обращен ее хвост, комета „приносит голодный год, потому что из тамошней почвы извлекается влажность". Наконец Млечный путь совершенно правильно объясняется как „скопление многочисленных, близких друг к другу звезд, блеск которых светит совместно".

Затем Мегенберг переходит к атмосферическим явлениям. Ветер рассматривается не как движение воздуха во всей его массе, но как „скопившиеся земные испарения", движущиеся по воздуху. Столкновением жирных земных испарений с облаками старается Мегенберг объяснить также гром и молнию. От силы столкновения происходит вспышка, т. е. молния. Наконец радуга является отражением солнечного света в облаках. Предположением о парах во внутренности земли объясняется также землетрясение, причем отвергнуты старые побасенки. На испарения, находящиеся в горных пустотах, действуют светила, особенно Марс и Юпитер, усиливая их давление на стены заключающих их пустот. Этим вызывается землетрясение. Затем Мегенберг сообщает о сильном землетрясении, которое в 1348 г. ощущалось в Альпах и Южной Германии. В Европе свирепствовала моровая язва — „величайший мор людской, какой был когда-либо после рождества Христова, а может быть и до него". В одной Вене погибло от этой заразы сорок тысяч человек в течение немногих месяцев. Мегенберг склонен видеть причинную связь между землетрясением и этой эпидемией. Дело в том, что при землетрясении ядовитые испарения выходят из внутренности земли.

Картина мироздания, созданная средневековьем по образцу древних и представленная нам в сочинении Мегенберга, дополняется описанием животных, растений и важнейших неорганических произведений природы. За описанием животного в целом, сплошь выдержанном в духе и часто в буквальном согласии с Аристотелем, следуют сообщения о виде и образе жизни отдельных существ. О систематическом определении на основе какой-либо научной точки зрения нет при этом речи. Расположение чаще всего алфавитное. Рассказывается о разных чудесах животного царства, оказавшихся впоследствии порождением фантазии древних писателей. Так, обновляется и старая история „Физиолога" о ките, спина которого была принята за остров. Ряд замечаний об отечественных животных основан на собственных

наблюдениях или по крайней мере на наблюдениях современников. Нередки однако сообщения, воспроизведенные из древних писателей без всякой проверки; так, о лошади говорится, что по словам Аристотеля из волос этого животного возникает в воде червь. Впрочем нередко к таким сообщениям присовокупляется простодушное: „Этому я не верю", — так например к рассказу Плиния, что рысь может видеть сквозь стены.

Следующие отделы говорят — также в алфавитном порядке — о деревьях и травах. Описания ограничиваются внешним видом растения и его плодов. В центре изложения стоят физиологические действия растений. Для объяснения этих чудесных действий Мегенберг однако не довольствуется смешением содержащихся в травах стихий, но он усматривает здесь также влияние светил. Часто влияние оказывают также священные слова, с которыми обращаются к богу и которыми заклинают и благословляют травы, совершенно так же, как святят воду.

По божественной воле одарены и камни чудодейственными свойствами и силами. Но прежде всего обладают они благодатным влиянием. Некоторые минералы противодействуют ядам, иногда они посредством испарений указывают даже на присутствие яда поблизости. Сердолик умеряет гнев и останавливает кровотечение. Это свойство приписывается ему искони, очевидно вследствие его красного цвета. И при других минералах мимоходом упомянуты их свойства, но тем подробнее оценивается их применение в талисманах, причем Мегенберг не сомневается в правильности господствовавших в его время суеверных представлений, связанных с минералами.

Мы остановились обстоятельнее на „Книге природы", потому что такие образцы представляются нам более поучительными, чем долгие рассуждения о духе средних веков. Лишь представив себе умственное достояние, чувства и мышление того времени, на примере отдельного писателя, как Мегенберг или Томас де Кантемпре, мы можем измерить переворот, произведенный возрождением наук и подготовивший путь новому естествоведению, начинающемуся Коперником, Галилеем и Кеплером.

10. ВОЗРОЖДЕНИЕ НАУК.

Вплоть до конца крестовых походов Западная Европа пребывала под руководительством церкви. Мысль в течение этого времени захватывали по преимуществу вопросы религиозного и схоластически-философского порядка. Постепенное падение власти церкви имело следствием обращение также к другим предметам.

Два новые мощные движения с неиссякающей силой охватили в конце средних веков европейское человечество — возрождение классической древности и вызванное далекими путешествиями и великими открытиями расширение географического кругозора на весь земной шар.

Этот великий духовный переворот, предвестники которого восходят к XIII столетию, был подготовлен хозяйственным процессом, а именно расцветом городской жизни. Здесь надо прежде всего назвать Пизу, Флоренцию, Венецию и Геную. Торговля привела их к благосостоянию и могуществу и в конце концов сделала их даже повелителями морей. Сношения со всеми народами Средиземного моря, расцвет искусств и промышленности, словом расширение всего кругозора явились причиной того, что здесь впервые сумрак средневековья уступил место заре нового, лучшего дня. Прежняя историография любила изображать Ренессанс как чуть не молниеносную вспышку, разом прогнавшую глубокую тьму средневековья и понемногу осветившую из Италии прочую Европу. Представителем такого взгляда явился главным образом Буркхардт[1]. Буркхардт слишком поддавался еще влиянию Вазари, самого раннего историка Возрождения[2]. Вазари, писавший в середине XVI в., очевидно стоял еще слишком близко к изображенным им событиям, чтобы правильно судить о них. К тому

---

[1] I. Burkhardt, Die Kultur der Renaissance in Italien, 1859 (имеется русск. пер. 1905), а также Geschichte der Renaissance in Italien того же автора.

[2] Giorgio Vasari, Vite di piu eccellente pittori, acultori ed architetti, Florenz 1550, нем. пер. 1832—1849, 6 томов.

же он стремился выставить в возможно более ярком свете изображаемую им эпоху недавнего прошлого[1].

Новейшие исследования развития духовной жизни и искусства все явственнее показывают, что между средними веками и Возрождением нельзя провести резкую границу. Наоборот, зачатки движения, которые мы определяем словом „Возрождение", восходят к XIII столетию. Оно не было также ограничено почвой Италии. Если оно здесь и пережило свой высший расцвет, то с возрождением искусств и наук мы встречаемся все же и во Франции, Германии, Нидерландах. И в этих странах мы можем с XIII столетия проследить стремление к самостоятельным воззрениям и вызванный этим поворот от прежнего мышления: в известном смысле — переоценку всех ценностей. Нельзя однако в виде противоречия старой исторической школе (Буркхардт, Фойгт, Либри) итти так далеко, чтобы считать Возрождение „результатом и лучшим цветком средневековья"[2]. Возрождение все-таки представляет собой, хоть и задолго подготовленное, но постепенное преодоление черт, характеризующих христианское средневековье. Такими чертами, господствовавшими в духовной жизни средневековья, всегда будут считаться: во-первых, подчинение научной и художественной деятельности влиянию церкви, затем господство авторитета писаного слова и, в-третьих, отрицание реалистического образа мышления под воздействием спиритуалистического мировоззрения.

Возрождение римской и греческой литературы происходило с XIV столетия все в большем объеме и вело к растущему углублению в дух античной древности. Так возникло направление, называемое гуманизмом. Если оно непосредственно ничем не обогатило естественные науки, то следствием его все-таки были разрыв с указанными средневековыми особенностями, сковывавшими до сих пор мысль, и избрание новых образцов научного исследования и изложения. Как говорит выдающийся историк гуманизма[3], „были вызваны к жизни забытые глубины древности, и она вновь была пережита в своих возвышенных созданиях". Страной, где гуманизм пережил свой первый расцвет, была Италия. Здесь ведь и раньше схоластика, романтическая поэзия и готическая культура никогда не достигали нера-

[1] W. Goetz, Mittelalter und Renaissance, Historische Zeitschrift, Bd. 98 (1907), S. 30.

[2] W. Goetz, loc. cit., 19, 50.

[3] Г. Фойгт в предисловии к книге „Возрождение классической древности", Берлин 1859 (имеется русск. пер. 1884).

зыдельного господства, и всегда живо было воспоминание о древности, захватившее наконец в XV столетии все умы и вдохнувшее новую жизнь в литературу[1].

На почве Италии и произошло главным образом соприкосновение античного мира с германскими племенами. Если при этом Италия и пострадала от многих племен, то все же многие остатки и заветы древней культуры сохранились для новой эпохи. Вождями движения, которым мы обязаны возрождением этих зародышей, являлись в первую очередь Петрарка и Бокаччио. К началу великой литературной эпохи, нашедшей воплощение в их творчестве, относится деятельность прославленнейшего поэта итальянского народа Данте. Он родился в 1255 г. во Флоренции и умер в 1321 г. Многому конечно научился Данте у лучших римских поэтов, каковы Гораций, Овидий и Виргилий, но он не принадлежит к воскресителям древней литературы. Его образование покоится еще главным образом на trivium и quadrivium средневековых философов. Дух, движущий творчеством Данте, возник из соединения схоластики с провансальской романтикой. И этим духом проникнуто его гениальное творение „Божественная комедия“. Она представляет собой не только замечательное создание поэтического творчества, но и сокровищницу для оценки уровня знаний в начале XIV столетия[2]. Существо античного мира было однако для Данте лишь предметом смутного ощущения; в глубины его он еще не проник. Это было делом Франческо Петрарки[3].

У отца Петрарки было несколько рукописей Цицерона. Вместе с поэтическими произведениями Виргилия, о которых никогда не забывали средние века, они попали в руки молодого Петрарки, и он с увлечением читал их, ценя не столько их содержание, сколько благозвучие языка и выразительное красноречие. Так как известна была лишь небольшая часть произведений Цицерона — письма например были забыты, — то, дойдя до зрелого возраста, Петрарка начал разыскивать затерянные сочинения столь высоко почитаемого им писателя. Его поиски в старых монастырских библиотеках были награждены успехом. Он сам занялся списыванием и сумел вызвать еще во многих людях те же стремления. Он рассылал в Испанию, Францию, Германию

[1] Ranke, Deutsche Geschichte im Zeitalter der Reformation, Bd. I, S. 174 u. f.

[2] См. также Libri, Historie des sciences mathematiques en Italie, V. II, p. 173.

[3] G. Voigt, Die Wiederbelebung des klassischen Altertums, Berlin 1859.

и Британию и даже в Грецию призывы разыскивать определенные исчезнувшие сочинения. Часто к своим просьбам и увещаниям он прибавлял и деньги. Древние сочинения однако не только собирались и размножались: в них видели теперь также образец выразительного языка и старались, учась на них, усовершенствовать свою собственную речь.

Интерес Петрарки был направлен не только на литературные произведения, но и на все прочие остатки древности, как например здания, монеты и т. д., которыми так богата почва Италии. И на греческую культуру обратили внимание Запада Петрарка и его приемники. Правда, в XIV столетии этому мешало незнание греческого языка. Но после падения Константинополя здесь произошла перемена, так как в связи с этим событием многие греческие беглецы переселились в Италию. Вернейшим и ревностнейшим учеником Петрарки был Джованни Бокаччио. Сильнее ныла, с которым собирали все, что можно было спасти из древних сокровищ, было опасение, что уже, может быть, поздно. Что это опасение было довольно основательным, доказывает сообщение Бокаччио о его посещении библиотеки в Монте Кассино. Он нашел ее в заброшенном и незапертом помещении. Начав разворачивать рукописные свитки, он нашел здесь всевозможные повреждения. Плача от огорчения, вышел он оттуда. На вопрос, почему эти чудесные сокровища подвергаются столь позорному обращению, последовал ответ монахов, что вырезанный из рукописи пергамент употребляется на псалтыри и молитвенники, продаваемые женщинам и детям[1]. И это происходило в Монте Кассино, рассаднике образованности.

Науки в век гуманизма.

За эпохой зачатков гуманизма следовало его распространение. Носителями его были главным образом бродячие учителя и ученые общества, основанные по платоновскому образцу. Великим делом первых гуманистов надо считать то, что они сумели воодушевить своими стремлениями государей, главным образом дом Медичи и все дворянство страны, а также богатых горожан итальянских городских республик[2]. Это было тем труднее, что в это время книго-

[1] G. Voidt по Benvenuti Insolensis. Изложено в Комедии Данте.

[2] Здесь автор подчинился влиянию идеалистической истории и перепутал причину со следствием. Эпоха Возрождения имела своей экономической основой рост денежного хозяйства, который привел к росту политического значения городов. В городах складывалось буржуазное обще-

печатание не открыляло еще науки, а размножать найденные литературные сокровища приходилось посредством списывания. Гуманизм нашел приют также в университетах и у церковных владык. Здесь должен быть назван папа Николай V, тративший по примеру Медичи большие средства на поддержание литературных стремлений. По его почину занялись главным образом греческой литературой. Место старых схоластических переработок заняли теперь на Западе подлинные сочинения Аристотеля и Платона. Папа Николай, обращая преимущественное внимание на собирание книг, явился основателем первой, соответствующей значению папства, ватиканской библиотеки, привлек в Рим многих греческих ученых и после падения Константинополя скупил в Греции и Малой Азии при посредстве разъезжающих купцов множество книг. После того как благодаря Николаю V центром гуманистических стремлений сделался Рим, влияние их распространилось также и севернее Альп. Вместе с учеными прибыли из Константинополя в Италию многочисленные греческие рукописи, среди них например сочинения Архимеда. Теперь гуманизм переживал эпоху высшего развития не только здесь, но и в остальной Европе, главным образом в Германии, где первым провозвестником его явился философ Николай Кузанский, а также в Англии.

Если папа Николай V поощрял науку гуманистов больше из любительства, с намерением сделать Рим центром умственных стремлений, то в лице его преемника Пия II (известного также под именем Энеа Сильвио Пикколомини) на папский престол вступил подлинный гуманист. Он занимался географией и историей, стараясь установить связь между отдельными науками, и составил землеописание,

---

ство ремесленников и торговцев, и постепенно формировалась его идеология, отличная от идеологии средневекового феодального общества. Самостоятельные города-республики Италий, а отчасти Фландрии и Германии, представляли и в политическом и в экономическом отношении много аналогий с городами-республиками древней Греции. Отсюда — значительная созвучность идеологии, художественных вкусов и т. д. Вот почему политические мыслители и художники эпохи Ренессанса ухватились с таким жаром за греческие образцы. К тому же, опираясь на авторитет древности, было легче протащить новую мысль в эпоху авторитарного мышления, которое еще только начало заменяться буржуазным индивидуализмом.

Увлечение итальянских государей — т. е. руководителей торговых республик — античностью было таким образом вовсе не следствием агитации гуманистов, а проистекало из той же общей причины, которая породила и самих гуманистов. Ред.

повлиявшее также на Колумба [1]. Заслуга Пия II тем больше, что прочие гуманисты вначале относились с меньшим вниманием и пониманием к научному наследию древности. Математика, медицина и естествоведение, словом точные науки, не встречали достаточного внимания. Гуманизм сделался господствующей модой, а мода склонялась к изящной словесности. Величайшая важность придавалась во всяком литературном творчестве форме, и благодаря этому стремлению итальянский язык, опять-таки под руководством Петрарки и Бокаччио, достиг такой степени совершенства, что Галилей и его ученики предпочитали писать на языке своей родины, тогда как в Германии и прочих странах никому из ученых в голову не приходило пользоваться каким-либо другим языком, кроме латинского.

Несмотря на все старания пап сделать центром гуманистических стремлений Рим, Флоренция прославилась тем, что явилась не только колыбелью, но затем и виднейшим убежищем гуманизма. Судьбы Флоренции в течение всего XV столетия были теснейшим образом связаны с родом Медичи, располагавшим неизмеримыми богатствами и с увлечением покровительствовавшим искусству и науке. В Козимо и его внуке Лоренцо Великолепном находили художники и ученые покровителей, шедших навстречу их стремлениям не только с неизменно щедрой поддержкой, но и с полным пониманием. Козимо сам был основателем академии, в которой объединились выдающиеся в науке и искусстве люди. Как и следовало ожидать, примеру пап и Медичи следовало все, что изъявляло притязания на богатство и благородное происхождение. Женщины приняли также выдающееся участие в этом движении, проявившемся к сожалению в политическом и нравственном состоянии тогдашней Италии также и со своей отрицательной стороны. Пред лицом некоторых результатов новейшей историографии радость, вызываемая жизненностью этого движения, переходит подчас в ужас [2]; между тем прежние изобразители этой эпохи обращали мало внимания на эти отрицательные черты и, рисуя нам картину Возрождения, выделяли лишь его блестящие стороны [3].

[1] Lindner, Weltgeschichte, Bd. IV, S. 277.

[2] Намек автора относится повидимому к состоянию нравов эпохи. Более откровенная, чем у позднейшего капитализма, хищническая политика и менее лицемерная, чем у современного мещанства, половая мораль вызывают ужас у благочестивых представителей немецкой мелкой буржуазии, в том числе у историков, которыми наш автор пользовался. Ред.

[3] Lindner, Weltgeschichte, Bd. IV, S. 291.

Величайшее значение в дальнейшем развитии духовной жизни имело то, что с началом гуманистического движения совпадают изобретение книгопечатания и учреждение первых немецких университетов. Университеты расцвели в XIII столетии в Испании, Италии, Франции и Англии. В Германии, правда, было не мало частных церковных и городских училищ, но получить высшее научное образование и академическое звание можно было только за границей. Новое положение вещей началось лишь с тех пор, как Карл IV, опираясь на опыт, лично проделанный в Париже, основал в Праге (1348) первый немецкий университет. В том же столетии были учреждены университеты в Вене (1365) и в Гейдельберге (1386). Города северной Германии не отставали от общего движения. Среди них должно прежде всего назвать Кельн и Эрфурт, также основавшие в своих стенах высшие учебные заведения еще в XIV столетии.

Конечно на нынешний масштаб научное значение этих учреждений было еще незначительно. Важнейшую свою задачу они видели в подготовке духовенства. В связи с этим в университетской жизни преобладало церковное влияние. Лишь постепенно в борьбе с упорнейшим сопротивлением здесь пробивало себе путь свободное исследование. В течение XV столетия и еще гораздо позже неограниченное господство принадлежало здесь наряду с церковью схоластической философии, сковывавшей всякую свободу духа. Университетское преподавание не побуждало к самостоятельному исследованию; ограничиваясь диктовками и диспутами, оно, наоборот, являлось центром церковного буквоедства и ученого высокомерия.

Проникновение гуманизма в Германию значительно подняло немецкие университеты. Они стали питомниками нового направления, и более свободная струя проникла в прежние центры схоластических перебранок, яростных теологических препирательств и нетерпимости. Отраднейшим образом отразилось это благоприятное влияние на преобразовании и развитии преподавания. Были созданы новые, лучшие учебники, диктовка и зубрежка уступили место прилежному чтению древних сочинений, очищенных критикой текстов; наконец без предубеждений обратились непосредственно к явлениям, представляемым жизнью природы и человека. Освобождающим и возбуждающим образом подействовал также расцвет народного искусства в Германии XV столетия [1]. Ибо она в эту эпоху переживала в лице Альбрехта Дюрера такое же со-

[1] Lindner, loc. cit., p. 314.

единение искусства и науки, какое мы чтим в Италии в лице Леонардо да Винчи.

Значительнейшими среди гуманистов Средней Европы были Агрикола, Эразм Роттердамский, которому мы обязаны первым греческим изданием Нового Завета, Рейхлин, вызвавший к жизни занятия древнееврейским языком, и Меланхтон. Труды последнего напоминают деятельность Рабана Мавра, и он поэтому в истории образованности также удостоился почетного звания „наставника Германии" (Praeceptor Germaniae). Он ставил своей главной целью произвести в философии посредством изучения подлинных сочинений Аристотеля такую же реформу, какую стремился Лютер произвести в теологии, указав как на истинный и единственный источник религиозной веры исключительно на евангелие [1].

В Германии центром гуманизма стал Виттенберг. Отсюда благодаря влиянию гуманистов исходило движение свободной религиозной жизни, подготовлявшее в Средней и Северной Европе подъем небывалой широты. До сих пор церковная власть господствовала не только над религиозными догматами, но и над всеми светскими учреждениями и воззрениями. Громадную перемену [2] не только во внешней жизни того времени, но и в царстве мысли должно было произвести то, что власть эта зашаталась. К этим обоим элементам — к Возрождению, „вновь открывшему глаза на человека и на вещи" [3] и заслуживающему название основного элемента, и к реформации — присоединилось еще естествоведение, чтобы совместно с ними коренным образом преобразовать мировоззрение и самый мир. Место библейского учения заняло свободное исследование, и на место неба была поставлена облагороженная мирская жизнь. Наградой отныне являлось не „потустороннее бессмертие", но „вечная слава" на земле [4].

Главным бойцом гуманизма против схоластики был Эразм Роттердамский. Он сделал борьбу против монастырских и университетских схоластиков своей жизненной задачей.

Его „похвала глупости" исполнена презрения и горечи против оков, которыми философия и богословие того времени стесняли и душили всякое движение свободной

[1] Lange, Geschichte des Materialismus, Bd. I, S. 189 (русск. пер. 1881 и 1900).
[2] Ranke, Die Geschichte des Zeitalters der Reformation, Bd. IV, S. 4.
[3] A. Harnack, Geschichte d. Akademie d. Wissensch. zu Berlin, S. 3.
[4] A. Harnack, lok. cit, p. 3.

мысли [1]. Книжка, разошедшаяся во множестве изданий и переведенная на все языки, особенно способствовала антиклерикальному направлению [2]. Помимо критики, рассчитанной на широкие массы, Эразм прибегал также к языку ученого. Подобно итальянским гуманистам он требовал, чтобы науки изучались по сочинениям древних, например естественная история — по Плинию, география — по Платону, богословие — не по отцам церкви, но по Новому Завету и т. д. Таким образом вначале гуманисты подняли собственно борьбу не против веры в авторитет, но лишь за возвращение к первоначальным чистым источникам. И однако даже столь умеренный по своим целям поворот встретил яростнейшее сопротивление со стороны церковных схоластиков.

С каким ожесточением велась борьба, показывает нам жизнь такого человека, как Гуттен. Что у вождей не было недостатка в победоносной самоуверенности и в воодушевлении великим делом, показывают нам слова того же Гуттена: „О, столетие! Науки расцветают, умы пробуждаются; радостно жить на свете!“ [3].

Это пробуждение умов выразилось вначале не столько в новых созданиях, сколько в том, что преподавание было поставлено ближе к природе и основано на лучших пособиях. Важнее же всего было то, что исключительно церковное мышление, „иерархическое мировоззрение“, если не было окончательно побеждено, то значительно ограничено и вынуждено хоть с некоторой терпимостью относиться к иным воззрениям.

Почти непосредственно за веком гуманизма для естествознания настало время, не признававшее уже и за древними писателями никакого безусловного авторитета, порвавшее с религиозной верой и поставившее на ее место свободное и независимое исследование. Этот период открывается в Германии прежде всего Коперником и Парацельзом, а также основанием нового описательного естествознания (Брунфельс, Бок, Геснер и Агрикола). С деятельностью этих ученых мы обстоятельно познакомимся в дальнейшем.

Возрождение сокровищ древней науки в области естествознания прежде всего принесло пользу астрономии, к которой и церковь всегда выказывала, правда лишь практический, интерес. Ибо как духовные лица, так и миряне с равной боязнью заботились о том, чтобы избежать пере-

[1] Похвала глупости (Encomium moriae) нашла в Гольбейне достойного своего значения иллюстратора.

[2] Ranke, loc. cit., p. 178.

[3] Этими словами закончил Гуттен свое послание к гуманисту Пиркгеймеру.

движения постных дней на скоромные, что являлось неизбежным следствием всякой неправильности календаря. Так например, спутники Магеллана были в высшей степени смущены, когда по их возвращении в Испанию из первого путешествия вокруг света выяснилось, что по корабельному счислению они отстали на день от календаря и по этой причине постились в ненадлежащее время. Сперва это показалось ошибкой, но затем была понята неизбежность такого явления и потому впоследствии была введена разграничительная линия, переступая которую на корабле передвигают календарь [1].

Николай Кузанский.

В возрождении естественнонаучного исследования в эту эпоху играл значительную роль кардинал Николай Кузанский. Как некогда Роджер Бэкон, он также внес [2] предложения исправить календарь равно как и Альфонсовы таблицы, однако без всякого успеха. Николай Кузанский был сыном бедного рыбака и родился в 1401 г. в Кузе (Cues) на Мозеле. Благодаря своей даровитости он нашел поддержку, учился в Падуе и здесь выдвинулся своими способностями и большой эрудицией. По поручению папы он отправился в Константинополь, откуда привез в Италию ценные греческие манускрипты. Здесь он познакомился со своим ровесником Паоло Тосканелли (род. в 1397 г. во Флоренции), который под влиянием древних писателей старался воскресить на европейской почве наблюдательную астрономию. Тосканелли устроил на флорентинском соборе гномон, при помощи которого ему удалось определить кульминацию солнца с точностью до нескольких секунд. Прибор его состоял из пластинки, укрепленной на высоте 270 футов над полом собора. В пластинке было проделано отверстие, сквозь которое солнечный луч падал на пол. Николай Кузанский был учеником Тосканелли, который составил также, к сожалению погибшую, морскую карту. Весьма вероятно, что ею пользовался Бехаим при устройстве своего глобуса. Во времена Тосканелли вероятно появились также первые гравированные на меди карты. К ним еще до конца XV века присоединились первые вырезанные на дереве печатные карты [3].

[1] Peschel, Geschichte der Erdkunde, 1877, S. 386.

[2] На Базельском соборе 1437 г.

[3] Оригинал первой печатной карты Германии хранится в германском музее в Нюрнберге. Автором ее (1491) был Николай Кузанский. Первая вырезанная на дереве (всемирная) карта относится к 1475 г.

В Италии Николай Кузанский познакомился с сочинениями Аристотеля в греческом подлиннике, тогда как в Германии в это время знали только арабско-латинские обработки Аристотеля. Следствием этого было то, что Николай Кузанский очень выдвинулся в деле распространения гуманизма на его немецкой родине. Вместе с папой Николаем V он стремился к тому, чтобы посредством латинского перевода сделать греческие сочинения более доступными. Так, он принял деятельное участие в издании сочинений Архимеда на основе греческого подлинника. В своих занятиях математикой, механикой и астрономией он опирался везде на Евклида, Архимеда и других древних писателей. Он был также первым среди новых ученых, поколебавшим укоренившееся воззрение, что Земля является центром вселенной. По его учению она представляет собой светило и подобно всему в природе находится в движении.

Словно выдержка из диалога Галилея звучат слова Николая Кузанского [1]: „Теперь ясно, что Земля в самом деле движется, хотя мы этого не замечаем, так как мы воспринимаем движение лишь при сравнении его с чем-либо неподвижным". Однако Николай Кузанский не пришел к мысли, что такой неподвижностью могут быть неподвижные звезды. Иначе он предвосхитил бы сущность учения Коперника. „Если бы кто-нибудь, — продолжает он, — не знал, что вода течет и не видел берега, то как, находясь на плывущем по воде корабле, мог бы заметить, что корабль движется вперед? Так как каждому, находится ли он на Земле, на Солнце или другой звезде, будет казаться, что он стоит в неподвижном центре, между тем как все вокруг него движется, то он, стоя на Солнце, на Луне, на Марсе, всегда будет указывать другие полюсы".

Однако Николай Кузанский еще не дошел до движения Земли вокруг Солнца. И утверждения его чаще покоятся на общих соображениях, чем на наблюдениях и математических выводах. Если таким образом его система [2] и была далека от истины, то здесь все-таки впервые был потрясен освященный тысячелетней устойчивостью авторитет Птолемея и созданы предпосылки для великого переворота в астрономии, произведенного сто лет спустя Коперником [3].

---

[1] De docta ignorantia, II, 1—2.

[2] Согласно этой системе Земле свойственно тройное движение: движение вокруг оси, вокруг двух находящихся на экваторе полюсов и движение вокруг мировых полюсов.

[3] О Николае Кузанском и его отношениях к математической и физической географии высказывается Гюнтер (Jahrbücher für die Fort-

Должно отметить также заслуги Николая Кузанского в области картографии. Ему принадлежит даже попытка начертить карту мира. Он пользовался при этом конусной проекцией. Его карта, высоко ценимая в эпоху Возрождения, сохранилась еще во многих экземплярах [1].

Николай Кузанский занимался также механикой. Так, он изобрел батометр для определения глубины воды. Легкий шар погружается вместе с тяжелым грузом в воду. При толчке об дно груз должен освободиться, а шар всплыть наверх. Зная время, потребное для обоих движений, можно вычислить глубину воды. Николай Кузанский был одним из первых, требовавших применения измерения при всех исследованиях. Он делает это замечание в связи со своими размышлениями о весах [2], поясняя их примерами. Так по его словам можно легко определить, получают ли растения питание из воздуха или из почвы. Надо только взвесить семена и потребное количество земли и повторить это взвешивание, когда семя взойдет. Вначале однако такие указания оставались случайными; часто они не получали развития у тех, которые их высказали. Так, потребовалось еще два столетия, пока Стивен Гэльс первый применил методы взвешивания и измерения в ряде широко поставленных опытов над процессами физиологии растений.

Леонардо да Винчи.

Подобное же отношение, какое мы отметили между Николаем Кузанским и Коперником, может быть установлено в Италии между Леонардо да Винчи и Галилеем. Леонардо да Винчи родился в 1452 г. в окрестностях Флоренции (он умер в 1519 г.). Так как он рано проявил художественное дарование, то отец отдал его в ученье к мастеру, у которого он учился живописи и лепке, равно как литейному делу и золотых дел мастерству. Позднейший историк искусства [3] рассказывает, что Леонардо так удалась одна второ-

---

schritte der Mathematik, 1899) следующим образом: „Он разрушил хрустальные сферы греков, провозгласил тождество существа Земли с прочими светилами, учил о движении Земли и первый среди ученых нового времени начертил географическую карту по правильной геометрической сетке".

[1] Max Jacobi, Das Weltgebäude des Kardinals Nicolaus von Cusa. Ein Beitrag zur Geshichte der Naturphilosophie und Kosmologie in der Frührenaissance, Berlin, 1904.

[2] De staticis experimentis dialogus.

[3] Вазари.

степенная фигурка на картине его учителя, что последний поклялся никогда не брать кисти в руки, потому что мальчик превзошел его. Уже в молодости Леонардо проявил необычайную многосторонность. С физическими достоинствами он соединял удивительную остроту ума и художественную талантливость. В области архитектуры, скульптуры и живописи он создал творения непревзойденной красоты [1].

Герцог Людовико Сфорца привлек Леонардо в Милан. Поводом для этого была победа, одержанная последним в качестве скрипача на одном музыкальном состязании. Богато отплатил художник за герцогскую щедрость. Он принял ревностное участие в постройке миланского собора и, проявляя уже тогда свое увлечение математически-естественнонаучным направлением, основал нечто вроде академии. Создание „Тайной Вечери", громадной картины, поставившей Леонардо наряду с Рафаэлем и Микель Анджело, также относится ко времени его пребывания в Милане. Впоследствии мы встречаем Леонардо да Винчи в различных местах его отечества в качестве инженера и архитектора, занятого работами широкого размаха, как например постройкой каналов [2], сооружением крепостных укреплений, равно как устройством машин всех родов,—не исключая летательных. Этой по преимуществу практической деятельностью объясняется то, что Леонардо отдал много сил размышлению над проблемами механики и посвятил им ряд сочинений, которые, к сожалению, по неблагоприятным обстоятельствам мало повлияли на развитие наук и получили надлежащую оценку лишь в новейшее время [3]. В заметках Леонардо содержится немало замечательных идей, ведущих к работам Галилея.

Двенадцать тетрадей манускриптов Леонардо хранятся в библиотеке Французской академии. Раньше они находились в Амброзианской библиотеке в Милане. Отсюда они в 1796 г. были перевезены французами в Париж, где их обстоятельно изучил Вентури. Он обозначил тринадцать фолиантов буквами от A до N. Летом 1815 г. Амброзиана получила обратно Codex atlanticus (N), посвященный главным образом технике. Обнародование этого драгоценного наследия было начато лишь в 1881 г.: Les manuscripts de Leonarde de Vinci, publiés en faisimilés avec transcription litérale, traduction frangesia etc.

[1] Lindner, Weltgeschichte, Bd. IV, S. 288.

[2] Он построил канал Мартесано, соединяющий Тичино с Аддой.

[3] Libri, Histoire des sciences mathématiques en Italie, т. III. Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik. Berlin 1873, S. 12 u. f.

До конца XIX в. была напечатана только работа Леонардо об искусстве живописи (1651).

Вначале научное и техническое значение работ Леонардо оставалось едва замеченным. Лишь после того как Либри и Вентури обратили на него внимание, Леонардо нашел и в этих областях заслуженное признание, нередко, правда, переходившее в огульное преувеличение [1].

Среди древних писателей, на которых опирается Леонардо да Винчи, должен быть особенно назван Герон. Выдержки из него встречаются в Codex Atlanticus. В. Шмидт указал, что многие рассуждения Леонардо явно сходятся с указаниями „Пневматики" Герона (Math. Bibl. [3], III, 1801—87). Обстоятельным исследованием источников, которыми пользовался Леонардо, мы обязаны французскому физику Дюгему („Etudes sur Léonard de Uinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu", Paris 1906). Здесь показано, что Леонардо читал гораздо больше, чем кажется. Дело в том, что он очень редко цитирует, и потому установить его источники очень трудно. Согласно работе Дюгема о Леонардо „Etudes sur Léonard de Vinci, Troisiéme Serie, Paris 1913, а также его „Origines de la Statique" (2 тома, Paris, 1905/06), в области механики схоластика сделала гораздо больше, чем было принято думать до сих пор. Дюгем приходит к выводу, что теории динамики, созданные в XIV в. главным образом французскими схоластиками, явились основой, на которой могли работать Галилей и его непосредственные преемники.

Среди схоластиков, пришедших к правильным представлениям о динамике, должен быть назван также Альберт Саксонский, догадавшийся приблизительно в 1368 г., что свободное падение представляет собой пример равномерно ускоряющегося движения. При этом однако не следует забывать, что у схоластиков мы встречаем не столько исследование физических процессов, сколько спекулятивные определения [2].

В области механики Леонардо опирался на Герона, Витрувия и на средневековые руководства Иордана Неморария и других. Учение о центре тяжести Земли и теория равновесия морей восходят также к Альберту Саксонскому, выдержки из которого встречаются у Леонардо. В объяснении прилива и отлива Леонардо опирается на схоластика Темона.

---

[1] Ср. H. Grothe, Leonardo da Vinci als Ingenieur und Philosoph, Berlin 1874.

[2] H. Wieleitner, Das Gesetz vom freien Fall in der Scholastik, bei Descartes und Galilei. Mitteil. zur Gesch. d. Medizin und Naturwissensch. № 58, S. 488.

С другой стороны, Леонардо оказал несомненное влияние на Роберваля, Кардана, Палисси и др.[1].

Известно изречение Леонардо, что механика есть рай математических наук, так как лишь механика ведет к плодам этих наук. Леонардо и поступает согласно этому изречению, значение которого было в полной мере оценено лишь в течение следующих столетий. Так, он исследует действие рычага в том случае, когда силы действуют на него в любом направлении. Блок и ворот сводятся к рычагу. Его практическая деятельность привела его к теоретическому и экспериментальному исследованию влияния, производимого трением на движение машин. Здесь у Леонардо мы встречаемся с первыми точными исследованиями этого рода. Далее рассматриваются свободное падение и движение по наклонной плоскости, хотя и здесь исчерпывающее объяснение принадлежит Галилею. В некоторых замечаниях Леонардо можно видеть уже зародыши законов инерции и энергии,— так например, когда он говорит, что каждый предмет „стремится остаться в раз принятом положении" или что движущееся тело обладает „способностью к действию" и „устремляется в направлении своего движения".

О простых машинах Леонардо высказал уже закон, что отношение сил, находящихся в равновесии, обратно пропорционально отношению виртуальных скоростей[2]. Об его ясном понимании принципа инерции свидетельствуют следующие положения[3]: „Никакая неодушевленная вещь не движется сама собою". „Всякий толчок склонен к вечной продолжительности".

Затем Леонардо возражает против возможности перпетум-мобиле и, отвергая всякие тайные и чудесные силы[4], особенно же схоластические qualitates occultae, развивает

---

[1] См. также Fritz Schuster, Zur Mechanik Leonardo da Vincis (Hebelgesetz, Rolle, Tragfähigkeit von Ständern und Trägern). In. Diss. Frlangen 1915.

[2] Свод важнейших мест из большого собрания рукописей Леонардо да Винчи, изданного французской Академией, издан на немецком языке Марией Герцфельд под заглавием „Leonardo da Vinci — der Denker, Forscher und Poet", Jena 1906.

Сборник М. Герцфельд содержит 745 выдержек из Леонардо, расположенных по предметам: О науке. — О природе, ее силах и законах. — Солнце, Луна и Земля. — Люди, животные и растения. — Философские мысли. — Афоризмы, аллегории. — Письма. — Аллегорическая естественная история. — Басни. — Комические пьески. — Предсказания. (При каждой выдержке указано и соответственное место рукописи.)

[3] См. также Lippmann в Zeitschrift f. Naturwissensch. Bd. 72, S. 291. См. также его „Abhandlungen und Vorträge".

[4] Леонардо высказывается также против алхимических исканий.

понятие силы почти в современном смысле. Так, он говорит: „Сила есть причина движения и движение есть причина силы". Называя последнюю духовной сущностью, связанной с тяжелыми телами, он объясняет это следующим образом: „Духовной, говорю я, потому что в ней есть невидимая жизнь, потому что тело, в котором она рождена, не возрастает ни по форме, ни весом. Затронутая струна лютни слегка колеблет другую струну той же высоты на другой лютне. Ты заметишь это, положив на вторую струну соломинку". (Манускрипт A, лист 22.)

Наблюдения, сделанные Леонардо при взвешивании гигроскопиче-

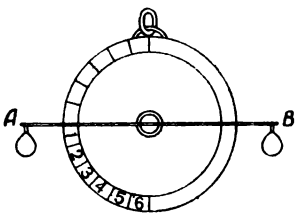


Рис. 57. ~~Ветромер~~ Леонардо.
ГИГРОМЕТР

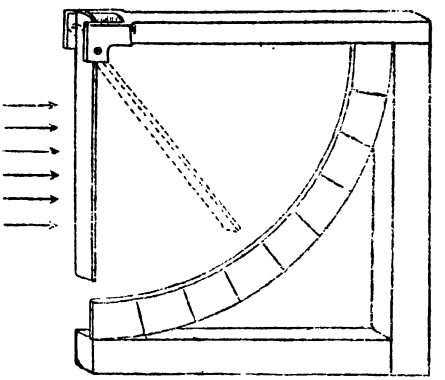


Рис. 56. ~~Гигрометр~~ Леонардо.
ВЕТРОМЕР

ских веществ, привели его к конструкции, правда довольно еще несовершенного, гигрометра (рис. 56). К концам двуплечного рычага он прикрепил два шара равного веса, из которых один был покрыт воском, а другой ватой. При увеличении влажности в воздухе второй шар опускался. На кольцеобразной шкале можно было отсчитать градусы. Рядом с этим измерителем влажности надо поставить изображенный и описанный Леонардо анемометр — ветромер[1]. Он состоит, как видно на рис. 57, из квадранта с градусным деленнем, соединенного с подвижной пластинкой. Последняя приподнимается ветром, так что силу его можно всякий раз отсчитать по градусному делению. Такое же устройство имел изобретенный почти через двести лет анемометр с маятником Гукса, до сих пор считавшегося изобретателем этого прибора[2].

---

[1] F. M. Feldhaus, Leonardo, der Techniker und Erfinder. E. Diederichs, Jena 1913. Mit 9 Tafeln und 131 Abbildungen im Text. S. 118.

[2] L. Darmstädter. Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Berlin 1908, S. 136. Годом изобретения в этой работе указан 1667.

Теория трения и трудная область учения о сопротивлении[1] также занимали Леонардо да Винчи, почти во всех областях естествознания развивавшего воззрение, заставляющее видеть в нем мыслителя, стоявшего выше своего времени и его мышления.

Так, о роли, которую играет воздух в процессах горения и дыхания, он говорит: „Где возникает пламя, там вокруг него образуется воздушный поток. Он служит для сохранения пламени. Огонь непрерывно разрушает воздух, поддерживающий его. Если воздух неспособен поддерживать пламя, то в нем не может жить никакое существо. Пламя сперва разлагает материю, из которой возникает, и затем может ею питаться. Став питанием для пламени, она превращается в него". Прямо в изумление повергает согласие этих объяснений Леонардо с действительными обстоятельствами. Для увеличения притока воздуха и вызываемого им усиления света Леонардо изобрел ламповое стекло. Идея парашюта, „при помощи которого человек может спускаться с любой высоты", также восходит к Леонардо. Осуществление получила эта мысль лишь триста лет спустя (в 1783 г.) — благодаря Ленорману.

На окаменелости и другие геологические явления, например на возникновение пластов вследствие отложений, равно как на различные минералогические вопросы, Леонардо сбратил внимание в связи с водопроводными сооружениями, которыми он занимался в качестве инженера.

Окаменелости, которые вопреки учениям древних часто и в его время считаются игрою природы, представляют собой по мнению Леонардо остатки живых существ.

Для надлежащей оценки Леонардо необходимо помнить, что он жил в эпоху, еще насквозь проникнутую мистицизмом. Так, в своих размышлениях об окаменелостях он вынужден был еще возражать против воззрения, будто окаменелости созданы игрой природы под влиянием звезд. И два других заблуждения своего времени, — квадратуру круга и перпетуум-мобиле, — Леонардо отвергал уже на основании научных доводов.

Его художественная деятельность заставила его углубиться в изучение анатомии. Для этой цели он сошелся с одним врачом. Плодом совместной деятельности художника и естествоиспытателя явилось приблизительно около 800 рисунков, в которых мы почитаем первые согласные с действительностью анатомические изображения. Они касаются

[1] F. M. Feldhaus, loc. cit.

главным образом костей и мускульной системы [1], но встречаются также изображения внутренних органов (сердца, печени и т. д.).

Леонардо был вероятно первым исследователем, занявшимся внимательно механикой тела. Он изучал сгибание и выпрямление конечностей, равно как хождение, совершенно в духе нынешней физиологии. Затем он указывал влияние рода занятий на осанку человека и исследовал, какие мускулы приходят в движение при бросании, поднимании, ношении и т. д. Он и его ученики охотно наблюдали различные движения тела в фехтовальном зале. Из художественных побуждений Леонардо занимался также анатомией лошади [2].

Леонардо первый создал одну из важнейших научных основ искусства — это учение о перспективе, в котором кроме него отличались еще братья ван Эйки и Батиста Альберти. Что древним теория перспективы не была известна, показали уже Лессинг [3] и Ламберт. Ламберт восхваляет Леонардо как „первого подумавшего об уточнении живописи и о перспективе". В основе его приемов лежала следующая мысль. Если между глазом и предметом, который хотят изобразить в правильной перспективе, поставить прозрачную пластинку, то каждый луч света пересечет пластинку в определенной точке. Совокупность этих точек пересечения дает нам перспективное изображение, и учение о перспективе сводится к тому, как нарисовать такое изображение, не прибегая к пластинке, служащей для объяснения.

О глазе Леонардо обстоятельно говорит в манускрипте D. Его рассуждения касаются величины зрительного угла и процесса зрения. Из опытов делается вывод, что центр чувства зрения помещается в концах зрительных нервов.

---

[1] Обстоятельно исследует анатомию Леонардо да Винчи M. Roth: Anatomie des Leonardo da Vinci Archiv für Anatomie und Physiologie, Jahrg. 1907, Anat. Abteil., Suppl. Bd., S. 1—122.

[2] Биологическим знаниям и воззрениям Леонардо да Винчи посвящена работа de Toni, La Biologia in Leonardo da Vinci. Discorso letto nell'adunanza solenne del R. Instituto Veneto, il 24 maggio 1903. Де Тони усматривает корень всех бесчисленных научных устремлений Леонардо в его художественной натуре, погружавшейся в явления для того, чтобы изобразить их согласно действительности. На анатомических таблицах Леонардо мускулы иногда изображены по де Тони так же точно, как в наилучших современных сочинениях. Тому же предмету посвящена речь M. Holl, Ein Biologe aus der Wende des 15 Jahrhdts, Graz 1905. Голль особенно подчеркивает методологические принципы Леонардо и в качестве таковых называет его сравнительный метод, применение эксперимента, внимание к функциям организма и к старению органов и т. д.

[3] В „Лаокооне" и „Письмах антикварного содержания".

К этому выводу впрочем пришел уже Роджер Бэкон. В манускрипте С учение о тенях пояснено многими рисунками. Здесь, как и везде, мы находим лишь зародыши будущих взглядов. Их значение заключается в том, что они подвергнуты экспериментальному и геометрическому исследованию и что каждый вопрос обсуждается совершенно независимо от общепринятых мнений.

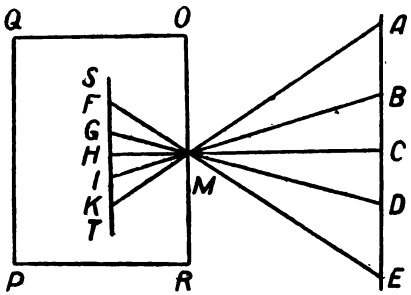


Рис. 58. Объяснение зрения по Леонардо [3].

Замечательны также случайные рассуждения Леонардо по астрономическим вопросам. О Земле говорится, что обитателям Луны и других светил она должна представляться небесным телом; и находится она так же не в центре солнечной орбиты, как и не в центре вселенной. „Земля, — говорится в одном месте [1], — такая же звезда, как и Луна". И затем: „Сделай стекла, чтобы видеть Луну большую" [2].

Зрение Леонардо объясняет тем, что в глазе образуются изображения как в камере-обскуре. Пояснение его таково: пусть через маленькое отверстие *M* (рис. 58) проходит в темную комнату изображение освещенного предмета. Распо, ложив в темной комнате вблизи отверстия *M* белую бумагу примем на ней изображение. Предмет будет виден на бумаге в его действительном образе и окраске, но в значительно уменьшенном и обратном виде. Пусть *ABCDE* будет предмет, освещенный солнцем, *ST* — экран, на который падают лучи. Так как лучи прямолинейны, то луч, исходящий из *A*, попадает в *K*; исходящий из *E* — в *F*. То же самое происходит и в зрачке. Изучая природу глаза, он замечает [4]. „Здесь объединены образы, краски, все действия вселенной в одной точке, и эта точка есть такое чудо! О изумительная необходимость! Законом своим ты заставляешь все действия

[1] Манускрипт F. Лист 69.

[2] Манускрипт CA. Лист 190 и сл. В появившейся в Эрлангене диссертации Вернера об оптике Леонардо доказывается, что, судя по многочисленным указаниям в оптических работах Леонардо да Винчи, он был знаком с сочинениями Альхазена.

[3] Gerland u. Traumüller, Ab. 100.

[4] Manuskript CA. Лист 345 и сл. В нем. переводе М. Герцфельд, стр. 42.

кратчайшим путем принять участие в причинах. Напиши в своей анатомии, как в ничтожном пространстве глаза возрождается изображение видимых предметов и восстановляется в своей протяженности".

Таким же глубоким чувством проникнуты многие места в размышлениях Леонардо. Когда читаешь у Леонардо да Винчи, что Земля есть органическое существо, море — ее сердце и вода — ее кровь, — невольно вспоминаются взгляды, развитые впоследствии Фехнером. И если в конце концов Леонардо называет воду „ломовиком природы", то и современный геолог едва ли найдет более удачное определение для роли жидкой стихии.

Солнце Леонардо считал чрезвычайно горячим небесным телом. И так называемый пепельный свет Луны, наблюдаемый нами в круге светящегося полумесяца, он объяснил как отражение падающего с Солнца на Землю света [1].

К сожалению, заметки Леонардо да Винчи не были сведены нигде в законченное сочинение. В большинстве случаев это остроумные, удачные отдельные замечания, спасенные от забвения лишь новым временем, изумленным своеобразностью человека, которому они принадлежат. Цех ученых едва ли понимал и ценил его по достоинству. Для них первостепенную важность представлял авторитет, бичуемый Леонардо в следующих словах: „Кто ссылается на авторитет, тот пользуется не своим умом, а своей памятью". „Опыт никогда не ошибается, — взывает он к своим современникам, — но ошибаются лишь ваши суждения". На путь, которым должно по его мнениют итти исследование, Леонардо указывает таким образом: „Исолкователем чудесных созданий природы является опыт. Он никогда не обманывает; только наша точка зрения сама себя обманывает. В разнообразии случаев и обстоятельств мы должны прибегать к помощи опыта и наблюдения до тех пор, пока не сможем вывести из них общее правило. Хотя природа начинает причиной и кончает опытом, мы должны итти противоположным путем, т. е., начав с опыта, мы должны при его помощи исследовать причину" [2]. Эти слова являются свидетельством, что Леонардо уже за сто лет до Френсиса Бэкона считал индукцию единственно достоверным методом естествознания. Понимание этого дало ему возможность поразительно глубоко заглянуть в природу. Представления,

[1] По Э. Видеманну Леонардо да Винчи очень много заимствовал у арабов и его рукописное наследие представляет собой главным образом собрание заметок.

[2] Манускрипт Е., лист 55 и сл.

до которых он возвысился, к сожалению, долго оставались погребенными в его рукописях; иначе его влияние на развитие нового естествознания было бы совсем иным, на что указал уже А. Гумбольдт.

Если такие люди, как Леонардо да Винчи [1] и Николай Кузанский не создали таких основ для дальнейшего развития, как Коперник и Галилей, выполнившие то, на что нехватало сил у их предшественников, то наше знакомство с ними все же убеждает нас, что деятельность великих основателей науки была подготовлена и никак не может считаться оторванной от предшествовавших стремлений и достижений. Часто эти великие деятели лишь охватывали в полной ясности и своим обоснованием сделали неотторжимым достоянием человечества то, что их современники, смутно предчувствуя, могли выразить лишь в несовершенной форме. На этих завоеваниях основывались в дальнейшем более скромные силы, пока их неустанные труды, чрезвычайно необходимые для дальнейшего развития и достойные высокой оценки, не проложили снова путь одному из великих создателей науки. Так, астрономия в Германии еще до того, как начал свою деятельность Коперник, двигалась вперед благодаря Пеурбаху и Регномонтану. Их работы, опиравшиеся в свою очередь на древних, были особенно полезны для Коперника тем, что они содействовали развитию искусства наблюдения.

Возрождение астрономии.

Хотя астрономия была возрождена к новой жизни Николаем Кузанским и Тосканелли, однако по глубине и эрудиции оба они стояли гораздо ниже Гиппарха и Птолемея. Необходимо было сперва вновь поднять астрономическую науку на ту высоту, на которой она стояла в древности в александрийскую эпоху. Это было сделано, и в этом заключается заслуга Пеурбаха, основателя наблюдательной и математической астрономии на Западе [2]. Георг Пеурбах родился в 1423 г. в Верхней Австрии. Двадцатилетним молодым человеком он встретился в Риме с Николаем Кузанским. Около 1450 г. он возвратился в Вену, где учился в университете и получил там кафедру астрономии и математики.

[1] Max Jacobi, Nicolaus von Cusa und Leonardo da Vinci, zwei Vorläufer des Nicolaus Copernicus. Altpr. Monatsschr., Bd. 39, H. 3 u. 4.

[2] Предшественником Пеурбаха был Иоганн из Гмундена (1380—1442), преподававший до Пеурбаха в Венском университете и, пожалуй, заслуживающий имени отца немецкой астрономии. По Липпману университет протестовал против учреждения особой кафедры для математики. Однако дальновидный Максимилиан I оставил этот протест без внимания.

Пеурбах перевел Альмагест. Он понял, что улучшение существующих таблиц планет является первым условием дальнейшего развития астрономии. Разница между альфонсовыми таблицами [1] и наблюдениями Пеурбаха доходила например для Марса до многих градусов. Значительные улучшения внес Пеурбах также в тригонометрические таблицы Альмагеста, введя вместо хорды синус, вычислив все величины через каждые десять секунд на основе радиуса в 60 000 единиц.

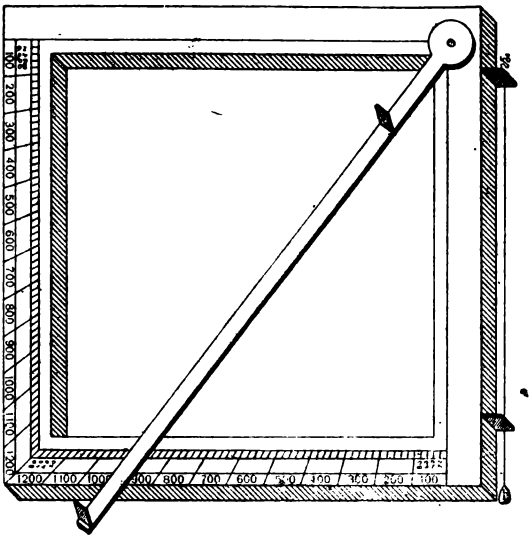


Рис. 59. Геометрический квадрат Пеурбаха [2].

Для своих астрономических измерений Пеурбах применял „геометрический квадрат“ (Quadratum geometricum; рис. 59). Прибор этот предоставляет собой квадратную раму, в углу которой прикреплена одним концом подвижная линейка с диоптрами. Стороны квадрата разделены на 120 частей. Таким образом можно было довольно точно отсчитывать тангенсы наблюдаемого угла.

С Альмагестом, главным произведением греческой астрономии, Запад впервые познакомился при посредстве возникших в Испании в X и XI столетиях арабских университетов. Отсюда были в латинском переводе перенесены Альмагест, сочинения Евклида и Аристотеля в университеты христианского Запада. От этого перевода, смешанного с прибавками всех сортов, разумеется немало изменился и потому очень ухудшился первоначальный текст. Астрономия греков также не получила у арабов никакого существенного развития, но,

[1] Альфонс Хасиз Котилии в 1250 г. заменил птолемеевские таблицы новыми.

[2] Repsold, Zur Gesch. der astronomischen Messwerkzeuge, W. Engelmann, Leipzig 1907, Abt. 7. Герберт (по Вюршмидту, Archiv f. Gesch. d Mathemat., 1912) тоже пользовался „геометрическим квадратом“, который несомненно заимствовал у арабов.

наоборот, вследствие смешения с астрологическими вымыслами пострадала в своем научном значении. Поэтому важным событием было то, что в XV столетии астрономическое творение Птолемея было привезено из Греции в Италию. Благодаря великому гуманисту Виссариону (Бессарион, около 1500 г.), при посредничестве которого множество сочинений было доставлено из Константинополя в Италию, внимание Пеурбаха было обращено на греческую рукопись. Однако, не зная греческого языка, он пользовался неудовлетворительным текстом латинского перевода с арабского. Лишь его даровитый ученик, его преемник по кафедре в Венском университете, Иоганн Мюллер из Кенигсберга (городка в Нижней Франконии), известный под именем Регномонтан (1436—1476) опирался на греческий текст Альмагеста. В 1475 г. он издал новые таблицы, послужившие важным пособием не только для астрономии, но и для великих морских путешествий этого времени.

Регномонтан был затем одним из первых в Германии, двинувших вперед изучение алгебры. По некоторым известиям он также „обновил для лучшего понимания астрономии старую гипотезу о движении земли [1], пришедшую ему на мысль" по крайней мере за шестьдесят лет до Коперника, одновременно с Николаем Кузанским. В области механики, рассказывает далее его биограф [2], он был одним из первых, изготовившим, к общему изумлению, „прибор с колесами, посредством которого изображалось движение звезд". Затем Регномонтан устроил из металла параболическое зажигательное зеркало пяти футов в диаметре. Таблицы Регномонтана были им названы „Эфемеридами". Они появились в 1473 г., обнимали период с 1474 по 1560 г.г. и содержали долготы для Солнца и Луны. Кроме того в них был дан список ожидаемых в период 1475 — 1530 г.г. затмений.

Велики были также заслуги Регномонтана в области тригонометрии, важнейшей подсобной дисциплины астрономии. Он ввел на Западе функцию тангенса, с которой также были уже знакомы арабы. Дальнейшим успехом было то, что он пользовался десятичным делением, положив в основу своих таблиц тангенсов радиус $r=100\,000$. Без сомнения Регномонтан при своем изложении тригонометрии пользовался также арабскими источниками. Но доказать в частностях эту зависимость невозможно, так как он как в изложении, так и в развитии усвоенного научного

[1] Так сообщает Doppelmayr в своем сочинении „Historische Nachrichten von den Nürnberger Mathematicis und Künstlern-1730, S. 22.
[2] См. Doppelmayr, loc. cit.

материала был очень самостоятелен. Его главное тригонометрическое сочинение De triangulis („О треугольниках“) написано в 1464 г. Благодаря ему Запад познакомился с учением о синусе и с функцией тангенса. Первым развил здесь Региомонтан также общее учение о сферическом косинусе.

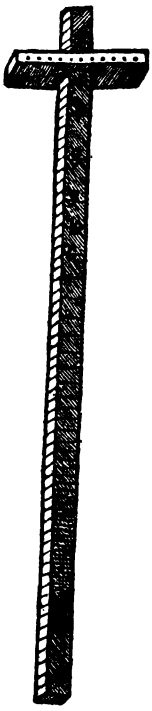


Рис. 60. Посох Якова.

Таблицы Региомонтана были в руках Бартоломея Диаса и Васко да Гамы в его путешествии в Ост-Индию. Они помогли Колумбу открыть новую часть света. Америго Веспучи пользовался ими при своих измерениях долгот в 1499 г. в Южной Америке. Таким образом то, что передумал и исследовал скромный ученый в одинокие часы ночного бдения, дало смелым мореплавателям и завоевателям возможность открыть для европейской части человечества поверхность земли во всем ее объеме. Ибо, несмотря на введение компаса около 1200 г., португальцы, даже после того как Генрих Мореплаватель организовал заморские экспедиции, не решались перейти за пределы прибрежного плавания. В продолжение многих лет их корабли не уходили далее мыса Бохадора, потому что подводные скалы у его выступа тянулись далеко в море. Пойти навстречу неизвестности, скрываемой водней пустыней Атлантического океана, можно было лишь после того, как астрономия дала мореплаванию средства для определения местоположения.

К таким средствам принадлежал прежде всего „посох Якова“ или якобштаб (рис. 60) [1],— прибор более удобный для измерения углов в бурном море, чем применявшиеся Птолемеем и Коперником инструменты, среди которых надо назвать астролябию [2] с круговым делением и паралактическую линейку [3]. „Крестовый посох“ или „посох Якова“ с передвижной перекладиной, которым пользовался Региомонтан, был длиной в $2^1/_2$ м. Его применение можно проследить вплоть до XIV столетия. При твердой установке и

[1] Repsold, Zur Gesch. des astronom. Mezswerkzeuge, W. Engelmann, Leipzig 1907. Изобретателем якобштаба считается астроном Lewi ben Gerson. Своим изобретением (1325) он дал удобный способ для определения места на море.

[2] Круг с диоптрами и градусным делением, в котором вращается другой круг, также снабженный диоптрами. Уже Гиппарх употреблял такой прибор для измерения углов.

[3] Montucla, Histoire des mathematique, Paris, An. VII, v. I, p. 307.

достаточной величине вышеупомянутые измерительные инструменты давали возможность производить довольно точные измерения. Тихо, работы которого своей точностью проложили путь к открытиям Кеплера, сообщает, что он отсчитывал на своих астролябиях шестую часть минуты. Вероятно нюрнбержец Мартин Бехаим (1459—1506), построивший первый в новое время земной глобус, перенес посох Якова в Португалию и предложил употреблять его для измерений в открытом море[1]. Рис. 61 показывает нам употребление этого инструмента. Перекладина *a* передвигается до тех пор, пока глаз, расположенный в конце длинного стержня *b*, видит через концы *a* оба предмета, угловое расстояние которых надо определить. Однако с некоторой точностью можно было определить в это время только географическую широту. По отношению к долготам приходилось довольствоваться приблизительным расчетом. Тесные отношения, связавшие в начале новой эпохи астрономию с мореплаванием, были очень полезны для обеих областей. В течение ближайших столетий содействие астрономов было привлечено еще высокими наградами, которые занимавшиеся мореплаванием народы выдавали за решение практически важных задач. Первостепенные умы, как Галилей и Эйлер, не отказывались посвящать свои труды этому делу.

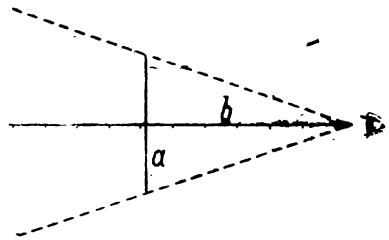


Рис. 61. Схематическое объяснение посоха Якова.

Первый еще сохранившийся глобус[2] Бехаим изготовил в 1492 г. Сохранились еще глобусы, построенные в 1515, 1520 и 1532 г.г. Меркатор сделал уже из изготовления превосходных земных и небесных глобусов ремесло. К его заказчикам принадлежали император Карл V и другие государи. Глобусы, изготовленные Меркатором, хранятся еще в Дюисбурге, Нюрнберге, Веймере и Вене[3].

---

[1] Breusing в Zeitschr. für Erdkunde. Berlin 1868. О глобусе Бехаима, а также о других глобусах эпохи великих открытий см. Matteo Fiorini, Erd- und Himmelsgloben, нем. обраб. Гюнтера, Лейпциг 1895, гл. V. Глобусы изготовляли уже арабы, например Эдризи в XII веке.

[2] Изображение его помещено в сочинении Ghillany, Geschichte des Seefahrers M. Behaim, Nürnberg 1853.

[3] Пластические изображения Земли изготовляли впрочем уже в древности. См. Peschel, Geschichte der Erdkunde, 1877, S. 51. Арабы тоже делали небесные глобусы.

В Дюисбургском музее, стремящемся собрать все работы Меркатора в подлиннике или в воспроизведениях, хранятся сооруженные им земной и небесный глобусы. Найденные в 1908 г. у одного тосканского дворянина глобусы эти были куплены музеем. Земной глобус изготовлен в 1541 г., небесный — в 1551 г. В ярких красках изображены на нем созвездия. Между тем как прежние глобусы изготовлялись из дерева или металла, Меркатор употреблял смесь из гипса, древесных опилок и клея, которую он наносил на полый шар, сделанный из дощечек.

Увлечение путешествиями и открытиями объясняется не только успехами астрономии и потребностями торговли, но также чтением древних писателей[1]. В особенности это относится к Колумбу. Идущие от древних известия, обличающие постепенное расширение их географического кругозора, были ему хорошо известны из „Картины мира" Пьера д'Айльи[2]. Чем дальше древние отодвигали восточные границы Азии, тем больше увеличивалась вероятность, что плавание в западном направлении должно быстро привести в обитаемые страны.

Эта мысль владела, кроме Колумба, особенно итальянским астрономом Тосканелли, излюбленной мечтой которого было соединение Европы и Азии западным морским путем. Тосканелли полагал, что азиатский берег отделен от Лиссабона не более чем на 120° долготы. Он переписывался с Колумбом и сумел письмом от 25 июня 1474 г. убедить его в осуществимости мысли, владевшей им. Судя по всему, что нам известно о собственных и чужих соображениях, руководивших Колумбом, его путешествия надо поставить выше всех предыдущих замыслов этого рода. Незачем подробно рассказывать здесь о трудностях, которые пришлось преодолевать. Достаточно вспомнить о Саламанском собрании, который должен был рассмотреть план Колумба. Что должен

[1] Успехи астрономии и чтение древних писателей сами возникли на почве „потребностей торговли", о которых говорит автор. Точнее, эти „потребности" заключались, во-первых, в поисках пути в Индию взамен пролегавшего через турецкие владения и монополизированного (в морской части) венецианцами. Во-вторых, усиленная конкуренция морских государств (т. е. их крупной торговой буржуазии) толкала их на расширение рынков, на захват для торговой эксплоатации берегов, богатых золотом (или другими ценными продуктами (например пряностями). Кто первым из европейцев достигал какого-либо острова, тот сбирал сливки в виде особенно выгодного обмена или особенно богатого грабежа. Ред.

[2] В „Картине мира" (Imago mundi) Пьера д'Айльи (Petrus de Alliaco) (1350—1440) мы встречаемся с древним воззрением (повторенным Роджером Бэконом), будто Азия так далеко простирается на Восток, что берегов ее можно достигнуть из Испании в течение немногих дней.

был испытывать мореплаватель, когда ему возражали, что если бы ему даже удалось добраться до существующих по его мнению антиподов, то все же окажется невозможным вернуться обратно в Испанию.

То, что новые идеи, несмотря на высокомерие ученого буквоедства, пронизывавшего не только это собрание, все-таки победоносно пробили себе путь, является прежде всего следствием изобретения книгопечатания, равно как того обстоятельства, что латынь была всемирным языком, облегчавшим быстрый обмен мысли между представителями всех народов [1].

В 1450 г. Гутенберг выпустил в свет первую книгу, напечатанную передвижными буквами. В Париже, Нюрнберге и других местах возникли вслед за тем большие типографии, работавшие для тогдашнего ученого мира. С распространением книгопечатания постепенно уменьшилось расстояние между миром цеховых ученых и профанами. Достижения в области исследований и мышления все более и более становились общим достоянием.

Одним из блистательнейших примеров соединения духовного творчества с промышленным и сотрудничества образованных горожан с художниками и учеными явился главным образом Нюрнберг, где временно работали также Регномонтан и Бехаим. С великой щедростью построил один нюрнбергский коммерсант для Регномонтана обсерваторию, снабженную астролябиями, армиллами и прочими астрономическими инструментами, которые были изготовлены выдающимися механиками. Публичные лекции оживляли интерес к математике и естественным наукам. Типография, основанная в Нюрнберге в 1470 г., незадолго до прибытия Регномонтана, сделалась по сообщению Доппельмайера одной из значительнейших в Германии [2]. Бехаим передавал добытые астрономические знания народам, преданным мореплаванию. Он проживал в Португалии в 1480—1484 гг., в годы, когда здесь жил также Колумб, и помогал португальцам в их предприятиях. Весьма вероятно, что Диас, Колумб и да Гама обязаны ему знакомством с эфемеридами Регио-

---

[1] Автор забывает об алчности торговцев, которые охотно посылали корабли на риск и этим помогли получить экспериментальные доказательства шаровой формы Земли.

См. предыдущие примечания редакции. Ред.

[2] Doppelmayr, Historische Nachrichten von den Nürnberger Mathematicis und Künstlern, 1730.

монтана, а также и с некоторыми указаниями насчет искусства править кораблем по звездным наблюдениям[1].

Наряду с учеными немцами, вносившими здесь, как часто бывало в развитии наук, не столько действенную энергию, сколько идеи, не следует забывать португальца Педро Нуньес из Коимбры. Он был автором первого сочинения, где мореплавание было поставлено на научные основы (De arte atque ratione navigandi, т. е. „Об искусстве и науке мореплавания"). Он усовершенствовал также точность отсчитывания на астрономических инструментах. Нониус неправильно называется по его имени. Изобретателем этого прибора (верньера) был Пьер Верньє (1580—1637).

Возрождение описательного естествознания.

И описательные естественные науки, зоология и ботаника, несколько продвинулись вперед в сравнении со средними веками. Влияние оказало здесь возрождение литературы древних, особенно знакомство с зоологическими сочинениями Аристотеля, известными до тех пор лишь по арабским и латинским обработкам. Но еще важнее было все усиливающееся обыкновение прибегать к собственному наблюдению и стремление изображать видимое согласно природе. Достаточно вспомнить вышеупомянутые анатомические рисунки Леонардо да Винчи. Расширение географического кругозора уже в конце средних веков повело к знакомству с многочисленными новыми животными и растениями. Возрождение научной любознательности выразилось в области ботаники не только в росте склонности к собственным наблюдениям, но и в постепенном ослаблении внимания к вопросу о полезности изучаемых растений. Наблюдательность была двинута вперед особенно двумя обстоятельствами. Это были устройство ботанических садов и составление гербариев.

Первый ботанический сад нового времени был устроен в 1333 г. одним венецианским врачом, получившим для этого участок от республики[2]. Первый университетский сад встречается в Падуе. Он был основан в 1545 г. Несколько лет спустя за Падуей последовала Пиза. И примеру, данному Италией, подражали в течение XVI века многие уни-

[1] E. F. Apelt, Di Réformation der Sternkunde von N. v. Cusa bis auf Kepler, Jena 1852, § 58. Заслуги Бехайма в деле развития и распространения науки мореплавания оцениваются теперь несколько ниже. См. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und Naturwissensch., № 60, S. 4.

[2] E. Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. IV, S. 255. Зоологические сады встречаются уже у арабов (E. Wiedemann.)

верситеты северной Европы. В 1577 г. был устроен сад в Лейдене, в 1593 г. — в Гейдельберге.

Не менее важным в деле возбуждения самостоятельной наблюдательности и исследования было появление гербариев. Едва ли можно указать первого составителя такого собрания. Первые известия о более обширных коллекциях высушенных растений относятся к XVI столетию[1]. Древнейшее наставление к собиранию гербариев относится по Мейеру лишь к началу XVII века. „Зимою, — говорится здесь, — когда почти все растения погибают, приходится рассматривать зимние сады. Так называю я книги, где хранятся сушеные растения, наклеенные на бумагу“..

Другим средством возбуждения наблюдательности было изображение растений и других произведений природы. Правда, уже древность знала это средство, равно как ботанические сады. Ведь и до наших дней дошли иллюстрированные издания сочинений Диоскурида, относящиеся к VI столетию. В средние века однако филологическая ученость и вера в авторитет до такой степени заглушали науки, что пришлось воскрешать к новой жизни искусство двигать вперед изучение природы посредством рисунков.

К древнейшим печатным книгам с изображениями произведений природы относится также „Книга природы“ Конрада Мегенберга, на которой мы уже останавливались. В книге Мегенберга мы находим гравированные на дереве характерные изображения млекопитающих, птиц, деревьев и цветов, среди которых легко распознать например лютик (Ranunculus acris), фиалку (Viola odorata), ландыш (Convallaria majalis) и другие. И конечно при описании морских чудовищ, необычайных людей и прочих предметов нет недостатка в рисунках, которые являются лишь порождениями уродливой фантазии.

Заслуживает упоминания также появившийся в 1485 г. Ortus sanitatis[2] („Сад здоровья“), содержащий многочисленные, часто раскрашенные затем от руки рисунки, из которых многие довольно близки к природе, между тем как изображения экзотических растений в большинстве случаев сочинены[3].

Таким образом мы закончили рассмотрение эпохи, в которую началось возрождение наук. Правда, во всех обла-

---

[1] Э. Мейер (Geschichte der Botanik, Bd. IV, S. 273) склонен видеть изобретателя гербариев в итальянце Луке Гини, преподававшем в Болонье. В Лейдене имеется еще гербарий Радвольфа, совершившего в 1573 г. путешествие по Востоку.

[2] В средние века употребляли часто Ortus вместо Hortus.

[3] E. Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. IV, S. 284.

стях опирались еще на знания древних, с середины XV века черпаемые из более надежного источника. Но все же люди уже не подчинялись всецело авторитету, как раньше. Для выдающихся умов этого времени лозунгом стало самостоятельное наблюдение, самостоятельное исследование. И если не возвысилось еще новое здание науки, то все же во всех областях начались подготовительные работы, облегчившие деятельность следующего периода, задачей которого было заложить основы нового естествознания. Представив себе намеченный здесь путь развития, проделанный наукой с ее возрождения в XIV и XV веках, мы видим, что она уже не зависит в такой степени, как раньше, от судеб одного или нескольких народов, но что ее движение стало более устойчивым и менее определяется бурными событиями политической истории. Зависимость истории наук от хода общей истории становится менее тесной, чем в прежние периоды, когда мы часто вынуждены были для объяснения истории науки обращаться к всеобщей истории[1].

---

[1] Автор разделяет веру большинства буржуазных писателей в незыблемость капиталистического общественного строя, которому не грозят уже никакие катастрофы, а предстоит только постепенное и неуклонное развитие.

Первое издание книги написано до мировой войны. Уже эта война могла бы поколебать оптимизм автора. На самом деле разрушительность грядущих войн между империалистическими державами является не менее реальной угрозой преемственному развитию науки, чем нашествие варваров для науки античной. Сохранение науки и ее мощное дальнейшее развитие обеспечиваются лишь победой социализма.

Неверно также утверждение, что наука в новое время менее зависит от „общего хода" мировой истории. Наоборот, никто не станет отрицать например тесной зависимости между современной физикой и химией, техникой и капиталистической промышленностью. Верно лишь, что эта зависимость стала более сложной, как осложнились и сама наука и социальные условия. Ред.

11. КОПЕРНИК И ОСНОВАНИЕ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

Шестнадцатое столетие было во всех областях эпохой подготовки. Лишь медленно, точно ощупью, развивался в течение этого периода новый метод естествознания. Наоборот, XVII столетие представляет нам никогда до тех пор не виданное зрелище победоносного шествия [1] под предводительством таких людей, как Галилей, Кеплер и Ньютон.

Теперь закончилось внутреннее слияние естественных наук, равно как создание строгого индуктивного метода исследования. Эти два обстоятельства привели к перевороту, подобного которому больше не знала история наук.

Важнейшим событием XVI века было утверждение гелиоцентрической системы мира в трудах Коперника [2] и вызванное этим изменение всей картины мира. Николай Коперник родился 19 февраля (ст. стиля) 1473 г. в Торне. Поляки и немцы препирались о чести причислить его к своему народу. Такой спор бесполезен. Коперник был один из тех величайших умов, которые творчеством своим принадлежат всему миру. Писал он во всех документах, дошедших до нас, главным образом по латыни, иногда же по-немецки.

Расставшись с отеческим домом, Коперник готовился в Кракове к медицинской профессии. Ввиду многосторонности, которая в былые века характеризовала университетскую науку, он познакомился также с математикой и астрономией. В последней области венский университет, где преподавали Пеурбах и Региомонтан, пользовался особенной известностью. Поэтому сюда и направился по завершении своего медицинского образования будущий преобразователь астрономической науки. К счастью для последней Коперник не был вынужден

[1] „Победоносное шествие" науки есть лишь производное от победоносного шествия капитализма. Именно в XVII веке завершается победа торгового капитала над феодалами (революция в Англии и т. д.). Ред.

[2] Документально установлено, что имя ученого писалось Koppernigk. На заглавном листе его сочинения, напечатанного в 1543 г., значится, правда, имя Copernicus. Кажется, однако это объясняется недосмотром издателя (Ретикуса). Правильное написание должно быть Coppernicus или Koppernicus. Ср. Max Jacobi, Koppernicus oder Kopernicus (Tägliche Rundschau, 14, VIII, 1907).

тотчас же отдаться своей врачебной профессии. Он был в благоприятном положении, так как его дядя с материнской стороны, епископ Эрмеланский, принял в нем участие и впоследствии дал ему место каноника в Фрауэнбургском капитуле. В 1495—1505 гг. Коперник жил главным образом в Италии. Здесь в эпоху Возрождения расцвела астрономия. Во Флоренции при Медичи была учреждена первая академия по образцу платоновой. Устраивались обсерватории и учреждались кафедры. В Италии и Николай Кузанский получил научные импульсы и перенес их отсюда в Германию. Этому примеру следовал Коперник, почти в течение десятилетия усовершенствовавшийся в Италии в практической астрономии. Но об этом продолжительном периоде его жизни, несомненно имевшем громадное значение в развитии его научных представлений, известно очень мало. Немного знают также об астрономических приборах, которыми пользовался Коперник. Большой точностью они во всяком случае не отличались. Каковы были астрономические инструменты в эпоху Коперника, мы знаем из написанной в это время „Книги инструментов" астронома Апиана [1].

Мысль, лежащая в основе его системы, овладела Коперником, когда он в расцвете зрелого возраста приступил к самостоятельному изучению природы. Развитие и обоснование этой мысли показалось ему задачей, достойной того, чтобы посвятить ей в тихой научной работе всю жизнь. Поэтому, с возвращения из Италии в 1505 г. вплоть до своей смерти 24 мая 1543 г., Коперник, не считая небольших поездок, оставался в своем приходе. В этом уединении Коперник не вел исключительно созерцательную жизнь. Время, остававшееся у него от обязанностей, связанных с должностью, он посвящал лечению бедных в Фрауэнбурге и тщательной работе над великим произведением, где он излагал свою теорию, равно как результаты многолетних наблюдений, которыми он ее обосновывал.

Положившее основу новой астрономии главное творение Коперника было озаглавлено: „О круговращениях небесных тел". В посвящении, обращенном к папе, указан повод к составлению сочинения и изложена его история. Мы узнаем

---

[1] Апиан жил в 1495—1552 г.г. Он был высоко ценим Карлом V и устроил для него прибор, движение которого изображало вращение планет. Он предлагал также употреблять темные стекла для наблюдения Солнца в надежде, что таким образом можно будет видеть прохождение Венеры и Меркурия. Ему принадлежит также предложение пользоваться расстояниями луны для определения географической долготы („Cosmographia", § 5).

отсюда, что готовая работа лежала вплоть до четвертого девятилетия, пока была отдана в печать [1]. Хотя Коперник уже около 1530 г. закончил построение гелиоцентрического учения, он колебался, выступать ли ему открыто со своими воззрениями. „Презрение, — говорит он, — которого я мог ожидать вследствие новизны и кажущегося бессмыслия моего мнения, чуть не вынудило меня оставить втуне готовое сочинение".

Однако дружественно расположенные астрономы, равно как духовные лица, занимавшиеся астрономией, узнали о его труде. Их настояниям издать книгу Коперник противился вначале не только по вышеуказанной причине, но и потому, что одушевлен был желанием дать вместо существующего нечто действительно высшее. Главной целью его было поднять наблюдательную астрономию и дать ей новую научную систему в столь совершенном состоянии, чтобы она могла заменить старую, тесно связанную с практическими потребностями. Лучше всего понимал сам Коперник, что он еще очень далек от полной удачи. Может быть, он чувствовал также, какую бурю должна вызвать его попытка [2]. Дело шло ведь о том, чтобы вырвать из под ног почву у освященного тысячелетием мировоззрения и на место его поставить новое, отводившее Земле, до сих пор составлявшей важнейшую часть мироздания, лишь скромное место среди бесчисленного множества небесных тел равного, а иногда и более высокого значения. Нечего и говорить, что такое нововведение подвергалось опасности осуждения в качестве еретического.

Лишь за год до кончины Коперника удалось принудить его решиться на издание его „Круговращений" [3]. Осиандер, наблюдавший в Нюрнберге за печатанием книги, счел уместным, не получив на это полномочия от Коперника, представить в особом введении все учение как простую гипотезу. Если наука выдвигает гипотезы, то она совсем не изъявляет притязаний на их полную убедительность. Она стремится только дать основу для своих вычислений. Гипотезы таким образом не должны быть даже правдоподобными

[1] Намек на nonumque prematur in annum („пусть печатается на девятом году") Горация.

[2] „Реформатор,—говорит Скиапарелли („Предшественники Коперника в древности", стр. 87), — желавший внедрить в общее сознание радикально новую схему мироздания, не мог удовлетвориться общими рассуждениями, но был вынужден проработать свою идею до той же степени совершенства, до которой Птолемей довел свою".

[3] Nicolai Copernici Torinensis, De revolutionibus orbium coelestium, libri VI. Нем. пер. Менцера, 1879.

Довольно того, что они облегчают вычисления, подходящие к наблюдениям. В этих рассуждениях Осиандера совершенно правильно намечено то, что мы в наши дни называем рабочей гипотезой. Что это ограничение его учения однако совершенно не соответствовало мысли автора, вполне явствует из предисловия самого Коперника. Вопреки мнению астрономов, — говорит он, — почти вопреки здравому человеческому смыслу он пришел к тому, что Земля движется. К этой мысли привело его то обстоятельство, что астрономы в своих исследованиях не могут притти к согласному мнению о движении небесных тел и до сих пор не сумели определить подлинный образ мира и гармонию его частей. Для объяснения астрономических явлений принимались до сих пор всевозможнейшие виды движений. Одни пользовались исключительно концентрическими, другие — эксцентрическими и эпициклическими кругами [1]. Но цель все же не достигнута. Наконец он путем многих и продолжительных наблюдений нашел, что если движение прочих планет будет связано с круговращением Земли и оно будет положено в основание обращения каждого светила, то из этого не только воспоследуют явления планетных движений, но что законы и величины небесных светил и их пути придут в такое согласие, что ни в какой части системы невозможно будет изменить что-либо без нарушения всех прочих частей и всего мироздания. Пусть астрономы проверят новое учение, и он не сомневается в том, что они согласятся с ним. Но для того, чтобы ученые и профаны видели, что он не боится никакого приговора, он посвятит свое сочинение скорее папе, чем кому-либо другому.

Толчок к созданию своей системы Коперник очевидно получил в сочинениях древних. Размышляя над несовершенством существующих теорий, он перечитал все сочинения, которые мог достать, чтобы убедиться, не высказывал ли кто-либо других взглядов на движение небесных тел, кроме общепринятых. И вот он наткнулся у Цицерона на сообщение о Никетасе, который верил, что Земля движется. Затем он нашел также указание у Плутарха, что и другие тоже держались этого мнения. Это побудило его задуматься над движением Земли, хотя вначале это предположение ему самому казалось бессмысленным.

---

[1] Чтобы свести наблюдаемые неравномерные движения планет к равномерным, принимали, что эти тела движутся по кругам, центры которых в то же время сами описывают круг. Возникающие таким образом линии называют эпициклами.

Однако у древних Коперник нашел не только неопределенные взгляды, но и довольно ценные зародыши своей теории. Так, он встретился с мнениями некоторых древних писателей, что Венера и Меркурий вращаются вокруг Солнца и что поэтому не могут отдалиться от него дальше, чем это позволяют их орбиты. Коперник называет своим источником Марциана Капеллу (V век нашей эры), который говорит: „Венера и Меркурий вращаются не вокруг Земли, которая не представляет собой центра всех орбит, хотя несомненно является центром вселенной. Хотя обе планеты ежедневно всходят и заходят, однако они вращаются вокруг Солнца. Последнее, будучи гораздо больше Земли, есть центр их орбиты". Подобно другим древним авторам Марциан Капелла считал родиной этого учения Египет. Новые исследования однако доказали, что оно восходит к Гераклиду Понтийскому, одному из учеников Платона. Гераклид был предшественником Коперника также в том, что объяснял видимое суточное движение небосвода вращением Земли с запада на восток. Развитие свое получили эти учения у Аристарха Самосского. Аристарх, считая Солнце в триста раз больше Земли, поместил его в центре, вокруг которого в годичном вращении движется Луна. Таким образом гелиоцентрическое мировоззрение было хорошо знакомо в древности. Оно пользовалось даже сочувствием многих, однако навлекло на своего создателя со стороны противников обвинение в безбожия, совершенно так же, как это впоследствии случилось с первыми открытыми приверженцами системы Коперника. Гелиоцентрическая теория все же не могла укорениться в древности, так как еще не была способна удовлетворить требования практической астрономии. Последняя видела свою задачу не столько в объяснении наблюдаемых движений Солнца, Луны и планет, сколько в их точном измерении и предсказании.

Исходя из воззрений Марциана Капеллы и утверждая вращение Сатурна, Юпитера и Марса вокруг одного и того же центра, а именно Солнца, принимая при этом во внимание громадную протяженность путей этих планет, охватывающих орбиты не только Меркурия и Венеры, но и Земли, Коперник пришел к своему объяснению движения планет. Несомненно, рассуждает он, что Сатурн, Юпитер и Марс бывают всегда ближе всего к Земле, когда восходят вечером, т. е. когда находятся в противостоянии к Солнцу или когда Земля находится между ними и Солнцем. Наоборот, больше всего Марс и Юпитер отдалены от Земли тогда, когда они заходят вечером, т. е. когда солнце находится между ними

и Землей. Это вполне доказывает, что центром их орбит является Солнце, т. е. центр вращения Венеры и Меркурия. Если таким образом все планеты вращаются вокруг одного центра, то из этого необходимо следует, что пространство, остающееся между орбитой Венеры и Марса, должно быть занято Землею с ее спутником Луною. Он поэтому решается утверждать, что Земля с вращающейся вокруг нее Луною совершает ежегодно между планетами большой круг вокруг Солнца. Таким образом движение Солнца находит объяснение

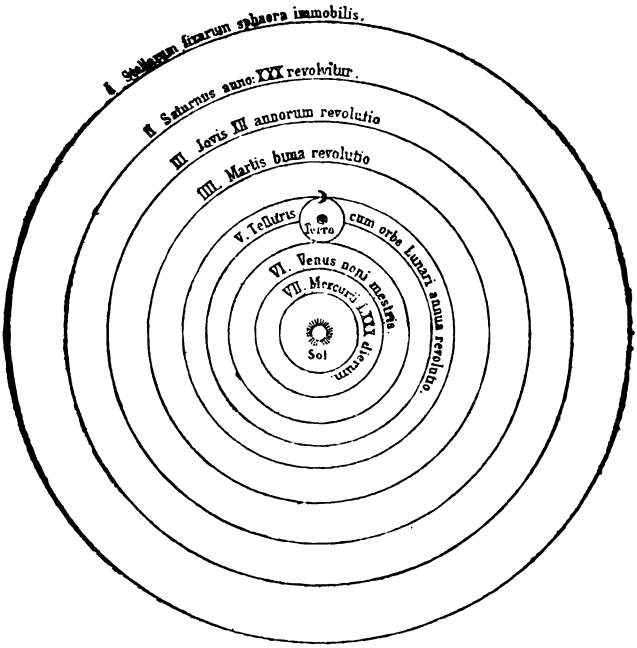


Рис. 62. Система Коперника. (Из книги Коперника De revolionibus orbium coelestium.)

в движении Земли. Вселенная однако так велика, что расстояние планет от Солнца в сравнении со сферой неподвижных звезд бесконечно ничтожно. Все это он считает гораздо более понятным, чем блуждание мысли по почти бесконечному множеству кругов, предлагаемых теми, кто полагает Землю в центре вселенной.

Затем Коперник дает предлагаемое изображение (рис. 62) своей системы и объясняет ее следующими словами: „Первой и высшей из всех сфер является сфера неподвижных звезд, содержащая себя самое и все прочие и потому

неподвижная. Затем следует крайняя планета Сатурн [1], совершающий свой путь в тридцать лет; за ним следует Юпитер с двенадцатилетним обращением, затем Марс, проходящий свою орбиту в два года. Четвертое место занимает годовой круговорот, соответствующий Земле с вращением Луны. На пятом месте вращается Венера в девять месяцев. Шестое место занимает Меркурий, обращающийся в течение 80 дней. В центре же всего находится Солнце. Ибо в этом прекраснейшем храме кто мог бы поместить этот светильник в ином или лучшем месте?"

„И в самом деле, так Солнце, восседая на престоле, направляет вращающуюся вокруг него семью светил. Мы находим таким образом в этом порядке гармоническую связь, какую нельзя нигде больше найти. Ибо здесь можно заметить, почему прямое и обратное движение Юпитера представляется больше, чем у Сатурна, и меньше, чем у Марса. И почему у Венеры оно больше, чем у Меркурия. Кроме того почему Сатурн, Юпитер и Марс, когда восходят вечером, бывают ближе к Земле, чем когда скрываются в лучах Солнца. А главное, почему Марс, когда он стоит ночью на небе, кажется равным величиной Юпитеру, между тем как вскоре затем оказывается среди звезд второй величины. И все это исходит из одной и той же причины, а именно из движения Земли. То же, что все это ничем видимым не отражается на неподвижных звездах, является доказательством неизмеримой отдаленности этих звезд,—отдаленности, перед которой исчезает сама земная орбита для наших глаз или изображение этой орбиты на небе" [2].

Яснее всего изложил Коперник основы своей системы в „Кратком очерке" [3], составленном вероятно вскоре после 1530 г. Здесь эти основные положения формулированы следующим образом:

1. Существует лишь один центр для светил и их орбит.
2. Центр Земли не есть центр вселенной, но лишь центр лунной орбиты и центр тяжести.
3. Все планеты движутся вокруг Солнца, стоящего в центре их путей. Оно таким образом является в центре вселенной.

---

[1] Находящиеся за Сатурном планеты Уран и Нептун были открыты лишь в 1781 и 1846 гг.

[2] Заключающаяся здесь трудность была устранена лишь Бесселем, показавшим, что в действительности неподвижные звезды в связи с годичным движением Земли меняют, хоть и в очень малой степени, свое местоположение.

[3] Сочинение это долго считалось утерянным и было найдено лишь в XIX веке и издано в 1878 г. Подробности см. в ст. Кистнера, Voigtländers Quellenbücher, Bd. 39.

4. Расстояние от Земли до Солнца ничтожно мало в сравнении с диаметром неба неподвижных звезд.

5. То, что представляется движением на небе, есть следствие движения Земли. Ибо она совершает полное суточное движение вокруг своей оси. При этом оба ее полюса всегда сохраняют одно положение.

6. То, что нам кажется движением Солнца, зависит не от этого светила, но от Земли и пути, который она совершает вокруг Солнца подобно прочим планетам.

7. Прямое движение и стояние планет принадлежит им, но есть лишь следствие движения Земли.

Как старая теория, так и новая, развитая Коперником, далеко не соответствовали наблюдениям в той мере, в какой рассчитывал вначале ее создатель. Причиной этому было то, что он подобно древним, считал движение небесных тел равномерным и круговым. Так учил Аристотель. Для него и для всех, занимавшихся после него астрономией, в том числе и для Коперника, это было непоколебимой несомненностью. Вселенная шарообразна, Земля также шарообразна, движение небесных тел происходит непрерывно, равномерно и кругообразно. Так озаглавлены важнейшие отделы сочинения Коперника. Почему же оно так? Потому что круг и шар совершеннейшие формы, — гласит ответ, — и нет никакого основания для неравномерного движения. Вначале, как мы увидим ниже, и Кеплер был жертвой этого предрассудка. Ему удалось однако освободиться от него. Когда он увидел, что наблюдение никак не согласуется с принятыми воззрениями, он предположил, что планеты движутся не по кругам, но по эллипсисам, и что движение их неравномерно. Так были разрешены все противоречия между гелиоцентрической теорией и наблюдениями, и тогда лишь эта теория стала жизнеспособной. Лучше всего сумел ее создатель объяснить кажущееся обратное движение и стояние планет, как и кажущиеся перемены в видимой величине этих небесных тел, особенно значительную у Марса. Для объяснения же прочих неправильностей не оставалось ничего, кроме сохранения теории эпициклов с Солнцем в качестве центра всей системы. Мы видим, что новая истина при своем открытии редко является законченной. В своем завершенном виде она обыкновенно имеет источником не ум отдельного человека, но является завоеванием целой эпохи, вытекая из усилий нескольких, а часто даже многочисленных исследователей и мыслителей.

В доказательство правильности своей системы Коперник не мог еще привести никаких решающих доводов, он мог ссылаться только на ее большую простоту. На возражения, что годичное движение Земли должно проявляться в видимом изменении положения неподвижных звезд, он мог отвечать только, что отдаленность этих небесных тел так велика, что в сравнении с ней земная орбита представляется ничтожно малой. Единственно, что Коперник мог противопоставить нападкам своих противников, были доводы от разума. „Более вероятным представляется, — говорит он, — что земля вращается вокруг своей оси, чем предположения, что все планеты со всеми своими различными расстояниями, все блуждающие кометы и все бесконечное воинство неподвижных звезд совершали одно и то же равномерное суточное движение вокруг Земли".

Решающие доказательства как вращения, так и обращения Земли были созданы лишь позднейшими столетиями, возвысив тем учение Коперника на степень неопровержимой истины [1]. Наряду с ее простотой Коперник мог подобно Аристарху привести в доказательство своей теории то обстоятельство, что Солнце является вне всякого сравнения наибольшим небесным телом. Отношения величин Луны, Земли и Солнца равны по Копернику 1 : 43 : 6937 [2]. Затем Коперник на основании вычислений, производившихся по методу, ведущему начало от Аристарха, принял расстояние Земли от Солнца равным 1197 земным радиусам. И этот результат был очень далек от истины. Лишь в XVIII столетии посредством измерений, имевших исходной точкой прохождение Венеры через солнечный диск, удалось найти надежную величину этой основной единицы астрономических измерений. Принятую Коперником величину она превышала почти в двадцать раз.

Появление „Круговращений", первый печатный лист которых Коперник по преданию еще прочитал на смертном одре, далеко не вызвало волнения умов, какого можно было ожидать, принимая во внимание важность высказанных здесь взглядов. Это объяснялось многими причинами. Современная астрономия обратила мало внимания на новшество. Исключая немногих астрономов, расположенных к Копернику, все держались теории Птолемея, которая к тому же в эту эпоху, не

[1] Вращение Земли доказывается посредством опытов над падением, а также посредством маятника Фуко, движение же ее в пространстве подтверждается аберрацией и параллаксом неподвижных звезд.

[2] Вместо 1 : 49 : 1 300 000.

знавшую свободы преподавания, была обязательна. Затем некоторые несовершенства, свойственные и новой системе, давали профессиональным астрономам, для которых дело решалось его практическим значением, известное право оставаться при старом учении. Ведь вначале гелиоцентрическая система не предоставляла астроному-математику никаких существенных выгод. К тому же Коперник сумел изложить свое нововведение в форме, исключавшей всякую полемику, избегнув при этом малейшего намека на область библейских и религиозных воззрений. И случилось так, что и церковь, ожидавшая от астрономического новшества улучшения своего календаря, терпела книгу, которой было предпослано даже посвящение папе, и не придавала значения тому противоречию, в котором книга эта с точки зрения косной и словесной веры находилась к библейскому преданию [1].

„Мне представляется,— писал Коперник в своем посвящении, — что церковь может извлечь из моих трудов некоторую пользу. Исправление календаря при Льве X оказалось ведь невозможным потому, что продолжительность года и движение Солнца и Луны не были определены с достаточной точностью. Я старался определить их точнее. Насколько я успел в этом, предоставляю суждению твоего святейшества и ученых математиков". При господствовавшем тогда невежестве в области естествознания не только широкие массы, но и образованные люди совершенно не имели возможности вынести самостоятельное суждение о новом учении. Поэтому приходится отнестись с извинением к замечанию Лютера, который сказал: „Этот дурак хочет перевернуть всю астрономию. Но ведь в священном писании сказано, что Исус Навин остановил Солнце, а не Землю". Едва ли Лютер думал о том, что это новшество в области астрономии может нанести ущерб церкви, не говоря уже о том, чтобы ослабить религиозное чувство. Несколько боязливее оказался Меланхтон, лучше понявший всю неслыханность этого новшества. Сам пламенный астролог, он в своем учебнике физики изложил всю систему тогдашней астрономии. Новое гелиоцентрическое учение он считал столь безбожным, что советовал запретить его [2]. И живший гораздо позже Фрэнсис Бэкон, которого сла-

---

[1] Осторожный автор, следуя протестанскому богословию, не говорит о полной несовместимости веры в библию с учением Коперника. Богословам приходилось и приходится для этого ухитряться в весьма натянутых толкованиях „внутреннего смысла", якобы отличного от ясных словесных формулировок. Ред.

[2] В своих „Началах естествознания" (Initia doctrinae physicae), вышедших через шесть лет после смерти Коперника (1549), Меланхтон

вили как основателя нового естествознания, был открытым противником Коперника и был им в эпоху, когда вопрос о правильности гелиоцентрической системы волновал умы. Лишь в это время, в век Галилея, церковь заняла определенное положение в этом вопросе и запретила „Круговращения". Соответственный декрет, относящийся к 1616 г., был официально отменен лишь в 1822 г., когда уже почти забыли об его существовании. Он гласит: „Святейшая конгрегация [1] осведомилась, что ложное, совершенно противоречащее священному писанию учение пифагорейцев о движении Земли, как его излагали Коперник и некоторые другие, вновь распространяется и многими приемлется в наши дни. Дабы подобное учение не получало ко вреду католической истины распространения, священная конгрегация постановила воспретить впредь до их исправления книги Коперника и все другие, учащие тому же. Посему все эти сочинения запрещаются и осуждаются в силу этого указа".

К первым приверженцам учения Коперника принадлежал доминиканский монах Джордано Бруно [2], предшественник Спинозы в основании пантеистического мировоззрения. Пред его пророческими взорами небосвод неподвижных звезд расширился до вселенной, бесконечной во времени и пространстве. Бруно был также первым, видевшим в неподвижных звездах иные солнца и центры бесчисленных подобных нашей планетных систем.

Бруно интуитивно предвосхитил многое, установленное лишь позднейшими временами на основе наблюдений. Так, он принимал, что не только Земля, но и Солнце вращается вокруг оси. О Земле он утверждает, что она должна быть сплюснута у полюсов. Предварение равноденствий он объяснял следующим образом: „Ввиду неисчислимого многообразия взаимодействующих движений небесных тел неиз-

---

обвиняет его в том что он исключительно ради удовлетворения своего тщеславия распространял лжеучения, уже в древности считавшиеся пустой игрой ума. (L. Prowe, N. Coppernicus, Bd. II, 2, S. 232). Правда, в позднейших изданиях „Начал естествознания" Меланхтон смягчил этот упрек, но продолжал отрицать гелиоцентрическое учение. Мелахтоном руководило убеждение, что и в вопросах естествознания библия остается высшим авторитетом См. E. Wohlwill, Melanchton u. Copernicus. Mitteil. zur. Gesch. d. Med. u. Naturwiss., 1904., S. 260 u. f.

[1] Церковное учреждение, занимавшееся цензурой и вносившее вредные книги в индекс, т. е. список запрещенных книг.

[2] Джордано Бруно родился в Неаполе в 1548 г. В качестве странствующего проповедника он объезжал Европу, но столкнулся с господствующими церковными догматами и, не желая отречься от своих убеждений, был в 1600 г. сожжен в Риме инквизицией. См. Landsbeck, Bruno, der Märtyrer der neuen Weltanschauung, Leipzig 1890.

бежно, что даже с виду неподвижнейшие точки должны постепенно менять свое взаимное положение. Земля поэтому должна изменять свое положение по отношению к небесному полюсу"[1]. В кометах Джордано Бруно видел особый род планет. Так как кометы появляются совершенно неправильно, то и число обращающихся вокруг нашего Солнца планет не может считаться установленным[2]. Наконец миры и мировые системы подлежат по мнению Бруно вечным изменениям. Извечна лишь лежащая в основе вселенной творческая энергия. Здесь находит уже выражение известное предчувствие закона сохранения энергии. Долго считавшееся фантастикой учение Бруно об одушевленности не только всеобщей материи, но и об индивидуальной одушевленности отдельных небесных тел пытался впоследствии обновить Фехнер.

То, что Земля сама есть живое существо, Бруно выводил из ее движения и из того, что она производит живые существа. Одушевленны и прочие небесные тела, являющиеся также пребыванием жизни. Нет однако основания полагать, что последняя проявляется в таких же формах, как и на Земле.

Джордано Бруно должен считаться первым монистическим философом нового времени. В его сочинениях особенно выразилось духовное своеобразие итальянского Возрождения. Мировоззрению этой эпохи соответствовало и его прямо противоположное христианству учение о героическом аффекте. Новые астрономические воззрения, открывшиеся ему и просвещеннейшим из его современников, он положил в основу восхваления красоты мира[3].

„Преобразование неба" Джордано Бруно, Lo spaccio della bestie trionfante — „Изгнание торжествующего зверя" (переработано на нем. яз. L. Kuhlenbech, Leipzig 1880) есть система моральной философии, связанная с рассмотрением важнейших созвездий. Астрономических воззрений особенно касается его сочинение „О бесконечной вселенной и о мирах" (Del infinito Universo e de i mondi). Некоторые характерные выдержки из этого произведения[4] познакомят нас ближе с представлениями Бруно: „В бесконечном связном пространстве, все в себе несущем и содержащем, есть бесчи-

[1] De Immenso („О Бесконечном"), L. III, c. 5.

[2] Каким мелким является, напротив, Гегель, из метафизических соображений принимавший, что больше семи планет не может быть.

[3] Dilthey, G. Bruno und Spinoza, Archiv der Philosophie, 1894, S. 269 u. f.

[4] Нем. пер. Куленбека (1893).

сленные подобные этому миру небесные тела. Каждое из них так же мало является центром вселенной, как и всякое другое. Как бесконечная всеобщность, вселенная не имеет ни центра, ни предела. Как вокруг нашего, Солнца обращается семь планет, так есть еще солнца, являющиеся центрами других планетных систем. Каждое из этих небесных тел вращается вокруг своего центра. Несмотря на это своим обитателям оно представляется неподвижным миром, вокруг которого вращаются все прочие светила. В действительности же существует столько миров, сколько мы видим неподвижных звезд. Все они в одном всеобъемлющем мире подобно нашему миру, обитаемому нами".

То, что должно существовать бесконечное множество отдельных миров, явствует для Бруно из существа бога, которому он приписывает беспредельную мощь.

Астрономия и научная география.

В тесной связи с астрономией развивалась научная география, т. е. география, стремившаяся стать больше, чем простым описанием стран и их произведений. В эпоху, следовавшую за Коперником, она нашла выдающегося представителя в Гергарде Кремере, или Меркаторе, как он, латинизируя по тогдашнему обычаю свое имя, сам себя называл [1], и в Себастьяне Мюнстере.

Мюнстер составил „Космографию, описание всех стран" [2]. Карты, содержащиеся здесь, явились основой дальнейшего развития картографии в Германии.

Меркатор родился в 1512 г. во Фландрии. Под влиянием Геммы Фризиуса [3], с которым он встречался во время своего студенчества, он посвятил себя работе в области математической географии, основателем которой его многие признают [4]. Изготовлением карт, глобусов и астрономических инструментов добывал себе Меркатор средства к жизни. С 1552 г. до самой смерти (1594) он жил в немецком городе Дуисбурге, где наряду со своей научной деятельностью занимался также преподаванием математики в гимназии.

---

[1] Breusing. G. Kremer, genannt Mercator, der deutsche Geograph, Duisburg 1869. Averdunk u. Müller-Reinhard G. Mercator und die Gographen unter seine Nachkommen, 1. Poethes, Gotha, 1914, VIII, u. 1889.

[2] Вышла в Базеле в 1544 г. (последний раз — 1628) также по латыни (1550), по-французски, по-итальянски и т. д.

[3] Профессор медицины и астрономи в Лувене (Фландрия), жил с 1535 по 1577 г.

[4] См. выше цит. произведение Breusing, стр. 35.

Первым большим его созданием был земной глобус, на изготовление которого он употребил полтора года. Десять лет спустя (1551) Меркатор изготовил большой небесный глобус. К почитателям его, как было указано выше, принадлежалт акже Карл V, так живо интересовавшийся успехами астрономии и географии, что во время осады одной крепости, когда над их головами летали ядра, беседовал с Апианом[1] об этих науках.

С Апианом и Меркатором начинается для картографии новая эпоха. До них удовлетворялись измерением расстояний и дорожниками, стараясь привести вновь добытые знания в согласие с наукой Птолемея. Теперь возникли карты, основанные на более точных измерениях. Среди них достойны прежде всего упоминания „Баварские карты" Апиана. Они появились в 1568 г. на 24 листах (ксилография; масштаб 1:144 000) и считаются образцом топографического искусства XVI столетия. Ни одна страна в это время не была изображена на карте с такой точностью.

Что сделал Апиан для небольшого пространства Земли, старался сделать бельгийский географ Ортелиус (1526—1598) для всей Земли. В своем Theatrum orbis terrarum („Зрелище земной поверхности", 53 карты, вырезанные на меди. Антверпен 1570) он создал произведение, свободное от влияния Птолемея. Большинство изданных Ортелиусом 53 карт было изготовлено по лучшим работам других картографов.

Почти в то же самое время (1569) Меркатор закончил свою большую карту Земли. Это было событием чрезвычайной важности в истории географии и мореплавания. С этого момента, — говорит биограф Меркатора, — начинается реформа картографии, в которой нет второго произведения равного значения. Указания, преподанные Меркатором мореплавателям для пользования его картой, сохраняют значение до наших дней[2]. Большой заслугой Меркатора для его времени является то, что он вместо неточных карт древних географов приложил к пользовавшейся тогда еще высоким уважением географии Птолемея новые карты, точно совпадаю-

---

[1] Филипп Апиан (1531—1589), сын астронома Пётра Апиана (нем. Биневиц).

[2] Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium emendata accommodata. Duisburgi, mense Augusto, 1569 (Новое и дополненное описание Земли, исправленное и приспособленное для употребления мореплавателей). На 8 листах, в общем 1,26 м вышины и 2 м ширины. В 1891 г. карта Меркатора переиздана берлинским географическим обществом по оригиналам, хранящимся в Бреславской городской библиотеке.

щие с указаниями Птолемея. Меркатор вместе со своим сыном Румольдом издал сборник карт европейских стран в соединении с картами отдельных частей света и образами всей Земли. Этот сборник появился в 1595 г. под избранным Меркатором заглавием „Атлас“ [1], которое с тех пор стало употребительным для таких сборников.

Основы картографии Меркатор изложил [2] так ясно, как никто до него. Он был первым обстоятельно исследовавшим условия, предполагаемые каждой системой проекции, и установившим понятие подобия, т. е. требование, что плоскостная фигура должна иметь возможно большее сходство с шаровой поверхностью. Так как древние всегда изображали лишь отдельные части земной поверхности и их проекции приспособлялись к этой задаче, то перед Меркатором, замыслившим картографическое изображение всей Земли, предстала совершенно новая задача. Он разрешил ее превосходным и удобнейшим для употребления способом, названным по его имени. „Если из четырех отношений, существующих между двумя местностями с точки зрения их взаимного положения,— говорит Меркатор в объяснении, приложенном к его карте Земли, — а именно, разницы широт, разницы долгот, направления и расстояния, считаться только с двумя, то должны совпасть и прочие два, и ни с какой стороны не будет ошибки, какие встречаются так часто в обычных морских картах и в том большем количестве, чем выше широты“. Меркатор достиг этого успеха тем, что проектировал земную поверхность на плоскость описывающего Землю по экватору цилиндра, ось которого параллельна земной оси. Расширение, которое от этого получают градусы долготы по направлению к полюсу, уравновешивается в том же отношении вытяжением градусов широты. Такая карта правильна с точки зрения углов, т. е. она воспроизводит углы так, как они являются на земной поверхности; она сохраняет также подобие [3] с очертаниями стран, но она не точна с точки зрения размеров поверхности, так как ее масштаб увеличивается по мере отдаления от экватора.

---

[1] Atlas sive cosmographicae meditationes de Fabrika mundi et fabricati figura (Атлас, или космографические размышления о создании мира и образе создания), Duisburg 1595.

[2] В своем сочинении „О географическом искусстве“.

[3] Установление условия подобия считается обыкновенно заслугой Ламберта (см. в следующем томе). Однако Меркатор выражает его почти в тех же словах. Условие подобия выполнено в том случае, когда отношение между градусами широты и долготы остается на карте повсюду постоянным.

12. ЗАЧАТКИ НОВОГО ОБОСНОВАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.

Как в астрономии, так и в прочих областях естествознания проявилось в течение XVI столетия стремление сломать оковы авторитета и поставить на его место наблюдение и размышление. Однако на протяжении этого периода мы не можем указать второго создания, равного по значению творению Коперника. Из физиков среди современников Коперника должен быть прежде всего назван Мавролик (1494—1575). Он преподавал в Мессине и принадлежал к одной из семей, покинувших после завоевания Константинополя родной город для спасения от турок. Заслуги Мавролика в математике заключаются в том, что он собрал в обширном сочинении все, чем он был обязан в области математических знаний греческим и арабским писателям. Особенно важно было то, что он издал сочинения Архимеда и произведения Аполлония, учение которого о конических сечениях он даже развил далее. Свое математическое искусство Мавролик проявил затем в области оптики, с самого начала оказавшейся особенно подходящей для математической обработки. В его сочинении по оптике под заглавием „О свете и тени" (De lumine et umbra, Венеция 1575) содержится ряд новых выводов и исправлено много прежних ошибок. Мавролик например является первым физиком, объясняющим действия хрусталика в глазу посредством доказательства, что лучи пересекаются за хрусталиком. Близорукость и дальнозоркость он выводит из чрезмерной или недостаточной степени кривизны хрусталика. Если он здесь не вполне точно уловил существо предмета, так как теперь причиной этого недостатка считаются неправильности в строении глазного яблока, то здесь все-таки дано было теоретическое объяснение очков, бывших в употреблении уже с XIII столетия.

Хороший пример, как различно рассматривалась одна и та же проблема в духе Аристотеля и в духе новой эпохи, ставшей на научную точку зрения, представляет собой объяснение круглого изображения Солнца. Общеизвестно, что солнечные лучи, падая через неправильное отверстие на

горизонтальную поверхность, дают здесь изображение правильного круга. Последователи Аристотеля легко нашли объяснение, превосходно рисующее всю бессодержательность философского умствования, не опирающегося на достаточную индукцию. Они приписали это явление „круговой природе" солнечного света, другими словами объяснение подменили словом, обозначающим то, что подлежит объяснению. Если, наоборот, исходить из того факта, что каждая точка солнечной поверхности посылает световые лучи и дает изображение в форме отверстия, то бесчисленные изображения, частью покрывающие друг друга, должны в своей совокупности давать рисунок, являющийся проекцией светящего тела. Поэтому при солнечном затмении изображения, соответствуя виду солнечного диска, должны иметь формы серпа, что доказывается и наблюдением [1]. Объяснение круглого изображения Солнца из „кругообразной природы" солнечного света является превосходным примером того, что называлось qualitas occulta (скрытое свойство). Средневековые последователи Аристотеля очень часто вводили такие неопределенные понятия ради одного явления, когда не могли дать ему объяснения, вытекающего из фактов.

К несколько более позднему времени относится деятельность итальянца Джованни Батиста Порты (1538 — 1615). Взгляды его характерны для той ступени в развитии науки, когда она еще не может возвыситься до строгой научности. Мы находим у Порты и его современников, занимавшихся физическими и химическими предметами, смесь верного с неверным, ясности с мистикой и суеверием, странно действующие в наши дни, когда уровень общего образования поднялся так значительно. Стремление этих людей к познанию истины к тому же тесно сплеталось с шарлатанской крикливостью, посредством которой они старались поднять в глазах современников уважение к своей личности и к своей науке.

Книга, в которой Порта занимается естественными науками, совершенно во вкусе его времени озаглавлена „Естественная магия" [2]. В некоторых частях она напоминает современный сборник фокусов, так как нередко составитель стремится главным образом развлечь своего читателя или удивить его необычайностью явления. Важно данное в этой

---

[1] Объяснение, данное Мавроликом, равным образом исходит из прямолинейного распространения света; каждая точка отверстия рассматривается при этом как вершина исходящего из солнца конуса лучей, продолжающегося с другой стороны отверстия.

[2] J. P. Portae Neapolitani, Magia naturalis, 1553, 1560, 1589.

книге Портою описание придуманного им улучшения камеры-обскуры. До сих пор в этом приборе свет падал через отверстие на находящуюся внутри плоскость. Порта вставил в увеличенное отверстие чечевицу, от чего значительно повысилась резкость изображения[1].

Любопытно далее предложенное Портой приспособление для поднятия воды посредством пара Вода находится в сосуде; пар давит на поверхность воды и гонит ее из сосуда посредством сифонообразной трубки, доходящей до дна. Видеть в таком приспособлении, не представляющем в сравнении с водяным колесом Герона существенного шага вперед, зачаток паровой машины—неосновательно. Нельзя однако отрицать, что описанные Героном и Портой опыты познакомили с действием сжатых паров, отчего понемногу созрела мысль перенести это действие на простые машины. Лишь начиная с этого шага, которым мы займемся еще в дальнейшем, может итти вечь о настоящей паровой машине. Здесь, как и у Галилея и у других исследователей, видно, что физика газов и жидкостей развивалась в XVII столетии главным образом под влиянием толчка, полученного в древности, в частности от сочинений Герона [2]. Так, Порта написал „Пневматику", которая, не будучи простым пересказом „Пневматики" Герона, все-таки восходит к ней [3]. И Швентер, к которому мы перейдем ниже, воспользовался в своих „Часах досуга" многими указаниями Герона, особенно теми,

[1] Описание гораздо более старой камеры с отверстием встречается также у Леонардо да Винчи. Здесь говорится: „Если образы освещенных предметов проникают через маленькое отверстие в очень темную комнату, то внутри комнаты можно видеть их изображение на белой бумаге, натянутой в некотором расстоянии от отверстия, во всех очертаниях и красках. Но они гораздо меньше размерами и стоят вверх ногами". Это перевернутое положение рисунка Леонардо да Винчи совершенно правильно объяснял направлением световых лучей.

Из прежних западных ученых изображением Солнца сквозь отверстие различной формы занимались Вителло, Пекхем и Роджер Бэкон; в XIV столетии Леви бен Герсон пользовался камерой-обскурой для наблюдений во время солнечных и лунных затмений. Мавролик в XV столетии дал довольно правильное изображение Солнца в малом отверстии.

Из арабских ученых уже Алькинди (750—800) исследовал направление лучей в камере с отверстием; теорию этого вопроса развили в дальнейшем великий Ибн аль Хайтан и его также выдающийся комментатор Камаль аль Дин. (L. Würschmidt, Zeitchr. d. Math. u. Naturwiss. Unters. 1915, 466).

[2] W. Schmidt, Heron von Alexandrien im 17 Jahrhundert, Abhandl. zur Gesch. d. Mathematik, H. 8 (1898), S. 195.

[3] Porta, Pneumaticorum libri tres, Neapoli 1601.

которые он мог найти в печатных сочинениях Герона. То же самое надо сказать о Шотте, друге Герике, и его появившейся в 1657 г. „Mechanica hydraulico pneumatica". Даже де Кос (de Caus), которому французы склонны приписывать изобретение паровой машины, почерпал многое у Герона [1]. Даже фонтаны в королевских садах XVII столетия устроены отчасти согласно указаниям Герона.

Большое внимание обратили теперь также на явления магнетизма. Однако именно эта область для Порты и людей, родственных ему по духу, была еще чрезвычайно сплетена с мистикой и суеверием. Склонение (деклинацию), которое Порта считает равным для Италии 9° на восток, было известно еще до Колумба. Последний сделал наблюдение, что склонение (оно было тогда во всей области Средиземного моря восточным) при путешествии на запад все уменьшается и наконец переходит в западное. На основании этого наблюдения Колумб во время своего второго путешествия в случае неясности корабельного вычисления пытался ориентироваться посредством сравнения склонений. Это была первая, впоследствии часто повторявшаяся попытка применить склонение к определению географической долготы. Однако практическое решение проблемы долготы, представлявшей большие трудности уже для Гиппарха и Птолемея, должно было получиться не на этом пути, но лишь от изобретения точных хронометров. Вторую особенность земного магнетизма, а именно то явление, что иголка, вращающаяся вокруг горизонтальной оси, занимает наклонное положение, исследовал впервые англичанин Норман. Величину этого наклонения (инклинации) он определил в 1576 г. для Лондона в 71°50′ [2]. На меняющуюся напряженность земного магнетизма обратили внимание в конце XVIII века, так что лишь с этого времени ведет начало всестороннее знакомство с этой силой природы, охватывающее также количественную сторону явления.

Среди ученых, несколько позже занимавшихся естественными науками совершенно в духе Порты, должен быть назван Даниэль Швентер (1585 — 1636; был профессором математики в Альтдорфе). Его известное сочинение „Математические и философские часы досуга" [3] может по достоинству занять

[1] Его приспособление для поднятия воды посредством сжатого пара однако не может еще быть названо паровой машиной. Кроме того неизвестно, был ли Кос французом илинемцем.

[2] Gilbert, De re magnete, 1, 1. Немцу Георгу Гартману (1489 — 1564) принадлежит еще более раннее, но совершенно неточное определение наклонения (9 градусов вместо 70.)

[3] Deliciae physico-mathematicae; появилось после смерти Швентера. Нем. перевод Harsdörffer'a.

место рядом с „Естественной магией" Порты и особенно пригодно для понимания того уровня, на котором стояли естественные науки, особенно в Германии, до великого переворота, созданного Галилеем, Кеплером и их соратниками.

Характерно прежде всего, что Швентер считает необходимым защитить научное занятие природой от упрека, будто это дело ненужное, что-то вроде детской забавы. Конечно,— говорит он,—ребенок бросает камень в воду и забавляется расходящимися под водой кругами. Это детская радость. Но выяснить причины этого явления — дело не детское. Некоторые примеры уяснят, насколько неудовлетворительны и неопределенны были взгляды, которых еще держались на пороге XVII столетия. Это даст нам возможность тем лучше оценить великие успехи, принесенные науке в эту эпоху утверждением индуктивного метода исследования. Так, все знания Швентера о падении исчерпываются положениями [1]: „Когда тело падает, то оно движется тем быстрее, чем ближе оно к Земле. Чем с большей высоты падает тело, тем большей силой обладает. Ибо все, имеющее тяжесть, беспрепятственно стремится по мнению философов к своему естественному месту, т. е. к центру земли, подобно тому, как человек, возвращаясь на родину, становится тем нетерпеливее, чем ближе подходит, и потому спешит все больше. К этому присоединяется еще другая естественная причина. Дело в том, что воздух, разделяемый пулей, спешит вновь сомкнуться за пулей и потому гонит ее все сильнее. А то, что уже движется, легко может быть приведено в дальнейшее и ускоренное движение". Никакого успеха в сравнении с Аристотелем нельзя заметить в этих представлениях. Наоборот, их должно назвать чисто аристотелевскими. То же самое относится к представлению Швентера о бросании. Оно слагается для него из трех движений, которые он называет движениями вынужденным, смешанным и естественным. Согласно с этим например порох при выстреле гонит пулю вверх вынужденным движением, пока она не достигает высшей точки своего полета. Затем, „после того как это насильственное движение почти готово завершиться, начинается смешанное движение по кривой". Наконец пуля переходит в естественное движение и падает отвесно на Землю. Из этой теории Швентер пытается вывести эмпирическое указание, что величайшая дальность выстрела достигается при угле в 45°.

Любопытны также замечания об отвесном выстреле. Последний придает снаряду гораздо больше силы, чем гори-

[1] Loc. cit., 3, XIX.

зонтальный выстрел, „потому что огонь от природы стремится вверх". Если затем орудие направлено в вышину, то ядро прижимает порох и еще больше противится силе пороха. От этого происходит, что и порох приходит в гнев, прежде чем выгонит ядро Наконец тяжелое ядро, способное к сопротивлению, выталкивается гораздо сильнее, чем легкое, например деревянное и неспособное к сопротивлению. То обстоятельство, что ядро при отвесном выстреле падает вблизи орудия, выставляется как доказательство против учения Коперника[1]: „Так как ядро остается в воздухе две минуты, то пушка в это время должна была пробежать тридцать немецких миль. Это невозможно, потому что в этом случае никогда нельзя было бы найти ядро". Приверженцы Коперника, — говорит Швентер, — полагают, правда, что воздух движется вместе с Землей и даже с такой же скоростью, как и Земля. Поэтому выброшенное вверх ядро, гонимое воздухом, должно упасть недалеко от пушки „Но невероятно и невозможно, — прибавляет Швентер, — чтобы воздух был в силах пронести тяжелое ядро в такое короткое время на расстояние тридцати миль". Эта трудность препятствовала принятию системы Коперника еще сто лет после ее создания. Она могла быть устранена лишь общим признанием закона инерции.

В отделе оптики рассматриваются камера-обскура, стеклянная призма, преломление света и радуга. Несмотря на то, что Швентер наблюдал последнюю также на струях фонтана и на тканях, покрытых дождевыми каплями, он считает ее явлением сверхестественным. Радуга есть для него „зеркало, в котором рассудок человеческий может при дневном свете видеть свое незнание". Физики „своими многосложными умствованиями не достигли ничего кроме того, что проглядели то немногое, что скрыто в природе".

По поводу рассказа об архимедовых зажигательных зеркалах, который представляется ему вероятным, Швентер замечает, что известным количеством плоских зеркал можно также зажечь порох, если направить этими зеркалами все лучи в одну точку.

В отделе, посвященном теплоте, Швентер описывает также прибор, посредством которого можно измерить степень теплоты и холода. Он наливает в сосуд с длинным горлышком немного воды и затем поворачивает сосуд под водою так, чтобы жидкость заполняла часть горлышка. „Зимою, — говорит Швентер, — вода высоко поднимается вверх, так

[1] Loc. cit., II, XVIII,

что заполняет почти все пустое пространство; летом она напротив опускается глубоко вниз.

Вместе с Портой Швентер полагает, что посредством сифона можно переливать воду через высокие горы. Надо,— говорит он,— перекинуть через гору трубку, в высшей точке которой вставить в нее воронку. Если затем закрыть оба отверстия трубки, то ее можно всю наполнить водой. После этих приготовлений остается только одновременно открыть оба отверстия. Вода будет тогда все сильнее вытекать из водоема, в который погружено одно отверстие, если только второе отверстие расположено ниже. Любой опыт убедил бы Порту и Швентера, что через „гору" в 10 м высоты невозможно перелить воду посредством сифона.

Что Швентер однако иногда подвергал проверке чужие указания, явствует из многих мест его сочинения. Так, кто-то сообщил ему, что вода переходит из ниже расположенного сосуда в помещенный выше, если оба сосуда соединить шерстяной ниткой. Швентер замечает на это: „Посредством опыта я нашел, что это не выйдет, потому что здесь дело происходит как в сифоне. Вода не потечет по шерстяному шнурку, если его конец не будет лежать ниже поверхности воды, куда погружен другой конец".

Мы остановились на сочинении Швентера несколько подробнее не потому, чтобы он обогатил науку новыми мыслями или открытиями, но потому, что немногие немецкие сочинения начала XVII в. способны дать нам столь ясное представление об уровне знаний и господствовавших тогда воззрениях.

В том же направлении, как Порта и Швентер, в первой половине XVII в. в Германии работали Атаназиус Кирхер, Каспар Шотт и другие. Это часто были весьма многосторонние ученые, оставившие нам увесистые фолианты, полезные для понимания этой эпохи, но не обогатившие науку ни новыми идеями, ни открытиями. Лишь ученый иезуит Кирхер заслуживает не только упоминания.

Атаназиус Кирхер родился в 1601 г. в окрестностях Фульды. Он был профессором математики в Вюрцбургском университете, а затем в Риме, где умер в 1680 г. Из многочисленных сочинений Кирхера достойны упоминания особенно три, так как дают представление о тогдашнем положении естествознания. Это книга о свете и тени (Ars magna lucis et umbrae, 1646), затем работа о магнетизме (Magnes sive de arte magnetica, 1643) и, наконец, сочинение „О подземном мире" (Mundus subterraneus, 1664), важные в развитии геологических представлений.

В работе Кирхера по оптике среди прочего указывается уже на явления флюоресценции. Кирхер заметил их на водяной вытяжке, приготовляемой из одного мексиканского растения,—„почечного дерева“ [1]. Эта жидкость, освещенная падающим светом, имела темносиний цвет, между тем как при рассматривании ее на свет она была бесцветна, как ключевая вода. В других случаях она оказывалась зеленой или красноватой. Объяснения этого замечательного явления Кирхер дать не мог.

Очень обстоятельно говорит он о болонском светящемся камне. Один алхимик, накалив в печи встречающийся в окрестностях Болоньи барит (тяжелый шпат) с примесью восстановляющих веществ, заметил, что зола светится в темноте, если ее раньше выставить на солнце. Это открытие (оно было сделано около 1630 г.), как и следовало ожидать, привлекло величайшее внимание. Занимался им и Галилей. По его мнению оно является явным опровержением мнения, что свет есть бестелесное свойство, ибо камень вбирает в себя солнечный свет, как если бы он был телом, и понемногу отдает его обратно. Кирхер держится того же мнения. Он сам приготовил болонский камень, смешав шпат с яичным белком и льняным маслом, и накалил эту смесь.

Почти всегда значение поражающих открытий преувеличивается, ведя к смелым и неосновательным заявлениям. Это относится и к болонскому светящемуся камню. Так, Кирхер приписывал глазу те же свойства, каким обладает этот камень, и ими объяснял впервые описанные им физиологические, или субъективные, краски. Здесь имеется в виду то явление, что глаз, направленный продолжительное время на цветные предметы, а затем на белую поверхность, видит

---

[1] С этим деревом иезуиты познакомились в Мексике; оно было названо почечным деревом (lignum nephriticum), потому что оно применялось против болезней почек и мочевого пузыря.

Обстоятельно изложена история флюоресценции Г. Бертольдом в Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie, Bd. 158 (1876), S. 620. По его указанию древнейшие известия о флюоресценции вытяжки из почечного дерева находятся у Монарда (XVI век). Бойль, Гримальди, Ньютон и другие также занимались этим явлением. Ньютон исследовал жидкость в гомогенном свете. Более обстоятельное исследование произвел Вюнш (Versuche u. Beobachtungen über die Farben, Leipzig 1792). У Мушенбрука есть замечание, что на нефти замечается то же явление, что и на вытяжке из почечного дерева (Introductio ad philos. nat, 1792, т. II, стр. 739) Гете описал флюоресценцию вытяжки из свежей коры конского каштана (Дополнения к „Учению о цветах“, № 10). Так как однако объяснения этого явления не было найдено, то оно было забыто, пока в середине XIX в. не стало предметом очень обстоятельных экспериментальных исследований (см. IV том этого сочинения).

на ней изображение этих предметов в других (дополнительных) цветах. Он объясняет это тем, что глаз подобно светящемуся камню впитывает свет и затем постепенно вновь излучает его. Один современник Кирхера пытался даже объяснять пепельный свет неосвященной Солнцем части лунной поверхности посредством предположения, что и Луна есть болонский камень.

О недурной наблюдательности Кирхера свидетельствуют его замечания об изменчивости красок у хамелеона. Он клал животное на белые и красные ткани и доказал, что его краски меняются в зависимости от последних.

У Кирхера встречаемся мы также с подробным описанием волшебного фонаря. Поэтому его называли, по всем вероятиям однако неосновательно, изобретателем этого прибора[1]. Кирхер уже употреблял прозрачные картины на стекле. Достоин упоминания поучительный пример его богословского пыла. Волшебный фонарь по его мнению является превосходным орудием для возвращения безбожников на путь истины посредством показывания на стене дьявола.

Сочинение Кирхера о магните стоит ниже появившегося ранее исследования англичанина Гильберта о том же предмете. Достоин упоминания способ Кирхера определить силу магнита посредством весов. Он дает также в особой таблице сводку сделанных за морем иезуитами-миссионерами наблюдений над величиной и изменениями склонения. До какой степени однако и в этой области Кирхер и Швентер часто лишены критического чутья, видно из того, что они без всякой проверки принимают старую басню о том, что некоторые растения отнимают у магнита его силу. От огня и чеснока, говорит Швентер, магнит теряет свою силу. Он прибавляет далее: „как показывает опыт".

Подобно Швентеру и Кирхер, обсуждая магнетические явления, часто занимается забавами, описание которых полно всяких преувеличений и всевозможных побасенок. Оба писателя например обсуждают возможность устроить при посредстве магнита нечто вроде телеграфа. Два человека, из которых один может быть в Париже, а другой в Риме, должны быть снабжены сильными магнитами. При достаточной силе один магнит сможет влиять на другой. Тогда требуется только поместить под каждой магнитной стрелкой круг с буквами. Говорящему надо только ставить свою стрелку на различные буквы, для того чтобы заставить стрелку получателя принимать подобное же положение.

[1] См. Wilde, Geschichte der Optik, Bd. I, S. 294.

Одним словом перед нами развивается основная идея семафорного телеграфа. Жаль только, что средства не были достаточно сильны для передачи. Это понимал уже Швентер, ибо он присовокупляет: „Изобретение прекрасно, но я не думаю, чтобы на свете был найден магнит такой доблести".

Значительнейшим явлением следующего периода является основание динамики Галилеем. У него были предшественники. Так, уже у Леонардо да Винчи были ясные, хотя и недостаточно проработанные представления об этой области физики, так например относительно падения по наклонной плоскости [1]. И чем ближе к выступлению Галилея, тем чаще мы встречаемся с зародышами его мыслей. Прежде всего распространяется более правильное понимание движения брошенного тела, основанное на принципах физики. Установлено, что путь брошенного тела представляет собой единую кривую линию, а не состоит из прямых и кривых отрезков, как утверждали перипатетики, а также, что наибольшее расстояние достигается при угле в 45°. Уже итальянец Тарталья [2] еще до Галилея, блистательно их опровергшего, поколебал мнение последователей Аристотеля, будто тело падает тем быстрее, чем оно тяжелее. Тарталья учил, что тела различного веса при свободном падении проходят в равное время равные расстояния, а также, что тело, получившее кругообразное движение, при прекращении воздействия на него продолжает двигаться в направлении касательной.

Хотя такие подготовительные работы должны ставиться очень высоко, как предвестники начинающегося переворота, настоящим основателем динамики должен считаться лишь Галилей, потому что благодаря его деятельности словно одним ударом было устранено почти все неясное и связанное с аристотелевыми умствованиями, тяготевшее еще на этой науке.

Соответственных успехов в области химии пришлось ждать еще долго. Правда, здесь такие успехи были гораздо больше подготовлены существенными научными достижениями, чем почти неожиданные завоевания мысли Галилея. Однако превращение химии в точную науку произошло лишь в течение XVIII в. Если основы математики, астрономии и

---

[1] Уже в XIII столетии немец Иордан Неморарий пытался решать механические проблемы путем динамики (Liber Jordani Nemorarii de ponderibus, Hrsg. von Peter Apian, 1533). Подробности см. у Gerland u. Traumüller, Geschichte der physikalischen Experimentierkunst, Leipzig, W. Engelmann, 1899, S. 79 u. f.

[2] Tartaglia, Nuova scienza, Venezia 1537.

статики достались новому времени от древности уже в научной форме, то химия, основы которой, правда, возникли также в древности (собственно в течение последних столетий этого периода), все же в главном являлась созданием средних веков и в соответствии с духом этого времени была очень затуманена примесью мистики. Подобно Роджеру Бэкону и Альберту Великому представители химии в начале новой эпохи еще не сходили с путей, предначертанных средними веками. С философским камнем, изготовление которого теперь, как и раньше, оставалось главной целью всех усилий, связывались самые фантастические надежды. Камень должен был не только, как у прежних алхимиков, при сплавлении с неблагородными металлами давать золото, и даже в безграничных количествах или по крайней мере 1000×1000 частей, но от него ожидали, что он будет удлинять жизнь, возвращать преклонному возрасту юность и исцелять все болезни. Со всеми этими представлениями мы однако встречаемся и в гораздо более раннюю эпоху [1].

Всеобщим было убеждение, что первичная материя (materia prima) найдена и что при ее помощи уже производится золото. Алхимия получила даже известное политическое значение. В придворных сферах люди, якобы владевшие тайной, пользовались высоким влиянием. После того например как английское правительство в 1423 г. призвало ученых и духовенство молить о милости божьей, чтобы удалось наконец изготовление философского камня и таким образом можно было уплатить государственные долги, мольбы очевидно увенчались успехом. Ибо в обороте появились иноземные монеты, вычеканенные в Англии из алхимического золота. Однако мир был уже достаточно просвещен, чтобы — особенно в странах, потерпевших ущерб, — вскоре понять, что здесь происходит прескверное мошенничество [2].

Так, в продолжение более тысячи лет погоня за золотом была движущей силой химической науки [3]. Ибо уже и на

---

[1] По Липпману.

[2] Надо впрочем сказать, что Карл VII французский, у которого англичане старались отвоевать престол для своего короля Генриха VI, также чеканил фальшивую монету.

См. также H. Schelenz, Hermes und seine Kunst, Alchemie in England, Pharmazeutische Post, Wien 1902, № 6. Здесь сообщается, что в 1440 г. одна английская фирма получила даже привилегию на производство искусственного золота. Вскоре однако ценность английской золотой монеты упала вследствие этого наполовину. По Липпману дело шло здесь о фальшивой монете.

[3] „Она научила, — говорит Чемберлен (Grundlagen, S. 756), — наблюдать внимательнее, удвоила творческие способности, внушала отважней-

этой ступени развития мы должны считать химию наукой, хотя и чисто эмпирической.

Мы должны помнить, что в течение этого продолжительного периода было сделано бесчисленное множество наблюдений над химическим состоянием веществ, создано множество новых соединений, выработаны важнейшие химические приемы, словом созданы широкие основы, совершенно необходимые для дальнейшего построения научной системы. Мы не должны далее при оценке алхимиков забывать, что многие из них были исполнены горячего, хотя еще смутного стремления к проникновению в скрытую для них покровом глубокой тайны и необъяснимости природу; с другой стороны, мы также должны помнить, что в наши дни надежда на материальные выгоды или по крайней мере на пользу для общества является важнейшим мотивом деятельности очень многих научных учреждений, особенно существующих на средства государства.

К деятельнейшим покровителям алхимиков и астрологов принадлежал германский император Рудольф II, оказавший столь глубокое влияние на жизнь великого Кеплера. После смерти Рудольфа II (1612) в его наследии были найдены целые кучи золота и серебра, считавшиеся произведениями алхимического искусства. Несколько лет спустя ван Гельмонт, человек, в честности которого в вопросах науки мы можем быть убеждены, но который однако был при этом фантастическим мечтателем, сообщает, что ему удалось превратить в золото 8 унций ртути при помощи $^1/_4$ грана искомого вещества, несколько таинственным образом попавшего в его руки.

Среди первых, отвергших как алхимию, так и астрологию, должен быть назван упоминаемый ниже в связи с его заслугами в геологии француз Палисси (1510—1590). Для его современника Рабле астрологи и алхимики были уже неисчерпаемым предметом ядовитого издевательства. Приблизительно в то же время и Леонардо да Винчи обличал „лживое и пагубное искусство алхимии и ее плутоватых приверженцев". Он отрицал, будто сера и ртуть являются составными частями металлов, и объявлял производство искусственного золота столь же немыслимым, как квадратуру круга и перпетуум-мобиле[1]. При таких обстоятельствах нет ничего удивительного в том, что алхимические стремления продолжали находить новую пищу и тянутся вплоть

шие гипотезы и сообщала беспредельную настойчивость и презрение к смерти".

[1] Lippmann, Die Alchemie, 1919, S. 495 u. f.

до конца XVIII в.[1], так что нам придется еще вернуться к ним. Хотя общий характер химии и мало изменился в начале этого периода, однако в течение его она получила толчок, имевший большое значение в ее дальнейшем развитии. Дело в том, что вторую важную задачу, все более отодвигавшую на второй план искание философского камня, начали видеть в производстве подходящих средств для лечения болезней. Начинается век медицинской химии, или иатрохимии.

Главным представителем иатрохимии был Парацельз. Этот замечательный человек, на биографии которого мы не можем здесь останавливаться подробно, хотя она представляется интереснейшим эпизодом в истории культуры, родился в 1493 г. в Эйнзидельне в Швейцарии. Теофрастус Парацельзус Бомбастус (фон Гогенгейм) был некоторое время профессором в Базеле, но в общем вел довольно темную жизнь и умер в 1541 г. в нищете. Во всем поведении он является представителем преобразовательного духа этого времени, далеко не ограничивающегося областью религии. Особенно решительную борьбу вел Парацельз с признанными научными авторитетами, почитаемыми дотоле в области химии и медицины. Без всяких оговорок Парацельз заявляет, что истинной целью химии не может служить изготовление золота, но что ее назначение есть производство лекарств, которые до сих пор по образцу Галена брали почти исключительно из растительного царства. Несколько театральным жестом, открывая — вопреки всякому обычаю по-немецки — свои лекции в Базеле, Парацельз предал огню старые сочинения, с содержанием которых он боролся. И сделано это было вскоре после того, как Лютер сжег за собой корабли, публично предав пламени папскую буллу.

Вплоть до недавнего времени Парацельз считался бродячим шарлатаном и пьяницей. Новые исследования его деятельности[2] отвергли это представление. Скитальчество Парацельза объясняется его решительным отвращением к традиционной книжной науке и его тяготением к изучению природы. Свое поведение, часто ставившееся ему в упрек, Парацельз оправдывает следующим образом: „Мне важно, чтобы я мог отчитаться перед собой в моих бродя-

[1] В отдельных случаях даже до конца XIX века. Так, в 1894 г. были в Париже основаны „Герметическое общество" и вскоре затем еще „Алхимическое общество". Если, с одной стороны, эти тяготения продолжали свое существование вследствие их связи с мистикой и оккультизмом, то, с другой стороны, они получали новую пищу в открытии превращений элементов, в учении о радио и радиоактивных веществах.

[2] Особенно работы Зудгофа.

жествах. Что я нигде не могу стать оседлым, есть указание пути для тех, которые обращают к книгам спину и углубляются в природу. Мое скитание открылось мне для того, чтобы ни у кого не было учителей, сидящих дома, и наставников, лежащих за печкой. Искусства не собраны под замком в отечестве одного человека, но рассеяны по всему миру. Они не сосредоточены в одной особе или в одном месте; их надо собирать и отыскивать там, где они есть. Искусство не идет ни за кем, но надо итти вслед за ним. Как может хороший космограф или географ вырасти за печкой?" В другом месте он говорит: „Мудрость есть дар божий. Как ее дает господь, так ее надо искать в нем. И как он даст искусство, так его надо искать... Писание исследуется по его букве, природа же из страны в страну: что страна, то лист. Таков Codex Naturae (свод законов природы), так надлежит его перелистывать" [1].

К приверженцам Лютера и Цвингли Парацельз относился так же отрицательно, как к папству и его учению. Он стоял выше церковных препирательств своего времени. Его благочестие было чисто человеческое, его сердце исполнено любви к ближнему. Последнею должно быть проникнуто призвание врача [2].

Сильнее всего было влияние Парацельза на тогдашнюю медицину, покорившуюся часто на извращенной передаче древних сочинений. Так, творения Галена, — наивысшее создание античной медицины, — лишь далеким кружным путем достигли Средней Европы. Посредниками были арабы. Комментарии возникли главным образом в Испании и Италии, и в довершение всего сочинения Галена были еще переведены на ту варварскую латынь, которая до расцвета гуманизма была языком среднеевропейских университетов. В качестве учебника употреблялся главным образом возникший около 1000 г. „Канон" Авиценны (Ибн Сины), — обширное произведение, охватывавшее всю совокупность химии и медицины античной древности и раннего средневековья [3]. Смелое выступление Парацельза изменило это положение. Он первый снова научил видеть чистую экспериментальную науку в медицине,

---

[1] F. Strunz, Theophrastus Paracelsus, sein Leben und seine Persönlichkeit, Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der deutschen Renaissance, Leipzig, E. Diederichs, 1903.

[2] См. сделанный Зудгофом обзор новейших оценок Гогенгейма-Парацельза в Mitt. z. Gesch. d. Med. u. Naturw. 1904, S. 475.

[3] Напечатано впервые в 1493 г., а затем в пяти томах в Базеле в 1523 г., т. е. незадолго до профессорства Парацельза.

застывшей в пустой книжной учености[1]. В общении с рудокопами, ремесленниками и одинокими обитателями безлюдных лесов и гор, непосредственно стоящими перед лицом природы, собирал он свои познания. В природу надо углубляться, бродя из страны в страну; глаза, „наслаждающиеся познанием", — вот его истинные профессора. В Парацельзе жил глубокий дух, „думавший, что можно завоевать мир одним разом, слишком размашистый, самодовольный, своенравный и фантастический"[2]. Мы не можем подробно останавливаться на причудливых медицинских представлениях Парацельза, согласно которым например всеми проявлениями жизненной деятельности правит некая творческая сила, стоящая, со своей стороны, в тесной зависимости от созвездий. Связь медицины с химией явствует для Парацельза из того, что болезни сводятся к изменениям в химическом составе тела. Таким образом химически действительные средства должны восстановлять нормальное состояние. С этой точки зрения все болезни излечимы посредством введения или устранения важного в данном случае элемента. Лихорадка объясняется перевесом серы, подагра — выделением ртути (меркурия), — элементов, являющихся по учению Парацельза наряду с солью основными частями всех вещей. Таким образом в арсенал врачебных средств входят медный купорос, хлористая ртуть, уже до Парацельза предложенные в качестве целебного средства, соединения сурьмы и многочисленные другие, отчасти ядовитые, отчасти безвредные препараты. Из трех вышеуказанных элементов состоят по мнению Парацельза все минералы, растения и животные. В основных чертах — это старое алхимическое учение, восходящее к аристотелевым стихиям. Сера была для Парацельза началом горючести, ртутью обусловливается летучесть. Наконец соль считалась огнеупорным элементом, остающимся после сожжения.

С эпохи патрохимии образовалось сословие химически образованных фармацевтов, из среды которых вышел не один талант, имевший значение в дальнейшем развитии науки. Ведь с исчезновения черной кухни алхимиков вплоть до конца XVIII в. аптеки являлись главным убежищем, где сосредоточивались практическое занятие химией и развитие этой науки.

---

[1] Исполненный твердой самоуверенности, он однажды сказал: „Англичанин, француз, итальянец, — следуйте вы за мной, не я за вами!"

[2] Strunz, loc. cit.

Уже император Фридрих II издал декрет, по которому лекарство должно изготовляться точно по предписанию врача и по установленной цене. В Германии первые настоящие аптеки возникли лишь в середине XIII в., но распространялись они очень медленно, так что основание первой аптеки в Берлине относится лишь к 1488 г. Гораздо позже следовали скандинавские страны (Швеция, 1552 г.[1])

В тесной связи с развитием химии стояли всегда успехи минералогии. Около 1500 г. мы встречаемся с первым и даже написанным по-немецки учебником минералогии, не представляющим собой простого пересказа дошедших от древности сочинений, но показывающим самостоятельность и способность к наблюдению. Он называется „Горная книжка", а составителем его в течение долгого времени считался автор многочисленных химических сочинений Базилиус Валентинус. В лице последнего однако мы встречаемся не с исторической, но с выдуманной впоследствии (около 1600 г.) личностью[2].

Парацельз тоже писал о минералах, но истинным отцом новой минералогии должен считаться Георг Бауэр. Он родился в 1494 г. в Цвикау, где был затем несколько лет ректором школы и, переведя согласно тогдашней моде ученых свое имя на латинский язык, именовал себя Агриколой. Впоследствии он изучал в Лейпциге и Италии медицину, и с 1527 г. занимался врачебной практикой сперва в Иоахимстале, затем в Хемнице. Интерес к горному делу и металлургии на его родине побудил Агриколу отдавать свой досуг знакомству с этими отраслями промышленности и сопоставлять все, что он мог видеть непосредственно, с минералогическими познаниями древних, сочинения которых были ему знакомы. Внимание Агриколы было привлечено минералогией потому, что в древней литературе встречались упоминания о металлах как целебных средствах, к которым прибегали особенно при накожных болезнях. Поэтому он собирал все минералогические познания древних в надежде оказать тем услугу своим современникам, заня-

[1] О возникновении фармацевтических знаний см. стр. 278 этого тома.

[2] „Горная книжка" вышла в 1905 г.; заглавие ее гласит: „Обстоятельная и пользительная книжица о том как искать и находить руды, о всяческих металлах, с сообразными изображениями гор, добропоказанными, с приложением названий гор, преполезная начинающим рудокопам". Книга изложена в виде разговоров между „рудокопом Данилом и молодым помощником". Это редкое произведение перепечатано в XXVI томе „Zeitschrift für Bergrecht". См. отзыв О. Фогеля в Mitteil. zur Gesch. d. Med. u. Naturw., 1909, S. 299, и W. Jacobi, Das älteste Lehrbuch für den Bergbau. Der Erzbergbau. 1909, Heft 3, S. 52.

тым промышленной деятельностью. К своему изумлению однако он убедился, что и без всякого содействия цеховой учебе в немецких горных местностях возникла своя наука о металлах, минералах и породах, равно как о металлургических процессах, раскрывавшая новый, почти неизвестный древним мир. Оставалось только изложить сделанные в течение средних веков наблюдения, открытия и изобретения языком ученых, чтобы таким образом присоединить к прежним наукам новые. „Заслуга Агриколы заключается в том, что он сделал это самостоятельным умом и рвением, в которых лежит залог научных успехов. Ему удалось представить не зачатки или сомнительные опыты, но проверенные и приведенные в связь знания, почти целые системы минералогии и металлургии, легшие в основу дальнейших работ“ [1].

Агрикола не может считаться убежденным сторонником алхимии. Во всяком случае он открыто возражал против ее исходной точки зрения, будто металлы состоят из серы и ртути. С большой сдержанностью он высказывался также о возможности превращения металлов. Результаты своих трудов Агрикола изложил во многих сочинениях, которые по признанию Вернера, учителя Александра Гумбольдта и Леопольда Вуха, являлись основой минералогии вплоть до новейшей эпохи в развитии этой науки, столь обязанной трем вышеназванным исследователям.

Значительнейшим из сочинений Агриколы является появившаяся лишь в 1556 г., через четыре месяца после смерти автора, книга о горном деле [2]. Она дает полную картину тогдашнего горного и металлургического дела, равно как пробирного искусства, и содержит многочисленные превосходные гравюры на дереве, изображающие не только процессы горного производства, но и геологические подробности, каковы рудные жилы, пересечения пород, сбросы и т. п.

В этой книге в первый раз описано применение компаса в горном деле; Агрикола приводит и изображение горного компаса. Искусство устраивать при его помощи рудники он называет маркшейдерством (буквально: разделение участков,

---

[1] Beckmann, Geschichte der Erfindungen, Bd. III. См. также Ranke, Deutsche Geschichte im Zeitalter der Reformation, Bd. V, S. 348.

[2] Латинский подлинник озаглавлен: De re metallica, libri XII. Из старых немецких переводов укажем: Agricolas Bergwerkbuch, übersetzt von Bechius, 1580 (также 1621). См. также Agricolas Mineralogische Schriften, übersetzt und mit Anmerkungen von E. Lehman, Freiburg 1816.

Нового немецкого перевода нет, но в 1912 г. вышел превосходный английский перевод.

размежевание). Несколько позже мы встречаемся с первым подробным руководством к этому искусству [1].

Механические приспособления, описываемые Агриколой, мало отличаются от применявшихся в древности. Однако



Рис. 63. Железоделательный завод по Агриколе.

отчетливо замечается уже стремление заменить человеческую силу животной или силами неорганической природы. Насосы

[1] Vom Markscheidern, kurzer und gründlicher Unterricht durch E. Reinhard, Erfurt 1574.

например приводятся в действие силой воды, равно как большие молоты, как видно на рис. 63, взятом из книги Агриколы. Вентиляционные приборы приводятся в движение ветром и т. д. Таким образом уже в средние века подошли вплотную к великим задачам, ожидавшим развития техники; правда, решения, которых удалось достигнуть, были еще очень неудовлетворительны [1].

Из новых металлургических способов Агрикола упоминает также об амальгамационном процессе, имевшем впоследствии столь большое значение в эксплоатации вновь открытых стран Америки, богатых золотом и серебром. Правда, уже в древности были знакомы с действием ртути на золото и серебро. Однако практическое применение ртути в добывании благородных металлов является достижением нового времени. Амальгамационный способ изобретен в Германии [2]. В больших размерах он был применен сперва в Мексике (1576) и в Перу (1574). Д' Акоста описал его в своей „Естественной и нравственной истории Индии" (Historia natural y moral de las Indias), сообщающей нам также сведения о первых открытиях в области ботаники и зоологии. Серебряная руда подвергалась действию поваренной соли и ртути, и полученная амальгама разлагалась посредством нагревания. Агрикола дает сведения также о нефти [3].

В эпоху, когда писал Агрикола, господствовало еще представление, что мир в общих чертах пребывает в том состоянии, в каком его создал бог. Великой смелостью было бы стать в противоречие с рассказом библии о сотворении мра, которого слепо держались даже образованные люди того времени [4]. В противоречии с этим рассказом Агрикола держался взгляда, что камни и минералы обязаны своим происхождением силам природы. Каким силам он приписывает происхождение гор, изображает он в следующих словах [5]: „Так как мы видим, что сквозь камень гор идут проходы, то я должен сперва

---

[1] Об импульсах, полученных в течение культурной истории естествознанием и техникой от горного дела, см. ст. Э. Герланда в Archiv für Gesch. d. Naturw. u. d. Technik, 1910, S. 301 u. f.

[2] Lindner, Geschichte, Bd. IV, S. 431.

[3] Подробности см. в Mitt. zur Gesch. d. Med. u. d. Naturwiss, № 59, S. 592.

[4] Наиболее препятствовавшие развитию геологии места библии гласят: „И сказал бог: да соберется вода, которая под небом, в одно место, и да явится суша. И стало так. И назвал бог сушу землею, а собрание вод назвал морями, и увидел бог, что это хорошо" (Ветхий завет, Бытие, 9—10) и: „Прежде, нежели родились горы и ты образовал землю и вселенную" (Ветхий завет, Псалмы Давида, 89, 3).

[5] Agrikola, De ortu et causis subterraneorum, Basileae 1546, Liber tertius, p. 36.

объяснить происхождение гор, а затем появление в них проходов. Холмы и горы создаются двумя причинами, а именно натиском вод и силою ветра. Разрушаются и уничтожаются холмы и горы вследствие трех причин ибо к двум упомянутым присоединяется еще внутренний жар земли.

Что большинство гор создано водами, явствует с очевидностью. Сперва воды размывают мягкую землю, затем они срывают твердую землю и наконец сваливают камни. Создавая так углубления, они в течение многих человеческих веков действуют таким образом, что земля, оставшаяся нетронутой, становится значительно выше. Вследствие частых дождей массы земли так долго смываются с крутого склона таких высот, что крутой склон превращается в отлогий". Таким образом Агрикола совершенно правильно описывает образование долин — процесс, называемый эрозионным, — и размывание гор. Если бы у него было представление о роли вулканической деятельности в образовании гор, то его взгляды еще больше приблизились бы к современным. Он продолжает: „И углубления, в которых теперь содержатся моря, не все существовали некогда. Во многих местах была суша, прежде чем сила ветров нагнала на землю бушующее прибоем и волнами море. Таким же образом натиск вод совершенно разрушает также холмы и горы. Хотя все эти перемены имеют громадные размеры, обыкновенно они остаются незамеченными, так как, требуя больших промежутков времени, исчезают из памяти людской".

Эти слова напоминают замечания Аристотеля, которого Агрикола цитирует во многих местах своих сочинений.

Авиценна (стр. 294) также дал теорию образования гор, почти тождественную с теорией Агриколы, так как оба они непосредственно или из переводов черпали материал у тех же самых древних писателей. По указаниям Ляйелля [1], передающего взгляды Авиценны, последний причину образования гор видит в землетрясениях, „подымающих землю и образующих гору". Дальнейшей причиной как он, так и Агрикола считают „размывание водой, отчего возникают пустоты, так что смежная земля выступает и образует гору".

Зачатки геологии, возникшие под влиянием древних писателей в эпоху возрождения наук, нашли в дальнейшем развитие в трудах Стенона, о котором будет итти речь ниже.

За десять лет до появления книги о горном деле Агрикола издал свое важное сочинение о минералах [2]. В этом труде

[1] Lyell, Principles of geology, II Ed., t. I, London 1872, p. 27—28.
[2] Georgius Agricola, De natura fossilium, Basel 1516.

он установил основанные на внешних признаках методы определения минералов. Несмотря на все несовершенства, его труд заслуживает внимания, так как позднейшие опыты исходили из системы Агриколы. Агрикола обращает внимание на цвет, блеск, прозрачность, вкус, запах и действие на осязание (жирность, гладкость, шероховатость и т. д.), затем исходными точками для точного описания минералов ему кажутся вязкость, гибкость, тяжесть и сцепление. Его указания на внешний вид минералов еще очень неопределенны. Он различает минералы плоские, угловатые (трех- и т. д., шестиугольные и многоугольные) и напоминающие известные предметы (стрелообразные, звездообразные, чечевицеобразные и т. д.). Полезность этого обзора для позднейших минералогов была повышена тем, что каждый из указанных признаков не только назван, но и объяснен примером типичных минералов, чем дается устойчивое основание для сопоставлений.

Уже в древности различали минералы и окаменелости, совершенно правильно считая последние остатками органических существ. В средние века наоборот, исходя из учения Аристотеля о самопроизвольном заражении низших животных, пришли к своеобразному представлению, что окаменелости обязаны своим происхождением действующей в глубинах земли формирующей силе, некоторой vis plastica или formativa[1]. Прошли века, пока вновь возродившейся в XV столетии науке не удалось освободиться от этого учения. С последними его следами мы встречаемся еще в половине XVIII века. Таким образом по мнению Агриколы окаменелости являются остатками организмов. Особенно убежден Агрикола в таком происхождении окаменелого дерева, отпечатков листьев, костей и известных отпечатков рыб в мансфельдских медных сланцах. Наоборот заключенные в камнях раковины, аммониты и белемниты он считает „отвердевшими сгустками воды".

Во Франции и в Италии, где не так трудно было установить сходство ископаемых окаменелых раковин с живыми существами соседних морей, просвещенные современники Агриколы также склонялись к правильному предположению, что окаменелости имеют органическое происхождение. Лишь тогда, когда главной целью геологии сделалось толкование моисеева рассказа о сотворении мира,— причем окаменелости

[1] Основателем этого ложного взгляда должен считаться Авиценна. Держался его и Альберт Великий, который однако полагал, что животные и растения могут превращаться в камень в таких местах, где имеется каменящая сила. (Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie, 1899, S. 15).

явились важнейшими свидетелями всемирного потопа,—это учение нашло всеобщее сочувствие. Принятый ныне взгляд нашел впервые совершенно ясное выражение вероятно у Леонардо да Винчи, а главным образом у веронского врача Фракасторо (1483—1553). Когда в Вероне при рытье фундаментов в глубине земли были найдены раковины, то Фракасторо заявил, что здесь не может итти речь ни о созданиях какой-то vis plastica, ни о свидетельствах всемирного потопа. Свидетельства всемирного наводнения должны были бы по его словам находиться на земной поверхности, между тем как найденные доказательства оказались зарытыми в землю. Остается предположить, что окаменелости являются остатками существ, живших раньше там, где они найдены, доказывая таким образом, что некогда море бушевало там, где теперь мы находим сушу.

В середине XVI столетия мы встречаемся также с первыми иллюстрированными сочинениями об окаменелостях; среди них заслуживает упоминания труд Геснера [1], немецкого Плиния. Правда, по отношению к окаменелостям он не дошел до ясного понимания. Хотя он и сравнивает их с растениями и животными, однако не считает их определенно остатками органических веществ [2].

Среди писателей XVI века, занимавшихся вопросами биологии, на точке зрения Фракасторо стоял главным образом француз Бернар Палисси.

В труде, выявляющем ясное мышление и непредвзятую наблюдательность [3], он указывает, что многие окаменелости сходны с еще живущими животными и растениями и явно возникли в местах, ранее покрытых морем или пресной водой [4].

Нельзя считать правильным часто повторяемое мнение, что к верным представлениям об окаменелостях и о смене суши и моря Леонардо да Винчи, Фракасторо и Палисси пришли исключительно путем самостоятельного, свободного от предрассудков размышления. И они очевидно были вдохновлены в своих рассуждениях сочинениями древних, особенно книгами Аристотеля, сообщавших новому времени геологические представления, до которых дошли греческие

[1] Konrad Gesneri, De omni rerum fossilium genere („Обо всем роде ископаемых"), 1565.

[2] Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie, 1899, S. 18.

[3] Palissy, Discours admirable de la nature des eaux et fontaines, des metaux, des sels et salines, des pierres, de terres, du feu et des emaux. Paris 1580. По Липпману — оригинальность его в последнее время сильно оспаривается.

[4] Zittel, loc. cit, p. 22.

исследователи, особенно Демокрит. В своей книге под заглавием „Discours admirable", Палисси пользуется формой диалога. Свои собственные воззрения он влагает в уста „Практике", взгляды противника — „Теории". На одно возражение „Теории" Палисси отвечает: „Как было бы возможно превращение дерева в камень, если бы оно не находилось долгое время в воде, содержащей минералы? Если бы последние не были так же текучи и тонки, как обыкновенные воды, то они не могли бы проникнуть в дерево и пропитать его во всех его частях, не лишив его в чем-либо его первичной формы. Подобно дереву обращены были в камень и раковины, не теряя своей формы".

Палисси был простой гончар. Он однако читал у ученого Кардана, что во многих местах раковины окаменели от того, что содержимое их менялось, тогда как форма сохранялась [1]. Отчего происходит, что окаменелые организмы не только встречаются на поверхности земли, но и в глубинах гор,—на этот вопрос Палисси превосходно отвечает: „Окаменелые организмы возникли на том же месте, где мы их находим теперь, и возникли во времена, когда на местах нынешних скал были лишь ил и вода. Все это с тех пор окаменело вместе с организмами. И земля и ил окаменели под влиянием той же силы, порождающей ископаемые, а именно под влиянием всепроникающих минеральных растворов". В одном вопросе Палисси рассуждает правильнее, чем Кардан. Последний вместе с большинством ученых своего времени, поскольку они не принимали окаменелости за игру природы или „опыты господа при сотворении мира", считал окаменелые организмы остатками наводнения, покрывавшего всю землю, включая вершины гор, стало быть в известном смысле свидетелями всемирного потопа. Против этого взгляда Палисси выдвигает указание, что ископаемые находятся не только на поверхности земли, но и в отдаленнейших глубинах, до которых добираются, выламывая камни. „Через какие врата,—спрашивает он своих противников,—проникло море чтобы внедрить ископаемые в глубь непроницаемых скал?"

[1] По указанию Левенгейма, Палисси и Кардан сходятся иногда почти буквально.

13. ЗАЧАТКИ НОВОГО ОБОСНОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ НАУК.

Не только в области неорганических наук, включая минералогию и геологию, были в XVI столетии созданы основы, от которых успешно можно было двигаться дальше, но то же самое было сделано и в прочих областях описательного естествознания, в ботанике, зоологии, а также в учении о строении и отправлениях человеческого тела. Эти отрасли были пробуждены к новой жизни прежде всего благодаря знакомству с относящимися к ним творениями древних. Затем однако к этому присоединилось еще второе благоприятное обстоятельство. Вследствие географических открытий и вызванного ими расширения торговых сношений европейское человечество познакомилось с таким богатством новых произведений природы, какого не знало до сих пор.

Географические открытия и описательное естествознание.

Уже в обычном изложении, обращающем внимание преимущественно на личный и случайный элементы, историю великих географических открытий считается одним из самых захватывающих эпизодов всемирной истории. Но ее общий интерес возвышается в необычайной степени, когда мы устанавливаем ее причинную связь со всем ходом научного развития. Географические открытия были обусловлены завоеваниями науки, которая в свою очередь получила от них мощный толчок.

Мы видели уже, как в конце средних веков уменьшились опасности и случайности мореплавания вследствие введения компаса, равно как развития астрономии и основанных на ее теориях морских инструментов. В силу этих причин мореплавание получило возможность ставить себе более обширные цели. Так как сухопутные сношения с южными и восточными странами Азии, уже в древности вошедшими в кругозор европейцев и получавшими с конца средних веков все большее значение для Европы, были в высшей степени затруднительны, дороги и опасны, то у дальновидных людей зародилась мысль, нельзя ли добраться до этих азиатских стран плаванием в западном направлении или

вокруг Африки. Эта мысль нашла благоприятную почву в Португалии и Испании, своим положением более, чем Италия, связанных с океаном и вынужденных искать новых путей для своей торговли вследствие преобладания Венеции в Средиземном море.

В Португалии это стремление нашло особенную поддержку в младшем сыне короля Иоанна I Генрихе-„Мореплавателе". Вокруг него объединились ученые и отважные люди, к которым принадлежал также нюрнбергский географ и астроном Мартин Бехаим. В середине XV века начались путешествия вдоль западных берегов Африки. Первые сведения о предгориях, покрытых лесом, прежде всего разрушили средневековый предрассудок, будто вблизи экватора всякая жизнь сожжена раскаленным солнцем. Далее было замечено, что берега Африки все больше отходят на восток, в чем нашли новую пищу надежде открыть восточный морской путь в Индию. Путешествиями Бартолемео Диаса, достигшего в 1486 г. южной оконечности черного материка, и Васко да Гамы, который, обогнув Африку, в 1498 г. высадился в Ост-Индии, эта надежда была наконец осуществлена. Быстро распространились владычество и торговля португальцев по южной Азии и юго-восточным островам этой части света.

Здесь можно лишь упомянуть о великом множестве невиданных произведений природы, с которыми познакомилось теперь европейское человечество. По берегам и на островах восточной Африки в глаза бросались главным образом громадные драцены и исполинское хлебное дерево (Adansonia digitata). На Цейлоне европейцы сделались владельцами лесов корицы, познакомились с необычайным малединским орехом, гвоздичным деревом и иными растениями, дающими мускатные орехи, камфору, бензой, индиго, стрихнин и т. д. Не в меньшей степени обогащена была наука благодаря открытию многочисленных животных форм, и ученый Клюзиус (родился в Аррасе в 1526 г.) дал сводку всего важнейшего о невиданных произведениях заморской природы[1]. У Клюзиуса мы впервые встречаемся с описаниями и изображениями летучей собаки, молуккского рака, громадных, неуклюжих (относящихся к разряду китообразных) сирен, уже вымершего в наши дни додо, — беспомощной птицы, которую Васко да Гама нашел в таком множестве на Мадагаскаре. И обитателей Америки, ее ленивцев (тихоходов), броненосцев (армадилов) и колибри и наконец столь фанта-

[1] Exoticorum, libri X.

стически необычайных рыб, оживляющих моря тропиков, — все это рисует Клюзиус.

Из торговли с Индией португальцы были вытеснены нидерландцами, морское значение которых выросло так сильно с тех пор, как они свергли испанское иго. Научное исследование вновь открытых земель получило значительное развитие у этого народа, также на своей родине проявлявшего живейшую склонность к науке. Ведь и Клюзиус был нидерландцем.

Мысль достигнуть западным морским путем берегов восточной и южной Азии впервые зародилась в эпоху Возрождения у флорентинского астронома Тосканелли (1397—1482) Этот ученый, влияние которого на Николая Кузанского много содействовало возрождению астрономии в Германии, сумел увлечь своей мыслью великого генуэзца, которому Европа обязана открытием западного полушария. Однако десять долгих лет прошло со смерти Тосканелли, пока Колумб, преодолев бесчисленные трудности, пристал к берегам Вест-Индии. Уже первое его путешествие принесло знакомство с табаком, корнем ямса и маисом. Вскоре затем открыты были ананас, американская агава, теоброма, какао, батат, подсолнух, манигот и многочисленные другие важные и характерные американские растения.

После того как Кабот открыл в 1497 г. североамериканский материк, Кабраль в 1500 г. — Бразилию, а Кортес и Пизаро с оружием в руках проникли в глубь нового континента, началось тщательное естественноисторическое исследование вновь открытых земель. Ревностно и успешно посвящали себя этому делу образованные духовные лица. Так, иезуит д'Акоста написал „Естественную и нравственную историю Индии", где упоминаются также исполинские ископаемые кости, найденные в южной Америке. Д'Акоста считал их останками великанов и совершенно серьезно обсуждает вопрос, каким образом американские животные добрались до своего нынешнего местожительства, так как и они ведь были заперты в Ноевом ковчеге.

Еще с бо́льшим пылом, чем к растениям и животным, обратились к ископаемым сокровищам вновь открытых стран. Горное дело в Мексике и Перу велось столь успешно, что ввоз добытых там благородных металлов в Европу совершил переворот в экономической жизни этой части света. За открытием нового континента последовал обмен его продуктов на произведения старого мира. Так, уже в 1559 г. возделывался в Португалии табак [1], вначале служивший в Европе

[1] Sprengel, Geschichte der Botanik, Bd. I, S. 352.

средством против опухолей. К первым курильщикам табака принадлежал великий естествоиспытатель Геснер. Новый свет получил в обмен между прочим кофейное дерево, сахарный тростник и плоды наших фруктовых садов.

Рука об руку с необычайным обогащением науки благодаря географическим открытиям шли расцвет всей культуры и расширение общего кругозора, какого не знала никакая эпоха ни раньше, ни позже. Торговля перестала быть привилегией нескольких могущественных городов южной и средней Европы и сделалась мировой торговлей. Страны Средиземного моря перестали быть отныне самодовлеющим миром, но вся земля сделалась владением белой расы.

А внутри этой расы постепенно получал преобладание германский элемент, ибо германские народы превосходили романские энергией, по умственной одаренности будучи по меньшей мере им равноценны, и наконец благодаря местожительству у открытого океана были особенно побуждаемы к дальнейшему развитию мировой торговли, основа которой была заложена путешественниками-конквистадорами [1].

Все это в соединении с установившейся в северной Европе свободой веры и мысли содействовало перенесению возродившейся в Италии науки в среднюю и северо-западную Европу.

Обновление ботаники.

После этих общих замечаний мы обращаемся к отдельным естественным наукам. Величайшее значение для дальнейшего развития описательного естествознания имело то, что в век Возрождения и географических открытий научились, сбросив оковы веры в авторитет и книжную ученость, непосредственно смотреть на вещи. Если раньше описательным естествознанием занимались лишь между прочим и главным образом с медицинскими целями, то теперь вдруг явилось такое богатство новых материалов, что деятельность людей, занимавшихся естественными науками, была совершенно поглощена ими. И перед самостоятельным значением этих наук понемногу отступило на задний план их отношение к медицине.

[1] Автор не уберегся от соблазна совершенно ненаучных националистических „выводов“, вернее — предвзятых суждений. Он в этом отношении не одинок. Как в истории науки, так и в истории вообще буржуазные ученые всех стран неспособны подняться до высоты единственно научной международной точки зрения. Они вольно или невольно фальсифицируют историю в пользу „своего“ народа. Даннеман — еще один из наиболее осторожных в этом отношении. Ред.

Особенно для ботаники наступил в XVI веке момент, когда эта наука развилась далеко за пределы лекарствоведения, так как теперь стали интересоваться растениями как таковыми [1]. Был наконец отброшен стародавний предрассудок, будто древние исчерпали уже всю полноту растительного мира. Стремление к самостоятельной научной деятельности в области ботаники выразилось в эту эпоху главным образом в появлении ряда описаний местной флоры с рисунками так называемых „травников". В широких кругах относились с вниманием к этим произведениям расцветшего печатного дела. Поэтому издатели очень заботились о том, чтобы сделать эти травники безукоризненными, снабжая их образцовыми иллюстрациями. И по мере того как искусство деревянной гравюры делало в этой области успехи, развивалось также искусство описания надлежащими словами. В связи с возрастающим знанием растений и уточнением наблюдательности все больше ощущалось естественное их сродство, так что часто исследователи доходили уже до объединения сходных видов в роды и даже сходных родов в группы, близкие к семействам. Зачатки такой систематики можно отметить, правда, уже в древности, где например Теофраст объединял различные виды дубов, сосен и т. д. Так как однако общая ботаника, если не считать обособленных попыток Альберта Великого, не пошла вперед, то при этих первых шагах на пороге нового времени двигались больше интуитивно, не будучи в состоянии охватить ясными определениями добытые понятия.

Кратко намеченные в предыдущем успехи ботаники являются главным образом заслугой нескольких немецких ученых, которых называли отцами ботаники. Это — Брунфельс, Бок и Фукс. С таким же правом, с каким Агриколу называли отцом новейшей минералогии, могут они быть названы основателями новой ботаники. Их травники были вызваны к жизни тем, что все комментаторские усилия, направленные на ботанические сочинения древних, оказались по многим причинам бесплодными. С верой в непогрешимость древних было связано убеждение, что изображенные в их ботанических сочинениях растения представляют собою всю совокупность растительного царства. Затем, не имея ясного представления о географическом распространении описанных древними растений, их отыскивали в средней Европе, где ввиду значительного различия между флорами Греции и Германии могла быть отыскана лишь ничтожнейшая их часть.

[1] E. Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. IV, S. 290.

Лишь убедившись в неверности этих предположений, обратились к точному описанию растений, найденных на родине.

Главным из новых ботаников должен считаться Отто Брунфельс. Он родился около 1490 г. возле Майнца, где и учился. Пробыв некоторое время в должности учителя, он получил степень доктора медицины [1]. Главная его заслуга в области ботаники заключается в том, что он при помощи одного выдающегося художника составил первое собрание согласных с действительностью и художественно ценных изображений растений. Этот труд появился в 1532 г. под заглавием „Herbarum vivae eicones" („Живые изображения трав"). Здесь заключается несколько сот рисунков, настолько удачных, что невозможно не узнать изображенные растения. Книга ограничивается главным образом дикими, часто встречающимися растениями верхнерейнской равнины.

Текст Брунфельса, сопровождающий эти рисунки, не имеет большой ценности. Он опирается в главных чертах на древних писателей и стремится установить тождество между отечественными растениями и описаниями в сочинениях Диоскурида, Плиния и Галена. Брунфельс распределил свой травник следующим образом. Под каждым рисунком он поместил прежде всего немецкое название. Затем следуют латинские и греческие наменования, а также указания, взятые из Теофраста, Диоскурида, Плиния и т. д. Затем даны сообщения о действии растений. Некоторые попытки дать верное изображение немецких растений делались в Германии впрочем уже до Брунфельса — в XV веке. Образцом в этом отношении являлось главным образом творчество Альбрехта Дюрера (1471—1528). Изображения растений, находящихся на его картинах, а также на картинах некоторых старых немецких художников, были довольно правильны. Дюрер любил в качестве аксессуаров изображать на своих картинах растения и животных. Он следовал в этом господствовавшему тогда обычаю. В общем мы находим в его произведениях изображения около 180 растений и животных. Эти изображения, например фиалки, пионы, лилии и т. д., возвышаются, особенно благодаря зрелости художника, до несравненной художественной правды. „Поэтому Дюрер в истории естест-

[1] Подробное жизнеописание Брунфельса с характеристикой его заслуг в области ботаники см. в ст. Ф. В. Э. Р о т а, Otte Brunfels в „Botanische Zeitung", 1901, S. 191 u. f.

Будучи картезианским монахом, Брунфельс вступил в сношения со значительнейшими и главнейшими гуманистами, между прочим с Ульрихом фон Гуттеном, при помощи которого бежал из монастыря, чтобы открыто объявить себя лютеранином. Впоследствии он был учителем в Страсбургской гимназии и умер в 1534 г.

веннонаучной иллюстрации, которая, правда, еще должна быть написана, заслуживает непреходящей славы“ [1].

Искусство и наука таким образом соперничали в том, чтобы вновь обосновать естествознание на самостоятельном наблюдении и освободиться от указки унаследованных от древности сочинений, лежавших вплоть до конца XV столетия в основании всякого изучения в качестве единственного источника знания. Однако в силу разнообразнейших причин новая наука лишь постепенно стала на ноги.

Сотрудником Брунфельса был Иероним Бок [2]. Бок родился в 1498 г. возле Цвейбрюкена, изучал древние языки и был приставлен пфальцграфом цвейбрюкенским к надзору за его садом. В то же время он занимал место учителя. Бок совершал ботанические экскурсии по Эйфелю, Гунсрюку, Вогезам, Юре, Швейцарским Альпам и повсюду с величайшей тщательностью наблюдал растущие там растения. Его ошибкой, против которой однако, как мы сейчас увидим, выступил его современник Фукс, было то, что он именовал найденные им растения греческими и латинскими названиями, которыми старые ботаники обозначали совершенно иные растения, свойственные южной Европе.

Бок делает даже попытку естественной классификации и объединяет в группу например губоцветные, сложноцветные и большинство крестоцветных. Труд, дающий ему бессмертие в истории ботаники, озаглавлен: „Новый травник“ [3]; он вышел в свет в 1539 г. без рисунков, которые появились лишь в позднейших изданиях. Иллюстрации Бока стоят ниже рисунков Брунфельса; зато Бок стоит гораздо выше Брунфельса в искусстве описания, так что его восхваляли за то, что ему удается словесными описаниями действительно рисовать природу. Бок прежде всего превосходно рисует общий вид растения, гораздо менее заботясь об описании цветов и плодов Он не упоминает ни об одном растении, которого не видел своими глазами. Он дает также сведения о распространении и времени цветения описанных растений. Затем Бок решительно высказывается против алфавитного порядка, распределяющего по разным местем сходные растения. В общем Бок дал описание шестисот растений.

---

[1] S. Killermann, Dürers Pflanzen-und Tierzeichnungen und ihre Bedeutung für die Naturgeschichte, „Studien zur deutsch. Kunstgeschichte“, Strassburg, 1910, Heft 119.

[2] Hieronymus Bock (1498—1544). New Kreuterbuch von Underscheidt, Wirkung und Namen der Kreuter, so in teutschen Landen wachsen.

[3] Брунфельс, вероятно в 1533 г., познакомился с коллекциями Бока и убедил его издать травник.

В качестве образца приводим данное им описание двух вьющихся растений Convolvulus arvensis и Convolvulus sepium (вьюнка и повойника). Он говорит: „Повсюду в нашей стране растут два обыкновенных вьющихся растения с белыми цветочками в виде колокольчиков или бубенчиков. Большее из них охотно живет у заборов, ползет через них, скручивается и вьется. Меньшее сходно с бо́льшим цветами и листьями, корнем и круглым стеблем, но в нем все тоньше и меньше. Некоторые цветы на нем совершенно белые, некоторые — телесного цвета с темнокрасными полосками. Эти растения встречаются на сухих лугах и в садах. Они вредны тем, что, вползая и обвивая, заглушают другие садовые растения. И их трудно полоть".

Растения располагались в травниках по преимуществу в алфавитном порядке. Понемногу однако на почве бесчисленных отдельных наблюдений развилось ощущение близости сходных растений, что явилось предпосылкой создания естественной классификации. Так, вскоре почувствовалось, что хвойные, крестоцветные, сложноцветные и другие семейства представляют собой естественные группы,—большой шаг вперед в сравнении с разделением на деревья, кусты и травы, с которым мы по преимуществу встречаемся в древности. Медицинский элемент однако все еще занимал в травниках большое место, как и играл важнейшую роль при устройстве ботанических садов. Довольно наивным кажется нам еще многое в травниках, этих первенцах новой ботанической науки. Так, Бок начинает словами: „По указанию всякого писания ясным предетавляется, что всемогущий господь бог и творец есть первейший садовник, насадитель и возделыватель всех растений". Затем в качестве второго ботаника восхваляется Адам за то, что он дал всем растениям их надлежащие имена. За ним следуют ботаники Каин, Ной и т. д.

Третьим в ряду основателей ботаники должен быть назван баварец Леонард Фукс. Он родился в 1501 г., изучал подобно своим предшественникам медицину и древние языки и издал в 1542 г. свою знаменитую Historia stirpium, описание многих дико растущих растений Германии, к которым присоединено еще до ста садовых. Труд Фукса не ниже сочинений Бока и Брунфельса. Благодаря своей обширной учености Фукс ясно видел недостатки арабских медицинских и ботанических сочинений и их латинских подражаний. Поэтому он настаивал на том, что если в медицине надо учиться по греческим первоисточникам, то в ботанике должно обращаться к самой природе. Последнее казалось ему

единственным выходом из путаницы, созданной перенесением древних названий растений на немецкую флору [1].

Среди ботаников XVI века должен быть назван также нидерландец Додонеус. Нидерландцы вообще рано выдвинулись среди основателей нового естествознания и философии,— явление, несомненно объясняемое географическим положением их родины и связанным с ним экономическим, государственным и религиозным развитием этого народа. Додонеус родился в 1517 г. в Мехельне. Его главное сочинение [2] „Естественная история растений" появилось в 1583 г. Что особенно выделяло Додонеуса среди современных ему ботаников, было его сознательное стремление найти научную систему в царстве растений. Он, правда, не пошел дальше грубой попытки, но уже заметил многие роды и семейства и некоторые не так бросающиеся в глаза родственные группы растений. Растения, описываемые им, принадлежат отчасти к местной флоре, отчасти же разводились в садах, которые уже тогда были предметом чрезвычайного внимания нидерландцев и в результате широко развитых торговых сношений этого народа богатых редкими породами растений [3]. Сам Додонеус сравнивает непосредственно виденные растения с описанными у древних писателей. Это однако не мешает ему основывать свои описания на точных и обстоятельных наблюдениях, так что его описания подробнее, чем у какого-либо из его предшественников.

Гораздо многостороннее и прогрессивнее названных ученых был великий полигистор Конрад Геснер, ученый, имевший для своей эпохи значение, какое Альберт Великий имел для XIII столетия. Конрад Геснер родился в 1516 г.

[1] Укажем некоторые из изображенных впервые в сочинении Фукса видов: Ligustrum vulgare (бирючина), Salvia pratensis (шалфей), Hordeum vulgare (ячмень), Avena sativa (овес), Convolvulus arvensis (вьюнок), Lysimachia Nummularia (копеечник), Cyclamen europeaum (альпийская фиалка), Lilium candidum (лилия), Paris quadrifolia (вороний глаз), Daphe Mezereum (волчье лыко), Saponaria officinalis (мыльнянка), Euphorbia Cyparissias (молочай), Prunus spinosa (терн), Clematis vitalba (ломонос), Ranunculus acris (полевой лютик), Digitalis purpurea (наперстянка), Genista tinctoria (дрок красильный), Orchis morio (ятрышник), Equisetum arvense (хвощ), Pteris aquilina (папоротник-орляк) и т. д.

[2] Dodonae i'stirpium historiae pemptades sex sive libri XXX, Antwerpiae, ex officina Christhopori Plantini, 1583 in fol.

[3] В статье о культуре ввозных американских растений С. Киллерман („Naturwiss. Wochenschrift", 1909, S. 193) сообщает, что кукуруза появилась в Европе в первой половине XVI столетия. Американская агава привезена по Цезальпину в 1561 г. Дальнейшие указания относятся к табаку (Nicotiana tabacum), картофелю (Solanum tuberosum), зеленому перцу (Capsicum annuum) и т. д. Существует однако сообщение Колумба (E. Lippmann), что он сам привез маис.

в Цюрихе и был сыном бедного скорняка. Однако при поддержке своего дяди он получил хорошее образование. Его дядя, бывший большим любителем садоводства, пробудил в юном Геснере любовь к естественным наукам. В страсбургском и парижском университетах изучал Геснер медицину и естественные науки. Вспомнив, что, будучи практическим врачом, он в то же время занимал также кафедру греческого языка, мы получим понятие о многосторонней учености, столь часто встречаемой нами в эпоху, следующую за расцветом гуманизма. Склонность к общему образованию привела Геснера к знакомству с разнообразнейшими древними и новыми сочинениями [1]. Вначале он был учителем, затем поселился в Цюрихе, где занялся врачебной практикой, будучи в то же время профессором философии. Лишь в 1558 г. он получил более надежную и лучше оплачиваемую кафедру естественной истории. Но уже немного лет спустя, в декабре 1565 г., он пал жертвой моровой язвы.

Созданием жизни Геснера была обширная естественная история растений и животных — дело, значительно превышавшее силы и время отдельного человека, несмотря на его неустанную работу. Для естественной истории растений Геснер собрал или нарисовал или поручил нарисовать рисунки, число которых доходит до 1500. Однако великой заслугой его в области ботаники является то, что в его рисунках мы впервые встречаемся с точными изображениями частей цветов и плодов, оставленных его предшественниками почти в полном пренебрежении [2].

Из писем Геснера явствует, что он придавал этим частям растений особое значение в тех случаях, когда дело касалось сродства. В ясных словах определяет он также различие между родами и видами. „Я считаю, — говорит он, — что почти нет растений, не образующих особого рода, который в свою очередь разделяется на два или более вида". У Геснера мы уже встречаемся с понятием разновидностей. Когда ему однажды была прислана ветка Ilex aquifolium (паддуб), листья которого имели лишь одну оконечность, он просил приславшего установить, является ли это отклонение постоянным или нет. Во все времена мы встречаемся с мыслью возделывать в садах и получать когда угодно любые особенно ценные в медицине растения и тем освободиться от необходимости разыскивать случайно встречающиеся нам

[1] E. Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. III, S. 325.

[2] Conradi Gesneri, Opera botanica, Nürnberg, 1751—1771. II C. Эти посмертные сочинения Геснера были таким образом изданы (Шмиделем) почти через сто лет после его смерти.

дико растущие экземпляры. О садах, которые согласно рассказам содержали Теофраст и Митридат, мы уже не можем себе составить никакого понятия. Лучше осведомлены мы благодаря капитуляриям Карла Великого о садах его времени. О калифе Абдуррахмане I рассказывают, что он повелел устроить в окрестностях Кордовы ботанический сад и насадить в нем азиатские растения[1]. Сады, возникшие в Салерно и Венеции в XIV веке, служили вероятно лишь для врачебных целей. Венецианский сад насадил врач для того, чтобы „иметь под рукой необходимые для его искусства травы" (pro herbis necessariis artis suae). Драгоценнейшим средством для ботанических исследований в собственном смысле такие сады стали лишь с середины XVI века, когда в них начали видеть необходимое учебное пособие в университетах и в то же время возвысили ботанику над уровнем ограниченного лекарствоведения.

Первые университетские сады были устроены в Падуе (1540) и Пизе (1547). В Пизе предоставили участок для такого сада Медичи, приказавшие даже собирать для него семена и растения в странах дальнего Востока. Вскоре затем возникли ботанические сады также во Флоренции и Болонье. В Венеции могущественные роды Корнаро и Морозини посредством своей широко разветвленной торговли и устройства садов также содействовали повышению интереса к ботанике. После того как богатые итальянские торговые города дали такой достославный пример заботы об естествознании, шедший рука об руку с их интересами, и прочие страны не могли отстать в понимании значения науки. Так, еще в XVI веке возникли в Монпелье, Берне, Базеле, Страсбурге, Антверпене, Лейпциге, Нюрнберге и многих других местах, отчасти в связи с университетами, отчасти на частные средства, насаждения, которые можно назвать ботаническими садами.

Приблизительно в то же время мы впервые встречаемся с обыкновением засушивать собранные растения и хранить их в гербариях наклеенными на бумагу. Гербарий Баугина (1550—1624) и в наши дни еще можно видеть в Базеле. Изобретателем гербариев считается, как мы уже упоминали, Лука Гини, бывший профессором в Болонье с 1534 по 1544 гг. [2].

---

[1] А. Гумбольдт, Космос, т. II, стр. 256.

[2] H. Schelenz, Über Kräutersammlungen und das älteste deutsche Herbarium. Verhandlungen der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, 1906, II, t. 2.

Обновление зоологии.

Как в области ботаники, так и в зоологии ожило стремление выйти за пределы унаследованных в древности знаний и дать на основании самостоятельного наблюдения возможно более точное описание и изображение известных животных форм, число которых все более увеличивалось благодаря географическим открытиям. Так возникли многие обширные сочинения, каковы труды швейцарца Конрада Геснера и итальянца Альдрованди (1522—1607).

Влияние Геснера на развитие зоологии представляется гораздо более значительным, чем в области ботаники. Здесь ему принадлежит та великая заслуга, что он впервые дал описание известных в его время животных форм с точки зрения естествоиспытателя. Это было сделано в его большой „Истории животных" (Historiae animalium, lib. V), начавшей появляться с 1551 г. Из пяти томов in folio первый посвящен млекопитающим, второй — кладущим яйца четвероногим, третий — птицам, а четвертый — рыбам и водяным животным. Пятый том, трактующий о насекомых, был составлен из посмертных бумаг Геснера. В своем труде Геснер, которому его родина обязана первым естественнонаучным музеем, описывал внешнее строение животных, обращая внимание на их распространение, образ жизни, приносимую ими пользу и т. д. Он держится алфавитного порядка, что по отношению к классификации представляет явный шаг назад в сравнении с Аристотелем, который, как мы знаем, уже различал большие естественные группы. Однако у Геснера уже явно стремление очистить зоологию от баснословных рассказов, столь многочисленных именно в этой области. Побасенки эти, правда, приводятся с полной добросовестностью, но при этом не раз высказываются и сомнения.

Между тем как Альберт Великий старался передать зоологические знания в тесной связи с переданными Западу естественнонаучными сочинениями Аристотеля, замыслом Геснера было дать полное изложение всего известного в его время о царстве животных, избегая при этом филологического буквоедства, переполнявшего средневековые сочинения. В то же время он старался каждую животную форму, ставшую предметом его рассмотрения, изображать, имея в виду медицину и историю культуры. Если при распределении в границах больших естественных уже знакомых Аристотелю групп он и держался алфавитного порядка, то он все же сам признает, что такое распределение вызывается

лишь соображениями удобства и с естественнонаучной точки зрения не имеет никакой цены. Каждое создание рассматривается в „Истории животных" Геснера со следующих точек зрения. Первый отдел посвящен номенклатуре. Второй, посвященный распространению и описанию животного, является самым ценным. Затем следуют изображения биологических явлений, причем приняты во внимание болезни. С этим соединяется изображение душевной жизни животного, т. е. действий, вытекающих из инстинкта. В следующих отделах говорится о пользе, приносимой животными, особенно об охоте, укрощении и приручении их, затем об их питании, о лечебных средствах, получаемых иногда от них, и т. д. Встречаются между прочим и побасенки, фантастические истории и пророчества, исстари связанные с разными видами животных. Однако такие рассказы Геснер передает больше ради полноты и не воздерживаясь от критики, как поступало большинство его предшественников. При этом он редко упускает случай опровергнуть невероятное или по крайней мере выразить сомнение. Большой шаг вперед, сделанный в труде Геснера, заключается в том, что его описания основаны на систематическом наблюдении, тогда как до него самостоятельное наблюдение было лишь случайным средством для подтверждения старых указаний, за которыми всегда оставалось последнее слово. Затем Геснер не ограничивается описанием внешнего строения, но говорит также и об анатомических особенностях. Однако последние не приводятся в связь посредством сравнения, и таким образом мы не находим еще у Геснера научного пользования анатомическими знаниями для устойчивого распределения естественных групп.

По рисункам его труд стоит выше всех прежних зоологических сочинений. Среди художников, бывших его сотрудниками, надо назвать Альбрехта Дюрера.

Если книга Геснера основана в значительной степени на обработке существовавших в его время зоологических знаний, его все же никак нельзя назвать простым компилятором. К тому же, как говорит Ранке [1], „талантливая компиляция встречается не так часто, как это принято думать. Если она имеет назначением быть полезной науке, то она должна проистекать не только из многостороннего чтения, но покоиться на подлинном интересе и самостоятельных знаниях и направляться определенными точками зрения. Выдающимся талантом такого рода был Конрад Геснер".

---

[1] L. Ranke, Deutsche Geschichte im Zeitalter der Reformation, Bd. V, 1. Aufl., S 346.

Геснер должен считаться самым ранним немецким зоологом. Его книга о животном царстве[1] сделалась основой всей новейшей зоологии. Принципом Геснера было ничего не повторять и ничего не пропускать. Так как отдельный человек не мог справиться с такой необъятной работой, то он привлек многочисленных местных и иноземных сотрудников. Если таким образом его труд был прежде всего созданием умелого, владеющего материалом собирателя, то его польза была так же значительна для жизни, как и для науки. Человеку Геснер не указал места в животном царстве.

В лице несколько более молодого Альдрованди, уроженца Италии, Геснер получил товарища, одушевленного сходными стремлениями. Альдрованди также представил опыт энциклопедического изложения зоологии, в общем, правда, стоящий ниже труда Геснера, но с точки зрения анатомии и классификации представляющий шаг вперед[2]. Опыт более систематической, основанной на больших аристотелевых группах, систематики животного царства сделал в промежутке между сочинениями Геснера и Альдрованди англичанин Эдуард Уоттон, родившийся в Оксфорде в 1492 г. На его труды опирался Альдрованди. В 1552 г. Уоттон издал сочинение „De differentiis animalium" („О различии животных"), содержащее не только общее описание животного организма и его частей, но и общий обзор их, покоящийся на основных чертах естественного сродства. Подобно Аристотелю Уоттон начинает ряд животных, имеющих кровь, с человека. Мы встречаемся с группами однокопытных, двукопытных и раздельнолапых. Четвероногие, кладущие яйца, объединены со змеями. Низшие животные разделяются на насекомых, мягкотелых (головоногих), ракообразных, оболочников и животно-растения. К последним Уоттон причисляет уже морских звезд, медуз, голотурий и губки.

Таким образом Уоттон, опираясь, правда, на Аристотеля, первый из новых исследователей представил опыт естественной классификации всего царства животных, и в этом следовал за ним Альдрованди, приступивший в 1599 г. к изданию своего большого зоологического труда. Труд этот

[1] Conradi Gesneri, Historiae animalium libri, opus philosophis, medicis, grammaticis, philologis, poetis et omnibus rerum, linguarumque variarum studiosis utilissimum simul jucundissimumque.

[2] Улиссе Альдрованди родился в 1522 г. в Болонье, где в 1567 г. устроил ботанический сад. Преемником его в руководстве этим садом был ботаник Цезальпин. Собрание сочинений Альдрованди (Opera omnia) издано в 13 томах.

должен был охватить всю естественную историю, но самому Альдрованди удалось издать лишь пять томов, а именно: три тома о птицах, один том о насекомых и наконец том об „остальных бескровных". Дальнейшие томы были обработаны другими зоологами.

В связи с многочисленными географическими открытиями своей эпохи Альдрованди мог включить в свою книгу немало животных видов, неизвестных еще Геснеру, но в общем его работа является более компилятивной и менее критической, чем труд его великого предшественника. Несмотря на стремление к более систематической группировке у него все-таки летучая мышь и страус объединены в отделе „Птиц средней природы", между тем как уже Уоттон относил летучих мышей к млекопитающим.

Дальнейший важный шаг в области зоологии заключался в том, что исследователи, не ограничиваясь уже описанием внешней формы, пытались проникнуть во внутреннее строение животных. Так, мы находим у Альдрованди изображение скелета, мускулатуры и даже внутренностей. Изображен например скелет орла. Описание курицы сопровождается многочисленными, правда неточными, рисунками для уяснения ее внутреннего строения. Изображения скелета летучей мыши и страуса также встречаются среди рисунков, из которых некоторые относятся к анатомическим подробностям, как например язык дятла с его мускулатурой, грудная кость лебедя и многое другое. Мускулатура многих птиц описана подробно.

Велики были жертвы, которые иногда приходилось приносить естествоиспытателям этого времени для осуществления своих замыслов. Так, Альдрованди, как он сообщает в предисловии, пользовался для изготовления своих рисунков в течение тридцати лет услугами живописца, которому он платил двести золотых ежегодно. Кроме того на него работало еще много рисовальщиков и ксилографов. Заслуга таких ученых, как Геснер и Альдрованди, особенно высока потому, что они первые стремились представить ясное обозрение все более расплывавшегося зоологического материала и возбуждали в широких кругах живой интерес к зоологии и таким образом ко всему естествознанию в общем.

Возрождение анатомии.

Возрождение анатомии восходит к XIII столетию. Особый интерес к этой науке проявлял свободомыслящий Гогенштауфен, император Фридрих II. Недаром в „Аде"

Данте он лежит в огненном гробу. Он написал сочинение о соколиной охоте, выписывал заморских животных в Европу и разрешил производить анатомическое вскрытие человеческих трупов. В течение дальнейших столетий все чаще производились эти вскрытия для медицинских и чисто научных целей. Если это развивало непосредственную наблюдательность, отвлекая науку от чисто книжной учености, то интерес к анатомии значительно повышался благодаря тому, что не только ученые, но и великие художники Возрождения старались без предрассудков и с открытыми глазами проникнуть в тайну строения организма. Здесь прежде всего должен быть упомянут Леонардо да Винчи. Его анатомические рисунки отличаются такой законченностью и верностью, что превосходят все сделанное до тех пор в этой области. Таким образом настало время для создания новой анатомии, покоящейся не на авторитете Галена, а на самостоятельном исследовании природы. На этот раз наука была основана трудами итальянцев Фаллопио (ум. в 1562 г.) и Эстакио (Евстахия, ум. в 1571 г. [1]), главным же образом нидерландца Везалия. Последний собственно должен быть назван основателем научной анатомии человека.

Андрей Везалий (1514—1564) происходил из врачебной семьи. Он родился в Брюсселе. Уже мальчиком будущий профессор анатомии и хирургии и придворный врач императора Карла V занимался анатомическим исследованием маленьких животных. Хотя в течение последних столетий средневековья иногда и производились вскрытия человеческих трупов, однако единственной целью этих вскрытий было стремление подтвердить правильность учений Галена, пользовавшегося беспрекословным авторитетом. Как трудно было даже впоследствии добывать материал для анатомического исследования, видно между прочим из того, что молодой Везалий для получения человеческого скелета должен был с опасностью для жизни украсть с виселицы повешенного.

То же самое было в Германии. Так, новшеством, привлекшим всеобщее внимание, было вскрытие человеческой головы, произведенное в 1526 г. одним анатомом. Однако такими случайными опытами не руководило стремление основать анатомию на вскрытии трупов. Лишь Везалий отбросил старые предрассудки, обновив сверху донизу все здание анатомии, представив ее с почти непревзойденным доселе совершенством в виде чисто опытной науки.

[1] Евстахий среди прочих работ произвел точное исследование органа слуха, причем открыл третью из слуховых косточек—стремя (около 1546 г.). Молоточек и наковальня были уже открыты раньше (около 1480 г.).

Главное его сочинение озаглавлено „De humani corporis fabrica“ („О строении человеческого тела“). Когда оно появилось, Везалию еще не было тридцати лет. Ясным пониманием и отчетливым изложением, свежестью содержания и красотой стиля его труд далеко возвышается над всеми сходными произведениями этой эпохи, возбуждая величайшее изумление позднейших столетий. Образцовые иллюстрации, чрезвычайно способствовавшие большому распространению сочинения, принадлежат одному ученику Тициана [1].

К сожалению, зависимость Везалия от двора Карла V помешала ему закончить свои исследования. Много потерпел он при дворе от приверженцев Галена [2].

Вначале своей карьеры Везалий многократно излагал в Падуе анатомию по Галену, но затем решительно отрекся от него. Поставить свои научные убеждения выше признанного авторитета было в те времена делом смелым. Друзья советовали ему отказаться от издания его большого труда. Бурей негодования сопровождалось его появление. Везалия объявили сумасшедшим еретиком. Книга была отдана на суд инквизиции. Поэтому Везалий покинул Италию. Впоследствии он жил в Испании в качестве придворного врача Филиппа II. В конце концов, быть может под влиянием новых преследований инквизиции, он лишился рассудка [3].

Не ограничиваясь анатомией человека, Везалий внес в свое изложение многочисленные указания по анатомии животных. Это было тем менее удивительно, что он ведь начал с анатомического исследования животных и лишь позже обратился к анатомии человека. Главный труд Везалия появился в 1543 г. [4]. В семи книгах его рассматриваются: 1. Скелет. 2. Связки и мускулы. 3. Сосуды. 4. Нервы. 5. Внутренности. 6. Сердце. 7. Мозг и органы чувств.

Велики были также и заслуги Евстахия в деле развития анатомии на основе, созданной Везалием. Любопытно однако, что, хотя Евстахий ясно видел разницу между своими наблюдениями и указаниями Галена, он предпочитал лучше верить в изменяемость человеческого тела, чем восставать против прославленного авторитета древности. До работ Везалия и Евстахия ввиду отсутствия анатомических знаний, покоящихся на непосредственном наблюдении, едва ли имели место удачные хирургические операции. Лишь после обновления

[1] Иоанну Стефану Калькару. Принадлежность рисунков ему не бесспорна. Ср. Mitteil. zur Gesch. d. Medizin u. Naturwissenschaften, 1903.

[2] Sprengel, Geschichte der Arzneikunde, Bd. III, § 46—78.

[3] Wunderlich, Geschichte der Medizin, Stuttgart, 1859.

[4] De humani corporis fabrica, libri VII, Basel, 1543.

анатомии, проведенного ими, могла из обычных дотоле грубых, часто варварских приемов развиться утвержденная на научной основе хирургия. Это завоевание является главным образом делом Амбруаза Парэ (1517—1590), заслужившего славу преобразователя этой отрасли медицины.

Подобно Везалию Парэ был военным хирургом и как таковой предметом ненависти ученых врачей, тем более что он не знал латыни. Его замечательная книга об огнестрельных ранах (1545) есть первое написанное по-французски научное сочинение по медицине[1]. Парэ первый применил перевязывание артерий при ампутациях. До него применяли каутеризацию при помощи раскаленного железа. Введение грыжевого бандажа есть также заслуга Парэ. Вражда врачебной касты особенно усилилась после высказанного Парэ сомнения в действительности одного из употребительнейших лекарств. Несмотря на это король очень ценил Парэ, и по преданию он был одним из гугенотов, которых король приказал пощадить в Варфоломеевскую ночь.

С мыслью, что полное понимание формы может быть дано лишь изучением ее развития, мы также встречаемся уже в XVI столетии, хотя мысль эта могла проложить себе путь и утвердиться лишь в позднейшее время, после появления микроскопа. Так, в эту эпоху предметом обстоятельных исследований сделалось развитие цыпленка в яйце — вопрос, занимавший уже Аристотеля. Это было делом заслуженного итальянского анатома Фабриции[2]. Он заметил также, что клапаны вен открываются по направлению к сердцу. Это открытие вместе с другими наблюдениями над кровеносными органами[3] подготовило одно из величайших завоеваний XVII века, а именно открытие кровообращения, составляющее заслугу Гарвея. Этим заканчивается первая часть нашего изложения. Второй том посвящен основанию нового естествознания, начинающемуся на пороге XVII века.

---

[1] Wunderlich, Geschichte der Medizin, Stuttgart, 1859.

[2] Фабриций аб Аквапенденте (1537—1619), De formatione ovi („Об образовании яйца").

[3] Например открытие, что сердечная перегородка, сквозь которую по учению Галена кровь проникает из правого желудочка в левый, непроницаема.

Редактор *Б. Морозов*. Тех. редактор *А. Капелько*.
Медгиз № 1150. М Д. 10. 82×111; 1/32. 27 п. л. 41600 п. зн. в 1 п. л. Сдано в набор 16-XI-1931 г.
Подписано к печати (последний лист) 8-VIII-1932 г.
Уполн. Главлита Б 17572 Тираж 6.000 экз
Ивполиграфтрест. Гостипография имени Максима Горького. Кострома, Молочная гора, д. 5