

КАРЛ ЙОХАН МАРЕЛЬЕ

ТЕЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Новые физические идеи

**Российская Академия наук
Санкт-Петербург 2015**

УДК 530.16+524.83
ББК 22.311/22.632
М25

Марелье К.-Й.

М25 Течение времени. Новые физические идеи. Предисловие
И.Н. Таганова – Санкт-Петербург: Политехника-Сервис, 2015 –
192 стр., 17 ил.

ISBN 978-5-906782-48-9

© Марелье К.-Й. 2015

Природа течения времени все еще не нашла объяснения и, в частности, современная популярная космология Большого Взрыва не предлагает никакого истолкования течения времени как важнейшего аспекта бытия. Представленная в книге модель Масштабно Расширяющегося Космоса (МРК) объясняет течение времени непрерывным ростом геометрического масштаба вечно существующего космоса, при котором сохраняется его физическая эквивалентность во все эпохи. Астрофизические расчеты в модели МРК хорошо соответствуют астрономическим наблюдениям и предлагают новое объяснение феноменов Темной энергии и Темной материи. Модель МРК не может быть представлена в четырехмерном континууме Общей теории относительности и поэтому предполагает дискретное возрастание масштаба, что приводит к осцилляциям метрики. Такие осцилляции метрического масштаба дают возможность разъяснить многие феномены квантовой физики и, в частности, позволяют вывести уравнения квантовой механики из уравнений Общей теории относительности. Сила инерции в модели МРК объясняется изменением метрического масштаба при ускорении. Это позволяет предполагать, что инерциальные системы отсчета находятся в разных четырехмерных многообразиях пятимерного гиперпространства, в котором масштаб метрики является пятым измерением. Модель МРК позволяет использовать в космологии абсолютную шкалу времени, разрешает Парадокс близнецов и снимает ограничение скоростью света в кинематике.

Ключевые слова: время, пространство-время, относительность, космология, квантовая механика, инерция, парадокс близнецов

ISBN 978-5-906782-48-9

© Марелье К.-Й., 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА	6
ПРЕДИСЛОВИЕ	56
ВВЕДЕНИЕ	58
Глава I. МОДЕЛЬ МАСШТАБНО РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ КОСМОСА.....	66
Глава II. ГРАВИТАЦИЯ В МОДЕЛИ МАСШТАБНО РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ КОСМОСА.....	97
Глава III. НОВЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ИДЕИ В МОДЕЛИ МАСШТАБНО РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ КОСМОСА.....	102
Глава IV. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ СВЯЗЬ С ОБЩЕЙ ТЕОРИЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.....	112
Глава V. ДВИЖЕНИЕ И ИНЕРЦИЯ.....	127
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	161
ЛИТЕРАТУРА	167
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	171
Приложение I. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ТРАЕКТОРИИ И КОСМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ В МОДЕЛИ МРК	171
Приложение II. ЭФЕМЕРИДНОЕ ВРЕМЯ И МИРОВОЕ ВРЕМЯ	174
Приложение III. ВЫВОД УРАВНЕНИЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ ИЗ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.....	175
Приложение IV. О ПРИРОДЕ ДВИЖЕНИЯ	185
Приложение V. ВЫВОД ИНЕРЦИОННОГО МАСШТАБНОГО ФАКТОРА	188

Часто применяемые сокращения в книге:

ДДМП – Динамический дискретный масштабный переход; КМ – Квантовая механика; МРК – Масштабно расширяющийся космос; ОТО – Общая теория относительности; ПЛ – Преобразования Лорентца; ПФ – Преобразования Фойгта; СКМ – Стандартная космологическая модель; СТО – Специальная теория относительности; ФНВ – Физика необратимого времени.

Предисловие редактора

Приступая к работе над этим Предисловием, я не планировал провести подробный критический анализ идей Карла Йохана Марелье или кратко пересказать его достижения, лишив тем самым читателей удовольствия познакомиться с оригинальными идеями книги в авторском изложении. Я посчитал целесообразным в коротком историческом обзоре познакомить читателя с некоторыми физическими идеями, которые, имея прямое отношение к теме книги и заметно повлияв на развитие теоретической физики, по тем или иным причинам не были подробно отражены в популярных учебниках и монографиях.

Проблема «течения» времени и возможной дискретности времени с давних пор служила поводом для оживленных дискуссий естествоиспытателей и философов. Памятником этим спорам остаются известные апории ученика Парменида философа Зенона Элейского (ок. 490 – ок. 430 до н.э.) «О состязании в беге между Ахиллом и черепахой» и «О невозможности полета стрелы». Оригинальных сочинений Зенона из Элеи не сохранилось, но легенды, собранные Диогеном Лаэртским в 3 столетии, а также идеи Зенона в изложении Аристотеля, позволяют предполагать, что Зенон создал свои парадоксы при обсуждении «атомов времени», то есть, рассматривая модель дискретного времени.

Средневековый философ Моше бен Маймон (Рамбам, Маймонид; 1135–1204) свидетельствует в своем труде «Путеводитель заблудших» о спорах арабских философов «мутакаллимов» о причинах течения времени и «атомах времени»¹.

Французский средневековый философ Николай Отрекуррейский (ок. 1299 – ок. 1369) своими новаторскими идеями заслужил чести публичного сожжения своих книг по приказу Папы Климента VI. Философ, в частности, утверждал, что материя, пространство и время состоят из неделимых атомов, точек и мгновений, а все процессы синтеза и разложения материи происходят за счет перегруппировки атомов. Объяснение движения тел с различными скоростями философ видел в неоднородности течения времени и существовании микроскопических пауз покоя (*morulae*) в каждом движении.

Аристотель, не разделявший никаких концепций атомизма, относился критически к представлениям об «атомах времени» и неравномерном течении времени, которые, по его мнению, приведут к парадоксальной ситуации, когда:

¹ Maimonides M. *The Guide for the Perplexed*. NY, 1946.

«движение будет состоять не из движений, а из моментальных перемещений и продвижений чего-то недвижущегося»². Преодоление парадоксов Зенона Аристотель видел в утверждении о непрерывности движения и течения времени. При этом, говоря о непрерывности и бесконечной делимости движения, он, по существу, приписывал эти свойства и пространству и времени. Авторитет Аристотеля на многие столетия превратил разработку физических теорий времени и атомистическую доктрину в «лженауку», которая жестоко преследовалась.

Французский философ, богослов и канцлер французского короля Чарльза V Николай Орем (1330–1382), преподававший в парижской Сорбонне, в 14 столетии впервые ввел представление интервалов времени в форме отрезков прямых линий в геометрических построениях, что стало первым шагом к утрате категорией времени своего главного онтологического признака – необратимости, который отличает время от пространства. Механистический детерминизм Галилея и Ньютона, ставший фундаментом классического естествознания, был основан на обратимости геометрического представления времени, введенного Николаем Оремом.

Основным принципом описания движения у Галилея стало применение геометрического изображения времени в виде прямой линии, введенного Николаем Оремом. Ньютон, следуя за Галилеем, ввел абсолютное «математическое» время с образом «непрерывного течения» по прямой («флюксии»). Использование времени как равноправной с пространством координаты в принятой системе отсчета обеспечило Ньютону эффективность и наглядность геометрического описания механического движения.

Постепенно геометрическое представление интервалов времени в форме отрезков прямых линий создало образ обратимого времени подобного бесконечно протяженной прямой линии, которую можно измерять и по которой можно перемещаться в обе стороны. Использование времени как одной из координат принятой системы отсчета сделало время геометрическим параметром с неизменной и равномерной шкалой – независимой переменной в уравнениях движения. Этот процесс геометризации времени завершился в начале 20 столетия приданием времени физической размерности пространства в применяемом в теории относительности квадрате интервала пространства-времени с физической размерностью квадрата длины.

Вплоть до конца 19 столетия использование в естествознании абсолютно обратимого времени Ньютона не приводило к серьезным противоречиям с наблюдениями. Но в начале 20 столетия, когда в теоретической физике стал применяться объединенный 4-мерный континуум пространства-времени, ситуация изменилась. Это связано с тем, что вместо асимметричного 4-мерного

² Аристотель. *Сочинения*. В 4 т. (Серия «Философское наследие»). М.: Мысль, 1975–1983. (Физика, 6.1).

континуума с необратимым временем стало использоваться не соответствующее физической реальности симметричное пространство-время с обратимым абсолютным временем Ньютона.

Противоречивой истории создания специальной теории относительности (СТО), признания общего Принципа относительности и постулата о постоянстве скорости света посвящена обширная литература, в которой, несомненно, выделяется книга³ известного математика и философа Эдмунда Уиттекера – свидетеля и участника многих событий этой истории. Термин «специальная» был использован применительно к теории относительности много позже ее создания, вероятно, по инициативе Виллема де Ситтера для того чтобы подчеркнуть применение в ней общего Принципа относительности только для специального случая равномерного относительного движения систем отсчета.

На протяжении почти всего 19 столетия большинство физиков полагало, что свет распространяется в форме поперечных волн в особой субстанции – «светоносном эфире», невидимо заполняющем все мировое пространство. Среди многочисленных моделей этой таинственной субстанции особой популярностью пользовалась модель эфира, предложенная Огюстеном Френелем, в которой эфир лишь частично увлекался движущимся материальным телом. Однако эксперименты Майкельсона-Морли (1887) не обнаружили «эфирного ветра» при движении Земли по орбите.

В этом же 1887 году первое возможное объяснение отрицательного результата экспериментов Майкельсона-Морли предложил немецкий физик Вольдемар Фойгт. Он вывел преобразования координат, не менявшие волновое уравнение и обеспечившие постоянство скорости света для всех инерциальных систем отсчета⁴. В преобразования Фойгта уже входил «Лорентц-фактор» $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ и новое определение времени, которое впоследствии в СТО стали называть «локальным временем»:

$$x' = (x - vt) \quad y' = y / \gamma \quad z' = z / \gamma \quad t' = (t - xv / c^2) \quad (1)$$

После умножения правых частей преобразований Фойгта на Лорентц-фактор γ они превращаются в преобразования Лорентца современной СТО. Однако величина замедления времени в движущейся системе отсчета у Фойгта больше, чем в СТО.

Фундамент современной СТО был заложен работами двух ирландских физиков – Джорджа Фицджеральда и Джозефа Лармора. В 1889 году в своей статье⁵

³ Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. Современные теории 1900—1926. Пер с англ. Москва, Ижевск: ИКИ, 2004. ISBN 5-93972-304-7.

⁴ Voigt, W. On the Principle of Doppler // Göttinger Nachrichten (1887), 7: 41–51. Theorie des Lichts für bewegte Medien // Göttinger Nachrichten (1887), 8: 177–238.

⁵ Fitzgerald, G.F. The ether and the earth's atmosphere // Science (1889) 13; 390.

Фицджеральд предположил, что результаты опытов Майкельсона-Морли, не обнаружившие движения Земли относительно неподвижного эфира, могут объясняться сокращением длин всех объектов в направлении движения. А в 1897 году Джозеф Лармор опубликовал первую теорию⁶ «преобразований Лорентца» – за два года до Хендрика Лорентца и за восемь лет до Альберта Эйнштейна.

Принцип относительности в форме утверждения об эквивалентности инерциальных систем отсчета был выдвинут Анри Пуанкаре в 1895 году в двух статьях⁷, посвященных обсуждению работ Лармора по электромагнетизму. В своей статье «Измерение времени»⁸ (1898) Пуанкаре уже сформулировал постулат постоянства скорости света, который, по его мнению, должен был определить будущую релятивистскую идеологию. Этот постулат Пуанкаре обсуждал затем и в своем докладе⁹ на Международном физическом конгрессе в Париже в 1900 году.

В 1899 году Лорентц завершил работу по выводу своих известных преобразований, получивших по предложению Пуанкаре название «группы Лорентца»¹⁰. Подробный анализ преобразований Лорентца провел в своей книге¹¹ «Эфир и материя» Джозеф Лармор в 1900 году, впервые получив, в частности, релятивистскую формулу сложения скоростей и рассмотрев эффект замедления электромагнитных процессов в движущейся через эфир материальной системе.

Свои преобразования Лорентц использовал для описания электромагнитных явлений в инерциальных системах отсчета, равномерно движущихся относительно неподвижного эфира. При этом он считал сокращение длин всех объектов в направлении движения вполне реальными и объяснял их особым электромагнитным взаимодействием движущихся объектов с неподвижным эфиром. Вслед за Лорентцом много влиятельных физиков, в частности, Оливер Хевисайд, Оливер Лодж, Джордж Фицджеральд и Джозеф Лармор в начале 20 века объясняли отрицательный результат экспериментов Майкельсона-Морли вполне реальным сжатием материи в направлении ее движения. Только Анри Пуанкаре начал рассматривать релятивистские эффекты как единый системный эффект кинематики движения, определявшийся общим Принципом относительности.

⁶ Larmor, J. On a Dynamical Theory of the Electric and Luminiferous Medium, Part 3, Relations with material media // *Phyl. Trans. of the Royal Soc. of London* (1897) 190; 205–300.

⁷ Poincare, H. // *L'Eclairage Electrique* (1895) t.5, p.5.

⁸ Poincare, H. // *Revue de Metaphysique et de Morale* (1898) t.6, p.1.

⁹ Poincare, H. // *Rapports du Congres de Physique Paris* (1900), t.1, p.22.

¹⁰ Lorentz, H.A. // *Zittingsverlag, Acad. Wet.* (1899) v.7, s.507 *Amsterdam Proc.*, 1898-1899, p.427.

¹¹ Larmor, J.J. *Aether and Matter*. Cambridge, 1900.

Дальнейшее развитие идеи определения времени на основе постулата о постоянстве скорости света было дано Пуанкаре в статье 1900 года «Теория Лоренца и принцип реакции»¹². В этой работе впервые была дана физическая интерпретация использованного Фойгтом и Лорентцем «локального времени», как времени, соответствующего показаниям часов, синхронизованных световыми сигналами в предположении о постоянстве скорости света. Пуанкаре, в частности, показал, что для вывода преобразований Лоренца необходимо предположение об их линейности и постулат о постоянстве скорости света в инерциальных системах отсчета.

Известная статья Альберта Эйнштейна 1905 года¹³, посвященная СТО, хотя и не содержала никаких новых формул, но, зато демонстрировала, что в СТО можно отказаться от концепции неподвижного эфира и вместо этого рассматривать все инерциальные системы как равноправные. Эта статья также впервые определила, какие метрологические особенности измерения расстояний и интервалов времени приводят к преобразованиям Лоренца.

Принцип относительности в формулировках Пуанкаре и Эйнштейна был воспринят научным сообществом без возражений, поскольку имел многовековую предысторию. В отличие от Принципа относительности, второй постулат Пуанкаре-Эйнштейна о независимости скорости света от скорости его источника вызвал возражения многих физиков. Большинство критиков этого постулата указывали, что его буквальное понимание соответствует утверждению:

$$\bar{c} + \bar{V} = \bar{c} \text{ при } \bar{V} \neq 0 \quad (2)$$

Такое утверждение, по мнению ранних критиков СТО противоречит «здравому смыслу». Но еще важнее то, что (2) противоречит аксиоме Архимеда, определяющей возможность умножения и деления только для «однородных» величин. Для однородных величин, которые можно сравнивать, определены две операции: отделение части и соединение (построение кратного). Однородность величин определяется аксиомой Архимеда: «Говорят, что величины однородны и имеют отношение между собой, если они, взятые кратно, могут превзойти друг друга». Очевидно, что скорость света в (2) не является однородной и сравнимой величиной, поскольку нет скорости, которая могла бы ее превзойти. Поэтому все алгебраические преобразования, в которых участвует скорость света, не могут считаться математически корректными.

Несколько влиятельных физиков, например, Вальтер Ритц, Ричард Толмен и Дэниел Комсток подняли вопрос о возможности, отказавшись от постулата о постоянстве скорости света и сохраняя только Принцип относительности, построить новую теорию, согласующуюся с известными наблюдениями.

¹² Poincare, H. // Archives Neerland (1900) v.5, p.252.

¹³ Einstein, A. // Annalen der Physik (1905) b.17, s. 891. Эйнштейн А. *Собрание научных трудов*. М., Наука, 1965, т. 1, с. 7.

В 1908 году, русский ученый-энциклопедист Николай Морозов выступил с критикой «абсолютной системы единиц» Гаусса-Томпсона LTM , которая была основана на фундаментальной триаде базовых единиц «длина L – время T – масса M »¹⁴. Морозов напоминал, что наука знает слишком мало о сущности Времени для того чтобы использовать его в качестве базовой единицы, и предложил вместо единицы времени использовать стандартное отношение единиц пространства и времени, которое может быть представлено некоторой эталонной скоростью V . Если эталон массы определяется законом тяготения Ньютона, то для системы единиц Морозова LVM справедливы следующие соотношения:

$$dx/dt = V \propto L \propto M \quad (3)$$

В своей книге, в частности, Морозов показал, что при использовании его системы единиц LVM многие формулы классической физики имеют наиболее простую форму. Семьдесят пять лет спустя, идеи Морозова были реализованы в современных взаимосвязанных квантовых эталонах «атомной секунды» и «метра», использующих «природный» эталон скорости – скорость света.

Возможно, под впечатлением от книги Морозова в сентябре 1910 года на общем заседании математического и физического отделения 82-го Собрания немецких натуралистов и врачей в Кенигсберге русский физик Владимир Игнатовский сделал доклад «Некоторые общие замечания к принципу относительности»¹⁵. В этом докладе он продемонстрировал возможность аксиоматического построения СТО с использованием следующих аксиом:

1. Принцип относительности, утверждающий эквивалентность и равноправие инерциальных систем отсчета.
2. Предположение о линейности преобразований координат при переходе между инерциальными системами отсчета.
3. Предположение об изотропии пространства.

В аксиоматической СТО Игнатовского постулат Пуанкаре-Эйнштейна о независимости скорости света от движения его источника не использовался как исходное предположение, а релятивистское правило сложения скоростей становилось одним из результатов аксиоматической теории. Утверждение о том, что объект, движущийся со скоростью света в одной системе отсчета, будет двигаться с такой же скоростью и в любой другой системе отсчета потеряло статус постулата, превратившись в доказанную теорему аксиоматической СТО Игнатовского.

Аксиоматический метод Игнатовского получил развитие уже в следующем 1911 году в статье Филиппа Франка и Германа Роте «О преобразовании

¹⁴ Морозов Н. Основы качественного физико-математического анализа. Москва, 1908.

¹⁵ W. von Ignatowsky. Einige allgemeine Bemerkungen zum Relativitätsprinzip // Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. (1910) 12: 788–796. (Перевод см. – <http://synset.com>).

пространственно-временных координат из неподвижных систем в движущиеся»¹⁶. В этой работе было показано, что принцип относительности как аксиомы об эквивалентности и равноправии инерциальных систем отсчета приводит к преобразованиям координат в форме дробно-линейных функций, в которые может входить несколько параметров:

$$x' = \frac{A(v)x + B(v)t}{1 + a(v)x + b(v)t} \quad t' = \frac{D(v)x + E(v)t}{1 + a(v)x + b(v)t} \quad (4)$$

При одинаковых знаменателях эти дробно-линейные преобразования соответствуют преобразованиям проективной геометрии, которые переводят уравнение прямой линии $x = x_0 + ut$ в уравнение другой прямой линии $x' = x'_0 + u't'$. Применение второй аксиомы о линейности преобразований координат позволяет рассматривать далее преобразования вида:

$$x' = \gamma(v)[x - vt] \quad t' = \gamma(v)[t - \sigma(v)x] \quad (5)$$

Аксиома изотропии пространства для одномерного движения означает, что преобразования $x \rightarrow -x; x' \rightarrow -x'; v \rightarrow -v$ не должны менять (5). Преобразованное соотношение $-x' = \gamma(-v)[-x + vt]$ совпадает с (5): $x' = \gamma(v)[x - vt]$ только для четных функций скорости: $\gamma(-v) = \gamma(v)$. Это позволяет определить неизвестные функции в (5): $\gamma = (1 - \alpha v^2)^{-1/2}$ и $\sigma(v) = v/c^2$, которые превращают (5) в преобразования Лорентца:

$$x' = \gamma(x - vt) \quad t' = \gamma(t - vx/c^2) \quad \gamma = (1 - \alpha v^2)^{-1/2} \quad (6)$$

Следует отметить, что постулат изотропии пространства Игнатовского, обеспечивающий условие: если $x \rightarrow -x$, то $v \rightarrow -v$, совпадает с принципом формирования системы единиц Морозова (3):

$$v = dx/dt \propto x \quad (7)$$

При анизотропии пространства в преобразованиях (6) появляется еще один безразмерный параметр μ (см., например, Степанов С.С. Релятивистский мир (2012) // <http://synset.com>):

$$x' = \left(\frac{c+v}{c-v} \right)^\mu \gamma(x - vt) \quad t' = \left(\frac{c+v}{c-v} \right)^\mu \gamma(t - vx/c^2) \quad (8)$$

¹⁶ Philipp Frank und Hermann Rothe. Über die Transformation der Raumzeitkoordinaten von ruhenden auf bewegte Systeme // Ann. der Physik (1911) Ser. 4, Vol. 34, No. 5; 825–855. (Перевод – <http://synset.com>).

Можно заметить, что в (8): $\left(\frac{c+v}{c-v}\right) = (1+z)^2$ и следовательно $t' = (1+z)^{2\mu} \times \gamma(t - vx/c^2)$, так что красное смещение может быть, в частности, связано с локальной анизотропией пространства при $\mu \neq 0$.

Преобразования Галилея, Фойгта и Лорентца являются частными видами группы проективных преобразований, причем и количество и тип параметров, которые входят в эти преобразования, определяется дополнительными предположениями. При использовании предположения об абсолютности времени и, соответственно, абсолютности понятия «одновременности» событий, эти проективные преобразования являются преобразованиями Галилея классической механики. Определяющим для аксиоматики СТО является Принцип относительности, утверждающий равноправие инерциальных систем отсчета. При этом параметр с размерностью скорости в преобразованиях появляется как следствие того или иного определения эквивалентности инерциальных систем отсчета. Изначально этот параметр никак не связан с волнами электромагнитного излучения или потоками фотонов. Для того чтобы утверждать, что этот параметр определяется фундаментальной константой – скоростью света, необходимо использовать дополнительные предположения. Если, кроме того, используется аксиома изотропии пространства, то преобразования координат превращаются в преобразования Лорентца. Для того чтобы учесть анизотропию пространства в преобразования координат необходимо ввести дополнительный безразмерный параметр.

На протяжении 20 столетия, метод аксиоматического построения СТО без использования постулата Пуанкаре-Эйнштейна об универсальном постоянстве скорости света, идеи которого впервые разработали в начале столетия Владимир Игнатовский, Филипп Франк и Герман Роте, неоднократно заново открывался и обсуждался (например, Терлецкий, Я.П. 1965; *Bersi, V., Gorini, V* 1069; *Lee, A.R., Kalotas, T.M.* 1975; *Mermin, N.D.* 1986; *Achin Sen* 1994; *Nishikawa, S.* 1997). В наше время многие физики считают аксиоматическую формулировку СТО наиболее общей и математически корректной. Подробному обзору истории и современным проблемам аксиоматической СТО посвящены, например, статья А.К. Гуца¹⁷ и книга С.С. Степанова¹⁸.

Специальная теория относительности впервые показала, что шкалы времени, сохраняя однородность, могут иметь разный масштаб в движущихся относительно друг друга системах отсчета – из (6) для $x = 0$ следует: $t'/t = \gamma(v)$. Дальнейшее исследование свойств шкал времени проводилось в геометрических моделях гравитации.

¹⁷ Гуц А.К. Аксиоматическая теория относительности // УМН (1982) 37:2(224); 39–79.

¹⁸ Степанов С.С. Релятивистский мир (2012) // <http://synset.com>

В своих проницательных статьях 1904/1905 годов¹⁹ Пуанкаре не только показал, что преобразования Лорентца образуют группу в многообразии четырех измерений и нашел инварианты этой группы. В этих статьях была показана также плодотворность использования Принципа наименьшего действия в четырехмерной формулировке. При разработке первого релятивистского описания скалярного поля тяготения, Пуанкаре впервые ввел мнимую координату времени. Эти идеи через несколько лет стали основой псевдоевклидовой геометрии пространства-времени Германа Минковского с интервалом²⁰:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dl^2 \quad (9)$$

Четырехмерная геометрическая интерпретация СТО, предложенная Минковским, стала первым успешным этапом Геттингенской программы «геометризации физики». Геометрия Минковского показала, что нет никакой необходимости в какой-то особой «субстанции Римана» для описания относительности механического движения и электромагнитного поля, а вполне достаточно метрики пространства-времени. Первая геометрическая теория гравитации, которая использовала метрику искривленного пространства-времени, была разработана в 1913 году финским физиком-теоретиком Гуннаром Нордстремом²¹. Эта геометрическая модель гравитации была Лорентц-инвариантной, соответствовала законам сохранения и имела своим частным случаем теорию тяготения Ньютона.

20 ноября 1915 года преемник Римана на кафедре математической физики Геттингенского университета Давид Гильберт в своем докладе на заседании Королевского общества Геттингена изложил принципы первой геометрической теории гравитационного и электромагнитного полей²². Теория Гильберта была основана на ковариантной форме Принципа наименьшего действия:

$$\delta S = \delta \int (R + 2\kappa L) \sqrt{-g} d^4x = 0 \quad (10)$$

Здесь $R = R_{\mu\nu} g^{\mu\nu}$ это скалярная кривизна Риччи для пространства-времени; $g_{\mu\nu}$ это метрический тензор; L это Лагранжева плотность всей материи и фи-

¹⁹ Poincare, H. // Bull. des. Sci. Math. (1904) ser.2 v.28 p.302; The Monist of January (1905) v.15, p.1. Перевод см, например: *Принцип относительности* – М, 1973; с.27.

²⁰ Minkowski, H. a) // Доклад Математическому обществу в Геттингене 5 ноября 1907 г. b) // Gott. Nachr. (1908) s.53 c) // Phys. Zs. (1909) v.10, s.104; d) // Math. Ann. (1910) v.68, p.472. e) // Annalen der Physik (1915) b.47, p. 927. Перевод см., например: *Принцип относительности* – М, 1973; с.167.

²¹ Nordström, G. // Ann. Phys. (1913 a) 40; 856-878. Nordström, G. // Phys. Z. (1914) 15; 504-506.

²² Hilbert, D. // Nachrichten K. Gesellschaft Wiss. Gottingen. Math.-phys. Klasse (1915) Heft 3, 395

зических полей, помимо гравитационного поля; κ – некоторая константа, $\sqrt{-g}d^4x$ это элемент инвариантного 4-объема. Вариация (10) по $g^{\mu\nu}$ дает уравнения гравитационного поля:

$$R_{\mu\nu} - 1/2 \cdot g_{\mu\nu} R = \kappa \cdot T_{\mu\nu} \quad \kappa = 8\pi G/c^4 \quad (11)$$

Вариация (10) по четырем электродинамическим потенциалам в L дает уравнения Лагранжа для электромагнетизма. Материя в теории Гильберта описывалась тензором энергии-импульса, который соответствовал нелинейной электродинамике Густава Ми²³. Гильберт считал свою работу решением проблемы «геометризации физики», сформулированной Бернхардом Риманом.

Всего пять дней спустя, 25 ноября 1915 года Альберт Эйнштейн сообщил Берлинской академии наук свою версию геометрической теории гравитации²⁴. В отличие от грандиозного проекта Гильберта, Эйнштейн решил более скромную задачу. Гильберт пытался создать самосогласованную теорию, в которой не только поля, но и материя были бы представлены исключительно геометрическими образами. В отличие от теории Гильберта уравнения Эйнштейна не предназначались для геометрического описания электромагнитного поля или материи. Для вывода тех же самых уравнений (11) Эйнштейн использовал две эвристические концепции – требование ковариантности уравнений и предположение об универсальной эквивалентности ускоренного движения и движения в гравитационном поле. Как было показано впоследствии Джоном Сингом и Владимиром Фоком²⁵, первое требование бесполезно для вывода уравнений (11), а второе предположение в общем случае ошибочно и может приближенно выполняться только локально. Конструктивным принципом для вывода (11) могло бы стать утверждение об эквивалентности гравитационной и инертной масс.

То, что две первые геометрические теории гравитационного поля родились в ноябре 1915 года как близнецы, было символичным. В 1918 году еще один представитель Геттингенской научной школы Герман Вейль опубликовал третью геометрическую теорию поля²⁶. В этой теории параллельный перенос вектора в отличие от римановой геометрии приводил не только к изменению направления вектора, но и к изменению его модуля. Эту особенность своей геометрии Вейль использовал для описания электромагнитного поля, открыв первую нериманову геометрию с «неметричностью», определяемой сегментарной кривизной.

²³ Mie, G. // Ann. d. Phys. (1910) 37, 511; (1912) 39, 1; (1913) 40, 1.

²⁴ Einstein, A. // Ann. d. Phys. (1916) 49, 769.

²⁵ Синг Дж.Л. Общая теория относительности. М.: ИЛ, 1963. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. Изд. 2-е. М.: ГИ ФМЛ, 1961.

²⁶ Weil H. // Sitzungsber. d. Berl. Akad. (1918) s. 465.

Очередные геометрические теории поля не заставили себя долго ждать. В начале 1919 года Эйнштейну на отзыв поступила статья Теодора Калуцы, в которой развивалась 5-мерная геометрическая теория поля. Классическая ныне статья Калуцы²⁷, была опубликована в конце 1921 года и вскоре появилась геометрическая модель гравитации английского математика и философа Альфреда Уайтхеда²⁸. Эли Картан использовал для описания электро-гравитации открытую им, вторую после Вейля, нериманову геометрию с кручением²⁹, а Артур Эддингтон исследовал «аффинную теорию поля»³⁰.

К началу 1930-х годов стало ясно, что геометрические модели гравитации и электромагнитного поля могут быть построены множеством различных способов. Из всего этого множества на протяжении 20 столетия были исследованы только два, казавшихся наиболее перспективными, подхода к проблеме создания единой геометрической теории поля – обобщения римановой геометрии и многомерные гиперпространства. Современные обзоры упоминают более 30 подробно разработанных геометрических моделей гравитации и электрогравитации.

Подавляющее большинство разработанных геометрических моделей гравитации имеют частные формы, соответствующие теории тяготения Ньютона, и предсказывают «стандартные» физические эффекты, которые обычно считаются экспериментальными подтверждениями модели Эйнштейна: вековое смещение перигелия Меркурия; гравитационное красное смещение в спектрах излучения массивных тел; отклонение световых лучей в гравитационном поле Солнца и задержка радиосигналов, проходящих вблизи Солнца. Все разработанные геометрические модели гравитации предсказывают, что шкалы времени, сохраняя однородность, могут иметь разный масштаб, когда наблюдатель сравнивает шкалы времени в областях пространства с разным гравитационным потенциалом:

$$t' = (1 + 2\varphi / c^2)^{-1/2} \cdot t; \quad \varphi = -Gm/r.$$

Каково же место теории гравитации Эйнштейна в ряду нескольких десятков разработанных геометрических моделей электромагнитного поля и гравитации? Почему эта модель столь долго сохраняет популярность? Несомненно, что теория Эйнштейна использует достаточно простую геометрическую модель гравитационного поля, следуя классической «бритве Оккама»: *Entia non sunt*

²⁷ Kaluza Th. // Sitzungsber. d. Berl. Akad. (1921) s. 966.

²⁸ Whitehead, A.N. *The Principle of Relativity with Applications to Physical Science*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1922.

²⁹ Cartan E. // Compt. Rend. (1922) 174, 593.

³⁰ Eddington, A.S. *The Mathematical Theory of Relativity*, Cambridge Univ. Press, 1924.

multiplicanda praeter necessitatem (Не следует умножать число сущностей сверх необходимого). Уравнения Эйнштейна наиболее просты в том смысле, что кривизна и энергия-импульс в них входят линейно, а геометрия пространства-времени определяется тензорами только второго ранга. Физическая сущность модели Эйнштейна тоже проста – разница между локальной и общей кривизной пространства-времени пропорциональна локальной плотности энергии-импульса.

Теория Эйнштейна сохраняет свою популярность, прежде всего, по следующим причинам. Во-первых, уравнения Эйнштейна, как и второй закон Ньютона, имеют «открытую архитектуру» – тензор энергии-импульса в правой части уравнений Эйнштейна, как и сила во втором законе Ньютона, должны быть определены с помощью какой-то дополнительной физической теории или гипотезы. Сам Эйнштейн считал это серьезным дефектом своей теории. Однако именно эта открытая архитектура обеспечила долгую жизнь уравнениям Эйнштейна, потому что она открывала широкие горизонты для фантазии теоретиков, которые могли изобретать разнообразные тензоры энергии-импульса.

Почти любая фантазия после конструирования соответствующего тензора энергии-импульса может быть представлена в математической форме с помощью уравнений Эйнштейна. Эту «универсальность» модели Эйнштейна эффектно продемонстрировал в 1947 году австрийский математик Курт Гедель, который нашел решения уравнений Эйнштейна, соответствующие замкнутым времени-подобным мировым линиям³¹. Каждое событие на такой мировой линии принадлежит замкнутой истории причин и следствий, так что, например, путешественник, начав свой путь в какой-то «настоящий» момент времени через некоторое время неизбежно прибудет в свое собственное прошлое.

Во-вторых, многозначительное название «Общая теория относительности» (ОТО), которое дал Эйнштейн своей геометрической модели гравитации, дало повод многим физикам думать, что эта теория определяет какие-то общие свойства пространства, времени и движения. Привлеченные таким многообещающим названием некоторые физики легкомысленно начали использовать термин «Общая теория относительности» в качестве синонима универсальной теории пространства-времени, забыв, что это только название одной из многих возможных геометрических моделей гравитации. Тем не менее, методология теоретической космологии и первые космологические модели были разработаны именно на основе ОТО.

³¹ Gödel, K. An Example of a New Type of Cosmological Solutions of Einstein's Field Equations of Gravitation // *Rev. Mod. Phys.* (1 July 1949) 21, 447.

Для сферически симметричного объема наблюдения одной из самых распространенных метрик в теоретической космологии является метрика Робертсона-Уокера, которая определяет радиальный интервал:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t) dr^2 / (1 - kr^2) \quad (12)$$

В это уравнение входит «масштабный фактор»:

$$a(t) = r/r_0 = R(t)/R_0 \quad (13)$$

который часто интерпретируется как отношение переменного «радиуса Вселенной» $R(t)$ и некоторого постоянного масштаба R_0 . В (12) $k = +1$ [L^{-2}] соответствует пространству положительной кривизны; $k = 0$ соответствует «плоскому» Евклидову пространству, а $k = -1$ [L^{-2}] соответствует пространству с отрицательной кривизной (гиперболическому пространству). Как показали исследования, астрономическим наблюдениям в наилучшей степени соответствует сферически симметричное «плоское» пространство ($k = 0$), для которого может использоваться интервал, определяемый соотношением:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t) dr^2 \quad (14)$$

В 1917 году Альберт Эйнштейн предложил первую космологическую модель вечной, но ограниченной в пространстве Вселенной, добавив положительную Космологическую постоянную Λ в свои уравнения для уравнивания гравитации, которая иначе могла бы заставить Вселенную либо быстро сжаться, либо бесконечно расширяться³². Вселенная Эйнштейна является ограниченной гиперсферой с радиусом: $R = \Lambda^{-1/2} = c/\sqrt{4\pi G\rho}$, для которой радиальный интервал определяется соотношением:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - (1 - r^2/R^2)^{-1} dr^2 \quad (15)$$

Первая космологическая модель четырехмерного расширения Вселенной появилась уже через год после публикации уравнений тяготения Эйнштейна. В 1917 году датский астроном Виллем де Ситтер нашел необычное решение уравнений Эйнштейна для статичной метрики, в которой метрический коэффициент для времени-подобной координаты является функцией расстояния от наблюдателя³³:

$$ds^2 = c^2 (1 - r^2/R^2) dt^2 - (1 - r^2/R^2)^{-1} dr^2 \quad (16)$$

³² Einstein, A. // Berl. Ber. (1917) 142.

³³ De Sitter, W. // Proc. Akad. Wetensh. Amsterdam (1917 a) 19, 1217. De Sitter, W. // MNRAS (1917 b) 78, 3.

В мире Де Ситтера часы, которые находятся вдалеке от наблюдателя, расположившегося в начале координат $r = 0$, регистрируют замедленный ход времени по сравнению с часами наблюдателя: $\Delta t / \Delta t_0 = (1 - r^2 / R^2)^{1/2}$. Это соотношение определяет отношение длин волн спектральных линий: $\lambda / \lambda_0 = (1 - r^2 / R^2)^{1/2}$, которое соответствует красному смещению:

$$z = \Delta \lambda / \Delta \lambda_0 = 1/2 \cdot r^2 / R^2 \quad (17)$$

Эту часть «эффекта Де Ситтера» можно рассматривать как «кажущееся расширение» пространства. Существует, однако, и вторая часть эффекта³⁴, связанная с тем, что все движущиеся в мире Де Ситтера тела начинают ускоряться при отсутствии каких либо внешних сил. В результате, при отсутствии отрицательных начальных скоростей тел, эффект Допплера для этого дополнительного ускорения компенсирует квадратичный эффект (17), формируя почти линейную зависимость красного смещения от расстояния.

Стационарная форма метрического интервала может быть преобразована в нестационарную форму введением подходящих новых координат, которые являются функциями исходных. В 1920-х годах, Жорж Леметр³⁵ и Говард Робертсон³⁶ независимо друг от друга обнаружили преобразования координат, которые преобразуют стационарный интервал де Ситтера (16) к нестационарной форме:

$$\begin{aligned} ds^2 &= c^2 dt^2 - \exp(2\sigma/R) \cdot dl^2 \quad l = r / (1 - r^2/R^2) \exp(-ct/R) \\ \tau &= t + cR/2 \cdot \lg(1 - r^2/R^2) \end{aligned} \quad (18)$$

Модель (18) описывает неоднородное четырехмерное расширение Вселенной и соответствует уравнению состояния: $\rho_{00} + p_0 = 0$ для плотности ρ_{00} и давления p_0 . При $\rho_{00} = 0$ радиус Вселенной определяется космологической постоянной Эйнштейна: $R = \sqrt{3/\Lambda}$. Модель де Ситтера является пространственно замкнутой при положительном коэффициенте Λ ; преобразуется в открытое «плоское» пространство-время СТО при $\Lambda = 0$, и соответствует открытому искривленному пространству-времени при $\Lambda < 0$. С отрицательным давлением модель де Ситтера описывает экспоненциальную «инфляцию Вселенной», которая является одним из чудес космологии Большого Взрыва.

В 1922 году русский математик Александр Фридман впервые нашел решение уравнений Эйнштейна для расширяющейся Вселенной с конечной средней

³⁴ De Sitter, W. *Astronomical Aspect of the Theory of Relativity*. University of California Pub. in Mathematics (Berkeley: Univ. Calif. Press), 1933, 2, No. 8.

³⁵ Lemaitre, G. // J. Math. and Phys. (1925) 4; 188.

³⁶ Robertson, H.P. // Phil. Mag. (1928) 5; 835.

плотностью вещества (см, например³⁷). В космологической модели, основанной на решениях Фридмана, материя описывается как «космический флюид» – идеальный «газ» или «пыль» галактик, для которого уравнение состояния определяется только плотностью энергии $\rho_\epsilon = \rho c^2$, где ρ – это плотность массы, и изотропным давлением p . Для такой модели тензор энергии-импульса в (11) имеет вид: $T_{\mu\nu} = (\rho_\epsilon + p)u_\mu u_\nu + pg_{\mu\nu}$.

Уравнения Фридмана для этого тензора энергии-импульса в сопутствующей системе координат и со сферически симметричной метрикой Робертсона-Уокера, которые часто называют «уравнениями *FLRW*» (уравнениями Фридмана-Леметра-Робертсона-Уокера), имеют вид:

$$(\dot{a}/a)^2 = 8\pi G/3 \cdot \rho - kc^2/a^2 \quad (19)$$

$$\ddot{a}/a = -4\pi G/3 \cdot (\rho + 3p) \quad (20)$$

В этих уравнениях точки над буквами обозначают дифференцирование по ньютоновскому времени, как это принято в космологии. Уравнение (19) это условие сохранения энергии, а второе уравнение (20) является уравнением движения идеального газа галактик, в которых давление сопоставимо с плотностью энергии.

При использовании «эффективной» плотности энергии ρ_E уравнение (19), часто используют в форме:

$$(\dot{a}/a)^2 = 8\pi G/3c^2 \cdot \rho_E \quad (21)$$

В 1932 году Эйнштейн и де Ситтер предложили простую модель Вселенной, расширяющейся от начального чрезвычайно плотного состояния материи, которая была популярна у астрофизиков вплоть до 1990-х годов. Эта модель описывает расширение пространства, когда потенциальная гравитационная энергия Вселенной всегда равна кинетической энергии расширения так, что полная энергия Вселенной равна нулю. Модель Эйнштейна-де Ситтера соответствует уравнению вида (21), которое для начального условия: $t = 0 : a = 0$ имеет решение:

$$a = (t/T)^{2/3} \quad T = 2/3 \cdot H_0^{-1} \quad (22)$$

Эта модель описывает замедляющееся расширение пространства Вселенной: $R(t) = R_0(t/T)^{2/3}$, и оценивает возраст Вселенной при популярной в наше время оценке $H_0 = 70$ км/с/Мпк как $T = 2/3 \cdot H_0^{-1} = 9,73$ миллиардов лет. Но многие астрофизики считают этот возраст слишком малым, поскольку оценки возраста старых красных звезд в шаровых звездных скоплениях часто превышают 10 миллиардов лет.

³⁷ Peebles, P.J.E. *Principles of Physical Cosmology*. Princeton NJ: Princeton University Press, 1993. Rowan-Robinson, M. *Cosmology*. 4-th Ed. Oxford: Clarendon Press, 2004.

Теоретическая космология часто использует «фактор Хаббла»: $H(t) = \dot{a}/a$, который позволяет определить «критическую плотность энергии» ρ_c , которая соответствует решению уравнения (21) для пространственно-«плоской» ($k = 0$) геометрии пространства-времени:

$$\rho_c = 3c^2 H^2(t)/8\pi G \quad (23)$$

Эта критическая плотность позволяет ввести очень удобные и полезные «космологические параметры»:

$$\Omega_i = \rho_i / \rho_c = 8\pi G / 3c^2 H^2(t) \cdot \rho_i \quad (24)$$

Еще одним часто применяемым параметром, характеризующим эволюцию Вселенной, является «параметр замедления» для ньютоновского времени:

$$q_t = -a\ddot{a}/\dot{a}^2 \quad (25)$$

При использовании параметра замедления (25) и космологических параметров (24) современную так называемую «стандартную космологическую модель» (СКМ; Λ CDM -модель) часто представляют в форме:

$$q_t = 1/2 \cdot \Omega_M - \Omega_\Lambda \quad (26)$$

Космологическая модель Эйнштейна-де Ситтера (22) соответствует (26) при $\Omega_\Lambda = 0; \Omega_M = 1$ и, соответственно $q_t = 1/2$. Самая популярная оценка космологического параметра $\Omega_M = 0,27 \div 0,33 \simeq 0,3$ в СКМ соответствует только 15% излучения и нормальной барионной материи. Остальные 85% это загадочная «темная материя». Влияние неуловимой «темной энергии» оценивается космологическим параметром $\Omega_\Lambda = \Omega_{DE} = 0,67 \div 0,73 \simeq 0,7$. Современная СКМ, описывающая расширение пространства Вселенной, использует эмпирические значения космологических параметров при $H_0 = 70$ км/с/Мпк и оценивает возраст Вселенной в $T = 13,75$ миллиардов лет. Уравнение (26) служит описанием «невидимой» Вселенной, наполненной ненаблюдаемой «темной материей» и «темной энергией», в которой телескопы позволяют увидеть всего 0,5% «светящейся» материи.

В конце 1920-х годов доктрина расширяющейся Вселенной получила подтверждение в открытом Весто Слайфером, Кнутом Лундмарком, Милтоном Хьюмасоном и Эдвином Хабблом явлении космологического красного смещения. Оказалось, что красные смещения: $z = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0 = \lambda/\lambda_0 - 1$, где λ_0 это длина волны спектральной линии лабораторного эталона, соответствующего наблюдаемой спектральной линии λ в спектрах далеких галактик, пропорциональны расстояниям этих галактик от земных наблюдателей. Многие астрофизики, последовав за Жоржем Леметром, начали рассматривать космологическое красное смещение, как «кажущийся эффект Допплера» по аналогии с характеристиками излучения движущихся объектов. Эта аналогия предполагает, что

наблюдаемые проявления расширяющегося пространства Вселенной могут быть представлены формулой эффекта Допплера для некоторой «эффективной» скорости V_U расширения пространства Вселенной. При этом так называемый «закон Хаббла» может быть представлен соотношениями:

$$dr/dt = V_U = c \cdot z = \dot{a}/a \cdot r = H(t) \cdot r \quad z = (\omega_0 - \omega)/\omega = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0 = V_U/c \quad (27)$$

Космологические модели Фридмана и Эйнштейна-де Ситтера, как и их современный потомок – «Стандартная космологическая модель» (СКМ) при введении сопутствующей системы отсчета используют предположение о постоянстве средней плотности материи для любого момента времени. Однако предположение о постоянстве плотности распределения материи в пространстве приводит к известному фотометрическому Парадоксу Ольберса. Загадка темного фона ночного неба, известная как Парадокс Ольберса, привлекает наше внимание к противоречию между непроницаемой тьмой космического пространства и логическим выводом о том, что в безграничной Вселенной равномерно распределенные подобные Солнцу звезды должны были бы превратить небосвод в сияющую как Солнце полусферу.

Космологические модели Фридмана и Эйнштейна-де Ситтера для расширяющейся Вселенной в сочетании с Дамокловым мечем Парадокса Ольберса для Вселенной с равномерной плотностью распределения материи заставили астрономов размышлять о возможном «начале» истории Вселенной, когда вся материя была сосредоточена в своего рода «центре мироздания». В 1931 году Жорж Леметр выступил с докладом на заседании Британской научной ассоциации, в котором он представил свою теорию «горячего» рождения Вселенной из «Первичного Атома» – особого «Космического яйца», взорвавшегося в момент Творения. Основные идеи доклада Леметра были в том же году опубликованы в *Nature*³⁸.

Сначала гипотезу Леметра называли «динамической эволюционной моделью», а затем благодаря шутке космолога Фреда Хойла, который в своем выступлении в 1949 году назвал эту гипотезу «большой бах» (*Big Bang*), появился современный термин «Большой Взрыв». Гипотеза Большого Взрыва позволила радикально разрешить Парадокс Ольберса, предположив ограниченное время существования Вселенной. Современные модели Большого Взрыва ограничивают возраст Вселенной 14 миллиардами лет, и поэтому с учетом расширения Вселенной мы не можем видеть какие либо объекты на ночном небе, удаленные от нас более чем на 46 миллиардов световых лет. С 1960-х годов различные модели Большого Взрыва для горячего взрывного рождения Вселенной являются неотъемлемыми частями современной «Стандартной космологической модели».

³⁸ Lemaître, G. (1931) The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory // *Nature* 127 (1931), n. 3210; 706.

В 1930-е годы многие астрофизики считали космологические модели Фридмана и Эйнштейна-де Ситтера наивными, поскольку эти модели предполагали, что эволюция Вселенной определяется исключительно силами гравитации, для описания которых использовалась только одна из множества возможных геометрических моделей гравитации. Эти сомнения привели к разработке нескольких более общих космологических моделей.

«Кинематическая космология», разработанная английским космологом Эдвардом Милном в 1933 году не использовала ОТО или какие либо другие модели гравитации, а была основана на Специальной теории относительности³⁹. Эдвард Милн понимал определяющее значение измерения времени в естествознании, и попытался создать космологию в форме строго дедуктивной теории, основанной на методологии измерения времени. Он рассматривал Вселенную как «субстрат», образованный множеством движущихся «фундаментальных наблюдателей», которые обмениваются немедленно отражающимися сигналами, так что обмен информацией для каждой пары наблюдателей может быть представлен непрерывным зигзагом световых сигналов. Все сигналы содержат информацию о времени последнего отражения сигнала другим наблюдателем, так что наблюдатели могут косвенно определять отсчеты времени на часах друг друга. Все измерения, включая определение координат и скоростей, при таком подходе сводятся к расчетам по моментам отражения сигналов наблюдателями.

Общее условие эффективности хронометража во Вселенной Милна сводится к вопросу – может ли наблюдатель, который установил отсчет времени на своих часах, обеспечить их конгруэнтность с часами другого наблюдателя вне зависимости от их относительного движения? Эдвард Милн доказал, что универсальная конгруэнтность может быть обеспечена только для двух шкал времени – однородной шкалы t , которую он называл «атомным временем», и логарифмической шкалы: $\tau = t_0 \log(t/t_0) + t_0$.

Фундаментальный наблюдатель, использующий однородную t -шкалу времени, видит расширяющуюся Вселенную, где все другие наблюдатели удаляются от него со скоростями, пропорциональными их радиальным расстояниям от этого наблюдателя. Формально такая Вселенная соответствует модели расширяющегося пустого пространства с отрицательной кривизной при росте радиуса Вселенной со скоростью света: $R = ct$.

Переход от однородной t -шкалы времени к логарифмической шкале превращает равномерно расширяющийся в плоском Евклидовом пространстве субстрат Милна в стационарный субстрат, но в гиперболическом пространстве. Общая структура субстрата и основные законы физики остаются неизменными

³⁹ Milne, E.A. World-Structure and the Expansion of the Universe // Zeitschrift für Astrophysik (1933) 6, 1–95.

при таких преобразованиях. Но, например, атомы должны непрерывно «съезжаться» при переходе к логарифмическому времени.

Движение пробной частицы, которое было инерционным при использовании логарифмической шкалы времени, уже не будет инерционным при использовании равномерной шкалы. Переход от τ -времени к t -времени превращает инерционное движение в ускоряющееся, так что появляются виртуальные «силы», ускоряющие движение частиц. В своей космологии Милн использовал уравнение Больцмана, чтобы исследовать свойства множества частиц, погруженных в субстрат своей Вселенной.

Разрабатывая свою космологическую модель, Эдвард Милн создал новую электродинамику с «супер-потенциалами», исследовал природу космических лучей, структуру галактик и атомов, а также показал эффективность использования преобразований Фойгта в кинематике с логарифмическим временем.

Своей задачей Эйнштейн считал геометризацию физики, и поэтому он рассматривал силы как результат изменения геометрии пространства-времени. Эдвард Милн, наоборот, рассматривал силы, как последствия локальных возмущений кинематики в глобально однородном расширении субстрата Вселенной. Могенс Вегенер так объясняет суть «кинематической относительности» Милна: «Если задачей Эйнштейна было свести инерцию к гравитации в соответствии с принципом Маха, то Милн стремился свести гравитацию к инерции, не признавая принцип Маха»⁴⁰. В отличие от космологии ОТО, которая рассматривает геометрическую модель гравитации, как глобальное свойство Вселенной, в космологии Милна Специальная теория относительности считается глобальным свойством Вселенной, а геометрические модели гравитации используются только для описания локальной геометрии пространства-времени вблизи массивных объектов.

Увы, Эдварду Милну не была суждена долгая жизнь для того чтобы завершить его исследовательскую программу, а его идеи не нашли достаточного количества последователей. Тем не менее, его статьи и книги оказали значительное влияние на развитие космологических моделей, конкурирующих с моделями ОТО, так как он впервые доказал, что эффективная космология может быть создана и без использования теории гравитации. В частности, он обосновал важный Космологический принцип в форме двух постулатов:

1. Все наблюдения Вселенной, которые может провести наблюдатель, в каком либо определенном месте Вселенной, не отличаются от наблюдений в любом другом месте Вселенной.

⁴⁰ Wegener, M. T. Milne's kinematic relativity. Ideas in cosmology: a philosopher's synthesis // In: *Recent Advances in Relativity Theory*, Vol. 1 (Duffy & Wegener, Eds.) Hadronic Press 2000.

2. Каждый наблюдатель видит Вселенную, находясь в центре сферически-симметричного, однородного и изотропного объема пространства. Математическая форма этого второго постулата имеет вид:

$$dr/dt = v \propto r \quad (28)$$

Сравнение (28) с (7) показывает эквивалентность этих двух соотношений. Это вполне понятно, потому что Эдвард Милн провел обратный анализ по сравнению с выводом Владимира Игнатовского – начав с преобразований Лорентца, он вывел условие изотропии пространства, которое является постулатом аксиоматической СТО Игнатовского и необходимым условием для вывода преобразований Лорентца.

В 1936 году Артур Уокер в своих статьях, комментирующих Кинематическую космологию Милна⁴¹, показал, что использование Милном СТО не является необходимым, и кинематический метод Милна может применяться и без использования преобразований Лорентца. В 1944 году Уокер, кроме того, доказал, что утверждение об однородности пространства, которое входит во второй постулат Милна, является следствием утверждения об изотропии сферически симметричного пространства при условии, что существуют гладкие мировые линии, соединяющие всех наблюдателей⁴².

Доктрина стационарного расширения Вселенной – предположение о том, что в вечно расширяющейся Вселенной постоянная средняя плотность распределения материи поддерживается непрерывным синтезом вещества для формирования новых звезд и галактик, вероятно, впервые была рассмотрена Джеймсом Джинсом в конце 1920-х годов. Самой известной космологической моделью этой доктрины является «Космология стационарно расширяющейся Вселенной» (*SSC; Steady State Cosmology*), разработанная в 1948 году Германом Бонди, Томасом Голдом и Фредом Хойлом в качестве альтернативы космологической модели Большого Взрыва⁴³. Радиальный интервал в этой модели определяется соотношением:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - \exp(2t/T) \cdot dr^2 \quad (29)$$

Стационарно расширяющаяся Вселенная не имеет ни начала, ни конца во времени и в любом ее достаточно большом объеме средняя плотность материи и картина распределения галактик одинаковы. Такая Вселенная соответствует «совершенному» или «строгому» Космологическому принципу Милна – все наблюдения Вселенной, которые может провести наблюдатель в определенном

⁴¹ Walker, A.G. // Proc. Lond. Math. Soc. (1937) 42, 90; (1940) 46, 113-154; (1943) 48, 161-179.

⁴² Walker, A.G. // Journ. Lond. Math. Soc. (1944) 19, 219-229.

⁴³ Bondi, H., Gold, T. // MNRAS (1948) 108, 3. Hoyle, F. // MNRAS (1948) 108, 5.

месте Вселенной в определенную эпоху, совпадают с наблюдениями в любых других местах Вселенной и в любую другую эпоху.

В 1990-х годах, Фред Хойл, Джефффри Бурбидж и Джайнат Вишну Нарликар предложили усовершенствованную «Космологию квази-стационарно расширяющейся Вселенной» (*QSSC; Quasi Steady-State Cosmology*), в которой применялся принцип инерции Маха⁴⁴. Эта модель использует полевые уравнения Эйнштейна (11) с тензором энергии-импульса $T_{\mu\nu}$, сконструированным на основе давнего предположения Маха о том, что инертная масса частицы возникает вследствие ее гравитационного взаимодействия со всеми другими частицами во Вселенной. Простейшее решение уравнений модели для интервала, определяемого метрикой Робертсона-Уокера, соответствует следующей зависимости масштабного фактора от времени:

$$a(t) = \exp(t/P) \cdot \{1 + \eta \cos[2\pi(t)/Q]\} \quad (30)$$

В этом соотношении функция $\tau(t)$ очень близка к абсолютному ньютоновскому времени t , за исключением значений вблизи максимумов и минимумов масштабного фактора. Параметры P и Q обозначают соответственно характерное время экспоненциального расширения Вселенной и продолжительность циклов, а параметр η удовлетворяет неравенству: $0 < \eta < 1$. Для $P \gg Q$ (30) описывает Вселенную с экспоненциальным расширением, которое модулируется краткосрочными колебаниями, в которых никогда не достигаются нулевые значения масштабного фактора.

Эпоха 1930-х годов оказалась трудным временем для космологических моделей ОТО. Ричард Толмен, вероятно, был первым, кто привлек внимание космологов к тому, что в космологических моделях с ньютоновским временем скорость света оказывается переменной⁴⁵. Действительно, например, интервал (14) определяет *переменную* скорость света как координатную скорость на геодезической с нулевым интервалом ($ds = 0$): $dr/dt = c/a(t) \neq \text{const}$. Вскоре Джон МакВитти, Уильям МакКри и Эдвард Милн подтвердили нерелятивистский характер космологических моделей ОТО, продемонстрировав вывод уравнений космологической модели Фридмана (20) с помощью классической механики, теории тяготения Ньютона и термодинамики⁴⁶. Для вывода уравнений Фридмана можно, например⁴⁷, рассмотреть сохранение

⁴⁴ Hoyle, F., Burbidge, G., Narlikar, J.V. *A different Approach to Cosmology*. Cambridge University Press, Cambridge, 2000

⁴⁵ Толмен Р.Ч. Относительность, термодинамика и космология. М.: Наука, 1974. Tolman, R.C. *Relativity, Thermodynamics and Cosmology*. Oxford Clarendon Press, 1934.

⁴⁶ McCrea, W.H., McVittie, G.C. // MNRAS. (1931) 92(3); McCrea, W.H., Milne, E.A.J. // Math. (Oxford) (1934) 5 (3); 73.

⁴⁷ Rowan-Robinson, M. *Cosmology*. 4-th Ed. Oxford: Clarendon Press, 2004.

энергии на единицу массы пробной частицы, движущейся с поверхностью расширяющейся тяжелой сферы.

Скорость света может считаться универсальной постоянной только на мировых линиях с ньютоновским временем и метрикой Минковского, определяющими интервал (9). В ОТО метрика Минковского может использоваться только локально в малой окрестности геодезической, чего, конечно, не достаточно для космологии. Конфликт космологии ОТО с квантовой физикой фотонов представляется особенно тревожным, поскольку большинство аргументов в пользу доктрины расширяющейся Вселенной были получены в предположении, что скорость света является универсальной постоянной. Переменная скорость света сделала также сомнительным анализ с помощью космологии ОТО ранних стадий эволюции Вселенной, так как и уравнения Максвелла и многие важные соотношения квантовой физики не действительны для переменной скорости света.

С 1930-х годов многие космологи начали рассматривать космологические модели ОТО только как незавершенные формализмы, которые должны корректироваться введением дополнительных эмпирических констант и параметров. Триумфальная эпоха 1910-х годов, когда космологические решения уравнений Эйнштейна содержали только фундаментальные константы, сменилась долгим поиском оптимальных эмпирических параметров для интерпретации астрономических наблюдений.

После введения эмпирических оценок средней плотности энергии во Вселенной и постоянной Хаббла появилась оценка нейтрон-протонного отношения в первичном нуклеосинтезе, а затем и оценки плотностей «темной материи» и «темной энергии». В наше время, например, недавние публикации проекта Планка⁴⁸ предлагают, по меньшей мере, 10 новых эмпирических параметров для разумной интерпретации астрономических наблюдений при использовании 6-параметрической Λ CDM-версии космологической модели ОТО. И, увы, даже этого все еще не достаточно, чтобы устранить все несоответствия наблюдений и расчетов космологических моделей ОТО.

В конце 1930-х годов русский математик Владимир Фок показал, что каждое нерелятивистское пространство-время с радиальным интервалом вида (14) имеет релятивистское конформное отображение на Галилеево пространство, которое он назвал «пространством Фридмана-Лобачевского» (ПФЛ). Разрабатывая теорию ПФЛ, Фок использовал общее конформное представление интервала (14):

$$ds^2 = a(c^2 dt^2 - dr^2) \quad (31)$$

Затем он показал, что теория ПФЛ может быть разработана в предположении, что интервал (31) допускает группу преобразований Лорентца и может быть представлен в форме:

⁴⁸ Ade, P.A.R. et al. // A&A (2013). arXiv:1303.5076v1 [astro-ph.CO]

$$ds^2 = F(S)(c^2 dt^2 - dr^2) \quad S = \sqrt{c^2 t^2 - r^2} \quad (32)$$

Наличие группы преобразований Лорентца обеспечивает постоянство скорости света и изотропию ПФЛ, а начало координат ничем не выделяется, допуская перенос в него любой точки ПФЛ с помощью преобразований Лорентца.

Решение уравнений Эйнштейна, соответствующее равномерно распределенной в пространстве материи с конечной плотностью $\rho > 0$, определяет радиальный интервал сферически симметричного ПФЛ, соответствующий космологической модели Фридмана:

$$\begin{aligned} ds^2 &= (1 - \alpha/\tau)^4 (c^2 dt^2 - dr^2) \quad \tau = \sqrt{t^2 - (r/c)^2} \\ \beta(\beta + \alpha)/(\beta - \alpha)^3 &= H \quad 4\alpha\beta/(\alpha + \beta)^2 = \Omega_M \end{aligned} \quad (33)$$

Релятивистская космология Фридмана-Фока с интервалом (33) использует те же предположения, что и модель Фридмана, но, в отличие от нее обеспечивая в ПФЛ постоянство скорости света на радиальных геодезических ($ds = 0$).

Космология Фридмана-Фока описывает ускоряющееся четырехмерное расширение пространства-времени с неоднородным изменением масштабов не только пространства, но и времени без привлечения гипотезы о существовании «темной энергии» или применения Космологической постоянной Эйнштейна. Зависимость красного смещения от расстояния до излучающего объекта в этой космологии нелинейная. Значения постоянной Хаббла, рассчитанные по наблюдениям удаленных объектов, оказываются меньше по сравнению с величиной постоянной Хаббла, определенной для более близких объектов. При $H = 70$ км/с/Мпк и $\Omega_M = 0,3$ ($\alpha \simeq 1,8$ млрд. лет и $\beta \simeq 20,3$ млрд. лет в 33) оценка возраста Вселенной в космологии Фридмана-Фока 16,35 млрд. лет.

Геометрии пространства-времени, определяемые интервалом (14), и конформными интервалами (31, 32), заметно отличаются, и мы можем наглядно себе представить геометрии с интервалами (31, 32) как отражения геометрий с интервалом (14) в особо изогнутых зеркалах. Тем не менее, конформные отображения успешно используются в физике, благодаря тому, что хотя конформные преобразования и меняют глобальную геометрию некоторой области, но при этом сохраняют формы бесконечно малых фигур. Таким образом, например, конформное преобразование гармонической функции, удовлетворяющей уравнению Лапласа в двумерной плоской области, является также гармонической функцией. Функции, которые определяются потенциалами, после конформного преобразования сохраняют зависимости от потенциалов. Эти особенности конформных преобразований позволяют успешно использовать их для анализа уравнений, определяющих поля с потенциалами, например, электромагнитное поле, гравитационное поле и потенциальные течения в гидродинамике.

Пути развития квантовой физики и теоретической космологии разошлись уже в 1920-х годах. Теоретическая космология в начале своего развития рассматривала на релятивистские уравнения гравитации Эйнштейна, полагая, что они могут служить основой поиска специфических законов мегамира. Однако оказалось, что многие космологические решения уравнений Эйнштейна могут быть получены из классической теории гравитации Ньютона. В дальнейшем, несмотря на критику отдельных теоретиков, космология продолжала использовать, по существу, ньютоновскую теорию гравитации, отказавшись от поиска специфических для мегамира релятивистских и квантовых законов. Причиной этого, конечно, не было непонимание ограниченности перспектив разработки теории мегамира на основе теории гравитации Ньютона и термодинамики. Поиск особых законов мегамира сдерживал, вплоть до последней четверти 20 века, значительно меньший, по сравнению с квантовой физикой, объем надежных наблюдений космических тел и структур в дальнем космосе.

Первые попытки создания квантовой теории гравитации, а затем и «квантовой космологии» были предприняты почти одновременно с разработкой формализма квантовой механики. Однако в 20 столетии так и не удалось завершить разработку квантовой теории гравитации и, тем более, квантовой космологии. Основные формальные причины неудач при попытках создания квантовой теории гравитации можно сформулировать так:

Во-первых, в ОТО гравитационное поле определяется большим количеством переменных (десятью компонентами метрического тензора), нежели необходимое число динамических параметров. Из-за нелинейности уравнений гравитации Эйнштейна не удастся провести эффективное исключение «избыточных» переменных так, как это делается, например, при квантовании электромагнитного поля.

Во-вторых, нелинейность уравнений гравитации Эйнштейна приводит к несовместимости ОТО с одним из основных принципов квантовой теории – принципом суперпозиции, так как сумма решений нелинейных уравнений уже не является решением исходного уравнения. Это обстоятельство препятствует применению в теории гравитации хорошо разработанных методов квантования.

Помимо этих технических трудностей, ОТО и квантовую физику разделяет их концептуальное различие. Самым серьезным препятствием для объединения этих двух теорий является так называемая «Проблема времени». Во всех геометрических моделях гравитации, как и в ОТО, движение определяется интервалом мировой линии, который, в свою очередь, зависит от метрики пространства-времени. В геометрических теориях гравитации интервал $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$ содержит «смесь» дифференциалов пространственно-подобных и времени-подобных координат. Только в своей небольшой окрестности наблюдатель может «разделить» такое единство пространства-времени на отдельное «пространство» и «время», применив, например, приближение интервала Минковского

(9). Но такая локальная аппроксимация бесполезна для космологии, которая стремится исследовать глобальные свойства пространства-времени.

В ОТО время и пространство являются внутренними переменными, которые зависят от распределения энергии и динамики масс. В отличие от неопределенности в свойствах и методах измерения времени в ОТО, в квантовой физике время имеет особый статус и рассматривается в качестве независимого параметра, внешнего по отношению к характеристикам системы или объекта. Эта особая роль отчетливо видна в стандартной формулировке квантовой механики, где время не является оператором в отличие от пространства, и рассматривается как часть определенного априори независимого пространственно-временного «субстрата» Вселенной с однозначно определенными методами измерения его характеристик.

В 20 столетии рассматривались три концепции объединения ОТО и квантовой механики в космологии:

1. Исключение характеристик пространства при анализе кинематики использовал Эдвард Милн в своей Кинематической космологии. Но при этом ОТО утрачивает статус глобальной теории пространства-времени и может применяться только локально.

2. Исключение времени из ОТО так, что новая теория сохраняет статус глобальной теории пространства-времени.

3. Введение дополнительных, не зависящих от ОТО соотношений для пространства-времени, или переход к многомерным гиперпространствам.

Решительный шаг для исключения времени из ОТО был сделан в 1959 году Ричардом Арнвитом, Стенли Десером и Чарльзом Мизнером, разработавшими так называемый АДМ-формализм⁴⁹. Этот формализм предполагает, что пространство-время расслоено в семейство пространственно-подобных поверхностей, каждая из которых соответствует определенному моменту ньютоновского времени. В качестве динамических (канонических) переменных в этом формализме приняты компоненты метрического тензора трехмерных пространственных сечений и сопряженные с ними импульсы. Эти переменные позволяют определить гамильтониан, и тем самым написать уравнения движения для ОТО в форме уравнений Гамильтона.

В 1967 году Брюс Селигман ДеВитт (*Bryce Seligman DeWitt*), используя идеи АДМ-формализма, сформулировал уравнение для волновой функции Вселенной под названием «уравнение Эйнштейна-Шредингера», которое позже было переименовано в «уравнение Уилера-ДеВитта»⁵⁰. Это уравнение описывает

⁴⁹ Arnowitt, R.; Deser, S.; Misner, C. Dynamical Structure and Definition of Energy in General Relativity // *Physical Review* (1959) 116 (5): 1322–1330. Arnowitt, R.; Deser, S.; Misner, C.. Republication of: The dynamics of general relativity // *General Relativity and Gravitation* (2008) 40 (9): 1997–2027.

⁵⁰ DeWitt, B.S. Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory // *Phys. Rev.* (1967). 160 (5): 1113–1148.

квантовое представление «ограничивающего гамильтониана» с метрическими переменными и представлено в форме функционально-дифференциального уравнения в пространстве трехмерных метрик, в котором время не играет никакой роли:

$$H \cdot \Psi = 0 \quad (34)$$

В отличие от уравнения Шредингера: $i\hbar\dot{\psi} = H \cdot \psi$, описывающего эволюцию квантового объекта, уравнение Уилера-ДеВитта (34) определяет некоторое множество квази-стационарных состояний трехмерных пространств с Римановой метрикой. В уравнении Уилера-ДеВитта время используется только в качестве индекса для одной из координатных осей. Эволюция Вселенной представлена, по существу, калибровочными преобразованиями: $\psi \rightarrow \exp[i\varphi(r)] \cdot \psi$, где $\varphi(r)$ играет роль местного времени. Роль гамильтониана («ограничивающего гамильтониана») сводится к ограничению множества возможных состояний Вселенной до «физических состояний» – тех, которые соответствуют орбитам калибровочных преобразований. После квантования, физические состояния становятся волновыми функциями, которые соответствуют ядру оператора Гамильтона.

Программу кардинального исключения времени из космологии и квантовой теории гравитации разработал и последовательно проводил много лет английский теоретик Джулиан Барбур (*Julian Barbour*)⁵¹. Идеологической основой его работ являются реляционные идеи Лейбница о пространстве и времени, а также предположение Маха о том, что инертные свойства тела определяются всеми остальными телами во Вселенной. Предполагая, как и Лейбниц, что пространство – это только *порядок* взаимного расположения множества тел, а время – это *порядок* сменяющих друг друга явлений или состояний тел, Барбур создал образ Вселенной как статичного множества трехмерных пространств. Каждое такое пространство соответствует некоторому моменту времени «Сейчас» и является своего рода «капсулой времени», которая содержит определенную информацию о происхождении структуры тел и полей в этом пространстве.

По мнению Барбура категория независимо существующего времени является избыточной, если рассматривается динамика Вселенной. Изменения космических структур и процессов не происходят во времени. Вместо этого динамика соотносит все изменения во Вселенной. Для описания рассматриваемого множества пространств-состояний Вселенной Барбур не использует категорию

⁵¹ Barbour, J. Relative-distance Machian theories // *Nature* (1974) 249, 328. Barbour, J., Bertotti, B. Gravity and inertia in a Machian framework // *Nuovo Cimento* (1977) 38B, 1. Barbour, J. The emergence of time and its arrow from timelessness. In: *Physical Origins of Time Asymmetry*, eds. J. Halliwell et al, Cambridge University Press, Cambridge, 1994. Barbour, J. The timelessness of quantum gravity I, II. // *Classical and Quantum Gravity* (1994) 11, 2853, 2875. Barbour, J. *The End of Time: The Next Revolution in Physics*, Oxford University Press, 1999, ISBN 0-297-81985-2.

времени. Вместо времени элементы этого множества связаны причинно-следственными отношениями, которые формализуются Принципом наименьшего действия в форме Гамильтона-Якоби. Однако концепция пространства в этой космологии, в отличие от философии Лейбница, играет важную роль: «Я рассматриваю пространство как своего рода «клей», или набор правил, который связывает все воедино. Это неразрывно связанное разнообразие объектов и создает «Сейчас»⁵².

Вселенная Барбура похожа на рулон пленки кинофильма, каждый кадр которой запечатлел одно из ее состояний, и все эти состояния существуют одновременно на одном рулоне. Но для того чтобы понять сюжет фильма, то есть основные законы мироздания, нужно все-таки просмотреть фильм кадр за кадром, что неизбежно требует введения категории времени. При этом важно смотреть фильм с начала, а не наоборот, то есть определить направление течения времени.

Одним из перспективных способов решения «Проблемы времени» при создании квантовой теории гравитации некоторые теоретики считают квантование пространства, что, конечно, предполагает введение новой квантовой постоянной – «фундаментальной длины». Первый результат в этой новой области исследований получил в 1947 году Хартланд Снайдер⁵³, который рассмотрел операторы пространственных координат, имеющие дискретные спектры с параметром «фундаментальной длины» l_0 . Важным результатом этого исследования явилось понимание того, что квантование пространства изменяет структуру соотношения неопределенностей Гейзенберга, которое принимает вид:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar(1 + l_0^2 p_x^2 / \hbar^2) \quad (35)$$

Как известно, классическая квантовая механика может быть сформулирована как теория некоммутативных операторов, приводящих к соотношению Гейзенберга. Соотношение неопределенностей Снайдера (35) показывает, что классическая квантовая механика, возможно, не может применяться для субатомного мира, где расстояния соизмеримы с фундаментальной длиной.

В 1950-х годах Джон Уилер сформулировал программу «Геометродинамики» – онтологического и формального описания гравитации и электромагнетизма с помощью геометрических образов неоднородного пространства-времени ОТО⁵⁴. Он разработал концепцию «квантовой пены» – субстрата

⁵² Barbour, J. *The End of Time: The Next Revolution in Physics*, Oxford University Press, 1999, ISBN 0-297-81985-2.

⁵³ Snyder, H.S. Quantized space-time // *Phys. Rev.* (1947) 71: 38–41.

⁵⁴ Misner, C.W.; Wheeler, J.A.. *Classical Physics as Geometry* // *Ann. Phys.* (December 1957) 2 (6): 525–603. Wheeler, J. On the nature of quantum geometrodynamics // *Ann. Phys.* (1957) 2 (6): 604–614. Wheeler, J. *Geometrodynamics and the Problem of Motion* // *Reviews of Modern Physics* (1961) 44 (1): 63. Wheeler, J. *Geometrodynamics*. New York: Academic Press, 1962. Wheeler, J.A., Ford, K. (1998). *Geons, Black Holes, and Quantum Foam: A Life in Physics*. New York: W.W. Norton & Co, 1998..

флуктуаций метрики и топологии пространства-времени с фундаментальной длиной Планка $l_{Pl} \sim 10^{-33}$ см, которую он рассматривал как фундаментальную глубинную структуру Вселенной. Такие экзотические объекты, как «кротовые норы» в пространстве-времени, миниатюрные «черные дыры» и тороиды из пространства-времени использовались им для объяснения структуры элементарных частиц в хаотическом субатомном мире квантовых флуктуаций.

В 1986 году индийский физик-теоретик Абхай Васант Аштекар предложил использовать новые канонические переменные для разделения пространства-времени на множество 3-мерных пространств и время в ОТО⁵⁵. Эти переменные позволили представить метрические канонические переменные для трехмерных пространственных проекций в терминах $SU(2)$ калибровочного поля и его сопряженных характеристик. Переменные Аштекара позволили создать так называемое «сопряженное представление» стандартной ОТО, что привело к «петлевой формулировке» квантовой ОТО – «Петлевой квантовой гравитации» (ПКГ).

Петлевая квантовая гравитация возрождает идею Джона Уилера о «квантовой пене» в форме «спиновых сетей» и «спиновой пены» («Пена пространства-времени»). Спиновая сеть это одномерный граф, который оснащен индексами (квантовыми числами) для всех его вершин и ребер, которые представляют особенности локальной геометрии пространства. Пространство-время рассматривается как суперпозиция состояний спиновой пены, которая является обобщением диаграммной техники Фейнмана, где вместо графов применяются многомерные комплексы. Границей каждой спиновой пены является некоторая спиновая сеть.

Петлевая квантовая гравитация (ПКГ) является одной из попыток объединения стандартной квантовой механики и ОТО, с помощью введения концепции квантованного гранулированного пространства с минимальным расстоянием – фундаментальной длиной Планка $l_{Pl} \sim 10^{-33}$ см. Пространство в ПКГ представлено «спиновой сетью» – чрезвычайно тонкой тканью, «сотканной» из микроскопических петель. В наше время ПКГ это обширное поле исследований с приложениями в космологии – «Петлевой квантовой космологией», которая применяет идеи ПКГ к изучению ранней Вселенной и гипотетической физики Большого Взрыва⁵⁶. Наиболее впечатляющей ее идеей является гипотеза об эволюции Вселенной до Большого Взрыва. Однако ПКГ имеет серьезные концептуальные ограничения. Как следует уже из классического соотношения неопределенностей Гейзенберга, гранулированное пространство может существовать только при сверхвысоких энергиях вакуума. А для таких энергий, как

⁵⁵ Ashtekar, A. New Variables for Classical and Quantum Gravity // Phys. Rev. Letters (1986) 57 (18): 2244–2247.

⁵⁶ Ashtekar, A. Loop Quantum Cosmology: An Overview // Gen. Rel. Grav. (2009) 41:707-741. (arXiv:0812.0177)

следует из соотношения неопределенностей Снайдера (35), методы стандартной квантовой механики уже не могут использоваться.

Долгая история попыток объединения ОТО и квантовой механики для создания эффективной «квантовой космологии» обнаружила следующие концептуальные проблемы.

1. Для решения «проблемы времени», то есть для разделения единого неоднородного пространства-времени ОТО на два отдельных компонента – пространство и время, необходимо использовать особые преобразования нелинейных уравнений Эйнштейна. Примерами таких преобразования являются: АДМ-формализм, переменные Аштекара и метод «оптимального согласования» Барбура. Все эти математические приемы являются способами той или иной линеаризации уравнений Эйнштейна, поскольку их применение должно обеспечить после квантования применимость в полученной квантовой теории гравитации фундаментального принципа суперпозиции квантовой физики. При этом остается неизвестным сохраняются ли в преобразованной и линеаризованной ОТО все ее достоинства.

2. Одной из особенностей ОТО является ковариантность ее уравнений. Но теории с ковариантными формализмами не располагают методом однозначного введения физического времени, по отношению к которому система или объект изменяются. В ковариантных формализмах динамические законы определяются корреляциями, которых вполне достаточно. Поэтому для ковариантных теорий необходима дополнительная теория для объяснения того, как из ковариантного формализма возникает фундаментальная категория макроскопического времени, столь необходимая для описания физических процессов.

3. Применяемая в ОТО и ее квантованных версиях дифференциальная геометрия Римана описывает только локальные свойства пространства-времени. Однако в космологии локального описания недостаточно и необходимо использовать те или иные гипотезы о свойствах пространства-времени в целом. В принципе эта задача отчасти может быть решена с помощью начальных и предельных условий для уравнений гравитации, но в моделях квантовой космологии ОТО такие предельные условия не играют определяющей роли. Что же касается различных моделей Большого Взрыва с последующей инфляцией, то в них начальные условия для уравнений гравитации так пока и не удается определить однозначно.

Все космологические модели ОТО основаны на идее о том что эволюция Вселенной определяется взаимодействиями, которые могут быть представлены «эквивалентной» гравитацией, изменяющей кривизну пространства-времени. Не отрицая этой идеи, развивающаяся в последние 20 лет «Физика необратимого времени» (ФНВ) допускает существование процессов и взаимодействий, в том числе и пока неизвестных, которые, возможно, не могут быть представлены искривлением пространства-времени (Таганов 2001–2015). Используя

идеологию Общей теории систем, ФНВ применяет новый Космологический принцип: *Вселенная является единой системой, а ее количественное описание может быть представлено в форме отношений между характеристиками ее главных подсистем – микромира и мегамира*. В известном смысле ФНВ при- миряет идеологии Ньютона и Лейбница – для поиска *отношений* (по Лейбни- цу) между мегамиром и микромиром она использует независимые категории *пространства и времени* (по Ньютону).

Физика необратимого времени использует три предположения:

1. Физическое время τ , которое может быть представлено в форме одно- значной зависимости от ньютоновского времени t с однородной шкалой, не- обратимо:

$$\tau(-t) \neq \tau(0) \neq \tau(+t) \quad (36)$$

2. Все процессы и взаимодействия во Вселенной определяются Принципом наименьшего действия.

3. Современную методологию естествознания определяет Принцип относи- тельности измерений, который утверждает, что существо законов природы не зависит от эталонов, применяемых при измерении физических характеристик, которые определяются этими законами.

В ФНВ единственной причиной «течения» времени является его необра- тимость (36), где t это некоторый «стандарт однородной шкалы времени» для обратимого времени, которое в физике ассоциируется с идеализированным ньютоновским временем. Хотя, вероятно, не существует природного физи- ческого процесса, который мог бы быть использован для создания идеальной однородной шкалы времени для космологических интервалов времени, но разработаны весьма совершенные устройства для создания искусственных однородных шкал времени – часы.

Все часы используют комбинированный непрерывно-дискретный прин- цип формирования однородных шкал времени: $t_{i+1} = t_i + \Delta t$. Шкалы времени собираются с помощью *дискретной* операции суммирования из первичных интервалов времени Δt , которые формируют *непрерывные* физические про- цессы. В маятниковых часах первичный интервал это некоторая часть периода непрерывных колебаний маятника. В атомных часах первичный интервал времени определяется периодичностью сигналов обратной связи, которые стабилизируют непрерывные колебания кристалла генератора, настроенно- го в резонанс с внутренним стандартом частоты, например, электронными переходами в атомах цезия. Современный часы имеют впечатляющую ста- бильность формирования первичных интервалов Δt . Например, цезиевые атомные часы *NIST-F2* применяемые с 2014 года в качестве национального стандарта времени в США, имеют неопределенность Δt порядка 10^{-16} , что соответствует ошибке определения времени менее одной секунды за 300 мил- лионов лет.

Достаточно общую математическую модель необратимого физического времени, которая соответствует условию (36), можно представить в форме определения радиального интервала:

$$ds^2 = c^2 d\tau^2 - a^2(\tau) \cdot dr^2 \quad (37)$$

Соотношение (37) определяет метрическую неоднородность физическо-го пространства-времени – в метрически неоднородном пространстве длина сегмента зависит не только от координат его начала и конца, но и от размера сегмента. Определение интервала (37) формально совпадает с определением радиального интервала, применяемого в космологии ОТО для сферически сим-метричного пространственно-плоского пространства-времени расширяющейся Вселенной (14), но использует необратимое «физическое» время τ .

Уравнения для производных масштабного фактора $a = r/R_0$: $da/dt = \dot{a}$ и $da/d\tau = a'$ можно получить из (37) с помощью определения скорости света, как координатной скорости на нулевой геодезической $ds = 0$ в определении интервала Минковского (9): $c = dr/dt = R_0 da/dt = R_0 \dot{a}$. Подставив это опреде-ление в уравнение нулевой геодезической для (37): $dr/d\tau = R_0 da/d\tau = c/a(\tau)$, мы получим соотношения:

$$d\tau/dt = a(\tau) \quad (38)$$

$$\dot{a} = a' \cdot a(\tau) \quad (39)$$

В кинематике с необратимым временем можно использовать удобные параметры замедления: $q_t = -a\ddot{a}/\dot{a}^2$; $q_\tau = -aa''/a'^2$. Положительное значение параметра замедления соответствует замедляющемуся движению, а отрица-тельное ускоряющемуся. С помощью параметров замедления мы можем дока-зать следующую Кинематическую теорему ФНВ: Для параметров замедления q_t ; q_τ с обратимым (t) и необратимым (τ) временем имеет место следующее соотношение:

$$q_t = q_\tau - 1 \quad (40)$$

Из (40) следует, что умеренное ($q_\tau < +1$) замедление движения при необ-ратимом физическом времени кажется ускоряющимся движением ($q_t < 0$) при использовании обратимого ньютоновского времени. Движение с постоянной скоростью для ньютоновского времени ($q_t = 0$) соответствует замедляющемуся движению для физического времени ($q_\tau = +1$). Эти эффекты сходны с изме-нениями в кинематике при переходах между инерционной и неинерционной системами отсчета.

Для масштабного фактора: $a = r/R_0$; $R_0 = const$ можно использовать соот-ношения: $\dot{a} = \dot{r}/R_0$; $a' = r'/R_0$; $\ddot{a} = \ddot{r}/R_0$; $a'' = r''/R_0$, которые позволяют получить из (40):

$$r'' = R_0^2 (\ddot{r}/r^2 - \dot{r}^2/r^3) \quad (41)$$

Если мы воспользуемся для интерпретации (41) вторым законом Ньютона: $mr'' = F$, то окажется, что в пространстве-времени с необратимым физическим временем, на единицу массы движущегося тела действует виртуальная сила. Например, из (43) следует, что инерционное движение с постоянной скоростью в ньютоновском времени: $\dot{r} = const; \ddot{r} = 0$ будет соответствовать замедляющемуся движению в физическом времени под действием виртуальной тормозящей силы: $F_r \propto r'' = -R_0^2 \dot{r}^2/r^3$. Как было отмечено, это явление уже обнаружили Виллем де Ситтер и Эдвард Милн для нескольких типов неоднородных шкал времени.

Рассматривая космологию, инвариантную относительно изменения шкалы времени, мы должны помнить, что для такой теории, как и для ковариантных формализмов, Гамильтониан H в уравнении Гамильтона-Якоби для Принципа наименьшего действия: $H + \partial S/\partial \tau = 0$ равен нулю, и можно использовать соотношение:

$$dS/d\tau = 0 \quad S = const \quad (42)$$

Постоянное действие может быть определено как постоянство произведения импульса p_r единицы массы движущегося тела на единицу его радиальной траектории:

$$S = p_r \cdot r = r' \cdot r = h = const \quad (43)$$

Из этого определения действия для движущегося тела с $a = r/R_0; R_0 = const$ следует:

$$a' \cdot a = h/R_0^2 = A = const \quad (44)$$

Уравнение (44) может быть проинтегрировано для начального условия $\tau = 0: a = 1$:

$$a = (1 + 2A\tau)^{1/2}; A = const \quad (45)$$

Подставив это соотношение в (38) мы получим уравнение: $d\tau/dt = (1 + 2A\tau)^{1/2}$, которое для начальных условий: $t = 0: \tau = 0$ имеет решение:

$$\tau = t + At^2/2 \quad a = (1 + 2A\tau)^{1/2} \quad (46)$$

$$t = A^{-1}[(1 + 2A\tau)^{1/2} - 1] \quad a = 1 + A\tau \quad (47)$$

Соотношения (46, 47) определяют преобразования шкал необратимого физического времени и обратимого ньютоновского времени, удовлетворяющие Принципу наименьшего действия.

После дифференцирования (44) для исключения неизвестной постоянной A , мы получим общую формулировку космологической модели с необратимым временем:

$$q_{\tau} = -aa''/a'^2 = +1 \quad (48)$$

Для микромира формулировка Принципа наименьшего действия (43) может быть представлена в форме, известной в квантовой физике как уравнение Де Бройля:

$$p_r = S/\lambda = h/\lambda = h/2\pi \cdot k = \hbar k \quad (49)$$

В формулировке Принципа наименьшего действия (43) энергия также может быть определена, как величина действия в единицу времени: $E = S/\delta t$ или, как произведение действия и частоты: $E = S\nu$. При условии постоянства действия (43) это соотношение является уравнением Планка:

$$E = S\nu = \hbar \omega = h/2\pi \cdot \omega = \hbar \omega \quad (50)$$

Таким образом, уравнения Де Бройля и Планка (49, 50) являются двумя возможными формулировками Принципа наименьшего действия для микромира.

Принцип наименьшего действия (42) в форме: $S = E\tau = const$ дает возможность использовать в релятивистской Вселенной потенциалы для определения взаимодействий, например, гравитационных и электромагнитных. Из (42) при $r = c\tau$; $c = const$ следует:

$$E = const/\tau = const/r \quad (51)$$

Принцип наименьшего действия позволяет также найти потенциальную форму представления силы инерции. Как известно, Принцип наименьшего действия $\delta S = 0$ при независимом варьировании по обобщенным импульсам и координатам (p, q) приводит к каноническим уравнениям Гамильтона:

$$p' = -\partial H/\partial q \quad q' = \partial H/\partial p \quad (52)$$

Если преобразования, определяющие обобщенные координаты, не зависят от времени, то гамильтониан равен полной энергии: $H = E = T + U$. Импульс на единицу массы движущегося тела это $p = v$, а ускорение: $w = p' = v'$, которое в соответствии со вторым законом Ньютона определяет силу, действующую на единицу массы: $f = w$. При этом определение ускорения и силы в соответствии с каноническими уравнениями Гамильтона (52) будет:

$$p' = w = f = -\partial H/\partial q = -\nabla E \quad (53)$$

Гамильтониан для единицы массы тела, движущегося по инерции при отсутствии поля потенциальной энергии ($U = 0$), равен кинетической энергии: $H = v^2/2$. В этом случае каноническое уравнение Гамильтона (53) соответствует определению ускорения и силы инерции f_i для единицы массы с помощью потенциала:

$$p' = w = f_l = -\partial H / \partial q = -\nabla(v^2/2) \quad (54)$$

Из формулировки Принципа наименьшего действия (42): $S = E\tau = \text{const}$ для постоянного объема $V = \text{const}$ и плотности энергии $\rho_E = E/V$ следует соотношение: $\rho_E = \text{const}/\tau$ (А). Определение стационарного действия (43): $r' \cdot r = \text{const}$ может рассматриваться как дифференциальное уравнение, имеющее решение: $r^2 = \text{const} \cdot \tau$. С помощью этого решения соотношение (А) может быть преобразовано к форме:

$$\rho_E = \text{const}/r^2 \quad (55)$$

Это соотношение, которое является одной из возможных формулировок Принципа наименьшего действия, используется в ФНВ в качестве уравнения состояния Вселенной.

Наглядное представление взаимодействий и физических процессов с помощью потенциалов играет важную роль в физике, позволяя широко использовать общее уравнение: $\bar{q} = \nabla\varphi$, в котором характеристический вектор процесса $\bar{q}$ определяется градиентом потенциала φ . Такое представление используется, например, в электродинамике, гидродинамике и термодинамике для описания «потоков». С помощью соотношения (38, 46) «поток» физического времени может быть представлен в такой же наглядной форме:

$$q_\tau = d\tau/dt = \nabla\tau = 1 + At \quad (56)$$

Поток физического времени направлен из прошлого с меньшими характеристическими интервалами в будущее с большими характеристическими интервалами.

В современной методологии естествознания метрологическую доктрину определяет Принцип относительности измерений. Все физические характеристики являются относительными, поскольку их численные значения зависят от методологии измерения и применявшихся эталонов. Относительность физических величин подчеркивается их размерностями, в которых по особым правилам указываются использованные при измерении базовые единицы той или иной системы размерностей, имеющие общепризнанные эталоны.

Принцип относительности измерений соответствует утверждению о том, что существо законов природы не зависит от эталонов, применяемых при измерении физических характеристик, которые определяются этими законами.

Принцип относительности измерений однозначно определяет структуру размерностей физических величин $[\Phi]$ в форме степенных одночленов базовых, первичных размерностей, например, фундаментальной триады $\{L, M, T\}$ – «пространство L – масса M – время T »: $[\Phi] = L^a M^b T^c$. Например, размерность

энергии в системе CGS будет $[\text{см}^2 \text{ г с}^{-2}]$. С подробным выводом формулы размерностей можно познакомиться, например, в книге⁵⁷.

Следствием Принципа относительности измерений является неизменность отношения двух абсолютных значений физических величин при изменении эталонов, используемых при измерениях. Например, в формулировках релятивистского постулата о постоянстве скорости света никак не ограничиваются способы измерения скорости света. Предполагается, что любая скорость (в том числе и скорость света) может быть измерена, как с помощью конечных макроскопических интервалов длины и времени $\{r, t\}$, так и с помощью микроскопических, квантовых характеристик, например, с помощью длин волн и периодов фотонов $\{\lambda, \delta, t\}$.

Принцип относительности измерений обеспечивает неизменность значения масштабного фактора при изменении природы используемых эталонов базовых единиц. При этом для выбранных масштабов R_0, λ_0 справедливо следующее соотношение для масштабного фактора: $a = r/R_0 = \lambda/\lambda_0$. Если в это соотношение ввести определение красного смещения: $z = \lambda/\lambda_0 - 1$, то мы получим следующую формулировку Принципа относительности измерений:

$$a = r/R_0 = \lambda/\lambda_0 = 1 + z \quad (57)$$

Убеждение в независимости эталонных значений базовых единиц от природы используемых эталонов нашло воплощение в современной метрологии, оправдывая применение квантовых устройств в качестве эталонов макроскопических «метра» и «секунды» в предположении об универсальном постоянстве скорости света.

Соотношение $r/R_0 = 1 + z$ в (57) было подтверждено астрономическими наблюдениями в 1920-х годах и стало впоследствии использоваться как «закон Хаббла» (27): $cz = Hr$. Квантовая кинематика, применяющая уравнения Планка и де Бройля, определяет пропорциональность $\lambda = c\delta t$ длины волны λ и периода фотона δt . При определении расстояний, на много порядков превышающих длину волны фотона, можно принять $\lambda \simeq dr; \delta t \simeq dt$ и тогда соотношение $r/R_0 = \lambda/\lambda_0$ в (58) может быть представлено в форме: $dr/dt \simeq R_0/c \cdot r$. Это соотношение можно интерпретировать не только как свидетельство расширения пространства Вселенной, но и как экспериментальное подтверждение постулата Милна-Уокера (28) $dr/dt = v \propto r$ об изотропии пространства при космологически кратковременных наблюдениях. Для (47) это соотношение соответствует: $H = \dot{a}/a = A/(1 + At)$ и для кратковременных наблюдений ($1 + At \simeq 1$) определяет приближенное значение константы A в (44-47):

$$A \simeq H \quad (58)$$

⁵⁷ Седов Л.И. *Методы подобия и размерностей в механике*. Изд. 10-е. М.: Наука, 1987; стр. 19–21.

Преобразованное с использованием квантовой кинематики фотонов соотношение (57) в форме: $dr/dt \simeq R_0/c \cdot r$ соответствует постулату Игнатовского об изотропии пространства (7): $v = dx/dt \propto x$, определяя универсальное постоянство скорости света и необходимость применения СТО в космологии. Таким образом, предположение об универсальном постоянстве скорости света, как в микромире, так и в мегамире, а также применимость СТО и закона Хаббла в космологии – это следствие современной метрологической доктрины, использующей Принцип относительности измерений и квантовую кинематику фотонов.

Для $a = \lambda/\lambda_0$, $z = \lambda/\lambda_0 - 1$, $r = c\tau$, $A \simeq H$ из (46) можно получить следующие соотношения для красного смещения z и метрического расстояния r :

$$z = (1 + 2H\tau)^{1/2} - 1 \quad (59)$$

$$r = c/2H \cdot [(1 + z)^2 - 1] \quad (60)$$

Для зависимости химического потенциала вещества μ от плотности вида: $\mu \propto \rho^n$ связь давления и плотности определяется соотношением: $P \propto \rho^{n+1}$. При этом для релятивистской материи $n = 1/3$ и полная энергия равна нулю: $E = 0$, а гравитационная энергия: $E_G = -3Gm^2/2r$ (см., например⁵⁸). Полная энергия конечного объема релятивистской Вселенной с учетом этих соотношений и энергетического эквивалента массы материи M определяется соотношением: $E = Mc^2 + E_U - (3GM^2/2R) = 0$. В этом соотношении E_U это энергия структур и процессов, которые могут быть описаны с помощью потенциалов (51) и для которых может быть использована теорема вириала: $E_U = -U_G/2 = 3GM^2/4R$. Тогда для полной энергии релятивистской Вселенной мы получим:

$$E = Mc^2 - 3GM^2/4R = 0 \quad (61)$$

Подставляя в (61) преобразованное соотношение (46): $R = R_0(1 + 2H\tau)^{1/2}$, можно получить оценку для процесса роста массы Вселенной:

$$M = 4c^2 R_0/3G \cdot (1 + 2H\tau)^{1/2} \quad (62)$$

Оценки космологических масштабов времени и расстояний можно найти, используя соотношения (46, 47, 61) при (58): $A \simeq H$. Космологический масштаб ньютоновского времени можно определить из закона Хаббла в форме: $z = Ht$ для нашей эпохи при $z_p = 1$ и $t = t_p$: $t_p = H^{-1}$ и тогда:

$$T_H = t_p + Ht_p^2/2 = 3/2H \quad R_H = cT_H = 3c/2H \quad M_H = 4c^2 R_H/3G \quad (63)$$

Для оценки объема Вселенной $V_H = 4/3 \cdot \pi R_H^3$ можно получить следующие оценки плотностей массы ρ_m , энергии ρ_E и действия ρ_S :

⁵⁸ Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. *Статистическая физика*. Изд. 2-е. М.: Наука, 1964. (стр. 397-400)

$$\begin{aligned}\rho_m &= M_H/V_H = 4H^2/9\pi G \quad \rho_E = \rho_m c^2 = 4c^2 H^2/9\pi G \\ \rho_S &= \rho_E T_H = 2c^2 H/3\pi G\end{aligned}\quad (64)$$

Из Принципа наименьшего действия (42): $S = Et = const$ для постоянного объема $V_H = const$ и (64) следует соотношение: $\rho_{SH} = 2c^2 H/3\pi G = const$, определяющее стационарность действия в мегамире. Уравнение Планка $\varepsilon \delta t = \hbar/2 = const$ также можно представить как утверждение стационарности действия в микромире, если предположить существование ограниченного объема $v_{pl} = const$, в котором определяется квант действия: $\varepsilon \delta t/v_{pl} = \hbar/2v_{pl} = const$. Можно полагать также, что квант действия определен в том же объеме, что и элементарный заряд, то есть в сфере $v_{pl} = 4\pi r_e^3/3$, где $r_e = e^2/m_e c^2$ классический радиус электрона. Соответствующая плотность действия в микромире тогда будет $\rho_{spl} = \hbar/2v_{pl} = 3\hbar/8\pi r_e^3 = const$. Универсальность Принципа наименьшего действия позволяет сформулировать условие динамического единства микромира и мегамира в форме утверждения об универсальной стационарности плотности действия с универсальной константой связи микромира и мегамира:

$$\rho_{SH} = \rho_{spl} \rightarrow K_U = 2c^2 H/3G = 3\hbar/8r_e^3 = 1,768 \cdot 10^{10} \text{ эрг с см}^{-3} \quad (65)$$

С помощью этого соотношения можно определить постоянную Хаббла как простую функцию фундаментальных констант:

$$H = 9G\hbar/16c^2 r_e^3 = 1,97 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1} \text{ (61,6 км/с/Мпк)} \quad (66)$$

Принцип наименьшего действия, применяемый в ФНВ, позволяет определить взаимозависимость ключевых характеристик Вселенной и основных процессов микромира, представленных фундаментальными константами (Таблица 1; подробнее см.⁵⁹)

Таблица 1

Ключевые космологические характеристики	Наблюдения	Теоретические оценки ФНВ (Таганов 2008)
Константа связи микромира и мегамира (эрг с см ⁻³)		$K_U = 2c^2 H/3G = 3\hbar/8r_e^3 = 1,768 \cdot 10^{10}$
Постоянная Хаббла (с ⁻¹ ; км/с/Мпк)	(Tammann et al, 2006) $H = 63.2 \pm 1.3$ (Sandage et al, 2006) $H = 62.3 \pm 1.3$	$H = 9G\hbar/16c^2 r_e^3 = 1,970 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1} = 61.6 \text{ км/с/Мпк}$

⁵⁹ Таганов И.Н. *Квантовая космология. Замедление времени*. Санкт-Петербург: ТИН, 2008. ISBN 978-5-902632-04-8. Таганов И.Н. *Физика необратимого времени*. Санкт-Петербург: ТИН, 2014. ISBN 978-5-902632-16-0.

Ключевые космологические характеристики	Наблюдения	Теоретические оценки ФНВ (Таганов 2008)
Средняя плотность массы (г см^{-3})	$\rho_m = (5 \div 10) \cdot 10^{-30}$	$\rho_m = 4H^2/9\pi G =$ $= 9\hbar^2 G/64\pi c^4 r_e^6 = 8.217 \cdot 10^{-30}$
Плотность энергии (эрг см^{-3}) и температура космического микроволнового фона (К)	$\rho_{CMB} = 4.19 \cdot 10^{-13}$ $T_{CMB} = 2.728 \pm 0.004 \text{ К}$	$\rho_{CMB} = \rho_m \cdot e^4/\hbar^2 \cdot (1 + m_e/m_p) =$ $= 3.931 \cdot 10^{-13}$ $T_{CMB} = (\rho_{CMB}/\sigma)^{1/4} = 2.685 \text{ К}$
Фрактальная размерность (D) крупномасштабных космических структур	$\rho_m \propto r^{-1} \quad D = 2 \pm 0.2$	$\rho_m = (3\hbar/8\pi c r_e^3) \cdot r^{-1} = 1.878 \cdot 10^{-1} \cdot r^{-1}$ $D = 2$

В Таблице 1: гравитационная постоянная $G = 6.674 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ г}^{-1} \text{ с}^{-2}$; Постоянная Планка $\hbar = h/2\pi = 1.055 \cdot 10^{-27} \text{ эрг с}$; скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^{10} \text{ см с}^{-1}$; элементарный электрический заряд e ($e^2 = 2.307 \cdot 10^{-19} \text{ г см}^3 \text{ с}^{-2}$); классический радиус электрона $r_e = e^2/m_e c^2 = 2.818 \cdot 10^{-13} \text{ см}$; масса электрона $m_e = 9.109 \cdot 10^{-28} \text{ г}$, масса протона $m_p = 1.673 \cdot 10^{-24} \text{ г}$, постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 7.566 \cdot 10^{-15} \text{ эрг см}^{-3} \text{ К}^{-4}$.

Анализ космологии с применением ФНВ позволяет предсказать несколько новых явлений:

1. Уравнения (46) демонстрируют прогрессивное увеличение интервалов необратимого физического времени τ по сравнению с постоянными интервалами неизменной шкалы обратимого ньютоновского времени t , то есть своеобразное «замедление» физического времени. При этом отношение интервалов физического и ньютоновского времени уменьшается по мере рассмотрения все более давних эпох (при отрицательных t и τ): $\tau/t = 1 - H/2 \cdot t$. При прогнозе событий в будущем (при положительных t и τ) отношение интервалов физического и ньютоновского времени, наоборот, возрастает: $\tau/t = 1 + H/2 \cdot t$. Это космологическое замедление времени регистрируется многими точными измерениями, например:

1. Службы точного времени после учета приливного торможения обнаруживают ускорение вращения Земли, то есть уменьшение периода вращения $\delta T/T \sim 6 \cdot 10^{-9}$ в столетие. Этот эффект хорошо определяется с помощью (46, 66) для $t = 100$ лет: $d(t - \tau)/dt = -Ht = -6.22 \cdot 10^{-9}$

2. При астрономических наблюдениях Луны, Земли, Венеры и Меркурия обнаруживаются необъяснимые ускорения движения этих небесных тел,

пропорциональные их средним движениям по орбитам. Применение соотношения (46) для описания движения небесного тела по орбите приводит к уравнению: $L_t = L_0 + \pi = L_0 + nt + n \cdot H/2 \cdot t^2$, где n это среднее движение планеты в секундах дуги за столетие, соответствующее законам Кеплера и Ньютона. Последнее слагаемое в правой части уравнения и соответствует ускорениям, которые наблюдают астрономы.

II. Сравнение соотношений $\dot{a}/a; a'/a$ для (46, 47) с законом Хаббла (27) позволяет сформулировать своего рода космологические соотношения неопределенностей: $\dot{a}/a \neq H; a'/a \neq H$. Эти соотношения показывают, в частности, что пространство Вселенной может считаться изотропным только в пределах космологически небольших областей. И действительно, недавние астрономические наблюдения дальнего космоса обнаружили много свидетельств крупномасштабной анизотропии пространства (см., например <http://www.timerace.net> «Асимметричная астрономия и астрофизика – III. Асимметрия и анизотропия Вселенной»).

III. Уравнение (62) предсказывает постепенный рост массы Вселенной, то есть существование процессов образования новой материи. Среднюю скорость синтеза новой материи можно оценить с помощью космологических масштабов (63): $Q_H = M_H / T_H V_H = 8H^3 / 27\pi G \simeq 10^{-47} \text{ г с}^{-1} \text{ см}^{-3}$. Такая скорость образования материи означает, что, например, в объеме Земли за всю ее историю могло бы образоваться не более $2 \cdot 10^{-3}$ граммов водорода, которого не хватило бы, чтобы надуть даже детский воздушный шарик. Но в масштабах Вселенной такой рост массы означает, что каждую секунду могут появляться новые космические тела с общей массой более 10^5 солнечных масс, то есть масса порядка массы шарового скопления звезд или карликовой галактики.

Рассмотренные оценки характеристик процесса роста массы Вселенной, однако, отнюдь не дают повода думать, что материя синтезируется равномерно во всем объеме Вселенной. Наоборот, представляется более вероятным, что высокоэнергетические процессы синтеза новой материи происходят в относительно немногочисленных центрах, которые мы, возможно, наблюдаем, как квазары и активные ядра массивных галактик.

В 1990-е годы американский физик шведского происхождения Карл Йохан Марелье применил конформное преобразование для создания релятивистской версии космологии стационарно расширяющейся Вселенной, которую он назвал моделью Масштабно Расширяющегося Космоса (MPK; *SEC*; *Scale Expanding Cosmos*). В этой модели используется конформное релятивистское представление интервала доктрины стационарно расширяющейся Вселенной (29), обеспечивающее одновременный рост как пространственного, так и временного масштабов Вселенной (1.1 в книге):

$$ds^2 = e^{2t/T} \left((c \cdot dt)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 \right) \quad (67)$$

Эта космологическая модель описывает ускоряющееся четырехмерное расширение пространства-времени Вселенной, которое может быть представлено 5-мерным гиперпространством с интервалом (3.1 в книге):

$$ds^2 = u^2 (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) - (T \cdot du)^2 \quad (68)$$

Для описания физических процессов и эволюции Вселенной в модели МРК используются две шкалы времени и, соответственно, две зависимости масштабного фактора от времени (для начальных условий $t = 0 : \tau = 0$):

$$\tau = T[\exp(t/T) - 1] \quad a = 1 + (\tau/T) \quad (69)$$

$$t = T \ln(1 + \tau/T) \quad a = \exp(t/T) \quad (70)$$

Эти соотношения определяют следующие формулы для красного смещения и метрического расстояния в модели МРК:

$$z = \tau/T = \exp(t/T) - 1 \quad (71)$$

$$r = cT \ln(1 + z) \quad (72)$$

Стационарно расширяющаяся Вселенная с моделью МРК не имеет ни начала, ни конца во времени и в любом ее достаточно большом объеме средняя плотность материи и картина распределения галактик одинаковы. В модели МРК используется только одна эмпирическая константа – «время Хаббла»: $T \simeq 14$ млрд. лет, которая определяет в соответствии с (69, 70) следующие оценки продолжительности прошлого Вселенной: $\tau = -14$ млрд. лет и $t = -\infty$.

Как и во всех космологиях, использующих неоднородные шкалы времени, в модели МРК существуют спонтанные ускорения тел и виртуальные силы, которые Марелье называет «космическим торможением» (*cosmic drag*). В частности, нерелятивистская начальная скорость объекта $v_0 \ll c$ постепенно уменьшается со временем (1.7 в книге):

$$v = v_0 \cdot e^{-t/T} \quad (73)$$

Космологическая модель МРК объясняет течение времени прогрессивным ростом масштаба Вселенной, при котором все характеристические интервалы времени прогрессивно возрастают так, что ход времени (69) замедляется. Некоторые современные философы, вероятно, не признали бы такое объяснение логически убедительным. Ведь такой ответ МРК на вопрос о причине течения времени сразу приводит к другому трудному вопросу – а что является причиной космологического роста масштаба Вселенной? Пятимерная форма интервала модели МРК (68) позволяет ответить на этот вопрос так – пространство, в котором мы живем, в действительности пятимерно и эту «пятимерность» мы ощущаем как «течение» времен.

Вселенную Марелье можно себе наглядно представить как особую киносъемку событий на театральной сцене с настенными часами. Съемка проводится так, что в каждом последующем кадре все размеры объектов на сцене несколько возрастают по сравнению с предыдущим кадром, а ход настенных часов замедляется.

Эффекты космологического замедления времени в настоящее время регистрируются многими высокоточными измерениями в дальнем космосе, в Солнечной системе и даже на Земле. Количественные оценки эффектов замедления времени в модели МРК незначительно отличаются от оценок ФНВ для умеренных космологических расстояний и интервалов времени, потому что формула (46) может рассматриваться как первые два члена разложения (69) в степенной ряд. Однако для больших интервалов времени и космологических расстояний оценки МРК и ФНВ заметно отличаются.

В модели МРК подробно не рассматривается распределение материи во Вселенной или термодинамическое уравнение состояния Вселенной. В этом отношении модель МРК похожа на космологию Милна, которая ограничивается исследованием космографии релятивистского «субстрата» Вселенной. Также как и в модели Милна релятивистский субстрат МРК расширяется со скоростью света и формально соответствует расширяющемуся пустому пространству с отрицательной кривизной. Космография модели МРК при подходящем выборе формул для фотометрического расстояния и углового размера хорошо соответствует астрономическим наблюдениям для умеренных космологических расстояний ($z < 2$).

Разработка космологических моделей доктрины стационарного расширения Вселенной перестала привлекать внимание исследователей в 1970-х годах во многом благодаря открытию ярких радио-галактик, квазаров и гамма-вспышек, которые наблюдаются только на очень больших расстояниях, заставляя предполагать характерную для гипотезы Большого Взрыва зависимость между возрастом этих объектов и их расстоянием от наблюдателей. Доктрина стационарного расширения Вселенной была также отчасти дискредитирована открытием микроволнового космического фона, который укрепил позиции космологии с Большим Взрывом, но не находил объяснения в моделях стационарно расширяющейся Вселенной.

Полезно сравнить формулы (69, 70) с соответствующими формулами ФНВ (46, 47). Формулы (46, 47) можно рассматривать как решения функционального уравнения (39): $\dot{a}/a' = a(\tau)$ для начального условия $t = 0 : \tau = 0$, которые также соответствуют формулировке (44): $a' \cdot a = \text{const}$ Принципа наименьшего действия. В свою очередь формулы МРК (69, 70) являются решениями функционального уравнения: $\dot{a}/a' = a(t)$, но они не соответствуют формулировкам Принципа наименьшего действия: $a' \cdot a = \text{const}$ или $\dot{a} \cdot a = \text{const}$, а тем самым и уравнениям Планка и де Бройля.

Предполагая систематически использовать формализм ОТО для исследования различных форм движения, Марелье предложил особый цикл комбинированного дискретно-непрерывного процесса изменения масштаба Вселенной – Динамический Дискретный Масштабный Переход (ДДМП). В фазе непрерывного, континуального преобразования применимы уравнения ОТО, а изменение масштаба происходит ступенчато. Этот цикл позволяет четырехмерной геометрии оставаться неизменной при постепенном изменении масштаба пространства-времени.

Эта новая форма движения с изменяющимся масштабом пространства-времени играет в модели МРК ту же роль, что и АДМ-формализм, переменные Аштекара и метод «оптимального согласования» Барбура в квантовых теориях гравитации. Применение ДДМП «расслаивает» единое пространство-время, превращая (67) в описание множества конформно-подобных многообразий. Дискретный переход с изменением масштаба между этими многообразиями в модели МРК происходит со скоростью света.

Совместное применение модели МРК и формализма ОТО привело Марелье к определению силы инерции, как результата существования динамического поля с потенциалом $v^2/2$ (А. 5.9 в книге). Как уже отмечалось, такое представление силы инерции также следует из Гамильтоновой формулировки Принципа наименьшего действия (54): $f_I = -\nabla(v^2/2)$. Весьма наглядно такое же представление силы инерции можно получить, приравняв кинематическое замедление времени в СТО к замедлению времени в гравитационном поле с потенциалом φ : $t' = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} \cdot t = (1 - 2\varphi/c^2)^{-1/2} \cdot t$. Из этого соотношения следует $\varphi = v^2/2$ и при широком толковании принципа эквивалентности можно считать, что динамический потенциал $v^2/2$ подобно гравитационному потенциалу искривляет пространство-время.

Значительная часть книги Марелье посвящена обсуждению одной из самых дискуссионных проблем современной физики – устранению концептуальных противоречий между квантовой механикой и ОТО. При этом ему, конечно, пришлось уделить внимание онтологическим противоречиям в вероятностной интерпретации волновых функций.

К настоящему времени подробно разработаны 9 различных математических формализмов квантовой механики⁶⁰ и более 30 ее философско-методологических интерпретаций, причем их число быстро возрастает. На протяжении всей истории квантовой механики количество предлагавшихся новых интерпретаций всегда оказывалось пропорциональным числу уже опубликованных, и этот продолжающийся уже несколько десятилетий экспоненциальный «интеллектуальный взрыв» свидетельствует о не устраненных сомнениях и нарастающем беспокойстве научного сообщества.

⁶⁰ Styer, D.F. Nine formulations of quantum mechanics // Am. J. Phys. 2002, 70 (3).

Большинство парадоксов и противоречий квантовой механики сосредоточено в феномене расплывания волновых пакетов, представляющих свободно движущиеся микрочастицы. Микрочастица конечной массы может быть представлена только волновым пакетом, имеющим конечную протяженность в пространстве Δx и определенным конечным интервалом волновых чисел Δk . Но как следует из уравнений де Бройля и Шредингера групповая и фазовая скорости такого волнового пакета не совпадают и поэтому волновой пакет быстро расплывается вдоль направления движения, так что его размеры быстро возрастают⁶¹. Например, характерное время расплывания волнового пакета в миллиард раз для протона составляет менее 10^{-4} секунды. Это значит, что область волнового пакета, описывающего протон, всего за пару дней расплывается до размеров апельсина. В то же время систематически изучаемые с 1930-х годов космические лучи состоят в основном из свободно движущихся протонов обычного размера, но возраст значительной части этих протонов исчисляется тысячами и миллионами лет.

Луи де Бройль и Эрвин Шредингер сначала не заметили этого драматического расплывания волнового пакета, поскольку были увлечены анализом стационарных решений уравнения Шредингера, весьма точно определявших экспериментальные оценки энергетических состояний атома водорода, полученные спектрометрией. Только в 1927 году статья⁶² английского физика Чарльза Дарвина, внука создателя эволюционной теории, привлекла внимание научной общественности к неизбежному расплыванию волновых пакетов в квантовой механике. Оказалось, что основные уравнения квантовой механики не способны описывать свободное движение микрочастиц.

Первые теоретики квантовой механики уклонились от конструктивного анализа неудобного феномена расплывания волновых пакетов свободно движущихся частиц, воспользовавшись идеей Макса Борна о «вероятностной интерпретации» волновых функций – «квадрат модуля волновой функции $|\psi(r, t)|^2$ есть плотность вероятности обнаружить частицу в точке пространства r в момент времени t ». В своей классической статье (1926) Макс Борн так сформулировал основную идею вероятностной интерпретации: «Движение частицы следует вероятностным законам, сама же вероятность распространяется в соответствии с законом причинности».

Поскольку совершенно абстрактный квадрат комплексной волновой функции, определяющей координату частицы, не имеет никакого наглядного физического образа, то его быстрое расплывание стали считать столь же абстрактным

⁶¹ Карпман В.И., *Нелинейные волны в диспергирующих средах*, М., 1973; Уизем Дж. *Линейные и нелинейные волны*. Пер. с англ., М., 1977. Abers, E.; Pearson, Ed. *Quantum Mechanics*. Addison Wesley, Prentice-Hall Inc., 2004. Pauli, W. *Wave Mechanics: Volume 5 of Pauli Lectures on Physics*, Books on Physics, Dover Publications, 2000.

⁶² Darwin, C.G. // Proc. Roy. Soc. (1927) A 117, 258.

и лишенным физического содержания явлением «расплывания вероятности», неявно предполагая, что истинные, но скрытые физические характеристики микрочастицы ведут себя вполне разумно. Вероятностную интерпретацию волновой функции поддерживали и систематически применяли в 1930-е годы Н. Бор, В. Гейзенберг, А. Зоммерфельд и В. Паули.

С тех пор вероятностная интерпретация квантовой механики всегда используется для того чтобы формально устранять регулярно возникающие логические и экспериментальные противоречия в квантовой физике. Следует, однако, заметить, что вероятностные и статистические интерпретации каких либо характеристик в разработанных математических аппаратах квантовой механики не содержатся и из них не следуют, а только *постулируются*. В фундаментальных для квантовой физики соотношениях Планка и де Бройля никаких вероятностей нет и в помине. Кроме того, еще в 1940 году Дмитрием Блохинцевым было доказано, что не существует никакой математически корректной статистической функции распределения, зависящей от импульсов и координат, которая могла бы представить квантовый ансамбль⁶³.

Первые попытки избавиться от расплывания волновых пакетов и вероятностной интерпретации волновых функций в квантовой механике были приняты уже в 1920-х годах. Эрвин Маделунг вывел эквивалент уравнения Шредингера в форме квантовых уравнений Эйлера⁶⁴, а Луи де Бройль в своем докладе на Сольвеевском конгрессе представил идею «волны-пилота» (1927). После критики этих работ представителями Копенгагенской школы, которые настойчиво разрабатывали вероятностную интерпретацию квантовой механики, идеи Маделунга и де Бройля были преданы забвению почти на четверть века, но вновь возродились после статей Дэвида Бома и его последователей в 1950-е годы⁶⁵.

Квантовая гидродинамика Маделунга и теория волны-пилота Де Бройля-Бома являются двумя вариантами реализации идеи «расщепления» корпускулярно-волнового дуализма микромира на две взаимодействующие физические сущности – корпускулярную и волновую, каждая из которых имеет собственную интерпретацию и математическое описание. В теории волны-пилота скорость классической точечной частицы с конечной массой определяется («управляется») независимым физическим объектом – «волной-пилотом», эволюция которой, в свою очередь, описывается уравнением Шредингера с дополнительным

⁶³ Blohintsev, D.I. // Journ. of Phys. USSR (1940) 2, 71.

⁶⁴ Madelung, E. Eine anschauliche Deutung der Gleichung von Schrödinger // Naturwiss. (1926) 14 (45), 1004. Madelung, E. Quantentheorie in hydrodynamischer Form // Zeit. f. Phys. (1927) 40 (3–4); 322–326.

⁶⁵ Bohm, D.A. Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of “Hidden Variables” I // Phys. Rev. (1952) 85: 166–179. Bohm, D. *Causality and Chance in Modern Physics*. Routledge & Kegan Paul and D. Van Nostrand, 1957.

нелокальным потенциалом «квантовой силы». Сравнивая уравнения квантовой гидродинамики Маделунга и уравнения теории волны-пилота Де Бройля-Боме можно видеть, что нелокальный тензор «квантового давления» Маделунга совпадает с нелокальным «квантовым потенциалом» теории волны-пилота.

Помимо квантовой гидродинамики Маделунга и теории волны-пилота Де Бройля-Боме, для устранения феномена расплывания волновых пакетов, представляющих микрочастицы, исследовались различные нелинейные обобщения уравнения Шредингера. Одним из перспективных направлений в области применения нелинейных формализмов может оказаться Унитарная Квантовая Теория (УКТ), разработанная Львом Сапогиным и его последователями в 1970–1980 годах⁶⁶. В этой теории микрочастица является плотным пакетом высокочастотных парциальных волн некоторого универсального поля, который перемещается в «субстрате» (эфире, физическом вакууме) с линейной дисперсией. Длина волны монохроматической огибающей такого волнового пакета при одномерном движении совпадает с длиной волны Де Бройля и определяется волновым числом для микрочастицы с соответствующим импульсом и массой.

При движении волнового пакета без потерь энергии изменяются только фазовые соотношения парциальных волн, формирующих пакет. Волна де Бройля в этой модели играет роль только огибающей стабильного волнового пакета и не входит в набор формирующих пакет парциальных волн. В УКТ микрочастица при равномерном движении периодически с частотой волны де Бройля то утрачивает свой заряд и массу-энергию, то вновь их восстанавливает. Нелинейные уравнения типа уравнений Фока-Клейна-Гордона для частиц с осциллирующими массами и зарядами являются основой формализма УКТ.

Впечатляющим достижением УКТ является теоретический расчет значений элементарного электрического заряда, постоянной тонкой структуры и масс нескольких десятков элементарных частиц. В наше время УКТ используется не только в качестве одной из интерпретаций квантовой механики, но и успешно применяется для расчетов в энергетике и космической технике.

В Физике Необратимого Времени (ФНВ) уравнения Планка и де Бройля не считаются описаниями волнового движения в микромире, а рассматриваются как взаимосвязанные формулировки Принципа наименьшего действия для

⁶⁶ Sapogin, L.G. Unitary Field and Quantum Mechanics / Investigation of Systems, Vladivostok, Academy of Sciences of the USSR, No. 2, 54 (1973). Sapogin, L.G. On Unitary Quantum Mechanics // *Nuovo Cimento* (1979) 53A(2), 251. Sapogin, L.G. A Unitary Quantum Field Theory // *Annales de la Fondation Louis de Broglie* (1980) 5(4), 285. Сапогин Л.Г., Рябов Ю.А., Участкин В.И. Унитарная квантовая теория и новые источники энергии. Учебн. пособие / МАДИ (ГТУ). М, 2003. Sapogin, L.G., Ryabov, Yu.A., Boichenko, V.A. *Unitary Quantum Theory and New Source of Energy*. Archer Enterprises, Geneva, NY, USA, 2005.

движения микрочастиц. Интерпретация квантовой механики в ФНВ основана на двух предположениях⁶⁷:

1. Как следует из теории линейных мер множеств, время в микромире при конечной неопределенности измерений может быть представлено только комплексными числами.

2. Движение в микромире определяется Принципом наименьшего действия.

При этих предположениях физические процессы в микромире описываются классом уравнений квантовой самоорганизации, частным случаем которых является неоднородное уравнение Шредингера. Однако однородное уравнение Шредингера, описывающее свободное движение микрочастицы, в этот класс не входит и, тем самым, проблемы распыления волнового пакета не существует.

Никакого дуализма волна-частица в микромире нет и при свободном движении отдельная микрочастица в каждый момент комплексного времени имеет вполне определенные координаты. В зависимости от разрешающей способности прибора мы можем либо видеть траектории отдельных частиц, либо результат квантовой самоорганизации достаточно многочисленного ансамбля частиц при взаимодействии его с прибором для наблюдения. В квантовой физике проведено много экспериментов, достоверно регистрирующих корпускулярные характеристики отдельных микрочастиц, но нет экспериментов, обнаруживающих какие-либо волновые свойства у отдельных микрочастиц. Современные эксперименты убедительно демонстрируют существование траекторий не только массивных частиц, но и фотонов. Отдельные микрочастицы не имеют волновых свойств, но достаточно многочисленные ансамбли микрочастиц при взаимодействии с некоторыми приборами способны формировать волновые структуры самоорганизации, типа интерференции и дифракции.

В своей книге Марелье показал, что модель МРК и процесс ДДМП способны обеспечить совместимость ОТО и квантовой механики при следующих предположениях:

1. Волновые функции квантовой механики, ассоциированные с микрочастицами, определяются Комптоновскими осцилляциями метрики пространства-времени, которые модулируются этими волновыми функциями. Модуляция Комптоновских осцилляций метрики пространства-времени при движении микрочастицы определяет связанные с ней волны де Бройля.

2. Энергия микрочастицы определяет частоту ассоциированных с ней релятивистских Комптоновских осцилляций метрики, которые формируют соответствующую дискретную пространственную структуру резонансных состояний.

⁶⁷ Таганов И.Н., Бабенко Ю.И. *Антивремя и антипространство*. – СПб.: СПбГУ, 2001; ISBN 5-7997-0292-1. Таганов И.Н., Бабенко Ю.И. *Антивремя и антипространство*. Второе издание. – СПб.: ТИН, 2015; ISBN 978-5-902632-17-7.

3. В квантовой механике корреляция состояний микрочастиц со сверхсветовыми скоростями может осуществляться изменениями масштаба пространства-времени, который служит новым «каналом» взаимодействий вне самого пространства-времени.

В модели МРК также как и в УКТ Сапогина волновые пакеты, представляющие микрочастицы, сформированы высокочастотными осцилляциями, а волны де Бройля являются только модуляциями волновых пакетов и поэтому не расплываются при движении пакетов. Для интерпретации волновых функций квантовой механики в модели МРК нет необходимости привлекать вероятностные или статистические представления, поскольку их физический смысл достаточно ясен. Эффективность предложенной метрической модели волновых пакетов демонстрируется успешным выводом уравнения Шредингера и уравнений теории волны-пилота из полевых уравнений ОТО.

Определяющей идеей модели МРК является предположение о сохранении «масштабной эквивалентности» Вселенной во все эпохи. Эта идея рассматривалась многими физиками и философами со времени возрождения и начала разработки концепции атомизма в Европе. Например, в середине 18 столетия хорватский философ и физик Руджер Бошкович писал в своем главном труде «Теория натуральной философии, приведенная к единому закону сил, существующих в природе»⁶⁸ :

«Вполне допустимо предположение, что весь видимый нами Мир изо дня в день сокращается или расширяется при соответствующем сокращении или расширении шкалы сил; если бы это происходило, в нашей душе не наблюдалось бы никакого изменения идей, а потому не получалось бы и никакого ощущения такого изменения».

Предположение Марелье о сохранении «масштабной эквивалентности» Вселенной во все эпохи, предполагает масштабную инвариантность основных законов физики. Изучение масштабных преобразований уравнений математической физики и их решений в наше время является обширным полем исследований с сотнями статей и десятками монографий, посвященными этой теме⁶⁹. Стимулом для исследований в этой области послужило развитие теории фракталов в 1970–1980 годы и многие работы в этой области все еще сохраняют связь с фрактальной геометрией.

⁶⁸ *Philosophiae naturalis theoria reducta ad unicam legem virium in natura existentium*, Vienna, 1758. Boscovich, Ruggero Giuseppe. *A Theory of Natural Philosophy*. Translated by J. M. Child. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1966.

⁶⁹ См., например библиографию в Henriksen, D. *Scale Invariance: Self-Similarity of the Physical World*. Wiley-VCH, 2015. ISBN 978-3-527-41335-5.

С начала 1990-х годов перспективным направлением стало исследование результатов введения масштаба, в качестве измерения, дополняющего четыре измерения пространства-времени⁷⁰. В частности, анализ масштабного преобразования методами фрактальной геометрии позволил французскому физiku Лорану Ноталю разработать «теорию масштабной относительности»⁷¹. В этой теории общий физический принцип относительности распространяется на преобразования масштаба, порождая фрактальную структуру пространства-времени и универсальный инвариант – длину Планка $l_{Pl} = (\hbar G/c^3)^{1/2}$, которая играет в этой теории такую же роль как скорость света в СТО.

К середине 1990х годов исследования масштабных преобразований показали, что ограничения масштабной инвариантности при преобразовании $r \rightarrow ar; t \rightarrow at$ не выдерживают многие уравнения физики. Даже такие масштабно-инвариантные уравнения как уравнения Максвелла без зарядов и токов или уравнения Ньютоновской гидродинамики теряют масштабную инвариантность, если в их начальные или граничные условия входят параметры с размерностью длины или времени. Многие фундаментальные константы и параметры, например, постоянная Планка и элементарный электрический заряд не являются масштабно-инвариантными.

Серьезным ограничением масштабной инвариантности описаний физических процессов является потеря масштабной инвариантности при аффинном преобразовании: $f(r) \rightarrow f(r) + A$. Даже само-подобные фракталы являются масштабно-инвариантными только для дискретных значений масштабного фактора. Причем для совмещения преобразованного фрактала с исходным обычно необходимы дополнительные трансляции и вращения.

В Библии в рассказе о строительстве Вавилонской башни мы находим предупреждение об отсутствии масштабной инвариантности в нашем мире. При увеличении масштаба длины r все массы возрастают как r^3 , а площади как r^2 так, что напряжения растут пропорционально r . При этом прочность большинства материалов, обратно пропорциональная средним межкаристаллическим расстояниям в их структурах, уменьшается как $1/r$. Поэтому в мире с возрастающим масштабом все сооружения неизбежно ждет печальная судьба Вавилонской башни.

⁷⁰ Oldershaw, R.L. Self-Similar Cosmological Model: Introduction and Empirical Tests // Int. Journ. of Theor. Phys. (1989) 28, No. 6, 669—694. Oldershaw, R.L. Discrete Scale Relativity // Astroph. and Space Science (Oct. 2007) 311, No. 4, 431. Сухонос С.И. *Структура устойчивых уровней организации материального мира*. СПб., 1992. Сухонос С.И. *Масштабная гармония Вселенной*. М., София, 2000. См. также <http://www.wikiznanie.ru/> Масштабное измерение.

⁷¹ Nottale, L. *Fractal Space-Time and Microphysics: Towards a Theory of Scale Relativity*. World Scientific, London, 1993. Nottale, L. Scale-Relativistic Cosmology // Chaos, Solitons and Fractals, (2003) 16, 539. См. также <http://luth.obspm.fr>.

В современной промышленности отсутствие универсальной масштабной инвариантности доставляет много хлопот и является причиной дополнительных затрат при разработке новых машин и технологий. Например, для определения важнейших прочностных и эксплуатационных характеристик ракет и самолетов нельзя использовать их миниатюрные модели и приходится строить огромные стенды для испытания полноразмерных опытных образцов.

Однако следует иметь в виду, что исследования масштабной инвариантности уравнений физики проводились в большинстве случаев только для линейных преобразований и никак не учитывали течения времени. Недавние исследования показали, что масштабно-инвариантная космология принципиально возможна, но при этом не только изменится форма уравнений механики и электродинамики, но и потребуются существенное изменение концепций многих фундаментальных динамических характеристик⁷².

Минувшее 20 столетие не только изменило большинство физических теорий, но и привело к пересмотру многих методологических концепций науки. Надеждам энтузиастов поиска Универсальной Теории Всего не суждено было воплотиться в единой теории поля или в теориях многомерных струн и мембран. Многолетние усилия сотен теоретиков привели только к подтверждению давнего пессимизма Людвиг Больцмана: «Чем более общей является теория, тем призрачнее ее физические результаты».

История науки в 20 столетии показывает, что количество применяемых в естествознании теорий и математических моделей не уменьшается, а наоборот возрастает. Достаточно вспомнить более 10 с успехом применяемых моделей атомного ядра или более 30 геометрических моделей гравитации. Развитие научной методологии вполне подтверждает вывод Общей теории систем о том, что достаточно сложная система может и не иметь единственного формального описания и, более того, что могут существовать эффективные формальные описания сложной системы, которые не могут быть построены какими либо последовательными логическими рассуждениями.

Множественность математических моделей для достаточно сложной системы, вероятно, является одним из законов познания и вполне соответствует древней восточной мудрости: «Никто не может увидеть и пересчитать все грани бриллианта, рассматривая его только с одной стороны». Я полагаю, что главным достоинством математической модели или теории является не ее объяснительный потенциал, а способность предсказать существование новых физических явлений и процессов, которые могут быть изучены экспериментально. Именно эта

⁷² Barbour, J. Scale-invariant gravity: particle dynamics // *Classical and Quantum Gravity* (2003) 20; 1543. (arXiv:gr-qc/0211021). Barbour, J., Anderson, E., Foster, B.Z., Murchadha, N.O. Scale-invariant gravity: geometrodynamics // *Classical and Quantum Gravity* (2003) 20; 1571. (arXiv:gr-qc/0211022)

магическая особенность математических моделей делает дедуктивный метод математических гипотез эффективным инструментом познания.

Для меня книга Карла Йохана Марелье привлекательна, в первую очередь, именно надеждой на то, что описанная в ней необычная МРК модель может привести при дальнейшей разработке к открытию новых физических явлений. В современном естествознании, не исключая и теоретическую физику, как и в ранней классической механике по прежнему используется идеализированное обратимое время с однородной шкалой, введенное Ньютоном по образцу средневековой геометрической концепции времени Николая Орема, и никак не учитывается течение времени. Поскольку ньютоновское время входит в концептуальный фундамент естествознания, то замена его на соответствующее всему опыту наблюдений природы необратимое «физическое» время с неоднородной шкалой, вероятно, будет длительным процессом. Однако анализ даже не вполне строгих и приближенных моделей необратимого времени может привести к открытию новых физических явлений.

Новая космологическая модель Масштабно Расширяющегося Космоса, предложенная Карлом Йоханом Марелье, заставляет задуматься о возможности пересмотра многих концепций современной физики и цель этой книги – привлечь к этой модели внимание физиков и философов.

И.Н. Таганов

Предисловие

Это только две противоположности, но между ними помещается весь наличный смысл человеческий. Но, разумеется, никогда нам не исчерпать всего явления, не добраться до конца и начала его. Нам знакомо одно лишь насущное видимо-текущее, да и то понаглядке, а концы и начала — это все еще пока для человека фантастическое.

Ф.М. Достоевский (из дневников 1876)

Эта монография подводит итоги моей многолетней работы над новой моделью космоса. В книге рассматриваются не совсем типичные вопросы и идеи, а стиль не всегда соответствует стандартной форме научных публикаций. Хотелось бы заметить, что некоторые идеи, рассматриваемые в этой книге, уже обсуждались и довольно подробно разрабатывались в древности. Следует признать, что эти ученые в некоторых вопросах опередили своих современных коллег.

Однако один из самых фундаментальных вопросов познания мира остался пока без ответа — что заставляет время изменяться и что такое «течение» времени? Очевидно, что этот вопрос важен как для науки, так и в повседневной жизни, но по сей день мы все еще продолжаем поиск ответа и спрашиваем себя — что же является причиной течения времени?

Можем ли мы успешно исследовать и создавать модели Вселенной научными методами, если до сих пор так и не знаем, что вызывает течение времени? Несмотря на то, что в настоящее время многие теоретические модели космоса основаны на постулатах Общей теории относительности (ОТО), в новой модели нам придется от них частично отказаться, так как ни ОТО, ни какие либо другие научные теории не дают ответа на вопрос о причине течения времени. И поскольку наука не нашла объяснения течению времени, то это ставит под сомнение многие основополагающие принципы науки. Например, правомерно задать вопрос — всегда ли справедливы законы тяготения и механического движения, открытые Ньютоном?

Эти вопросы могут показаться неуместными, так как ставят под сомнение основы науки. Однако если мы не можем объяснить такое фундаментальное явление, как течение времени, как мы можем полагаться на научную методологию, которую преподают в наших школах?

Предлагаемая читателям монография рассматривает эти вопросы и автор приходит к выводу, что существуют проблемы, остающиеся пока вне пределов нашего понимания и, что решение этих проблем может коренным образом изменить не только науку, но и наше мировоззрение. Новые научные идеи

всегда трудно ввести в обращение, потому что они не соответствуют научным традициям и не вписываются в современную эпистемологию. Они приносят нечто новое, что иногда демонстрирует неполноту, а подчас и ошибочность существующего знания. Однако, как мы увидим, если приподнять завесу, скрывающую истинное мироздание и природу физических процессов, то можно открыть новый, неизвестный, но прекрасный мир.

Древнегреческий философ Парменид Элейский (ок. 500 до н.э.) утверждал, что «существующее не может возникнуть из несуществующего» и все рассуждения о рождении или творении мира «из ничего» не должны рассматриваться серьезно, по крайней мере, с научной точки зрения. Это всегда шло вразрез с общепринятой идеей сотворения мира Богом. Тем не менее, если мы хотим придерживаться физического объяснения происхождения нашего мира, то мы должны отказаться от идеи творения мира. Можно предположить, что наш космос мог «родиться» от «материнской Вселенной», но это никак не решает проблему происхождения мироздания. Пока мы думаем в терминах сотворения мира, мы сталкиваемся все с той же неразгаданной тайной. Мы просто должны признать, что мир всегда существовал, и будет существовать всегда!

Такой подход к космологии полностью исключает популярную в наше время модель космоса, основанную на идее рождения Вселенной из небытия в результате Большого взрыва, и в этой книге мы будем упоминать эту модель как «Стандартную Космологическую Модель» (СКМ). Эта модель за свою историю пересматривалась уже несколько раз в соответствии с новыми астрономическими наблюдениями, а некоторые новейшие наблюдений, посеяли сомнения в ее состоятельности.

Как мы увидим в дальнейшем, идея вечного существования Вселенной приводит к нескольким важным выводам и предположениям, которые могут служить основой нового понимания особенностей нашего существования. В этой монографии обсуждаются следствия этой идеи, и рассматривается новая модель вечного существования космоса. Эта новая модель соответствует всем современным астрономическим наблюдениям, а также объясняет загадки Темной энергии и Темной материи. Новые физические идеи, рассмотренные в монографии, вероятно, приведут к пересмотру научной методологии и нашего мировоззрения.

Я хочу поблагодарить профессора Игоря Николаевича Таганова за Предисловие, написанное им к русскому изданию этой монографии, а также коллег из Российской Академии наук за помощь при публикации моей книги в России. Я благодарен также Татьяне Краснокутской за помощь с переводом книги на русский язык и моей жене Энн-Мари за ее неизменную поддержку на протяжении многих лет.

Карл Йохан Марелье

Введение

Эта монография подводит итог разработки новой модели космоса, которая позволяет разрешить некоторые космологические загадки и дать объяснение расхождению теорий с астрономическими наблюдениями.

Новая модель Масштабно Расширяющегося Космоса (МРК), бросает вызов современному представлению о Вселенной, сотворенной в результате Большого взрыва приблизительно 14 миллиардов лет тому назад. Эта модель использует новую идею, которая, насколько я знаю, ранее не разрабатывалась и не исследовалась. Будет показано, что расчеты с использованием этой модели, хорошо согласуются с астрономическими наблюдениями и дают возможность разрешить ряд космологических загадок. Модель Масштабно Расширяющегося Космоса была опубликована в ряде научных журналов (*Masreliez*, 1999, 2004a, 2004b, 2004c, 2005a, 2006c, 2007b), но пока не привлекла должного внимания. Эта модель также рассматривается в книге, изданной в США – *Masreliez, J. The Progression of Time, How expanding space and time forms our world and powers the universe*, Amazon, 2013.

В книгах подобных этой монографии принято обращаться к ранее опубликованным работам, чтобы показать, как новые идеи соотносятся с общепринятой эпистемологией. Однако модель МРК, насколько мне известно, не имеет непосредственных предшественников в науке и философии и, таким образом, если мои предположения подтвердятся, то это приведет к созданию нового направления в науке, которое может заставить нас пересмотреть некоторые законы современной физики вплоть до ее истоков во времена Галилея и Ньютона. Это заявление может сейчас казаться несколько самонадеянным, но впоследствии читатель убедится в том, что оно оправдано.

Для того чтобы ввести читателя в контекст книги мы рассмотрим несколько фундаментальных вопросов.

Вопрос 1: Был ли мир сотворен?

Хотя многим кажется очевидным, что мир должен иметь начало, а тем самым является результатом творения, эта идея была логически опровергнута древнегреческим философом Парменидом Элейским, которого высоко ценил Платон. Парменид утверждал:

«Есть только бытие, а «небытия» нет. Но, если есть только бытие, то не может быть ничего вне бытия, что могло бы привести к изменениям. Следовательно, бытие вечно, однородно и безгранично в пространстве и времени».

Кажется очевидным, что то, что существует, не может происходить из того, что не существует! Парменид продолжает:

«Никогда не будет доказано, что вещи, которых нет, существуют. Удерживайте свои мысли на таком пути познания и не позволяйте ежедневной рутине исказить этот путь. Судите по действительным причинам и событиям о том, что я сказал. Нам остается только одно – рассуждать о существующем».

Другими словами, нам следует просто принять, что мир существует и существовал всегда. Несмотря на то, что это заключение идет вразрез с традиционными представлениями о творении, а также не подтверждается современной физикой, это дает нам возможность избежать обсуждения таинственного и нелогичного события «сотворения» мира. В Западноевропейской культуре издавна существует вера в то, что Бог создал мир, и в прошлом сомнение в этом считалось ересью. Однако если Всмогуший действительно создал мир, то мы можем спросить – почему он создал мир, ограничив срок его существования, обрекая его на неминуемую гибель, которую предсказывает современная физика? Разве не предпочел бы Всмогуший создать вечно существующий мир? Мы покажем впоследствии, что, несмотря на “законы термодинамики”, которые в настоящее время исключают бесконечное существование Вселенной, вечно существующий мир вполне возможен!

Вопрос 2: Что определяет космологический масштаб материальных объектов?

Давайте мысленно сделаем следующий эксперимент. Предположим, что нам нужно сделать что-то из ничего. Пока не будем обращать внимания на нелепость этой задачи! Предположим, что первый предмет, который нам нужно создать это яблоко. Какого размера мы его сделаем? При отсутствии пространства (то есть в небытии) масштаб объекта не должен иметь значения. Это может быть размер горошины, яблока, баскетбольного мяча, даже Земли, при условии, что атомы этого объекта масштабируются соответственно. Это означает, что могут существовать миры с различными масштабами.

Наши современные знания подтверждают это. В Общей теории относительности нет, какого либо определенного масштаба для измерения материальных объектов. Полевые уравнения ОТО остаются неизменными, независимо от используемого метрического масштаба, так как символы Кристоффеля идентичны для интервалов, отличающихся только масштабом. Это также справедливо и в геометрии – сфера всегда остается сферой, вне зависимости от ее масштаба!

Это конформное свойство Вселенной мы будем называть «масштабной эквивалентностью». Соответственно миры разных масштабов должны казаться

одинаковыми их обитателям. Тогда почему масштаб нашего мира именно такой, каким мы его воспринимаем? И так ли это?

Может быть, космологический масштаб медленно изменяется во времени? Предположим, что именно это и является природой космологического расширения, так что расширение связано с увеличением масштабов как пространства, так и времени (пространства-времени), а не только одного пространства как в Стандартной Космологической Модели (СКМ). Но при масштабной эквивалентности всех эпох космос всегда остается геометрически тождественным, и Вселенная может расширяться вечно, не изменяя своей геометрии!

Вопрос 3: Что является причиной течения времени?

Это давний вопрос, который пока по-прежнему остается без ответа:

«Что такое время? Пока никто меня не спрашивает, я знаю; но если я захочу объяснить тому, кто спрашивает меня, то я не знаю». (Аврелий Августин, около 400 года)

Ситуация не изменилась за шестнадцать столетий, и мы так и не знаем, что вызывает течение времени. Но, как ни странно, некоторые из нас думают, что мы можем объяснить устройство Вселенной без ответа на этот вопрос. Но это не возможно.

Общая теория относительности в данном случае не помогает, так как она тоже не объясняет причин течения времени. И, ввиду того, что большинстве предложенных моделей космоса основаны на ОТО, они тоже не могут дать ответ на этот вопрос. Это не должно удивлять, потому что течение времени, возможно, является самым важным и насущным аспектом нашего существования и эта проблема должна быть принята во внимание в каждой модели космоса.

Альберт Эйнштейн признавал, что он не может объяснить течение времени. Привожу его слова из письма, которое он написал после смерти его школьного друга Анжело Бессо:

«...мы физики считаем, что разделение между прошлым, настоящим и будущим – это лишь иллюзия, хотя и убедительная».

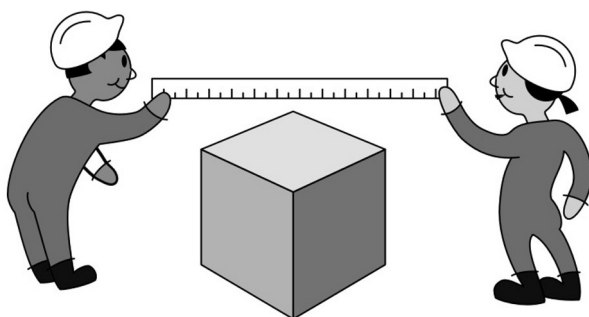
Кроме того, при обсуждении использования геометрии пространства Минковского и его теории относительности, Эйнштейн писал:

«Ввиду того, что в четырехмерной структуре (пространстве-времени) более не существует объективное понятие «сейчас», то такие концепты как, например, «случается» и «происходит» несомненно не могут быть полностью исключены, но весьма усложняются. Поэтому представляется более естественным думать

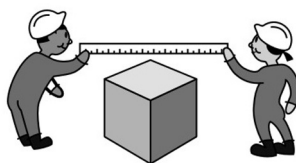
о физической реальности как о четырехмерном существовании, а не, как до сих пор считалось, эволюции трехмерного существования».

Однако, четырехмерное существование, предложенное ОТО, не достаточно полно описывает мир. В космосе все находится в движении, а движение невозможно без течения времени. Но так как современная физика не может объяснить течение времени, то она не может правильно объяснить и движение. Современная физика предполагает, что время может течь как в одном, так и в обратном направлении. А так как время всегда течет в будущее, что известно как выражение «стрела времени», то современная физика не может объяснить устройство Вселенной. Мы должны признать это.

В модели Масштабно Расширяющегося Космоса (МРК) Вселенная расширяется, никогда не меняя своей четырехмерной (4Д) геометрии, как она воспринимается ее обитателями. Для иллюстрации этой концепции, рассмотрим следующий рисунок.



Вселенная № 2



Вселенная № 1

Рис. 1. Масштабно-эквивалентные миры

Изменение шкал пространства и времени при четырехмерных измерениях означает, что космос остается геометрически неизменным для его обитателей, что и делает возможным вечное существование Вселенной. Течение времени в модели МРК отражает космологическое возрастание масштаба Вселенной.

Космос расширяется постепенно, увеличивая четырехмерный масштаб пространства-времени, на каждом шаге воспроизводя 4Д-геометрию,

определяемую ОТО. Это можно сравнить с кинофильмом, где движение моделируется последовательной сменой кадров. Более того, как мы увидим далее, этот процесс присутствует во всех формах движения, как во времени, так и в пространстве.

Масштаб пространства-времени проявляется как дополнительная динамическая степень свободы кроме четырех размерностей в ОТО. В дальнейшем будет показано, что эта новая идея способна объяснить многое в окружающей нас реальности. В монографии рассматриваются три основных темы.

Модель Масштабно Расширяющегося Космоса (МРК).

Связь Общей теории относительности (ОТО) с Квантовой механикой (КМ).

Движение и природа силы инерции.

Последние две темы оказались неожиданными следствиями модели МРК и заслуживают особого внимания.

В монографии будет показано, что существует особый интервал ОТО – интервал МРК, который вполне соответствует нескольким стандартным космологическим тестам. Модель МРК также объясняет ряд расхождений между астрономическими наблюдениями в Солнечной системе и соответствующими теоретическими расчетами, например, отклонения астрономически наблюдаемых положений планет от их расчетных эфемеридных значений.

В книге будет показано, что разница между Мировым временем (UT) и Эфемеридным временем (ET) является, в первую очередь, следствием космологического масштабного расширения, а не результатом замедления скорости вращения Земли из-за приливного торможения. Модель МРК объясняет также «Аномалию Пионеров» (*Anderson et. al*, 2003) и демонстрирует, что Луна удаляется от Земли не так быстро, как считается в настоящее время и, кроме того, дает повод предполагать, что Земля и Луна сформировались в одну эпоху.

В модели МРК компоненты тензора энергии-импульса, определяющие интервал МРК не исчезают, а их положительный T_{00} компонент оказывается равным критической плотности массы, которую некогда определил Эйнштейн (*Einstein*, 1917). Такое совпадение может объяснить природу Темной энергии. Три отрицательные компоненты тензора энергии-импульса соответствуют Космологической константе Эйнштейна, которая объясняет недавно открытое «ускоренное расширение Вселенной». При этом полная энергия, определяемая тензором энергии-импульса равна нулю и, соответственно, энергия вакуума в модели МРК также равна нулю.

Модель МРК демонстрирует хорошее соответствие астрономическим наблюдениям и объясняет происхождение нескольких космологических загадок, что позволяет рассматривать метрический масштаб четырехмерного пространства-времени как особую космологическую степень свободы, дополняющую четыре компоненты размерности пространства-времени. Течение

времени, возможно, является непосредственным отражением космологического масштабного расширения, которое происходит везде – от гигантских концентраций массы в галактиках до субатомных частиц. Это объясняет, почему мы воспринимаем течение времени как определяющий аспект нашей жизни.

В дальнейшем мы увидим, что масштабное расширение может оказаться вечным источником энергии для Вселенной.

Следует отметить, что модель МРК не может быть сформулирована в терминах непрерывного четырехмерного континуума пространства-времени ОТО, но может быть описана с помощью новой модели Динамического Дискретного Масштабного Перехода (ДДМП; *DIST* – “*Dynamic Incremental Scale Transition*”). Результатом ДДМП является ступенчатое изменение четырехмерного масштаба пространства-времени.

Еще одним способом описания модели МРК является введение масштаба в качестве пятого измерения в ОТО. Такой подход к формулировке модели МРК предполагает, что течение времени может быть причиной осцилляций метрического масштаба. Моделирование таких осцилляций четырехмерного масштаба позволяет вывести уравнения квантовой механики из ОТО. Можно также предполагать, что волновая функция квантовой механики (КМ) описывает колебания метрического масштаба пространства-времени, что дает возможность установить связь между КМ и ОТО, объединив их в единую пятимерную теорию. При этом онтологической интерпретацией волновых функций в квантовой механике являются осцилляции масштаба пространства-времени. А «чудо» Калуцы-Клейна – вывод уравнений Максвелла из пятимерного варианта ОТО дает повод полагать, что масштаб, как пятая размерность должен учитываться не только в космологии, но и во всех описаниях движения.

Природа силы инерции до сих пор не имеет общепринятого объяснения. Несмотря на то, что признанный второй закон Ньютона $F = am$ постулирует существование силы инерции, ее природа так и не получила объяснения в прошлом. Поскольку не существует движения вне течения времени, как изменяющегося четырехмерного масштаба, то это изменение должно принимать участие во всех формах движения. Эта идея рассматривается в книге в качестве основы для объяснения природы силы инерции. Использование переменного масштабного фактора для интервалов пространства Минковского позволяет найти такой масштабный фактор, для которого все траектории ускоренных движений оказываются геодезическими ОТО. Если предполагать, что метрический масштаб всех ускоряющихся тел уменьшается в соответствии с этим масштабным фактором, то сила инерции предстает феноменом подобным гравитационной силе и также определяется кривизной пространства-времени.

Динамическое сокращение метрического масштаба в модели МРК могло бы также объяснить сокращение длины и времени в специальной теории относительности (СТО) и разрешило бы Парадокс близнецов, поскольку

в инерциальных системах отсчета измеряемое время отличалось бы от локального времени из-за того что ход часов во всех системах отсчета одинаков. Это значит, что можно было бы предполагать существование *абсолютной* космологической шкалы времени. В свою очередь, из этого следует, что инерциальные системы отсчета находятся в различных четырехмерных подпространствах ОТО, с разными масштабами в пятимерном космосе. Если это так, то существующая СТО должна быть несколько скорректирована.

Часть технических аргументов в пользу предложенных идей читатель найдет в основном тексте монографии, а математические модели и подробности выводов формул представлены в Приложении.

Динамический Дискретный Масштабный Переход (ДДМП)

Концепцию модели МРК и определяемые ею процессы можно лучше понять, если представить себя участником космологического масштабного расширения. Может возникнуть вопрос – насколько правомерно анализировать процесс масштабного расширения, если он никогда раньше не рассматривался? Но, как мы увидим, мир существует таким, какой он есть, независимо от того, как мы его себе представляем. Кроме того, есть важная причина для существования процесса масштабного расширения, поскольку он является источником энергии, которая обеспечивает возможность вечного бытия Вселенной.

Наука – это игра с определенными правилами, а процесс масштабного расширения пока еще не включен в эти правила. Но не надо забывать, что все правила и законы в науке когда-то были установлены на основании предыдущих правил и знаний. Мы постоянно пополняем наши знания и пересматриваем действующие правила и законы. Феномен масштабного расширения может явиться именно таким пересмотром, добавляющим еще одно измерение в наше мировоззрение, но не опровергающим Общую теорию относительности.

Постепенное изменение масштаба четырехмерного пространства-времени не меняет его 4Д-геометрию, поскольку полевые уравнения ОТО остаются неизменными. Такой процесс может быть представлен циклом, который иллюстрирует рис. 1.2.

Этот цикл, в котором сочетаются непрерывное преобразование и дискретное, ступенчатое изменение масштаба некоторой функции $f(x)$ от четырехмерной переменной в дальнейшем называется Динамическим Дискретным Масштабным Переходом (ДДМП). В фазе непрерывного, континуального преобразования применимы уравнения ОТО, а изменение масштаба происходит ступенчато. Этот цикл позволяет четырехмерной геометрии оставаться неизменной при постепенном изменении масштаба пространства-времени. Цикл ДДМП является новой формой движения, в которой постепенное изменение четырехмерного масштаба происходит как бы «вне» пространства-времени.

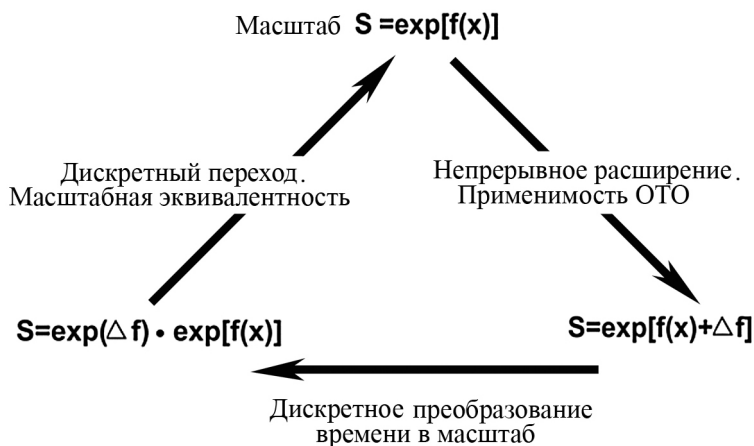


Рис. 2. Цикл Динамического Дискретного Масштабного Перехода (ДДМП)

Цикл ДДМП определяется масштабной эквивалентностью, которая, возможно, является самой фундаментальной симметрией. Чередование циклов ДДМП не меняет тензор энергии-импульса в ОТО и не требует затрат энергии, а поэтому не удивительно, что природа использует этот процесс для обеспечения эволюции Вселенной. Этот процесс отличается от непрерывной эволюции наблюдателя в стандартной космологии расширяющейся Вселенной, потому что в ДДМП четырехмерная геометрия возвращается к своему начальному состоянию в конце каждого цикла. Это может служить объяснением «бесконечного» течения времени, которое происходит в «пятом измерении» вне четырехмерного пространства-времени. Становится понятным также, почему течение времени по-прежнему остается загадочным явлением – оно не может рассматриваться как форма движения в пространстве и времени.

Не следует забывать, что мы пытаемся моделировать динамический процесс изменения масштаба, расширяя область применимости известной нам физики. Сначала это может показаться сомнительным, но не исключено, что процесс ДДМП окажется более фундаментальным, чем непрерывные процессы, к которым мы привыкли. Мы должны признать, что непрерывные процессы в большинстве случаев являются результатами аппроксимаций последовательностей дискретных, ступенчатых изменений при переходе к пределу бесконечно малых изменений, что противоречит идеологии квантовой теории и волновых свойств микрочастиц. Поэтому не следует ожидать, что все процессы в природе допускают представление моделями непрерывных процессов. Концепцию непрерывности нельзя применять при описании процессов изменения масштаба, по крайней мере, в четырехмерном пространстве. Возможно, что долгая эпоха успешного и универсального применения дифференциального исчисления в физике заканчивается.

ГЛАВА I

Модель Масштабно Расширяющегося Космоса

В начале своей работы, я предполагал, что космологическое возрастание 4Д-масштаба можно описать, применив определение интервала ОТО:

$$ds^2 = e^{2t/T} \left((c \cdot dt)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 \right) \quad (1.1)$$

В этой формуле t это атомное время, а T это «Время Хаббла» (около 14 миллиардов лет), которое считается возрастом Вселенной в Стандартной Космологической Модели (СКМ). В дальнейшем я буду упоминать интервал (1.1) как «интервал МРК». Скорость света c далее приравнивается к единице ($c = 1$), так что время будет измеряться в «световых секундах», а не в секундах.

Читатель, знакомый с ОТО и СКМ, может сразу возразить, что интервал (1.1) легко преобразовать в известный интервал Фридмана-Робертсона-Уокера, с помощью подстановки $t' = \exp(t/T)$:

$$ds^2 = dt'^2 - (t'/T)^2 (dx^2 + dy^2 + dz^2) \quad (1.2)$$

В ОТО эти две формы интервала являются физически эквивалентными. Поэтому может показаться, что модель МРК не вводит ничего нового. В модели СКМ время t' обычно называют «истинным временем» (*proper time*), которое является временной координатой при отсутствии гравитационных полей и ускорений.

Основная идея модели МРК это космологическая масштабная эквивалентность, которая обеспечивает физическую эквивалентность всех эпох. При этом космологическое увеличение масштаба является неотъемлемой характеристикой космоса, которая, тем не менее, не меняет четырехмерную геометрию Вселенной. Поэтому атомное время t не может называться «истинным временем», поскольку подвержено постоянному изменению при ускоренном росте масштаба.

При смещении по времени $t \rightarrow t + \Delta t$ мы получим преобразованный интервал (1.1):

$$ds^2 = e^{2\Delta t/T} \cdot e^{2t/T} (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (1.3)$$

В силу масштабной эквивалентности интервалов СКМ и МРК постоянным масштабным фактором $\exp(2\Delta t/T)$ можно пренебречь. Обитатели МРК-мира всегда наблюдают пространственно плоскую геометрию Вселенной с интервалом Минковского, но при этом участвуют в возрастании четырехмерного масштаба, который определяется интервалом МРК. Кроме того, в силу масштабной эквивалентности при смещении во времени для текущего «настоящего» момента времени можно принять $t=0$.

Момент времени «сейчас» может быть постоянным началом отсчета при том, что временная координата t , принимает отрицательные значения в прошлом при одновременно уменьшающемся четырехмерном масштабе. Это справедливо для всех эпох и поэтому начало отсчета для времени от момента «сейчас» является самым естественным.

Такой подход подтверждается тем, что подстановка $ds \rightarrow ds \cdot \exp(\Delta t/T)$ в (1.3) восстанавливает МРК-интервал (1.1). Многократное повторение такого масштабного преобразования соответствует существованию еще одной динамической размерности помимо четырехмерного пространства-времени, моделью которой является цикл ДДМП и которая не может быть описана ОТО. Так что МРК-модель предполагает существование нового физического процесса.

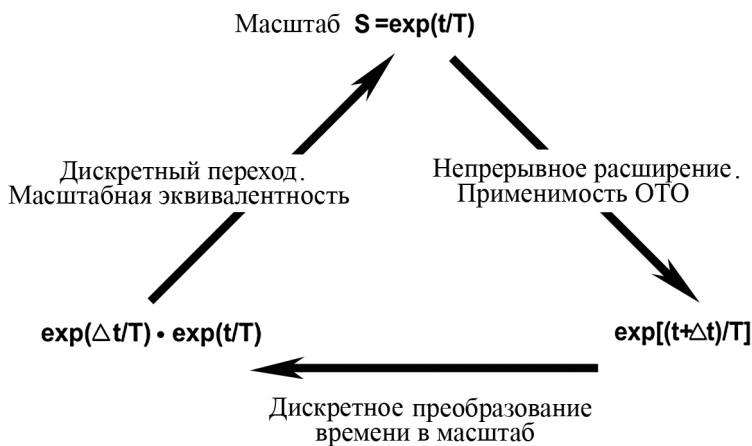


Рис. 1.1. Цикл ДДМП при смещении по времени $t \rightarrow t + \Delta t$

Следует заметить, что в любой момент времени мы можем исследовать с помощью ОТО последствия возрастания масштаба в силу масштабной эквивалентности, которую обеспечивает модель МРК. Свойства МРК-интервала (1.1) заслуживают детального анализа, поскольку, как мы увидим далее, он

может быть использован для вывода формул, которые хорошо согласуются с наблюдениями, а также объясняют ряд загадок космологии, например, природу Темной энергии и Темной материи.

Ниже мы рассмотрим ряд полезных формул, которые следуют из МРК-интервала.

Прежде всего, заметим, что если масштаб растет так, что продолжительность временных интервалов всегда «поспевает» за ростом масштаба, то продолжительность «истинных» (*proper*) секунд экспоненциально возрастает со временем. Хотя МРК-интервал в каждый момент равен интервалу Минковского, но при этом прошедшие секунды были короче в соответствии с масштабным фактором $\exp(t/T)$ (напомним, что в прошлом $t < 0$). При этом «возраст» Вселенной оценивается соотношением:

$$\text{Возраст} = \int_{-\infty}^0 e^{t/T} dt = T \quad (1.4)$$

«Возраст» Вселенной в модели МРК, определенный по текущей продолжительности года, всегда одинаков и равен Времени Хаббла T , т. е. около 14 миллиардов лет. Это справедливо в любую эпоху, например, 14 миллиардов лет тому назад возраст Вселенной был также 14 миллиардов лет. Тем самым Время Хаббла это космологическая константа, которая не имеет никакого отношения к возрасту Вселенной. Рисунок 1.2 иллюстрирует разницу шкал времени в МРК и СКМ.

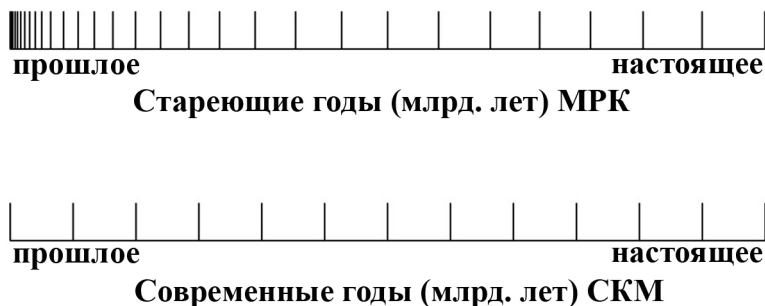


Рис. 1.2. Шкалы времени в моделях МРК и СКМ

Космологическое торможение. В Приложении I приведен вывод геодезической ОТО для поступательного движения на основе интервала МРК:

$$\beta = v/c = \frac{\beta_0 \cdot e^{-t/T}}{\sqrt{1 - \beta_0^2 + \beta_0^2 \cdot e^{-2t/T}}} \quad \beta_0 = v_0/c \quad (1.5)$$

Здесь v это скорость при продолжительности движения $t > 0$.

Для больших скоростей с помощью специальной теории относительности можно получить соответствующую релятивистскую формулу:

$$\frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\beta_0}{\sqrt{1-\beta_0^2}} e^{-t/T} \quad (1.6)$$

Можно заметить, что при начальной скорости $v_0 = c$ в (1.5) оказывается что $v = c$ для всех $t > 0$. При начальной скорости $v_0 < c$ мы получим из (1.5):

$$v = v_0 \cdot e^{-t/T} \quad (1.7)$$

Это явление, которое уменьшает относительные скорости свободно движущихся объектов в дальнейшем будет упоминаться как «Космическое торможение». Следует отметить, что Космическое торможение делает невозможным применение первого закона Ньютона в космологии!

Кинетический момент в модели МРК определяется следующим соотношением:

$$r^2 \cdot \dot{\theta}^2 = \frac{r_0^4 \cdot \dot{\theta}_0^2 \cdot (1 - \dot{r}^2) \cdot e^{-2t/T}}{r^2 \cdot [1 - \dot{r}^2 - (r_0 \cdot \dot{\theta}_0)^2] + r_0^4 \cdot \dot{\theta}_0^2 \cdot e^{-2t/T}} \quad (1.8)$$

Здесь θ — это угол, соответствующий радиусу r . Для скоростей значительно меньших скорости света c из (1.8) можно получить:

$$r^2 \cdot \dot{\theta} = (r_0^2 \cdot \dot{\theta}_0) \cdot e^{-t/T} \quad (1.9)$$

Это соотношение делает невозможным применение закона сохранения момента импульса в космологии МРК, но четырехмерная энергия-импульс в ней сохраняются.

Следует отметить, что проф. И.Н. Таганов в своих книгах, рассматривая космологическое замедление времени (Таганов, 2005, 2008, 2013), также провел анализ явлений, похожих на рассмотренные выше и, в частности, обнаружил Космическое торможение.

Космологическое красное смещение в модели МРК обнаруживается при анализе интервала (1.1) для неподвижного объекта ($dx = dy = dz = 0$):

$$ds = e^{t/T} dt \quad (1.10)$$

Если считать время в прошлом положительным ($t_p = -t$), то мы увидим, что возрастание масштаба приводит к тому, что интервалы времени в прошлом кажутся больше чем современные:

$$ds = dt_0 = e^{-t_p/T} dt_p \quad dt_p = e^{t_p/T} dt_0 \quad (1.11)$$

Поэтому красное смещение z для светового излучения, поступающего из прошлого, определяется следующим соотношением:

$$f_p = f_0 \cdot e^{-t_p/T} = f_0 / (1+z) \quad 1+z = e^{t_p/T} \quad (1.12)$$

Из соотношения (1.11) также следует, что помимо красного смещения происходит увеличение интервалов времени и поэтому частота регистрации фотонов уменьшается как $1/(1+z)$. Это будет впоследствии использовано при выводе формул для светимости космических объектов в модели МРК.

Зависимость расстояния до источника излучения от красного смещения в модели МРК определяется соотношениями:

$$\begin{aligned} 1+z &= e^{t_p/T} \\ t_p &= T \cdot \ln(1+z) \\ d &= c \cdot t_p = c \cdot T \cdot \ln(1+z) = D \cdot \ln(1+z) \end{aligned} \quad (1.13)$$

Здесь d это расстояние до источника излучения в модели МРК, а $D = cT$ это расстояние Хаббла.

Формула для зависимости светимости от красного смещения в модели МРК учитывает два фактора $1/(1+z)$, уменьшающих плотность потока излучения L от источника со светимостью I :

$$L = \frac{I}{4\pi \cdot d^2 (1+z)^2} = \frac{I}{4\pi (D \cdot \ln(1+z) \cdot \ln(1+z))^2} \quad (1.14)$$

Соотношения (1.13, 1.14) будут использованы при сравнении модели МРК с астрономическими наблюдениями⁷³.

Космологические тесты

В космологии было разработано несколько программ анализа наблюдений (космологических тестов) для проверки космологических моделей. При этом оказалось, что формулы Стандартной Космологической Модели (СКМ)

⁷³ Прим. ред. 1. Многие астрофизики полагают, что формула вида (1.14): $L = I / (4\pi (1+z)^2 r^2(z))$ применима только для нерелятивистских космологических моделей, в частности, для «стандартной» космологической модели ОТО. Для релятивистских космологических моделей, к которым относится модель МРК, следует использовать релятивистскую формулу: $L = I / (4\pi r^2(z))$, которую, вероятно, впервые вывел Эдвард Милн (Milne, E.A. World-Structure and the Expansion of the Universe // Zeits. für Astroph. (1933) 6, 1–95.). Впоследствии было показано, что эту формулу можно вывести непосредственно из СТО, и теперь она часто приводится в учебниках (см., например, Rowan-Robinson, M. *Cosmology*. 4-th Ed. Oxford: Clarendon Press, 2004; стр. 127, 128, 147).

в некоторых случаях серьезно противоречат астрономическим наблюдениям. Казалось бы что это должно было бы стать поводом для того чтобы отвергнуть СКМ. Но этого не произошло, и приверженцы СКМ несмотря на неоспоримые противоречия в этой модели продолжают добавлять в нее новые спекулятивные (и мифологические) характеристики в надежде объяснить ее противоречия с наблюдениями.

Некоторые исследователи, начиная с Эдвина Хаббла, пришли к заключению, что астрономические наблюдения лучше согласуются с моделью красного смещения, обусловленного «старением света», нежели с моделью красного смещения вследствие эффекта Доплера, как это принято в СКМ. В модели «старения света» энергии фотонов уменьшаются с расстоянием, в соответствии с (1.13), но в формуле (1.14) используется только один фактор $1/(1+z)$, уменьшающий плотность потока излучения.

В известной статье Поля Ла Виолетт (*La Violette*, 1986) автор привел убедительные доказательства того, что зависимость красного смещения от расстояния для модели «стареющего света», которая совпадает с формулой (1.13) модели МРК, хорошо соответствует наблюдениям и не нуждается в спекулятивных эволюционных концепциях, которые использует СКМ для интерпретации наблюдений. Но, к сожалению, эта важная работа была в значительной степени проигнорирована. С 1986 года наши возможности наблюдения дальнего космоса значительно возросли, особенно с началом работы орбитального телескопа им. Хаббла и применением методов радио-интерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ; *Very Long Baseline Interferometry – VLBI*). При этом, как мы увидим, современные астрономические наблюдения не согласуются с СКМ.

В последующих разделах мы рассмотрим три стандартных космологических теста: тест подсчета количества галактик, тест углового размера, и тест поверхностной яркости. Кроме того, будут рассмотрены наблюдения сверхновых звезд.

Тест с подсчетом количества галактик

Этот тест при возрастании дистанции наблюдений должен быть успешным при сравнении формул всех перспективных космологических моделей. Поскольку видимая яркость галактик зависит от дистанции наблюдения, то это позволяет использовать зависимость количества наблюдаемых галактик от расстояния для проверки космологических моделей. Однако несколько исследовательских программ показали, что формулы СКМ не соответствуют наблюдениям.

На рисунке 1.3 представлены результаты 16 исследовательских программ, приведенные в статье (*Metcalfe et al.*, 1995). На этом рисунке количество галактик,

наблюдаемое на площади небосклона в один квадратный градус с точностью 0,5 маг яркости, представлено в форме зависимости от звездной величины. Расчеты по теории МРК были добавлены к результатам, приведенным в этой статье. Как видно на этом рисунке график расчетов по СКМ не соответствует наблюдениям и проходит ниже маркеров астрономических наблюдений, в то время как расчеты по модели МРК достаточно хорошо согласуется с наблюдениями.

На рис. 1.3 ось абсцисс представляет видимую звездную величину галактик. Использована логарифмическая шкала, в которой разнице в 1 маг соответствует фактор 2,512 уменьшения яркости. Без телескопа человек видит звездные величины не более 6 маг, а галактики со звездной величиной 26 имеют светимость в сто миллионов раз меньшую того, что может увидеть наблюдатель невооруженным глазом, что и объясняет, почему мы используем орбитальный телескоп им. Хаббла. Ординаты графика на рис. 1.3 представляют количества галактик, наблюдаемых в 1 квадратном градусе небосвода.

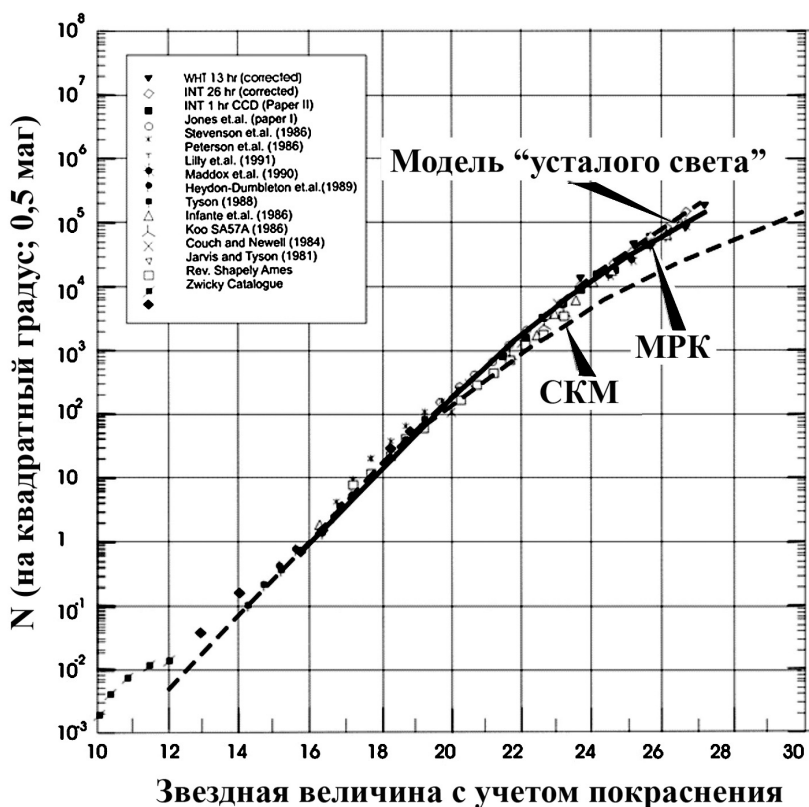


Рис. 1.3. Результаты теста с подсчетом количества галактик

Результаты расчетов по модели МРК, показанные на рис. 1.3, проводились с использованием формулы (1.14). Для dN на один квадратный градус при $dm = 0,5$ использовалась аппроксимация: $dN/dm = (dN/dz)/(dm/dz)$, которую можно получить из соотношений:

$$N(z) = \text{Const} \cdot d^3 = C_1 \cdot [\ln(1+z)]^3 \quad (1.15)$$

$$m(z) = -2.5 \cdot \log(d_l^2) + \text{Const} = 5 \cdot \log[\ln(1+z) \cdot (1+z)] + C_2 \quad (1.16)$$

Предполагалось, что плотность распределения галактик в пространстве постоянна. При этом постоянная C_1 определяет смещение на оси ординат, а постоянная C_2 либо исчезает при дифференцировании dm/dz , либо приводит к смещению m на оси абсцисс. Расчеты по модели МРК хорошо соответствуют наблюдениям в диапазоне от $z = 0,002$; $m = 10,5$ до $z = 1,0$; $m = 25,7$ при $\log(C_1) = 5,7$ and $C_2 = 24$. Следует отметить, что параметр T модели МРК не входит в расчетные формулы непосредственно, поскольку он влияет на значения констант C_1 и C_2 .

В своей работе Меткалф с соавторами попытались объяснить явное несоответствие между наблюдениями и расчетами по СКМ, предложив несколько эволюционных сценариев, но ни один из них не обеспечил соответствие данным наблюдений столь же хорошее, что и расчеты по МРК. Поскольку на рис. 1.3 представлены данные 16 независимых программ, то хорошее соответствие расчетов по модели МРК, достигнутое без какой либо подтасовки, следует рассматривать как неопровержимый аргумент в пользу МРК.

Тест по угловым размерам космических объектов

Такой тест, например, для галактик, также может быть использован для проверки эффективности космологических моделей. Модель СКМ предсказывает, что за пределами определенного расстояния до наблюдателя угловой размер начинает возрастать, то есть в модели СКМ существует минимум на графике зависимости углового размера от расстояния. Однако наблюдения этого не подтверждают, а демонстрируют монотонное уменьшение углового размера с ростом дистанции от наблюдателя.

В модели МРК угловой размер θ галактики с диаметром D_g убывает обратно пропорционально расстоянию⁷⁴:

⁷⁴ Прим. ред. 2. Многие астрофизики полагают, что для определения углового размера должна использоваться формула вида: $\theta \propto (1+z)/r(z)$, а не формула $\theta \propto 1/r(z)$, к типу которой относится (1.17) (см., например, Sandage, A. *The Redshift* (pp. 761–785). In: *Galaxies and the Universe*. Vol. IX. Chicago, 1975 и Rowan-Robinson, M. *Cosmology*. 4-th Ed. Oxford: Clarendon Press, 2004; стр. 127, 128, 147).

$$\theta = \frac{D_g}{d} = \frac{D_g}{D \cdot \ln(1+z)} \quad (1.17)$$

На рис. 1.4 приведен график из статьи Джорговского и Спинрад (*Djorgovski and Spinrad, 1981*), к которому была добавлена кривая $\theta(z)$ рассчитанная по формуле (1.17) модели МРК. Как видно на этом рисунке, расчеты модели МРК превосходно подтверждаются астрономическими наблюдениями, и в то же время нет никаких свидетельств того, что угловой размер имеет минимальное значение.

Расстояние для небольших красных смещений примерно пропорционально значению z , что представлено на графике нижней линией. Средняя линия это расстояние пропорциональное величине $\ln(1+z)$, в соответствии с моделью МРК. Формула для расстояния в модели СКМ является более сложной, поскольку расстояние зависит от плотности массы Ω и параметра замедления q . Поэтому на рис. 1.4 представлены две кривые для двух пар этих параметров. В модели СКМ угловой размер должен уменьшаться с расстоянием относительно медленнее, что частично обусловлено тем, что максимальное расстояние во Вселенной, по модели СКМ, это расстояние Хаббла, соответствующее бесконечному значению красного смещения. В модели МРК расстояние Хаббла достигается при $z = 1,7$. Рисунок 1.4 ясно демонстрирует, что данные наблюдений убедительно свидетельствуют в пользу модели МРК.

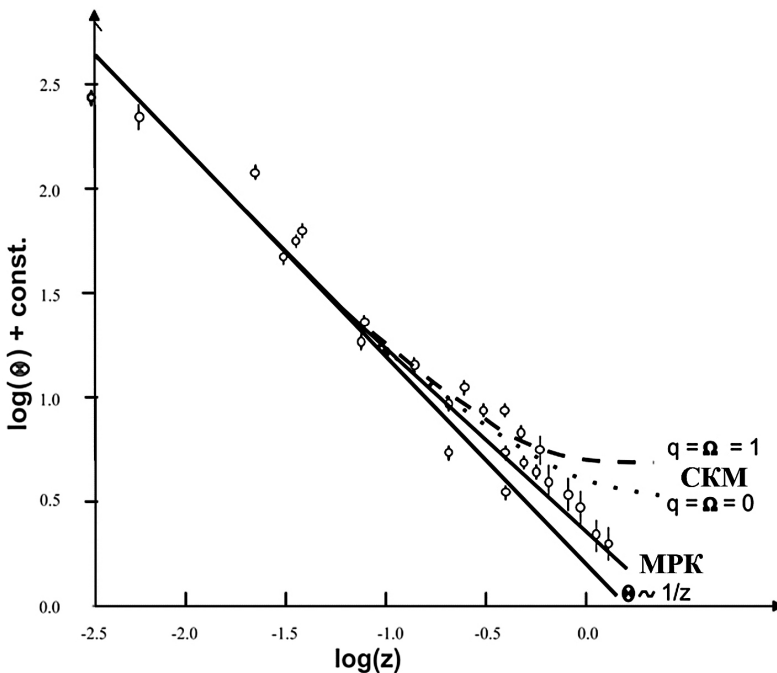


Рис. 1.4. Результаты теста по угловым размерам

Тест по поверхностной яркости

Оценки поверхностной яркости космических объектов, которая определяется светимостью на единицу поверхности космического объекта, считается весьма эффективным и надежным способом проверки космологических моделей. Обычно поверхностная яркость определяется видимой светимостью, разделенной на величину наблюдаемой площади объекта в квадратных дугowych секундах. Модель СКМ не выдерживает этого теста и не соответствует наблюдениям.

В модели МРК поверхностная яркость может быть оценена с помощью следующих соотношений:

$$L = \frac{I}{4\pi \cdot d^2 (1+z)^2} \quad (1.18)$$

$$A = (\theta \cdot d)^2 \quad (1.19)$$

Здесь A является площадью поверхности источника излучения, а θ это его угловой размер. Из этих соотношений можно определить поверхностную яркость:

$$sb = \frac{I}{A} = \frac{L \cdot 4\pi \cdot d^2 \cdot (1+z)^2}{(\theta d)^2} = \frac{L \cdot 4\pi \cdot (1+z)^2}{\theta^2}$$

$$SB = 2.5 \cdot \log_{10}(sb) + \text{Constant} \quad (1.20)$$

Следует обратить внимание, что в (1.20) не входит зависимость расстояния от красного смещения, что делает тест по поверхностной яркости весьма надежным.

Результаты наблюдений, представленные Любиным и Сэндижем (*Lubin and Sandage*, 2001) показывают, что модель МРК подтверждается наблюдениями поверхностной яркости галактик, а модель СКМ им не соответствует. Рисунок 1.5 демонстрирует совпадение с наблюдениями расчетов по модели МРК с хорошей точностью (темные кружки и квадраты). Расчеты по модели СКМ заметно расходятся с наблюдениями (контурные кружки и квадраты). Следует вновь признать, что расчеты по модели МРК демонстрируют близкое совпадение с результатами астрономических наблюдений и показывают, в частности, что удаленные галактики имеют примерно такую же поверхностную яркость, что и близкие.

В левой части рис. 1.5 представлены контурными кружками и квадратами наблюдения поверхностной яркости галактик в двух кластерах при $z \simeq 1$. Ось абсцисс представляет логарифмы оценок радиусов галактик в парсеках, а ординаты это оценки поверхностной яркости. Результаты наблюдений близких галактик представлены сплошной кривой. Каждая космологическая модель

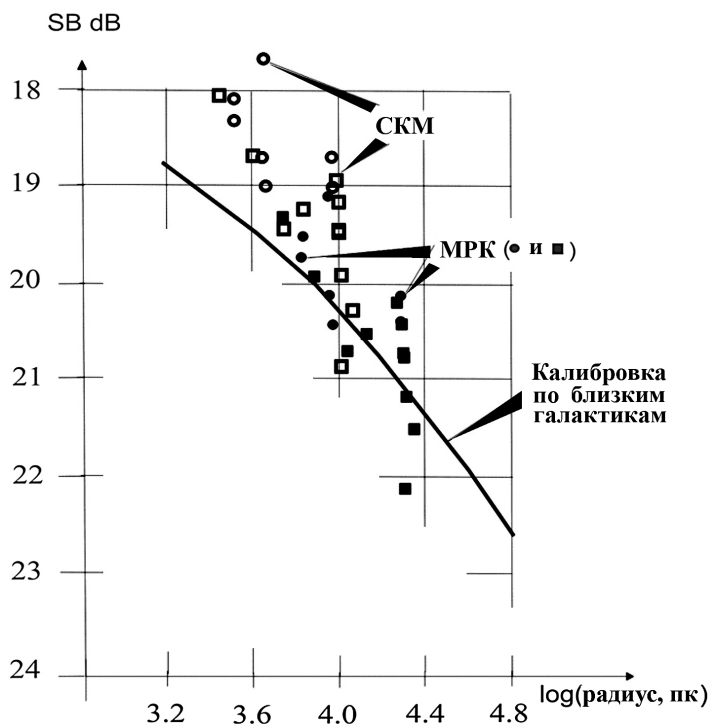


Рис. 1.5. Результаты теста по поверхностной яркости

позволяет рассчитать поверхностную яркость галактики в том случае, если бы она входила в число близких галактик. Темные квадраты и кружки представляют такие расчеты по модели МРК, а контурные маркеры отмечают расчеты по СКМ. Рисунок показывают, что модель МРК дает оценки поверхностной яркости удаленных галактик, которые в среднем совпадают с поверхностной яркостью близких галактик. В соответствии с теорией СКМ удаленные галактики оказываются ярче близких, что обычно объясняют «эволюцией» галактик.

В СКМ расстояние до источника излучения увеличивается со временем, в то время как, в модели МРК оно остается постоянным. В модели МРК поверхностная яркость пропорциональна квадрату $(1 + z)$, а в СКМ она пропорциональна четвертой степени $(1 + z)$. Эта разница приводит к тому, что маркеры расчетов СКМ лежат выше сплошной кривой на рис. 1.5, которая представляет поверхностные яркости близких галактик. Следует обратить внимание, что необходимая отрицательная коррекция расчетов по сравнению с данными астрономических наблюдений для СКМ примерно в два раза больше чем для расчетов по модели МРК. Кроме того, оценки радиусов галактик по модели МРК больше, чем по СКМ, потому что в модели МРК расстояние возрастает с увеличением красного смещения быстрее, нежели в СКМ.

Ускоряется ли космологическое расширение?

Удивительное недавнее открытие, которое противоречит СКМ, основано на наблюдениях сверхновых звезд класса *SNe Ia*. Вспышка сверхновой звезды этого типа вызывается поглощением белым карликом с высоким содержанием углерода и кислорода вещества своей звезды-спутника. Вопрос о том, какого типа должна быть эта звезда-спутник пока еще обсуждается. Предполагается, что в этом процессе масса белого карлика постепенно возрастает и достигает критической плотности порядка $2 \cdot 10^9 \text{ г см}^{-3}$, что вызывает термоядерный взрыв звезды.

Не вдаваясь в подробности теории сверхновых звезд, важно понимать, что продолжительность и форма кривой высвечивания вспышки сверхновой непосредственно связана с ее интегральной светоотдачей. Кривая высвечивания, являясь зависимостью яркости сверхновой от времени, обычно имеет продолжительность больше месяца, и соответствующая интегральная светимость может быть рассчитана по форме и длительности кривой высвечивания. Кроме того, спектр сверхновых *SNe Ia* позволяет уверенно отличать их вспышки от других типов сверхновых.

Чем продолжительней кривая высвечивания, тем ярче сверхновая, и это позволяет использовать их в качестве «стандартных свечей». Поскольку мы можем оценить видимую яркость сверхновой и рассчитать по кривой высвечивания ее светимость, то это дает возможность оценить расстояние до сверхновой и применять эти данные для проверки космологических моделей. Светимость сверхновых огромна и часто превышает светоотдачу типичной галактики. Вспышка сверхновой длится обычно пару месяцев и хорошо видна на фоне излучения материнской галактики. Эти свойства сверхновых позволяют использовать результаты их наблюдений для исследования геометрии очень далеких областей Вселенной.

Наблюдения сверхновых *SNe Ia* дали астрономам важную, но весьма неожиданную информацию – похоже, что космологическое расширение сейчас *ускоряется*. Ускорение расширения Вселенной предполагает существование некой новой силы, возможно, как это некогда предполагал Эйнштейн в форме дополнительной космологической постоянной, и в этом случае ускоряющая сила может быть связана с неуловимой Темной энергией, существование которой предсказывает инфляционная модель рождения Вселенной.

Однако эта интерпретация наблюдений полностью определяется зависимостью расстояния от красного смещения, которую применяет СКМ. Как мы увидим далее, существует и другая, более точная интерпретация астрономических наблюдений сверхновых *SNe Ia*.

Недавние сообщения о наблюдениях сверхновых, проведенные в проекте SCP (*Supernova Cosmology Project*; Perlmutter 2003; Perlmutter et al. 1995, 1997, 1999) и в проекте HZSST (*High-Z Supernova Search Team*; Schmidt et al., 1998),

вероятно, противоречат СКМ, если космологическое расширение не ускоряется. Но при этом, как демонстрирует рис. 1.6, эти наблюдения сверхновых *SNe Ia* очень хорошо согласуются с теоретическими оценками модели МРК без использования каких-либо корректирующих параметров.

Нижняя пунктирная линия на рис. 1.6 представляет результаты расчетов по СКМ в случае, когда массовая плотность равна критической плотности Эйнштейна. Верхняя пунктирная линия представляет расчеты по СКМ, когда массовая плотность составляет 30%, а остальные 70% это влияние космологической постоянной, которые вместе соответствуют $\Omega = 1$. Эта интерпретация в настоящее время поддерживается сторонниками СКМ. Сплошная линия на рис. 1.6 это расчет по модели МРК.

Следует обратить внимание на то, что расчеты СКМ предполагают, что плотность энергии равняется критической плотности Эйнштейна при $\Omega = 1$, что в двадцать раз превышает плотность видимой массы-энергии во Вселенной. Недостающие 95 процентов, как полагают, являются комбинацией Темной материи (приблизительно 30 процентов) и Темной энергии (приблизительно 65 процентов) неизвестного происхождения. Эта интерпретация является одной из наиболее запутанных и нерешенных проблем современной космологии. Но поскольку расчеты по модели МРК хорошо согласуются с наблюдениями, то это дает повод предполагать, что никакая энергия не теряется. Та энергия, которую не может найти СКМ, в модели МРК содержится в самом пространстве-времени

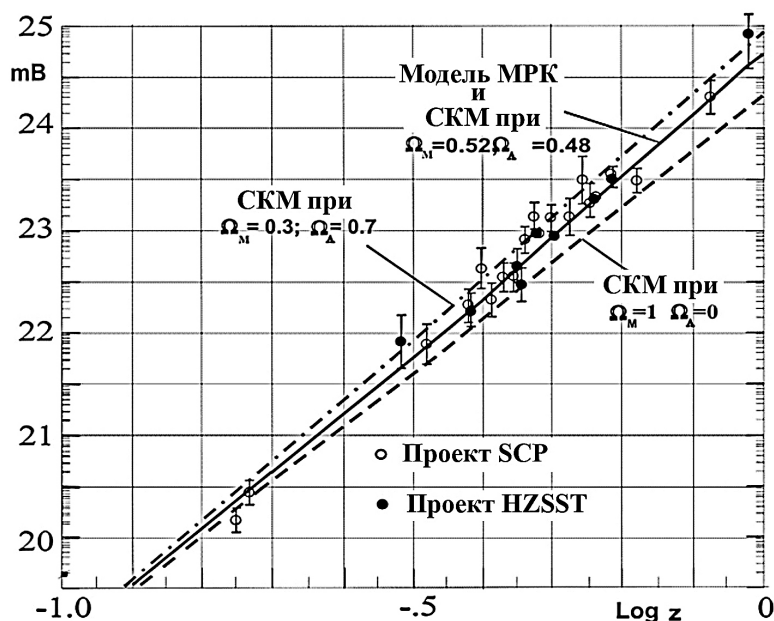


Рис. 1.6. Результаты наблюдений вспышек сверхновых *SNe Ia*

и возникает в результате космологического возрастания масштаба! Это непосредственно следует из вакуумного тензора энергии-импульса МРК, который вскоре будет рассмотрен.

В недавней статье Рисса (*Riess et al*, 2004) приведены данные наблюдений 16 вновь открытых сверхновых *SNe Ia*, причем 6 из них наблюдались с красными смещениями $z > 1,25$ орбитальным телескопом им. Хаббла. Эти новые наблюдения показывают, что Вселенная сначала прошла эпоху замедляющейся скорости расширения, за которым последовало расширение с ускорением. Группа Рисса провела моделирование эволюции фотометрического расстояния, предполагая в начальной фазе линейное уменьшение положительного параметра замедления, за которым последовала фаза ускорения с отрицательным параметром замедления. Параметры этой модели, а также значение красного смещения, при котором параметр замедления равен нулю, могут быть оценены по астрономическим наблюдениям и применяться для моделирования эволюции фотометрического расстояния. Переход от замедляющегося к ускоряющемуся расширению Вселенной был определен в этой работе как $z = 0,46$. Рисунок 1.7 соответствует рис. 4 в статье (*Riess et al*, 2004), к которому добавлены расчеты по модели МРК, и демонстрирует степень соответствия наблюдениям в предположении пространственно плоской космологии с $\Omega_M = 0,29$ и $\Omega_\Lambda = 0,71$.

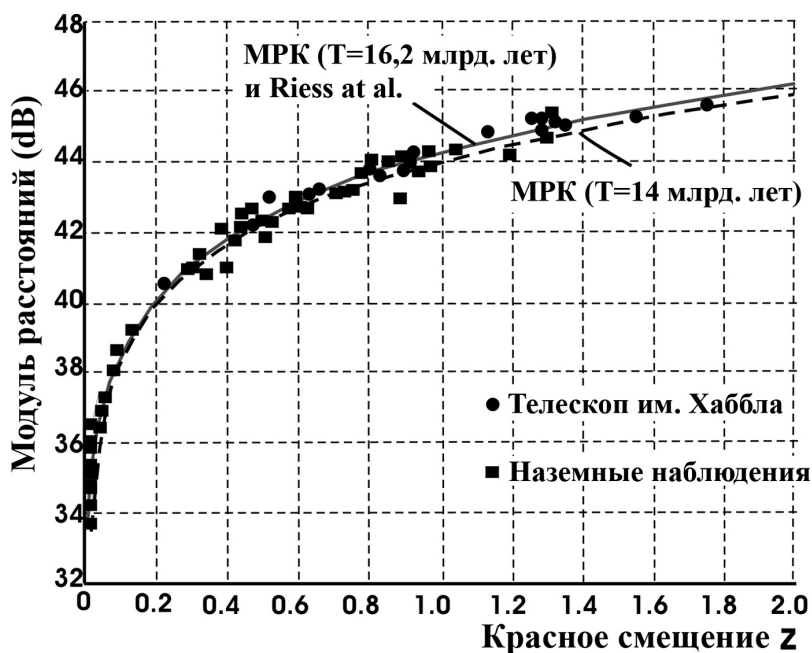


Рис. 1.7. Зависимость модуля расстояний от красного смещения по наблюдениям сверхновых *SNe Ia*

На рис. 1.7 абсциссы представляют красное смещение, а ординаты значения модуля расстояний. Модуль расстояний пропорционален логарифму расстояния до объекта, как функции красного смещения. Совпадение расчетов по модели МРК с наблюдениями вновь достигается без использования каких-либо поправок.

Расчеты по модели МРК совпадают с расчетами в статье (Riess et al, 2004) при расстоянии Хаббла $D = 16,2$ миллиарда световых лет и не обнаруживают значимого различия в диапазоне от $z = 0$ до $z = 1,8$. Кривая для расчетов по модели МРК для $D = 14$ миллиардов световых лет также достаточно близка к этим расчетам, демонстрируя лучшее соответствие наблюдениям при больших красных смещениях. Хорошее совпадение расчетов по модели МРК с наблюдениями является сильным аргументом в пользу модели Масштабно Расширяющегося Космоса, которая не требует предположений о замедлении или ускорении расширения Вселенной.

Подводя итоги сравнения космологических моделей с данными наблюдений можно заключить, что все три рассмотренных космологических теста и наблюдения сверхновых SNe Ia вполне подтверждают модель МРК, но при этом данные астрономических наблюдений расходятся с расчетами по СКМ.

Новые перспективы в новом мировоззрении

Отличное совпадение с наблюдениями расчетов по модели МРК при использовании формул (1.13) и (1.14), убеждает нас в справедливости основных принципов этой новой модели. Поэтому модель МРК может успешно использоваться для оценки плотности потоков излучения в различных спектральных диапазонах для источников излучения при использовании только их красных смещений и видимых звездных величин. Более того, формула для расстояний позволит оценить абсолютный размер космического объекта по его видимому угловому размеру. Таким образом, две простые формулы для расстояния и видимой звездной величины, в которые входит только один параметр – Время Хаббла, могут дать нам возможность по-новому взглянуть на то, что происходит в космических просторах.

Целью космологических тестов является сравнение эффективности космологических моделей и, как мы убедились, эти тесты свидетельствуют в пользу модели МРК. Хотя главная цель науки состоит в том, чтобы попытаться объяснить наш мир, мы иногда наблюдаем конфликт между этой целью и преобладающим научным мировоззрением. Мы испытали это в прошлом, когда пытались объяснить движение планет на основе ошибочного представления о том, что Земля неподвижна в центре мира, а все планеты движутся вокруг нее по круговым орбитам. Коперниковская революция решительно изменила это мировоззрение, не только заставив Землю вращаться вокруг Солнца, но и установив благодаря Кеплеру, что орбиты планет не круговые, а эллиптические.

В настоящее время мы находимся в такой же ситуации. Сегодня мы считаем мир четырехмерным, а его метрический масштаб фиксированным и неизменным во времени. Однако эта точка зрения никогда не была основана на фактах, а просто предполагалась на протяжении нескольких столетий и сформировала нашу научную методологию. Как это уже имело место в прошлом, мы, возможно, находимся сейчас накануне научной революции, которая навсегда изменит наше мировоззрение.

Темная энергия

Как было показано ранее, интервал модели МРК приводит к формулам для расстояний и видимых звездных величин, которые хорошо согласуются с астрономическими наблюдениями. Помимо этого аргумента еще одним аргументом в пользу модели МРК, является особая структура тензора энергии-импульса для интервала (1.1) модели МРК.

Предположение о том, что единственным вкладом в тензор энергии-импульса является распределение массовой плотности, вызывает сомнение, так как при этом получается, что Вселенная содержит гораздо больше энергии, чем может быть приписано наблюдаемой барионной массе и излучениям. До сих пор это порождало безрезультатный поиск недостающей энергии. Однако есть другая возможность – считать предположение о том, что энергия Вселенной сосредоточена только в веществе и излучении, ошибочным.

Уравнения Общей Теории Относительности (ОТО) Эйнштейна обычно представляют в форме, которую можно интерпретировать, как утверждение о том, что кривизна пространства-времени (левая часть уравнений) определяется плотностью энергии-импульса (правая часть уравнений):

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} \cdot R = K \cdot T_{\mu\nu} \quad (1.21)$$

Эти уравнения можно представить в эквивалентной форме:

$$T_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} \cdot T = K^{-1} \cdot R_{\mu\nu} \quad (1.22)$$

Уравнения (1.22) могут быть истолкованы как утверждение о том, что распределение энергии во Вселенной определяется искривлением пространства-времени. Это утверждение о том, что геометрия пространства-времени определяет тензор энергии-импульса, справедливо в той же мере, что и утверждение о том, что тензор энергии-импульса определяет геометрию пространства-времени. Оба утверждения справедливы в равной мере – энергия определяет геометрию пространства-времени, и наоборот.

Вместо того чтобы постулировать некоторый тензор энергии-импульса, а затем получать соответствующий интервал, как это традиционно делается в космологиях ОТО и СКМ, модель МРК использует другой подход, в котором некоторая кривизна пространства-времени определяет соответствующий тензор энергии-импульса вакуума. Это искривление пространства-времени порождается возрастанием масштаба, и вакуумный тензор энергии-импульса является тензором, удовлетворяющим уравнениям ОТО при использовании интервала МРК. Поэтому вакуумный тензор энергии-импульса является следствием принципа масштабной эквивалентности и процесса космологического возрастания масштаба.

Подставив метрику, определяемую интервалом МРК в уравнения ОТО, мы увидим, что эти уравнения определяют следующий Тензор Космической Энергии (ТКЭ):

$$\text{ТКЭ} = \begin{vmatrix} \frac{3c^2}{8\pi GT^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{c^2}{8\pi GT^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{c^2}{8\pi GT^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{c^2}{8\pi GT^2} \end{vmatrix} \quad (1.23)$$

Недиагональные элементы этого тензора равны нулю. Массовая плотность, соответствующая компоненту T_{00} равна критической плотности Эйнштейна. Таким образом, в модели МРК нет неуловимой Темной энергии – само пространство-время характеризуется критической плотностью энергии, обеспечивая $\Omega = 1$.

В модели МРК тензор ТКЭ является фундаментальным тензором энергии-импульса для космоса, и он же служит вакуумным тензором энергии-импульса. Это справедливо для всех наблюдателей, которые являются участниками процесса универсального возрастания масштаба, независимо от их положения в пространстве и эпохи.

Энергетический эквивалент, соответствующий ТКЭ, равен нулю, так как сумма диагональных элементов тензора равна нулю (эквивалентная плотность массы равна нулю). Это свидетельствует о том, что, несмотря на то, что энергия вакуума равна нулю, сам вакуумный тензор энергии-импульса не равен нулю. Принцип динамической масштабной эквивалентности приводит к ТКЭ с нулевой гравитационной энергией, который, тем не менее, имеет ненулевые компоненты, которые обеспечивают баланс, так сказать, положительной и отрицательной энергии.

Расширение пространства соответствует Космологической постоянной с отрицательным эквивалентом энергии. В модели МРК эта отрицательная энергия уравнивается расширением во времени, которое создает космологического давление с положительной плотностью энергии. Можно образно сказать, что Тензор Космической Энергии является суммой «Давления поля» с положительной энергией вследствие ускорения во времени и «Отрицательного давления поля» с отрицательной энергией из-за расширения пространства.

Модель МРК раскрывает тайну Темной энергии, показав, что ее появление может быть следствием применения неудачной космологической модели. Не существует Темной энергии в форме какой-либо плотности массы или излучения. *Темная энергия создается космологическим возрастанием масштаба.*

Темная материя

Темная материя, как и Темная энергия, может также оказаться следствием применения неудачной космологической модели. Спиральные галактики представляют собой таинственные скопления массы, структуру которых не удастся объяснить известной физикой. Звезды в этих галактиках движутся с тангенциальными скоростями, которые кажутся независимыми от их радиальных расстояний от ядра галактики и их «кривые вращения» являются «плоскими». В соответствии же с общепринятой физикой, использующей законы Ньютона, скорость звезд должна уменьшаться примерно пропорционально квадратному корню из $1/r$ при увеличении их радиуса вращения r .

Это несоответствие можно было бы объяснить, предположив существование невидимой Темной материи в каждой спиральной галактике в форме «гало» с гравитационной массой примерно в десять раз больше видимой массы галактики. Кроме того, это гало должно как-то компенсировать моменты импульса звезд, так как потери моментов импульса звезд в галактиках также необъяснимы.

Модель МРК достаточно элегантно находит решение этих проблем. Рассмотрим интервал МРК в форме:

$$ds^2 = e^{2t/T} (dt^2 - dr^2 - r^2 \cdot (d\theta^2 + \sin^2(\theta) \cdot d\varphi^2)) \quad (1.24)$$

После преобразования координат:

$$t' = T \cdot \cosh(r/T) \cdot e^{t/T} \quad r' = T \cdot \sinh(r/T) \cdot e^{t/T} \quad (1.25)$$

Можно представить интервал (1.24) в виде:

$$ds^2 = dt'^2 - dr'^2 - r'^2 \cdot e^{2t'/T} (d\theta^2 + \sin^2(\theta) \cdot d\varphi^2) \quad (1.26)$$

В этом соотношении r и t в последнем слагаемом неявно определены преобразованиями (1.25). Применяя далее разложение функции в ряд Тейлора можно получить:

$$r' \approx r \cdot e^{t/T} \cdot \left(1 + \frac{1}{6} \left(\frac{r}{T} \right)^2 + H.o \right) \quad (1.27)$$

В этом соотношении $H.o$ обозначает слагаемые высоких порядков. Второе слагаемое в скобках очень мало, например, для галактики с радиусом сто тысяч световых лет его значение не превышает 10^{-10} . Поэтому можно принять:

$$r' \simeq r \cdot e^{t/T} \quad (1.28)$$

Преобразованные координаты с высокой точностью соответствуют интервалу Минковского:

$$ds^2 \approx dt'^2 - dr'^2 - r'^2 (d\theta^2 + \sin(\theta)^2 d\varphi^2) \quad (1.29)$$

Это значит, что общепринятая физика может применяться для преобразованных координат, например, для формулировки закона сохранения углового момента:

$$r'^2 \omega' = Const \quad (1.30)$$

Но при этом из соотношений:

$$dt' \approx e^{t/T} dt \quad \omega \approx \omega' \cdot e^{t/T} \quad (1.31)$$

следует, что угловая скорость ω возрастает в координатах модели МРК при условии $\omega' = Const$. При этом момент в (1.9) уменьшается:

$$r^2 \omega = Const \cdot e^{-t/T} \quad (1.32)$$

Из соотношений (1.31, 1.32) следует, что радиус уменьшается, и звезды в галактиках медленно движутся по спиралям к центру галактики, а их тангенциальные скорости остаются постоянными:

$$r = Const \cdot e^{-t/T} \quad (1.33)$$

$$r \cdot \omega = Const \quad (1.34)$$

Таким образом, космологический рост масштаба в модели МРК объясняет форму спиральных галактик и плоские кривые вращения звезд. Кроме того, решается «проблема углового момента», так как в модели МРК угловые моменты постепенно уменьшаются из-за Космического торможения. *Проблемы Темной материи в модели МРК не существует.*

Рисунок 1.8 показывает форму спиральной галактики, которая соответствует соотношениям (1.31) и (1.33). Следует заметить, что поскольку радиус в этих соотношениях уменьшается пропорционально $\exp(-t/T)$, то мы можем по размеру спирального рукава галактики оценить кинематические характеристики движения звезд в галактике. Например, время необходимое звезде, для

того чтобы переместиться в пределах 360° спирального рукава может быть оценено приближенно соотношением $r = r_0 \cdot \exp(-t/T)$. Для рис. 1.8 это равно приблизительно $\exp(-t/T) = 0,65$. Если принять $T = 14$ миллиардов лет, то $t = 6$ миллиардов лет. За это время галактика совершает несколько полных оборотов. Рисунок 1.8 иллюстрирует движение звезд в галактике типа нашей галактики Млечный Путь с внешним размером спирального рукава порядка ста тысяч световых лет (30,7 пк). За 6 миллиардов лет в такой галактике внешние части спиральных рукавов должны были совершить около 5 оборотов, а внутренние значительно больше.

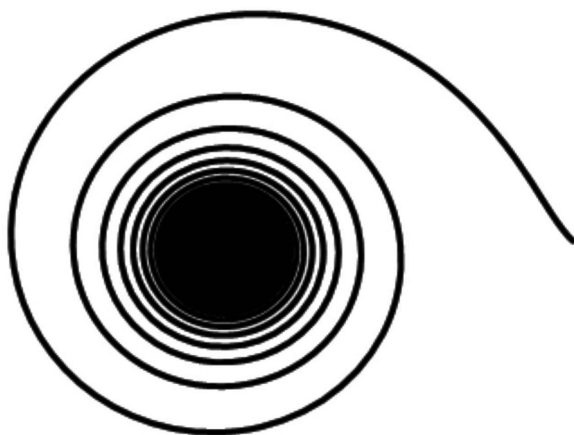


Рис. 1.8. Движение звезд в спиральной галактике

Следует отметить, что в модели МРК закон Кеплера изменяется и для объекта с массой M имеет вид:

$$\omega^2 \cdot r^3 = G \cdot M \cdot e^{-t/T} = \frac{G \cdot M}{(1+z)} \quad (1.35)$$

При анализе давних эпох в истории космоса может казаться, что гравитационный потенциал уменьшается при космологическом росте масштаба, подобно потере энергии при красном смещении. Однако поскольку закон всемирного тяготения Ньютона всегда применяется локально при $t=0$, то гравитационная постоянная G не меняется, хотя наблюдения движения старых звезд в галактиках создают впечатление, что закон всемирного тяготения Ньютона меняется со временем. Это представляется необычным, но мы должны помнить, что наблюдая звезды в галактиках из нашего локального пространства-времени, мы видим более раннюю геометрию с меньшим четырехмерным масштабом.

Как мы увидим в дальнейшем, (1.35) устраняет гравитационный парадокс Неймана-Зеелигера, в котором гравитационный потенциал в бесконечной

Вселенной с постоянной массовой плотностью становится бесконечно большим, а также парадокс Ольберса, в котором яркость ночного неба должна быть подобна солнцу.

Тайна происхождения Луны и загадка аномалии Пионера

Установлено, что Луна удаляется от Земли примерно на 3,8 см в год. Если это так, то Луна должна была быть в контакте с Землей около 1,5 миллиарда лет тому назад. Но мы знаем, что это не так, потому что геологические породы на Луне того же возраста, что и на Земле. При определении этой оценки скорости удаления Луны применялась небесная механика, использующая законы движения и гравитации Ньютона и, следовательно, эти расчеты основаны на координатах (1.25). В модели МРК расстояние до Луны оценивается по (1.27) и после дифференцирования приводит к соотношению:

$$v' = \left(v + \frac{r}{T} \right) e^{t/T} \quad (1.36)$$

Соотношение (1.36) показывает, что оценка скорости удаления Луны от Земли 3,8 см в год может быть завышена и соответствует значению $T = 10$ млрд. лет в (1.36). Значению $T = 14$ млрд. лет соответствует оценка 2,7 см в год. Так что оценка 3,8 см в год может быть ошибочной и модель МРК может способствовать раскрытию тайны происхождения Луны, которая, вероятно, образовалась в ту же эпоху, что и Земля.

Аномалия Пионера это еще одна пока еще не решенная загадка (*Anderson et. al*, 2003). Загадка Пионера заключается в разнице оценок скоростей космических зондов «Пионер» двумя независимыми методами:

1. Измерением Допплеровского сдвига частоты сигнала, принимаемого от космического зонда.

2. Измерением расстояний в сочетании с моделированием траекторий космических аппаратов для оценки их скорости.

В первом методе сдвиг фазы сигнала измеряется непосредственно с помощью атомного времени, которое в формулах модели МРК обозначается t . Затем этот фазовый сдвиг используется для оценки скорости космического зонда в предположении, что это Допплеровский сдвиг.

Второй метод основан на моделировании эфемерид при использовании координат в предположении справедливости законов движения Ньютона. Так что в этом методе используются преобразованные, отмеченные штрихами координаты в приведенных выше формулах.

В модели МРК объяснение аномалии Пионера (*Masreliez*, 2005b) следует из того, что фазовый сдвиг сигнала, возвращаемый «Пионером 10» является

сочетанием Допплеровского сдвига при движении от наблюдателя и красного смещения, которое существует даже в Солнечной системе и определяется в модели МРК соотношением:

$$\frac{f - f_0}{f_0} = e^{-\Delta t/T} - 1 \approx -\frac{\Delta t}{T} \quad (1.37)$$

Здесь f это частота принимаемого сигнала, f_0 это частота сигнала, который передает космический зонд, а Δt это время, за которое сигнал достигает Земли.

Второй метод сначала оценивает скорость космического зонда на основе измерения удаления зонда, а затем оценивается сдвиг частоты, который рассматривается как Допплеровский сдвиг. Однако вместо значения времени t в соответствии с моделью МРК, используется переменная t' в (1.26), что приводит к занижению частоты:

Нормированная ошибка оценки частоты в используемой шкале времени:

$$-\Delta t/T \quad (1.38)$$

Эта величина совпадает с космологическим красным смещением (1.39), которое отсутствует при использовании интервала Минковского (1.29). В соответствии с (1.38) примененные координаты завышают оценку скорости на величину $\Delta v = r/T$ и приводят к дополнительной ошибке в оценке Допплеровского сдвига:

$$-\frac{\Delta v}{c} = -\frac{r}{cT} = -\frac{\Delta t}{T} \quad (1.39)$$

Результирующее расхождение в оценках частоты, объясняющее аномалию Пионера будет:

Нормированная ошибка оценки частоты:

$$-\Delta t/T \quad (1.40)$$

Если мы допустим, что оценка скорости по Допплеровскому сдвигу правильна и оценка эфемеридным методом также правильна, то будет казаться, что существует небольшое отрицательное ускорение, которое приводит к искажению оценок скорости и Допплеровского сдвига:

$$\frac{\Delta v}{c} = -\frac{\Delta t}{T} \quad \frac{\Delta v}{\Delta t} = a = -\frac{c}{T} \quad (1.41)$$

Кажется, как будто движение зондов тормозится каким-то таинственным отрицательным ускорением c/T . Эта оценка хорошо согласуется с ускорениями, наблюдаемыми в аномалии Пионера:

$$a = -(8,74 \pm 1,33) \cdot 10^{-8} \text{ см с}^{-2} \quad (1.42)$$

Приведенное значение аномального ускорения соответствует Времени Хаббла в формулах (1.37–1.41): $T = 9,9 - 13,4$ млрд. лет. Так что модель МРК вполне способна объяснить аномалию Пионера, а приведенные расчеты могут рассматриваться как проверка применимости модели МРК в Солнечной системе.

Планетарные эфемериды

Планетарные эфемериды в виде таблиц используются для определения координат планет на небесной сфере так, как они видны с Земли. Создание планетарных эфемерид, вероятно, самая старая задача астрономии, история которой имеет своим началом древние наблюдения так называемых «блуждающих» звезд, то есть планет.

Новое мировоззрение, предложенное Коперником, показало, что описание движения планет с помощью эпициклов устарело, а затем эллиптические орбиты Кеплера совершенно изменили методы расчета эфемерид. Поскольку геометрия планетарных орбит стала известна, то расчет эфемерид мог быть согласован с астрономическими наблюдениями коррекцией всего нескольких параметров эллипсов. В дальнейшем, законы движения и гравитации Ньютона внесли свой вклад в развитие методов расчета эфемерид.

Современные методы расчета эфемерид основаны на законах Ньютона с релятивистскими поправками и учитывают гравитационные воздействия различных планет и астероидов. Современные эфемериды, созданные в Лаборатории Реактивного движения в США (ЛРД; *JPL*; *Jet Propulsion Laboratory*), используют численное интегрирование, при котором движения всех планет рассчитываются одновременно с использованием дополнительных итераций для того чтобы достигнуть лучшего совпадения астрономических наблюдений и теоретически вычисленных орбит. Для решения задачи расчета эфемерид, которая требует трудоемких и точных вычислений, используются методы, которые разрабатывались и совершенствовались на протяжении столетий (*Standish and Williams*, 1990).

Параметры, определенные разработанными методами и обеспечивающие хорошее соответствие наблюдений и теоретически вычисленных орбит, включают также коррекцию отсчетов времени. Другими словами, время в различных точках орбит определяются так, чтобы рассчитанные орбиты соответствовали бы математической модели, основанной на законах Ньютона. Поскольку в прошлом не было достаточно точных приборов для измерения времени, то сами движения планет использовались в качестве часов, отсчет которых определялся так, чтобы наблюдения соответствовали расчетам по законам Ньютона. В наше время, например Лаборатория Реактивного движения США, использует такой же метод, в котором математическая модель планетарных орбит в сочетании

с наблюдениями определяет шкалу времени. Это означает, что в расчетах используются координаты со штрихом, которые входят в (1.29)!

Время в астрономии

В астрономии вопрос определения времени всегда был ключевым. Традиционно, положения планет определялись для определенного года, даты и времени суток, когда проводились наблюдения. Поэтому в прошлом часами астрономов было вращение Земли. Это «солнечное время», или, как его называют, Мировое время (*UT*) применялось в астрономии до середины 20 столетия, когда стало ясно, что оно не достаточно точно и подвержено флуктуациям из-за влияния морских приливов, ветров, движения магмы и т.д. Для создания шкалы времени было бы лучше использовать движение Земли вокруг Солнца, которое достаточно точно описывается законами Ньютона. Но такую шкалу времени трудно применять в астрономии. В середине 20 столетия для определения времени применялось такое Эфемеридное время, но с 1955 года стало использоваться Атомное время (*AT*).

Между тем методы коррекции эфемерид с учетом астрономических наблюдений постоянно совершенствовались за счет учета релятивистских поправок и гравитационного влияния других планет и нескольких самых больших астероидов. Кроме того, в ЛРД были разработаны компьютерные программы, которые автоматически обеспечивают соответствие теоретических расчетов и астрономических наблюдений, позволяя определять Эфемеридное время, соответствующее ньютоновским орбитам. В 1955 году, когда была разработана аппаратура для Атомного времени, предлагалось его использовать для всех астрономических наблюдений. Но это предложение было отклонено.

Существовали две основных причины для этого решения, – во-первых, классический, проверенный подход все еще широко использовался и уже были затрачены значительные средства на совершенствование компьютерных программ. Введение Атомного времени потребовало бы пересмотра общепринятых методов расчетов и дорогостоящих компьютерных программ (*Standish*, 1998). Во-вторых, метод согласования планетарных наблюдений и ньютоновских орбит отлично зарекомендовал себя, что, казалось бы, подтверждало полную эквивалентность Эфемеридного времени и Атомного времени. Если бы это было так, то пересмотр уже признанной методологии, ничего нового не мог дать. Однако теперь мы должны вспомнить, что, рассмотренные ранее, координаты со штрихом предполагают соответствие ньютоновским орбитам!

В 1970-х годах была организована новая научная программа, которая использовала радиолокационное определение расстояний между Землей и Меркурием, Венерой и Марсом. По отраженному планетами импульсу можно было определить расстояние до планет с точностью, которая намного превосходила

точность оптических наблюдений. Но при этом следовало учесть одну особенность радарных измерений. В то время как оптические наблюдения определяют положения планет относительно неподвижных звезд, у радарных измерений нет внешней системы отсчета для измерения дальности. Вскоре это препятствие было преодолено объединением радарных измерений, оптических методов и радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ). Современные эфемериды, которые публикует ЛРД, основаны на использовании именно таких комбинированных наблюдений. Эфемеридные отсчеты времени, которые в публикациях ЛРД обозначают T_{eph} , по прежнему основаны на достигнутом соответствии наблюдений и ньютоновских орбит (ЛРД использует обозначение T_{eph} вместо эфемеридного времени ET , так как эти два времени немного отличаются). При этом для T_{eph} вводится поправка так, чтобы ее значение как можно точнее совпадало с Атомным временем, в предположении, что эти два отсчета времени пропорциональны (Standish, 1998).

В последнее время обнаружили тревожные и необъяснимые расхождения оценок Эфемеридного времени. Результаты наблюдений расходятся с результатами теоретических расчетов, и они должны обновляться регулярно, причем используются новые наблюдения, а предыдущие считаются устаревшими. Распространено мнение, что либо компьютерные методы и программное обеспечение имеют недостатки, либо астрономические оптические наблюдения имеют некоторую систематическую погрешность, причем радиолокационные данные считаются достаточно точными.

Недавно несколько исследователей сообщили о расхождениях между оптическими наблюдениями и планетарными эфемеридами. Ряд исследователей (Yao and Smith 1988, 1991, 1993; Krasinsky et al. 1993; Seidelman et al. 1985, 1986; Kolesnik, 1995, 1996; Poppe et al. 1999) сообщали о том, что расхождение расчетов и наблюдений прямого восхождения Солнца достигает одной дуговой секунды в столетие ($''/cy$) с отрицательным дрейфом до 1960 года, и с таким же положительным дрейфом после этой даты. Юрий Колесник сообщал о положительных дрейфах наблюдавшихся координат планет по сравнению с их эфемеридами за период в тридцать лет по Атомному времени. Он использовал данные, представленные многими обсерваториями мира, которые независимо друг от друга обнаружили эти дрейфы планетарных координат (Kolesnik, 1995, 1996, Kolesnik and Masreliez, 2004).

Объяснение расхождений в наблюдениях планет

В соответствии с моделью МРК пространство-время «искривлено» не только в космологическом масштабе, но также в масштабе Солнечной системы. Здесь, термин «искривление» обозначает, что космологическое расширение влияет на геометрию четырехмерного пространства-времени, которое приво-

дит к новым физическим явлениям. Например, мы видели, что модель МРК предполагает существование Космического сопротивления и что планетарные орбиты больше не являются строгими эллипсами, соответствующими законам Ньютона, а представляют собой спиральные траектории, направленные к Солнцу.

В ЛРД нашли хорошее решение для обеспечения соответствия данных оптических наблюдений и расчетных эфемерид, которое, на первый взгляд, кажется неоспоримым и, казалось бы, исключает применение модели МРК, а также любых других способов расчета эфемерид. Но это не так.

Если мы используем координаты со штрихом в пространстве-времени Минковского, а не криволинейные координаты модели МРК, то планетарные орбиты автоматически станут ньютоновскими! Другими словами, законы Ньютона справедливы при определенном, «правильном» выборе координат. Следовательно, при таком выборе координат расхождения с законами Ньютона уже не могут быть обнаружены.

Можно доказать, что в Солнечной системе тангенциальные координаты Минковского соответствуют координатам модели МРК с относительной погрешности порядка 10^{-28} , которой можно полностью пренебречь. Таким образом, при согласовании данных планетарных наблюдений с результатами вычислений ньютоновских орбит, компьютерные программы автоматически выбирают координаты пространства-времени Минковского, а не координаты пространства-времени МРК, и в этом случае результаты наблюдений будут (почти) идеально соответствовать рассчитанным орбитам. Другими словами, если предположить, что планетарные орбиты ньютоновские, то в выбранной системе координат они будут совпадать с наблюдениями. Однако тот факт, что результаты наблюдений соответствуют ньютоновским орбитам, еще не означает что шкалы Атомного времени и переменной T_{eph} пропорциональны.

Утверждение о том, что Атомное время должно быть равно T_{eph} , поскольку расчетные планетарные орбиты соответствуют законам Ньютона, является тавтологией, поскольку начальное предположение о том, что орбиты ньютоновские, автоматически заставляет выбирать в соотношении (1.29) координаты со штрихом, для которых это справедливо. *В модели МРК, координаты T_{eph} ускоренно расходятся с Атомным временем.*

Таким образом, как это было в Аномалии Пионера, расхождения между данными наблюдений и планетарными эфемеридами могут быть результатом использования двух различных систем координат, а именно, ЛРД использует T_{eph} , в то время как оптические наблюдения проводятся на основе Атомного времени. Неизбежно несоответствие этих двух шкал времени станет очевидным. Уже опубликовано несколько исследований, например, (Oesterwinter and Cohen, 1972), в котором планетарные и лунные эфемериды рассчитаны на основе Атомного времени вместо того, чтобы использовать систему отсчета

времени по наблюдениям. Это исследование показало, что эфемеридное время (*ET*) имеет положительный дрейф относительно Атомного времени (*AT*). В исследовании, проведенном двумя группами астрономов – американской и русской независимо друг от друга при использовании Атомного времени было показано, что по результатам радиолокационных наблюдений в движении планет обнаруживаются ускорения (*Reasenbergs and Shapiro, 1978; Krasinsky et al., 1986*).

Если эти ускорения планет действительно существуют, то можно удивляться, почему они до сих пор не признаны. Объяснение может состоять в том, что традиционный метод расчета эфемерид, описанный выше, не выявляет ускорение. Поскольку эфемериды рассчитывались в основном по результатам радиолокационных наблюдений, то вековые смещения координат относительно звездного фона не были обнаружены. Однако в наше время, по прошествии почти 40 лет после начала программы радиолокационных наблюдений, планетарные ускорения должны стать заметными, по крайней мере, для Меркурия, для которого вековые расхождения координат должны быть самыми большими. Данные оптических наблюдений при использовании Атомного времени, накопленные за последние 50 лет, вполне достоверно обнаруживают вековые ускорения планет относительно звездного фона⁷⁵.

Существует еще одно возможное объяснение того, почему вековые дрейфы планетарных координат не признаны:

«Человек получает только то, что он готов получить... Явление или факт, который мудрец не может связать с тем, что он уже наблюдал, он не видит» (Г.Д. Торо)

Вера в то, что ньютоновская модель является абсолютно правильной, направила поиск причин несоответствий расчетов и наблюдений по ложному пути. Для экспертов в этой области допущение о том, что планетарные орбиты не соответствуют законам Ньютона просто неприемлемо.

В модели МРК существует космическое торможение, которое не учитывается в законах Ньютона. Следовательно, как мы видели, координаты, которые обеспечивают справедливость законов Ньютона, не являются истинными космологическими координатами. В частности, шкала времени, полученная

⁷⁵ *Прим. ред. 3.* Расчет вековых ускорений планет Земной группы методами Физики необратимого времени см. в: Таганов И.Н. *Физика необратимого времени*. Санкт-Петербург: ТИН, 2014. ISBN 978-5-902632-16-0. Таганов И.Н., Саари В.-В.Е. *Древние загадки солнечных затмений. Асимметричная астрономия*. – Санкт-Петербург: ТИН, 2014. ISBN 978-5-902632-14-6. Таганов И.Н., Бабенко Ю.И. *Антивремя и Антипространство. Второе издание* – Санкт-Петербург: ТИН, 2015. ISBN 978-5-902632-17-7.

при расчете эфемерид, не соответствует Атомному времени. Преобразование координат (1.25) может быть использовано для того чтобы вычислить эфемериды в координатах t, r модели МРК, исходя из координат модели Ньютона, в которой используется обозначение t' и r' :

$$T \cdot e^{t/T} = \sqrt{t'^2 - r'^2} \quad e^{r'/T} = \sqrt{\frac{t' + r'}{t' - r'}} \quad (1.43)$$

Из этих соотношений следует:

$$t = T \cdot \ln \sqrt{\frac{t'^2 - r'^2}{T^2}} \quad r = T \cdot \ln \sqrt{\frac{t' + r'}{t' - r'}} \quad (1.44)$$

Следует отметить, что $t = 0$ соответствует $t' = T$ и тогда в этих выражениях $c = 1$.

Если планетарные эфемериды были рассчитаны на основе законов движения Ньютона, то в этом случае использованы координаты со штрихом, которые легко преобразовать в координаты модели МРК, применив соотношения (1.44). Это могло бы дать возможность устранить дрейфы координат при оптических наблюдениях.

Свидетельства ископаемых кораллов

Исследования ископаемых окаменелостей, впервые представленные Джоном Уэлсом (*John Wells*, 1963), позволили предположить, что число дней в году изменялось с течением времени. В этой работе приводятся результаты исследования окаменевших кораллов, брахиопод, двустворчатых моллюсков фанерозойского периода, строматолитов и минеральных приливных отложений протерозойского периода. Характеристики роста этих организмов изменяются ежедневно, а также в зависимости от сезона года, что позволяет подсчитать количество дней в году с доисторических времен так же, как подсчитывая годовые кольца на стволах деревьев, можно узнать их возраст. Если предполагать, что продолжительность года остается постоянной, то можно сделать вывод о том, что продолжительность суток в прошлом была значительно меньше, хотя по современным оценкам продолжительность суток неуклонно возрастает, причем с ускорением.

Таким образом, исследования показывают, что скорость изменения продолжительности суток в далеком прошлом была медленнее, чем сегодня. Это вызывает удивление, так как этот вывод противоречит объяснению роста продолжительности суток приливным замедлением вращения Земли. В настоящее время Луна отдаляется от Земли приблизительно на 3,8 см в год за счет приливного взаимодействия с Землей, что дает повод думать, что в прошлом Луна была ближе к Земле. Это также означает, что в прошлом приливное взаимодействие

должно было быть больше и, следовательно, возрастание продолжительности суток должно было быть в прошлом быстрее, а не медленнее. Но это не подтверждается исследованиями ископаемых.

Результаты исследований окаменелостей в действительности свидетельствуют о количестве дней в году, а не о продолжительности суток. Поэтому большее количество дней в году может также означать, что в прошлом год был более продолжительным. В соответствии с моделью МРК, Земля приближается к Солнцу по спирали с экспоненциально возрастающей скоростью. Это объясняет не только, почему в прошлом количество дней в году было больше, но и почему сегодня изменения происходят быстрее, чем это было в прошлом. Так что исследование ископаемых – это еще одно свидетельство в пользу модели МРК.

Распределение квазаров в космосе

В работах Н.А Жука и его сотрудников (*Zhuck et al.*, 2001) рассматривалось пространственное распределение квазаров в зависимости от расстояния до наблюдателя: $d = R_0 \ln(1 + z)$, где R_0 порядка 10^{26} метров. Эта формула для расстояния совпадает с формулой (1.13) в модели МРК, если расстояние Хаббла D составляет примерно 11 млрд. световых лет. Группа Жука пришла к заключению, что квазары распределены в космосе равномерно без какой-либо зависимости от эпохи в истории Вселенной. Это поддерживает модель МРК, так как свидетельствует о том, что нет какой-либо особой эпохи появления квазаров. Результаты этого исследования противоречат утверждению СКМ о том, что квазары были более распространены в эпоху между 1,9 и 3 млрд. лет после рождения Вселенной. Похоже, что это утверждение основано на ошибочной формуле для расстояния в СКМ и может служить примером того, как неправильная модель может привести к ошибочным выводам при описании эволюции Вселенной.

Замедление вращения пульсаров

Хотя эффект космологического торможения довольно мал и его очень трудно заметить в движениях планет, но он может быть обнаружен и непосредственно измерен по замедлению вращения пульсаров.

Пульсары, как полагают, представляют собой сильно намагниченные вращающиеся нейтронные звезды, которые испускают серии импульсов электромагнитных излучений похожие на лучи маяков. Эти лучи обнаружены с помощью радиотелескопов в форме серий импульсов с периодами, которые определяются скоростями вращения пульсаров. Эти серии импульсов кратковременно очень стабильны, но свидетельствуют о том, что со временем

скорости вращения пульсаров медленно уменьшаются, что вполне согласуется с предсказанием модели МРК.

Если бы замедление периода вращения пульсара было бы вызвано Космологическим торможением, то можно было бы ожидать, что период вращения увеличивается по экспоненте из-за уменьшения углового момента:

$$p = p_0 \cdot e^{t/T} \quad (1.45)$$

Здесь p_0 это темп вращения в произвольный момент времени $t = 0$ и формулу (1.45) можно представить в форме:

$$T = p \cdot \left(\frac{dp}{dt} \right)^{-1} = 10 - 14 \text{ млрд. лет} \quad (1.46)$$

В одной из моих статей (*Masreliez*, 1999) приведен список 25 пульсаров, с соответствующими скоростями замедления вращения dp/dt . Из этих пульсаров 17 имеют периоды импульсов от 1,6 до 196 миллисекунд, что соответствует значению Времени Хаббла T , как оно определяется (1.46), в диапазоне от 3 до 25 млрд. лет, что соответствует вариации порядка 8, при том, что вариация скоростей вращения пульсаров порядка 122. Это позволяет думать, что уменьшение скоростей вращения пульсаров имеет общую причину, которая может быть связана с Космологическим торможением.

В этой главе представлены убедительные аргументы в пользу справедливости модели МРК, полученные с помощью анализа различных наблюдений, а также при объяснении до сих пор неразрешенных космологических загадок. Далее мы будем рассматривать проблему гравитации.

Может ли модель МРК стать нашей новой космологической парадигмой?

Вполне разумным, хотя и удивительным является предположение о том, что масштаб может быть космологическим динамическим параметром (дополнительным измерением) в новой модели космоса, которая согласуется со всеми астрономическими наблюдениями. Эта модель, вероятно, способна помочь разрешению многих проблем – от загадок творения Вселенной, Темной энергии и Темной материи до пока необъясненных особенностей движения планет.

Модель МРК несомненно лучше Стандартной Космической модели, но главная трудность заключается в том, что признание модели МРК будет иметь далеко идущие последствия. Такое признание привело бы к пересмотру некоторых общепринятых законов физики и развивающихся исследований. Естественно, что это может вызвать серьезное эмоциональное сопротивление. Это достойно сожаления, но для того чтобы успешно продолжать познание, мы должны признать, что природа Вселенной не зависит от наших предубеждений и эмоций.

«Я знаю, что большинство не только считающихся умными людьми, но действительно очень умные люди, способные понять самые трудные рассуждения научные, математические, философские, очень редко могут понять хотя бы самую простую и очевидную истину, но такую, вследствие которой приходится допустить, что составленное ими иногда с большими усилиями суждение о предмете, суждение, которым они гордятся, которому они поучали других, на основании которого они устроили всю свою жизнь, — что это суждение может быть ложно». (Лев Толстой)

ГЛАВА II

Гравитация в модели Масштабно Расширяющегося Космоса

Проблема энергии гравитационного поля исследовалась многими теоретиками, включая Эйнштейна, который был озадачен тем фактом, что вакуумная энергия поля тяготения исчезает в СКМ. Эйнштейн предполагал, что энергия поля тяготения должна быть отрицательной и, что должен быть некоторый способ определить ее. Для этого он изобрел «псевдо-тензор». Однако этот тензор, в действительности, не соответствует ОТО, так как он не преобразуется как нормальный тензор. Впоследствии другие исследователи предлагали свои псевдо-тензоры, но недавние исследования показали, что при соответствующем выборе координат все эти псевдо-тензоры обращаются в ноль (*Neto and Trajtenberg, 2000*). Таким образом, все предложенные до сих пор псевдо-тензоры это не более чем призраки, не имеющие физического смысла.

Хотя ни энергия вакуума, ни энергия гравитационного поля не могут быть определены в СКМ, мы тем не менее, знаем, что космический вакуум содержит Темную энергию и, следовательно, в нашем описании Вселенной отсутствует нечто очень важное. Модель МРК решает эту проблему достаточно просто и ясно. Еще Галилей предполагал, что относительные скорости свободно движущихся объектов не уменьшаются со временем. Это предположение впоследствии стало первым законом Ньютона, который в специальной теории относительности означает, что инерциальные системы отсчета эквивалентны и что нет никакой привилегированной космологической системы отсчета. Однако в модели МРК существует космическое торможение, которое не учитывается в первом законе Ньютона и определяет существование абсолютной космологической системы отсчета для всех свободно движущихся объектов (*Masreliez, 2004c*).

Решение Карла Шварцшильда

Существует точное решение уравнений Эйнштейна (ОТО) для нулевых компонент тензора энергии-импульса. Это решение нашел Карл Шварцшильд (*Schwarzschild, 1916*) за год до своей преждевременной смерти в возрасте 42 года. Его решение удивительно просто, и служит основой веры в существование

черных дыр – умозрительного предположения, которое, к сожалению, на протяжении многих лет считалось доказанным фактом.

Однако следует заметить, что черные дыры это всего лишь гипотетические объекты, возникающие из предположения, что тензор энергии-импульса в ОТО может исчезать и что отсутствует космологическое возрастание масштаба. Если же существует энергия вакуума, вызванная космологическим возрастанием масштаба, то черных дыр не существует даже теоретически. Решение Шварцшильда также как и классический закон всемирного тяготения Ньютона, предполагает, что в достаточно удаленной от гравитирующей материи области гравитационный потенциал определяется следующей известной зависимостью от радиального расстояния:

$$P(r) = \frac{G \cdot m}{r} \quad (2.1)$$

Как обычно, здесь G это гравитационная постоянная, а m гравитирующая масса.

Со времен Ньютона, это соотношение вызывало недоумение, так как оно означает, что гравитационный потенциал всей материи в однородной и бесконечной Вселенной должен быть бесконечно большим, и что сила тяготения, действующая на объекты для всех направлений также бесконечно большая (это противоречие обычно называют гравитационным парадоксом Неймана-Зеелигера). Конечно, этот парадокс вызывает замешательство и на протяжении многих лет предпринимались попытки разрешить его – может быть количество материи во Вселенной ограничено, или быть может наблюдаемый нами космос это только остров в пустом пространстве?

Рассматривались предложения изменить определение гравитационного потенциала так, чтобы его величина быстро уменьшалась на больших расстояниях. Самым известным предложением, вероятно, является электромагнитный потенциал Юкавы с экспоненциальным фактором:

$$P(r) = \frac{G \cdot m}{r} e^{-r/R} \quad (2.2)$$

Такой гравитационный потенциал быстро уменьшается после некоторого большого расстояния R . При этом можно заметить, что соотношение (2.2) совпадает с (1.35) при $r=ct$ и $R=D=cT$! Поэтому в модели МРК гравитационный потенциал быстро уменьшается при расстояниях больших радиуса Хаббла, разрешая парадокс Неймана-Зеелигера (см. также далее).

Существует еще одно странное свойство упоминавшегося решения Шварцшильда, которое предполагает, что вакуумный тензор энергии-импульса исчезает везде, даже в ближайшей окрестности гравитирующей материи. Это означает, что космический вакуум не содержит гравитационной энергии, а это противоречит предположениям об отрицательной энергии гравитационного поля. Модель МРК помогает разрешить это противоречие.

Тяготение в модели МРК

Если черных дыр не существует, тогда что же должно происходить во время гравитационного «коллапса»? В модели МРК глобальному гравитационному коллапсу препятствует процесс космологического возрастания масштаба.

Для того чтобы пояснить это утверждение, будем считать, что интервал ОТО, представляющий сферически симметричное поле, включает в себя два изменения по сравнению с соответствующим интервалом СКМ:

– Существует космологическое возрастание масштаба, затрагивающее все четыре размерности пространства-времени.

– Вакуумный тензор энергии-импульса не исчезает, а совпадает с тензором энергии-импульса модели МРК.

Проведя необходимые преобразования, мы обнаружим, что соответствующего точного решения уравнений ОТО больше не существует! Возможно, существует приближенное решение аналогичное решению Шварцшильда, но оно не имеет места для очень малых и очень больших расстояний от гравитирующего объекта (*Masreliez, 2004c*). Как мы должны интерпретировать такую ситуацию? Я думаю, что это свидетельствует о том, что присутствие массы, влияет на тензор энергии-импульса в непосредственной близости от материи, так что присутствие материи меняет плотность энергии вакуума.

Кроме того, можно предположить, как должна изменяться энергия-импульс, поскольку при умеренных расстояниях от гравитирующего объекта она должна меняться почти также как и решение Шварцшильда. На больших расстояниях гравитационный потенциал быстро уменьшается по мере приближения к радиусу Хаббла и еще более удаленные массивные объекты уже не оказывают гравитационного воздействия. Кроме того для постоянной массовой плотности гравитационный потенциал, определяемый всей материей Вселенной конечен, а энергия гравитационного поля точечной массы m отрицательна и равна $-mc^2$.

Таким образом, модель МРК не только ограничивает влияние гравитации, но и энергия гравитационного поля оказывается равной энергетическому эквиваленту массы материи, но с противоположным знаком. Поэтому присутствие материи не приводит к появлению дополнительной избыточной космической энергии, что согласуется с предположением о том, что космос не содержит избыточной энергии. Технические подробности соответствующих расчетов читатель может найти в статье (*Masreliez, 2004c*).

Отсутствие черных дыр в модели МРК

В модели МРК образование черных дыр предотвращается возрастанием масштаба и поскольку вакуумный тензор энергии-импульса не исчезает, то решение Шварцшильда, которое обеспечивает возможность образования черных дыр, становится некорректным. Эти непростые проблемы могут послужить

темой для профессиональной дискуссии с анализом технических деталей преобразования уравнений ОТО, но это вышло бы за пределы этой книги. Заинтересованный читатель может найти детали развития этой теории в моей статье (Masreliez 2004c). В этой же монографии я хочу подробнее остановиться на основных результатах применения модели МРК.

В СКМ временная координата в решении Шварцшильда не имеет никакого значения, и радиальная метрика становится бесконечной на расстоянии, которое называют «горизонтом событий». Это расстояние соответствует радиусу черной дыры, и поскольку метрическая компонента для времени стремится к нулю, то это означает, что течение времени останавливается на горизонте событий. Это хорошо известные особенности физики черных дыр. При приближении к горизонту событий соответствующее решение в модели МРК хотя и остается достаточно близким к решению Шварцшильда, но с той разницей, что плотность энергии гравитационного поля становится отрицательной в окрестности горизонта событий. Это говорит о том, что какое либо движение через горизонт событий внутрь невозможно, поскольку отрицательная энергия приводит к отталкиванию, а не к гравитационному притяжению.

Модель МРК позволяет найти приближенное решение, которое достаточно хорошо описывает горизонт событий, и использовать это решение для исследования траектории частицы, падающей внутрь за горизонт события. Оказывается, что частица никогда не может достигнуть горизонта событий и, тем самым, черная дыра не может образоваться. Технически, это значит, что горизонт событий является сингулярностью в модели МРК – это как бы запрещенный радиус, на котором материя не может существовать. В СКМ массивные объекты могут падать через горизонт событий и поглощаться черной дырой, но этого не может происходить в модели МРК.

Парадоксы Неймана-Зеелигера и Ольберса

В бесконечном космосе с постоянной плотностью материи гравитационный потенциал, соответствующий закону тяготения Ньютона становится бесконечным. Интегрируя вклад массы, при ее постоянной плотности $\rho_m = const$ для бесконечного роста радиуса мы получим:

$$P = \int_0^{\infty} \frac{G\rho_m}{r} \cdot 4\pi r^2 dr = \infty \quad (2.3)$$

В модели МРК гравитационный потенциал уменьшается со временем и расстоянием, в соответствии с (1.35). Используя также формулу для зависимости расстояния от красного смещения, мы получим:

$$P = \int_0^{\infty} \frac{G\rho_m}{r} \cdot \frac{4\pi r^2}{(1+z)} dr = \int_0^{\infty} \frac{4\pi G\rho_m [D \ln(1+z)] D}{(1+z)^2} dz = 4\pi G\rho_m D^2 \quad (2.4)$$

Таким образом, в модели МРК гравитационный потенциал бесконечной Вселенной конечен и парадокса Неймана-Зеелигера нет.

Парадокс Ольберса, привлекает внимание к тому, что полное излучение от всех источников со средней плотностью потока излучения I и постоянной плотностью количества источников $\rho_n = const$ в бесконечной Вселенной также бесконечно:

$$L = \int_0^{\infty} \frac{I\rho_n}{4\pi r^2} \cdot 4\pi r^2 dr = \infty \quad (2.5)$$

Но в модели МРК мы получим другое соотношение уже для конечного потока излучения:

$$L = \int_0^{\infty} \frac{I\rho_n}{4\pi r^2(1+z)^2} \cdot 4\pi \frac{I\rho_n r^2 D dz}{(1+z)} = \frac{1}{2} I\rho_n D \quad (2.6)$$

Таким образом, модель МРК не приводит к фотометрическому парадоксу Ольберса.

Любопытно, что незначительная плотность энергии вакуума и очень медленный рост космического масштаба, предполагаемый в модели МРК, ограничивает гравитационное воздействие на космологических расстояниях и делает невозможным образование черных дыр на малых расстояниях. Две главные загадки современной теории гравитации «волшебным» образом исчезают. Кроме того, наличие привилегированной космологической системы отсчета допускает существование отрицательной энергии $-mc^2$, которая уравнивает гравитационную энергию материи (Masreliez 2004c).

Я представил здесь модель МРК с некоторыми сокращениями, понимая, что, скорее всего, это не удовлетворит хорошо знающих современную физику читателей. Но я увидел, что невозможно представить весь материал, не оставив без ответа слишком много возможных вопросов.

Игнорировать модель МРК в целом достаточно просто, признавая при этом, что ее трудно опровергнуть. Модель МРК не приспособлена для улучшения за счет внесения поправок в уже существующую модель, а признание модели МРК подразумевает пересмотр всего нашего мировоззрения и многих основ физики.

Для существ, живущих в океане, их водный мир включает в себя всю Вселенную. Они живут, не замечая надводного мира, не говоря уже о космосе за его пределами. Точно так же мы, люди, можем жить, не зная обо всех геометрических особенностях бытия, в котором масштаб пространства-времени, возможно, является самым важным. Отказавшись от привычных стереотипов нашего мышления, мы можем обнаружить, что это дополнительное измерение может объяснить многие аспекты нашего существования, которые в прошлом казались таинственными и необъяснимыми.

ГЛАВА III

Новые физические идеи в модели Масштабно Расширяющегося Космоса

В предыдущей главе мы видели, что модель МРК может предложить простые и изящные объяснения расхождений теоретических расчетов с астрономическими наблюдениями, как на космологических расстояниях, так и в Солнечной системе. Кроме того, модель МРК предлагает новые интерпретации некоторых космологических загадок.

Однако эти новые возможности предполагают, что принятая в физике эпистемология должна быть пересмотрена, начиная с первого закона движения Ньютона. Это может быть серьезным препятствием для признания модели МРК научным сообществом, поскольку трудно отвергнуть концепции, которые уже давно и прочно вошли в фундамент современной физики. Но, несмотря на это, если модель имеет несомненные достоинства, то она будет признана. При этом концепции масштабной эквивалентности и динамического масштаба пространства-времени могут изменить физику.

Течение времени

Возможность найти решение загадки течения времени является одним из самых важных (для меня лично) достоинств модели МРК.

Мы всегда предполагали, что время изменяется в одном и том же темпе так, что каждая следующая секунда столь же продолжительна, как и предыдущая. Тем не менее, это может быть и не так – продолжительность секунды может изменяться вместе с возрастанием масштаба. Поскольку возрастание масштаба означает, что временная компонента метрики возрастает вместе с пространственными компонентами, то длительность интервалов времени, например, секунд, может увеличиваться со временем. Однако, как я подчеркивал ранее, представляется невозможным, чтобы продолжительность секунды изменялась бы непрерывно относительно самой себя. Течение времени устанавливает отношение более раннего интервала времени и более позднего интервала за счет

изменения масштаба. Поэтому течение времени должно происходить ступенчато, если оно описывается моделью четырехмерного пространства-времени.

Мы, я бы сказал, примирились, приняв законы движения, сформулированные Ньютоном и Лейбницем, которые оба утверждали, что изобрели дифференциальное исчисление. При моделировании движения используется математический прием, с помощью которого мы рассматриваем движение, как предел бесконечно уменьшающихся интервалов длины и времени, определяя тем самым производную по времени. С момента своего изобретения, дифференциальное исчисление стало важнейшим инструментом науки. Но некритическое применение дифференциального исчисления и дифференциальной геометрии может быть причиной современного кризиса в физике и космологии.

Представляется, что парадоксы Зенона указали на принципиально важную идею — мы должны быть очень осторожны, применяя дифференциальное исчисление, так как могут существовать физические процессы, к которым дифференциальные методы неприменимы. Мы уже подозреваем, что это так в квантовой механике, но пока еще не знаем всех возможных последствий игнорирования предостережения Зенона.

Общая теория относительности (ОТО) основана на применении дифференциальной геометрии четырехмерного непрерывного многообразия, в котором переход от точки к точке происходит непрерывно. Вне зависимости от того насколько близки две точки в таком многообразии, всегда существуют точки между ними, расстояние между которыми еще меньше, что и обеспечивает существование пределов при дифференцировании. Несмотря на то, что четырехмерное многообразие пространства-времени рассматривается в ОТО как непрерывное, течение времени, возможно, не является непрерывным процессом, и должно быть представлено ступенчатой функцией.

По многим причинам, течение времени не может быть непрерывным в масштабе субатомных частиц. В модели МРК Вселенная расширяется при возрастании масштаба пространства-времени, и мы убедились в том, что это должен быть ступенчатый процесс. После каждого малого приращения масштаба все четыре компонента метрики пространства-времени возрастают в той же степени с соответствующим коэффициентом пропорциональности, однако для своих обитателей Вселенная всегда остается такой же какой она была, так как Вселенные с различными масштабами эквивалентны.

Процесс Динамического Дискретного Масштабного Перехода (ДДМП) представленный на рис. 1.3 является весьма упрощенной иллюстрацией цикла космологического расширения, который демонстрирует идею эволюции космоса в модели МРК. Этот процесс обеспечивает дискретное ступенчатое увеличение масштаба, которое сохраняет симметрию четырех компонент метрики пространства-времени. Этот процесс расширения и может быть сущностью течения времени.

В модели МРК, во время непрерывной части цикла расширения, метрика возрастает, сохраняя приращение ds интервала ОТО. После короткого интервала Δt , масштаб возрастает с коэффициентом $\exp(\Delta t/T)$. В силу принципа масштабной эквивалентности, Вселенная в этот момент цикла остается эквивалентной тому состоянию, в котором она находилась в начале цикла. Вселенная ступенчато переходит в новое состояние с немного большим масштабом, уменьшая при этом темп течения «истинного времени», которое используется в ОТО. Такой цикл, обеспечивая течение времени, периодически возвращается к своему началу.

Последний шаг цикла ДДМП может быть представлен в ОТО изменением начала отсчета в приращении интервала. Таким образом, мы расширяем возможности ОТО, сохраняя формулировку интервала. Другими словами это позволяет рассматривать в ОТО дополнительное измерение масштаба. Возможность того, что может происходить изменение темпа течения истинного времени при космологическом расширении не рассматривается в стандартной ОТО.

Обращаясь к повседневной жизни, космологическое возрастание масштаба можно сравнить с тем, как ребенок вырастает из своей одежды. Обычно, когда ребенок вырастает из старой одежды, ее регулярно заменяют новой. Точно так же Вселенная меняет темп течения своего времени ступенчато, так чтобы «соответствовать» расширяющемуся пространству. Космос всегда остается тем же, и темп течения времени для его обитателей не меняется. Постоянно изменяющийся, динамический масштаб пространства-времени скрыт от нас. Поэтому не следует удивляться трудностям при восприятии этой новой идеи, поскольку она не подтверждается привычными ощущениями и не входит в арсенал идей существующей физики.

Цикл расширения в модели МРК напоминает кинофильм, который создает впечатление движения с помощью чередования плоских двумерных изображений. В модели МРК движение определяется как последовательность четырехмерных геометрий, которые, каждая по отдельности, может быть описано ОТО. Однако процесс перехода между этими четырехмерными геометриями, что является сущностью течения времени, не может быть описан в четырех измерениях.

Интересно отметить, что такую же идею уже рассматривал Джон Уилер в своей «геометродинамике» (Wheeler 1963), в которой космологическая эволюция представлялась как последовательность трехмерных геометрий. Возможно, что можно будет разработать в будущем более адекватную математическую формулировку этих идей, применив пятимерное обобщение ОТО (см. ниже).

Цикл ДДМП в модели МРК, показанный на рис. 1.3, является новым видом физического процесса. Этот процесс может не только моделировать рост масштаба Вселенной, но также позволяет устранить противоречия между квантовой механикой и ОТО. Кроме того эта модель может помочь объяснить феномен инерции.

Модель МРК как движение по геодезической в пятимерном пространстве

В модели МРК масштаб вводится как новая динамическая степень свободы, которая может быть пятым дополнительным измерением в приложениях ОТО. Одной из возможностей является использование интервала в 5-мерном «гиперпространстве» (при $c = 1$):

$$ds^2 = u^2(dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) - (T \cdot du)^2 \quad (3.1)$$

Первый член в (3.1) представляет интервал четырехмерного пространства-времени с u в качестве масштаба, а второй член отражает возрастание масштаба.

Мы можем рассмотреть в пятимерном гиперпространстве интервал нулевой геодезической $ds = 0$. Если «наблюдатель» неподвижен в четырехмерной системе отсчета, то: $dx = dy = dz = 0$, и в этом случае 5-мерная нулевая геодезическая имеет вид:

$$u^2 dt^2 = T^2 du^2 \quad u = e^{\pm t/T} \quad (3.2)$$

Соответствующий 4-мерный интервал имеет вид:

$$ds^2 = e^{\pm 2t/T} (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (3.3)$$

Интервал модели МРК может быть представлен движением по нулевой 5-мерной геодезической! Это соответствует правой части цикла ДДМП, где возрастание масштаба представлено функцией времени в четырехмерной ОТО. Таким образом, положительный знак может соответствовать части ДДМП цикла, в которой применима ОТО.

Таким образом, мы можем рассмотреть модель МРК, как описание движения по нулевой геодезической в 5-мерном «гиперпространстве». При этом мы увидим, что:

$$dt = T \frac{du}{u} \quad (3.4)$$

Другими словами, космологическое возрастание масштаба в пятом измерении дает онтологическое объяснение течения времени. Время Хаббла T в этом случае, становится космологической постоянной, которая связывает космологический масштаб u и момент времени t , подобно тому, как «скорость света» c связывает время t с расстоянием (x, y, z) в 4-мерном пространстве-времени.

Таким образом, движение 4-мерного пространства-времени по геодезической в 5-мерном гиперпространстве может объяснить космос, таким как мы его наблюдаем и ощущаем. Движение происходит как в метрическом масштабе, так и в четырех измерениях пространства-времени.

Представляет интерес более подробно рассмотреть геодезическое изменение временной координаты в гиперпространстве при $ds \neq 0$. В случае, когда индекс 4 соответствует измерению u , уравнение геодезической имеет вид:

$$\frac{d^2 t}{ds^2} = -\Gamma_{04}^0 \frac{dt}{ds} \frac{du}{ds} - \Gamma_{40}^0 \frac{dt}{ds} \frac{du}{ds} = -\frac{2}{u} \frac{dt}{ds} \frac{du}{ds} \quad (3.5)$$

$$\Gamma_{04}^0 = \Gamma_{40}^0 = \frac{1}{u} \quad (3.6)$$

После интегрирования мы получим:

$$\ln(dt / ds) = -\ln(u^2) - \ln(C) = -\ln(Cu^2) \quad \frac{ds}{dt} = C \cdot u^2 \quad (3.7)$$

В момент времени, который мы назовем «СЕЙЧАС», $t = 0$ и $ds = dt$ при $u = 1$, так что постоянная интегриации $C = 1$. Из интервала (3.1) в этом случае мы получим:

$$\left(\frac{ds}{dt} \right)^2 = u^2 (1 - v^2) - T^2 \left(\frac{du}{dt} \right)^2 \quad (3.8)$$

Рассмотрим случай, когда $v = 0$, что соответствуют «движению во времени», для которого из (3.7) и (3.8) следует:

$$u^4 = u^2 - T^2 \left(\frac{du}{dt} \right)^2 \quad \frac{du}{u\sqrt{1-u^2}} = \pm \frac{dt}{T} \quad (3.9)$$

Изменив переменную интегрирования:

$$u = \sqrt{1 - w^2} \quad (3.10)$$

после подстановки (3.10) в (3.9) мы получим:

$$-\frac{dw}{1-w^2} = \pm \frac{dt}{T} \quad (3.11)$$

Интегрирование этого уравнения при $w > 0$ дает:

$$\sqrt{\frac{1+w}{1-w}} = e^{\frac{t}{T}} \quad (3.12)$$

Космологическое красное смещение определяется формулой:

$$z + 1 = e^{\frac{t}{T}} \quad (3.13)$$

Сравнив (3.13) с (3.12), мы приходим к соотношению:

$$\sqrt{\frac{1+w}{1-w}} = 1 + z \quad (3.14)$$

Это соотношение можно сравнить с релятивистским эффектом Допплера и соответствующим красным смещением z при $c = 1$ для удаляющегося со скоростью v источника излучения:

$$\sqrt{\frac{1+v}{1-v}} = 1 + z \quad (3.15)$$

Таким образом, космологическое красное смещение, связанное с переменной интегрирования w в (3.11), выглядит так, как если бы оно было результатом удаляющегося движения в пространстве со скоростью w , а не следствием «масштабного движения» из-за космологического возрастания масштаба.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

Космологическое красное смещение может быть непосредственным результатом движения в 5-мерном гиперпространстве с метрическим масштабом в качестве пятого измерения. Мы могли бы сказать, что объект, который находится в покое в инерциальном 4-мерном пространстве-времени Минковского, как бы «свободно падает» по геодезической в 5-мерном гиперпространстве.

Космологическое красное смещение создает ошибочное впечатление, что источник излучения удаляется в космосе от наблюдателя и, что красное смещение возникает вследствие эффекта Допплера.

Переменную интегрирования w в (3.11), можно рассматривать как характеристику «инерциального движения в масштабе» с уменьшающимся масштабом при перемещении «назад» во времени при $w = 1$ и $u = 0$. Соответствующий «инерциальный фактор» при таком движении определяется соотношением (3.10). *Это также объясняет происхождение космологического возрастания масштаба, как наиболее естественной формы движения 4-мерного пространства-времени в 5-мерном гиперпространстве (3.1).*

Таким образом, наш анализ показывает, что движение 4-мерного пространства-времени по геодезической в 5-мерном гиперпространстве может объяснить космос таким, как мы его наблюдаем и ощущаем, при существующей симметрии между движением «в масштабе» и движением в пространстве. Движение происходит как в метрическом измерении, так и в четырех измерениях пространства-времени и, как мы увидим в дальнейшем, масштаб изменяется в соответствии с относительным движением в пространстве.

Масштаб четырехмерного пространства-времени является активной космологической степенью свободы, что делает наш мир в своей основе пятимерным. Это дает возможность полагать, что масштаб должен учитываться при всех формах описания движения, как в пространстве, так и во времени.

Теодор Калуца показал, что уравнения Максвелла могут быть получены из 5-мерной версии ОТО при условии, что четыре недиагональных компонента метрического тензора соответствуют векторным электромагнитным потенциалам (Kaluza, 1921). Однако существует еще скалярный компонент неизвестного

происхождения для пятого измерения, который в модели МРК может моделировать осцилляции масштаба пространства-времени, как это предлагал Оскар Клейн (*Klein, 1926*). Это соответствовало бы интерпретации Клейном пятого измерения, как «свернутого измерения», способного моделировать квантовые явления. Это позволяет также предполагать, что электромагнитное поле может быть особой формой метрических осцилляций в 5-мерном гиперпространстве.

Универсальный вечный двигатель

Давайте попробуем представить себе влияние замедления течения времени, рассмотрев движение некоторого объекта. Если мы замедлим ход наших часов и секунды удлинятся, то окажется, что наш объект перемещается дальше по истечении каждого интервала времени, что мы можем интерпретировать как возрастание его скорости. Таким образом, замедление хода часов, казалось бы, создает кинетическую энергию. Подобно этому, замедление течения время повышает температуру, поскольку получается, что молекулы в газе или жидкости двигаются быстрее. Во всех случаях, замедление течения времени генерирует энергию как это показано на рисунке 3.1.

Надо отметить, что эта иллюстрация не принимает во внимание расширение пространства, которое уменьшает космологическую плотность энергии. В модели



Рис. 3.1. Увеличение энергии при возрастании масштаба

МРК, плотность энергии, которая теряется из-за расширения пространства, в точности совпадает с энергией, возникающей при замедлении времени, так что приращение космологической энергии всегда равно нулю. Этот баланс вечно поддерживает Вселенную МРК в состоянии открытой термодинамической системы, которая пребывает в постоянном движении. Все эти рассуждения призывают нас найти новую физику, что не должно быть совершенно неожиданным. Эквивалентность всех эпох в модели МРК определяет сохранение плотности энергии, что отражается в неизменности четырехмерного тензора энергии-импульса.

Таким образом, энергия в МРК возникает при возрастании масштаба и, как мы видели, вакуумный тензор энергии-импульса (в терминах ОТО) содержит взаимно компенсирующие положительные и отрицательные компоненты. Вселенная постоянно находится в неравновесном состоянии, когда энергия генерируется замедлением течения времени, которое поддерживает все существование Вселенной.

Для дальнейшей иллюстрации этого нового процесса, мы можем представить себе проколотый воздушный шар, из которого медленно выходит воздух, но объем которого поддерживается постоянным подкачиванием воздуха. Точно также в нашей модели объем «МРК-шара» поддерживается постоянным ступенчатым ростом временной компоненты метрики, который замедляет течение времени, в то время как расширения пространства вызывает постепенное уменьшение космологической энергии, например, за счет красного смещения в спектрах электромагнитного излучения.

Термодинамика в модели МРК

Стандартная космологическая модель (СКМ) не может найти решения проблемы космологической энтропии. Замкнутая Вселенная СКМ предполагает постоянный рост энтропии, определяющий растущий космологический беспорядок. Но, как показывают наблюдения, Вселенная сейчас значительно более организована по сравнению с эпохой сразу после Большого Взрыва.

Если модель МРК правильна, то энергия всей материи поддерживается осцилляциями метрики пространства-времени, что делает космологический рост масштаба источником всей энергии во Вселенной. Излучаемая Солнцем и подобными ему источниками энергия рассеивается при росте красного смещения. Космос находится в состоянии термодинамического равновесия, что объясняет происхождение космического микроволнового фона (*Masreliez, 1999*). Это означает также, что космос является термодинамически открытой системой, в которой общая энтропия может всегда оставаться постоянной.

Проблема «нулевой» энергии вакуума

Плотность «нулевой» энергии вакуума является еще одной нерешенной проблемой СКМ. Нулевая энергия это минимальная возможная энергия, которую квантово-механическая система может иметь в ее основном состоянии. Все квантово-механические системы (микрочастицы) осциллируют даже в своем основном состоянии при абсолютной нулевой температуре, обладая конечной «нулевой» энергией в соответствии с принципом неопределенности Гейзенберга.

Полная энергия вакуума это сумма нулевых энергий всех полей в пространстве. Трудности СКМ связаны с тем, что эта модель предсказывает чрезвычайно большое значение энергии вакуума, суммируя вклады всех возможных осцилляций. Такая оценка приводит к значению плотности энергии в 10^{110} больше, чем плотность энергии в центре Солнца! Этот необъяснимый парадокс демонстрирует наше непонимание физики нулевой энергии.

В модели МРК вакуумные осцилляции затрагивают только масштаб, а не 4-мерное координатное пространство. При этом сумма энергий всех осцилляций обращается в ноль, поскольку соответствующий тензор энергии-импульса имеет ту же структуру, что и тензор космической энергии. Сумма диагональных компонентов этого тензора равна нулю и в модели МРК нулевой энергии вакуума нет.

Возможно, что мы не понимаем того, что основные состояния в квантовой теории описывают колебания метрического масштаба, а не волны в 4-мерном пространстве-времени. Как мы увидим в дальнейшем, эта идея также хорошо согласуется с предположением о том, что областью определения волновых функций квантовой механики является метрический масштаб пространства-времени, а не 4-мерное координатное пространство.

Нарушает ли модель МРК законы физики?

Проведенное обсуждение дает повод заключить, что модель МРК нарушает законы Ньютона, а также законы термодинамики. Основной причиной этого является то, что эти законы не учитывают динамическую природу метрического масштаба, которая служит причиной течения времени, играя определяющую роль в нашей жизни. Это и объясняет, почему течение времени так долго остается загадочным. Если принять во внимание это новое измерение, то нет ничего удивительного в том, что космологическая симметрия масштабной эквивалентности доминирует, отвергая классическую симметрию, определяющую законы сохранения импульса и энергии.

Мы видели, что динамическая масштабная эквивалентность в модели МРК обеспечивает вечное существование мира. Модель МРК, следуя за рассуждени-

ями Парменида о том, что «нечто не может возникнуть из ничего», утверждает, что энергия, необходимая для поддержания существования мира, должна быть результатом природного процесса, который является неотъемлемым аспектом существования Вселенной. Старое представление об энергии, как о какой-то внешней сущности, поставляемой или потребляемой в замкнутой Вселенной в соответствии с СКМ, заменяется представлением об энергетическом самообеспечении космоса, в котором рост масштаба индуцирует взаимно-компенсирующие положительную и отрицательную энергии.

Предполагая существование вечного мира, в котором физические законы неизменны и все эпохи геометрически идентичны, мы, в конечном итоге, приходим к космологической модели подобной МРК. И если мы примем такую модель, то нам придется признать, что законы движения и гравитации Ньютона, законы термодинамики, а также обе теории относительности Эйнштейна должны быть пересмотрены. Это, конечно, будет иметь серьезные последствия для физики. Однако мы должны признать, что мир такой, какой он есть, и мы, возможно, не сможем избежать пересмотра некоторых законов физики. Это следует рассматривать как перспективу, а не как опасность.

ГЛАВА IV

Квантовая механика и ее связь с Общей теорией относительности

Существует много высказанных сомнений по поводу квантовой теории, например, следующие цитаты из работ Альберта Эйнштейна:

«Бог не играет в кости!» или

«Чем больше успехи квантовой теории, тем глупее она выглядит».

Ричард Фейнман писал в своей книге «КЭД – странная теория света и вещества» (*QED, The Strange Theory of Light and Matter. Princeton University Press, 1985*):

«Я указал на это, потому что, чем больше странностей вы видите в природе, тем труднее создать модель, которая может объяснить, как происходят даже самые простые явления. Так что теоретическая физика уже сдалась».

Не многие бы признались, что не понимают квантовую механику, но Фейнман, как известный лауреат Нобелевской премии мог позволить себе это. Приведенные цитаты свидетельствуют о нашем современном уровне знаний, и о том, что мы просто не понимаем квантовый мир.

Как мы увидим далее, квантовая теория (КТ) может быть объяснена, если принять во внимание дополнительную геометрическую характеристику (измерение) – масштаб и процесс Динамического Дискретного Масштабного Перехода (ДДМП). Это может рассматриваться как подтверждение эффективности новых физических идей, рассматриваемых в этой книге. Расширение ОТО при учете ДДМП позволяет вывести квантовую механику из ОТО, что устраняет пропасть между КТ и ОТО, решая, возможно, самую большую загадку современной физики.

Онтологическая подсказка

Давайте еще раз посмотрим на процесс ДДМП, который иллюстрирует цикл космологического роста масштаба. Это, конечно, упрощенное объяснение, так как не исключено, что космологическое расширение лучше было бы описывать 5-мерной версией ОТО. Циклический дискретный процесс ДДМП предполагает, что метрический масштаб в космосе осциллирует относительно расширяющегося вместе с космосом наблюдателя, что может свидетельствовать о том, что существует какая-то связь между космологическим ростом масштаба и волновыми процессами КМ, так как КМ описывает именно волновые и дискретные процессы. Именно осциллирующий процесс роста масштаба, возможно, и способен объяснить квантовый мир.

В результате каждого космологического цикла ДДМП масштаб пространства-времени увеличивается на небольшую величину. При этом в конце каждого цикла ДДМП пространство-время переходит в состояние с новым, немного большим масштабом после ступенчатого дискретного масштабного перехода с остающимся неизменным интервалом ds в ОТО. Однако в восприятии обитателей Вселенной, которые, как бы расширяются вместе с пространством-временем, в конце каждого цикла происходит «переустановка» относительного масштаба пространства-времени. Поэтому возникают колебания масштаба с очень большой частотой. Из-за очень большой частоты при малой амплитуде эти колебания не удастся наблюдать непосредственно. Однако эти осцилляции масштаба могут быть причиной известных флуктуаций вакуума и быть областью применимости КМ. *Причиной квантово-механических свойств природы может быть космологическое возрастание масштаба!* Технические подробности этих идей читатель может найти в Приложении III: Вывод квантовой механики из общей теории относительности.

Волны материи Де Бройля

Рассмотрим теперь небольшую область пространства (микрочастицу), в которой метрический масштаб колеблется с очень высокой частотой. Мы можем смоделировать такое состояние в терминах ОТО, применив интервал Минковского с осциллирующей метрикой. При описании движения мы можем применить преобразование Лорентца или преобразование Фойгта. В результате мы обнаружим, что движение приводит к пространственной модуляции фазы колебаний масштаба, что является релятивистским следствием присутствия слагаемого $-xv/c^2$ в преобразовании времени. Если колебания масштаба, ассоциированные с частицей, совпадают с частотой Комптона для этой частицы, то мы увидим, что фазовая модуляция колебаний масштаба совпадает с волной де Бройля! *Поэтому волны КМ могут быть вполне реальными колебаниями масштаба пространства-времени!*

Частота Комптона f связана с энергией частицы E и постоянной Планка h соотношением: $E = h \cdot f$. Это простое, но важное соотношение позволяет предположить, что колебания масштаба с малой амплитудой и частотой Комптона могут быть связанными со всеми микрочастицами.

Волны де Бройля могут представлять собой колебания масштаба с Комптоновской частотой, являясь релятивистским следствием движения микрочастицы. Поэтому волновые и корпускулярные свойства микрочастицы в КМ неразделимы – это две стороны одной медали. Рассмотренные идеи сразу же разъясняют корпускулярно-волновой дуализм. Эти простые, но важные заключения много говорят о природе КМ.

Таким образом, мы можем предложить онтологическое объяснение волновой функции КМ, – это модуляция колебаний масштаба пространства-времени с Комптоновской частотой. При такой интерпретации квантовые волны это не отдельное явление, а модуляции уже существующих колебаний микрочастицы. Подобно тому, как радиосигнал модулируется для передачи речи и музыки, колебания с Комптоновской частотой модулируются волновыми функциями КМ. Сложная для понимания концепция волновой функции теперь находит свое объяснение, – волновая функция отражает амплитудную и фазовую модуляцию «несущей» Комптоновской волны. Это, в свою очередь, позволяет предположить, что сутью КМ является описание колебаний масштаба пространства-времени и что волновые функции КМ описывают вполне реальные физические процессы, а не просто играют роль формальных вероятностных характеристик. В этом случае, модуляция колебаний пространства-времени является первичным процессом, а вероятностная интерпретация волновой функции по Борну, это уже вторично.

Рассмотренные идеи могут также дискредитировать Копенгагенскую интерпретацию с ее «принципом дополнительности» Бора, предложив простое и ясное физическое объяснение сущности КМ. Те, кто много лет считали, что в КМ отсутствует нечто существенное, могут оказаться правы. Если это так, то Эйнштейн, вероятно, был прав, а Бор, в конечном итоге ошибался! Однако, по иронии судьбы, в этом нельзя обвинять исключительно Бора и Копенгагенскую школу, потому что эти заблуждения также связаны с недостатками ОТО, которая не может описать процесс ДДМП и течение времени. Сущность КМ тесно связана с неучтенным в физике масштабом пространства-времени и описанием течения времени. Прежде чем мы сможем согласовать между собой ОТО и КМ, нам придется модифицировать оба эти раздела физики.

В Копенгагенской школе, волновые функции формально представляют микрочастицы без какого-либо онтологического объяснения их сущности, и движение частицы описывается соответствующей волновой функцией. При таком подходе волновые функции КМ рассматриваются как первично наблюдаемые объекты, в то время как сами микрочастицы становятся вторичными.

Таким образом, квантовая механика имеет дело с волновыми функциями, а не с микрочастицами. Это похоже на изучение свойств объекта на основании наблюдений его тени. Подобно тени, волновая функция зависит от геометрии окружения объекта и может приводить к странным интерпретациям в тех случаях, когда тень рассматривается как физический объект и, в частности, если объект отбрасывает несколько различных теней, которые в КМ будут соответствовать различным составляющим волновой функции.

Новая интерпретация предполагает, что частицы могут представлять собой стоячие волны метрики пространства-времени, которые поддерживаются космологическим ростом масштаба. Колебания метрики могут генерировать как положительную, так и отрицательную энергию в ОТО и, возможно, что Комптоновские осцилляции определяют энергетический эквивалент массы частицы. В этом случае материя (микрочастицы) это не что иное, как колебания энергии пространства-времени. Давайте посмотрим, находит ли эта довольно умозрительная гипотеза дополнительные подтверждения.

Природа массы

Современные модели физики элементарных частиц предполагают, что массы всех частиц, индуцируются гипотетической фундаментальной частицей – бозоном Хиггса. Как уже говорилось, в модели МРК энергия постоянно генерируется растущим масштабом пространства и времени. Еще предстоит выяснить, является ли результирующее осциллирующее скалярное поле так называемым полем Хиггса. Можно показать, что колебания масштаба будут генерировать энергию с тензором энергии-импульса такой же формы, как Космический тензор энергии (КТЭ) в модели МРК. Подобно КТЭ энергия осцилляций масштаба представима взаимно-компенсирующими положительными и отрицательными компонентами. Это и может быть «нулевая» энергия вакуума.

Однако, возможно, что четыре компонента метрики пространства-времени не колеблются синхронно, а имеют фазовые различия и обертоны. Это и может составлять первичную природу энергетического эквивалента массы.

Такая идея предполагает, что космологический рост масштаба может быть основным источником энергии не только для Темной энергии, но и для всей массы-энергии. И, как уже отмечалось, эта масса-энергия уравнивается отрицательной энергией соответствующих гравитационных полей, так что полная энергия Вселенной равна нулю. Однако даже если предположить, что осцилляции метрики пространства-времени являются главным источником энергии материи, то остается вопрос – как элементарные частицы могут формироваться из энергии пространства-времени, порожденной космологическим расширением?

Волна-пилот Де Бройля-Бом

За годы, прошедшие после открытия волн материи, было предпринято несколько попыток найти онтологическую интерпретацию КМ. В 1927 году на Сольвейской конференции Луи де Бройль предположил, что микрочастица может управляться волной-пилотом, непосредственно связанной с волновой функцией КМ. На этой конференции Вольфганг Паули задал ему трудный вопрос, попросив объяснить, что происходит с волной-пилотом при «рассеянии» частицы, то есть, когда частица сталкивается с объектом и движется по измененной траектории. В КМ рассеяние обычно описывается преобразованием первичной волновой функции в суперпозицию нескольких различных волновых функций, которые соответствуют разным возможным результатам рассеяния. Но, единственная волна-пилот, соответствующая этой многокомпонентной волновой функции, не может объяснить различные возможные результаты рассеяния, так как это означало бы, что частица одновременно движется по нескольким различным траекториям. Де Бройлю не удалось найти хороший ответ на этот вопрос.

Позже, в 1950-х годах, Дэвид Бом возродил идею де Бройля (*Bohm*, 1952; *Bohm and Vigier*, 1954). Он попытался решить проблему рассеяния, предположив, что после столкновения происходит быстрый процесс «де-когерентного» преобразования волновой функции, в результате которого частица выбирает только одну из возможных траекторий, оставляя другие нереализованными. Бом не объяснил причину этого процесса де-когерентного преобразования, но ее можно найти при более подробном анализе.

Полезно сравнить объяснение Дэвида Бом с тем, которое предлагает КМ в наше время. Считается, что различные компоненты волновой функции определяют разные «потенциально возможные» сценарии поведения частицы, но частица будет следовать только одному из них. После рассеяния, но прежде чем будет проведено наблюдение, частица, как полагают, «колеблется» одновременно на всех компонентах волновой функции и только в момент самого акта наблюдения она окончательно «выбирает» один из компонентов. Этот «коллапс» волновой функции является очень странным «сознательным» поведением частицы, которое обсуждается уже на протяжении многих лет. Эта проблема занимает центральное место в эпистемологии КМ и является предметом обсуждения в многочисленных статьях. Коллапс волновой функции, несомненно, является самым странным феноменом в Копенгагенской интерпретации КМ, который так и остается пока необъяснимым и таинственным.

Возможно, однако, что существует и другая интерпретация. Комптоновская частота пропорциональна релятивистской энергии частицы, которая включает и кинетическую энергию, которая зависит от скорости. Поэтому Комптоновская частота меняется при изменении скорости. При рассеянии частица меняет траекторию и ее скорость может измениться и, соответственно, Комптоновская

частота также может меняться и будет соответствовать новой волновой функции. Результатом такого механизма может стать потеря корреляции различных компонентов волновой функции из-за различия Комптоновских частот, как и предполагал Бом.

Аналогично тому, как компоненты радиосигнала в различных диапазонах не интерферируют, также и компоненты волновой функции не интерферируют, потому что их несущие частоты отличаются. Как только мы поймем, что волновые функции КМ не существуют независимо, а лишь модулируют несущую Комптоновскую волну, мы сразу найдем объяснение многому. Возможные траектории появляются как различные компоненты для различных Комптоновских частот. После рассеяния, частица следует по одной из возможных траекторий, которая соответствует ее энергии. Это устраняет необъяснимый, странный и концептуально непривлекательный «коллапс волновой функции». Выбор частицей конкретной траектории просто соответствует определенной скорости после рассеяния. Такое объяснение, предполагающее, что компоненты волновой функции могут представлять различные модуляции метрической Комптоновской волны, ранее не рассматривалось.

Волна-пилот де Бройля-Бома может быть выведена в ОТО

Существуют более поздние версии теории Дэвида Бома, которые предложили Джон Белл (*Bell*, 1987) и другие авторы, например, Питер Холланд (*Holland*, 1993), а также Дюрр, Гольдштейн и Занги (*Dürr, Goldstein, Zanghi*, 1996). Эти работы показали, что непротиворечивая квантовая механика может быть разработана на основе всего трех предположений о существовании функции ψ (неизвестной природы), которая имеет следующие свойства:

1. Эта функция является решением волнового уравнения Шредингера.
2. Импульс частицы определяется следующим соотношением для волны-пилота: $\vec{p} = \hbar \text{Im}(\nabla\psi / \psi)$. Здесь символ *Im* обозначает выделение мнимой части, а ∇ это оператор градиента.
3. Присутствует некоторое случайное возмущение.

Дэвид Бом и его последователи показали, что определения волны-пилота и уравнения Шредингера достаточно для построения теории, которая во всех отношениях эквивалентна квантовой механике, при условии, что в рассматриваемой системе существуют некоторые случайные возмущения.

Тем не менее, нелокальный характер волны-пилота в теории Дэвида Бома остается пока не объясненным. Поскольку величина импульса p определяется отношением двух функций, то импульс может стать очень большим, даже если значение волновой функции близко к нулю. Поэтому влияние волны-пилота может быть нелокальным и распространяться на большие расстояния даже при малых амплитудах.

Действительно трудно понять, как это может быть – как удаленные волновые функции незначительной мощности могут заметно влиять на локальное движение частиц. Дэвид Бом назвал это явление «действующей информацией», предполагая, что волна-пилот как-то «информирует» частицы о том, как им двигаться, не оказывая при этом силового воздействия. Поскольку такое объяснение квантового дальнего действия многим казалось неправдоподобным, теория Дэвида Бома не получила серьезной поддержки. Возможно, что это также побудило Эйнштейна воздержаться от поддержки интерпретации де Бройля.

Однако существует физическое объяснение волны-пилота, которое Эйнштейн, вероятно, принял бы. *Если метрика осциллирует, то соотношение, определяющее волну-пилота де Бройля-Бома, может быть выведено из уравнений для геодезических в ОТО!*

Сначала я думал, что это возможно только для малых скоростей (Masreliez, 2005a), но более тщательный анализ показал, что вывод возможен и в общем случае, как это демонстрируется в Приложении IV. Осциллирующая метрика в уравнениях ОТО не только может объяснить, почему существует квантовый мир, но может также пролить свет на роль волны-пилота. При выводе уравнений геодезических для осциллирующей метрики в ОТО мы обнаружим, что сумма нескольких членов уравнений, определяющих движение, должна быть равна нулю. Это приводит к тому, что в уравнения геодезических входит скорость, а не ускорение, как это обычно бывает. Полученные уравнения являются релятивистским определением волны-пилота.

Подробный анализ в Приложении IV приводит к естественной интерпретации волны-пилота как описания реакции частицы на модуляцию осцилляций метрики пространства-времени. Частица движется по своей геодезической без воздействия какой либо внешней силы. Но траектория частицы может измениться так, что определенные ее части окажутся в областях резонанса. За счет этого функция волны-пилота может влиять на движение частицы через масштаб пространства-времени без передачи энергии. Такое воздействие может быть и нелокальным, так как оно определяется метрическим масштабом пространства-времени. Частица следует по траектории в пространстве-времени, которая определяется осциллирующей метрикой. Волновая функция, которая модулирует метрику, меняет фазу в зависимости от характера траектории и геометрии ее окружения. Области резонанса возникают там, где совпадают фазы различных возможных траекторий. Частица предпочитает эти области резонанса, что приводит к квантованию энергии и координат. Резонансы возникают только на определенных Комптоновских частотах (энергиях) и в определенных областях пространства. Эти особенности и объясняют дискретность и волновые черты квантовой механики.

Уравнение Шредингера

Дэвид Бом и его последователи показали, что классическую КМ можно получить, используя формализм волны-пилота, если волновая функция ψ является решением уравнения Шредингера и, кроме того, имеются некоторые случайные возмущения. Оказывается, что уравнение Шредингера может быть получено из уравнений ОТО с осциллирующей метрикой, если предположить, что скаляр Риччи в уравнениях ОТО равняется нулю. Скаляр Риччи исчезает для гравитационного поля в вакууме, если пренебречь небольшим вкладом от роста масштаба в МРК, и можно полагать что это приближение следует принять и для осциллирующей метрики.

Это условие приводит к волновому уравнению, из которого может быть получено уравнение Шредингера в предположении, что фазы Комптоновских осцилляций метрики зависят от потенциала поля, как функции координат. Такое предположение допустимо, если потенциал поля влияет на скорость частицы, от которой зависит частота и фаза Комптоновских осцилляций. Скаляр Риччи представляет собой сумму нескольких волновых слагаемых, которая после приравнивания к нулю дает уравнение Шредингера, как это демонстрирует Приложение IV. *Таким образом, осцилляции масштаба в ОТО позволяют вывести уравнение Шредингера.*

Анализ показывает, что если потенциал поля влияет на фазу осцилляций метрики пространства-времени, то Комптоновская несущая волна модулируется волновой функцией, которая удовлетворяет уравнению Шредингера. Следует отметить, что такой вывод уравнения Шредингера не зависит от характера траектории частицы, что говорит о том, что уравнение Шредингера отражает пространственно-временные резонансы, которые зависят только от энергии частиц (т. е. Комптоновских частот), приложенного поля и геометрии окружения траектории. При этом уравнение не описывает деталей движения частицы. Подобно географической карте, уравнение Шредингера изображает горы и долины, но не описывает особенностей движения по этой местности. Это согласуется с непрерывностью волновых функций в КМ, которые не описывают квантовые скачки.

В моей работе (*Masreliez, 2005a*) на основе предположения об осцилляциях метрики в ОТО выведено уравнение Шредингера для электромагнитного поля. Можно предположить, что электромагнитное поле является формой метрических осцилляций пространства-времени, для которых ротор векторного поля (электромагнитного векторного потенциала) не исчезает. Это может объяснить многие сходные явления в распространении электромагнитных волн и эволюции волновых функций КМ, например, интерференцию. Кроме того, если масштаб пространства-времени является пятым измерением, то это соответствовало бы выводу Теодора Калуцы о том, что уравнения Максвелла могут быть выведены в пятимерной версии ОТО.

Поскольку и определение волны-пилота и уравнение Шредингера могут быть получены из уравнений ОТО с осциллирующей метрикой, то и весь формализм КМ непосредственно следует из уравнений ОТО, поскольку фон случайных возмущений также всегда присутствует. Проведенный анализ демонстрирует непосредственную связь между ОТО и КМ, которая ранее не исследовалась!

Двухщелевой эксперимент

Далее я сделаю несколько замечаний по поводу так называемого двухщелевого эксперимента, который часто используют в качестве демонстрации странностей квантового мира. Многие, в том числе и Ричард Фейнман, отказались наглядно интерпретировать результаты этого таинственного эксперимента, хотя объяснение его в модели МРК может быть достаточно простым.

Рассмотрим частицу, движущуюся к экрану с двумя узкими щелями. После прохождения частицы через одну из щелей, частица попадает на экран, где постепенно формируется интерференционная картина даже тогда, когда частицы попадают на экран по очереди. Интерференционная картина как бы свидетельствует о том, что частицы предпочитают оказываться на экране в пределах вполне определенных полос, так что интерференция проявляется после того как через щели пройдет достаточно большое количество частиц. Это странное и необъяснимое явление дало повод говорить о корпускулярно-волновом дуализме и стимулировало разработку принципа дополнительности Бора. Интерференционная картина свидетельствует о некоторых волновых явлениях, в то время как точечные следы на экране показывают, что на экран попадают отдельные частицы.

Согласно стандартной интерпретации, частица каким-то образом проходит одновременно через две щели и странным образом «интерферирует сама с собой». Компоненты волновой функции частицы, соответствующие полосам на экране, испытывает «коллапс», когда частица достигает экрана. Это объяснение представляется странным, если не сказать больше! Вполне возможно, что в этой интерпретации чего-то не хватает.

Дэвид Бом и другие исследователи объясняли интерференционную картину тем, что направляющая частицу волна-пилот одновременно проходят через обе щели. Однако это тоже не объясняет детали физического механизма этого эксперимента. Далее мы рассмотрим более подробно возможное объяснение двухщелевого эксперимента.

Когда частица проходит через одну из двух щелей, она может случайно немного отклониться, например, при взаимодействии с краем щели. Волна де Бройля частицы взаимодействует с двухщелевой геометрией. Это взаимодействие порождает волновую картину позади экрана в фоне осцилляций

масштаба, особенности которой определяются положением и скоростью частицы и которая определяет геодезическую для движения частицы. Следует помнить, что волна, определенная в Приложении III, является модуляцией фазы Комптоновских колебаний, которая определяется фактором $-\gamma x v/c^2$, действующим как перед щелью, так и после щели. Так что движение частицы определяется одновременно ее волной де Бройля и геометрией щелей через обратную связь. Частицы предпочитают находиться в областях больших амплитуд и поэтому преимущественно попадают в одну из интерференционных полос. Если частица случайно попадет в область с малой амплитудой, где волновая функция близка к нулю, то геодезическая направит ее в область с большей амплитудой. Следует также помнить, что импульс больше при малой ψ и частицы избегают области с малыми ψ .

Рисунок 4.1 демонстрирует расчет формирования интерференционных полос в двухщелевом эксперименте при осцилляциях метрики (*Masreliez, 2005a*).

Таким образом, частица может направляться своей собственной волной де Бройля притом, что это направляющее воздействие определяется геодезической ОТО. Это прочно связывает КМ и ОТО. При этом обнаруживается уникальный механизм обратной связи. Пространственно-временной резонанс

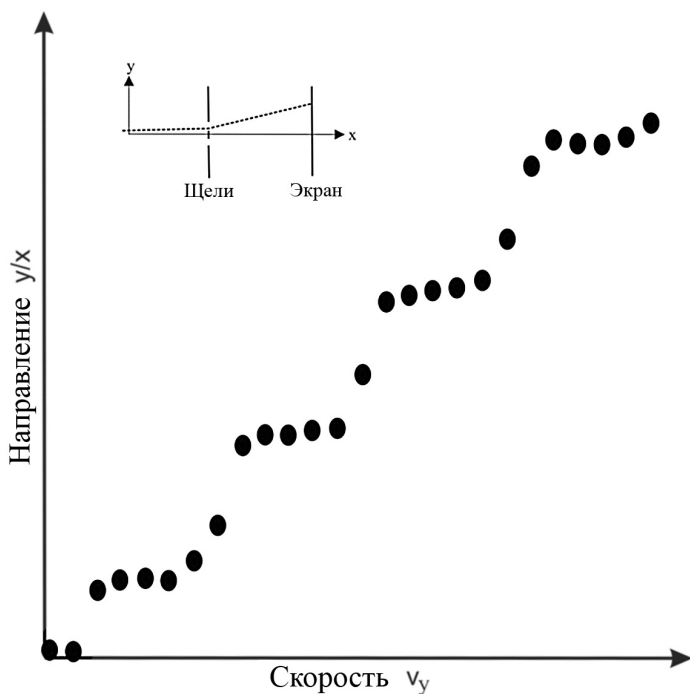


Рис. 4.1. Рассчитанные интерференционные полосы в двухщелевом эксперименте

направляет частицу, и в то же время характер резонанса зависит от движения частицы. Это объясняет, как частица находит дорогу к интерференционным полосам и как резонансные структуры, окружающие атомное ядро формируют орбиты электронов.

Мы видели, что волновые функции являются решениями уравнения Шредингера и описывают ответную реакцию пространства-времени на присутствие частицы. Это говорит о том, что волновые функции проявляют себя только в присутствии частиц. Теперь становится понятной роль волновых функций и то, как они определяют «потенциальные возможности», а не реальные физические волны. Таким образом, квантовые волны, которые модулируют метрику пространства-времени, проявляются только при наличии частиц.

Феномен Комптоновских несущих частот объясняет, почему многочастичная волновая функция зависит только от координат частиц, а не от их скоростей. Различные скорости соответствуют разным релятивистским Комптоновским частотам, между которыми нет взаимодействия. Взаимодействие происходит только тогда, когда частицы движутся с одной и той же скоростью, и в этом случае, взаимодействие зависит только от расположения частиц. Таким образом, волновые функции, описывая интерференцию, подразумевают, что частицы находятся в одном и том же энергетическом состоянии с одной и той же несущей Комптоновской частотой. При этом явного влияния скоростей частиц не обнаруживается. Если это не так, то и нет интерференции.

Наконец, позвольте мне предложить возможное объяснение того, почему частицы могут предпочитать места с положительной интерференцией, где больше амплитуда волновой функции. Если частица формируется Комптоновскими осцилляциями, то ее энергия должна каким-то образом возникать при космологическом возрастании масштаба. В резонансных состояниях энергия, необходимая для формирования частицы меньше, чем в других состояниях. Поэтому для частицы состояние резонанса является предпочтительным, поскольку природа стремится минимизировать затраты энергии.

«Жуткие» взаимодействия на расстоянии или квантовая запутанность

Формализм КМ подразумевают существование, казалось бы, мгновенных взаимодействий между частицами, разделенными большими расстояниями, что противоречит утверждению о том, что максимально возможной скоростью является скорость света. Эйнштейн справедливо полагал, что либо это ошибочный вывод, либо мы не понимаем чего-то важного. Эйнштейн назвал эту проблему «жутким» (*spooky*) действием на расстоянии» и выступал против КМ на протяжении всей своей жизни, утверждая, что в теории упущено что-то важное, заключив, что КМ не является полной, завершенной теорией.

Вот отрывок из его статьи, опубликованной в 1948 году, в которой он делится своей озабоченностью (*Einstein*, 1948).

«Если спросить, что характерно для мира физических идей, независимо от квантовой теории, то, прежде всего, бросается в глаза следующее.

Понятия физики относятся к реальному внешнему миру, т. е. они предполагают идеи о вещах, требующих независимого от воспринимающих субъектов «реального существования» (тела, поля и т.д.)... Характерным для этих физических объектов является, далее, то, что они мыслятся распределенными некоторым образом в пространственно-временном континууме. Существенным для этого распределения вводимых в физику объектов является требование существования вещей в некоторый определенный момент времени независимо друг от друга, поскольку они «находятся в различных частях пространства». Без признания такой независимости существования («бытия как такового») пространственно отдаленных друг от друга объектов, которое берет свое начало от обыденного мышления, было бы невозможно физическое мышление в привычном для нас смысле. Без такого чистого обособления было бы неясно, как могут формулироваться и проверяться физические законы».

Вот еще одна цитата из этой статьи:

«Мне кажется, не подлежит сомнению, что физики, которые считают квантово-механический способ описания принципиально окончательным,... отказываясь от требования...независимого существования имеющихся в различных областях пространства физических реальностей, могут с полным правом ссылаться на то, что квантовая теория явно нигде не использует это требование. Я соглашаюсь с этим, но хочу заметить, что когда я рассматриваю известные мне физические явления,... то я все же нигде не нахожу факта, который казался бы мне достаточно основательным, чтобы отказаться от этого требования».

Эти слова Эйнштейна свидетельствуют весьма откровенно о его сомнениях относительно КМ. Он заявляет о своем нежелании принять квантовую нелокальность, без какого либо онтологического объяснения. Скорее всего, Эйнштейн хотел бы понять КМ на более глубоком уровне, а не просто принять «жуткую» нелокальность как необъяснимый факт. Он также подчеркивает, что нелокальность противоречит специальной теории относительности (СТО).

Очевидно, что рассуждения Эйнштейна имеют смысл, если не знать, что в дополнение к четырем измерениям пространства-времени существует еще пятое измерение динамического масштаба. Мы должны согласиться с этими размышлениями и не пренебрегать ими, как ворчанием старика, потому что

никто пока не может претендовать на понимание КМ, даже Ричард Фейнман. И можно восхищаться бескомпромиссной позицией Эйнштейна в том, что Копенгагенская интерпретация может и не быть последним словом в объяснении КМ. Квантовую механику нельзя объяснить в терминах классической физики. Мы можем наглядно представить себе законы классической физики, но мы не можем создать наглядный образ КМ в четырехмерном мире СТО и ОТО.

В прошлом, никто не подозревал, что четырехмерного пространства-времени недостаточно, чтобы описывать наш мир. Никто не понимал, что масштаб пространства-времени может участвовать во всех динамических процессах в качестве скрытого пятого измерения. И поскольку нет ограничения скоростью света для воздействий при изменении метрического масштаба, которые могут происходить мгновенно с деформацией пространства, то и вызывающая беспокойство нелокальность КМ может найти физическое объяснение. Теперь то, что кажется «жутким» действием на расстоянии, может оказаться не чем иным, как ответной реакцией частицы на волновое возмущение метрики. Если эта реакция частицы не передает энергию, но влияет на геодезическую траекторию, то это может происходить мгновенно и менять условия даже в очень удаленных областях, что, в свою очередь, может влиять на результаты измерений.

Этот механизм приводит к тому, что процесс измерения характеристик состояния некоторой частицы А может повлиять на результаты измерения характеристик другой удаленной частицы Б. Такие частицы называют «спутанными» (*“entangled”*). Эта спутанность может обеспечиваться взаимодействием вне пределов четырех измерений. Это вполне возможно, поскольку мы видели, что волновые функции КМ могут быть представлены модуляциями осцилляций масштаба пространства-времени.

Квантовую механику нельзя объяснить без понимания такого взаимодействия через масштаб, и если мы не признаем это, то, повторяя слова Эйнштейна, будем вынуждены считать, что существуют «жуткие» действия на расстоянии. Но, после учета нового пятого измерения (масштаба) КМ становится объяснимой.

Следовательно, влияние масштаба могло бы объяснить квантовую спутанность, в которой локальное поведение частицы может зависеть от другой, возможно очень удаленной, частицы. Эта спутанность возникает мгновенно и противоречит любым ограничениям скорости, в том числе и ограничению скоростью света. Спутанность можно представить себе как резонанс в пятом измерении масштаба, который обуславливает согласованное поведение частиц. Рассмотренный механизм мгновенного взаимодействия противоречит СТО, однако новая теория инерции, которая будет рассмотрена далее, допускает мгновенность взаимодействия, поскольку она совместима с концепцией абсолютной космологической системы отсчета.

Модель МРК подразумевает нелокальное действие при изменении космологического масштаба и это приводит к предположению, что возрастание масштаба происходит одновременно во всей Вселенной. Если бы этого не было, то области с различными масштабами могли бы сосуществовать, что привело бы к крупномасштабным перемещениям галактик из-за возникших гравитационных градиентов. Хотя такие движения потоков галактик уже наблюдаются в масштабах сотен миллионов световых лет, но их скорости малы по сравнению со скоростью света, что может свидетельствовать о том, что космологическое возрастание масштаба достаточно однородно во всей Вселенной. Кроме того, возможно, что существует механизм обратной связи, который выравнивает космологическое расширение, подобно тому, как атмосферное давление на Земле выравнивается воздушными потоками.

Новый взгляд на квантовый микромир

Модель МРК и процесс ДДМП обеспечивают методологическую связь между ОТО и КМ, и хотелось бы надеяться, что эта связь позволит объяснить фундаментальные, но ранее плохо понятые проблемы КМ.

- Природа волновых функций КМ, ассоциированных с частицами, определяется Комптоновскими осцилляциями метрики пространства-времени, которые модулируются этими волновыми функциями.
- Корпускулярно-волновой дуализм. Модуляция Комптоновских осцилляций метрики пространства-времени при движении частицы определяет связанные с ней «волны материи» де Бройля. Частица и волна это две стороны одной медали.
- Дискретные квантовые состояния. Энергия частиц определяет частоту ассоциированных с ними релятивистских Комптоновских осцилляций метрики, которые формируют соответствующую дискретную пространственную структуру резонансных состояний. Поскольку частицы предпочитают находиться в состояниях резонанса, то и энергия, которую мы наблюдаем, квантуется.
- Нелокальное взаимодействие в КМ осуществляется флуктуациями метрики пространства-времени, для которых нет никаких скоростных ограничений.
- В КМ корреляция состояний частиц со сверхсветовыми скоростями может осуществляться метрикой пространства-времени, которая является новым «каналом» взаимодействий вне самого пространства-времени.

Мы убедились в том, что своеобразие квантового мира может определяться волновой природой частиц и ассоциированных с ними Комптоновских осцилляций метрики. Частицы или поля, которые не определяются таким осцилляциями, не могут квантоваться. Примером является гравитационное поле, отражающее искривление пространства-времени, порождаемое массой-энергией. Если

материя сформирована как стоячие волны метрики пространства-времени, то вполне возможно, что масса-энергия генерируется нелинейными компонентами тензора энергии-импульса ОТО. Такая энергия не соответствует гармоническим колебаниям и, следовательно, не может легко квантоваться. Это может объяснить трудности, возникшие при попытках квантования гравитации, а также малую напряженность поля гравитационного взаимодействия.

Хотя этот раздел и не рассматривает все аспекты квантовой теории, но в нем предлагается возможное онтологическое объяснение квантового мира, и это лучше, чем не иметь вообще никакого объяснения. Надеюсь, что это вдохновит дальнейшие исследования и приведет нас к лучшему пониманию мира, в котором мы живем. В Приложение IV читатель найдет доказательство связи между общей теорией относительности и квантовой механикой, проведенное выводом формализма волны-пилота де Бройля-Бома и уравнения Шредингера непосредственно из Общей теории относительности.

ГЛАВА V

Движение и инерция

Обсуждение Движения всегда затруднительно, поскольку все мы «знаем», что такое движение и поэтому нам трудно признать, что наше знание и понимание движения может быть несовершенным. Мы жили со скрытыми, неосознанными заблуждениями относительно природы движения с самого начала развития цивилизации, и мы вполне процветали без истинного понимания движения. Любой человек, который хочет подробно объяснить и понять движение, сталкивается с необходимостью отказаться от считающейся известной и общепризнанной концепции движения. Наше обсуждение начнется с обзора давних представлений о феномене Движения, и мы увидим, что, как и во многом другом, древнегреческие философы намного опережали нас, но мы забыли многое из их наследия.

Если модель МРК справедлива и рост масштаба определяет течение времени, то это также означает, что космологический рост масштаба служит универсальными абсолютными часами космоса. Однако это идет вразрез с выводом Специальной Теории Относительности (СТО) о том, что «время относительно». В СТО часы при различных скоростях инерциального движения идут с разной скоростью, что определяет невозможность существования общего абсолютного времени. Это, пожалуй, самый удивительный и бурно обсуждаемый вывод СТО.

Природа силы инерции не имела объяснения со времени, когда Ньютон сформулировал свой второй закон движения $F = am$, где используется сила F . В настоящее время существует общее мнение, что сила инерции тесно связана с силой тяжести, которая в ОТО вызвана кривизной пространства-времени. Однако в СТО все инерциальные системы отсчета имеют одинаковую плоскую геометрию пространства-времени Минковского, которая предполагает, что при переходе с ускорением от одной инерциальной системы отсчета к другой не должно возникать никакой кривизны пространства-времени. Поэтому современная физика не может непротиворечиво объяснить силу инерции кривизной пространства-времени. В этом разделе сделана попытка решить эту проблему,

показав, что ускорение может определять кривизну пространства-времени, сохраняя при этом абсолютный темп течения времени.

Эта идея категорически противоречит предположениям современной физики и, если она окажется верной, то произведет революцию в науке. Развитие этой идеи будет определяться пересмотром сложившегося традиционного объяснения Движения. Я прошу читателя потерпеть, пока я еще раз повторю соображения, которые привели нас к сегодняшнему пониманию движения, показав при этом момент в прошлом, когда мы, возможно, выбрали неправильную дорогу. Такой анализ необходим, так как он может привести нас к совершенно новому восприятию мира.

Природа «движения» с давних пор оставалась загадочной. Людям всегда казалось удивительным, как твердое тело может двигаться так, что в один момент времени оно находится в одном месте, а в немного более поздний момент времени уже в другом месте, причем совершенно непонятно что происходит с телом при перемещении из одного места в другое. Значит ли это, что предмет передвигается поэтапно, или он как-то меняет свою форму и движется как гусеница? Эти загадки обсуждались еще древнегреческими философами (например, Зеноном Элейский), а в наше время о них уже, обычно, не вспоминают. Тем не менее, поиск ответов на эти вопросы, по-прежнему, принципиально важен, так как тайна движения до сих пор остается не раскрытой и нуждается в подробном анализе.

Если движение твердого тела осуществляется ступенчато, шаг за шагом и все же кажется непрерывным, то эти шаги должны быть очень малыми, а их частота очень большой. Когда такое движение переходит в «гладкий», непрерывный процесс, то необходимая частота шагов неограниченно возрастает. Древнегреческие философы считали это невозможным и сегодня мы знаем, что они были правы, поскольку соотношение неопределенностей Гейзенберга определяет конечный предел для шага ступенчатого перемещения. Таким образом, прерывистое движение растворяется в квантовой неопределенности.

В прошлом люди думали, что эти противоречия можно преодолеть с помощью дифференциального исчисления, разработанного Исааком Ньютоном и Готфридом Лейбницем, в котором допускались «бесконечно малые» приращения. Но в начале 20 столетия мы поняли, что это не решает проблем из-за существования квантово-механических ограничений. На самом деле, загадка движения так и не была разрешена до сих пор, поскольку успешно применяя в науке и технике дифференциальное исчисление, мы редко подвергаем сомнению их применимость, хотя и знаем, что в квантовой теории эти дифференциальные методы не работают.

Существует также вопрос о том, что может быть причиной течения времени, и этот вопрос тесно связан с природой Движения. Мы знаем, что каким-то об-

разом движемся «вперед во времени», но как и почему это происходит до сих пор остается загадкой. Мы можем перефразировать Аврелия Августина:

«Что же, такое движение? Если никто не спрашивает меня, то я знаю, если же я хочу это объяснить тому, кто меня спрашивает, то я не знаю».

Не имея ответов на вопросы о причине течения времени и движении, я думаю, следовало бы признать, что мы не можем утверждать, что понимаем наш мир.

В 1600-е годы Рене Декарт и другие ученые ввели в науку системы координат, что позволило описывать движение математически, применяя его координатное представление. В двумерном координатном представлении движение может рассматриваться, считая точки на оси абсцисс моментами времени, а точки на оси ординат положениями тела в пространстве. В наше время люди, работающие в науке и технике, не затрудняют себя сомнениями в правильности этого подхода, хотя представление времени с помощью координат на линии скрывает самое важное свойство времени – то, что оно всегда движется вперед. Принимая это во внимание, следует понимать, что положение тела во времени существенно отличается от его положения в пространстве. Представление об интервале времени, как о приращении на линии, позволяет нам думать о времени, которое может двигаться как вперед, так и назад. Несмотря на то, что мы чувствуем это несоответствие действительности, тем не менее, мы его обычно игнорируем.

После того как движение стали представлять в виде графиков в системах координат, следующим шагом стало использование этих систем координат для того, чтобы соотнести точки в пространстве и времени для двух разных систем координат – одной в состоянии покоя и другой, движущейся относительно первой. Для каждого момента времени точки, представляющие положение тела, оказываются различными в этих двух системах координат, и в каждой системе координат движение может быть описано некоторой функцией пространственных координат от времени, а также графически представлено в трехмерном пространстве. Однако этот метод не компенсирует утраченное представление о необратимости времени.

После введения в математику дифференциального исчисления, законы движения Ньютона стали основой дифференциальных уравнений движения, которые вскоре стали доминирующим способом описания движения в математической форме. В наше время этот подход используется в бесчисленных приложениях. Например, планетарные эфемериды (координаты положений планет) в наше время вычисляются с помощью численного интегрирования дифференциальных уравнений, которые учитывают не только притяжение Солнца и всех планет, но и гравитационное влияние большого количества крупных астероидов.

Несмотря на эти впечатляющие достижения, мы все еще далеки от глубокого понимания природы «движения», возможно, упустив из виду принципиально важный аспект движения, который и обсуждается в этой монографии.

В этой главе будут рассмотрены следующие проблемы.

– Исследование способов использования систем координат при описании движения показывает, что, несмотря на то, что они могут применяться для описания соответствия точек в системе координат для различных моментов времени, они не учитывают необратимый характер течения времени или процесса движения. Это является существенным недостатком, поскольку наиболее важным является то, что время необратимо и никогда не течет в обратном направлении. Ряд проблем возникает из-за того, что при введении координатного представления движения в науку не были приняты во внимание геометрические свойства пространства-времени и, в частности, то, что геометрия пространства-времени может влиять на движение при изменении его метрики, например, в форме гравитационной кривизны пространства-времени.

– Специальная теория относительности (СТО) Эйнштейна стала значительным событием в развитии методологии описания движения. Эта теория основана на двух постулатах:

1. Принцип относительности, который утверждает, что все свободно движущиеся с постоянными скоростями системы отсчета (инерциальные системы координат) физически эквивалентны.

2. Постулат о постоянстве скорости света, утверждающий, что скорость света остается неизменной во всех инерциальных системах координат.

Используя эти два предположения, Эйнштейн вывел преобразования временных и трехмерных координат пространства. Однако при этом он неявно использовал дополнительное, но важное предположение о том, что преобразованные координаты, выведенные им из условия постоянства скорости света для движущейся с постоянной скоростью системы отсчета, метрически эквивалентны измерениям неподвижного в этой системе наблюдателя («со-движущегося наблюдателя»). Следуя своим предположениям, он вывел преобразования Лорентца (ПЛ). Но поскольку для определения координат в движущихся системах отсчета СТО использует световые сигналы с постоянной, но ограниченной скоростью, то, возможно, что значения этих координат могут искажаться, и могут не совпадать с локальными измерениями покоящихся в этих системах отсчета наблюдателей.

– Преобразования Лорентца определяют один из самых обсуждаемых выводов Специальной теории относительности об «относительном времени», в соответствии с которым время может течь с разной скоростью в разных инерциальных системах отсчета, предполагая тем самым, что течение времени это не универсальное понятие, а только впечатление наблюдателя. Этот вывод СТО привел к путанице в терминологии и множеству недоразумений, так как

противоречил нашим интуитивным представлениям и концепции нелокальных взаимодействий в квантовой теории.

– Вместо синхронизации часов с использованием светового сигнала, мы можем использовать «Принцип относительности», в соответствии с которым время всегда течет с одной и той же скоростью во всех инерциальных системах координат (инерциальных системах отсчета), что подчеркивает универсальный характер понятия «течение времени». В этом случае мы увидим, что преобразования Вольдемара Фойгта (*Voigt*, 1887), предшествовавшие преобразованиям Лорентца, обеспечивают универсальное постоянство скорости течения времени. Преобразования Фойгта (ПФ) отличаются от ПЛ постоянным масштабным фактором, который определяется скоростью относительного движения систем отсчета, но при этом они соответствуют обоим постулатам СТО.

– Преобразования Лорентца (ПЛ) и Фойгта (ПФ) описывают движение с помощью преобразований координат. Преобразования координат используются также в ОТО, где они определяют геометрию пространства-времени в уравнении для интервала. Если мы используем ПФ, как преобразование системы координат в ОТО, то окажется, что масштаб движущейся системы координат будет определяться тем же масштабным фактором, который использует СТО для описания замедления времени и сокращения длины. Тогда возникает вопрос, можно ли рассматривать ПФ как преобразования координат в ОТО, которые описывает соотношение геометрий движущихся систем отсчета. Такая интерпретация превращает замедление времени и сокращение длины СТО в чисто геометрические особенности, вызванные относительным сокращением масштаба при движении.

– Преобразования координат в ОТО связаны с геометрией пространства-времени, которая и определяет физические явления полевыми уравнениями ОТО. Если полевые уравнения одинаковы в двух разных системах координат, то и сами эти поля физически эквивалентны. Оба преобразования ПЛ и ПФ не меняют вид уравнений ОТО, так как для них символы Кристоффеля одинаковы, что и объясняет почему оба эти преобразования соответствуют постулатам СТО. Этот анализ дает нам повод задуматься – а действительно ли эффективность этих преобразований определяется, прежде всего, сохранением полевых уравнений ОТО?

– Природа Инерции, то есть объяснение причины возникновения силы инерции при ускорении, остается все еще не понятой, хотя второй закон Ньютона, определяющий силу инерции, является одной из основ математической физики. Мы знаем, что сила инерции противодействует ускорению тел, но не понимаем, почему это так. Мысленный эксперимент, который Эйнштейн использовал, сравнивая силу тяготения, действующую на тело на поверхности Земли и силу инерции, которая обнаруживается, например, в кабине, летящей в космическом пространстве с ускорением, дает повод предполагать, что ускорение, как и гравитация, может приводить к искривлению пространства-времени.

– Анализ рассмотренных идей привел автора к выводу специфического масштабного фактора для интервала Минковского в ОТО, при использовании которого *все траектории ускоряющегося движения являются геодезическими ОТО* (Masreliez, 2007a, 2008, 2010 и Приложение VI). Движение происходит по геодезическим ОТО, вне зависимости от величины и направления ускорения!

– Полученный «инерционный масштабный фактор» совпадает с масштабным эффектом при использовании преобразований Фойгта! Это «совпадение» дает возможность предполагать, что инерция является следствием искривления пространства-времени, вызванного ускорением, и поэтому ПФ могут описывать движение лучше, нежели ПЛ. Это предположение делает инерцию таким же следствием искривления пространства-времени, как и гравитация.

– В повседневной жизни мы часто используем термины «прошлое», «настоящее» и «будущее» с ясным пониманием того, что прошлое отличается от настоящего и настоящее от будущего. Странно, но современная математика, используемая при описании движения, не делает различия между этими принципиально разными категориями! Для науки это должно было бы стать очевидным свидетельством того, что в нашем понимании движения упущено нечто важное. Поскольку уравнения физики не подразумевают какого-либо различия между прошлым, настоящим и будущим, то они неявно допускают, что время может идти как вперед, так и назад. Очевидно, что это не правильно, и мы должны прийти к заключению, что современное научное представление о движении не полно.

– Есть два аспекта «времени», которые никогда в прошлом не были ясно определены, – это продолжительность интервалов времени, например, секунд, и ход времени. Время может всегда течь и изменяться с одним и тем же темпом приращений, но «воспринимаемые» продолжительности этих приращений могут изменяться в зависимости от характеристик относительного движения. Это означало бы, что существует динамическая степень свободы, дополняющая четыре измерения пространства-времени.

Последующее обсуждение может показаться немного сложным, не потому что его трудно понять, а потому что оно вводит незнакомые представления о бытии нашего мира. В последующем изложении я постарался максимально избежать математических деталей, частично потому что представленные идеи и понятия в них не нуждаются, а также, потому что математические выкладки способны маскировать логику и цели этого раздела. Заинтересовавшийся читатель может найти подробности в Приложении или в опубликованных статьях. Следует отметить, что последующее обсуждение не использует проторенных путей, а рассматривает новую идею о существовании динамического масштаба в дополнение к известным четырем измерениям пространства-времени, превращая наш мир в пятимерный континуум.

Модель МРК предполагает, что космологический рост масштаба определяет течение времени, и это происходит во всем космосе. Таким образом, наше новое мировоззрение основано на следующем постулате:

Постулат Одновременности: текущее время «СЕЙЧАС», является одним и тем же во всей Вселенной.

Хотя этот постулат и расходится с постулатами Специальной теории относительности, в которой время относительно, но далее будет показана возможность согласовать этот постулат с наблюдениями, подтверждающими СТО. Следовательно, настоящее время всегда нами считается началом отсчета времени, и это не какое-то время в прошлом, например, предполагаемое время Творения.

Преобразования координат при описании движения

Классическое преобразование координат, применяемое для описания движения, это так называемое «преобразование Галилея» (ПГ), в котором координаты определены в двух системах отсчета – в покоящейся и в движущейся с постоянной скоростью. Для движения по оси x с постоянной скоростью v ПГ имеют вид:

$$x' = x - vt \quad y' = y \quad z' = z \quad t' = t \quad (5.1)$$

Здесь координаты со штрихом определены для движущейся системы отсчета (ДС), а координаты без штриха для неподвижной системы отсчета (НС). В соответствии с этим преобразованием наблюдатель, который покоится в ДС в точке $x' = 0$, оказывается движущимся со скоростью v в НС: $x = vt$. В ПГ время рассматривается как независимая координата, используемая в качестве метки для абсолютных моментов времени в рассматриваемых системах отсчета. Скорость v может быть определена как расстояние между двумя точками x_1 и x_2 , в которых наблюдатель находится в интервале времени $t_2 - t_1$, измеренном наблюдателями при помощи синхронизованных часов в фиксированных точках x_1 и x_2 :

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (5.2)$$

Такое представление координат не обнаруживает и не определяет явления, которое можно называть «процессом движения». Это представление не описывает физический процесс, который заставляет объект изменить свое местоположение, процесс, который определяет различие прошлого и будущего. Это не удивительно, поскольку такой процесс должен был бы быть тесно связанным с течением времени, для которого пока нет физического объяснения, хотя оно и должно существовать.

Галилей понимал, что локальные физические явления не меняются для наблюдателей, движущихся с постоянными скоростями. Это называют в наше

время «принципом относительности Галилея». Интересно отметить, что древнегреческие философы прекрасно понимали эту особенность движения. Ниже приводятся слова Аристотеля о «Парадоксе стрелы» Зенона Элейского:

1. Когда стрела находится в некотором положении, которое точно соответствует ее размеру, то она покоится.

2. В каждый отдельный момент своего полета, стрела находится в некотором положении, точно соответствующем ее размеру.

3. Поэтому в каждый момент своего полета стрела находится в состоянии покоя.

Только орлиный взор Аристотеля мог так четко определить ключевую особенность движения – то, что стрела находится в покое в ее собственном локальном пространстве даже во время движения (при этом Аристотель предполагал, что стрела как-то увлекает с собой окружающий ее воздух). Представляется, что для описания движения необходимо нечто большее, нежели преобразование координат. И действительно, далее мы увидим, почему четырехмерное преобразование координат не может описать движение.

Специальная теория относительности и преобразования Лорентца

Специальная теория относительности (СТО) подразумевает обобщение ОТО, которое вызвано тем, что в ОТО законы физики меняются в зависимости от характера движения системы отсчета и, тем самым, физические уравнения не остаются неизменными после применения ОТО. Это противоречит Принципу относительности Галилея, в соответствии с которым все уравнения физики должны оставаться неизменными в инерциальных системах отсчета, которые движутся с постоянными скоростями.

В конце 1800-х годов Хендрик Лорентц и Анри Пуанкаре предложили «преобразования Лорентца» (ПЛ), модифицирующие ПГ, которые для движения в направлении оси x имеют вид:

$$x' = \gamma (x - vt) \quad y' = y \quad z' = z \quad t' = \gamma (t - xv / c^2) \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v / c)^2}} \quad (5.3)$$

Это преобразование сохраняет законы физики в инерциальных системах отсчета, но имеет две довольно странные особенности:

Во-первых, преобразование времени включает пространственную координату x , которая была введена для того чтобы заставить «работать» это преобразование вместо ПГ.

Во-вторых, если мы примем $x = 0$, то окажется $t' = \gamma t$, что означает, что моменты времени для начала координат в движущихся и неподвижной систе-

мах отсчета не совпадают, что очевидно нарушает Принцип относительности Галилея.

После вывода Эйнштейном в 1905 году соотношений СТО появилось много разночтений и даже негативное отношение к этой теории. Многие ученые используют СТО формально, без особых размышлений, так как им кажется, что она «работает».

Наиболее противоречивым выводом СТО, несомненно, является утверждение об «относительности времени», что, не соответствуя концепции «абсолютного времени» Ньютона, противоречит и нашим инстинктивным представлениям о времени. Кроме того, в соответствии со СТО, путешествие с большой скоростью может замедлить наше старение. Это кажется очень странным, поскольку та же СТО говорит нам, что все свободно движущиеся с постоянными скоростями (движущиеся по инерции) системы отсчета физически эквивалентны и, следовательно, локальные физические процессы в них, включая старение, должны быть одинаковыми. Как же время может замедляться при движении, но при этом оставаться физически без изменений? Эта дилемма известна как «Парадокс близнецов», в котором близнецы, встретившись после путешествия с относительно большой скоростью, оба должны одновременно увидеть, что его брат оказался после этого путешествия моложе. Эйнштейн в свое время заметил, что путешественник после быстрого движения по круговому маршруту должен помолодеть, прибыв обратно к началу своего путешествия.

На протяжении многих лет это утверждение подвергалось сомнению и, возможно, самым настойчивым скептиком был Герберт Дингл. Он утверждал, что поскольку все объекты, движущиеся по инерции, физически эквивалентны и подчиняются одним и тем же законам физики, то и темп времени у них тоже должен быть одинаковым. Но, согласно СТО движущиеся часы идут медленнее. Причем это замедление времени симметрично и двое часов, двигающиеся относительно друг друга, должны симметрично замедлять свой ход относительно хода часов, которые будут считаться неподвижными. Но как это может быть? В СТО замедление времени считается «реальным» и предполагается, что именно движение изменяет ход часов! Герберт Дингл неоднократно обсуждал эту проблему с известными учеными, пытаясь найти объяснение этой загадки, но так и не получил приемлемого объяснения. Тогда в отчаянии он издал книгу «Наука на перепутье» (*Dingle, 1972*). Герберт Дингл был прав и, как мы увидим в дальнейшем, нет никакого физического объяснения замедления времени в современной физике!

Многие исследователи пытались объяснить Парадокс близнецов существованием ускорения движения, но это не удастся, как показывает следующий мысленный эксперимент, рассматривающий симметрично ускоряющихся близнецов.

Допустим, что в начале нашего мысленного эксперимента близнецы находятся в космических кораблях в одном и том же месте O , а затем они движутся с симметричными ускорениями в противоположных направлениях на протяжении одного и того же времени по показаниям их бортовых часов. После этого первого этапа они симметрично замедляют движение и, развернувшись назад, начинают движение по инерции навстречу друг другу в один и тот же момент времени по показаниям их бортовых часов. На обратном пути каждый из них, в соответствии со СТО, должен заметить, что у его брата часы идут медленнее, но, тем не менее, в силу симметрии эксперимента, в момент возвращения в исходное положение O бортовые часы должны идти синхронно. Нет иного выхода, как заключить, что *замедление времени в СТО это только кажущийся эффект, который не влияет на ход бортовых часов.*

В своей статье о СТО Эйнштейн предполагал, что преобразованные координаты, которые он получил для движущейся системы отсчета, должны быть эквивалентны координатам неподвижной системы. Следовательно, он предполагал, что они должны иметь то же самое метрическое значение, что и координаты в неподвижной системе. Если бы это имело место, то приращения координат в движущейся системе отсчета можно было бы сравнить непосредственно с такими же приращениями в неподвижной системе отсчета. В частности, приращения координаты в перпендикулярном направлении относительно движения не должны изменяться. Он использовал это предположение при определении константы γ в соотношениях (5.3) для ПЛ (см. ниже) (Einstein, 1905). В дальнейшем мы увидим, что в этом выводе можно найти некоторые противоречия.

Большинство физиков-теоретиков знакомо с выводом Эйнштейна соотношений СТО. Тем не менее, есть одна особенность этого вывода, которая должна быть тщательно рассмотрена из-за одного неявного предположения, который некогда казался вполне разумным. При выводе преобразований Лорентца (ПЛ), Эйнштейн использовал симметрию инерциальных систем отсчета для того чтобы заключить, что преобразование координат должно совпадать с обратным преобразованием. Я привожу в подробностях рассуждения Эйнштейна из его статьи 1905 года. Координаты покоящейся системы отсчета K обозначаются (t, x, y, z) , а координаты движущейся системы k обозначаются $(\tau, \varepsilon, \eta, \zeta)$.

Вот выдержка из статьи 1905 года:

«В преобразования, которые были выведены, входит неизвестная функция Φ от v , которую мы теперь определим.

Для этого мы введем третью систему координат K' , которая находится относительно системы координат K в состоянии движения параллельного оси x , так что начало координат системы K' , движется со скоростью $-v$ в системе координат K . Пусть в момент $t = 0$, начала координат всех трех систем совпадают, и когда $t = x = y = z = 0$, то и время t' в системе K' равно нулю. Мы обо-

значим координаты, измеренные в системе K' : x', y', z' и после двукратного преобразования наших преобразований координат получим:

$$\begin{aligned}t' &= \Phi(-v)\gamma(-v)(\tau + v\varepsilon / c^2) = \Phi(v)\Phi(-v)t \\x' &= \Phi(-v)\gamma(-v)(\varepsilon + v\tau) = \Phi(v)\Phi(-v)x \\y &= \Phi(-v)\eta = \Phi(v)\Phi(-v)y \\z &= \Phi(-v)\varsigma = \Phi(v)\Phi(-v)z\end{aligned}$$

Поскольку отношения между x', y', z' и x, y, z не содержат времени t , то системы K и K' находятся в покое относительно друг друга, и ясно, что преобразование из K в K' должно быть тождественным преобразованием. Тогда:

$$\Phi(v)\Phi(-v) = 1$$

Выясним значение функции Φ . Мы обратим внимание на часть оси y в системе K , расположенную между $\xi = 0, \eta = 0, \zeta = 0$ и $\xi = 0, \eta = 1, \zeta = 1$. Эта часть оси является стержнем, который движется перпендикулярно к своей оси со скоростью v относительно системы отсчета K . В системе K концы стержня имеют координаты:

$$x_1 = vt, \quad y_1 = 0, \quad z_1 = 0 \quad \text{и} \quad x_2 = vt, \quad y_2 = 1/\Phi(v), \quad z_2 = 0$$

Следовательно, длина стержня, измеренная в системе координат K , будет $1/\Phi(v)$ и это дает нам значение функции $\Phi(v)$. Из соображений симметрии теперь ясно, что длина рассматриваемого стержня, движущегося перпендикулярно своей оси, измеренная в неподвижной системе отсчета, должна зависеть только от скорости, но не от направления и типа движения. Длина движущегося стержня, измеренная в покоящейся системе отсчета, не изменяется, если поменять местами v и $-v$. Отсюда следует, что $1/\Phi(v) = 1/\Phi(-v)$ или $\Phi(v) = \Phi(-v)$.

Из этого соотношения и ранее определенного $\Phi(v) = 1$ следует, что преобразования координат имеют вид:

$$\tau = \gamma(t - vx/c^2) \quad \varepsilon = \gamma(x - vt) \quad \eta = y \quad \varsigma = z$$

В этих рассуждениях Эйнштейна подчеркивается, что преобразования координат от системы K к системе K' тождественны. Однако это утверждение не обязательно является правильным, поскольку возможно, что скорость может менять метрику пространства-времени, как она воспринимается наблюдателем в системе K . Координаты, полученные при ПЛ, могут не иметь тех значений, которые определяет «со-движущийся» наблюдатель.

Учитывая тот факт, что координаты движущейся системы отсчета определяются с помощью световых сигналов с ограниченной скоростью распространения, вполне вероятно, что это может исказить определение координат, в частности,

когда скорость движения приближается к скорости света. Хотя отношения между пространством и временем остаются теми же самыми, тем не менее, возможно, что приращения координат в рассматриваемых системах отсчета, могут не совпадать, например, из-за разницы метрических масштабов. Это могло бы посеять сомнение в успехе применения преобразований Лорентца для описания движения, так как при этом неявно предполагается, что измененные, движущиеся координаты имеют тот же смысл и метрику, что и координаты неподвижной системы отсчета. Координаты, рассчитанные с помощью ПЛ, могут отличаться от координат, определенных неподвижным в движущейся системе отсчета наблюдателем.

Конечно, в 1905 году, когда СТО была предложена, проблема различия метрик пространства-времени была менее известна, и поэтому рассмотренные сомнения не были проанализированы. К сожалению, это может препятствовать установлению природы Инерции. Кроме того, следует отметить, что такие понятия как необратимость и течение времени теряются в координатных преобразованиях СТО. Складывается впечатление, что многие забыли про эти фундаментальные характеристики времени.

Преобразования Вольдемара Фойгта

При обсуждении СТО интересно отметить, что еще одно преобразование координат, которое предшествовало публикации ПЛ, было предложено Вольдемаром Фойгтом в 1887 году. Преобразования Фойгта (ПФ) отличаются от преобразований Лорентца (ПЛ) использованием постоянного масштабного фактора, на который умножаются все четыре преобразованные координаты. Хендрик Лорентц не знал о преобразованиях Фойгта, когда выводил свои преобразования, но затем выразил сожаление, что не отметил приоритета Вольдемара Фойгта. Преобразования Фойгта имеют вид:

$$x' = (x - vt) \quad y' = y / \gamma \quad z' = z / \gamma \quad t' = (t - xv / c^2) \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v / c)^2}} \quad (5.4)$$

В физике ПФ «работают» столь же хорошо, что и ПЛ, соответствуя двум постулатам, которые использовал Эйнштейн для вывода СТО. В ретроспективе, зная ОТО, мы теперь понимаем, почему это так – интервалы (*line-elements*), определяемые ПЛ и ПФ «масштабно-эквивалентны» в том смысле, что они приводят к одним и тем же полевым уравнениям ОТО!

Это означает, что в соответствии с ОТО физические законы сохраняются, независимо от того, какие из этих двух преобразований используются. Это верно для всех интервалов, отличающихся от линейных элементов ПЛ или ПФ постоянным масштабным фактором. Как мы увидим далее, это предполагает

существование дополнительной динамической степени свободы кроме четырех измерений пространства-времени.

Новый космологический процесс расширения, который вводится моделью МРК, циклически воспроизводит четырехмерную геометрию пространства-времени в ОТО с помощью полунепрерывного, ступенчатого масштабного преобразования, увеличивая после каждого цикла масштаб пространства-времени, который играет роль дополнительной по отношению к четырехмерному пространству-времени динамической степени свободы. Этот процесс не может быть описан в существующей ОТО, но это можно сделать в пятимерной версии ОТО, где пятое измерение является динамическим масштабом четырехмерного пространства-времени.

Хотя в этой главе рассматривается движение в пространстве, а не эволюция во времени, однако, успешное применение концепции динамического масштабного фактора в космологии дает основание предполагать, что эта концепция может играть фундаментальную роль и для понимания движения в пространстве. Мы увидим, что это именно так.

При использовании ПФ вместо ПЛ устраняется самая противоречивая особенность СТО и восстанавливается концепция абсолютной космологической шкалы времени – абсолютное время Ньютона возвращается! Универсальная система отсчета времени была бы принята в физике, если бы она сохраняла релятивистские особенности геометрии пространства-времени, которые определяет СТО. Хотя эти перспективы сегодня могут казаться неприемлемыми, чтобы не сказать еретическими, но мы увидим, что существуют серьезные аргументы в их пользу.

Движение в Общей теории относительности

Мы видели, что в СТО координаты времени и пространства используются совместно и тем самым предполагается, что время и пространство можно рассматривать, используя одни и те же математические преобразования. Время рассматривается, как одно из четырех равноправных измерений пространства-времени, что еще больше укрепляет уверенность в возможности описывать движение с помощью четырехмерной геометрии. Предполагается, что вместо того чтобы описывать движение, применяя траекторию в пространстве, параметризованную моментами времени, мы можем описывать движение как одномерную «мировую линию» в четырехмерном пространстве-времени.

Эйнштейн развил эту идею в своей знаменитой Общей теории относительности (*Einstein*, 1915), с помощью которой он смог объяснить гравитацию, как явление искривления пространства-времени, которое приводит к движению тел по геодезическим ОТО. Однако ОТО использует геометрию, а в геометрии координаты точки не могут двигаться. Поэтому ОТО не может описать сам

процесс движения или течение времени, поскольку не делает различия между прошлым, настоящим и будущим.

По мере развития физики мы потеряли из виду самый главный аспект нашего существования, так как мы пытаемся понять мир, не зная, что же служит причиной течения времени, которое является самым остро ощущаемым впечатлением в наших жизнях!

Если рассматривать ПЛ и ПФ как преобразования, определяющие интервалы ОТО, то мы увидим, что ПЛ соответствуют интервалу Минковского:

$$ds^2 = (cdt')^2 - dx'^2 - dy'^2 - dz'^2 \quad (5.5)$$

Что же касается ПФ, то они соответствуют «масштабированному» интервалу Минковского:

$$ds^2 = \left[1 - (v/c)^2\right] \left[(cdt')^2 - dx'^2 - dy'^2 - dz'^2\right] \quad (5.6)$$

Как уже отмечалось, эти интервалы физически эквивалентны, потому что их символы Кристоффеля одинаковы, а, следовательно, одинаковы и полевые уравнения ОТО. Странное соотношение $-xv/c^2$ в преобразованиях времени теперь можно объяснить – оно определяет масштабно-эквивалентную форму интервала Минковского! Это объясняет, почему оба преобразования «работают» в физике одинаково хорошо. При такой интерпретации, мы отходим от задачи описания кинематики движения точки, как она решается в ОТО, и рассматриваем вместо этого связь геометрий пространства-времени, используя ОТО. Такой подход использует предположение о том, что движение как-то связано с изменением масштаба и сохранением локальной геометрии пространства-времени, подобно тому, как Аристотель рассматривал «Парадокс стрелы» Зенона.

Инерционное движение как предельный случай вращательного движения

Для формулировки интервала ОТО для цилиндра, вращающегося вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью ω , можно применить так называемые «координаты Борна»:

$$ds^2 = \left(1 - \left(\frac{r\omega}{c}\right)^2\right) (cdt)^2 - dr^2 - 2r^2\omega dt d\theta - dz^2 \quad (5.7)$$

В этом интервале коэффициент при дифференциале времени может рассматриваться как «кривизна пространства-времени», определяющая центростремительное ускорение. Для некоторого фиксированного положения на цилиндре $dr = d\theta = dz = 0$ можно записать:

$$ds^2 = \left(1 - \left(\frac{r\omega}{c}\right)^2\right)(cdt)^2 = \left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)(cdt)^2 \quad ds = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} cdt \quad (5.8)$$

Здесь v это скорость для радиуса r , и мы видим, что метрика времени в этом случае совпадает с преобразованиями Фойгта.

Рассмотрим теперь часы, которые расположены на радиусе r . С точки зрения неподвижного наблюдателя, в месте, где находятся часы, имеет место замедление времени из-за искривления пространства-времени и поэтому часы замедляют ход. Следует отметить, что поскольку метрический коэффициент времени зависит только от скорости v , то он не зависит от радиального расстояния при постоянной скорости.

Теперь рассмотрим ситуацию, когда радиус становится сколь угодно большим, а инерционное ускорение определяется соотношением (см. Приложение V):

$$a = r \cdot \omega^2 = \frac{v^2}{r} \quad (5.9)$$

Мы видим, что это ускорение исчезает, когда r стремится к бесконечности, а движение приближается к прямолинейному движению инерциальной системы отсчета с постоянной скоростью. Другими словами, окажется, что объект будет находиться в инерциальной системе отсчета СТО.

Поскольку метрика времени не изменяется при увеличении радиуса при постоянной скорости, то можно заключить, что в соответствии с ОТО метрика времени в инерциальных системах отсчета, как она определяется неподвижным наблюдателем, сокращается инерционным масштабным фактором. Проведенный анализ является дополнительным аргументом в пользу ПФ, а не ПЛ, позволяя предполагать, что движение искривляет пространство-время в относительном смысле пропорционально инерционному масштабному фактору. Это ясно показывает, что соотношения СТО не согласуются с уравнениями ОТО.

Поскольку характер метрического фактора времени во вращающихся системах отсчета не должен меняться при возрастании радиуса вращения, то такой же метрический фактор должен существовать и в системах отсчета, движущихся по инерции. *Это означает, что инерциальные системы отсчета в состоянии относительного движения существуют в различных подпространствах (многообразиях) Минковского.*

Противоречия «Парадокса близнецов» являются следствием отказа от концептуальной и математической формулировки различий между покоящейся и движущейся системами отсчета и с ошибочным предположением, что обе системы отсчета принадлежат одному и тому же четырехмерному многообразию Минковского.

Тайна Инерции

С самого начала развития западноевропейской науки природа Инерции оставалась загадочной. Мы знаем, что ускорению препятствует сила инерции, которую мы чувствуем при ускорении или крутом повороте автомобиля, но мы не знаем, почему это происходит. Это беспокоит нас, поскольку физика движения основана на втором законе Ньютона, который использует силу инерции, но не объясняет ее. Один из краеугольных камней в фундаменте науки все еще не нашел своего физического объяснения.

Ньютон и Эйнштейн, а также все, кто занимается физикой пришли к заключению, что инерция и гравитация должны быть тесно связаны между собой. Масса тела, которая входит в закон тяготения Ньютона, та же самая, что и масса, которая определяет силу инерции при ускорении. Ньютон заметил, что центробежная сила инерции, действующая на Землю, движущуюся вокруг Солнца, пропорциональна массе Земли и уравнивается гравитационной центростремительной силой со стороны Солнца, которая также пропорциональна массе Земли. Впоследствии все наблюдения и эксперименты показали, что инерционная масса совпадает с гравитационной массой. Это хорошо известный и общепризнанный факт, подтвержденный экспериментами, но остается без ответа вопрос, почему эти две разные концепции массы приводят к одним и тем же значениям масс.

Эйнштейн просто принял факт равенства инерционной и гравитационной масс, а затем исследовал его последствия, что в конечном итоге привело его к выводу Общей теории относительности, которую мы не будем подробно рассматривать. Однако мы используем и далее разовьем мысленный эксперимент, первоначально использованный Эйнштейном для сравнения силы инерции и силы тяготения.

Если инерция имеет ту же природу, что и гравитации, то она должна определяться кривизной пространства-времени. Однако ПЛ предполагают, что инерциальные системы отсчета имеют одинаковые геометрии Минковского, и поэтому не могут объяснить инерцию. Напротив, преобразования Фойгта показывают, что масштаб пространства-времени отличается в движущихся системах отсчета и, как мы увидим далее, это может объяснить инерцию!

Анализ мысленного эксперимента Эйнштейна

Рассмотрим объект, покоящийся на поверхности Земли. Он находится под воздействием силы тяжести, которая увлекает его «вниз», и удерживается на поверхности силой упругости почвы, равной по величине гравитационной силе, что и удерживает его в покое. Хотя объект, казалось бы, находится в состоянии

покоя, он на самом деле ускоряется «вверх» по отношению к тому, что бы он делал, если бы он не удерживался почвой. Мы можем сказать, что падение является наиболее естественным состоянием объекта в гравитационном поле, потому что при падении никакие силы на него не действуют. Это было одним из самых важных заключений Эйнштейна. Свободное падение является наиболее естественным движением и, например, Земля находится в свободном падении, двигаясь вокруг Солнца.

Теперь рассмотрим поведение объекта в ускоряющейся кабине, двигающейся вдалеке от гравитирующих масс. Наблюдатель в кабине будет ощущать силу, действующую со стороны пола кабины в направлении ускорения, то есть «вверх», подобную силе упругости поверхности Земли. Таким образом, состояние наблюдателя в ускоряющейся кабине сходно с состоянием наблюдателя на Земле – если пол кабины исчезнет, то исчезнет и поддерживающая его сила, наблюдатель перестанет ускоряться, а кабина, продолжая ускоряться, будет удаляться от наблюдателя. Следовательно, можно сказать, что наблюдатель начнет ускоряться в противоположном направлении относительно удаляющейся кабины. Это ускорение будет выглядеть совершенно так же, как и свободное падение в гравитационном поле.

Теперь, давайте бросим несколько камешков в колодец или в шахту на Земле и мы, увидев, что камешки падают вниз с ускорением, сможем сказать, что это ускорение вызвано гравитационным полем Земли. Давайте теперь сделаем отверстие в полу ускоряющейся кабины и дадим возможность таким же камешкам падать через это отверстие. Мы увидим, что камешки также ускоряются, и мы заключим, что причиной этого является ускорение кабины. Но если бы мы не знали, что кабина ускоряется, то могли бы подумать, что причиной ускорения камешков является гравитационное поле. Если это так, то причиной такого кажущегося гравитационного поля, которое я буду называть «полем инерции», может быть искривление пространства-времени так же, как и для поля гравитации.

Другими словами, мы приходим к выводу, что ускорение может служить причиной искривления пространства-времени и возникает вопрос – может ли это интересное предположение быть обосновано?

Природа Инерции

При сравнении ПЛ и ПФ мы заметили, что они отличаются друг от друга масштабным фактором, но являются физически эквивалентными. Масштабный фактор для интервала ОТО, который соответствует ПЛ, равен единице, а масштабный фактор для ПФ определяется соотношением $1 - (v/c)^2$.

Если как гравитация, так и инерция вызваны искривлением пространства-времени, то это означает, что интервал как-то изменяется при ускорении, что

противоречит СТО, где масштабный фактор одинаков для всех инерциальных систем отсчета. Так что может казаться, что искривление пространства-времени не может быть вызвано ускорением.

С другой стороны, если мы будем использовать ПФ, в которых масштабный фактор зависит от относительной скорости, то, возможно, это изменение масштаба может привести к искривлению пространства-времени и быть причиной силы инерции.

Для того чтобы исследовать эту возможность, я использовал произвольный масштабный фактор $\phi^2(x, y, z)$, зависящий от пространственных координат, для формулировки интервала Минковского. Так как поле тяготения на поверхности Земли зависит от местоположения, то это должно также иметь место и для масштабного фактора, который мог бы объяснить инерцию. Приняв это условие, я вывел уравнение геодезических ОТО, которое описывает движение частиц в гравитационном поле. Этот вывод можно найти в Приложении V.

Мои вычисления привели к совершенно неожиданному результату! Оказалось, что существует вполне определенный масштабный фактор, для которого геодезические совпадают! Это означает, что ускоряющийся объект всегда будет двигаться по геодезической ОТО, независимо от величины и направления его ускорения. Другими словами, этот особый масштабный фактор мог бы создать «поле инерции», подобное полю тяготения, которое вызывает силу инерции.

Этот динамический масштабный фактор, который обеспечивает движение по геодезической ОТО, определяется величиной $\phi = 1/\gamma = \sqrt{1 - (v/c)^2}$! В дальнейшем я буду называть его «Инерционным масштабным фактором». В обсуждавшемся ранее мысленном эксперименте этот фактор определяется относительной скоростью кабины и подающими из нее камешками.

Мы узнаем этот масштабный фактор в уравнениях СТО, где он появляется в соотношениях, определяющих сокращение длины и замедление времени.

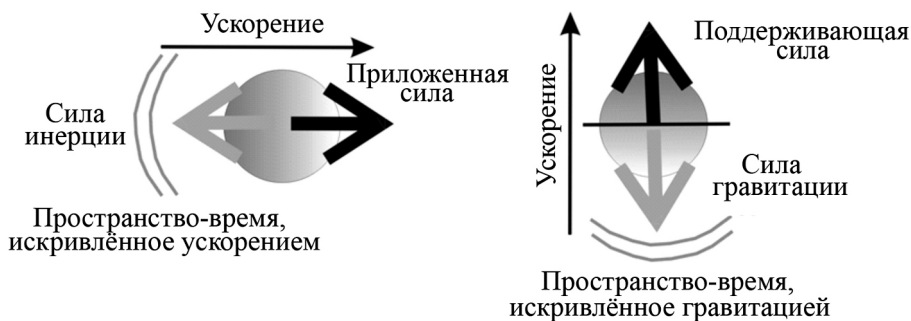


Рис. 5.1. Искривление пространства-времени, вызванное ускорением

Этот фактор также входит в интервал, определяемый ПФ! Это дает повод предположить, что в физике следует использовать преобразования Фойгта, а не преобразования Лоренца.

Рисунок 5.1 иллюстрирует сходство Инерции и Гравитации. Объект при действии силы ускоряется по отношению к «инерционной геодезической», которая в этом случае описывает движение с постоянной скоростью, так же, как и объект на поверхности Земли ускоряется по отношению к свободному падению. Более подробное обсуждение этого сходства читатель может найти в Приложении V (Masreliez, 2007a).

Онтологическая интерпретация инерционного масштабного фактора

Давайте представим себе, что частицы это стоячие волны какой-то неопределенной природы, заключенные в объеме пространства, осциллирующего со скоростью света. Как эти частицы сформированы из стоячих волн и какова природа волн несущественно для последующих рассуждений. Во время движения частица может сохранять свои колебательные свойства, включая период колебаний, как показано на рисунках 5.2 А, Б, В, где ИСО это сокращение для «Инерциальной системы отсчета» (при $c = 1$).

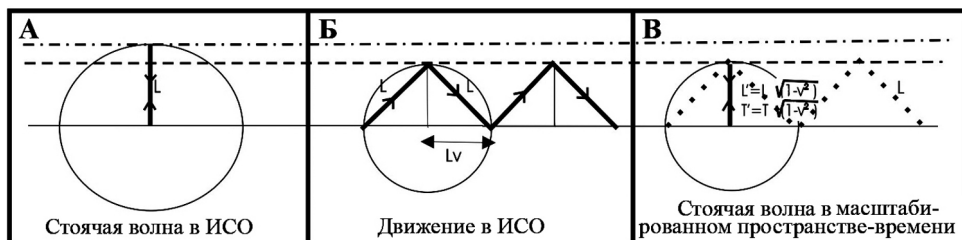


Рис. 5.2. Относительное сокращение масштаба во время движения

Если период колебаний остается постоянным, то происходит уменьшение масштаба, перпендикулярное к направлению движения, так как длина пути света остается неизменной. Такое уменьшение масштаба соответствует преобразованиям Фойгта, в которых оно определяется масштабным фактором интервала ОТО, заданном ПФ. Это уменьшение масштаба также соответствует Инерциальному масштабному фактору, который объясняет силу инерции. Инерционный масштабный фактор показывает, как частица со своим собственным неизменным течением времени реагирует на изменение скорости движения.

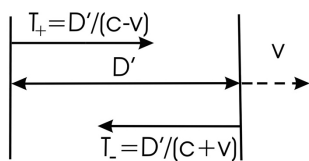


Рис. 5.3. Сокращение масштаба в направлении параллельном движению

Поскольку масштаб уменьшается в перпендикулярном направлении по отношению к движению, то это же самое должно происходить и в направлении параллельном движению

Давайте рассмотрим изменение расстояния между двумя зеркалами в движении D' и в покое D , как это показано на рис. 5.3. Если период остается одинаковым как в движении, так и в покое, то мы получим следующее соотношение:

$$\text{Период} = T_+ + T_- = \frac{2D}{c} = \frac{2D'}{c-v} + \frac{2D'}{c+v} = \frac{2D'}{c[1-(v/c)^2]} \quad (5.10)$$

Это означает, что приращение расстояния, параллельного движению сокращаются:

$$D' = [1 - (v/c)^2] \cdot D \quad (5.11)$$

Здесь мы видим сокращение масштаба при воздействии Инерционного масштабного фактора $[1 - (v/c)^2]^{1/2}$, но существует также дополнительное сокращение длины вследствие движения. Если течение времени корректируется таким же масштабным фактором, то все четыре координаты масштабируются одинаково, как это показано на рис. 5.2 В. Такое сокращение масштаба больше соответствует ПФ, нежели ПЛ.

Физические свойства частицы, независимо от их природы, сохраняются при сокращении масштаба вследствие масштабной эквивалентности. Другими словами, сохраняя свою локальную пространственно-временную геометрию, частица сохраняет и свои характеристики во время движения, не изменяя своей характеристической частоты колебаний. *Это означает, что ход атомных часов не изменяется во время инерциального движения, а релятивистское замедление времени всего лишь кажущееся.*

Подводя итоги этого раздела, можно сказать, что все движущиеся объекты реагируют на ускорение сокращением своего относительного пространственно-временного масштаба.

Относительное сокращение масштаба во время ускорения

Давайте теперь вновь вернемся к нашему мысленному эксперименту с ускоряющейся кабиной. Бросая камешки в отверстие пола кабины, мы можем заметить, что относительная скорость движения камешков брошенных раньше возрастает до больших значений, поскольку кабина продолжает ускоряться. В момент бросания камешка его относительная скорость равна нулю, а его

Инерционный масштабный фактор равен единице. Но, чем дальше брошенные камни удаляются от ускоряющейся кабины, тем больше их относительная скорость и, соответственно, меньше их Инерционные масштабные факторы. Это дает повод предполагать, что пространство-время в состоянии движения сжимается относительно пространства-времени кабины, для которой масштабный фактор всегда остается равным единице.

Кроме того, поскольку рассмотренное сокращение масштаба определяется относительно масштаба кабины, то сокращение масштаба для инерциальных систем отсчета является относительным явлением. Оно не влияет на локальный масштаб пространства-времени для наблюдателя, который покоится внутри движущейся системы отсчета, в которой Инерционный масштабный фактор всегда равен единице.

Такая ситуация невозможна в геометрии единственного и уникального четырехмерного пространства-времени, но становится возможной в пятимерном многообразии, где Инерционный масштабный фактор является пятой динамической степенью свободы.

Два аспекта времени

В физике время часто используется в качестве одного из измерений, делая мир четырехмерным. Однако современная физика не принимает во внимание то, что существуют две характеристики времени – темп течения времени и продолжительность интервалов времени. Обычно считается, что эти два аспекта времени являются синонимами – якобы наблюдаемый промежуток времени дает также и прошедшее количество секунд. Но это может быть неверно, если принять, что масштаб пространства-времени это дополнительная степень свободы, которая, позволяя всем часам всегда работать в одном и том же темпе, допускает разницу измеренных интервалов времени в движущихся системах отсчета, отличающихся метрическими масштабами пространства-времени.

Я предлагаю допустить, что темп времени это космологическое свойство всего сущего, и он одинаков во всей Вселенной и не зависит от движения.

С другой стороны, продолжительность интервала времени, например, секунды, может изменяться в относительном смысле. Таким образом, я буду считать, что существует универсальный, космологический механизм установки единого темпа течения времени, который отражается в принципах действия атомных часов. *Я предполагаю, что все атомные часы остаются синхронными, вне зависимости от их относительного движения.* Эта концепция будет подробнее развита далее.

Приняв $x = 0$ в преобразованиях Фойгта (5.4) мы получим $t' = t$. Это означает, соответственно, что истекшие интервалы времени, определяемые количеством отсчитанных часами секунд, в каждой системе отсчета одинаковы.

Допустим, что прошло N секунд. Все часы внутри рассматриваемых систем отсчета показывают число N , независимо от их относительного движения. Если показания часов при $x = 0$ в неподвижной системе отсчета совпадают с показаниями часов в некоторой движущейся системе отсчета, то все часы движущихся систем отсчета идут синхронно. Поэтому мы можем сказать, что число N определяет некоторую абсолютную эпоху в истории космоса.

С другой стороны, используя ПФ для преобразования координат в ОТО, мы находим, что интервал ОТО для движущейся системы отсчета сокращается так, что $dt' = (1/\gamma) dt$. Эти два результата применения ПФ отражают два аспекта времени – его постоянный темп течения и относительность интервалов времени. ОТО использует интервалы времени в секундах, а не количество истекшего времени N . Это означает, что хотя число N остается неизменным, интервалы времени могут отличаться, если масштаб пространства-времени в рассматриваемых системах отсчета отличается. Это может соответствовать наблюдению движущейся системы отсчета, в которой время, как кажется, течет медленнее и, хотя количество прошедших секунд остается неизменным, интервалы времени в движущейся системе могут оказаться короче из-за масштабного сокращения. Если мы не осознаем этого, то мы можем ошибочно интерпретировать сокращение интервалов времени, как следствие замедления течения времени при движении.

Современная физика не различает два рассмотренных аспекта времени. ОТО фактически игнорирует понятие темпа течения времени, просто сравнивая интервалы пространства-времени в форме приращений координат, принимая во внимание различие их метрик. Таким образом, ОТО рассматривает относительные длительности, но не учитывает темпа течения времени. Следовательно, ОТО не может описать течение времени или движение как динамический процесс. Необходимо введение дополнительной степени свободы (измерения), независимой от измерений пространства-времени, которая в контексте нашего обсуждения соответствовала бы космологическому росту масштаба.

Очевидно, что при описании движения, мы должны учитывать как темп течения времени, так и относительные длительности интервалов времени. При этом мы обнаружим, что время может течь везде в одном и том же темпе, а интервалы времени в движущихся системах отсчета могут казаться короче. Это не зависит от того какая система отсчета выбрана в качестве неподвижной. Такая ситуация не может быть описана каким либо четырехмерным преобразованием координат, так как необходимо учитывать динамический характер относительных масштабов движущихся систем отсчета.

Кто-то может возразить, что замедление времени у движущихся объектов это факт, который был подтвержден многочисленными экспериментами, и поэтому непонятно как при этом все часы могут идти в одном том же

темпе? Ответ состоит в том, что в прошлом мы не принимали во внимание возможности существования пятого измерения, определяющего динамический масштаб пространства-времени, который позволяет одновременное сосуществование различных четырехмерных многообразий пространства-времени. Движущийся объект обладает своим собственным, локальным и движущимся вместе с ним пространством-временем и воспринимает локальные геометрии других объектов, как проекции на его собственное пространство-время. Это означает, что наблюдаемые свойства движущегося объекта только кажущиеся, а не «реальные». Как мы увидим далее, это касается и скорости.

Истинная и кажущаяся скорости

Анализ двух рассмотренных аспектов времени помогает понять противоречивое использование времени в СТО. Для этого обратимся к рис. 5.4.

На рис. 5.4. в левой части показано движение в неподвижной системе отсчета, а в правой части то же самое движение в движущейся системе отсчета, где масштаб шкал координат относительно уменьшился. Если за время T объект переместился на расстояние D в неподвижной системе отсчета, то его скорость будет $v = D/T$. Подобно этому примем $v = D'/T'$, поскольку D' и T' это сжатые отражения D и T .

Однако если движение в движущейся системе отсчета происходит со скоростью v , то наблюдатель в неподвижной системе отсчета будет видеть расстояние D' , вместо того чтобы видеть расстояние D , и заключит, что пройденное расстояние меньше чем D на множитель $1/\gamma$. Для того, чтобы оценить

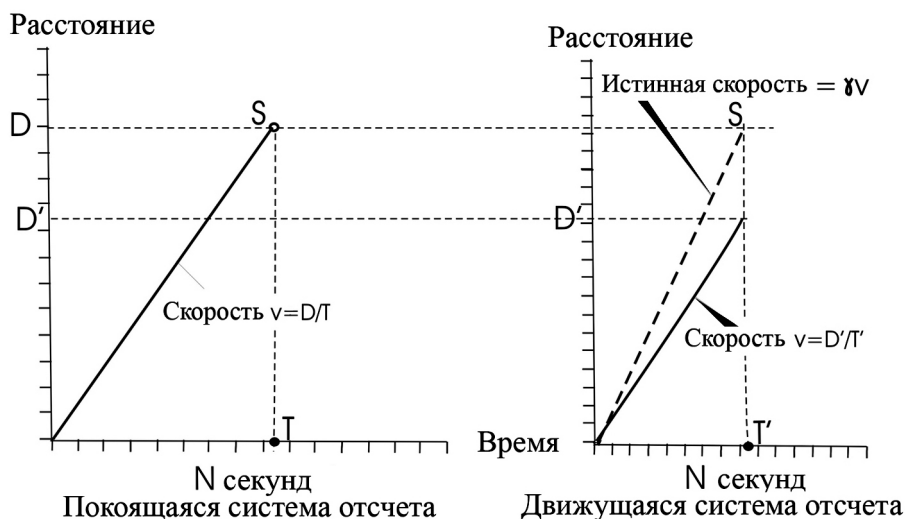


Рис. 5.4. Истинная и кажущаяся скорости

пройденное объектом расстояние как D , скорость в движущейся системе отсчета должна быть больше v на множитель γ . Это приводит к следующему выводу – если кажется, что объект движется со скоростью v , то его истинная скорость это γv .

Обратите внимание, что эта скорость является «релятивистской» скоростью, принятой в СТО, и вследствие разницы масштабов координат, относительная истинная скорость это γv , а не v . Различие между реальной и наблюдаемой скоростями определяется «скоростью света» c , которая является константой, связывающей время и пространство в четырехмерной геометрии пространства-времени ОТО.

Поскольку мы не привыкли к идее о том, что движение приводит к относительному сокращению масштабов, нам привычнее думать о движении в неподвижной системе отсчета. Но это психологическое заблуждение, так как не может быть никакого изменения координат, применяемых для описания локальной геометрии системы отсчета. Кроме того, если движение приводит к сокращению масштаба, то это исключает использование локальной метрики неподвижной системы отсчета для анализа геометрии движущегося объекта. Другими словами, как только начинается движение, объект уже не существует в неподвижной системе отсчета. Становится ясно, что четырехмерное преобразование координат не может описывать движение.

Следовательно, преобразования Фойгта могут рассматриваться как описание «проекции» геометрии движущегося объекта на локальную систему отсчета. Хотя такая точка зрения сначала кажется странной, но она станет яснее, если мы в своих рассуждениях учтем существование дополнительного пятого масштабного измерения, которое обеспечивает возможность сосуществования различных четырехмерных пространственно-временных многообразий. Движение заставляет движущиеся системы отсчета находиться в разных четырехмерных пространственно-временных многообразиях.

Дополнительное измерение вне четырехмерного пространства-времени

Предыдущие рассуждения привели нас к несколько удивительному и, быть может, настораживающему предположению, что может существовать фундаментальная, дополнительная динамическая степень свободы вне пространства и времени и, что этой «новой» степенью свободы является масштаб пространства-времени. Мы можем воспринимать эту степень свободы, как независимое «измерение», дополняющее четыре измерения пространства-времени. Мы уже видели, что для описания течения времени необходимо это дополнительное измерение.

Каждая инерциальная система отсчета имеет собственную четырехмерную геометрию пространства-времени, и все другие инерциальные системы отсчета также имеют собственные геометрии пространства-времени. Переход в результате ускорения от одной скорости к другой означает, что хотя локальная геометрия системы отсчета останется по-прежнему определяемой интервалом Минковского, но новая геометрия уже будет отличаться в пятом измерении масштаба. Движение в целом включает в себя как изменение масштаба пространства-времени, так и движение в четырехмерном пространстве-времени. Подобно стреле в Парадоксе Зенона, движущийся объект всегда остается в покое в его собственной локальной геометрии пространства-времени.

Наблюдатель, находящийся в системе отсчета, которая движется с ускорением, испытывает воздействие сокращения масштаба в прошлом, проявляющееся в форме подобной гравитации силы, направленной к прошлым состояниям системы отсчета. *Это и есть сила инерции.* Эта интерпретация, очевидно, совершенно новая идея для науки, но мы не должны ее игнорировать, поскольку она может привести нас к новому и лучшему пониманию нашего мира.

Как уже было отмечено, ПФ предполагают, что координата времени в преобразованиях одинакова для неподвижной и движущейся систем отсчета. Однако если наблюдатель сравнивает расстояния, которые он определяет из неподвижной системы отсчета, то он увидит, что расстояния в движущейся системе отсчета меньше и объекты в ней проходят большие расстояния в единицу времени по сравнению с оценкой скорости v в ПФ. Вследствие сокращения масштаба, скорость v , которую определяют ПФ, не является действительной скоростью, определяемой как расстояние в единицу времени.

Поскольку ПЛ и ПФ определяют масштабные эквивалентные интервалы Минковского с одинаковыми полевыми уравнениями ОТО, то, в соответствии с ОТО, они эквивалентны. Поэтому может показаться, что мы вправе использовать любое из этих преобразований. Однако дополнительный постулат о том, что течение времени должно быть одинаковым во всех инерциальных системах отсчета, заставляет отдать предпочтение преобразованиям Фойгта. Это приводит к необходимости пересмотреть интерпретации нескольких известных наблюдений и экспериментов, помогая понять природу инерции.

Наглядная иллюстрация дополнительного пятого измерения

Графические представления инерциальных систем отсчета с разными масштабами симметричны и зависят только от их относительной скорости. На рисунке 5.5 представлены одномерные системы отсчета, погруженные в двумерное пространство плоскости страницы.

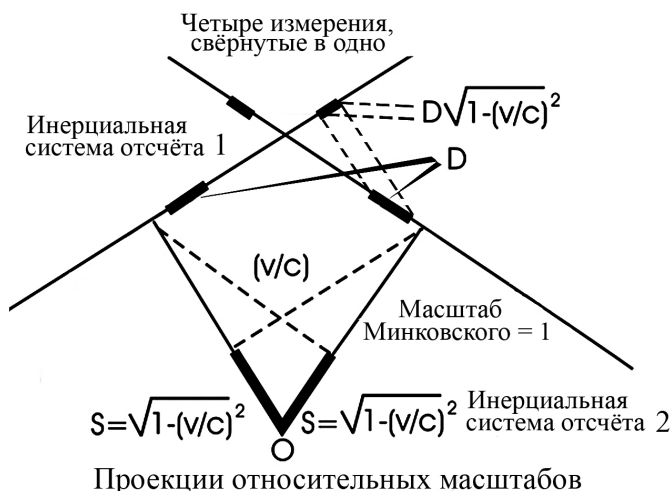


Рис. 5.5. Графический образ дополнительного измерения

На рисунке 5.5 четырехмерное пространство-время свернуто в одномерную линию, а двумерная плоскость рисунка добавляет еще одно измерение. Таким образом, две прямые линии на одной плоскости представляют два разных четырехмерных многообразия. Точно также введение дополнительного пятого измерения позволяет сосуществовать различным четырехмерным многообразиям пространства-времени для разных инерциальных систем отсчета. Такие свернутые четырехмерные многообразия представлены на рис. 5.5 двумя одномерными линиями. Ускорение приводит к переходу между двумя системами отсчета с разными масштабами, что и может быть сущностью Инерции. На рисунке две такие системы отсчета представлены двумя прямыми линиями с разной ориентацией. Рисунок также показывает, как некоторый интервал одномерной линии проектируется на другую одномерную линию так, что его проекция оказывается короче, в соответствии с Инерционным масштабным фактором. Такое сокращение иллюстрирует уменьшение расстояний и интервалов времени в СТО.

Кроме того, рисунок показывает, как проекция скорости движения точки на одной из линий, оказывается меньше на другой линии. Когда угол пересечения двух линий приближается к прямому, скорость движения на одной из линий может неограниченно возрастать, в то время как проекция этой скорости на другую линию может оставаться достаточно малой. То же самое происходит и в четырехмерном пространстве-времени, когда скорость приближается к скорости света c с полной остановкой времени при $v = c$. В СТО это соответствует замедлению времени и сокращению расстояний, пропорциональным Инерционному масштабному фактору, который стремится к нулю, когда v приближается к значению скорости света c .

«Одномерный наблюдатель», живущий на линии нашего рисунка, может так никогда и не почувствовать второе измерение плоскости рисунка. Точно также и мы, пребывая в четырехмерном мире, не ощущаем непосредственно пятого измерения масштаба.

Несколько интересных следствий относительного сокращения масштаба

Если масштаб пространства-времени относительно уменьшается при ускорении, то это будет иметь последствия весьма похожие на то, что описывает СТО и это может объяснить, почему в наше время СТО считается абсолютно правильной. Однако интерпретации некоторых наблюдений с использованием релятивистского времени СТО отличаются от объяснений концепции динамического масштаба пространства-времени.

Во-первых, если уменьшение масштаба при движении приводит к сокращению интервалов времени и расстояний, то, как уже отмечалось, наблюдаемая из неподвижной системы отсчета скорость v не будет истинной скоростью. Наблюдатель в неподвижной системе отсчета видит уменьшившиеся расстояния в движущейся системе отсчета, но использует свою собственную шкалу времени для оценки скорости и поэтому ему кажется, что скорость в движущейся системе отсчета больше. Из-за сокращения расстояний истинная скорость это γv , а не v , как ее можно было бы рассчитать, определив расстояние, пройденное за секунду.

Следующий мысленный эксперимент может помочь прояснить ситуацию. Давайте представим себе, что мы очень быстро летим над поверхностью планеты. Если скорость полета вызывает относительное сокращение масштаба, то расстояния между отмеченными на поверхности планеты верстовыми столбами будут казаться короче, и поэтому мы можем преодолеть большее расстояние за секунду, то есть мы летим со скоростью больше v .

Такая корректировка нашего восприятия будет иметь интересные последствия. «Скорость света» c становится пределом возможности наблюдения движущегося объекта, но не ограничивает расстояния, на которое этот объект может переместиться в течение заданного времени. За год можно улететь дальше, чем на световой год! (Это верно также и в СТО вследствие релятивистского замедления времени). Наша новая интерпретация движения приводит к нескольким дополнительным выводам.

Так как движущийся со скоростью v объект имеет «истинную скорость» $v' = \gamma v$, то его импульс будет $p = mv'$, что соответствует и СТО и классической физике. Масса объекта не увеличивается, но зато его «истинная скорость» больше, чем наблюдаемая скорость v . Наблюдаемое «увеличение массы» вызвано более высокой «истинной скоростью», а не ростом «релятивистской массы»:

$$p = m \cdot v = \text{«релятивистская масса»} \cdot v = (\gamma m_0) \cdot v = m_0 \cdot (\gamma v) = m_0 \cdot \text{«истинная скорость»}$$

Следовательно, это объясняет кажущийся релятивистский рост массы более высокой «истинной скоростью», а не каким-то таинственным, необъяснимым процессом, который приводит к росту массы.

Быстро движущийся по круговой траектории путешественник, судьба которого интересовала Эйнштейна, не станет моложе после своего возвращения, а просто прибудет обратно раньше, чем можно было бы судить по его наблюдаемой скорости v . Нет никакой разницы между истекшим временем для движущегося путешественника и неподвижного наблюдателя, поскольку ход часов в их системах отсчета одинаков. *Это решает Парадокс близнецов раз и навсегда.*

Следствием обсуждавшейся концепции динамического масштаба является возвращение до-релятивистской категории Ньютоновской одновременности. Атомные часы могут регистрировать на своих шкалах космологическую одновременность, и это делает устаревшим использование световых сигналов для синхронизации часов.

Согласно СТО, вследствие замедления времени можно покрыть расстояние в заданный интервал времени большее, чем то, которое допускает скорость v . В нашей новой теории будет то же самое, поскольку скорость возрастает с тем же самым множителем, который применяет СТО для описания замедления времени.

Количество мюонов, прошедших через земную атмосферу к регистрирующим приборам, будет больше количества, рассчитанного по их временам жизни, просто из-за их более высокой «истинной скорости» и более короткого времени прохождения атмосферы.

В современных синхротронах электроны могут достигать скоростей в 99,999 99 процентов от скорости света, и при этом они излучают на частотах, которые соответствуют частоте их вращения в синхротроне. Но поскольку «истинные скорости» электронов больше наблюдаемых на множитель γ , то частота их излучения также превышает на множитель γ частоту приложенного ускоряющего поля.

Течение времени и абсолютное время

Настройка относительного масштаба пространства-времени во время ускорения определяет общий темп течения времени для всех движущихся объектов, допуская для них при этом возможность разницы в относительных интервалах времени. Поэтому течение времени может быть одинаковым во всех инерци-

альных системах отсчета, но при этом может казаться, что время замедляется в движущихся системах отсчета. Наблюдаемое «замедление хода» движущихся часов лишь кажущееся и является результатом относительного уменьшения масштаба пространства-времени. Как уже отмечалось, это объяснение решает самый спорный и широко обсуждаемый Парадокс близнецов СТО.

Введение метрического масштаба в качестве дополнительной динамической характеристики бытия, позволяет определить четкое различие между локальной геометрией пространства-времени в неподвижной системе отсчета и геометрией пространства-времени в двигающейся системе отсчета, которые раньше считались тождественными. Теперь мы понимаем, что в движущихся системах отсчета происходит сокращение метрического масштаба.

Дополнительная степень свободы для движения в форме динамичного масштаба четырехмерного пространства-времени, проявляется в космологическом расширении, которое, вероятно, происходит одновременно во всем космосе. Этот новый процесс масштабного расширения способен объяснить течение времени, как физический процесс «вне пространства и времени», то есть динамический физический процесс, который не меняет четырехмерную геометрию, как она определяется интервалом ОТО. Это объясняет, почему течение времени всегда казалось таинственным, а мы все понимаем, что это так или иначе связано с движением «во времени», а не в пространстве, но не можем себе наглядно представить такое движение. Процесс возрастания масштаба пространства-времени и является течением времени.

Эта «новая» и ранее неизвестная особенность нашего мира, имеет огромное значение, и кажется странным, что это не было понято раньше. Однако вскоре это может стать очевидным для всех.

Космологическое расширение с постоянным возрастанием масштаба пространства-времени происходит одновременно (нелокально) и не ограничено «скоростью света» c . В принципе это может использоваться для космологической синхронизации часов и, таким образом, отпадает необходимость в синхронизации часов с помощью световых сигналов, как это делается в СТО. Абсолютное время Ньютона возвращается!

Фотон как частица

Природа фотона всегда оставалась таинственной, что немало озадачивало Эйнштейна:

«За все пятьдесят лет сознательного размышления, я так и не приблизился к тому, чтобы ответить на вопрос — что такое световые кванты? Конечно, сегодня каждый мошенник думает, что знает ответ, но он вводит в заблуждение себя самого».

Теодор Калуца и Оскар Клейн утверждали, что свет это «искажение пяти-мерного пространства», и что это чистое «созерцание» (*Anschauung*), то есть, специфическое восприятие без возможности какого либо описания в известной физике.

Новое объяснение процесса движения, обсуждаемое нами, возможно, прольет немного света (не каламбур!) на природу фотона, если предположить, что эта загадочная частица не движется со скоростью света c , а движется с «наблюдаемой» скоростью v , которая немного меньше «скорости света» c , но очень близка к ней. Предположив, что фотон имеет малую виртуальную «массу покоя» m_0 , мы можем определить его импульс с помощью релятивистской скорости как $p = \gamma m_0 v$, а его энергию как $E = pc = \gamma m_0 c^2$. Это означает, что вся энергия фотона является кинетической.

Такая интерпретация природы фотона приводит к мысли, что все фотоны в действительности движутся с «истинной скоростью», которая превышает скорость света c , и «скорость света» не является физической скоростью фотонов, а служит фундаментальной постоянной, которая связывает пространство и время. Малый размер фотона может быть объяснен значительным сокращением масштаба вследствие очень быстрого движения. И поскольку СТО вводит дополнительное сокращение размера фотона в направлении движения, то это может объяснить осциллирующее электромагнитное поле, перпендикулярное направлению его движения.

Это позволяет использовать наглядный образ фотона как частицы с модулирующей метрического поля, подобной «волне материи» де Бройля. В главе IV этой монографии мы уже видели, что волны де Бройля можно представить как модуляции колебаний метрического масштаба пространства-времени, которые в ПФ (а также в ПЛ) определяются соотношением:

$$\omega vx/c^2 \approx \omega_0 \gamma x/c \quad (5.12)$$

При длине волны де Бройля $\lambda = x$, интервал времени t_m между двумя последовательными «гребнями» волны де Бройля определяется соотношениями:

$$\omega_0 \gamma vx/c^2 \approx \omega_0 \gamma x/c \approx \omega_0 \gamma \cdot \lambda/c = \omega_0 \gamma \cdot t_m = 2\pi \quad (5.13)$$

С другой стороны период t_c Комптоновских осцилляций, ассоциированных с частицей, определяется соотношением:

$$\omega_0 \gamma t_c = 2\pi \quad (5.14)$$

Таким образом, для фотона: $t_m = t_c$ и для этой частицы период Комптоновских осцилляций метрики времени, и период модуляции волн де Бройля в пространстве совпадают. *Фотон существует как единственная*

волна, а не как суперпозиция двух волн разной природы – волны де Бройля и Комптоновской волны, что может объяснить корпускулярно-волновой дуализм фотона.

Как мы уже видели волны материи де Бройля могут и быть загадочными «волнами» квантовой механики, которые управляют частицами, например, в двухщелевом эксперименте. Это так и для фотона, который может вести себя как обычная частица. Поэтому вполне вероятно, что фотон является особой частицей с ненулевой, но чрезвычайно малой массой покоя.

Когда-то Ричард Фейнман писал:

«Существует, по крайней мере, одно упрощение. Электроны ведут себя... точно таким же образом как фотоны; они очень странные, но в одном и том же смысле ...»

Мы можем перефразировать этот его комментарий – фотоны это частицы, которые ведут себя точно также как электроны!

Таким образом, оказывается, что фотон можно представить себе как частицу, которая ведет себя точно также как и остальные микрочастицы. Но при этом следует помнить, что это онтологическое объяснение предполагает относительное сокращение масштаба пространства-времени при движении. *Но эта интерпретация не совместима со СТО, что, возможно, и объясняет неудовлетворенность Эйнштейна этой теорией.*

Справедлива ли Специальная Теория Относительности?

Выяснять «справедлива» ли СТО это то же самое, что сейчас спрашивать, справедливо ли было использование некогда эпициклов при описании движения планет. Если мы примем во внимание только возможность описания с помощью эпициклов движения планет на ночном небе, то мы должны признать, что они обеспечивали превосходную точность. Но, если мы хотим понять, почему планеты движутся так, а не иначе, то мы уже не обратимся для этого к модели эпициклов.

Как и с моделью эпициклов, тот факт, что расчеты СТО соответствуют нашим наблюдениям, может заставить нас полагать, что эта теория абсолютно правильна. Но если мы хотим найти онтологическое объяснение, почему время течет медленнее при движении, или стремимся понять что такое Инерция, то СТО не может быть последним этапом в нашем поиске.

Если мы примем преобразования Фойгта, а не Лоренца, то это будет означать, что наблюдаемый масштаб пространства-времени движущейся системы отсчета относительно уменьшается, но это изменение масштаба не влияет на локальную четырехмерную геометрию этой системы отсчета.

Эта интерпретация имеет три основных преимущества:

Признание того, что системы отсчета при относительном движении находятся в различных пространственно-временных многообразиях, решает Парадокс близнецов,

Преобразования Фойгта позволяют использовать универсальную шкалу времени (абсолютное космологическое время).

Преобразования Фойгта объясняют природу силы инерции.

Парадокс близнецов решается, поскольку уменьшенный масштаб в движущейся системе отсчета позволяет наблюдаемым часам идти медленнее, не оказывая влияния на локальный темп течения времени в движущейся системе отсчета.

При условии, что для движущейся системы отсчета применяются преобразования Фойгта, а не Лорентца, можно использовать универсальную шкалу времени.

Природа инерции объясняется искривлением пространства-времени, вызванным динамическим характером масштаба пространства-времени.

Все вышесказанное, имеет один «недостаток», если верить в то, что существующая физика способна правильно описывать наш мир – новое предположение о том, что при преобразованиях между движущимися системами отсчета необходимо учитывать дополнительно динамический характер масштаба пространства-времени. Следовательно, уже не достаточно описывать относительное движение просто определяя изменения координат в четырехмерном пространстве-времени. Необходимо учитывать также изменение пятой координаты – масштаба пространства-времени.

Можно удивляться тому, что СТО пережила всю критику, которой ее подвергают уже более ста лет с 1905 года. Причина, вероятно, в том, что выводы Эйнштейна совершенно логичны и правильны, пока мы считаем мир четырехмерным. Поэтому математики, анализируя теорию, не смогли найти никаких ошибок. Однако признание существования дополнительного измерения масштаба открывает новый мир.

Ученые сейчас стоят перед выбором – либо, продолжая доверять математике и Эйнштейну, смириться с существующими противоречиями в физической картине мира, либо, подобно Герберту Динглу, предположить, что не все в порядке в СТО.

Заключительные замечания о Движении, Инерции и Специальной теории относительности

В 1905 году, когда Альберт Эйнштейн опубликовал свой вывод формул СТО, Хендрик Лорентц и Анри Пуанкаре уже вывели преобразования Лорентца, которые помогли Эйнштейну дать обоснование СТО. В соответствии с Прин-

ципом относительности, ход времени должен быть одним и тем же во всех инерциальных системах, однако СТО утверждает, что в движущихся системах отсчета он другой. С самого начала истории СТО это несоответствие стало главной темой всех дискуссий. Очевидно, что теория не может быть верной, если она предлагает два противоречивых утверждения – сначала предполагая, что время неизменно во всех инерциальных системах отсчета (Принцип относительности) и, одновременно утверждая, что время в движущихся системах отсчета различно.

Новая теория, обсуждаемая в этой книге, устраняет это противоречие, вводя дополнительный аспект бытия мира, в форме относительного масштаба инерциальных систем отсчета, который определяет различие геометрий пространства-времени систем отсчета. Все наблюдатели в инерциальных системах отсчета могут иметь один и тот же темп течения времени, но при этом регистрировать кажущееся изменение хода часов при относительном движении систем отсчета из-за различия их масштабов. Масштаб становится дополнительной размерностью пространства-времени, и мы можем вполне справедливо задаться вопросом, оправдано ли это усложнение.

Есть, по крайней мере, три веских соображения в пользу рассмотренного нового аспекта бытия:

Во-первых, силу инерции можно объяснить как следствие искривления пространства-времени, вызванного относительным изменением масштаба. Поскольку инерция обусловлена изменением четырехмерной геометрии системы отсчета, то все системы отсчета с инерцией являются инерциальными системами отсчета. Это возможно при учете дополнительного измерения масштаба.

Во-вторых, использование масштаба делает возможным существование единого космологического темпа течения времени, и абсолютное время Ньютона могло бы вернуться.

В-третьих, существование разных масштабов пространства-времени изменило бы характер ограничений скорости при космических полетах.

Эти преимущества представляются существенными и могли бы оправдать дальнейшие исследования «нового» измерения масштаба. Мы знаем, что отсутствие универсального темпа течения времени противоречит нелокальности взаимодействий в квантовой физике и заставляет сомневаться в однородности эволюции космоса. Становится ясно, что скорость света c не может быть универсальным ограничением скорости взаимодействий. Представляется, что теоретическое ограничение того, насколько далеко мы можем путешествовать в заданный интервал времени, является необоснованным. В контексте книги забавно отметить, что заветная «сверхскорость» научной фантастики может найти оправдание в новой физике, поскольку все ускорения сокращают относительный масштаб геометрии пространства-времени.

Специальная теория относительности является наилучшей теорией, которую мы можем предложить для четырех измерений пространства-времени. Но, скорее всего, этот образ пространства-времени не полон и, по крайней мере, еще одно дополнительное «измерение» может существовать в форме динамического масштаба, и возможностью использовать эту гипотезу не следует пренебрегать. Это способно указать новые перспективы для исследований, помогая лучше понять наш мир.

Главной целью этой главы о Движении является попытка показать перспективность гипотезы о динамическом масштабе пространства-времени, в надежде, что эта идея будет объективно исследована.

Заключение

Главная цель науки состоит в том, чтобы помочь нам понять мир, используя образы и понятия, которые мы считаем известными и достаточно ясными. Именно поэтому математика играет такую важную роль в физике. Математика использует очень лаконичный язык, сформированный утверждениями, в справедливости которых нет поводов усомниться, например, $2 + 2 = 4$. Поэтому нам кажется, что если мы можем объяснить наш мир с помощью этого языка, то такие объяснения должны быть правильными. Однако это не обязательно так.

Проблема состоит в том, что описание Природы может и не быть ограничено теми концепциями и утверждениями, которые применяются в математических теориях. Другими словами, информация, предполагающая справедливость одного набора аксиом, может заметно отличаться от информации, использующей другие аксиомы.

Модель Масштабно Расширяющегося Космоса (МРК) является примером такой ситуации. Использование пятого измерения масштаба, дополняющего уже известные четыре измерения пространства-времени, приводит к принципиально другому пониманию мира, которое лучше соответствует нашим наблюдениям. Математические модели, использующие это новое измерение, хорошо объясняют и описывают многие таинственные сущности и явления, включая Творение мира из «ничего», Темную энергию и Темную материю, которые оказываются артефактами неудачных математических моделей. Другими словами, Темной энергии и Темной материи не существует.

Таким образом, основная проблема современного научного мировоззрения состоит в том, что оно игнорирует возможность изменения геометрического масштаба мира со временем. Именно поэтому природа течения времени всегда оставалась загадочной. Но оказывается, что течение времени может отражать непрерывный процесс изменения геометрического масштаба мира! Приняв новое мировоззрение, которое предлагает эта книга, мы покинули бы четырехмерный мир, сделав первый шаг в полную новых возможностей пятимерную Вселенную, которая лучше соответствует нашему интуитивному восприятию мироздания.

Цепь рассуждений, представленная в этой монографии, разрабатывалась более двадцати лет и является плодом целеустремленного изучения ограниченности

нашего современного мировоззрения. В процессе этого исследования обнаружилось, что в прошлом мы пренебрегли интересной и плодотворной идеей о существовании дополнительной степени свободы в движении, которая может проявляться как переменный масштаб четырехмерного пространства-времени. Конечно, сначала довольно трудно принять эту новую и непривычную концепцию, особенно потому что она противоречит нескольким предрассудкам, уже глубоко укоренившимся в нашем мировоззрении и в фундаменте современной науки.

Эта книга бросает вызов, как профессиональным ученым, так и любопытствующим читателям, которые могут быть не готовы к восприятию новых идей книги. Однако таинственная природа течения времени, которое, несомненно, является чутко воспринимаемым и важнейшим аспектом нашего бытия, по-прежнему остается предметом научных размышлений. Очевидно, что если мы не сможем объяснить течение времени, то нет никакой надежды, что мы когда-либо поймем жизнь Вселенной. Следовательно, возможность того, что космологический рост масштаба пространства и времени может объяснить природу течения времени, должна заинтересовать всех.

Моя работа над моделью МРК часто радовала меня новыми и неожиданными открытиями. Я понимаю, что часть идей моей монографии некоторые ученые могут счесть «наивными» и усомниться в моих новых интерпретациях общепризнанных фактов. Однако некогда идею Коперника о движении Земли вокруг Солнца, которая нарушала установленные в то время границы разумного, многие тоже считали наивной по сравнению с моделью Птолемея, в которой было более 80 эпициклов.

Я хочу остановиться на некоторых особенностях моей работы над принципами нового мировоззрения, которую я начал в 1993 году. Основная идея модели МРК определяется тем, что не существует какого либо предопределенного геометрического масштаба нашего мира и все возможные миры с разными геометрическими масштабами должны казаться одинаковыми их обитателям. Эти умозаключения подтверждаются Общей теорией относительности, в которой полевые уравнения гравитации не зависят от масштаба пространства-времени. Космологическая масштабная эквивалентность является главным постулатом в модели МРК. Предполагается, что масштаб пространства-времени может возрастать и это определяет природу расширения Вселенной.

Древнегреческий философ Парменид утверждал, что «нечто» не может произойти из «ничего» и, что все ныне сущее существовало всегда. Если бытие мира вечно, то масштаб космоса должен возрастать прогрессивно (экспоненциально), поскольку при этом все эпохи становятся масштабно эквивалентными с одинаковыми геометриями пространства-времени в ОТО. Сейчас считается, что возраст Вселенной около 14 миллиардов лет (Время Хаббла) и поэтому

константа, определяющая экспоненциальный космологический рост масштаба, могла бы быть принята равной Времени Хаббла.

Эти соображения позволяют определить интервал в модели МРК в форме интервала Минковского с экспоненциально возрастающим масштабом. При этом возраст космоса во все эпохи оказывается всегда 14 миллиардов лет, а Время Хаббла служит независимой от возраста Вселенной космологической константой. Сделанные предположения позволяют исключить рассмотрение подробностей вызывающего беспокойство ученых «творения» Вселенной, которое описывает модель Большого Взрыва в современной космологии.

Критическая массовая плотность Эйнштейна появляется в тензоре энергии-импульса, который определяет интервал модели МРК в качестве его временной компоненты, а пространственные компоненты тензора оказываются частью предложенной Эйнштейном космологической постоянной. Это позволяет рассматривать и Темную энергию, и «ускоряющееся расширение» пространства Вселенной, как непосредственные следствия космологического роста масштаба пространства-времени. Таким образом, Темная энергия может оказаться энергией искривленного пространства-времени, а не какими-то экзотическими и пока неизвестными микрочастицами.

Зависимость красного смещения от расстояния до наблюдателя, соответствующая интервалу модели МРК, позволяет сравнить эту модель с астрономическими наблюдениями дальнего космоса. Три классических космологических теста – рост числа наблюдаемых галактик, уменьшение угловых размеров галактик и оценки поверхностной яркости галактик хорошо совпадают с расчетами по модели. При этом следует отметить, что расчеты современной «стандартной» космологической модели часто расходятся с наблюдениями. Количественные оценки модели МРК также хорошо соответствуют наблюдениям сверхновых звезд *SN Ia*, без каких либо предположений о существовании Темной энергии или Космологической постоянной Эйнштейна.

Если происходит постоянный рост масштаба четырехмерного интервала, как это предполагается в модели МРК, то это означает, что соответственно меняется интервал ОТО, отражая изменение геометрии Вселенной со временем. Это нарушало бы принцип масштабной эквивалентности и предположение о вечном существовании мира, геометрия которого не должна зависеть от времени. Поэтому четырехмерное пространство-время ОТО не может быть использовано для описания модели МРК.

Это кажущееся противоречие в модели МРК может быть формально преодолено, если предположить, что космологический масштаб меняется ступенчато, на каждом шаге воспроизводя четырехмерную геометрию пространства-времени с возросшим масштабом. Поэтому модель МРК использует процесс Динамического Дискретного Масштабного Перехода (ДДМП), который

обеспечивает выполнение принципа масштабной эквивалентности геометрий четырехмерного мира.

Таким образом, динамический масштаб пространства-времени мог бы использоваться физикой, как новая фундаментальная степень свободы, соответствующая пятимерной модели космоса в ОТО. Возможно, что пятимерная версия ОТО, некогда рассмотренная Теодором Калуца, и позволявшая объединить теорию гравитации Эйнштейна с уравнениями Максвелла, являлась первым намеком на более сложную пятимерную геометрию нашего мира.

Дискретный, ступенчатый процесс ДДМП в модели МРК позволяет найти связь этой модели с Квантовой механикой (КМ), рассматривая осцилляции масштаба пространства-времени. Интерпретация КМ, предложенная Дэвидом Бомом, может быть получена из ОТО, если предположить, что масштаб интервала Минковского осциллирует с Комптоновской частотой. Такая концепция позволяет объединить ОТО и КМ, в которой волновые функции могут интерпретироваться как модуляции осцилляций масштаба пространства-времени!

Со времени Ньютона природа силы инерции, которая учитывается вторым законом Ньютона, остается загадочной. В модели МРК при использовании Инерционного масштабного фактора (ИМФ): $\sqrt{1 - (v/c)^2}$, определяющего масштаб интервала Минковского, силу инерции также как и силу гравитации можно объяснить искривлением пространства-времени. После умножения интервала Минковского на квадрат ИМФ все траектории ускоряющихся движений становятся геодезическими ОТО!

Это дает повод предполагать, что инерциальные системы отсчета СТО существуют в разных четырехмерных многообразиях ОТО с различными относительными масштабами.

Рассмотренная интерпретация силы инерции позволила бы скорректировать некоторые выводы СТО, не меняя ее основных принципов и толкования ее экспериментальных подтверждений. Это, в частности, привело бы к бесспорному разрешению Парадокса близнецов, поскольку оценки интервалов времени в движущихся системах отсчета, проведенные внешними наблюдателями, отличаются из-за различия масштабов от измерений времени наблюдателями, находящимися в этих движущихся системах отсчета. Кроме того, модель МРК обеспечивает возможность применения абсолютного космологического масштаба времени.

Представленные в книге идеи и выводы, конечно, из-за своей новизны могут сначала казаться немного трудными для восприятия, но если хотя бы некоторые из них окажутся верными, то они способны коренным образом изменить науку. Возникла бы необходимость в уточнении законов движения и тяготения Ньютона для космологических масштабов, пересмотре СТО и объединении ОТО с КМ.

Космос можно рассматривать как термодинамически открытую систему, в которой энергия создается процессом замедляющегося течения времени и поступает в расширяющееся пространство, сохраняя при этом общий нулевой энергетический баланс. Это оказывается возможным из-за космологического роста масштаба, сохраняющего неизменной геометрию четырехмерного пространства-времени. Течение времени, которое отражает этот процесс непрерывного возрастания масштаба, чутко ощущается всеми живыми существами и, несомненно, займет достойное место в ряду фундаментальных физических процессов.

Обращаясь к истории естествознания, интересно отметить, что Ньютон так и не смог ответить на вопрос о том, что могло бы обеспечивать гравитационное взаимодействие в пустом пространстве, и оставил эту проблему нерешенной. Фарадей же предположил, что некое «поле» передает магнитную силу, формируя геометрические фигуры из железных опилок на листе бумаги, под которым находится магнит. Эта идея поля получила дальнейшее развитие в уравнениях Максвелла, которые описывают электромагнитное взаимодействие.

Общая теория относительности не только ввела объяснение гравитационных взаимодействий существованием «гравитационного поля», но и предложила объяснение природы этого поля «искривлением пространства-времени». После этого электромагнитное и гравитационное поля превратились в разные сущности, действующие независимо в пространстве и времени.

Впоследствии Теодор Калуца показал, что уравнения Максвелла могут быть следствием определенной пятимерной версии ОТО. Однако многие ученые, включая Эйнштейна, долго не могли понять каким образом вывод уравнений Максвелла оказался возможным в ОТО. Это удивительное открытие Теодора Калуцы, впоследствии подробно исследованное Оскаром Клейном, стали называть «чудом Калуцы-Клейна». Возможно, что не объясненный физикой глубинный смысл этого открытия и явился первым намеком на то, что для понимания мира нужно использовать больше измерений, чем четыре измерения пространства-времени.

Квантовая теория, в свою очередь, еще больше осложнила наше понимание мира, добавив концепцию подобных полю «волновых функций», которые описывали какие-то «вероятности», а не локальные «физические» характеристики. Теперь представляется, что в природе нет ничего кроме четырех измерений пространства-времени и динамического масштаба пространства-времени, играющего роль пятого измерения. Не существует никакой таинственной «субстанции» или мельчайших «фундаментальных частиц» в глубинной сущности бытия материи. Вполне возможно, что мир это динамическая геометрия пятимерного гиперпространства, которую течение времени обеспечивает энергией. Все «поля» и вся материя могут оказаться модулированными осцилляциями метрики этого пятимерного гиперпространства.

В двадцатом столетии мы потеряли мудрое древнее видение самодостаточного в своем вечном существовании мира, мира без начала и без конца, заменив его образом Вселенной, родившейся из «ничего» примерно 14 миллиардов лет тому назад и обреченной на гибель в будущем. Теперь же, мы можем вернуться к вере в мир без ограничений в пространстве и во времени, в мир полный смысла и неограниченных возможностей, в котором все мы можем чувствовать себя как дома.

«Нет величия там, где нет простоты, добра и правды» (Лев Толстой)

Литература

Anderson, J.D., Laing, P.A., Lau, E.L., Anthony, S.L., Nieto, M.M., and. Turyshchev, S.G. Study of the anomalous acceleration of Pioneer 10 and 11 // *Physics Review Letters* D 65 (2003): 082004–54.

Bell, John S. *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

Bohm, D. A suggested interpretation of quantum theory in terms of ‘hidden’ variables, I and II // *Physics Review* 85 (1952): 166–93.

Bohm, D. and Vigier J.V. Model of the causal interpretation of quantum theory in terms of fluid with irregular fluctuations // *Physics Review* 96 (1954): 208–16.

Dingle, H. *Science at the Crossroads*. London: Martin, Brian & O’Keefe, 1972.

Djorgovski, S., and Spinrad, H. Toward the application of metric size function in galactic evolution and cosmology // *The Astrophysical Journal* (1973) 251: 417–23.

Dürr, J.S., Goldstein, S., and Zanghi, N. Bohmian mechanics as the foundation of quantum mechanics. In *Bohmian mechanics and quantum theory, an appraisal*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic (1996). Ehrenfest’s parado n.d. In Wikipedia

Einstein, A. On the electrodynamics of moving bodies // *Annalen der Physik* (1905) 17: 891–921.

Einstein, A. Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie // *Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften* VI. Berlin, 1917.

Einstein, A. Die Feldgleichungen der Gravitation (The field equations of gravitation) // *Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften* (1915):844–847

Einstein, A. Quantenmechanik und wirklichkeit // *Dialectica* (1948) 2: 329–424.

Holland, P.R. *The Quantum Theory of Motion: An Account of the De Broglie-Bohm Causal Interpretation of Quantum Mechanics*. Cambridge University Press, Cambridge (first published June 25 1993),

Kaluza, Theodor. Zum Unitätsproblem in der Physik // *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.)* (1921): 966–972

Klein, Oskar. Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie // *Zeitschrift für Physik A* (1926) 37 (12): 895–906.

Kolesnik, Y.B. Analysis of modern observations of the Sun and inner planets // *Astronomy and Astrophysics* (1995) 294: 876–94.

Kolesnik, Y.B. Residual rotation of the FK5 system from optical observations of the Sun and planets 1960–1994. In *Dynamics, ephemerides and astrometry of the solar system*, ed. S. Ferraz-Mello, B. Morando, and J.-E. Arlot,. Dordrecht, the Netherlands: Reidel. 1996 pp. 477–481.

Kolesnik Y, and Masreliez, C.J. Secular trends in the mean longitudes of the planets derived from optical observations // *AJ*. (2004) 128, No. 2, p. 878

Krasinsky, G.A., Aleshkina, E.Y., Pitijeva, E.V., and Sveshnikov, M.L. In: *Relativity in celestial mechanics and astronomy*, ed. J. Kovalevsky and V.A. Brumberg, 215–X New York: Springer, 1986.

LaViolette, P. Is the universe really expanding? // *The Astrophysical Journal* (1986) 301: 544–553.

Lubin, L.M. and Sandage, A. The Tolman surface brightness test for the reality of the expansion. IV. A measurement of the Tolman signal and the luminosity evolution of early-type galaxies // *Astrophysics* (2001) 122: 1074–1103..

Masreliez, C.J. The scale expanding cosmos // *Astrophysics and Space Science* (1999) 336: 399–447.

Masreliez, C.J. Scale expanding cosmos theory I—An introduction // *Apeiron* (2004a) 11 (3): 99–133.

Masreliez, C.J. Scale expanding cosmos theory II—Cosmic drag // *Apeiron* (2004b) 11 (4): 1–29.

Masreliez, C.J. Scale expanding cosmos theory III—Gravitation // *Apeiron* (2004c) 11 (4): 30–51.

Masreliez, C.J. Scale expanding cosmos theory IV—A possible link between general relativity and quantum mechanics // *Apeiron* (2005a) 12 (1): 89–121.

Masreliez, C.J. A cosmological explanation to the Pioneer anomaly // *Astrophysics and Space Science* (2005b) 299: 83–108.

Masreliez, C.J. Does cosmological scale-expansion explain the universe? // *Physics Essays* (2006c) 19: 91–122.

Masreliez, C.J. Motion, inertia and special relativity – a novel perspective // *Physica Scripta* (2007a) 75: 119–125.

Masreliez, C.J. Dynamic incremental scale transition with application to physics and cosmology // *Physica Scripta* (2007b) 76: 486–493.

Masreliez, C.J. Special relativity and inertia in curved spacetime // *Advanced Studies in Theoretical Physics* (2008) 2: 795–815.

Masreliez, C.J. Inertia and a fifth dimension—Special Relativity from a new Perspective // *Astrophys Space Sci.* (2010) 326: 281–291.

Masreliez, C.J. *The Progression of Time – How the expanding scale of space and time forms our world and powers the Universe*. Amazon, 2013.

Metcalfé, N., Shanks, T., Fong, R. and Roche, N. Galaxy number counts—III. Deep CCD observations to $B = 27.5$ mag. // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (1995) 273: 257–276.

Oosterwinter, C. and Cohen, C.J. New orbital elements for Moon and planets // *Celestial Mechanics* (1972) 5: 317–95.

Neto, P.N., and P.I. Trajtenberg P.I. On the localization of gravitational energy // *Brazilian Journal of Physics* (2000) 30: 181–188.

Perlmutter, S., Pennypacker, C.R., Goldhaber G., Goobar, A., Muller, R.A., Newberg, H.J.M., Desai, J., Kim, A.G., Kim, M.Y., Small, I.A. et al. A type 1a supernova at $z = 0.347$ // *Astrophysical Journal Letters* (1995) 440: L41–L45.

Perlmutter, S., Gabi, S., Goldhaber, G., Goobar, A., Groom, D.E., Hook, I.M., Kim, A.G., Kim, M.Y., Lee, J.C., Pain, R., et al. Measurements of the cosmological parameters Ω and Λ from the first seven supernovae at $z \geq 0.35$ // *The Astrophysics Journal* (1997) 483: 565–581.

Perlmutter, S., Aldering, G., Goldhaber, G., Knop, R.A., Nugent, P., Castro, P.G, Deustua, S., Fabbro, S., Goobar, A., Groom, D.E., et al. Measurements of Ω and Λ from 42 high-redshift supernovae // *The Astrophysical Journal* (1999) 517: 565–586.

Perlmutter, S. Supernovae, dark energy, and the accelerating universe // *Physics Today* (April): (1999): 53–60.

Poppe, P.C.R., Leister, N., Laclare, F., and Delmas, C. Analysis of astrolabe measurements during 20 years: I. FK5 reference frame, personal and instrumental corrections // *Astronomical Journal* (1997) 116: 2574–2582.

Reasenberg, R.D. and Shapiro, I.I. In: *On the measurement of cosmological variation of the gravitational constant*, ed. L. Halpern, 71–XX. Gainesville: University Press of Florida, 1978.

Riess, A.G., Strolger, L., Tonry, J., Casertano, S., Ferguson, H.C., Mobasher, B., Challis, P., Filippenko, A.V., Jha, S., Weidong, Li, et al. Type 1a supernova discoveries at $z < 1$ from the Hubble space telescope: Evidence for past deceleration and constraints on dark energy evolution // *Astrophysical Journal* (2004) 607: 665–687.

Schmidt, B.P., Suntzeff, N.B., Philips, M.M., Schommer, R.A., Clocchiatti, A., Kirshnner, R.P., Garnavich, P., Challis, P., Leibundgut, B., Spyromilio, J., et al. The High-Z Supernovae Search: Measuring cosmic deceleration and global curvature of the universe using type 1a supernovae // *Astrophysical Journal* (1998) 507: 46–63.

Schwarzschild, K. Über das gravitationsfeld eins massenpunkts nach der Einsteinschen theorie // *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* 1:189.

Seidelman, P.K., Santoro, E.J., and Pulkkinen, K.F. In: *Dynamical astronomy*, ed. V. Szebenhey and B. Balazs, 55–X Austin: University of Texas Press, 1985.

Seidelman, P.K., Santoro, E.J., Pulkkinen, K.F. In *Relativity in celestial mechanics and astrometry*, J. Kovalevsky and V.A. Brumberg, 89–X Dordrecht, the Netherlands: Kluwer, 1986.

Standish, E.M. Time scales in JPL and CfA ephemerides // *Astronomy & Astrophysics* (1998) 336: 381–384.

Standish, E.M., Williams, J.G. In Lieske J.H. and Abalakin V.K. (Eds.) *Inertial Coordinate System on the Sky*, Kluwer, Dordrecht, 1990, p.173.

Таганов И.Н., Бабенко Ю.И. *Антивремя и антипространство*. – СПб.: СПб ГУ, 2001. ISBN 5-7997-0292-1

Таганов И.Н. *Спираль Времени. Космологическое замедление хода времени*. Изд. 2-е испр. и доп. – СПб.: ТИН, 2004. ISBN 5-902632-01-3.

Таганов И.Н. *Открытие космологического замедления времени*. Санкт-Петербург: ТИН, 2005. ISBN 5-902632-02-1. Taganov, Igor N. *Discovery of Cosmological Deceleration of the Course of Time*. Saint Petersburg: TIN, 2005. (Rus.&Engl.)

Таганов И.Н. *Квантовая космология. Замедление времени*. Санкт-Петербург: ТИН, 2008. ISBN 978-5-902632-04-8. Taganov, Igor N. *Quantum Cosmology. Deceleration of Time*. Saint Petersburg: TIN, 2008. (Engl.). ISBN 978-5-902632-05-4.

Таганов И.Н. *Физика необратимого времени*. Санкт-Петербург: ТИН, 2014. ISBN 978-5-902632-16-0. Taganov, Igor N. *Irreversible-Time Physics*. Saint Petersburg: TIN, 2013. ISBN 978-5-902632-12-2.

Таганов И.Н., Саари В.-В.Е. *Древние загадки солнечных затмений. Асимметричная астрономия*. – Санкт-Петербург: ТИН, 2014. Taganov, Igor N., Saari, Ville-V.E. *Ancient Riddles of Solar Eclipses. Asymmetric Astronomy*. – Saint Petersburg: TIN, 2014. ISBN 978-5-902632-15-3.

Таганов И.Н., Бабенко Ю.И. *Антивремя и Антипространство. Второе издание* – Санкт-Петербург: ТИН, 2015. ISBN 978-5-902632-17-7.

Voigt, W. // *Göttinger Nachrichten* (1887) 7: 41-51.

Wells, J. Coral growth and geochronometry // *Nature*(1963) 197: 948–950.

Yao, Z. and Smith, C. In: *Mapping the sky*, ed. S. Débarbat, J.A. Eddy, H.K. Eichhorn, and A.R. Upgren, XIX-XX. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer, 1988.

Yao, Z. and Smith, C. The effect of various solar ephemerides on equator and equinox solutions from observations of the sun with the reversible transit at Cape observatory from 1907 to 1959 // *Astrophysics and Space Science* (1991) 177: 181–88.

Yao, Z. and Smith, C. Equator and equinox solutions from Meridian Circle observations of the Sun, Mercury and Venus at the Cape of Good Hope and the U.S. Naval Observatory from 1907 to 1971.: In: *Developments in astrometry and their impact on astrophysics and geodynamics*, ed. I.I. Muller and B. Kolaczek, 403. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer, 1993.

Zhuck, N.A. et al. Quasars and the large-scale structure of the Universe // *Spacetime & Science* (2001) 2 (5): XX–X.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ТРАЕКТОРИИ И КОСМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ В МОДЕЛИ МРК

Общее уравнение геодезической в ОТО имеет вид:

$$\frac{d^2 x_\alpha}{ds^2} + \Gamma_{\mu\nu}^\alpha \cdot \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds} = 0 \quad (\text{A 1.1})$$

Интервал в модели МРК определяется соотношением:

$$ds^2 = e^{2t/T} (dt^2 - dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2(\theta) d\varphi^2) \quad (\text{A 1.2})$$

Символы Кристоффеля $\Gamma_{\mu\nu}^\alpha$ определяются формулами:

$$\begin{aligned} \Gamma_{00}^0 &= 1/T; & \Gamma_{11}^0 &= 1/T; & \Gamma_{22}^0 &= r^2/T; & \Gamma_{33}^0 &= r^2 \cdot \sin^2(\theta)/T \\ \Gamma_{01}^1 &= \Gamma_{10}^1 = 1/T & \Gamma_{22}^1 &= -r & \Gamma_{33}^1 &= r \sin^2(\theta) \\ \Gamma_{02}^2 &= \Gamma_{20}^2 = 1/T & \Gamma_{12}^2 &= \Gamma_{21}^2 = 1/r & \Gamma_{33}^2 &= -\sin(\theta) \cos(\theta) \\ \Gamma_{03}^3 &= \Gamma_{30}^3 = 1/T & \Gamma_{13}^3 &= \Gamma_{31}^3 = 1/r & \Gamma_{23}^3 &= \Gamma_{32}^3 = \cos(\theta)/\sin(\theta) \end{aligned} \quad (\text{A 1.3})$$

Все остальные символы Кристоффеля равны нулю и уравнения геодезической имеют вид:

$$\frac{d^2 t}{ds^2} = -\frac{1}{T} \left[\left(\frac{dt}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dr}{ds} \right)^2 + r^2 \cdot \left(\frac{d\theta}{ds} \right)^2 + r^2 \cdot \sin^2(\theta) \cdot \left(\frac{d\varphi}{ds} \right)^2 \right] \quad (\text{A 1.4})$$

$$\frac{d^2 r}{ds^2} = -\frac{2}{T} \left(\frac{dt}{ds} \right) \left(\frac{dr}{ds} \right) + r \cdot \left(\frac{d\theta}{ds} \right)^2 + r \cdot \sin^2(\theta) \cdot \left(\frac{d\varphi}{ds} \right)^2 \quad (\text{A 1.5})$$

$$\frac{d^2 \theta}{ds^2} = -\frac{2}{T} \left(\frac{dt}{ds} \right) \left(\frac{d\theta}{ds} \right) + \frac{2}{r} \cdot \left(\frac{d\theta}{ds} \right) \left(\frac{dr}{ds} \right) + \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot \left(\frac{d\varphi}{ds} \right) \quad (\text{A 1.6})$$

$$\frac{d^2 \varphi}{ds^2} = -\frac{2}{T} \left(\frac{dt}{ds} \right) \left(\frac{d\varphi}{ds} \right) - \frac{2}{r} \cdot \left(\frac{d\varphi}{ds} \right) \left(\frac{dr}{ds} \right) - 2 \frac{\cos(\theta)}{\sin(\theta)} \cdot \left(\frac{d\varphi}{ds} \right) \left(\frac{d\theta}{ds} \right) \quad (\text{A 1.7})$$

Первые слагаемые в правых частях этих уравнений описывают новое физическое явление – «Космическое Торможение». Для радиальных геодезических при $d\theta = d\varphi = 0$ формула (А 1. 5) имеет вид:

$$\frac{d^2 r}{ds^2} = -\frac{2}{T} \frac{dr}{ds} \frac{dt}{ds} \quad (\text{А 1.8})$$

Интегрирование этого уравнения с константой интегрирования K дает:

$$\frac{dr}{ds} = K \cdot e^{-2t/T} \quad (\text{А 1.9})$$

При $\beta = (dr/dt)/c$ это соотношение можно представить в форме:

$$\frac{ds}{dt} = e^{t/T} \sqrt{1 - \beta^2} \quad (\text{А 1.10})$$

Используя это соотношение и (А 1.9) можно получить:

$$\frac{dr}{ds} = \frac{dr}{dt} \frac{dt}{ds} = \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} e^{-t/T} = K \cdot e^{-2t/T} \quad (\text{А 1.11})$$

В (А 1.11) постоянная K определяется соотношением:

$$K = \frac{\beta_0}{\sqrt{1 - \beta_0^2}} \quad (\text{А 1.12})$$

Из этих формул можно получить соотношение, определяющее β :

$$\beta = \frac{\beta_0 \cdot e^{-t/T}}{\sqrt{1 - \beta_0^2 + \beta_0^2 \cdot e^{-2t/T}}} \quad (\text{А 1.13})$$

Значение β определяет скорость свободного движения тела по геодезической в модели МРК, При этом:

$$\frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\beta_0}{\sqrt{1 - \beta_0^2}} e^{-t/T} \quad (\text{А 1.14})$$

В модели МРК «релятивистская скорость» уменьшается экспоненциально со временем, но если скорость частицы первоначально была равна скорости света, то она и останется равной скорости света:

$$\beta_0 = 1 \rightarrow \beta = 1 \quad \text{для всех } t \quad (\text{A } 1.15)$$

Для относительно малых значений скорость определяется соотношением:

$$\beta \ll 1 \rightarrow \beta \approx \beta_0 e^{-t/T} \rightarrow v \approx v_0 \cdot e^{-t/T} \quad (\text{A } 1.16)$$

Это соотношение описывает космическое торможение, при котором скорости свободно движущихся объектов уменьшаются со временем. Приняв $d\varphi = 0$ в (A 1.6) мы увидим, что в модели МРК угловой момент также уменьшается со временем:

$$r^2 \cdot \dot{\theta}^2 = \frac{r_0^4 \cdot \dot{\theta}_0^2 \cdot (1 - \dot{r}^2) \cdot e^{-2t/T}}{r^2 \cdot [1 - \dot{r}_0^2 - (r_0 \cdot \dot{\theta}_0)^2] + r_0^4 \cdot \dot{\theta}_0^2 \cdot e^{-2t/T}} \quad (\text{A } 1.17)$$

Для скоростей намного меньших скорости света эта формула имеет вид:

$$r^2 \cdot \dot{\theta} = r_0^2 \cdot \dot{\theta}_0 \cdot e^{-t/T} \quad (\text{A } 1.18)$$

Длина геодезической L_r свободно движущегося тела с ненулевой массой покоя конечна и может быть получена интегрированием (A. 1.13) от нуля до бесконечности:

$$L_r = T \cdot \ln \sqrt{\frac{1 + \beta_0}{1 - \beta_0}} \quad (\text{A } 1.19)$$

Применив соотношение (1.13): $L_r = T \cdot \ln(1 + z)$, из этого соотношения можно получить:

$$z + 1 = \sqrt{\frac{1 + \beta_0}{1 - \beta_0}} \quad (\text{A } 1.20)$$

Таким образом, космологическое красное смещение частицы, которая тормозится до полной остановки, оказывается равным ее Допплеровскому красному смещению! Можно показать, что величина красного смещения не меняется при переходе от Допплеровского смещения к космологическому. В пространстве-времени Минковского это соответствует движению с постоянной скоростью (за исключением уменьшения интенсивности сигнала с расстоянием). Это также показывает, что в модели МРК расширяющееся пространство поглощает кинетическую энергию, в то время как в четырехмерном пространстве полная энергия сохраняется, вследствие замедления течения времени.

Приложение II

ЭФЕМЕРИДНОЕ ВРЕМЯ И МИРОВОЕ ВРЕМЯ

Эфемеридное время (ET) определяется по движению Земли вокруг Солнца, а Мировое время (UT) (англ. *Universal Time*) определяется по вращению Земли вокруг своей оси. Мировое время это, по существу, «солнечное время». Эфемеридное время опережает Мировое время с ускорением и расходится с ним примерно на 30 секунд за столетие. Это различие между ET и UT обычно объясняют замедлением вращения Земли из-за приливного торможения вращения вследствие гравитационного взаимодействия Земли с Луной и Солнцем.

Однако в модели МРК существует другое объяснение этого расхождения, поскольку в этой модели движение Земли вокруг Солнца ускоряется пропорционально $\exp(t/T)$, если t определяется по неизменной и однородной шкале Атомного времени (AT). При этом вращение Земли вокруг своей оси замедляется пропорционально $\exp(-t/T)$. Поэтому разницу между ET и UT можно рассматривать как обусловленную, по крайней мере, частично эффектом космического торможения. Для небольших интервалов времени можно получить следующую оценку:

$$(ET - AT)_{sun} = T_{eph} - t \approx t + \frac{\Delta t^2}{2T} - t = \frac{\Delta t^2}{2T} \quad (A\ 2.1)$$

Влияние замедления вращения Земли приближенно определяется соотношением:

$$(UT - AT)_{Earth} = -\frac{\Delta t^2}{2T} \quad (A\ 2.2)$$

Эти соотношения определяют следующую оценку расхождения Эфемеридного и Мирового времени:

$$(ET - UT)_{Cosmic\ Drag} = \frac{\Delta t^2}{T} \quad (A\ 2.3)$$

Для $T = 14$ миллиардов лет, это расхождение составит 21 секунду за столетие, а при $T = 10$ миллиардов лет расхождение будет 30 секунд за столетие. Приливное торможение вращения Земли может объяснять разницу между оценкой в 21 секунду за столетие и наблюдаемой астрономами разницей в 30 секунд за столетие. Так что значительная часть расхождения Эфемеридного и Мирового времени может объясняться не приливным замедлением вращения Земли, а космическим торможением.

Приложение III

ВЫВОД УРАВНЕНИЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ ИЗ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

В этом Приложении используется термин «Квантовая механика» (КМ) вместо «Квантовой теории» для того чтобы подчеркнуть, что идет речь о теории, основанной на уравнении Шредингера (или матричном формализме Гейзенберга).

То, что с самого начала развития квантовой физики отсутствовала связь между КМ и ОТО, дает повод предполагать, что эту связь нельзя найти для четырехмерного пространства-времени ОТО. Хотя обитатель МПК может и не ощущать постоянного роста масштаба пространства-времени на макроскопическом уровне, но дискретный процесс ДДМП, допускающий существование осцилляций масштаба, может быть использован для того чтобы установить связь между ОТО и КМ. Выводы этого Приложения используют стандартную ОТО и не привлекают, каких либо идей вне методологии и законов физики, кроме одного предположения о том, что *для микрочастиц имеют место осцилляции масштаба пространства-времени.*

Для развития этой гипотезы при выводе уравнений КМ из ОТО необходимы следующие предположения:

A1. Четырехмерный масштаб небольшого объема, занимаемого частицей, осциллирует с Комптоновской частотой.

A2. Геометрия четырехмерного объема пространства-времени, занятого движущейся частицей, определяется интервалом Минковского с масштабом, осциллирующим с Комптоновской частотой.

A3. Линейная часть скаляра Риччи для этого осциллирующего интервала равна нулю.

Рассмотрим модулированный интервал Минковского при $c = 1$:

$$ds^2 = e^{2g(t,x,y,z)} (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (A\ 3.1)$$

Будем считать, что функцию g можно разделить на пространственную и временную компоненты так, что справедливо соотношение:

$$ds^2 = e^{\text{Re}(2C \cdot h(x,y,z)) e^{-i\omega t}} (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (A\ 3.2)$$

Впоследствии комплексный показатель экспоненты следует интерпретировать как сокращение действительных компонент, например, $\exp(-i\omega t)$ означает $\cos(\omega t)$ и $i \exp(-i\omega t)$ означает $\sin(\omega t)$. Мы можем этим пользоваться, поскольку все соотношения, которые мы выведем впоследствии, линейны, так что

можно разделять их действительные и мнимые части, опуская при этом символ Re. Комплексный показатель экспоненты также упрощает выводы и приводит к соотношениям, известным в КМ.

Поскольку в последующих выводах используются стандартные дифференциальные методы для четырехмерного пространства-времени, то я буду применять преобразования Лорентца, вместо преобразований Фойгта в сочетании с коррекциями масштаба, потому что применение СТО с преобразованиями Лорентца это лучшее из того, что мы можем использовать для четырех измерений. Кроме того, это покажет, что связь между ОТО и КМ может быть установлена в рамках общепринятой методологии физики.

С учетом всего сказанного и предполагая, что движение описывается в ограниченном объеме с интервалом (А 3.2) при постоянной скорости v в направлении x , мы получим следующие преобразования Лорентца при $c = 1$:

$$\begin{aligned}x &= \gamma (x' - vt') \\t &= \gamma (t' - vx') \\ \gamma &= \frac{1}{\sqrt{1-v^2}}\end{aligned}\tag{А 3.3}$$

Модулирующая часть экспоненты в метрике будет следующая:

$$2Ce^{-i\omega t} \rightarrow 2Ce^{-i\gamma\omega (vx' - t')}\tag{А 3.4}$$

Если модуляция масштаба ограничивается объемом частицы, то пространственная часть модуляции в (А 3.4) напоминает квантово-механическую волновую функцию движущейся частицы с волновым числом:

$$k = \gamma\omega v\tag{А 3.5}$$

Таким образом, движение пространственного объема с осциллирующей метрикой определяет пространственную модуляцию фазы этих осцилляций. Кроме того, каждая частица подвержена флуктуациям масштаба с релятивистской Комптоновской частотой:

$$m = \hbar\gamma\omega = \hbar\varpi \quad \varpi = \gamma\omega = 2\pi f\tag{А 3.6}$$

Поскольку $c = 1$, то эти формулы соответствуют соотношению $E = mc^2 = hf$, где f это релятивистская Комптоновская частота, а соотношение между импульсом и волновым числом имеет вид:

$$p = \hbar k = mv\tag{А 3.7}$$

В соответствии с (А 3.4) движение частицы, порождая Комптоновские осцилляции масштаба, которые становятся «фазово-модулированными», создает пространственную волну $\exp(ikx)$ масштаба пространства-времени.

Таким образом, если Комптоновские осцилляции масштаба при движении ассоциируются с каждой частицей, то они будут сопровождаться и метрическими «волнами материи». Это может рассматриваться как аргумент в пользу «двухволновой» концепции де Бройля. Могут существовать две волны – одна «волна-частица» в форме Комптоновских осцилляций, ассоциированных с движением частицы во времени, и еще одна «волна материи» де Бройля, определяющая движение частицы в пространстве. При этом обе эти волны КМ являются осцилляциями масштаба пространства-времени.

Такая интерпретация квантово-механических «волн материи» является релятивистским феноменом, определяющим существование пространственных волн масштаба пространства-времени, порожденных движением. Поскольку волновое число «волны материи» зависит от очень высокой Комптоновской частоты, которая определяется энергетическим эквивалентом массы частицы, то этот небольшой релятивистский эффект становится значительным даже при малых скоростях движения частиц.

Рассмотренный анализ движения частиц позволяет объяснить корпускулярно-волновой дуализм материи, как неразделимость двух аспектов движения – *«волны материи» являются прямым следствием Комптоновских осцилляций при движении частиц.*

Кажущиеся таинственными свойства микрочастиц, которые ведут себя то, как частицы, то, как волны, находят теперь естественное объяснение. Традиционно мы думаем о «частице», как о чем-то материальном и неделимом, но, возможно, это не так. Частицы могут быть ничем иным, как стоячими волнами метрики пространства-времени, которые стабилизированы постоянным космологическим ростом масштаба. Движение во времени (и в масштабе) может порождать Комптоновские осцилляции. Это новое понимание природы микрочастиц позволяет считать Принцип дополнительности Бора устаревшим, предоставляя онтологическое объяснение двойственности корпускулярно-волновой природы микрочастиц.

Дэвид Бом и его последователи показали, что непротиворечивую квантово-механическую теорию можно разработать, применив следующие три предположения:

С1. Должна существовать функция ψ неопределенной онтологии, которая удовлетворяет волновому уравнению Шредингера.

С2. Движение частиц определяется следующим соотношением для волны-пилота:

$$p = \hbar \cdot \text{Im}(\nabla\psi / \psi) \quad (\text{А } 3.8)$$

СЗ. Движение частиц сопровождается случайными возмущениями.

Теперь мы продемонстрируем связь между ОТО и КМ, показав, что эти три условия могут быть получены из ОТО в предположении о существовании осцилляций масштаба метрики. Сначала я покажу как функция, определяющая волну-пилота, может быть выведена из уравнения геодезической ОТО.

Рассмотрим масштабированный функцией ϕ интервал Минковского (А 3.9) и уравнение геодезической ОТО (А 3.10):

$$ds^2 = \phi^2(t, x, y, z) \cdot (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (\text{А } 3.9)$$

$$\frac{d^2 x^\mu}{ds^2} + \Gamma_{\nu\lambda}^\mu \frac{dx^\nu}{ds} \frac{dx^\lambda}{ds} = 0 \quad (\text{А } 3.10)$$

Для координаты x уравнение (А 3.10) при $x^0 = t$; $x^1 = x$; $x^2 = y$; $x^3 = z$ имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{ds^2} = & -\Gamma_{00}^1 \left(\frac{dt}{ds} \right)^2 - \Gamma_{11}^1 \left(\frac{dx}{ds} \right)^2 - \Gamma_{22}^1 \left(\frac{dy}{ds} \right)^2 - \\ & -\Gamma_{33}^1 \left(\frac{dz}{ds} \right)^2 - 2\Gamma_{10}^1 \left(\frac{dt}{ds} \right) \left(\frac{dx}{ds} \right) - 2\Gamma_{12}^1 \left(\frac{dx}{ds} \right) \left(\frac{dy}{ds} \right) - 2\Gamma_{13}^1 \left(\frac{dx}{ds} \right) \left(\frac{dz}{ds} \right) = \\ & = -\Gamma_{00}^1 \left(\frac{dt}{ds} \right)^2 + \Gamma_{11}^1 \left(\frac{dx}{ds} \right)^2 - \Gamma_{22}^1 \left(\frac{dy}{ds} \right)^2 - \\ & -\Gamma_{33}^1 \left(\frac{dz}{ds} \right)^2 - 2 \left(\frac{dx}{ds} \right) \left[\Gamma_{10}^1 \left(\frac{dt}{ds} \right) + \Gamma_{11}^1 \left(\frac{dx}{ds} \right) + \Gamma_{12}^1 \left(\frac{dy}{ds} \right) + \Gamma_{13}^1 \left(\frac{dz}{ds} \right) \right] \end{aligned} \quad (\text{А } 3.11)$$

и соответственно:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{ds^2} = & \frac{d}{ds} \left(\frac{dx}{dt} \frac{dt}{ds} \right) = \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \frac{dt}{ds} \right) \right] \left(\frac{dt}{ds} \right) = \\ & \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) \left(\frac{dt}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dx}{dt} \right) \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{dt}{ds} \right) \right] \left(\frac{dt}{ds} \right) \end{aligned} \quad (\text{А } 3.12)$$

Анализ интервала (А 3.9) показывает, что:

$$\frac{dt}{ds} = \frac{1}{\phi \sqrt{1 - v^2}} \quad \text{где } v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} \quad \text{и } \dot{x} = \frac{dx}{dt} \quad (\text{А } 3.13)$$

Тогда последнее слагаемое в скобках в (А 3.4) имеет вид:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{dt}{ds}\right) = -\frac{\dot{\phi}}{\phi^2 \sqrt{1-v^2}} + \frac{v \cdot \dot{v}}{\phi (1-v^2)^{3/2}} = \left[-\frac{\dot{\phi}}{\phi} + \frac{v \cdot \dot{v}}{(1-v^2)^2} \right] \left(\frac{dt}{ds}\right) \dot{\phi} = \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{А 3.14})$$

Мы можем исключить зависимость от s , разделив все члены уравнения геодезической на $(dt/ds)^2$. При этом последний член в (А 3.12) с учетом (А 3.14) может быть представлен в форме:

$$\dot{x} \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{dt}{ds} \right) \right] \left(\frac{dt}{ds} \right) = \left[-\frac{\dot{x} \cdot \dot{\phi}}{\phi} + \frac{\dot{x} \cdot v \dot{v}}{(1-v^2)} \right] \left(\frac{dt}{ds} \right)^2 \quad (\text{А 3.15})$$

После этих преобразований уравнение геодезической будет иметь вид:

$$\left[\ddot{x} - \frac{\dot{x} \cdot \dot{\phi}}{\phi} + \frac{\dot{x} \cdot v \dot{v}}{(1-v^2)} \right] \left(\frac{dt}{ds} \right)^2 = \text{Правая часть (А 3.11)} \quad (\text{А 3.16})$$

Правая часть (А 3.16) также может быть представлена в форме:

$$-\left[\Gamma_{00}^1 - \Gamma_{11}^1 \dot{x}^2 + \Gamma_{22}^1 \dot{y}^2 + \Gamma_{33}^1 \dot{z}^2 + 2\dot{x} \left\{ \Gamma_{10}^1 + \Gamma_{11}^1 \dot{x} + \Gamma_{12}^1 \dot{y} + \Gamma_{13}^1 \dot{z} \right\} \right] \left(\frac{dt}{ds} \right)^2 \quad (\text{А 3.17})$$

В этом соотношении символы Кристоффеля имеют вид:

$$\begin{aligned} \Gamma_{00}^1 &= \Gamma_{11}^1 = -\Gamma_{22}^1 = -\Gamma_{33}^1 = \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ \Gamma_{12}^1 &= \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial y}; \quad \Gamma_{13}^1 = \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial z}; \quad \Gamma_{10}^1 = \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial t} \end{aligned} \quad (\text{А 3.18})$$

Подставляя эти соотношения в (А 3.17) мы получим:

$$-\frac{1}{\phi} \left[\frac{\partial \phi}{\partial x} - \frac{\partial \phi}{\partial x} (\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + 2\dot{x} \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\partial \phi}{\partial x} \dot{x} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \dot{y} + \frac{\partial \phi}{\partial z} \dot{z} \right) \right] = -\frac{1}{\phi} \left[\frac{\partial \phi}{\partial x} (1-v^2) + 2\dot{x} \dot{\phi} \right] \quad (\text{А 3.19})$$

Из этого уравнения и (А 3.16) мы получим:

$$\ddot{x} + \frac{\dot{x} \cdot v\dot{v}}{(1-v^2)} = -\frac{1}{\phi} \left[\frac{\partial \phi}{\partial x} (1-v^2) + \dot{x}\dot{\phi} \right] \quad (\text{А 3.20a})$$

Такие же преобразования для остальных координат дают:

$$\ddot{y} + \frac{\dot{y} \cdot v\dot{v}}{(1-v^2)} = -\frac{1}{\phi} \left[\frac{\partial \phi}{\partial y} (1-v^2) + \dot{y}\dot{\phi} \right] \quad (\text{А 3.20b})$$

$$\ddot{z} + \frac{\dot{z} \cdot v\dot{v}}{(1-v^2)} = -\frac{1}{\phi} \left[\frac{\partial \phi}{\partial z} (1-v^2) + \dot{z}\dot{\phi} \right] \quad (\text{А 3.20c})$$

Эти соотношения можно представить в векторной форме:

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= (\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}) \\ \dot{\mathbf{v}} + \frac{\mathbf{v} \cdot v\dot{v}}{(1-v^2)} &= -\frac{1}{\phi} \left[\nabla \phi (1-v^2) + \dot{\phi} \mathbf{v} \right] \end{aligned} \quad (\text{А 3.21a})$$

Восстанавливая в этом уравнении скорость света c , мы получим:

$$\dot{\mathbf{v}} + \frac{\mathbf{v} \cdot v\dot{v}}{(c^2 - v^2)} = -\frac{1}{\phi} \left[\nabla \phi (c^2 - v^2) + \dot{\phi} \mathbf{v} \right] \quad (\text{А 3.21b})$$

Теперь рассмотрим следующую масштабную функцию при $c = 1$:

$$\phi = e^{C \cdot h \cdot \exp^{-i\omega t}} \quad (\text{А 3.22})$$

Для такой масштабной функции мы получим из (А 3.21b):

$$\dot{\mathbf{v}} + \frac{\mathbf{v} \cdot v\dot{v}}{(1-v^2)} = -C \cdot h \cdot e^{-i\omega t} \left[\frac{\nabla h}{h} (1-v^2) + \left(\frac{\dot{h}}{h} - i\omega \right) \mathbf{v} \right] \quad (\text{А 3.23})$$

Очень быстрая модуляции фазы с переменной скоростью $-\omega v$, которая определяется мнимой частью слагаемых в скобках в (А 3.23), исчезает, если:

$$\omega \mathbf{v} = \text{Im} \left[\frac{\nabla h}{h} (1-v^2) + \frac{\dot{h}}{h} \mathbf{v} \right] \quad (\text{А 3.24})$$

И, наконец, для $m = \omega \hbar$ мы получим:

$$m\mathbf{v} = \mathbf{p} = \hbar \cdot \text{Im} \left[\frac{\nabla h}{h} (1 - v^2) + \frac{\dot{h}}{h} \mathbf{v} \right] \quad (\text{A } 3.25\text{a})$$

Это уравнение является релятивистской версией уравнения волны-пилота де Бройля-Бома. Последний член в скобках в (A 3.25a) будет мал при $v \ll c$ и тогда (A 3.25a) превращается в нерелятивистское уравнение волны-пилота де Бройля-Бома:

$$m\mathbf{v} = \mathbf{p} \approx \hbar \text{Im}(\nabla h/h) \quad (\text{A } 3.25\text{b})$$

Кроме того, из (A 3.23) следует уравнение:

$$\dot{\mathbf{v}} + \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{v} \dot{\mathbf{v}}}{(1 - v^2)} = -C \cdot h \cdot e^{-i\omega t} \cdot \text{Re} \left[\frac{\nabla h}{h} (1 - v^2) + \frac{\dot{h}}{h} \cdot \mathbf{v} \right] \quad (\text{A } 3.26)$$

Это уравнение демонстрирует существование переменного циклического ускорения, например, для движения в направлении x , мы будем иметь уравнение:

$$\begin{aligned} h = e^{i\varpi x v}; \quad m\mathbf{v} = \mathbf{p} &= \hbar \cdot \text{Im} \left[\frac{\nabla h}{h} (1 - v^2) + \frac{\dot{h}}{h} \mathbf{v} \right] = \\ &= \hbar \cdot \left[\varpi v (1 - v^2) + \varpi \frac{dx}{dt} \cdot v^2 \right] = \hbar \varpi v = m\mathbf{v} \end{aligned} \quad (\text{A } 3.27)$$

Если комплексная функция $h(x, y, z)$, модулирующая Комптоновские осцилляции, пропорциональна квантово-механической волновой функции ψ , то уравнение (A 3.25) является определением импульса волны-пилота де Бройля-Бома, то есть «пилотной функцией» (“pilot function” в Bohm, 1952). Таким образом, уравнение для «пилотной функции» может быть выведено из уравнений для геодезических ОТО.

Два уравнения (A 3.25) и (A 3.26) говорят многое об онтологической природе КМ. Если масштаб метрики частицы осциллирует, то эти колебания масштаба будут испытывать периодические возмущения, которые зависят от функции пространственных координат h , модулирующей осцилляции масштаба. Микрочастица стремится двигаться в направлении возрастания h . Это движение прекращается при уменьшении градиента ∇h и поэтому частицы концентрируются вблизи максимумов волновой функции.

Проведенный анализ дает онтологическое объяснение направляющей функции де Бройля-Бома, которая может быть выведена непосредственно из уравнений для геодезических ОТО, если пространство-время в объеме частицы осциллирует с Комптоновской частотой. Таким образом, ранее таинственное «направляющее воздействие», осуществляемое без каких-либо сил, находит себе физическое объяснение, если частица всегда сопровождается (и поддерживается) осцилляциями масштаба пространства-времени с Комптоновской частотой. При $h = \psi$ это соответствует предположениям С2 и С3.

Уравнение Шредингера также можно вывести из формализма ОТО, если выполняется предположение А3, в соответствии с которым скаляр Риччи в интервале ОТО равен нулю. Такое предположение представляется разумным, если равен нулю вакуумный тензор энергии-импульса. В последующем выводе я также пренебрег малым вкладом от космологического расширения. Необходимым, но не достаточным условием для исчезновения скаляра Риччи, является волновое уравнение для функции g в (А 3.1) (Masreliez, 2005a):

$$\Delta(g(t, x, y, z)) - \frac{\partial^2}{\partial t^2}(g(t, x, y, z)) = 0 \quad (\text{А } 3.28)$$

Здесь Δ это оператор Лапласа. Рассмотрим теперь функцию g вида:

$$g = C \cdot h(x, y, z) \cdot e^{-i(\omega + E/\hbar)t} \cdot e^{i\varpi(\oint(1+V/m)ds \cdot n)} \quad (\text{А } 3.29)$$

Как и ранее мы предполагаем, что Комптоновские осцилляции существуют в достаточно малом объеме. Тогда четырехмерный интервал определяется соотношением:

$$ds^2 = \exp\left[2 \cdot C \cdot h(x, y, z) \cdot e^{-i(\omega + E/\hbar)t} \cdot e^{i\varpi(\oint(1+V/m)ds \cdot n)}\right] (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (\text{А } 3.30)$$

В этом уравнении ds это вектор приращения интервала, а n это единичный вектор скорости, соответствующий движению со скоростью света. Эта форма интервала может показаться искусственной, но приводит к уравнению Шредингера. Давайте проведем более подробный анализ уравнения (А 3.30).

Энергия E считается постоянной и может рассматриваться как установка частоты Комптоновских осцилляций, в то время как потенциальная функция $V(x, y, z)$ определяет фазу «волн материи» де Бройля. Будем считать, что эти величины значительно меньше энергетического эквивалента массы:

$$E \ll \hbar\varpi = m \quad V \ll m \quad (\text{А } 3.31)$$

Интеграл в (А 3.30) соответствует «волне материи» де Бройля, а $ds \cdot n$ соответствует произведению $x \cdot v$ в соотношении (А 3.4). Поэтому интервал (А 3.30)

описывает движение, на которое влияют вариации Комптоновской частоты, определяемые энергией E , и модуляции фазы «волны материи» де Бройля, определяемые значением V .

Заменив интеграл суммой сегментов с индексами i и предположив, что векторы n_i на этих сегментах постоянны, получим:

$$I(x, y, z) = \oint (1 + V/m) \cdot \mathbf{ds} \cdot \mathbf{n} = \sum_{x_0, y_0, z_0}^{x, y, z} (1 + V/m) (\Delta x_i n_{xi} + \Delta y_i n_{yi} + \Delta z_i n_{zi}) \quad (\text{A } 3.32)$$

При малых интервалах, дифференцирование этой суммы по x можно приближенно оценить вкладом последнего члена суммы:

$$\frac{\partial I}{\partial x} \approx \frac{\Delta I(x, y, z)}{\Delta x} \approx (1 + V/m) n_{xi} \quad (\text{A } 3.33)$$

После повторного дифференцирования и учета вкладов от y и z мы получим:

$$(1 + V/m)^2 (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2) = (1 + V/m)^2 \quad (\text{A } 3.34)$$

Таким образом, мы видим, что при дифференцировании (A 3.28), скаляр Риччи исчезает, если выполняются следующие два соотношения:

Для членов, не содержащих n_i :

$$\nabla^2 h - \varpi^2 \left[\left(1 + \frac{V}{m} \right)^2 - \left(1 + \frac{E}{\hbar \varpi} \right)^2 \right] h = 0 \quad (\text{A } 3.35)$$

Для членов, содержащих n_i :

$$\varpi \left[2 \left(1 + \frac{V}{m} \right) \cdot \frac{\nabla h}{h} + \frac{\nabla V}{m} \right] \cdot \mathbf{n}_i = 0 \quad (\text{A } 3.36)$$

После использования соотношений (A 3.31) мы найдем:

$$\left[1 + \frac{V}{m} \right]^2 = 1 + \frac{2V}{m} + \left(\frac{V}{m} \right)^2 \approx 1 + 2 \frac{V}{m} \quad (\text{A } 3.37)$$

$$\left[1 + \frac{E}{\varpi \hbar} \right]^2 = 1 + 2 \frac{E}{m} + \left(\frac{E}{m} \right)^2 \approx 1 + 2 \frac{E}{m} \quad (\text{A } 3.38)$$

Подставив эти соотношения в (А 3.32), мы получим уравнение Шредингера:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 h + (V - E) \cdot h = 0 \quad (\text{А 3.39})$$

Этот вывод может быть обобщен для ситуации, когда волновая функция h зависит от времени. При этом мы получим дополнительные условия:

$$\begin{aligned} 2i\left(\varpi + \frac{E}{\hbar}\right)\frac{\partial h}{\partial t} - \frac{\partial^2 h}{\partial t^2} &\approx 2i\varpi \frac{\partial h}{\partial t} \\ -\frac{\hbar^2}{2m}\left(2i\varpi \frac{\partial h}{\partial t}\right) &= -i\hbar \frac{\partial h}{\partial t} \end{aligned} \quad (\text{А 3.40})$$

Если включить эти соотношения в правую часть (А 3.36), то мы получим:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 h + (V - E) \cdot h = i\hbar \frac{\partial h}{\partial t} \quad (\text{А 3.41})$$

Это явно зависящее от времени уравнение Шредингера. Подобный же вывод уравнения Шредингера при наличии электромагнитного поля можно посмотреть в статье (Masreliez, 2005). Поскольку (А 3.32) не зависит от векторов скоростей n_i , то и уравнение Шредингера применимо вне зависимости от особенностей движения частицы.

Если соотношение (А 3.3) справедливо для n_i , то оно справедливо и для $-n_i$. Поэтому уравнение Шредингера применимо и для «покоящихся» частиц, совершающих возвратно-поступательные движения. Другими словами, само присутствие осциллирующего объема (частицы), создает ответную реакцию со стороны окружающего пространства-времени, которая описывается волновыми функциями КМ, и может соответствовать модуляции метрики пространства-времени. Эта ответная реакция может влиять на последующее движение частицы и, поскольку такое взаимодействие осуществляется через метрику пространства-времени, то оно может быть нелокальным, обеспечивая мгновенные взаимодействия объектов, не зависящие от расстояния между ними.

Таким образом, уравнение Шредингера описывает не само движение, а переменные состояния резонанса метрики пространства-времени, которые зависят от геометрии, энергий и физических полей.

Проведенный анализ показывает, что если масштаб пространства-времени осциллирует с Комптоновской частотой, то уравнение Шредингера является необходимым условием для того, чтобы скаляр Риччи обращался в ноль. То, что уравнение для волны-пилота де Бройля-Бома и уравнение Шредингера могут

быть получены из уравнений ОТО, в сочетании с присутствием случайных возмущений свидетельствует о том, что условия Бомы $C1$, $C2$ и $C3$ удовлетворяются. Другими словами, формализм КМ может быть выведен из ОТО.

Кроме того, можно предположить, что квантово-механические волновые функции могут иметь конкретный физический смысл, описывая модуляции Комптоновских осцилляций масштаба пространства-времени. Это позволило бы объединить ОТО и КМ в единую и более полную теорию, тем самым завершив столетний спор об их несовместимости. Вероятностная интерпретация КМ могла бы уступить свое место теории динамических изменений пространства-времени. Тогда события квантового мира уже не будут казаться чем-то таинственным и случайным, а получают объяснение в качестве следствий локальных и космологических изменений масштаба пространства-времени. Такая интерпретация предполагает непосредственную связь КМ и ОТО.

Следует отметить, что хотя проведенный анализ и дает онтологическое объяснение основных принципов квантовой механики, но пока еще в нем отсутствуют описания некоторых важных процессов и явлений квантового мира, например, феномена спина. Поэтому можно ожидать, что многие сторонники Копенгагенской интерпретации будут игнорировать это новое онтологическое объяснение КМ, считая его ненужным или даже нежелательным. Подобно теории эпициклов, которая некогда использовалась для описания движения планет, не давая никаких ответов на вопросы «почему», так и в наше время исключительно математическое и вероятностное толкование квантовой теории (включая теорию струн) не может обеспечить нам такое понимание окружающего мира, которое может предложить даже упрощенное онтологическое объяснение. Хотя в свое время гелиоцентрическая модель Коперника и не могла описывать движение планет с той же точностью, что и теория эпициклов, тем не менее, именно она из-за своей простоты используется нами для объяснения движения небесных тел. Дальнейший анализ взаимосвязей между КМ и моделью МРК мог бы обеспечить нам более глубокое понимание мира.

Эйнштейн был прав – Бог не играет в кости.

Приложение IV

О ПРИРОДЕ ДВИЖЕНИЯ

Как двигается частица? Является ли ее движение прерывистым или оно происходит с изменением размеров частицы, например, подобно движению гусеницы? Оказывается, что Приложение III и анализ природы сил инерции может привести к возможному онтологическому объяснению Движения.

Давайте снова рассмотрим подробнее определение интервала пятимерного гиперпространства:

$$ds^2 = u^2(dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) - (T \cdot du)^2 \quad (\text{А } 4.1)$$

Мы можем рассматривать мир модели МРК, как движение 4-мерной гиперповерхности в 5-мерном гиперпространстве по нулевой геодезической, в которой пятое измерение u играет роль «времени». Рассматриваемый интервал (А 4.1) состоит из двух частей. Последнее слагаемое в (А 4.1) исчезает, если «время» u постоянно, и тогда интервал 5-мерного гиперпространства превращается в интервал масштабно-эквивалентного 4-мерного пространства-времени. С другой стороны, если движение в 4-мерном пространстве-времени происходит со скоростью света, то исчезает первый член (А 4.1), что соответствует движению только в пятом измерении, описывающему изменение масштаба. Движение со скоростью света означает, что время останавливается в 4-мерном пространстве-времени и поэтому кажется, что изменение масштаба происходит мгновенно. Следовательно, процесс ступенчатого масштабного перехода ДДМП, как-то связан с движением со скоростью света в 4-мерном пространстве-времени.

В этом разделе предполагается, что масштаб пространства-времени ускоряющейся системы отсчета с частицей или наблюдателем уменьшается на инерционный фактор $1 - v^2$ и, что для движущегося с ускорением наблюдателя этот масштаб ступенчато «переустанавливается» посредством процесса ДДМП, так чтобы локально сохранялась возможность использовать интервал Минковского. Рассмотрим далее следующий интервал 5-мерного гиперпространства:

$$ds^2 = u^2 \cdot (1 - v^2)(dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) - (T \cdot du)^2 \quad (\text{А } 4.2)$$

Мы можем представить себе ускорение в виде последовательности двух фаз. В первой фазе масштаб сокращается непрерывно в соответствии с инерционным масштабным фактором так, что $u = 1$; $du = 0$. В этой фазе мир является 4-мерным пространством-временем, так как последнего слагаемого в (А 4.2) нет, и поэтому первую фазу можно описывать, применяя ОТО.

Во второй фазе происходит изменение положения системы отсчета в пространстве со скоростью света, при одновременном изменении масштаба: $u \rightarrow 1/(1 - v^2)$, так чтобы «переустановить» 4-мерный масштаб на единицу. В этой второй фазе, которая соответствует ступенчатому изменению масштаба в ДДМП, первый член в (А 4.2) равен нулю и движение происходит исключительно за счет изменения масштаба.

Мы видим, что движение может происходить за счет чередования движения в 4-мерном пространстве-времени и движения в пятом измерении масштаба..

Это несколько спекулятивное онтологическое объяснение Движения предполагает перемещение объекта как в 4-мерном пространстве-времени, так и в пятимерном гиперпространстве. Читатель, знакомый с работами Ричарда Фейнмана по «шахматной» интерпретации КМ, в которой случайные блуждания в пространстве и времени со скоростью света приводят к уравнению Дирака для электрона (см., например http://en.wikipedia.org/wiki/Feynman_checkerboard), может без труда обнаружить многозначительные аналогии.

При выводе уравнения Шредингера в Приложении III, приращение интеграла (А 3.32) было представлено как скалярное произведение вектора смещения ds и единичного вектора скорости света n . Представление интервала в форме суммы коротких сегментов для движений со скоростью света, позволило вывести уравнение Шредингера из уравнений ОТО.

Теперь мы видим из анализа интервала (А 4.2), что прерывистые движения со скоростью света могут быть следствиями изменений координат пятого измерения, которые обеспечивают «переустановку» масштаба и соответствуют дискретным фазам ДДМП. Как мы видели ранее, наблюдателю это изменение масштаба кажется мгновенным. Поэтому возможно, что частицы всегда движутся микроскопическими шагами со скоростью света с одновременной корректировкой масштаба, так что макроскопическая скорость движения, которую мы наблюдаем, является просто проекцией всех этих многочисленных дискретных перемещений в направлении движения. Цикл ДДМП, возможно, соответствует Комптоновским осцилляциям, ассоциированным с частицами, что подтверждает предположение о том, что Комптоновские осцилляции это колебания масштаба пространства-времени.

Так как смещение со скоростью света происходит почти мгновенно, то частицу можно видеть одновременно, как бы в двух различных положениях в 4-мерном пространстве-времени. Следовательно, если пространственное смещение для этих двух фаз движения сопоставимо с длиной волны Комптоновских осцилляций, то это будет совместимо с соотношением неопределенностей Гейзенберга. Это дает повод рассматривать заманчивую возможность того, что происходящие в 5-мерной Вселенной процессы могут взаимодействовать вне 4-мерного пространства-времени.

Шахматы – это игра на плоскости, то есть в двух измерениях. Однако для перемещения фигур необходимо использовать третье измерение. Точно также, несмотря на то, что геометрия нашего мира четырехмерная, движение в этом 4-мерном мире может происходить с участием пятого измерения. Движение может казаться таинственным в 4-мерном пространстве-времени, так как оно предполагает мгновенные квантовые скачки, но в 5-мерном гиперпространстве

оно становится понятным, потому что «мгновенное» изменение положения может происходить при движении в пятом измерении. Представляется, что пятое измерение это не просто математический параметр, а, возможно, такая же реальность как четыре измерения пространства-времени. Это объяснение Движения может показаться несколько спекулятивным, но мы не можем расширить границы современной физики, не используя новых гипотез.

Приложение V

ВЫВОД ИНЕРЦИОННОГО МАСШТАБНОГО ФАКТОРА

Рассмотрим масштабированный интервал Минковского при $c=1$:

$$ds^2 = \phi^2(x, y, z) \cdot (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (\text{A } 5.1)$$

Действуя также как и в Приложении III при выводе (A 3.21) мы можем получать для этого интервала:

$$\mathbf{v} = (\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}) \quad \dot{\mathbf{v}} + \frac{\mathbf{v} \cdot v\dot{v}}{(1-v^2)} = -\frac{1}{\phi} [\nabla\phi(1-v^2) + \dot{\phi}\mathbf{v}] \quad (\text{A } 5.2)$$

Умножая это уравнение на скорость $\mathbf{v}$, и принимая во внимание, что ϕ не является функцией времени t , мы получим:

$$\nabla\phi \cdot \mathbf{v} = \dot{\phi} \quad (\text{A } 5.3)$$

и далее:

$$v\dot{v} + \frac{v^3\dot{v}}{(1-v^2)} = -\frac{1}{\phi} [\dot{\phi}(1-v^2) + \dot{\phi}v^2] = -\frac{\dot{\phi}}{\phi} \quad \frac{v\dot{v}}{(1-v^2)} = -\frac{\dot{\phi}}{\phi} \quad (\text{A } 5.4)$$

Это уравнение тождественно выполняется для «инерционной» метрики:

$$\phi = \text{constant} \cdot \sqrt{1-v^2} \quad (\text{A } 5.5)$$

Подставив эту инерционную метрику в (A 5.2), мы получим:

$$\dot{\mathbf{v}} = \mathbf{v} \cdot \nabla v \quad (\text{A } 5.6)$$

Поэтому геодезическое ускорение для инерционного интервала определяется соотношением:

$$\mathbf{a} = \dot{\mathbf{v}} = \text{grad} \left(\frac{v^2}{2} \right) = \nabla \left(\frac{v^2}{2} \right) \quad (\text{A } 5.7)$$

Это соотношение всегда справедливо для ускорения во всех системах координат, так как вектор градиента ковариантен. Выведенное геодезическое ускорение определяется градиентом *инерционного потенциального поля* $v^2/2$. Учитывая (A 5.7), мы можем представить инерционный интервал в виде:

$$ds^2 = (1 - v^2) \cdot (dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2) \quad (\text{A } 5.8)$$

Ускорение в уравнении (A 5.7) определяется приложенной силой F , которая уравнивается силой инерции $-F$, поскольку для кинетической энергии $E = mv^2/2$ мы имеем:

$$dE = F \cdot ds = am \cdot ds \quad dE = \nabla \left(\frac{mv^2}{2} \right) \cdot ds \quad a = \nabla \left(\frac{v^2}{2} \right) \quad (\text{A } 5.9)$$

Проведенный анализ показывает, что сила инерции имеет гравитационную природу и является следствием искривления пространства-времени в соответствии с инерционной метрикой (A 5.5). Мы можем также считать, что кинетическая энергия определяется силой инерции (это известно) и что сила инерции определяется искривлением пространства-времени при участии пятого измерения (это не известно). Так что в общем случае, как кинетическая энергия, так и инерция являются следствиями кривизны 5-мерного гиперпространства. В качестве примера рассмотрим круговое движение с постоянным радиальным интервалом Минковского:

$$\begin{aligned} x &= r \cos(\omega t); \quad y = r \sin(\omega t) \\ \dot{x} &= -r\omega \sin(\omega t) = -\omega y; \quad \dot{y} = r\omega \cos(\omega t) = \omega x \\ v^2 &= \dot{x}^2 + \dot{y}^2 = \omega^2 (y^2 + x^2) \end{aligned}$$

Из этих соотношений следует:

$$\begin{aligned} a_x &= \frac{\omega^2}{2} \frac{\partial (y^2 + x^2)}{\partial x} = \omega^2 x; \quad a_y = \omega^2 y \\ |a| &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \omega^2 r = \text{центробежное ускорение} \end{aligned} \quad (\text{A } 5.10)$$

При использовании сферических или цилиндрических координат мы получим:

$$a_r = \frac{1}{2} \frac{\partial v^2}{\partial r} = \frac{1}{2} \frac{\partial (\omega r)^2}{\partial r} = \omega^2 r \quad (\text{A } 5.11)$$

Таким образом, для метрики с Инерционным масштабным фактором $1 - v^2$ центробежное ускорение равно геодезическому ускорению. Это показывает, как круговое движение системы отсчета с масштабированным интервалом Минковского создает силу инерции гравитационного типа. Как было ранее показано, инерционная метрика по своей природе относительна и может применяться для любых объектов в состоянии относительного движения и, соответственно, можно предполагать, что при описании всех форм движения должно учитываться пятое измерение масштаба. Это путь к новой физике.

КОНЕЦ

ISBN 978-5-906782-48-9



НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Карл Йохан Марелье

ТЕЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ
Новые физические идеи

© Марелье К.-Й 2015
ISBN 978-5-906782-48-9

Научный редактор доктор физ.-мат. наук *И.Н. Таганов*

Перевод *Т. Краснокутской*

Компьютерная верстка *И. Третьяковой*

Коррекция иллюстраций *К. Березовой*

Подписано в печать 25.06.2015.

Формат издания 70×100¹/₁₆. Бумага мелованная.

Гарнитура Times New Roman. Печать цифровая. Печ. л. 12.

Отпечатано в типографии «Политехника-сервис»
190005 Санкт-Петербург, Измайловский пр., 18-д