СЕРГЕЙ ИВАНОВ

ИКРАТКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Санкт-Петербург
2020

Вердикт Й взаимодействия – тёмной энергии во Вселенной нет!

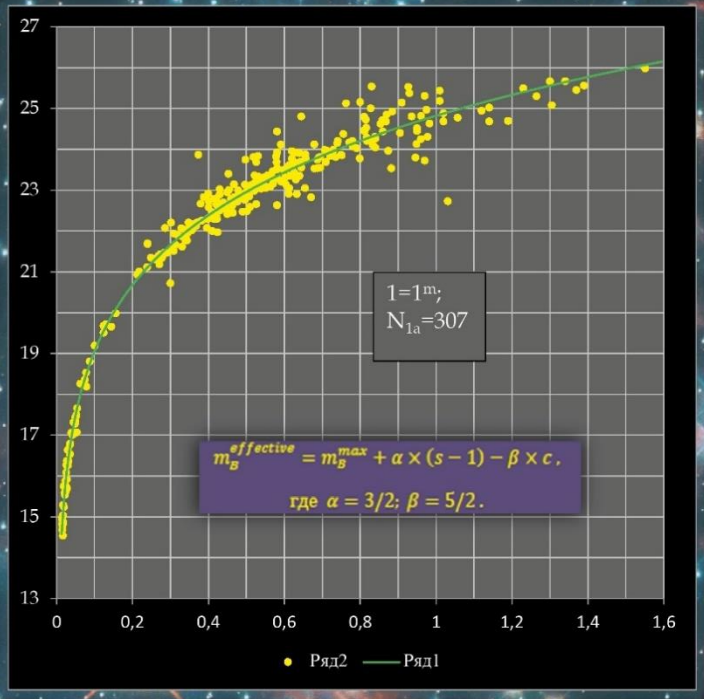
Закон ПИ (Петросян – Ивановой): $$1 + Z = \frac{1-\bar{r}}{\sqrt{1-\bar{r}^2}\cdot(1-\bar{r})^{2\cdot(ю-1)}}.$$

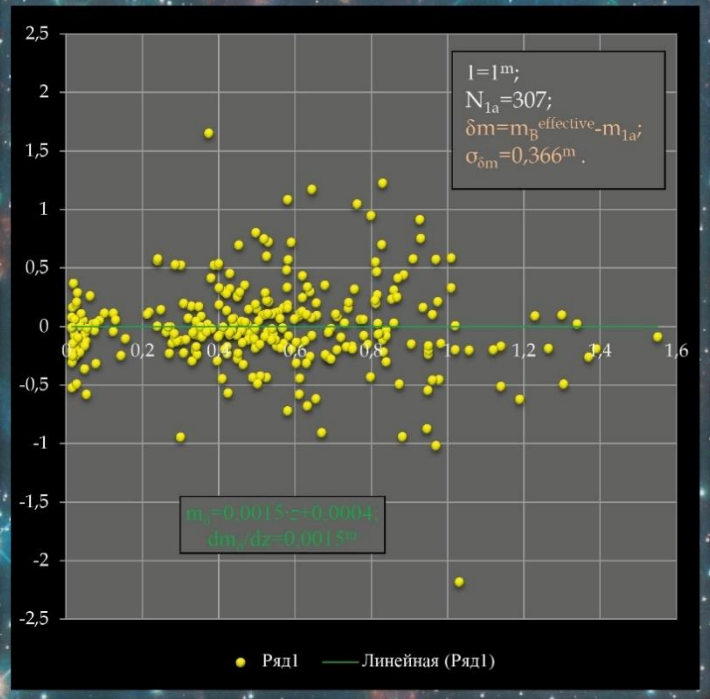
Масса белого карлика, определяемая пределом Чандрасекара: $$M_Ч = M_{Ч_0}\cdot\sqrt{(1-\bar{r})^{7\cdot(ю-1)}}.$$

Видимая звёздная величина сверхновой типа 1а:

$$m_{1a} = M_{1a} - \frac{45\cdot ю - 35}{4}\cdot \log_{10}(1-\bar{r}) + \frac{5}{2}\cdot\log_{10}(1+\bar{r}) + 5\cdot\log_{10}\bar{r} + 45,300^m.$$

Сравнение результатов наблюдений 307 сверхновых типа 1а с предсказаниями модели





Сергей Алексеевич Иванов

Икраткое взаимодействие

Санкт-Петербург

СИНЕЛ

2020

УДК 53.01:539:535.1:535.2:524.8:524.6:524.3:524.352.3

ББК 22.31+22.632+22.637

И20

Иванов С. А.

И20 Икраткое взаимодействие / Сергей Иванов. – СПб.: СИНЕЛ, 2020. – 599 с.: ил.

ISBN 978-5-6044414-9-7

Йон – наша Вселенная в начале всех начал. Й взаимодействие – способ творения познаваемой Вселенной. Определены характеристики йона и Й взаимодействия. Определены законы творения луча, заряда, электрона и Вселенной. Представлена новая система измерения физических величин. Определены законы изменения единиц измерения СИ и фундаментальных констант во времени. Определены распределения массы во Вселенной и в Метагалактике. Представлен новый взгляд на пространство и время и обоснована гипотеза о световом источнике энергии звёзд. Показано, что наблюдения сверхновых типа 1а, квазаров, космических объектов Sgr A и M87* – содержат прямые свидетельства Й взаимодействия и светового источника энергии звёзд.*

Монография рекомендуется для широкого круга читателей, желающих узнать законы творения нашей Вселенной.

Ключевые слова: научная революция, теория всего, Вселенная, квазары, Sgr A*, M87*, сверхновые типа 1а, йон, Й взаимодействие, световой источник энергии звёзд.

Ivanov S. A.

И20 The Ikratkoye interaction / Sergey Ivanov. – SPb.: SINEL, 2020. – 599 p.: pic.

ISBN 978-5-6044414-9-7

The Yon is our Universe at the beginning of all beginnings. The Й interaction is the way of creating a knowable Universe. The characteristics of the yon and Й interaction are determined. The laws of creation of the ray, charge, electron and the Universe are determined. The new system for measuring physical quantities is introduced. The laws of change of SI base units and fundamental constants in time are determined. The mass distributions in the Universe and in the Metagalaxy are determined. A new view of space and time is presented and a hypothesis about the "light" source of energy of stars is grounded. It has been shown that observations of type 1a supernovae, quasars, space objects Sgr A and M87* – contain direct evidence of Й interaction and the "light" source of energy of stars.*

The monograph is recommended for a wide range of readers, who want to know the lows of creation of our Universe.

Keywords: scientific revolution, theory of everything, Universe, quasars, Sgr A*, M87*, type 1a supernova, yon, Й interaction, "light" source of energy of stars.

УДК 53.01:539:535.1:535.2:524.8:524.6:524.3:524.352.3

ББК 22.31+22.632+22.637

ISBN 978-5-6044414-9-7 © Иванов С. А., 2020

Содержание

Предисловие 6
Введение 7
1. История открытия икраткого взаимодействия 24
2. Основные характеристики и свойства йона 46
3. Икраткое взаимодействие и результаты его творения 55
3.1. Творение луча 55
3.2. Творение Вселенной до образования электрона и протона 58
3.3. Творение Вселенной после образования электрона и протона 60
4. Соотношение единиц измерения систем СИ и АСЯ 75
5. Фундаментальные физические постоянные и законы их изменения 87
6. Эволюция Вселенной на ранней стадии 109
6.1. Основные этапы образования Вселенной 109
6.2. Формирование пространства Вселенной 120
6.2.1. Момент инерции луча (центральный), электрона и протона 120
6.2.2. Модель размножения и вращения луча 124
6.2.3. Результаты исследований на модели размножения и вращения луча 129
6.2.4. Формирование пространства Вселенной до момента образования первых электрона и протона 133
6.2.5. Размножение и вращение лучей в электроне 136
6.2.6. Возрастные законы изменения спина и суммарной энергии вращения луча, электрона и протона 145
6.2.7. Оценка влияния вращения лучей на результаты наблюдений удалённых космических объектов 147
6.3. Крупномасштабное распределение массы во Вселенной 149
6.4. Крупномасштабное распределение массы в Метагалактике 163
6.5. Основные характеристики скоплений космических объектов 188

6.6. Местное распределение галактик в Метагалактике 201
6.7. Размеры и местоположение войдов в Метагалактике 206
7. Экспериментальные свидетельства йона и икраткого взаимодействия 215
7.1. Аномальное ускорение “Пионеров” 224
7.2. Изменение периода вращения Земли 235
7.3. Увеличение радиуса орбиты Луны 241
7.4. Результаты наблюдений сверхновых типа 1а 248
7.4.1. Закон изменения величины красного смещения излучения на больших удалениях между источником и приёмником излучения 255
7.4.2. Возрастной закон изменения предельной массы белого карлика 267
7.4.3. Закон изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а от величины красного смещения их излучения 270
7.5. Природа массы элементарной частицы и принцип относительности 283
8. Новый взгляд на энергетику звёзд 318
8.1. Гипотеза о световом источнике энергии звёзд 321
8.2. Модель излучения звезды со световым источником её энергии 323
8.3. Определение основных характеристик звёзд на модели звезды со световым источником её энергии, исходя из диаграммы Герцшпрунга – Рассела 339
8.4. Определение основных характеристик массивных звёзд максимальных размеров на модели звезды со световым источником её энергии 376
8.5. Стрелец A^* – массивная звезда максимального размера?! 385
8.6. Определение основных характеристик звёзд Эддингтоновской светимости на модели звезды со световым источником её энергии 412

8.7. Квазар – сверхмассивная звезда, с близким к минимальному размером?! 428
8.8. О чём свидетельствует изображение M87*? 508
Заключение 539
Основные выводы и предложения по перспективным направлениям исследований 583
Список использованной литературы 595

Предисловие

Согласно американскому астрофизику Фриману Дайсону, Нильс Бор в 1958 году на научной конференции в Нью-Йорке по поводу теории элементарных частиц, предложенной Вольфгангом Паули, сказал: “Все мы согласны, что эта теория безумна. Вопрос лишь в том, достаточно ли она безумна, чтобы оказаться ещё и верной” [1].

С точки зрения профессионального физика, использующего критерий “безумия”, предложенный Нильсом Бором, физическая теория, основанная на открытии йона и икраткого взаимодействия, должна быть признана “верной”!

С точки зрения главного постулата, согласно которому йон является “зиготой” нашей Вселенной, предлагаемая Вашему вниманию физическая теория красива. Действительно, если считать размножение неотъемлемым признаком любви, то нашу Вселенную творит любовь. И это прекрасно!

С точки зрения сулящих перспектив, физическая теория, основанная на открытии йона и икраткого взаимодействия, является грандиозной! Практическая польза от использования фундаментальных знаний, вытекающих из открытия йона и икраткого взаимодействия, может быть соизмерима с той, которая обусловлена знаниями о ныне известных фундаментальных взаимодействиях.

Новые знания позволяют сформировать цели, осуществление которых будет означать успех всего Человечества. Если лучевые средства связи, которые позволят обмениваться информацией в режиме реального времени с братьями по Разуму, расположенными в самых отдалённых уголках Метагалактики, будут созданы, что потребует совместных усилий всех жителей Земли, Человечество станет Метагалактической цивилизацией!

Автор знает, что мечты сбываются! Не упускайте свой шанс – займитесь разработкой нового “месторождения” знаний. Время действовать!

Введение

Основным объектом исследований, представленных в данной работе, является йон. Йон это наша Вселенная в начале всех начал, в момент своего зарождения. В этот момент у Вселенной не было других свойств и характеристик, отличных от свойств и характеристик йона. Йон является “зиготой” нашей Вселенной, а его свойства и характеристики определяют её “гено́м”. Основным свойством йона является икраткое взаимодействие, характеризующее его способность к размножению. У йона существуют три типа размножения:

- точечное размножение, в ходе которого йон творит себе подобного в продольном направлении и тем самым формирует двухсторонний луч;
- лучевое размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов луча и тем самым творится новый луч и формируется частица;
- объёмное размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов частицы и тем самым творится новая частица и формируется физический мир.

Наряду с йоном, объектами исследований, представленных в данной работе, также являются луч, юон, электрический заряд, квант электромагнитного излучения, электрон, протон и Вселенная.

Открытие йона и его икраткого взаимодействия произошло в ходе поиска решения “вечной загадки Эйнштейна”, которое призвано было объяснить, чем обусловлена постижимость (познаваемость) нашей Вселенной. История открытия йона и его икраткого взаимодействия представлена в первом разделе работы. Открытие йона явилось ключом к решению “вечной загадки Эйнштейна”. Действительно, йон творит познаваемую Вселенную:

- число типов фундаментальных объектов мало (йон, луч, электрон, протон);
- объекты одного типа идентичны и их число огромно;

- объекты упорядочены (йоны в лучах; лучи в элементарных частицах);
- текущие относительные изменения характеристик объектов во времени малы.

Йон является гарантом научного знания:

- физика – наука экспериментальная, эксперимент является первоисточником знаний о мире;
- определение основных характеристик объектов и знания об их взаимодействиях в заданных условиях устанавливаются в экспериментах;
- йон гарантирует, что знания, установленные в отдельных экспериментах, могут успешно использоваться для предсказания результатов огромного числа взаимодействий, для этого достаточно, чтобы типы взаимодействующих объектов совпадали с типами, участвующими в эксперименте, а условия взаимодействий были идентичны.

Йон является началом всех начал:

- в начале был один, один во всех лицах (йон, он же луч, он же электрон, он же Вселенная);
- луч – кузнеца юонов, из которых формируется заряд элементарных частиц;
- йон – единый эталон пространства и времени для всей Вселенной, что позволяет сформировать новые представления о пространстве и времени;
- йон – “зигота” Вселенной, характеристики йона – “генный код” Вселенной;
- йон – способ создания нашей Вселенной, избранный Творцом.

Есть несколько важных оснований назвать открытое взаимодействие икратким, а для его обозначения использовать 11 букву русского алфавита – “Й”. Приведём лишь одно из них. Икраткое взаимодействие это **и**нформация (**и**нструкция) **краткая** по созданию Вселенной. Естественно, носителя икраткого взаимодействия именовать **й**оном.

После того, как путь к решению “вечной загадки Эйнштейна” определился, были сформированы новые направления исследований, обусловленные открытием йона и икраткого взаимодействия. Главные цели этих исследований состояли, во-первых, в определении основных характеристик и свойств йона, как “зиготы” нашей Вселенной, во-вторых, в получении доказательств достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия, и, в-третьих, в формировании нового взгляда на нашу Вселенную, основанного на открытии йона и икраткого взаимодействия, вносящего фундаментальные изменения в уровень научного познания. Для достижения обозначенных главных целей были определены следующие направления исследований:

- определение основных характеристик и свойств йона, как “зиготы” нашей Вселенной (2 раздел);
- установление законов творения луча, заряда, кванта заряда, электрона, протона и Вселенной и определение их характеристик и свойств (3 раздел);
- разработка системы измерения физических величин, основанной на свойствах йона и луча, и определение законов изменения фундаментальных физических постоянных и единиц измерения системы СИ во времени (4 и 5 разделы);
- моделирование основных этапов творения Вселенной на ранней стадии с определением распределения лучей в электроне и крупномасштабного распределения массы во Вселенной и в Метагалактике (6 раздел).

Результаты исследований, представленные в разделах 2÷6, показывают, что йон, характеристики и свойства которого определены в разделе 2, творит Вселенную во многом схожую с той, в которой мы живём. Законы изменения и текущие характеристики сотворённых йоном объектов (луча, заряда, кванта заряда, электрона, протона, и скоплений космических объектов) не вступают в противоречие с результатами наблюдений за ними в нашей Вселенной.

Открытие йона и икраткого взаимодействия формирует новую физическую парадигму, которая принципиально отличается от парадигмы, используемой в настоящее время сообществом профессиональных физиков. Отметим лишь некоторые наиболее значимые, на наш взгляд, отличия парадигм.

Во-первых, во Вселенной, созданной икратким взаимодействием, не выполняются законы сохранения, а значения основных характеристик и свойств объектов (электронов, протонов, электрических зарядов), образующих Вселенную, изменяются во времени. Наиболее явственно это проявляется на ранней стадии творения Вселенной. В настоящее время относительные изменения значений основных характеристик и свойств объектов очень малы, а выявить нарушения законов сохранения, как правило, затруднительно. Согласно существующей физической парадигме, это не так. Изменения значений основных характеристик и свойств объектов во времени не предполагаются, а нарушения законов сохранения не допускаются.

Во-вторых, в новой парадигме, основанной на открытии йона и икраткого взаимодействия, представления о пространстве и времени кардинально отличаются от тех, которые в настоящее время сформированы специальной и общей теориями относительности и приняты сообществом профессиональных физиков. Согласно новой парадигме, в момент явления всё пространство Вселенной было заключено в объёме одного лишь йона, а в настоящее время сформировано объектами Вселенной и “соткано” из более, чем 10^{125} лучей им принадлежащих, суммарная площадь поперечных сечений которых примерно в миллиард триллионов раз меньше, чем площадь поперечного сечения человеческого волоса. Время одномерно, необратимо, неоднородно с точки зрения происходящих во Вселенной изменений за равные промежутки времени и абсолютно, что позволяет однозначно определить последовательность происходящих во Вселенной событий. Текущие расстояния между объектами, модули их относительных скоростей, временные интервалы между событиями и их последовательность являются абсолютными, то есть не зависят от того, в какой системе отсчёта происходит их измерение.

Согласно современным представлениям, пространство-время – реальность, активно взаимодействующая с объектами материального мира:

- в специальной теории относительности взаимодействие осуществляется путём изменения пространственно-временных масштабов в соответствии с преобразованиями Лоренца;
- в общей теории относительности взаимодействие осуществляется посредством пространственно-временных деформаций, проявляясь в виде гравитации;
- в космологических моделях пространство-время расширяется, причём на начальном этапе инфляционно.

При этом без ответа остаются основные вопросы:

- каково происхождение пространства-времени?
- есть ли у пространства-времени носитель и, если есть, то каков он?

В-третьих, согласно новой физической парадигме, основанной на открытии йона и икраткого взаимодействия, элементарные частицы даже в состоянии покоя обладают импульсом покоя, модуль которого равен арифметической сумме модулей импульсов йонов, образующих частицу, относительно центра её лучей. Важным свойством импульса покоя элементарной частицы является его ортогональность любому направлению в пространстве. Это означает, что импульс покоя элементарной частицы всегда ортогонален импульсу её движения. Масса элементарной частицы определяется отношением модуля импульса её покоя к модулю скорости йонов в луче в непосредственной близости от его центра. Для того чтобы изменить скорость частицы, необходимо придать ей импульс движения, что вызовет соответствующие изменения импульсов всех йонов, её образующих, а следовательно соответствующие изменения их скоростей. Таким образом, инерция элементарной частицы является её внутренним свойством, определяемым арифметической суммой модулей импульсов йонов, образующих её. Согласно существующей физической парадигме, субатомные частицы приобретают массу при контакте с полем бозона Хиггса, которым заполнено всё пространство Вселенной.

В-четвёртых, согласно новой физической парадигме, основанной на открытии йона и икраткого взаимодействия, распространение квантов света в пространстве осуществляется лучами, его образующими. При этом фотон является “пассажиром”, а “транспортёром” выступают йоны луча. Скорость света относительно приёмника излучения определяется скоростью йонов луча, осуществляющего его “транспортировку”, и не является постоянной. Результаты взаимодействий элементарных частиц и происходящих с ними процессов зависят от того, в каком пространстве они происходят. Согласно существующей физической парадигме, это не так. Скорость света в вакууме считается постоянной, а принцип относительности Эйнштейна утверждает, что любое физическое явление протекает одинаково во всех инерциальных системах отсчёта.

Исходя из новой физической парадигмы, основанной на открытии йона и икраткого взаимодействия, в седьмом разделе работы представлены исследования по оценке ряда текущих эффектов, обусловленных икратким взаимодействием, и показано, что они имеют экспериментальное подтверждение. Отметим, что эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, становятся более значимыми, по мере увеличения рассматриваемого в исследованиях временного интервала. На небольших временных интервалах эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, малы и проявляются, например, как аномальное ускорение космических аппаратов, установленное в ходе наблюдений зондов “Пионер-10” и “Пионер-11”, которое примерно в десять миллиардов раз меньше ускорения свободного падения на поверхности Земли. На больших временных интервалах эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, не заметить нельзя. Так, например, временной интервал, охватываемый исследованиями, основанными на наблюдениях трёхсот семи сверхновых типа 1a, величина красного смещения которых находится в диапазоне от 0,015 до 1,551 [2], по нашим оценкам составляет примерно четыре миллиарда пятисот двадцать восемь миллионов лет. Для того чтобы объяснить эффект, обусловленный икратким взаимодействием на данном

временном интервале, астрофизики используя космологическую модель, основанную на общей теории относительности, пришли к выводу об ускоренном расширении Вселенной в настоящее время и о существовании в ней тёмной энергии, доля которой в общем балансе энергии Вселенной превышает семьдесят процентов. Вердикт, основанный на сравнении результатов наблюдений сверхновых типа 1а с предсказаниями модели, учитывающей эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, однозначен – тёмной энергии в нашей Вселенной нет.

Исходя из новой физической парадигмы, основанной на открытии йона и икраткого взаимодействия, в седьмом разделе работы получено уравнение, определяющее зависимость между силой, действующей на частицу, и её ускорением, совпадающее с тем, которое используется в специальной теории относительности [3]. “С начала века оно многократно подвергалось экспериментальным проверкам в различных конфигурациях электрических и магнитных полей. Это уравнение является основой инженерных расчётов релятивистских ускорителей” [3]. Однако это уравнение было получено нами без использования постулатов специальной теории относительности. На примере рассмотрения частицы, образованной при распаде релятивисткой частицы, показано, что её характеристики зависят от того, в каком пространстве происходит распад. Исходя из икраткого взаимодействия распады частицы, когда она покоится в лабораторной системе отсчёта и когда она движется с релятивисткой скоростью относительно её, происходят в пространствах, свойства которых отличаются. Пространство земной лаборатории, где проводятся эксперименты, в основном соткано из лучей объектов, образующих Землю. А это означает, что для частицы, которая покоится относительно лабораторной системы отсчёта, пространство будет изотропным, поскольку скорости йонов в лучах, его образующего, вне зависимости от направления в основном будут иметь относительно частицы одну и ту же скорость, близкую к скорости света в вакууме. Распределение скоростей частиц, образовавшихся при распаде в изотропном пространстве, по

направлениям в пространстве будет стремиться к равномерному распределению, а их значение будет примерно одинаковым, что подтверждается экспериментом. Если же частица движется относительно лабораторной системы отсчёта с релятивистской скоростью, то пространство, в котором происходит её распад, будет анизотропным, поскольку относительно её скорости йонов в лучах, образующих пространство, в зависимости от направления будут иметь различные значения. Зависимость скорости частиц, образованных в ходе распада в анизотропном пространстве, от направления имеет экспериментальное подтверждение. Показано, что изменение вектора скорости частицы под воздействием импульса равно произведению вектора скорости йона относительно частицы, осуществляющего “транспортировку” к ней импульса, на долю импульса в суммарном импульсе частицы. Это объясняет, почему скорость частицы в изотропном пространстве не может превысить скорость света в вакууме, а в анизотропном может, что имеет экспериментальное подтверждение. В целом, исследования, представленные в разделах 2÷7, позволили устранить за ненадобностью такого “монстра”, каковым является пространство-время в современном его представлении, и отказаться от использования специальной и общей теорий относительности, этого “монстра” породивших.

Во Вселенной, созданной икратким взаимодействием, нет места таким экзотическим объектам, как чёрные дыры в современном их представлении. Согласно существующей физической парадигме, космические объекты большой массы и с низкой светимостью, например, такие как Стрелец A* и M87*, принято рассматривать как сверхмассивные чёрные дыры. Считается, что в центрах квазаров также находятся сверхмассивные чёрные дыры [4]. Поскольку модели звёзд, основанные на гипотезе о термоядерном источнике их энергии, не позволяют объяснить результаты наблюдений сверхмассивных космических объектов низкой светимости и сверхмощных маяков Вселенной – квазаров, то возникает необходимость поиска новых гипотез об источниках энергии звёзд. В восьмом разделе представлены результаты

исследований, выполненных в обоснование альтернативного взгляда на энергетику звёзд, согласно которому основной источник энергии звёзд, получивший название световой, формируется за счёт энергии квантов света, образовавшихся в ходе их размножения, инициируемого объёмным икратким взаимодействием частиц звезды. Разработана модель звезды Эддингтона со световым источником энергии. Установлена зависимость мощности светового источника звезды от её массы, радиуса и доли давления излучения в полном давлении звезды. Исследования, выполненные с использованием модели звезды со световым источником энергии, позволили получить естественное объяснение, как невероятной мощности излучения квазаров, так и малой светимости сверхмассивных компактных космических объектов, которые принято называть “сверхмассивными чёрными дырами”. Действительно, и квазары и так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” являются такими же звёздами, пусть и очень массивными, как наше Солнце и большая часть наблюдаемых нами звёзд. Одна и та же модель звезды Эддингтона со световым источником энергии использовалась для описания и определения основных характеристик как звёзд, представленных на диаграмме Герцшпрунга – Рассела, так и сверхмассивных чёрных дыр, а также квазаров. И что важно, результаты, полученные на этой модели, не вступают в явное противоречие, как с наблюдениями за так называемыми “сверхмассивными чёрными дырами”, так и с наблюдениями за квазарами. Более того, как показали специально выполненные исследования, сенсационные изображения космического объекта M87*, полученные в ходе его наблюдений в апреле 2017 года и представленные научной общественности после тщательной их обработки в апреле 2019 года [5], [6], [7], [8], [9], [10], являются прямыми свидетельствами, что космический объект M87* – это сверхмассивная звезда со световым источником энергии, имеющая размеры близкие максимально возможным.

Данная работа является пионерской. Она базируется на открытии йона и икраткого взаимодействия. Все полученные в ней научные результаты

обладают новизной. Отметим лишь некоторые, на наш взгляд, наиболее важные новые научные результаты:

- определены основные характеристики и свойства йона, как “зиготы” нашей Вселенной;
- установлены законы творения луча, заряда, кванта заряда, электрона, протона и Вселенной и определены текущие значения их характеристик и свойств;
- разработана система измерения физических величин, основанная на свойствах йона и луча, и установлены законы изменения фундаментальных физических постоянных и единиц измерения системы СИ во времени;
- установлены основные этапы творения Вселенной на ранней стадии и определены крупномасштабные распределения массы во Вселенной и в Метагалактике;
- сформирована новая физическая парадигма, основанная на открытии йона и икраткого взаимодействия;
- установлен закон изменения величины красного смещения излучения от относительного расстояния между источником излучения света и его приёмником (закон ПИ), который выполняет функции линейки и часов при наблюдении событий, происходящих в далёком прошлом на межгалактических удалениях;
- определена зависимость видимой звёздной величины вспышки сверхновой типа 1a в пике её светимости от относительного удаления до Земли с учётом факторов, обусловленных икратким взаимодействием;
- представлена гипотеза о световом источнике энергии звёзд, согласно которой энергия звёзд формируется за счёт энергии квантов света, образовавшихся в ходе их размножения, инициируемого объёмным икратким взаимодействием частиц звезды;

- разработана модель звезды Эддингтона со световым источником энергии;
- установлена зависимость мощности светового источника звезды от её массы, радиуса и доли давления излучения в полном давлении звезды;
- установлены законы изменения основных характеристик массивных звёзд максимальных и минимальных размеров во времени;
- определена зависимость видимой звёздной величины сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей светимость близкую к пределу Эддингтона, от величины красного смещения её излучения;
- определены основные характеристики космических объектов M87* и Стрелец A* как сверхмассивных звезд со световым источником энергии, имеющих размеры близкие максимально возможным;
- определены основные характеристики пяти известных квазаров (3C 48, 3C 273, SDSS J085543.40-001517.7, SDSS J0100+2802 и TON 618) как сверхмассивных звёзд со световым источником энергии, имеющих светимость близкую к пределу Эддингтона.

Определение текущих значений характеристик и свойств йона осуществлялась на основе принятых постулатов и гипотез и исходя из текущих значений фундаментальных физических величин, таких как скорость света в вакууме, масса электрона, отношение массы протона к массе электрона, заряд электрона, постоянная Планка и постоянная тонкой структуры, характеризующих наблюдаемую нами Вселенную.

Основные результаты исследований, представленные в работе, были получены с использованием методов математического и имитационного моделирования. В ходе осуществления исследований разработаны:

- модели формирования икратким взаимодействием луча, заряда, кванта заряда, электрона, протона и Вселенной;
- имитационная модель размножения и вращения лучей во Вселенной на ранней стадии до момента образования первых электрона и протона;

- имитационная модель размножения и вращения лучей электрона;
- имитационные модели распределения сверхскоплений галактик во Вселенной и в Метагалактике;
- имитационная модель определения основных характеристик скоплений космических объектов;
- модель определения местоположений и размеров войдов на различных удалениях от центра Метагалактики;
- модель изменения продолжительности земных суток под воздействием икраткого взаимодействия во времени;
- модель изменения величины красного смещения излучения от относительного расстояния между источником излучения света и его приёмником с учётом факторов, обусловленных икратким взаимодействием;
- модель изменения массы белого карлика, определяемой пределом Чандрасекара, под воздействием икраткого взаимодействия во времени;
- модель изменения видимой звёздной величины вспышки сверхновой типа 1а в пике её светимости от величины красного смещения её излучения с учётом факторов, обусловленных икратким взаимодействием;
- модель звезды Эддингтона со световым источником энергии;
- модели изменения основных характеристик массивных звёзд максимальных и минимальных размеров под воздействием икраткого взаимодействия во времени;
- модель изменения видимой звёздной величины сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей светимость близкую к пределу Эддингтона, от величины красного смещения её излучения;
- имитационная модель определения видимой звёздной величины квазаров от величины красного смещения их излучения с учётом факторов, обусловленных икратким взаимодействием.

Основное требование, предъявляемое к разработке имитационных моделей, состояло в возможности воспроизведения получаемых в ходе

моделирования результатов. Поэтому все разработанные имитационные модели являются моделями первого приближения, учитывающими лишь основные факторы, влияющие на исследуемые процессы. Основные цели проводимых на имитационных моделях исследований состояли не в том, чтобы выявить те или иные особенности моделируемых процессов и явлений. Важно было убедиться в том, что результаты моделирования процессов и явлений не вступают в явное противоречие с данными, установленными в ходе их наблюдений.

В ходе проведения исследований с использованием разработанных моделей установлено:

- аномальное ускорение космических аппаратов, измеренное в ходе наблюдений зондов “Пионер-10” и “Пионер-11” [11], является экспериментальным свидетельством эффектов, обусловленных икратким взаимодействием;
- определённое в ходе наблюдений систематическое удлинение земных суток [12] является экспериментальным подтверждением эффекта, обусловленного икратким взаимодействием, который носит общий характер, позволяющий, например, предсказать систематическое замедление суточного вращения Марса;
- увеличение радиуса лунной орбиты, определённое в ходе многолетних наблюдений, осуществлённых с использованием лазерной локации Луны [13], является эффектом, обусловленным особенностями гравитационного взаимодействия, основанного на икратком взаимодействии, который носит общий характер, позволяющий, например, предсказать изменение среднего радиуса орбиты Земли за период равный одному году;
- полученная на модели зависимость видимой звёздной величины вспышки сверхновой типа 1а в пике её светимости от величины красного смещения её излучения с учётом факторов, обусловленных икратким взаимодействием, хорошо согласуется с результатами

наблюдений 307 сверхновых типа 1a во всём рассмотренном диапазоне величин красных смещений их излучения от 0.015 до 1.55 [2];

- результаты моделирования по обнаружению 526356 квазаров, расположенных на удалениях от 115 Мпк до 3788 Мпк от Земли, не вступают в явное противоречие с результатами наблюдений такого же количества квазаров, обнаруженных в ходе осуществления этапов SDSS-I/II [14], SDSS-III [15] и SDSS-IV [16].

Есть основания полагать, что практическая польза от разработки “месторождения” новых знаний, вытекающих из открытия йона и икраткого взаимодействия, может быть соизмерима с той, которая обусловлена знаниями о ныне известных фундаментальных взаимодействиях. Начать извлекать практическую пользу от новых знаний можно уже с момента опубликования данной работы. Так, например, по мнению авторитетных физиков “выяснение физической природы тёмной энергии – это центральная проблема современного естествознания” [17]. Сравнение результатов наблюдений сверхновых типа 1a с предсказаниями космологической модели, учитывающей эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, ясно свидетельствует, что на всём временном интервале, составляющем примерно четыре миллиарда пятьсот двадцать восемь миллионов лет, взаимное удаление сверхновых типа 1a происходило без каких-либо ускорений. Это значит, что тёмной энергии в нашей Вселенной нет. Очевидно, что на финансировании исследований, направленных на “выяснение физической природы тёмной энергии”, можно сэкономить, если принять новую физическую парадигму, основанную на открытие йона и икраткого взаимодействия. Предсказать все возможные направления фундаментальных исследований открытого “месторождения” новых знаний, основанных на открытии йона и икраткого взаимодействия, и область возможных их применений на данном этапе затруднительно. Эта область будет формироваться по мере осуществления фундаментальных исследований как известных, так и вновь обнаруженных явлений с позиций физической парадигмы, основанной на открытии икраткого взаимодействия.

Одно из перспективных, на наш взгляд, направлений фундаментальных исследований – это изучение особенностей размножения элементарных частиц (электронов, протонов и нейтронов), когда они находятся в составе ядра, атома или молекулы. Можно ожидать, что эти исследования позволят осуществить разработку новых эффективных источников энергии, основанных на икратком нуклеосинтезе. Пожалуй, самые перспективные направления фундаментальных исследований будут связаны с разработкой лучевых средств наблюдения и связи. Если лучевые средства связи будут созданы, то это позволит осуществлять связь с братьями по Разуму, расположенными в самых отдалённых уголках Метагалактики, в режиме реального времени, примерно так, как это сейчас происходит при связи абонентов, расположенных в Москве и Санкт-Петербурге. В этом случае Человечество станет Метагалактической цивилизацией!

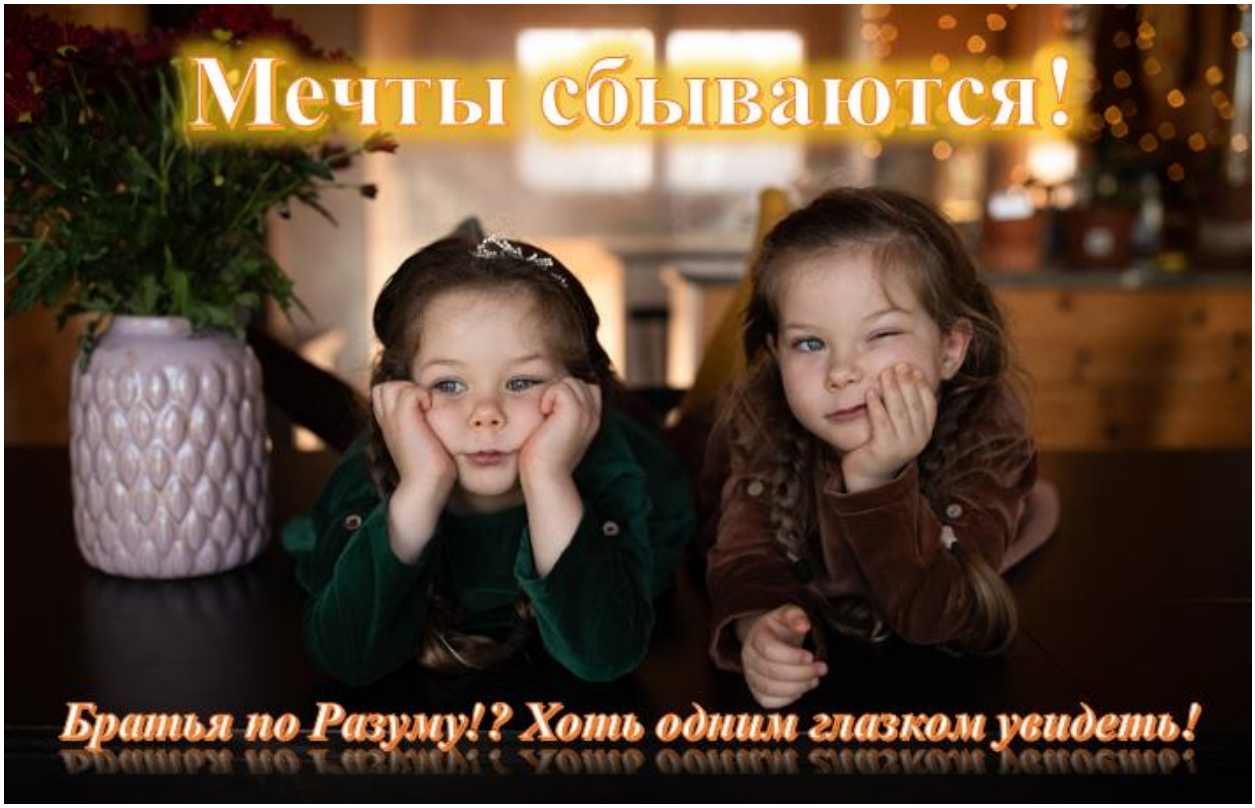
Прежде, чем перейти к рассмотрению истории открытия йона и икраткого взаимодействия, ответим на один важный вопрос: является ли теория, основанная на этом открытии и изложенная в данной работе, теорией всего? Наш ответ будет неоднозначный: и да, и нет. Доводы в пользу утвердительного ответа очевидны. Для этого достаточно обратиться к главному постулату данной работы, согласно которому всё существующее в нашей Вселенной имеет единое происхождение и единую основу. Так, если из нашей Вселенной разом удалить все йоны и все структуры из них состоящие, то наша Вселенная прекратит своё существование. Исчезнет всё: все частицы и все структуры из них состоящие, все возможные взаимодействия и все кванты этих взаимодействий, исчезнет всё пространство, и прекратится отсчёт времени. Вселенная, созданная йоном и икратким взаимодействием, превратится в чистое ничто. Оснований для отрицательного ответа не было бы, если бы в момент появления Вселенной, её гено́м, определяемый характеристиками и свойствами йона, содержал бы в себе всю информацию обо всех возможных взаимодействиях и структурах, которые могут появиться в ходе творения Вселенной. Но это не так. Легко убедиться, что характеристики и свойства йона в момент появления

Вселенной не позволяют однозначно определить даже свойства ныне известных фундаментальных взаимодействий, не говоря уже о том, чтобы предсказать необходимость появления в ней разумной жизни. Это вполне объяснимо, поскольку в начале всех начал нет ни одного из известных ныне фундаментальных взаимодействий. Для того чтобы информация, например, о сильном взаимодействии могла быть получена, необходимо, по крайней мере, появления во Вселенной протонов и нейтронов. По мере творения Вселенной и появления в ней новых структур и взаимодействий данные о характеристиках и свойствах основных объектов пополняются новой информацией. Так, например, исходя из данных о гравитационном взаимодействии, следует, что йон при определённых обстоятельствах обладает способностью к вынужденному размножению. То, что из характеристик и свойств йона, ранее нам известных, нельзя однозначно определить его способность вынужденно размножаться в определённых условиях – не беда. Физика наука экспериментальная и необходимая информация о вынужденном размножении йона может быть установлена из опыта. При этом, что очень важно, икраткое взаимодействие гарантирует, что полученная в опыте информация о вынужденном размножении йонов может быть использована для любого из невероятно огромного числа йонов Вселенной.

После осуществления исследований, представленных во 2÷7 разделах данной работы, предстояло определиться, какие исследования будут завершающими. Первоначальный замысел работы предполагал, что в ней будут представлены исследования по переосмыслению известных фундаментальных взаимодействий, исходя из новой физической парадигмы, основанной на открытии йона и икраткого взаимодействия. Однако от осуществления данного замысла пришлось отказаться и завершить данную работу исследованиями по определению основных характеристик звёзд со световым источником их энергии. Данное решение было обусловлено двумя обстоятельствами. Во-первых, не было причин считать, что в процессе переосмысления известных фундаментальных взаимодействий, основанного на открытии йона и икраткого

взаимодействия, возникнут трудности, преодолеть которые не удастся. Это позволило процесс переосмысления отложить до лучших времён. Во-вторых, важно было получить естественное объяснение физической природе так называемых “сверхмассивных чёрных дыр” и квазаров исходя из новой физической парадигмы, основанной на открытии йона и икраткого взаимодействия. Без такого объяснения процесс отказа от “монстра”, каковым является пространство-время в современном его представлении, нельзя было считать завершённым. Этот “монстр” противоречит главному постулату, согласно которому йон является “зиготой” нашей Вселенной. Исследования, результаты которых представлены в 8 разделе работы, не только позволили обосновать новый взгляд на энергетику звёзд и показать, что квазары и так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” являются звёздами со световым источником энергии, но и получить дополнительные свидетельства, что наша Вселенная создана йоном и икратким взаимодействием.

Автор знает, что мечты сбываются! Важно действовать!



1. История открытия икраткого взаимодействия

Открытие икраткого взаимодействия произошло в ходе решения “вечной загадки Эйнштейна”. В своем письме к Морису Соловину от 30 марта 1952 года Альберт Эйнштейн отмечал: "...Вы находите удивительным, что я говорю о познаваемости мира (в той мере, в которой мы имеем право говорить о таковой) как о чуде или вечной загадке. Ну что же, априори, следует ожидать хаотического мира, который невозможно познать с помощью мышления. Можно (или должно) было бы лишь ожидать, что этот мир лишь в той мере подчинен закону, в какой мы можем упорядочить его своим разумом. Это было бы упорядочение, подобное алфавитному упорядочению слов какого-нибудь языка. Напротив, упорядочение, вносимое, например, ньютоновской теорией гравитации, носит совсем иной характер. Хотя аксиомы этой теории и созданы человеком, успех этого предприятия предполагает существенную упорядоченность объективного мира, ожидать которую априори у нас нет никаких оснований. В этом и состоит "чудо", и чем дальше развиваются наши знания, тем волшебнее оно становится. Позитивисты и профессиональные атеисты видят в этом уязвимое место, ибо они чувствуют себя счастливыми от сознания, что им не только удалось с успехом изгнать бога из этого мира, но и "лишить этот мир чудес". Любопытно, что мы должны довольствоваться признанием "чуда", ибо законных путей, чтобы выйти из положения, у нас нет. Я должен это особенно подчеркнуть, чтобы Вы не подумали, будто я, ослабев к старости, стал жертвой попов" [18]. С 1975 года, когда автор впервые ознакомился с этим письмом, у него появилась мечта – найти решение “вечной загадки Эйнштейна” и получить ответы на следующие вопросы:

- Откуда родом Законы Природы?
- Почему все электроны (протоны, нейтроны), как близнецы братья?
- Чем объясняется эффективность математики в естественных науках?
- Чем обусловлена познаваемость Вселенной?
- Постижимость Мира непостижима?

Долгое время автор исходил из предположения, что ключом к решению “вечной загадки Эйнштейна” является естественный отбор в неживой природе. Данное предположение основывалось на следующих рассуждениях:

- существование объектов, как это хорошо известно, по крайней мере, со времён Гераклита, возможно лишь в движении, взаимодействии, изменении;
- в Мире возможно существование любых объектов, но в ходе естественного отбора в неживой природе “выживают” лишь те из них, которые в ходе существования, то есть при движении, взаимодействии и изменении, сохраняют себя;
- в реальном мире мы наблюдаем лишь объекты, прошедшие тест на выживание естественным отбором в неживой природе, а законы, определяющие существование этих объектов, являются правилами выживания, формируемыми естественным отбором.

На первом этапе исследований, датированным 1975÷1978 годами, автор наивно полагал, что для решения “вечной загадки Эйнштейна” достаточно найти соответствующее математическое описание материальных объектов, которое позволило бы выразить их существование во всём присущим им многообразии. Моделирование существования этих объектов в Мире, ими образованном, позволит получить искомое решение, как принято говорить, “на блюдечке с золотой каёмочкой”. Первый этап исследований вышел “комом”. Решение “вечной загадки Эйнштейна” получить не удалось, а модель Мира, образованного объектами, для математического описания которых использовалась модель вероятностного автомата [19], оказалась пригодной разве что для рассмотрения проявлений законов диалектики и демонстрации философских категорий.

Приступить ко второму этапу исследований по поиску решения “вечной загадки Эйнштейна” удалось лишь в начале 21 века, практически сразу после трагических событий 11 сентября 2001 года. Учитывая плачевные результаты “кавалерийской атаки” по поиску решения “вечной загадки Эйнштейна”,

полученные на первом этапе исследований, а также основываясь на опыте, полученном автором при моделировании и оценке эффективности сложных систем, в начале второго этапа были проведены исследования на простой модели существования множества, состоящего из взаимодействующих элементов. Рассматриваемое множество состояло из ограниченного числа элементов, располагаемых в одномерном закольцованном пространстве. В простейшем случае элементами множества являлись числа натурального ряда. Существование элементов множества состояло во взаимодействии с рядом расположенными элементами. Рассматривались два типа взаимодействий элементов множества, результаты которых определялись по правилам логических операций умножения и сложения. В случае, когда элементами множества являлись числа натурального ряда, результаты их взаимодействий определялись операциями сравнения меньше и больше. Каждый элемент множества характеризовался склонностями принимать участие в рассматриваемых взаимодействиях. На этой модели была осуществлена серия экспериментов, каждый из которых включал в себя последовательное выполнение следующих действий:

- определение пар взаимодействующих элементов, которое осуществлялось на основе текущего их распределения в одномерном закольцованном пространстве, при этом начальное их распределение в пространстве определялось методом розыгрыша;
- определение методом розыгрыша для каждой пары взаимодействующих элементов типа их текущего взаимодействия, которое осуществлялось с учётом текущих значений склонностей элементов принимать участие в рассматриваемых взаимодействиях;
- определение изменений в распределении элементов множества в одномерном закольцованном пространстве, обусловленных текущими взаимодействиями, в каждом из которых происходит: во-первых, изменения местоположениями взаимодействующих элементов в одномерном закольцованном пространстве; во-вторых, изменения

на определённую величину склонности взаимодействующих элементов принимать участие в рассматриваемых взаимодействиях, где направления изменений склонности определяется методом розыгрыша; и, в-третьих, изменения самих элементов множества, обусловленные, с одной стороны, элементами множества, принимающими участие во взаимодействии, а, с другой стороны, типом их текущего взаимодействия (так, например, если тип взаимодействия определяется правилом логического умножения, то после взаимодействия двух элементов множества, существование продолжит их два пересечения);

- если условия завершения процесса моделирования не выполняются, то представленная последовательность действий повторяется для полученного на предыдущем этапе распределения элементов множества в одномерном закольцованном пространстве.

В целом результаты исследований, осуществлённых с использованием данной простой модели, позволяющей проследить изменения в распределении элементов множества в одномерном закольцованном пространстве в процессе их существования, не вступали в явное противоречие с предположением, что ключом к решению “вечной загадки Эйнштейна” является естественный отбор в неживой природе. Однако результаты моделирования на данной простой модели не позволяли утверждать, что “упорядочение, вносимое, например, ньютоновской теорией гравитации”, может быть объяснено действием естественного отбора в неживой природе.

Для того чтобы выяснить роль естественного отбора в неживой природе при формировании существенной упорядоченности объективного мира, вносимой ньютоновской теорией гравитации, была разработана лучевая модель массы элементарной частицы. Дальнейшее изложение данного раздела будет сопровождаться рисунками, в основном выполненными в период с момента начала разработки лучевой модели массы элементарной частицы до момента открытия икраткого взаимодействия, которое состоялось в июне 2003 года. Это позволит лучше изложить историю открытия икраткого

взаимодействия, не привнося в неё тех знаний, которые были получены в ходе дальнейших исследований. Лучевая модель массы элементарной частицы основана на предположении, что элементарная частица состоит из большого числа идентичных двухсторонних лучей, центры которых совпадают (рис. 1.1). Каждый луч содержит два источника гравитонов, расположенных на его противоположных концах, и один сток гравитонов, находящийся в центре луча (рис. 1.2). В центре луча происходит взаимопроникновение гравитонов, созданных на противоположных концах луча, с образованием юона. Предполагается, что электрический заряд элементарной частицы формируется из юонов, образованных в центрах принадлежащих ей лучей. Масса элементарной частицы определяется как частное от деления арифметической суммы модулей импульсов принадлежащих ей гравитонов относительно её центра на скорость света в вакууме. На рисунке 7.2 представлена модель определения массы электрона через основные характеристики гравитона. Масса электрона, определённая при предположении, что радиус луча растёт во времени со скоростью света в вакууме и скорость гравитонов в луче в непосредственной близости от его центра также равняется скорости света в вакууме, равна:

$$m_{\text{e}} = \frac{3}{4} \cdot ъ \cdot a^3 \cdot n_{.e}, \qquad (1.1)$$

где $ъ$ – плотность гравитона; a^3 – объём гравитона; $n_{.e}$ – число гравитонов в электроне.

Согласно лучевой модели элементарных частиц их гравитационное взаимодействие обусловлено импульсами, которые генерируются гравитонами луча, принадлежащего одной частице, при прохождении его через сток другой частицы.

Модель гравитационного взаимодействия двух электронов представлена на рисунке 1.3. Согласно представленной модели, сила гравитационного

притяжения первым электроном второго, определённая через характеристики луча и гравитона, равна:

$$\vec{F}_{G_{1,2}} = \frac{\vec{r} \cdot m_e \cdot l^2 \cdot c^2 \cdot л}{12 \cdot r^3 \cdot R}, \quad (1.2)$$

где l – длина гравитона; r – расстояние между электронами; R – радиус луча; c – скорость света в вакууме; $л$ – среднее число импульсов, генерируемых лучём первого электрона в стоке второго за время $t. = l/c$.

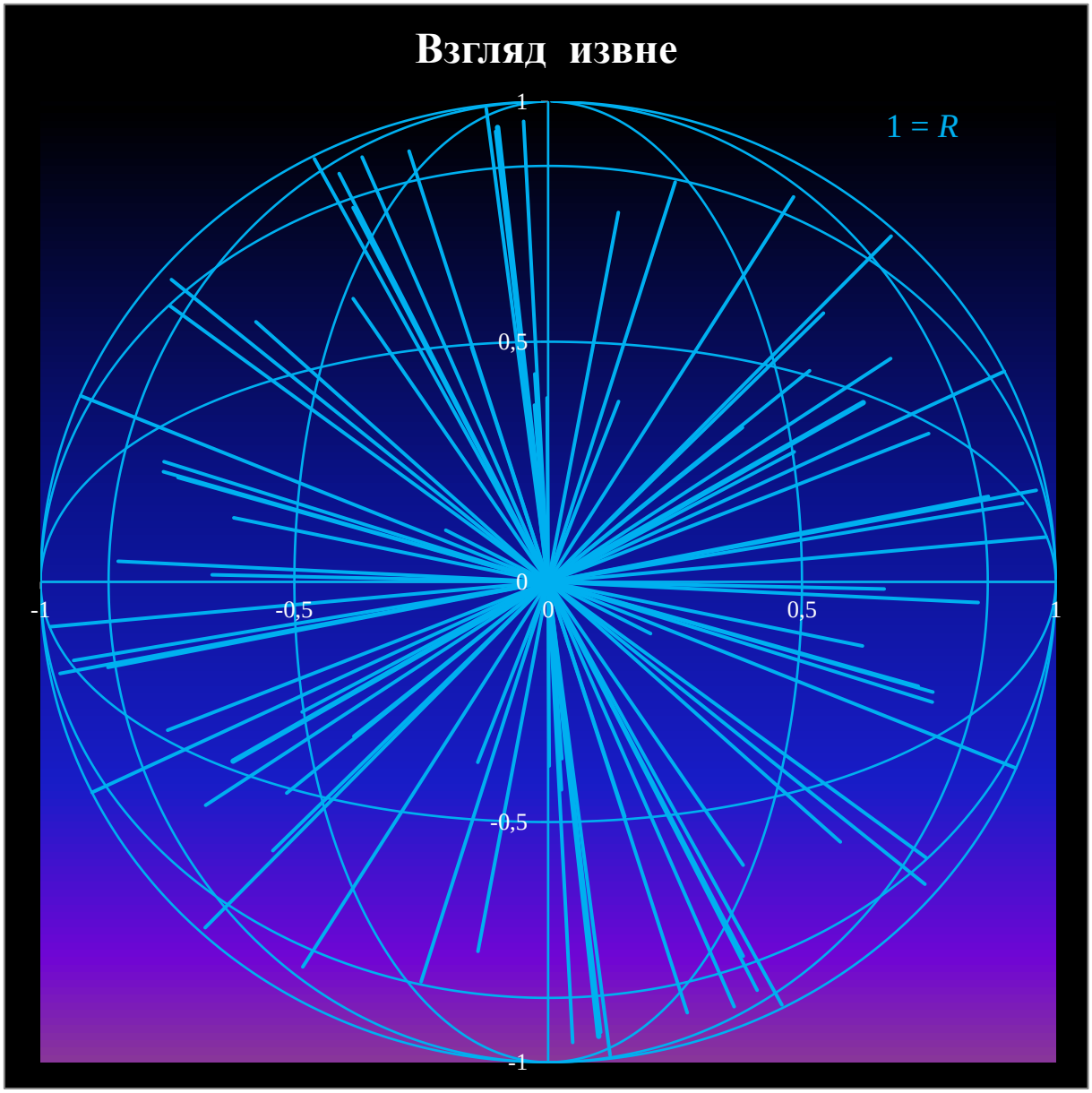


Рисунок 1.1. Лучевая модель массы элементарной частицы.

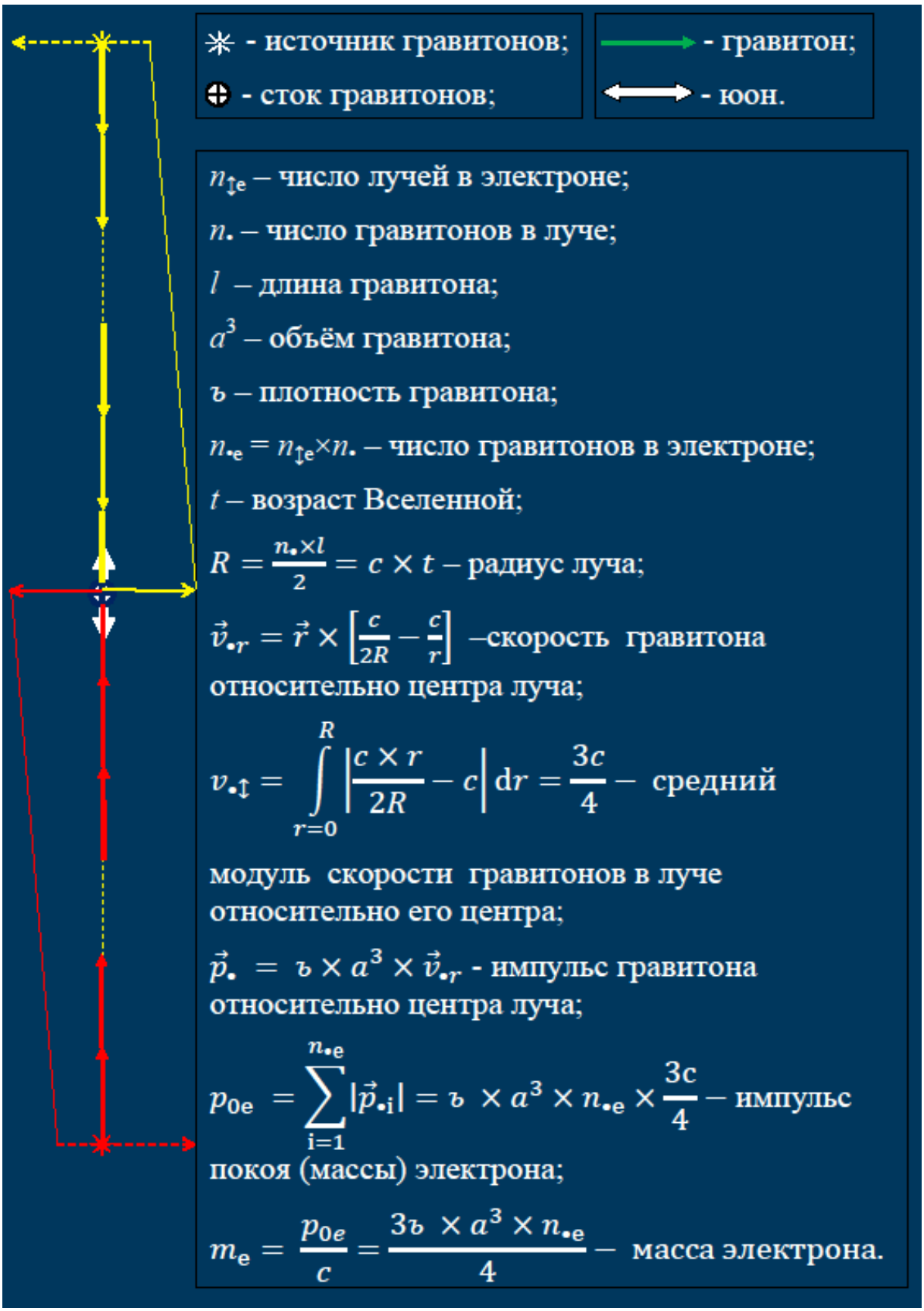


Рисунок 1.2. Лучевая модель массы электрона.

Согласно закону всемирного тяготения, сила гравитационного притяжения первым электроном второго равна:

$$\vec{F}_{G_{1,2}} = \frac{\vec{r} \cdot G \cdot m_e^2}{r^3}. \quad (1.3)$$

Рисунок 1.3. Модель гравитационного взаимодействия двух электронов.

Если предположить, что среднее число импульсов, генерируемых лучём одной частицы в стоке другой, является константой, то из уравнений (1.2) и (1.3) следует, что отношение квадрата длины гравитона к длине луча есть величина постоянная, равная:

$$\frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{6 \cdot G \cdot m_{\text{e}}}{л \cdot c^2} = \text{const.} \qquad (1.4)$$

Соотношение (1.4) позволяет сделать важное предположение о том, что число лучей в электроне и число гравитонов в луче равны отношению длины гравитона к корню кубическому из его объёма:

$$n_{\updownarrow \text{e}} = \frac{2 \cdot R}{l} = \frac{l}{a}, \qquad (1.5)$$

где $n_{\updownarrow \text{e}}$ – число лучей в электроне.

Модель определения основных характеристик гравитона, луча, электрона и Вселенной при $л = 3/2$ и времени существования Вселенной $t = 4{,}36 \cdot 10^{17}$[с] представлена на рисунке 1.4. В ходе специально выполненных исследований были определены:

- корень кубический из объёма гравитона – $a = \frac{4 \cdot G \cdot m_{\text{e}}}{c^2} \approx 2{,}706 \cdot 10^{-57}$ [м];
- текущая длина гравитона – $l = \sqrt{2 \cdot R \cdot a} = \sqrt{2 \cdot c \cdot t \cdot a} \approx 8{,}40 \cdot 10^{-15}$ [м];
- текущая площадь поперечного сечения гравитона – $s = \frac{a^3}{l} \approx 2{,}36 \cdot 10^{-156}$ [м^2];
- объём гравитона – $V = a^3 \approx 1{,}98 \cdot 10^{-170}$ [м^3];
- плотность гравитона – $ъ = \frac{c}{6 \cdot a \cdot G \cdot t} \approx 1{,}27 \cdot 10^{57}$ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$;
- текущий радиус луча – $R = c \cdot t \approx 1{,}307 \cdot 10^{26}$ [м];
- текущее число гравитонов в луче – $n_{.\updownarrow} = \frac{2 \cdot R}{l} \approx 3{,}11 \cdot 10^{40}$;
- текущий объём луча – $V_{\updownarrow} = a^3 \cdot n_{.\updownarrow} \approx 6{,}16 \cdot 10^{-130}$ [м^3];

$$\textit{Допущения: } n_{\updownarrow_e} = \frac{2 \cdot R}{l} = \frac{l}{a}\ (4);\ л = \frac{3}{2}\ (5);$$

$$m_e = \frac{3 \cdot l^2 \times a \times ъ}{4} = \frac{3 \cdot c \times a^2 \times ъ \times t}{2}\ (6);$$

$$(4)\ и\ (5) \rightarrow (3)\ G \times m_e = \frac{l^2 \times c^2 \times л}{12 \cdot R} = \frac{a \times c^2}{4}\ (7);$$

$$a = \frac{4 \cdot G \times m_e}{c^2} = 2{,}70583 \times 10^{-57}\ \text{м}\ (8);$$

$$(6) \rightarrow (7)\ G = \frac{c^2}{3 \cdot l^2 \times ъ} = \frac{c}{6 \cdot a \times ъ \times t}\ (9);$$

$$ъ = \frac{c}{6 \cdot a \times G \times t} = \frac{c^3}{24 \cdot m_e \times G^2 \times t}\ (10);$$

$$t = ???;\ \textit{для } t \approx 4{,}36 \times 10^{17} c \approx 13{,}82 \times 10^9 \textit{лет}$$

$$R = c \times t \approx 1{,}307 \times 10^{26}\ \text{м}\ (11);$$

$$l = \sqrt{2 \cdot R \times a} \approx 8{,}40 \times 10^{-15}\ \text{м}\ (12);$$

$$ъ = \frac{c}{6 \cdot a \times G \times t} \approx 1{,}27 \times 10^{57}\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\ (13);$$

$$\textit{Интересно, что для } \frac{M_{World}}{m_e} = \frac{2 \cdot R}{a} \rightarrow R_{World_Ш} = R;$$

$$R_{World_Ш} = \frac{2 \cdot M_{World} \times G}{c^2} = \frac{4 \cdot R \times 3 \cdot R \times a^2 \times ъ \times c^2}{a \times 2 \cdot 6 \cdot a \times ъ \times R \times c^2} = R;$$

$$M_{World} = \frac{2 \cdot R \times m_e}{a} = 3 \cdot R^2 \times a \times ъ = 1{,}76 \times 10^{53}\ \text{кг}.$$

Рисунок 1.4. Модель определения основных характеристик гравитона, луча, электрона и Вселенной.

- текущее число лучей в электроне – $n_{\updownarrow e} = \frac{2 \cdot R}{l} \approx 3{,}11 \cdot 10^{40}$;

- текущая суммарная площадь поперечного сечения лучей электрона – $s_{\updownarrow e} = s \cdot n_{\updownarrow \mathrm{e}} \approx 7{,}34 \cdot 10^{-116}$ [м^2];
- текущее число гравитонов в электроне – $n_{\cdot \mathrm{e}} = n_{\cdot \updownarrow} \cdot n_{\updownarrow \mathrm{e}} \approx 9{,}68 \cdot 10^{80}$;
- текущий суммарный объём гравитонов электрона – $V_{\mathrm{e}} = a^3 \cdot n_{\cdot \mathrm{e}} \approx 1{,}92 \cdot 10^{-89}$ [м^3].

Интересно отметить, что при отношении массы Вселенной к массе электрона, равном отношению длины луча к корню кубическому из объёма гравитона, радиус Шварцшильда массы Вселенной будет равен радиусу луча. Действительно, радиус Шварцшильда для Вселенной, масса которой равна $M_{\mathrm{World}} = m_{\mathrm{e}} \cdot \frac{2 \cdot R}{a}$, определяется следующей зависимостью:

$$R_{\mathrm{World}_{\mathrm{Ш}}} = \frac{2 \cdot M_{\mathrm{World}} \cdot G}{c^2} = \frac{4 \cdot m_{\mathrm{e}} \cdot G \cdot R}{c^2 \cdot a} = R. \qquad (1.6)$$

При данном предположении, текущая масса Вселенной равна $M_{\mathrm{World}} \approx 1{,}76 \cdot 10^{53}$ [кг]; текущее число гравитонов Вселенной равно $N_{\cdot} = n_{\cdot \mathrm{e}} \cdot \frac{2 \cdot R}{a} \approx 9{,}38 \cdot 10^{161}$; текущее число лучей во Вселенной равно $N_{\updownarrow} = \frac{N_{\cdot}}{n_{\cdot \updownarrow}} \approx 3{,}01 \cdot 10^{121}$.

Лучевая модель элементарной частицы позволяет выдвинуть гипотезу о лучевой природе светоносной среды, согласно которой фотон является “пассажиром”, а “транспортёром” выступает луч. Скорость “транспортировки” равняется текущей скорости гравитонов в луче в месте расположения “пассажира”. Основное свойство лучевой светоносной среды, имеющее экспериментальное подтверждение, состоит в том, что время “транспортировки” фотона от источника света к объекту, когда “транспортировка” осуществляется лучами, ему принадлежащими, не зависит от их относительной скорости. Важно, что данное свойство лучевой светоносной среды для своего объяснения не требует каких-либо специальных пространственно-временных преобразований, отличных от Галилеевых.

Отметим, что лучевая модель элементарной частицы позволяет сформировать новый взгляд на природу четвёртого измерения в векторе четырёхимпульса частицы. Согласно новому взгляду, представленному на рисунке 1.5, суммарный вектор импульса элементарной частицы складывается из вектора импульса её движения с его тремя пространственными координатами и вектора импульса её покоя, образованного импульсами гравитонов, принадлежащих частице. Основное свойство вектора импульса покоя частицы состоит в его ортогональности любому вектору её движения. Это означает, что модуль суммарного вектора импульса элементарной частицы равен:

$$p_{\text{c}} = \sqrt{p^2 + p_0^2}, \tag{1.7}$$

где p – модуль импульса движения элементарной частицы; p_0 – модуль импульса покоя элементарной частицы.

В лабораторной системе отсчёта, где модули скоростей “транспортёров” импульса движения во всех направлениях равны скорости света в вакууме, вектор скорости элементарной частицы определяется следующим выражением:

$$\vec{v} = \frac{\vec{p} \cdot c}{p_{\text{c}}}, \tag{1.8}$$

где $\vec{v}$ – вектор скорости элементарной частицы; $\vec{p}$ – вектор импульса движения элементарной частицы.

Осуществив преобразования, представленные на рисунке 1.5, и используя общепринятые обозначения, получим выражения для определения модуля суммарного вектора импульса и вектора импульса движения элементарной частицы через модуль импульса её покоя и через вектор скорости её движения:

$$p_c = p_0 \cdot \gamma = m \cdot c \cdot \gamma, \tag{1.9}$$

$$\vec{p} = \vec{\beta} \cdot p_0 \cdot \gamma = \vec{v} \cdot m \cdot \gamma, \tag{1.10}$$

где $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{(\vec{v}\cdot\vec{v})}{c^2}}}$; $\vec{\beta} = \frac{\vec{v}}{c}$.

Важное свойство импульса покоя (массы):

Импульс покоя (массы) ортогонален импульсу движения!

$$p_c^2 = p_0^2 + p^2 \text{ (I)};$$

$$\vec{v} = \frac{\vec{p} \times c}{p_c} \text{ (II)},$$

где: p_0 *– импульс покоя (массы);* p *– импульс движения;*

p_c *– суммарный импульс;* $\vec{v}$ *– скорость;* c *– скорость света.*

p *из* (II) → (I):

$$p_c \times \sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}} = p_0 \text{ (III)};$$

p_c *из* (III) → (II):

$$\vec{p} = \frac{\vec{v} \times p_0}{c \times \sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}} = \frac{\vec{v} \times m}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}} \text{ (IV)};$$

Используем общепринятые обозначения:

$$\vec{\beta} = \frac{\vec{v}}{c};\ \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}}.$$

(III): $p_c = p_0 \times \gamma;$

(IV): $\vec{p} = \vec{\beta} \times \gamma \times p_0.$

Рисунок 1.5. Покой – четвёртое измерение?

Зависимость между силой, действующей на элементарную частицу, и её ускорением, вытекающая из выражения (1.10), представлена на рисунке 1.6.

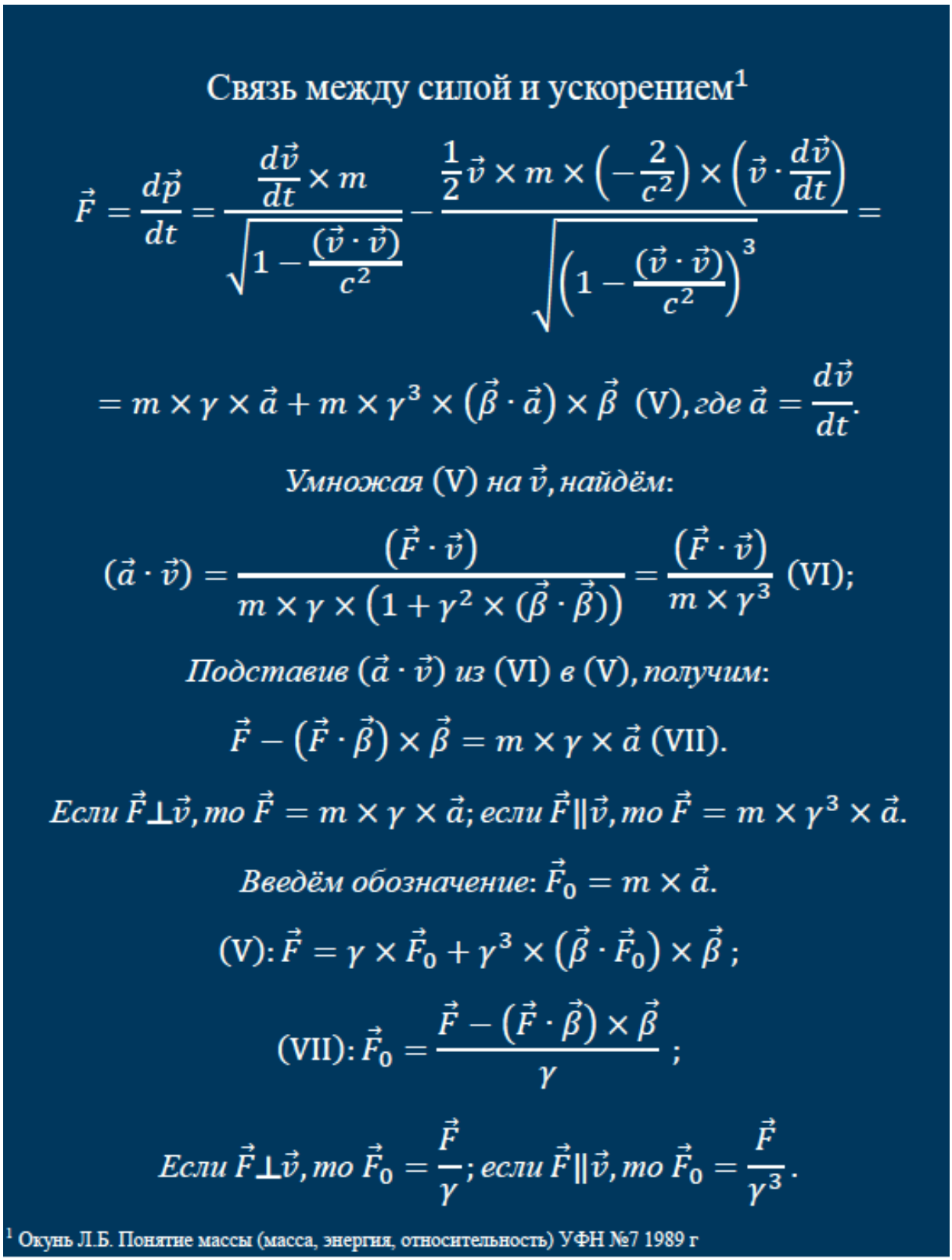


Рисунок 1.6. Зависимость между силой, действующей на элементарную частицу, и её ускорением.

Отметим, что полученная нами зависимость между силой и ускорением, совпадает с уравнением, которое используется в специальной теории относительности [3]. “С начала века оно многократно подвергалось

экспериментальным проверкам в различных конфигурациях электрических и магнитных полей. Это уравнение является основой инженерных расчётов релятивистских ускорителей” [3]. Однако данная зависимость получена нами без использования постулатов специальной теории относительности и её вывод не требует каких-либо специальных пространственно-временных преобразований, отличных от Галилеевых. Поскольку четвёртая компонента в векторе четырёхимпульса элементарной частицы не является временной, то при его рассмотрении необходимость использования единого четырёхмерного пространства-времени Минковского отсутствует.

Лучевая модель элементарной частицы обладает рядом достоинств, основными из которых являются:

- естественным образом решает проблему дальнодействия;
- объясняет свойства светоносной среды (фотон – “пассажир”; луч – “транспортёр”);
- раскрывает природу гравитационного взаимодействия;
- объясняет, почему гравитационное взаимодействие нельзя экранировать;
- даёт возможность понять, что такое масса и почему она обладает инерцией;
- создаёт представления о том, из чего состоит (юоны) и как формируется электрический заряд элементарной частицы;
- создаёт новые представления о пространстве и времени.

Но с позиций достижения желаемых в то время результатов исследований, лучевая модель элементарной частицы, как первоначально казалось, обладала существенным недостатком. Само существование подобных элементарных частиц в нашей Вселенной являет собой “чудо Эйнштейна” в чистом виде, необъяснимым с позиций Естественного отбора в неживой природе. Для продолжения дальнейших исследований по поиску решения “вечной загадки Эйнштейна” предстояло сделать выбор из двух альтернатив. Первая альтернатива состояла в том, чтобы отказаться от гипотезы, что

Естественный отбор в неживой природе является ключом к решению “вечной загадки Эйнштейна”, и продолжить поиск решения, основываясь на иных гипотезах. Вторая альтернатива состояла в том, чтобы отказаться от лучевой модели элементарной частицы и осуществить поиск иной её модели, которая бы позволяла объяснить существенную упорядоченность объективного мира, вносимую ньютоновской теорией гравитации, Естественным отбором в неживой природе. Можно сказать, что осуществилась третья альтернатива. Решение “вечной загадки Эйнштейна” оказалось ближе, чем можно было в то время предполагать. По существу, оно содержалось в лучевой модели элементарной частицы. Понять это позволило основное достоинство лучевой модели элементарной частицы и связанных с ней моделей, которое до сих пор не рассматривалось. Лучевая модель элементарной частицы, а также модели гравитона, луча и Вселенной являются динамическими, меняющими свои характеристики во времени:

- длина гравитона – $l = \sqrt{2 \cdot c \cdot t \cdot a}$;
- площадь поперечного сечения гравитона – $s = \sqrt{\frac{a^5}{2 \cdot c \cdot t}}$;
- радиус луча – $R = c \cdot t$;
- число гравитонов в луче – $n_{.\updownarrow} = \sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot t}{a}}$;
- число лучей в электроне – $n_{\updownarrow \mathrm{e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot t}{a}}$;
- число гравитонов в электроне – $n_{.\mathrm{e}} = \frac{2 \cdot c \cdot t}{a}$;
- масса электрона – $m_{\mathrm{e}} = \frac{3}{2} \cdot c \cdot ъ \cdot a^2 \cdot t$;
- число лучей во Вселенной – $N_{\updownarrow} = \sqrt[3]{\left(\frac{2 \cdot c \cdot t}{a}\right)^3}$;
- число гравитонов во Вселенной – $N_{.} = \frac{4 \cdot c^2 \cdot t^2}{a^2}$;
- масса Вселенной – $M_{\mathrm{World}} = 3 \cdot c^2 \cdot ъ \cdot a \cdot t^2$.

Если время существования Вселенной обратить вспять и принять равным $t = t_0 = \frac{a}{2 \cdot c}$, то станет понятным, как произошло открытие икраткого взаимодействия (рисунок 1.7).

Рисунок 1.7. Открытие йона и его икраткого взаимодействия.

Договоримся, что с момента открытия икраткого взаимодействия, то есть здесь и далее, его носителя будем именовать йоном, а не гравитоном, как мы это делали ранее при рассмотрении лучевой модели элементарной частицы. При этом характеристики и их обозначения, используемые ранее для гравитона, сохраним без изменений при рассмотрении йона.

Действительно, при $t = t_0 = \frac{a}{2 \cdot c}$ обнаруживается ряд удивительных совпадений:

- число йонов в луче, число лучей в электроне, число йонов в электроне, число лучей во Вселенной, число йонов во Вселенной принимают одинаковое значение равное одному;

- длина луча и длина йона становятся равными корню кубическому из объёма йона;
- объёмы луча, электрона и Вселенной становятся равными объёму йона.

Это означает, что в этот момент, который назовём Началом, во Вселенной существовал лишь один, и тот один был йон. В Начале йон являл себя и как луч, и как электрон, и как вся Вселенная в целом. То, что явилось в Начале, можно охарактеризовать фразами, представленными на рисунке 1.8, созвучными с первыми строками Евангелия от Иоанна.

Рисунок 1.8. В Начале был Закон, и Закон был у йона, и весь Мир был йон.

Икраткое взаимодействие – это тот Закон, который был в Начале у йона и который сотворил нашу Вселенную такой, какую мы наблюдаем её сейчас. Икраткое взаимодействие – это способность йона к размножению, то есть к творению себе подобного. У йона существуют три типа размножения:

- точечное размножение, в ходе которого йон творит себе подобного в продольном направлении и тем самым формирует луч;
- лучевое размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов луча и тем самым творится новый луч и формируется частица;

- объёмное размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов частицы и тем самым творится новая частица и формируется физический мир.

Важным свойством йона является изменение его размеров, что оказывает влияние на формирование размеров луча и Вселенной.

Невероятно! Йон неожиданно явился ключом к решению “вечной загадки Эйнштейна”. Действительно, как это показано на рисунке 1.9, йон творит познаваемую Вселенную:

- число типов фундаментальных объектов мало (йон, луч, электрон, протон);
- объекты одного типа идентичны и их число огромно;
- объекты упорядочены (йоны в лучах; лучи в элементарных частицах);
- текущие относительные изменения значений характеристик объектов во времени малы.

Йон является гарантом научного знания:

- Физика – наука экспериментальная. Эксперимент является первоисточником знаний о мире.
- Определение основных характеристик объектов и знания об их взаимодействиях в заданных условиях устанавливаются в экспериментах.
- Йон гарантирует, что знания, установленные в отдельных экспериментах, могут успешно использоваться для предсказания результатов огромного числа взаимодействий. Для этого достаточно, чтобы типы взаимодействующих объектов совпадали с типами, участвующими в эксперименте, а условия взаимодействий были идентичны.

Йон является началом всех начал:

- В Начале был один, один во всех лицах (йон, он же луч, он же электрон, он же Вселенная).

Рисунок 1.9. Неожиданное решение вечной загадки Эйнштейна – йон!

- Луч – кузнеца юонов, из которых формируется заряд элементарных частиц.
- Йон – единый эталон пространства и времени для всей Вселенной, что позволяет сформировать новые представления о пространстве и времени.
- Йон – “зигота” Вселенной. Характеристики йона – “гено́м” Вселенной.

- Йон – способ создания нашей Вселенной, избранный Творцом.

После того, как мечта автора осуществилась и решение “вечной загадки Эйнштейна” было получено, как говориться, “на блюдечке с золотой каёмочкой”, были сформированы новые направления исследований, обусловленные открытием йона и икраткого взаимодействия. Главные цели этих исследований состояли, во-первых, в определении основных характеристик и свойств йона, как “зиготы” нашей Вселенной, во-вторых, в получении доказательств достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия, и, в-третьих, в формировании нового взгляда на нашу Вселенную, основанного на открытии йона и икраткого взаимодействия, вносящего фундаментальные изменения в уровень научного познания. Для достижения обозначенных главных целей были определены следующие направления исследований:

- определение основных характеристик и свойств йона, как “зиготы” нашей Вселенной;
- рассмотрение процессов формирования луча, заряда, электрона, протона и Вселенной;
- разработка системы измерения физических величин, основанных на свойствах йона;
- установление законов изменения единиц измерения системы СИ во времени;
- установление законов изменения фундаментальных физических постоянных во времени;
- рассмотрение процесса формирования пространства Вселенной на ранней стадии;
- определение крупномасштабного распределения массы во Вселенной и в Метагалактике;
- определение основных характеристик скоплений космических объектов на ранней стадии;
- определение размеров и местоположений войдов в Метагалактике;

- рассмотрение аномального ускорения “Пионеров”, как эффекта, обусловленного икратким взаимодействием;
- определение изменения периода вращения Земли под действием эффектов, обусловленных икратким взаимодействием;
- определение изменения радиуса орбиты Луны под действием эффектов, обусловленных икратким взаимодействием;
- установление закона изменения величины красного смещения излучения космических объектов на больших межгалактических удалениях;
- установление закона изменения предельной массы белого карлика;
- определение закона изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а от величины красного смещения их излучения с учётом эффектов обусловленных икратким взаимодействием;
- сравнение результатов наблюдений сверхновых типа 1а с предсказаниями модели, учитывающей эффекты, обусловленные икратким взаимодействием;
- формирование нового взгляда на природу массы и принцип относительности;
- формирование нового взгляда на энергетику звёзд, позволяющего объяснить, с одной стороны, невероятную мощность излучения квазаров, а, с другой стороны, незначительную мощность излучения так называемых “сверхмассивных чёрных дыр”;
- сравнение результатов наблюдений квазаров и так называемых “сверхмассивных чёрных дыр” с предсказаниями модели, учитывающей эффекты, обусловленные икратким взаимодействием.

Результаты исследований, выполненных в обозначенных направлениях, представлены в последующих разделах данной работы.

2. Основные характеристики и свойства йона

Согласно настоящему исследованию:

- Йон – элементарный физический объект в истинном смысле этого слова. Все прочие физические объекты, называвшиеся элементарными, должны быть лишены этого определения. Например, электрон не является элементарным объектом, поскольку он имеет сложную структуру, состоящую из йонов, число которых в ней превосходит суммарное число электронов и протонов во Вселенной.
- Йон – фундаментальный физический объект. В своей основе все физические объекты во Вселенной состоят из йонов. В этом смысле йон сродни точке в геометрии, но, в отличие от оной, имеет не только размеры, но и прочие физические характеристики и свойства.
- Йон – творящий физический объект. Он является носителем Й (икраткого) взаимодействия, в ходе которого йон творит себе подобного. Именно в Й взаимодействии проявляется сущность йона, и именно это взаимодействие определило его название.
- Йон – наша Вселенная в момент своего появления (в момент явления). В этот момент у Вселенной не было других свойств и характеристик, отличных от свойств и характеристик йона. И йон в этот момент являл собой и луч, и Вселенную и полностью определял пространственные и временные отношения. Можно сказать, что йон является зиготой нашей Вселенной, а его характеристики и свойства определяют её гено́м.

Таким образом, в настоящем исследовании йон является основополагающим физическим объектом, определяемым через свои характеристики и свойства.

К характеристикам йона относятся:

- возраст – *я*;

- объём – a^3;
- длина – l;
- плотность – $ъ$;
- твёрдость – $ь$;
- предел упругости – ε;
- скорость звука (скорость распространения возмущений) – C.

Основным свойством йона является его способность к размножению. У йона существуют три типа размножения:

- точечное размножение, в ходе которого йон творит себе подобного в продольном направлении и тем самым формирует луч;
- лучевое размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов луча и тем самым творится новый луч и формируется частица;
- объёмное размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов частицы и тем самым творится новая частица и формируется физический мир.

В зависимости от типа размножения способность йона творить себе подобного определяется соответственно:

- интенсивностью размножения точечной – $ӣ_{\bullet}$;
- интенсивностью размножения лучевой – $ӣ_{\updownarrow}$;
- интенсивностью размножения объёмной – $ӣ_{*}$.

Характеристика “возраст” является новой, ранее не используемой в физике. Её появление во многом обусловлено открытием Й взаимодействия. Возраст – числовая характеристика изменений объекта. В качестве объекта может выступать не только йон, но и луч, и электрон, и космические объекты (скопления галактик, галактики, звёзды и планеты), и Вселенная в целом. В данном исследовании понятие “возраст” тесно взаимосвязано с понятием “время” и, как оное, может иметь различные аспекты применения.

Взаимосвязь возраста объекта и времени существования Вселенной, далее просто времени, определяется выражениями:

$$t = 2^{я} \cdot t_{♣}; \quad я = \log_2\left(\frac{t}{t_{♣}}\right), \tag{2.1}$$

где t – время; $я$ – возраст объекта; $t_{♣} = \frac{a}{4\cdot(ю-1)\cdot c}$ – момент явления (возможность применения данной зависимости будет рассмотрена в 3 разделе работы); ю – отношение частоты творения йонов в луче к частоте их перехода в юоны; c – скорость света в вакууме.

Взаимосвязь возраста появления объекта с моментом его появление определяется выражениями:

$$t_{0\text{i}} = 2^{я_{0\text{i}}} \cdot t_{♣}; \quad я_{0\text{i}} = \log_2\left(\frac{t_{0\text{i}}}{t_{♣}}\right), \tag{2.2}$$

где $t_{0\text{i}}$ – момент появления i-ого объекта; $я_{0\text{i}}$ – возраст появления i-ого объекта.

Взаимосвязь возраста существования объекта со временем его существования определяется выражениями:

$$t_{\text{i}} = (2^{я_{\text{i}}} - 1) \cdot t_{0\text{i}}; \quad я_{\text{i}} = \log_2\left(\frac{t}{t_{0\text{i}}}\right), \tag{2.3}$$

где t_{i} – время существования i-ого объекта; $я_{\text{i}}$ – возраст существования i-ого объекта.

Если в качестве единицы измерения времени принять момент явления, то возраст объекта являет собой логарифмическое время, а время есть показательный возраст объекта, где определение функций производится по основанию равному двум.

Целесообразность использования понятия “возраст” во многом обусловлена тем, что интенсивности размножения йона и скорости изменения его относительных размеров в данном исследовании постулируются как возрастные инварианты. Поэтому законы изменения основных характеристик объектов получают удобное и простое выражение в возрастном представлении.

Возраст объекта мы будем измерять поколениями, для которых примем следующее обозначение: $1^{\heartsuit}$ – одно поколение. Поколение – безразмерная единица измерения относительных изменений величин по логарифмической шкале с основанием равным двум. В соответствии с (3.1), определим одно поколение как относительное изменение времени существования Вселенной в два раза.

В настоящее время не существует средств измерения, которые были бы способны непосредственно определить значения характеристик и свойств йона. Возможно, со временем, мы научимся непосредственно измерять лишь некоторые из них. Поэтому определение текущих значений характеристик и свойств йона основывается на ряде постулатов и гипотез. При этом выбор постулатов и гипотез осуществляется таким образом, чтобы йон мог выступать как зигота нашей Вселенной.

Основная информация о нашей Вселенной, используемая в качестве исходной при проведении исследований, представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Характеристика	Значение	Относительная погрешность	Источник
Скорость света в вакууме	$c = 299792458$ [м/с]	(точно)	CODATA2006
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi/10^7$ [Гн/м]	(точно)	CODATA2006
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0 = 1/c^2 \cdot \mu_0$ [Ф/м]	(точно)	CODATA2006
Масса атома ^{12}C	$m(^{12}\mathrm{C}) = 12$ a. e. m.	(точно)	CODATA2006
Масса покоя электрона	$m_\mathrm{e} = 9{,}10938215 \cdot 10^{-31}$ [кг]	$4{,}2 \cdot 10^{-10}$	CODATA2006
Отношение масс покоя протона и электрона	$\bar{m}_\mathrm{p} = 1836{,}15267247$	$4{,}3 \cdot 10^{-10}$	CODATA2006
Заряд электрона	$q = -1{,}602176487 \cdot 10^{-19}$ [Кл]	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$	CODATA2006
Гравитационная постоянная	$G = 6{,}67428 \cdot 10^{-11}$[м^3/кг $\cdot$ с^2]	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	CODATA2006
Постоянная Планка	$h = 6{,}62606896 \cdot 10^{-34}$[кг $\cdot$ м^2/с]	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$	CODATA2006
Постоянная тонкой структуры	$alfa = 0{,}0072973525376$	$6{,}8 \cdot 10^{-10}$	CODATA2006

Постоянная Авогадро	$N_{\text{A}} = 6{,}02214179 \cdot 10^{23}$ [1/моль]	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$	CODATA2006
Постоянная Больцмана	$k = 1{,}3806504 \cdot 10^{-23}$ [Дж/К]	$1{,}7 \cdot 10^{-6}$	CODATA2006
Атомная единица массы	$1\ \text{a.e.m.} = 1{,}660538782 \cdot 10^{-27}$ [кг]	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$	CODATA2006
Отношение площади круга к квадрату его радиуса	$\pi = 3{,}14159265358979$	$1{,}6 \cdot 10^{-15}$	Microsoft Excel
Основание натурального логарифма	$\text{e} = 2{,}71828182845905$	$1{,}8 \cdot 10^{-15}$	Microsoft Excel

Перечислим принятые в данном исследовании постулаты и гипотезы:

- отношение частоты размножения йонов в луче к частоте их перехода в юоны является величиной постоянной и принимает следующее значение:

$$\text{ю} = \frac{\ddot{И}_{\bullet\updownarrow}}{f_{\bullet\updownarrow}} = \text{e} + 1; \tag{2.4}$$

- возраст йона определяется следующей зависимостью:

$$я = \frac{2}{alfa} + 2 \cdot \log_2(\text{ю} - 1); \tag{2.5}$$

- длина йона определяется следующей зависимостью:

$$l = \frac{2 \cdot \ddot{\text{е}} \cdot (\text{ю} - 1) \cdot h}{\text{ю} \cdot \pi \cdot c \cdot \left(m_{\text{p}} + m_{\text{e}}\right)}, \tag{2.6}$$

где $\ddot{\text{е}} = \frac{4 \cdot (\text{ю}-1)^2 + 1}{4 \cdot \text{ю} - 2}$ – отношение среднего модуля скорости йонов в луче относительно его центра к скорости света в вакууме;

- интенсивности размножения йона являются возрастными инвариантами и в возрастном представлении принимают следующие значения:

$$\ddot{и}_{\bullet} = \frac{\text{ю} \cdot \ln 2}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}. \tag{2.7}$$

$$\ddot{и}_{\updownarrow} = \frac{\ln 2}{2}. \tag{2.8}$$

$$\ddot{и}_{*} = \ln 2. \tag{2.9}$$

- законы изменения длины йона и предела его упругости определяются следующими выражениями:

$$l = \sqrt{2^{я}} \cdot a. \tag{2.10}$$

$$\varepsilon = \frac{a}{l} = \frac{1}{\sqrt{2^{я}}}. \quad (2.11)$$

- возраст появления первых электрона и протона во Вселенной:

$$я_{*} = \log_2(1 + \bar{m}_{\mathrm{p}}). \quad (2.12)$$

По существу, постулаты (2.4) и (2.7)÷(2.12) выражают представление автора об использовании “бритвы Оккама” для создания Вселенной, основанной на принципах простоты и красоты.

Гипотеза (2.5) исходит из предположения, что взаимосвязь постоянной тонкой структуры и числа переходов йнов в юоны в луче за время существования Вселенной определяется зависимостью:

$$n_{•\to:,\updownarrow} = 2^{1/alfa}, \quad (2.13)$$

где $n_{•\to:,\updownarrow}$ – число переходов йнов в юоны в луче за время существования Вселенной.

Действительно, из возрастного закона изменения числа йонов в луче (3.4) и предположения (2.13) следует зависимость (2.5):

$$я = 2 \cdot \log_2 n_{•\updownarrow} = 2 \cdot \log_2 \left(n_{•\to:,\updownarrow} \cdot \frac{Ӣ_{•\updownarrow} - f_{•\updownarrow}}{f_{•\updownarrow}} \right) \approx \frac{2}{alfa} + 2 \cdot \log_2(ю - 1). \quad (2.14)$$

Гипотеза (2.6) основана на предположении, что число юонов в фотоне с длиной волны $\lambda_{\nu} = 2 \cdot \pi \cdot l$ равно:

$$n_{ю\nu} = \frac{ю}{2} \cdot n_{юq}, \quad (2.15)$$

где $\mathrm{n_{юq}}$ – число юонов в заряде электрона (протона).

Объём йона определяется исходя из гипотезы (2.6) и постулата (2.10):

$$a^3 = \frac{l^3}{\sqrt{2^{3 \cdot я}}}. \quad (2.16)$$

Плотность йона определяется исходя из модели формирования электрона, представленной в 3 разделе работы, и текущего значения массы электрона в нашей Вселенной:

$$ъ = \frac{m_{\mathrm{e}}}{2^{я}} \cdot ё \cdot a^3. \quad (2.17)$$

Твёрдость йона в данной работе определяется как давление, препятствующее взаимопроникновению йонов в центре луча:

$$ь = \frac{F_ь}{s}, \tag{2.18}$$

где $F_ь$ – сила, препятствующая взаимопроникновению йонов в центре луча; $s = \frac{a^3}{l}$ – площадь поперечного сечения йона.

При этом сила, препятствующая взаимопроникновению йонов, равна:

$$F_ь = \frac{dp}{dt} = \frac{ъ \cdot a^3 \cdot c^2}{l}, \tag{2.19}$$

где $dp = ъ \cdot a^3 \cdot c$ – изменение импульса йона за время перехода в юон; $dt = \frac{l}{c}$ – время перехода йона в юон.

Осуществив подстановку (2.19) в (2.18), получаем:

$$ь = ъ \cdot c^2. \tag{2.20}$$

Модуль упругости йона определяется следующей зависимостью:

$$э = \frac{ь}{\varepsilon} = \sqrt{2^я} \cdot ь. \tag{2.21}$$

Скорость звука в йоне определяем исходя из его плотности и модуля упругости:

$$C = \sqrt{\frac{э}{ъ}} = \sqrt[4]{2^я} \cdot c. \tag{2.22}$$

Текущие значения основных характеристик и свойств йона, определённые при принятых выше постулатах и гипотезах на основе исходной информации о нашей Вселенной, содержащейся в таблице 2.1, представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Характеристика	Формула	Значение	Примечание
Возраст	$я = \frac{2}{alfa} + 2 \cdot \log_2(ю - 1)$	276,95738944♥	$ю = е + 1$
Длина	$l = \frac{2 \cdot ё \cdot (ю - 1) \cdot h}{ю \cdot \pi \cdot c \cdot (m_р + m_е)}$	$1{,}45897888 \cdot 10^{-15}$ [м]	$l = \sqrt{2^я} \cdot a$

Объем	$a^3 = \frac{l^3}{\sqrt{2^{3я}}}$	$2{,}71284138 \cdot 10^{-170}$ [м^3]	Инвариант
Плотность	$ъ = \frac{m_e}{2^я} \cdot ё \cdot a^3$	$6{,}00021969 \cdot 10^{55}$ [кг/м^3]	Инвариант; $ё = \frac{4e^2 + 1}{4e + 2}$
Твёрдость	$ь = ъ \cdot c^2$	$5{,}39272852 \cdot 10^{72}$ [Н/м^2]	Инвариант
Предел упругости	$\varepsilon = \frac{a}{l}$	$2{,}05948735 \cdot 10^{-42}$	$\varepsilon = 1/\sqrt{2^я}$
Модуль упругости	$э = \frac{ь}{\varepsilon}$	$2{,}61848101 \cdot 10^{114}$ [Н/м^2]	$э = \sqrt{2^я} \cdot ь$
Скорость звука	$C = \sqrt{\frac{э}{ъ}} = \sqrt[4]{2^я} \cdot c$	$2{,}089012980 \cdot 10^{29}$ [м/с]	$\frac{C}{c} = \sqrt[4]{2^я}$
Интенсивность размножения точечная	$ӣ_• = \frac{ю \cdot \ln 2}{2(ю - 1)}$	$0{,}474070888996949 \left[\frac{1}{1♥}\right]$	Инвариант возрастной
Интенсивность размножения лучевая	$ӣ_↕ = \frac{\ln 2}{2}$	$0{,}346573590279973 \left[\frac{1}{1♥}\right]$	Инвариант возрастной
Интенсивность размножения объёмная	$ӣ_* = \ln 2$	$0{,}693147180559945 \left[\frac{1}{1♥}\right]$	Инвариант возрастной

Дадим краткий комментарий текущим значениям характеристик йона. Возраст йона равен 276,95738944♥, а это означает, что время существования нашей Вселенной составляет примерно 6 миллиардов 886 миллионов лет. Мы живём в эру 277 поколения, которая началась, примерно 3 миллиарда 340 миллионов лет назад, и будет продолжаться ещё примерно 206 миллионов лет.

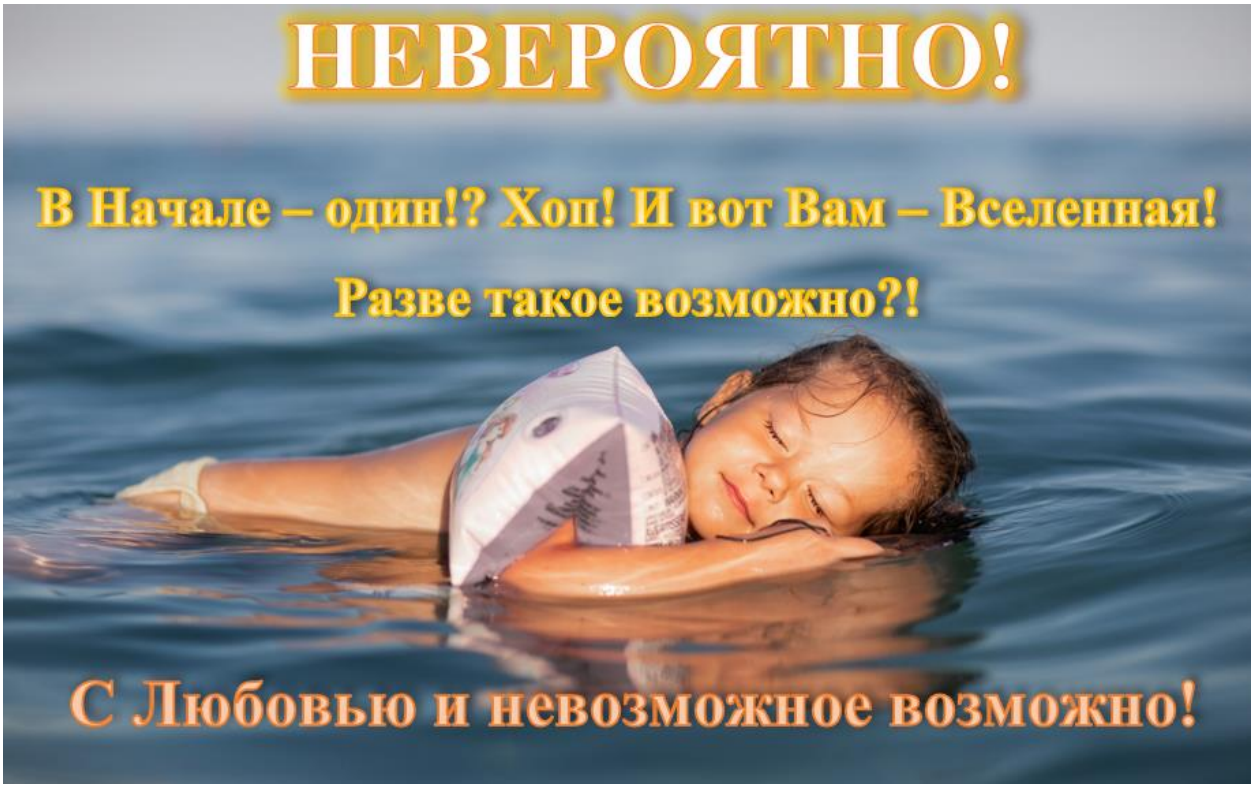
Текущая длина йона примерно равна диаметру ядра атома водорода. Объём йона очень мал. Подтвердим этот факт следующим образным сравнением: объём ядра атома водорода так относится к объёму Метагалактики, как объём йона к объёму ядра атома водорода.

Плотность йона столь велика, что если представить материал с такой плотностью, то масса шара из такого материала диаметром в 19 сантиметров равнялось бы массе нашей Вселенной. А твёрдость йона такова, что взаимопроникновение йонов становится возможным лишь при давлении близком к $5{,}5 \cdot 10^{67}$ атмосфер. Заметим, что давление в центре Солнца составляет приблизительно $1{,}3 \cdot 10^{11}$ атмосфер.

Текущая скорость распространения возмущений в йоне (скорость звука) примерно в $7 \cdot 10^{20}$ раз превышает скорость света. При этом луч выступает как готовый канал передачи сигналов со скоростью звука в йоне. Дело за “малым” – создать лучевую технологию передачи и приёма информации. Если такая технология будет создана, то время передачи сигнала на любые расстояния в Метагалактике ($r \leq 3{,}55 \cdot 10^{26}$ м) не будет превышать двух тысячных секунды.

Самым важным свойством йона является его способность к размножению. Именно это свойство сделало йон творцом нашей Вселенной. О том, как происходит творение луча, электрона, протона и Вселенной в следующем разделе работы.

Если размножение – это неотъемлемый признак любви, то нашу Вселенную творит любовь. По сути, эта монография о Любви, наш Мир творящей.



3. Икраткое взаимодействие и результаты его творения

В данном разделе мы рассмотрим творящую роль икраткого взаимодействия при формировании:

- луча;
- электрона и протона;
- заряда;
- кванта заряда;
- Вселенной.

3.1. Творение луча

Исходя из интенсивности размножения йона в луче и постулата (2.4) найдём закон изменения числа йонов в луче от возраста Вселенной.

Интенсивность размножения йонов в луче равна:

$$Ӣ_{•↕} = ӣ_{•} \cdot n_{•↕} = \frac{ю \cdot \ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot n_{•↕}\,, \tag{3.1}$$

где $n_{•↕}$ – число йонов в луче.

Согласно постулату (2.4), интенсивность перехода йонов в юоны в луче равна:

$$f_{•↕} = \frac{Ӣ_{•↕}}{ю} = \frac{\ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot n_{•↕}\,. \tag{3.2}$$

Скорость изменения числа йонов в луче в возрастном представлении равна:

$$\frac{\mathrm{d}n_{•↕}}{\mathrm{d}я} = Ӣ_{•↕} - f_{•↕} = \frac{\ln 2}{2} \cdot n_{•↕}\,, \tag{3.3}$$

где $\frac{\mathrm{d}n_{•↕}}{\mathrm{d}я}$ – скорость изменения числа йонов в луче.

Решая дифференциальное уравнение (3.3), учитывая, что число йонов в луче в момент появления Вселенной ($я$=0) равно одному, получаем возрастной закон изменения числа йонов в луче:

$$n_{•↕} = \sqrt{2^{я}}. \tag{3.4}$$

Постулат (2.10) и закон (3.4) определяют возрастной закон изменения размеров луча:

$$R = \frac{1}{2} \cdot n_{\bullet\updownarrow} \cdot l = 2^{я-1} \cdot a, \tag{3.5}$$

где R – радиус луча.

Найдём закон изменения скорости йона в луче относительно его центра в зависимости от относительного удаления йона от центра луча. Относительное удаление йона от центра луча будем измерять отношением:

$$\bar{r}_{\mathrm{i}} = \frac{r_{\mathrm{i}}}{R}, \tag{3.6}$$

где r_{i} – расстояние от центра “i”-ого йона до центра луча, $\bar{r}_{\mathrm{i}}$ – относительное удаление “i"-ого йона от центра луча.

Скорость йона на расстоянии равном половине длины йона от центра луча в соответствии с лучевой моделью светоносной среды естественно принять равной скорости света в вакууме с направлением к центру луча. При этом интенсивность перехода йонов в юоны в луче во временном представлении равна:

$$f_{\bullet\updownarrow} = 2 \cdot \frac{c}{l} = \frac{2}{\sqrt{2^{я}}} \cdot \frac{c}{a}. \tag{3.7}$$

Согласно постулату (2.4), интенсивность размножения йонов в луче во временном представлении равна:

$$Й_{\bullet\updownarrow} = ю \cdot f_{\bullet\updownarrow} = \frac{2 \cdot ю}{\sqrt{2^{я}}} \cdot \frac{c}{a}. \tag{3.8}$$

Скорость изменения числа йонов в луче во временном представлении равна:

$$\frac{\mathrm{d}n_{\bullet\updownarrow}}{\mathrm{d}t} = Й_{\bullet\updownarrow} - f_{\bullet\updownarrow} = \frac{2 \cdot (ю - 1)}{\sqrt{2^{я}}} \cdot \frac{c}{a}. \tag{3.9}$$

Скорость изменения длины йона во временном представлении равна:

$$\frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\left(\sqrt{2^{я}}\right)}{\mathrm{d}t} \cdot a = \frac{2 \cdot (ю - 1)}{\sqrt{2^{я}}} \cdot c. \tag{3.10}$$

Скорость изменения радиуса луча во временном представлении равна:

$$v_R = \frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\left(\frac{1}{2}\cdot n_{\bullet\updownarrow}\cdot l\right)}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\mathrm{d}n_{\bullet\updownarrow}}{\mathrm{d}t}\cdot l + \frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t}\cdot n_{\bullet\updownarrow}\right) = 2\cdot(\text{ю}-1)\cdot c. \quad (3.11)$$

Закон изменения скорости йона в луче относительно его центра в зависимости от удаления йона от центра луча:

$$\vec{v}_{\vec{r}} = \frac{1}{2}\cdot\left[-f_{\bullet\updownarrow}\cdot l\cdot\frac{\vec{r}}{\bar{r}} + \vec{r}\cdot\left(\ddot{I}_{\bullet\updownarrow}\cdot l + \frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t}\cdot n_{\bullet\updownarrow}\right)\right] = \vec{r}\cdot\left(2\cdot\text{ю}-1-\frac{1}{\bar{r}}\right)\cdot c, \quad (3.12)$$

где $\vec{r} = \bar{r}\cdot\vec{k}$ – вектор удаления йона от центра луча; $\vec{k}-$ единичный вектор оси параллельной лучу с началом в центре луча.

Закон (3.12) примени́м при $\bar{r} \geq \frac{1}{\sqrt{2^{я}}}$.

Луч является “кузницей” юонов. Именно в центре луча происходит взаимопроникновение йонов и их переход в юоны. При этом скорость йонов под действием силы, препятствующей взаимопроникновению, падает со скорости света до нуля.

Сила, препятствующая взаимопроникновению йонов, равна:

$$\vec{F}_{ь} = \vec{k}\cdot k_{\text{ь}}\cdot s\cdot ь = \vec{k}\cdot k_{\text{ь}}\cdot\frac{a^3}{l}\cdot ъ\cdot c^2, \quad (3.13)$$

где $k_{\text{ь}} = \frac{l-c\cdot t_{ь}}{l}-$ коэффициент взаимопроникновения йонов; $t_{ь}$ – время, прошедшее с начала взаимопроникновения.

Ускорение йонов под действием силы, препятствующей взаимопроникновению, равно:

$$\vec{w}_{ь} = \frac{\vec{F}_{ь}}{a^3\cdot ъ\cdot\frac{v}{c}} = \vec{k}\cdot\frac{c^3}{v\cdot l}\cdot\left(1-\frac{c\cdot t_{\text{ь}}}{l}\right) = \vec{k}\cdot\frac{c^2}{l}, \quad (3.14)$$

где v – скорость йона относительно центра луча.

При получении зависимости (3.14) мы исходили из предположения, что $v = c\cdot k_{\text{ь}}$. Данное предположение является оправданным, если изменением длины йона за время образования юона можно пренебречь. Действительно, в этом случае скорость йона равна:

$$v = c - w_{\text{ь}}\cdot t_{\text{ь}} = c\cdot\left(1-\frac{c\cdot t_{\text{ь}}}{l}\right) = c\cdot k_{\text{ь}}, \quad (3.15)$$

Заметим, что в настоящее время (*я* = 276,95738944♥) относительное изменение длины йона за время образования юона равно $\frac{\delta l}{l} = \frac{2\cdot(\text{ю}-1)}{\sqrt{2^{\text{я}}}} \approx 1{,}12 \cdot 10^{-41}$.

Закон изменения скорости йона в луче относительно его центра в зависимости от относительного удаления йона от центра луча при $\bar{r} < \frac{1}{\sqrt{2^{\text{я}}}}$:

$$\vec{v}_{\bar{r}} = -\vec{k} \cdot \sqrt{\bar{r} \cdot \sqrt{2^{\text{я}}}} \cdot c. \qquad (3.16)$$

Законы изменения скорости йонов в луче представлены на рисунках 3.1 и 3.2.

Средний модуль скорости йонов в луче равен:

$$v_{\bullet\updownarrow} = \int_{\bar{r}=0}^{1} |v_{\bar{r}}| \cdot d\bar{r} = \frac{4 \cdot (\text{ю}-1)^2 + 1}{4 \cdot \text{ю} - 2} \cdot c. \qquad (3{,}17)$$

Отношение среднего модуля скорости йонов в луче к скорости света в вакууме равно:

$$\ddot{\text{е}} = \frac{v_{\bullet\updownarrow}}{c} = \frac{4 \cdot (\text{ю}-1)^2 + 1}{4 \cdot \text{ю} - 2} \approx 2{,}373644232. \qquad (3.18)$$

3.2. Творение Вселенной до образования электрона и протона

Исходя из интенсивностей размножения лучевой и объёмной, найдём возрастной закон изменения числа лучей во Вселенной.

Интенсивность размножения лучей во Вселенной равна:

$$\ddot{И}_{\updownarrow} = \breve{и}_{\updownarrow} \cdot N_{\updownarrow} + \breve{и}_{*} \cdot N_{\updownarrow} = \frac{3 \cdot \ln 2}{2} \cdot N_{\updownarrow}, \qquad (3.19)$$

где $\ddot{И}_{\updownarrow}$ – интенсивность размножения лучей во Вселенной; $N_{\updownarrow}$ – число лучей во Вселенной.

Рис.3.1. Закон изменения скорости йонов в луче

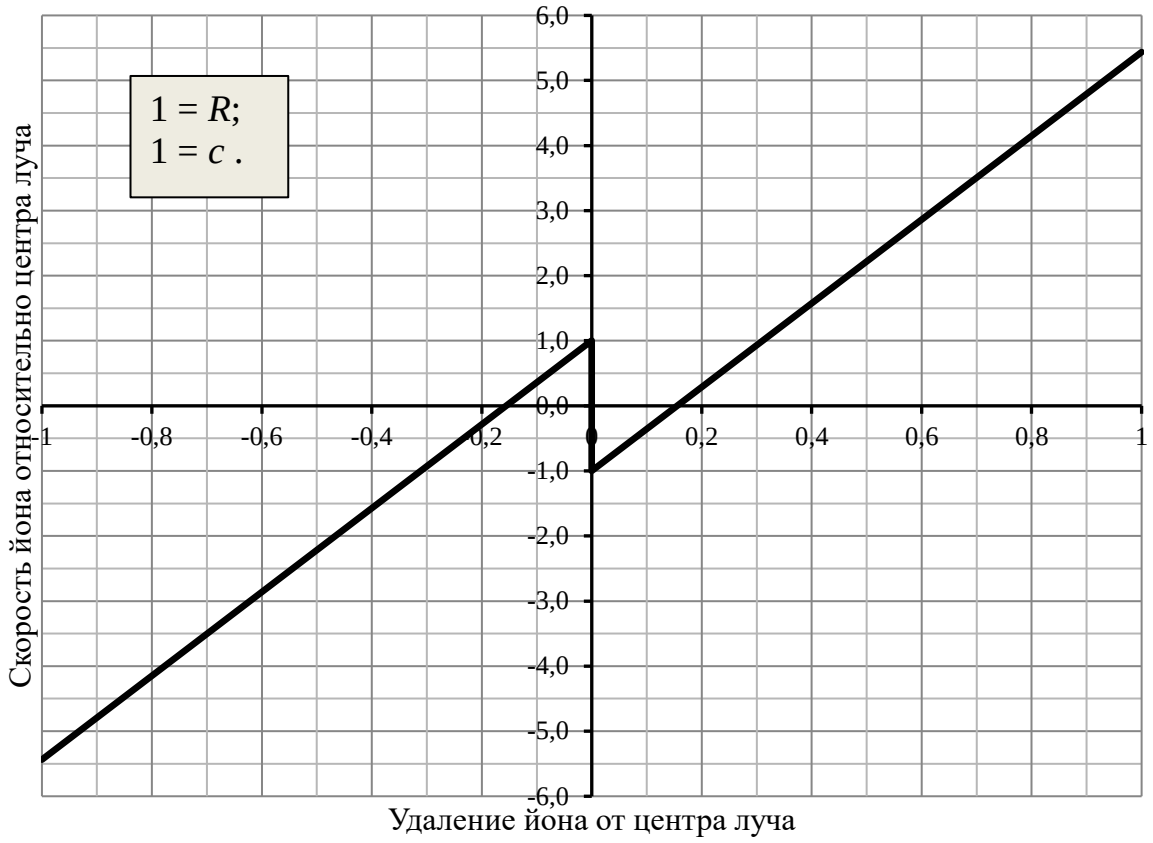
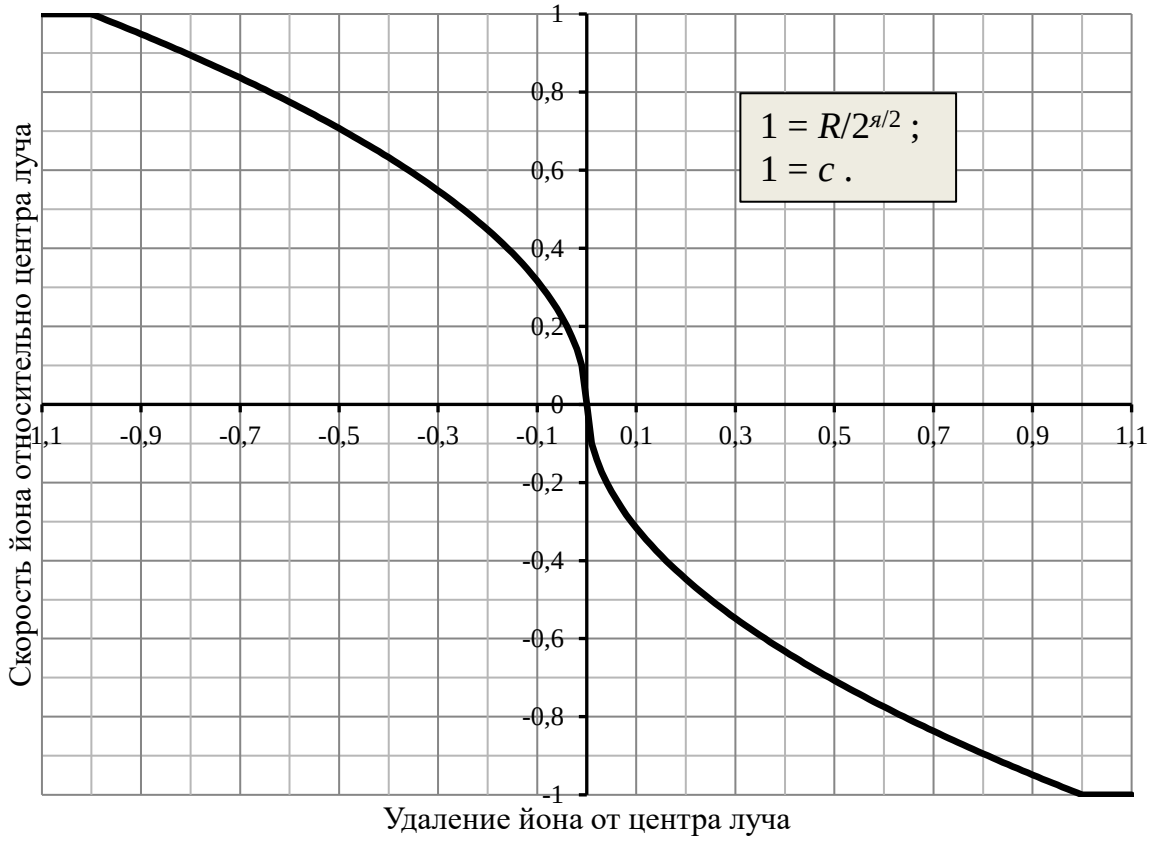


Рис.3.2. Закон изменения скорости йона в луче



Решая дифференциальное уравнение (3.19), учитывая, что число лучей во Вселенной в момент явления ($я$=0♥) равно одному, получаем возрастной закон изменения числа лучей во Вселенной:

$$N_{\updownarrow} = \sqrt{2^{3 \cdot я}}. \tag{3.20}$$

Законы (3.4) и (3.20) определяют возрастной закон изменения числа йонов во Вселенной:

$$N_{\bullet} = N_{\updownarrow} \cdot n_{\bullet\updownarrow} = 2^{2 \cdot я}, \tag{3.21}$$

где $N_{\bullet}$ – число йонов во Вселенной.

Исходя из интенсивности перехода йонов в юоны в луче, определим возрастной закон изменения числа юонов во Вселенной до момента образования электрона и протона.

Число юонов в луче находим из соотношения:

$$\frac{n_{\text{ю}\updownarrow}}{n_{\bullet\updownarrow} - 1} = \frac{f_{\text{ю}\updownarrow}}{\frac{\mathrm{d}n_{\bullet\updownarrow}}{\mathrm{d}я}} = \frac{\frac{f_{\bullet\updownarrow}}{2}}{f_{\bullet\updownarrow} \cdot (\text{ю} - 1)} = \frac{1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}, \tag{3.22}$$

где $n_{\text{ю}\updownarrow}$ – число юонов в луче; $f_{\text{ю}\updownarrow}$ – частота образования юонов в луче.

$$n_{\text{ю}\updownarrow} = \frac{n_{\bullet\updownarrow} - 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} = \frac{\sqrt{2^{я}} - 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}. \tag{3.23}$$

Учитывая (3.20) и (3.23), находим возрастной закон изменения числа юонов во Вселенной до момента образования электрона и протона:

$$N_{\text{ю}} = n_{\text{ю}\updownarrow} \cdot N_{\updownarrow} = \frac{2^{2 \cdot я} - \sqrt{2^{3 \cdot я}}}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}. \tag{3.24}$$

3.3. Творение Вселенной после образования электрона и протона

Согласно постулату (2.12) появления первых электрона и протона произошло, когда возраст Вселенной был равен $я_{*} = \log_2(1 + \bar{m}_{\text{p}}) \approx 10{,}843$♥. В этом возрасте во Вселенной количество лучей достигло $N_{\updownarrow} = \sqrt{2^{3 \cdot я_{*}}} = \sqrt{(1 + \bar{m}_{\text{p}})^3} \approx 78744$, а количество юонов превзошло

$N_{\text{ю}} = \frac{2^{2\cdot я_*} - \sqrt{2^{3\cdot я_*}}}{2\cdot(\text{ю}-1)} \approx 606336$. Трудно однозначно определить, почему именно в этом возрасте произошла структуризация Вселенной, приведшая к образованию электрона и протона. Можно лишь утверждать, что в ходе этой структуризации все лучи Вселенной были поделены между электроном и протоном в пропорции $1:\bar{m}_p$, а все юоны были поделены поровну.

Интенсивность размножения лучей в электроне равна:

$$и_{\updownarrow\text{e}} = и_{\updownarrow} \cdot n_{\updownarrow\text{e}} = \frac{\ln 2}{2} \cdot n_{\updownarrow\text{e}}, \tag{3.25}$$

где $и_{\updownarrow\text{e}}$ – интенсивность размножения лучей в электроне; $n_{\updownarrow\text{e}}$ – число лучей в электроне.

Решая дифференциальное уравнение (3.25), учитывая, что число лучей в электроне в момент появления первого электрона ($я = я_*$) равно $n_{\updownarrow\text{e}_*} = \frac{\sqrt{2^{3\cdot я_*}}}{1+\bar{m}_\text{p}} = \sqrt{2^{я_*}}$, получаем возрастной закон изменения числа лучей в электроне:

$$n_{\updownarrow\text{e}} = \sqrt{2^{я}}. \tag{3.26}$$

Законы (3.4) и (3.26) определяют возрастной закон изменения числа йонов в электроне:

$$n_{\bullet\text{e}} = n_{\updownarrow\text{e}} \cdot n_{\bullet\updownarrow} = 2^{я}, \tag{3.27}$$

где $n_{\bullet\text{e}}$ – число йонов в электроне.

Интенсивность размножения лучей в протоне равна:

$$и_{\updownarrow\text{p}} = и_{\updownarrow} \cdot n_{\updownarrow\text{p}} = \frac{\ln 2}{2} \cdot n_{\updownarrow\text{p}}, \tag{3.28}$$

где $и_{\updownarrow\text{p}}$ – интенсивность размножения лучей в протоне; $n_{\updownarrow\text{p}}$ – число лучей в протоне.

Решая дифференциальное уравнение (3.28), учитывая, что число лучей в протоне в момент появления первого протона ($я = я_*$) равно $n_{\updownarrow\text{p}_*} = \bar{m}_\text{p} \cdot n_{\updownarrow\text{e}_*} = \bar{m}_\text{p} \cdot \sqrt{2^{я_*}}$, получаем возрастной закон изменения числа лучей в протоне:

$$n_{\updownarrow\text{р}} = \bar{m}_{\text{р}} \cdot \sqrt{2^{я}}. \quad (3.29)$$

Законы (3.4) и (3.29) определяют возрастной закон изменения числа йонов в протоне:

$$n_{\bullet\text{р}} = n_{\updownarrow\text{р}} \cdot n_{\bullet\updownarrow} = \bar{m}_{\text{р}} \cdot 2^{я}, \quad (3.30)$$

где $n_{\bullet\text{р}}$ – число йонов в протоне.

При разработке моделей формирования зарядов электрона и протона мы исходили из предположения, что число юонов в этих зарядах должно быть равным. Число юонов в зарядах первых электрона и протона в момент их появления составляло:

$$n_{\text{юе}_*} = n_{\text{юр}_*} = n_{\text{юq}_*} = \frac{2^{2\cdot я_*} - \sqrt{2^{3\cdot я_*}}}{4 \cdot (ю - 1)}, \quad (3.31)$$

где $n_{\text{юе}_*}$ и $n_{\text{юр}_*}$ – число юонов в первых электроне и протоне в момент их появления соответственно; $n_{\text{юq}_*}$ – число юонов в заряде первого электрона (протона) в момент его появления.

Все юоны в момент появления первых электрона и протона условно можно разделить на две равных группы. К первой группе относятся юоны, которые в процессе образования зарядов электрона и протона остались в луче, где они были произведены. Такие юоны будем называть собственными. Вторая группа состоит из юонов, сменивших луч в процессе образования зарядов. Эти юоны будем называть чужими. Принятое нами разделение юонов на группы связано с тем, что в дальнейшем процессе формирования зарядов происходит размножение чужих юонов в лучах с интенсивностью:

$$\ddot{И}_{\text{юq}} = k_{\underline{\text{ч}}\updownarrow} \cdot f_{\text{юq}}, \quad (3.32)$$

где $\ddot{И}_{\text{юq}}$ – интенсивность размножения чужих юонов в лучах заряда; $f_{\text{юq}}$ – частота образования собственных юонов в лучах заряда; $k_{\underline{\text{ч}}\text{q}} = \frac{n_{\text{ч}\updownarrow}}{n_{\text{сq}}}$ – отношение числа чужих юонов в заряде к числу собственных; $n_{\text{чq}}$ – число чужих юонов в заряде; $n_{\text{сq}}$ – число собственных юонов в заряде.

В момент появления первых электрона и протона количество собственных и чужих юонов в их зарядах составляло:

$$n_{\text{се}_*} = n_{\updownarrow \text{е}_*} \cdot \frac{n_{\text{ю}\updownarrow_*}}{2} = \sqrt{2^{я_*}} \cdot \frac{\sqrt{2^{я_*}} - 1}{4 \cdot (\text{ю} - 1)} = \frac{2^{я_*} - \sqrt{2^{я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)}, \quad (3.33)$$

где $n_{\text{се}_*}$ – число собственных юонов в заряде первого электрона в момент его появления.

$$n_{\text{ср}_*} = n_{\updownarrow \text{р}_*} \cdot \frac{n_{\text{ю}\updownarrow_*}}{2} = \bar{m}_\text{р} \cdot \sqrt{2^{я_*}} \cdot \frac{\sqrt{2^{я_*}} - 1}{4 \cdot (\text{ю} - 1)} = \bar{m}_\text{р} \cdot \frac{2^{я_*} - \sqrt{2^{я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)}, \quad (3.34)$$

где $n_{\text{ср}_*}$ – число собственных юонов в заряде первого протона в момент его появления.

$$n_{\text{че}_*} = n_{\text{юе}_*} - n_{\text{се}_*} = \frac{2^{2 \cdot я_*} - \sqrt{2^{3 \cdot я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)} - \frac{2^{я_*} - \sqrt{2^{я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)} = \bar{m}_\text{р} \cdot \frac{2^{я_*} - \sqrt{2^{я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)}, \quad (3.35)$$

где $n_{\text{че}_*}$ – число чужих юонов в заряде первого электрона в момент его появления.

$$n_{\text{чр}_*} = n_{\text{юр}_*} - n_{\text{ср}_*} = \frac{2^{2 \cdot я_*} - \sqrt{2^{3 \cdot я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)} - \bar{m}_\text{р} \cdot \frac{2^{я_*} - \sqrt{2^{я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)} = \frac{2^{я_*} - \sqrt{2^{я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)}, \quad (3.36)$$

где $n_{\text{чр}_*}$ – число чужих юонов в заряде первого протона в момент его появления.

Отношения числа чужих юонов к числу собственных в зарядах электрона и протона в момент их образования соответственно составляли:

$$k_{\frac{\text{ч}}{\text{с}}, \text{q}_\text{е}} = \frac{n_{\text{че}_*}}{n_{\text{се}_*}} = \bar{m}_\text{р}. \quad (3.37)$$

$$k_{\frac{\text{ч}}{\text{с}}, \text{q}_\text{р}} = \frac{n_{\text{чр}_*}}{n_{\text{ср}_*}} = \frac{1}{\bar{m}_\text{р}}. \quad (3.38)$$

Важно отметить, что отношения числа чужих юонов к числу собственных в зарядах электрона и протона остаются неизменными в процессе формирования зарядов и выступают как зарядовые инварианты.

Изменение числа юонов в луче электрона после его образования находим из соотношения:

$$\frac{n_{\text{ю}\updownarrow\text{e}} - n_{\text{ю}\updownarrow\text{e}_*}}{n_{\bullet\updownarrow} - n_{\bullet\updownarrow_*}} = \frac{f_{\text{ю}\updownarrow} \cdot (\overline{m}_\text{p} + 1)}{\frac{\text{d}n_{\bullet\updownarrow}}{\text{d}я}} = \frac{\frac{f_{\bullet\updownarrow}}{2} \cdot (\overline{m}_\text{p} + 1)}{f_{\bullet\updownarrow} \cdot (\text{ю} - 1)} = \frac{\overline{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}, \qquad (3.39)$$

где $n_{\text{ю}\updownarrow\text{e}}$ – число юонов в луче электрона; $n_{\text{ю}\updownarrow\text{e}_*}$ – число юонов в луче электрона в момент его образования; $n_{\bullet\updownarrow_*}$ – число йонов в луче в момент образования электрона.

Учитывая (3.26) и (3.39), находим возрастной закон изменения числа юонов в заряде электрона:

$$n_{\text{юq}_\text{e}} = n_{\text{юe}_*} + (2^{я} - 2^{я_*}) \cdot \frac{\overline{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} = 2^{я} \frac{\overline{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} - \frac{2^{2 \cdot я_*} + \sqrt{2^{3 \cdot я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)}, \qquad (3.40)$$

где $n_{\text{юq}_\text{e}}$ – число юонов в заряде электрона.

Изменение числа юонов в луче протона после его образования находим из соотношения:

$$\frac{n_{\text{ю}\updownarrow\text{p}} - n_{\text{ю}\updownarrow\text{p}_*}}{n_{\bullet\updownarrow} - n_{\bullet\updownarrow_*}} = \frac{f_{ю\updownarrow} \cdot \left(\frac{1}{\overline{m}_\text{p}} + 1\right)}{\frac{\text{d}n_{\bullet\updownarrow}}{\text{d}я}} = \frac{\frac{f_{\bullet\updownarrow}}{2} \cdot \left(\frac{1}{\overline{m}_\text{p}} + 1\right)}{f_{\bullet\updownarrow} \cdot (\text{ю} - 1)} = \frac{\frac{1}{\overline{m}_\text{p}} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}, \qquad (3.41)$$

где $n_{\text{ю}\updownarrow\text{p}}$ – число юонов в луче протона; $n_{\text{ю}\updownarrow\text{p}_*}$ – число юонов в луче протона в момент его образования; $n_{\bullet\updownarrow_*}$ – число йонов в луче в момент образования протона.

Учитывая (3.29) и (3.41), находим возрастной закон изменения числа юонов в заряде протона:

$$n_{\text{юq}_\text{p}} = n_{\text{юp}_*} + (2^{я} - 2^{я_*}) \cdot \frac{\overline{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} = 2^{я} \frac{\overline{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} - \frac{2^{2 \cdot я_*} + \sqrt{2^{3 \cdot я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)}, \qquad (3.42)$$

где $n_{\text{юq}_\text{p}}$ – число юонов в заряде протона.

Для определения текущего числа юонов в заряде можно использовать следующую зависимость:

$$n_{\text{юq}} = 2^{я} \cdot \frac{\overline{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}, \qquad (3.43)$$

где $n_{\text{юq}}$ – число юонов в заряде.

Интенсивность размножения электронов (протонов) во Вселенной равна:

$$\ddot{И}_* = \ddot{и}_* \cdot N_* = \ln 2 \cdot N_*, \tag{3.44}$$

где $\ddot{И}_*$ – интенсивность размножения электронов (протонов) во Вселенной; N_* – число электронов (протонов) во Вселенной.

Решая дифференциальное уравнение (3.44), учитывая, что число электронов (протонов) во Вселенной, когда её возраст был равен $я_* = \log_2(1 + \bar{m}_\text{p})$, равнялось одному, получаем возрастной закон изменения числа электронов (протонов) во Вселенной:

$$N_\text{e} = N_\text{p} = \frac{2^я}{1 + \bar{m}_\text{p}}. \tag{3.45}$$

Свойства луча позволяют ввести абсолютную шкалу времени:

$$T = \frac{R}{v_R} = 2^я \cdot \frac{a}{4 \cdot (ю - 1) \cdot c}. \tag{3.46}$$

На абсолютной шкале времени момент явления имеет следующее значение:

$$T_♣ = \frac{R_♣}{v_R} = \frac{a}{4 \cdot (ю - 1) \cdot c}. \tag{3.47}$$

Интервал времени, равный моменту явления на абсолютной шкале, целесообразно использовать как естественную единицу измерения времени, которую назовём моментом, со следующим обозначением:

$$1_♣ = T_♣ = \frac{a}{4 \cdot (ю - 1) \cdot c}. \tag{3.48}$$

Исходя из (3.46) получаем простую взаимосвязь возраста Вселенной и времени на абсолютной шкале в моментах:

$$T = 2^я; \quad я = \log_2 T. \tag{3.49}$$

В данной работе исключены из рассмотрения интервал времени $0 \le T < T_♣$ и связанные с ним процессы.

Запишем законы икраткого взаимодействия йона во временном представлении:

$$\ddot{и}_• = \frac{ю}{2 \cdot (ю - 1) \cdot T}. \tag{3.50}$$

$$\check{u}_{\updownarrow} = \frac{1}{2 \cdot T}. \tag{3.51}$$

$$\check{u}_{*} = \frac{1}{T}. \tag{3.52}$$

$$l = \sqrt{\frac{T}{T_{\clubsuit}}} \cdot a. \tag{3.53}$$

Основные характеристики икраткого взаимодействия и результаты его творения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Характеристика	Формула	Значение
0. Явление йона		
Момент явления	$T_{\clubsuit} = \frac{a}{4 \cdot c \cdot (ю - 1)}$	$9{,}21792049 \cdot 10^{-67}$ с
Частота явления	$f_{\clubsuit} = 4 \cdot (ю - 1) \cdot \frac{c}{a}$	$1{,}08484338 \cdot 10^{66}$ $с^{-1}$
1. Формирование луча		
Частота размножения йонов в луче	$\check{И}_{\bullet\updownarrow} = \frac{ю}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}}$	$1{,}52807263 \cdot 10^{24}$ $с^{-1}$
Частота перехода в юоны йонов в луче	$f_{\bullet\updownarrow} = \frac{1}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}}$	$4{,}10962026 \cdot 10^{23}$ $с^{-1}$
Скорость изменения числа йонов в луче	$\frac{dn_{\bullet}}{dt} = \check{И}_{\bullet\updownarrow} - f_{\bullet\updownarrow} = \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{4T}}$	$9{,}91556278 \cdot 10^{23}$ $с^{-1}$
Число йонов в луче	$n_{\bullet} = 1 + \int_{T_{\clubsuit}}^{T} \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{4 \cdot t}} dt = \sqrt{f_{\clubsuit} \cdot T} = \sqrt{2^{я}}$	$4{,}85557729 \cdot 10^{41}$
2.Формирование массы электрона		
Частота размножения лучей в электроне	$\check{И}_{\updownarrow e} = \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{4 \cdot T}}$	$9{,}91556278 \cdot 10^{23}$ $с^{-1}$
Число лучей в электроне	$n_{\updownarrow e} = 1 + \int_{T_{\clubsuit}}^{T} \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{4 \cdot t}} dt = \sqrt{f_{\clubsuit} \cdot T} = \sqrt{2^{я}}$	$4{,}85557729 \cdot 10^{41}$
Частота размножения йонов в электроне	$Й_{\bullet e} = Й_{\bullet\updownarrow} \cdot n_{\updownarrow e} + Й_{\updownarrow e} \cdot n_{\bullet} = f_{\clubsuit} \cdot \frac{(2 \cdot ю - 1)}{2 \cdot (ю - 1)}$	$1{,}28438917 \cdot 10^{66}$ $с^{-1}$
Частота перехода в юоны йонов в электроне	$f_{\bullet e} = f_{\bullet\updownarrow} \cdot n_{\updownarrow e} = \frac{f_{\clubsuit}}{2 \cdot (ю - 1)}$	$1{,}99545788 \cdot 10^{65}$ $с^{-1}$

Скорость изменения числа йонов в электроне	$\frac{dn_{\bullet e}}{dt} = \acute{И}_{\bullet e} - f_{\bullet e} = f_{\clubsuit}$	$1{,}08484338 \cdot 10^{66}$ с$^{-1}$
Число йонов в электроне	$n_{\bullet e} = 1 + \int_{T_{\clubsuit}}^{T} f_{\clubsuit}\, dt = f_{\clubsuit} \cdot T = 2^{я}$	$2{,}35766308 \cdot 10^{83}$
3. Формирование массы протона		
Частота размножения лучей в протоне	$\acute{И}_{\updownarrow p} = \overline{m}_{p} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{4T}}$	$1{,}82064871 \cdot 10^{27}$ с$^{-1}$
Число лучей в протоне	$n_{\updownarrow p} = 1 + \int_{T_{\clubsuit}}^{T} \overline{m}_{p} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{4t}} dt = \overline{m}_{p} \cdot \sqrt{f_{\clubsuit} \cdot T} = \overline{m}_{p} \cdot \sqrt{2^{я}}$	$8{,}91558121 \cdot 10^{44}$
Частота размножения йонов в протоне	$\acute{И}_{\bullet p} = \acute{И}_{\bullet\updownarrow} \cdot n_{\updownarrow p} + \acute{И}_{\updownarrow p} \cdot n_{\bullet} = f_{\clubsuit} \cdot \frac{\overline{m}_{p} \cdot (2 \cdot ю - 1)}{2 \cdot (ю - 1)}$	$2{,}35833460 \cdot 10^{69}$ с$^{-1}$
Частота перехода в юоны йонов в протоне	$f_{\bullet p} = f_{\bullet\updownarrow} \cdot n_{\updownarrow p} = f_{\clubsuit} \cdot \frac{\overline{m}_{p}}{2 \cdot (ю - 1)}$	$3{,}66396532 \cdot 10^{68}$ с$^{-1}$
Скорость изменения числа йонов в протоне	$\frac{dn_{\bullet p}}{dt} = \acute{И}_{\bullet p} - f_{\bullet p} = \overline{m}_{p} \cdot f_{\clubsuit}$	$1{,}99193807 \cdot 10^{69}$ с$^{-1}$
Число йонов в протоне	$n_{\bullet p} = 1 + \int_{T_{\clubsuit}}^{T} \overline{m}_{p} \cdot f_{\clubsuit}\, dt = \overline{m}_{p} \cdot f_{\clubsuit} \cdot T = 2^{я} \overline{m}_{p}$	$4{,}32902936 \cdot 10^{86}$
4. Формирование заряда		
Частота образования юонов в луче	$f_{ю\updownarrow} = \frac{f_{\bullet\updownarrow}}{2} = \frac{1}{4 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}}$	$2{,}05481013 \cdot 10^{23}$ с$^{-1}$
Частота размножения юонов в луче электрона	$\breve{u}_{ю\updownarrow e} = \overline{m}_{p} \cdot f_{ю\updownarrow} = \frac{\overline{m}_{p}}{4 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}}$	$3{,}77294511 \cdot 10^{26}$ с$^{-1}$
Скорость изменения числа юонов в луче электрона	$\frac{dn_{ю\updownarrow e}}{dt} = \breve{u}_{ю\updownarrow e} + f_{ю\updownarrow} = \frac{\overline{m}_{p} + 1}{4 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}}$	$3{,}77499992 \cdot 10^{26}$ с$^{-1}$
Момент появления первых зарядов во Вселенной	$T_{q_*} = T_{*} = \frac{(\overline{m}_{p} + 1)}{f_{\clubsuit}}$	$1{,}69347273 \cdot 10^{-63}$ с
Число юонов в луче электрона в момент T_{q_*}	$n_{ю\updownarrow e_*} = \frac{\sqrt{2^{3 \cdot я_*}} - 2^{я_*}}{4 \cdot (ю - 1)} = \frac{\overline{m}_{p} + 1}{4 \cdot (ю - 1)} \cdot (\sqrt{2^{я_*}} - 1)$	$7{,}07311869 \cdot 10^{3}$
Число юонов в луче электрона	$n_{ю\updownarrow e} = n_{ю\updownarrow e_*} + \int_{T_{q_*}}^{T} \frac{\overline{m}_{p} + 1}{4 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}} \cdot dt \approx \frac{\overline{m}_{p} + 1}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt{2^{я}}$	$1{,}64082265 \cdot 10^{44}$
Частота размножения юонов в луче протона	$\breve{u}_{ю\updownarrow p} = \frac{f_{ю\updownarrow}}{\overline{m}_{p}} = \frac{1}{4 \cdot (ю - 1) \cdot \overline{m}_{p}} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}}$	$1{,}11908457 \cdot 10^{20}$ с$^{-1}$
Скорость изменения числа юонов в луче протона	$\frac{dn_{ю\updownarrow p}}{dt} = \breve{u}_{ю\updownarrow p} + f_{ю\updownarrow} = \frac{\overline{m}_{p} + 1}{4 \cdot (ю - 1) \cdot \overline{m}_{p}} \cdot \sqrt{\frac{f_{\clubsuit}}{T}}$	$2{,}05592921 \cdot 10^{23}$ с$^{-1}$
Число юонов в луче протона в момент T_{q_*}	$n_{ю\updownarrow p_*} = \frac{\sqrt{2^{3 \cdot я_*}} - 2^{я_*}}{4 \cdot (ю - 1) \cdot \overline{m}_{p}} = \frac{\overline{m}_{p} + 1}{4 \cdot (ю - 1) \cdot \overline{m}_{p}} \cdot (\sqrt{2^{я}} - 1)$	3,85214084

Число юонов в луче протона	$n_{\text{ю}\updownarrow_\text{p}} = n_{\text{ю}\updownarrow p_*} + \int\limits_{T_{q*}}^{T} \frac{\bar{m}_\text{p}+1}{4\cdot(\text{ю}-1)\cdot\bar{m}_\text{p}} \cdot \sqrt{\frac{f_\clubsuit}{T}} \cdot dt \approx \frac{\bar{m}_\text{p}+1}{2\cdot(\text{ю}-1)\cdot\bar{m}_\text{p}} \cdot \sqrt{2^\text{я}}$	$8{,}93619945\cdot10^{40}$
Число юонов в заряде электрона (протона)	$n_{\text{юq}} = n_{\text{ю}\updownarrow_\text{e}} \cdot n_{\updownarrow\text{e}} = n_{\text{ю}\updownarrow_\text{p}} \cdot n_{\updownarrow\text{p}} \approx \frac{(\bar{m}_\text{p}+1)}{2\cdot(\text{ю}-1)} \cdot 2^\text{я}$	$7{,}96714119\cdot10^{85}$
5. Формирование кванта заряда		
5.1. Появление кванта заряда		
Частота размножения юонов при появлении кванта	$\ddot{И}_{0\text{юк}} = \sqrt{2^\text{я}} \cdot f_\clubsuit \cdot (\bar{m}_\text{p}+1) \cdot \frac{\text{ю}}{8\cdot(\text{ю}-1)^2}$	$6{,}08718521\cdot10^{109}$ с$^{-1}$
Частота перехода в заряде юонов кванта в фоны	$f_{0\text{фк}} = \frac{\ddot{И}_{0\text{юк}}}{2} = \sqrt{2^\text{я}} \cdot f_\clubsuit \cdot (\bar{m}_\text{p}+1) \cdot \frac{\text{ю}}{16\cdot(\text{ю}-1)^2}$	$3{,}04359260\cdot10^{109}$ с$^{-1}$
Скорость изменения числа юонов в кванте	$\frac{dn_{0\text{юк}}}{dt} = \ddot{И}_{0\text{юк}} - f_{0\text{юк}} = \sqrt{2^\text{я}} \cdot f_\clubsuit \cdot (\bar{m}_\text{p}+1) \cdot \frac{\text{ю}}{16\cdot(\text{ю}-1)^2}$	$3{,}04359260\cdot10^{109}$ с$^{-1}$
Время появления кванта	$t_{0\text{k}} = \frac{l}{c} = \sqrt{2^\text{я}} \cdot \frac{4\cdot(\text{ю}-1)}{f_\clubsuit}$	$4{,}86662970\cdot10^{-24}$ с
Число юонов в кванте заряда при появлении	$n_{0\text{юк}} = t_{0\text{k}} \frac{dn_{0\text{юк}}}{dt} = 2^\text{я}\cdot(\bar{m}_\text{p}+1) \cdot \frac{\text{ю}}{4\cdot(\text{ю}-1)} = \frac{\text{ю}}{2} \cdot n_{\text{юq}}$	$1{,}48120382\cdot10^{86}$
Частота кванта при появлении	$f_{0\text{k}} = \frac{1}{t_{0\text{k}}} = \frac{c}{l} = f_{ю\updownarrow}$	$2{,}05481013\cdot10^{23}$ с$^{-1}$
Длина волны кванта при появлении	$\lambda_{0\text{k}} = 2\pi \cdot l$	$9{,}16703466\cdot10^{-15}$ м
Число лучей юонов в кванте электрона	$n_{\updownarrow_\text{ю}} = n_\updownarrow = \sqrt{2^\text{я}}$	$4{,}85557729\cdot10^{41}$
Плотность юонов в луче кванта электрона при появлении	$n_{\text{ю}_\bullet} = \frac{n_{0\text{юк}}}{n_{\updownarrow_\text{ю}}} = \sqrt{2^\text{я}} \cdot (\bar{m}_\text{p}+1) \cdot \frac{\text{ю}}{4\cdot(\text{ю}-1)}$	$3{,}05052052\cdot10^{44}$
Число лучей юонов в кванте протона	$n_{\updownarrow_\text{ю}\text{p}} = n_{\updownarrow\text{p}} = \sqrt{2^\text{я}} \cdot \bar{m}_\text{p}$	$8{,}91558121\cdot10^{44}$
Плотность юонов в луче кванта протона при появлении	$n_{\text{ю}_\bullet\text{p}} = \frac{n_{0\text{юк}}}{n_{\updownarrow_\text{ю}\text{p}}} = \sqrt{2^\text{я}} \cdot \left(1+\frac{1}{\bar{m}_\text{p}}\right) \cdot \frac{\text{ю}}{4\cdot(\text{ю}-1)}$	$1{,}66136540\cdot10^{41}$
5.2. Образование кванта заряда (до излучения)		
Частота перехода в заряде юонов кванта в фоны	$f_{o\text{фк}} = n_{0\text{юк}} \cdot \frac{t_{\text{ю}\updownarrow}}{t^2}$	$t_{ю\updownarrow} = l/c$
Время образования кванта	$t_{o\text{k}} = \frac{1}{f_{o\text{k}}} - t_{\text{ю}\updownarrow}$	$f_{\text{k}o}$ — *частота излучения*
Число юонов в кванте заряда при излучении	$n_{o\text{юк}} = n_{0\text{юк}} - \int\limits_{t_{ю\updownarrow}}^{1/f_{ok}} \frac{n_{0юk}\cdot t_{ю\updownarrow}}{t^2} dt = n_{0юk} \cdot t_{ю\updownarrow} \cdot f_{ok}$	$n_{o\text{юк}} = \text{ю} \cdot n_{\text{юq}} \cdot t_{\text{ю}\updownarrow} \cdot f_{o\text{k}}$
Длина волны кванта при излучении	$\lambda_{o\text{k}} = \lambda_{0\text{k}} \cdot \frac{n_{0\text{юк}}}{n_{o\text{юк}}} = 2\cdot\pi\cdot\frac{c}{f_{o\text{k}}}$	$\lambda_{ok} = \lambda_{0k} \cdot \frac{f_{ю\updownarrow}}{f_{ok}}$
Плотность юонов в луче кванта электрона при излучении	$n_{\text{ю}_\bullet o} = \frac{n_{0\text{юк}}\cdot f_{o\text{k}}^2}{n_{\updownarrow_\text{ю}}\cdot f_{\text{ю}\updownarrow}^2} = \sqrt{2^\text{я}}\cdot(\bar{m}_\text{p}+1)\cdot\frac{\text{ю}\cdot f_{o\text{k}}^2}{4\cdot(\text{ю}-1)\cdot f_{\text{ю}\updownarrow}^2}$	$n_{\text{ю}_\bullet o_{\min}} = 1$
Минимально возможная частота излучения кванта электрона	$f_{o\text{k}_{\min}} = \frac{f_{\text{ю}\updownarrow}}{\sqrt{n_{\text{ю}_\bullet}}} = \frac{f_{\text{ю}\updownarrow}}{\sqrt[4]{2^\text{я}}} \cdot \sqrt{\frac{4\cdot(\text{ю}-1)}{(\bar{m}_\text{p}+1)\cdot\text{ю}}}$	$11{,}7648047$ с$^{-1}$

Максимально возможная длина волны кванта электрона при излучении	$\lambda_{o\text{к}_{\max}} = \lambda_{0\text{к}} \cdot \sqrt{n_{\text{ю}_\bullet}} = \sqrt[4]{2^{я}} \cdot \pi \cdot l \cdot \sqrt{\frac{(\bar{m}_\text{р} + 1) \cdot \text{ю}}{(\text{ю} - 1)}}$	$1{,}60109038 \cdot 10^{8}$ м
5.3. Формирование кванта после излучения		
Частота размножения юонов в кванте	$Ӣ_{\text{юк}} = \frac{n_{о\text{юк}}}{T}$	$n_{о\text{юк}} = \text{const}$
Частота перехода юонов кванта в фоны	$f_{\text{фк}} = Ӣ_{\text{юк}}$	$f_{\text{фк}} = \frac{n_{\text{юк}}}{T}$
Скорость изменения числа юонов в кванте	$\frac{dn_{\text{юк}}}{dt} = Ӣ_{\text{юк}} - f_{\text{фк}}$	0 с$^{-1}$
Число юонов в кванте после излучения	$n_{\text{юк}} = n_{о\text{юк}}$	$n_{\text{юк}} = \text{const}$
Возраст кванта	$я_\text{к} = \log_2 \frac{T}{T_o}$	T_o – момент появления кванта
Длина волны кванта после излучения для $T < T_o \cdot n_{\text{ю}_\bullet o}$	$\lambda_\text{к} = \sqrt{\frac{T^3}{T_o^3}} \cdot \lambda_{o\text{к}} = \sqrt{2^{3я_\text{к}}} \cdot \lambda_{o\text{к}}$	$n_{\text{ю}_\bullet k} > 1$
Частота кванта после излучения для $T < T_o \cdot n_{\text{ю}_\bullet o}$	$f_\text{к} = \sqrt{\frac{T_o^3}{T^3}} \cdot f_{o\text{к}} = \frac{f_{o\text{к}}}{\sqrt{2^{3я_\text{к}}}}$	$n_{\text{ю}_\bullet k} > 1$
Плотность юонов в луче кванта после излучения для $T < T_o \cdot n_{\text{ю}_\bullet o}$	$n_{\text{ю}_\bullet\text{к}} = \frac{n_{\text{ю}_\bullet o} \cdot T_o}{T} = \frac{n_{\text{ю}_\bullet o}}{2^{я_k}}$	$n_{\text{ю}_\bullet k} > 1$
Длина волны кванта после излучения для $T \geq T_o \cdot n_{\text{ю}_\bullet o}$	$\lambda_\text{к} = \sqrt{\frac{T}{T_o}} \cdot \lambda_{o\text{к}} \cdot n_{\text{ю}_\bullet o} = \sqrt{2^{я_\text{к}}} \cdot \lambda_{o\text{к}} \cdot n_{\text{ю}_\bullet o}$	$n_{\text{ю}_\bullet k} = 1$
Частота кванта после излучения для $T \geq T_o \cdot n_{\text{ю}_\bullet o}$	$f_\text{к} = \frac{\sqrt{\frac{T_o}{T}} \cdot f_{o\text{к}}}{n_{\text{ю}_\bullet o}} = \frac{f_{o\text{к}}}{\sqrt{2^{я_\text{к}}} \cdot n_{\text{ю}_\bullet o}}$	$n_{\text{ю}_\bullet k} = 1$
6. Формирование Вселенной		
Частота размножения электронов (протонов) во Вселенной	$Ӣ_* = \frac{f_\clubsuit}{1 + \bar{m}_\text{р}}$	$5{,}90502572 \cdot 10^{62}$ с$^{-1}$
Момент появления электрона (протона) во Вселенной	$T_* = T_{q^*} = \frac{(\bar{m}_\text{р} + 1)}{f_\clubsuit}$	$1{,}69347273 \cdot 10^{-63}$ с
Число электронов (протонов) во Вселенной	$N_* = N_\text{е} = N_\text{р} = 1 + \int_{T_*}^{T} \frac{f_\clubsuit}{1 + \bar{m}_\text{р}} dt = \frac{T \cdot f_\clubsuit}{1 + \bar{m}_\text{р}} = \frac{2^{я}}{1 + \bar{m}_\text{р}}$	$1{,}28332452 \cdot 10^{80}$
Частота размножения лучей во Вселенной	$Ӣ_\updownarrow = N_* \cdot (Ӣ_{\updownarrow\text{е}} + Ӣ_{\updownarrow\text{р}}) + Ӣ_* \cdot (n_{\updownarrow\text{е}} + n_{\updownarrow\text{р}}) = \frac{3}{2}\sqrt{T \cdot f_\clubsuit^3} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{2^{я}} \cdot f_\clubsuit$	$7{,}90131129 \cdot 10^{107}$ с$^{-1}$
Число лучей во Вселенной	$N_\updownarrow = 1 + \int_{T_\clubsuit}^{T} \frac{3}{2}\sqrt{T \cdot f_\clubsuit^3} \cdot dt = \sqrt{T^3 \cdot f_\clubsuit^3} = \sqrt{2^{3я}}$	$1{,}14478153 \cdot 10^{125}$
Частота размножения йонов во Вселенной	$Ӣ_\bullet = N_* \cdot (Ӣ_{\bullet\text{е}} + Ӣ_{\bullet\text{р}}) + Ӣ_* \cdot (n_{\bullet\text{е}} + n_{\bullet\text{р}}) = T \cdot f_\clubsuit^2 \cdot \frac{4 \cdot \text{ю} - 3}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}$	$5{,}58585209 \cdot 10^{149}$ с$^{-1}$
Частота перехода в юоны йонов во Вселенной	$f_\bullet = N_* \cdot (f_{\bullet\text{е}} + f_{\bullet\text{р}}) = \frac{T \cdot f_\clubsuit^2}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}$	$4{,}70461736 \cdot 10^{148}$ с$^{-1}$

Скорость изменения числа йонов во Вселенной	$\frac{dN_{\bullet}}{dt} = \ddot{И}_{\bullet} - f_{\bullet} = 2 \cdot T \cdot f_{\clubsuit}^2$	$5{,}11539035 \cdot 10^{149}$ с$^{-1}$
Число йонов во Вселенной	$N_{\bullet} = 1 + \int_{T_{\clubsuit}}^{T} 2 \cdot T \cdot f_{\clubsuit}^2 \cdot dt = T^2 \cdot f_{\clubsuit}^2 = 2^{2я}$	$5{,}55857519 \cdot 10^{166}$
Скорость изменения числа юонов в заряде	$\frac{dn_{\text{юq}}}{dt} = \frac{\bar{m}_{\text{p}} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} \cdot f_{\clubsuit}$	$3{,}66596077 \cdot 10^{68}$ с$^{-1}$
Скорость изменения числа зарядов во Вселенной	$\frac{dN_{\text{q}}}{dt} = 2 \cdot \ddot{И}_{*} = \frac{2}{1 + \bar{m}_{\text{p}}} \cdot f_{\clubsuit}$	$1{,}181005144 \cdot 10^{63}$ с$^{-1}$
Скорость изменения числа юонов в зарядах Вселенной	$\frac{dN_{\text{юq}}}{dt} = (N_{\text{e}} + N_{\text{p}}) \cdot \frac{dn_{\text{юq}}}{dt} + n_{\text{юq}} \cdot \frac{dN_{\text{q}}}{dt} = \frac{2}{(\text{ю} - 1)} \cdot T \cdot f_{\clubsuit}^2$	$1{,}88184694 \cdot 10^{149}$ с$^{-1}$
Число юонов в зарядах Вселенной в момент их появления	$N_{\text{юq}_*} = n_{\text{юе}_*} + n_{\text{юр}_*} = \frac{2^{2\,я_*} - \sqrt{2^{3я_*}}}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} = \frac{(\bar{m}_{\text{p}} + 1)^2}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{\bar{m}_{\text{p}} + 1}}\right)$	$6{,}06336296 \cdot 10^{5}$
Число юонов в зарядах Вселенной	$N_{\text{юq}} = N_{\text{юq}_*} + \int_{T_{q*}}^{T} \frac{2 \cdot T \cdot f_{\clubsuit}^2}{(\text{ю} - 1)} \cdot dt \approx \frac{T^2 \cdot f_{\clubsuit}^2}{(\text{ю} - 1)} = \frac{2^{2я}}{(\text{ю} - 1)}$	$2{,}04488554 \cdot 10^{166}$

Подведём промежуточный итог творящей деятельности икраткого взаимодействия и его влияния на формирование современного облика Вселенной.

В момент своего появления ($T_{\clubsuit} \approx 9{,}21792049 \cdot 10^{-67}$ [с]) наша Вселенная является в виде йона практически с точечным объёмом ($V = a^3 \approx 2{,}71284138 \cdot 10^{-170}$ [м^3]) и крайне малой массой ($M = ё \cdot ъ \cdot a^3 \approx 3{,}86373364 \cdot 10^{-114}$ [кг]).

В современной Вселенной количества йонов, лучей, юонов в зарядах, электронов (протонов) и зарядов соответственно равны $N_{\bullet} \approx 5{,}558575 \cdot 10^{166}$; $N_{\updownarrow} \approx 1{,}144782 \cdot 10^{125}$; $N_{\text{юq}} \approx 2{,}044886 \cdot 10^{166}$; $N_{*} = N_{\text{e}} = N_{\text{p}} \approx 1{,}283325 \cdot 10^{80}$; $N_{\text{q}} = 2 \cdot N_{*} \approx 2{,}566649 \cdot 10^{80}$.

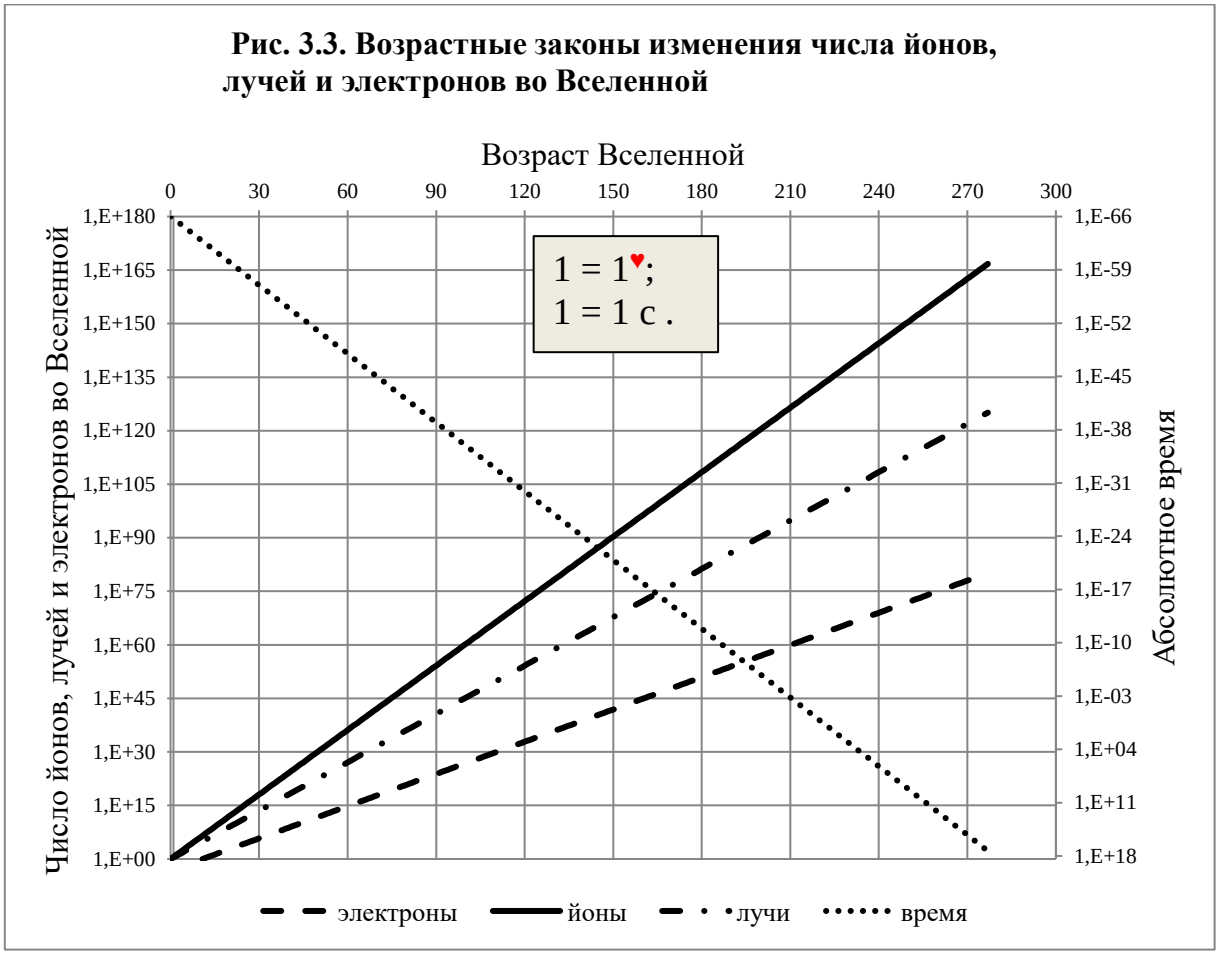
Заметим, что созданного к настоящему времени икратким взаимодействием достаточно для формирования более чем 10^{23} таких звёзд, как наше Солнце. Возрастные законы формирования Вселенной, электрона и протона представлены на рисунках 3.3 ÷ 3.7.

В настоящее время объём лишь одного луча больше объёма всей Вселенной в момент явления примерно в $5 \cdot 10^{41}$ раз, а длина луча превосходит размер Вселенной в момент явления более чем в $2 \cdot 10^{83}$ раз.

Важно отметить, что творящая деятельность икраткого взаимодействия продолжается и в настоящее время. Так, текущие скорости роста количеств

йонов, лучей и электронов (протонов) во Вселенной соответственно равны $\frac{dN_{\bullet}}{dt} = 5{,}11539035 \cdot 10^{149}$ [с$^{-1}$], $\ddot{И}_{\updownarrow} = 7{,}90131129 \cdot 10^{107}$ [с$^{-1}$] и $\ddot{И}_{*} = 5{,}90502572 \cdot 10^{62}$ [с$^{-1}$]. Это эквивалентно ежесекундному появлению во Вселенной около полумиллиона таких звёзд, как наше Солнце. При этом соответствующие вклады в увеличение массы Вселенной вносит и Солнце, ежесекундно возрастая в массе более чем на 18 миллиардов тонн, и наша планета Земля, ежесекундный прирост массы которой превышает 55 тысяч тонн.

Рис. 3.3. Возрастные законы изменения числа йонов, лучей и электронов во Вселенной



В настоящее время икраткое взаимодействие продолжает формирование луча, электрона, протона, заряда, и кванта заряда (табл. 3.1.).

Рис. 3.4. Возрастные законы изменения числа зарядов и юонов зарядов во Вселенной

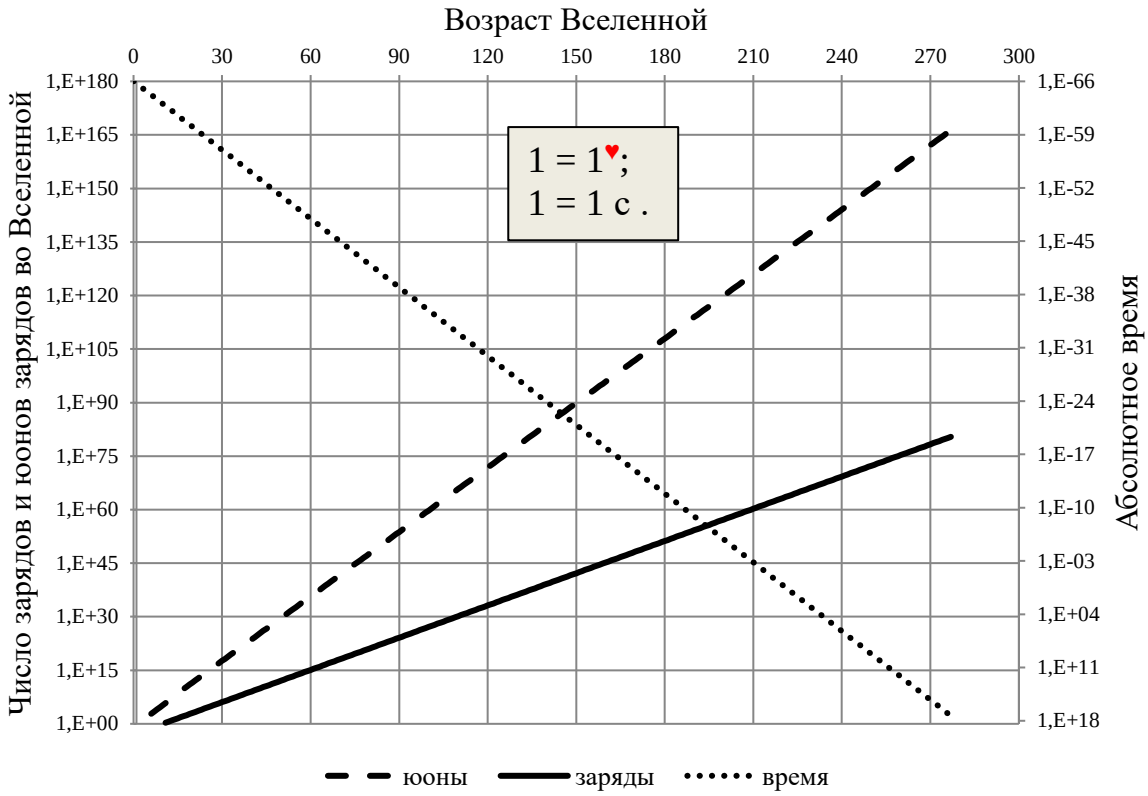


Рис. 3.5. Возрастные законы изменения скоростей роста числа йонов и лучей во Вселенной

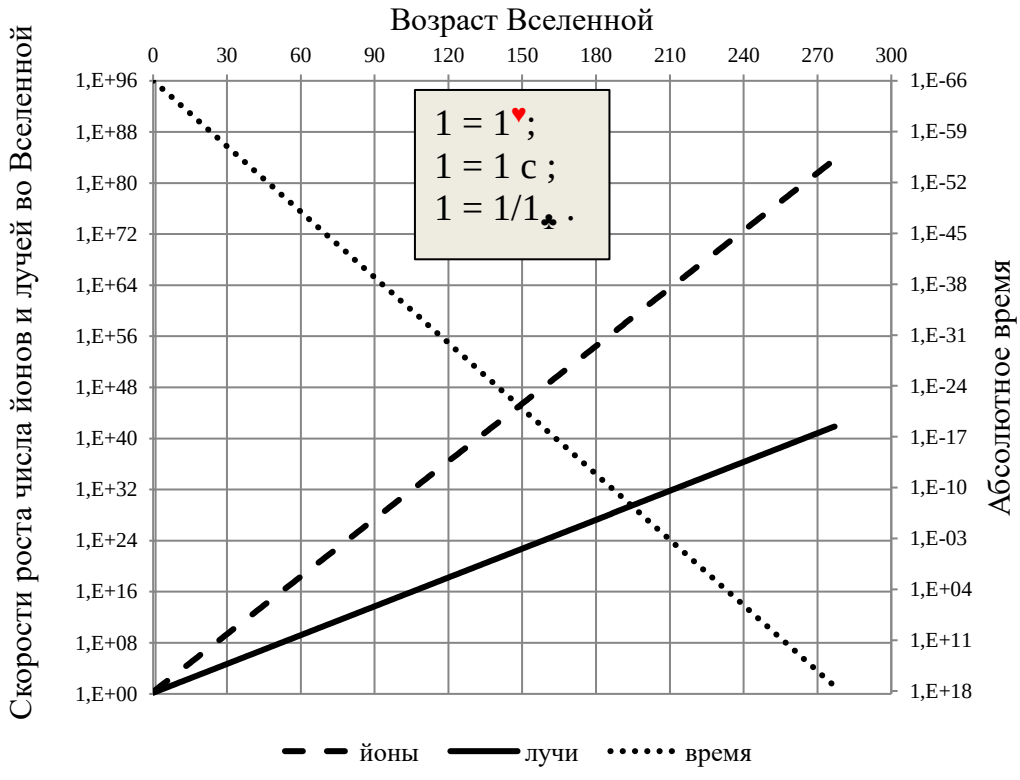


Рис.3.6. Возрастные законы изменения числа лучей в электроне и протоне и юонов в заряде

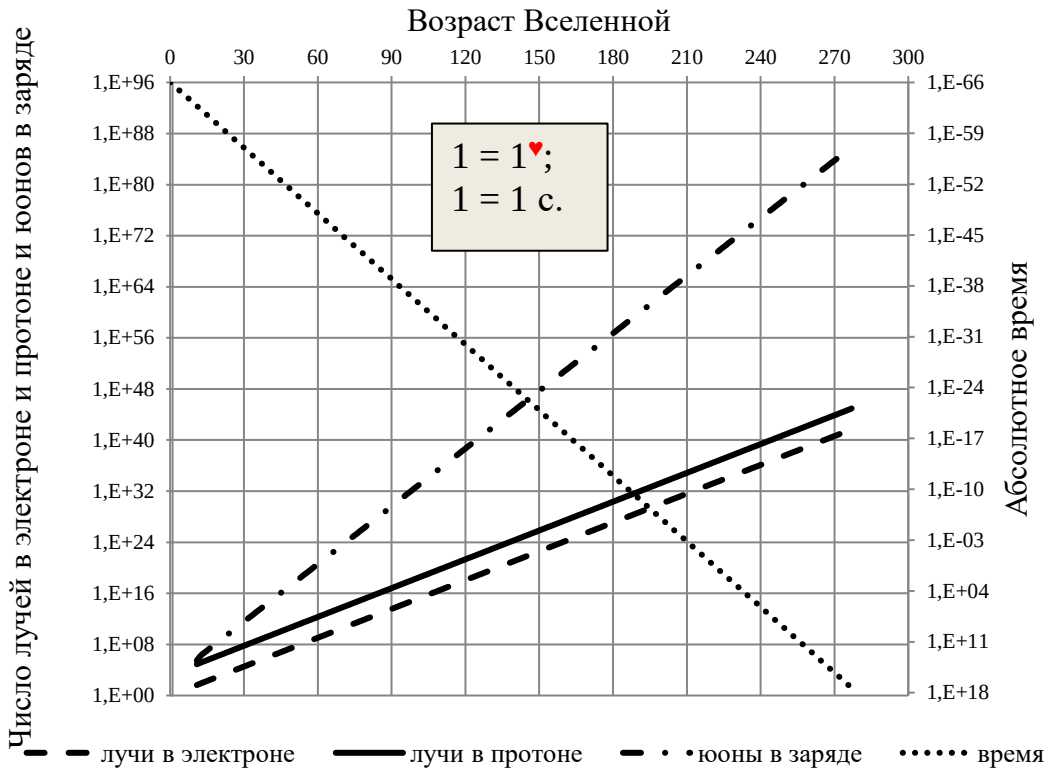
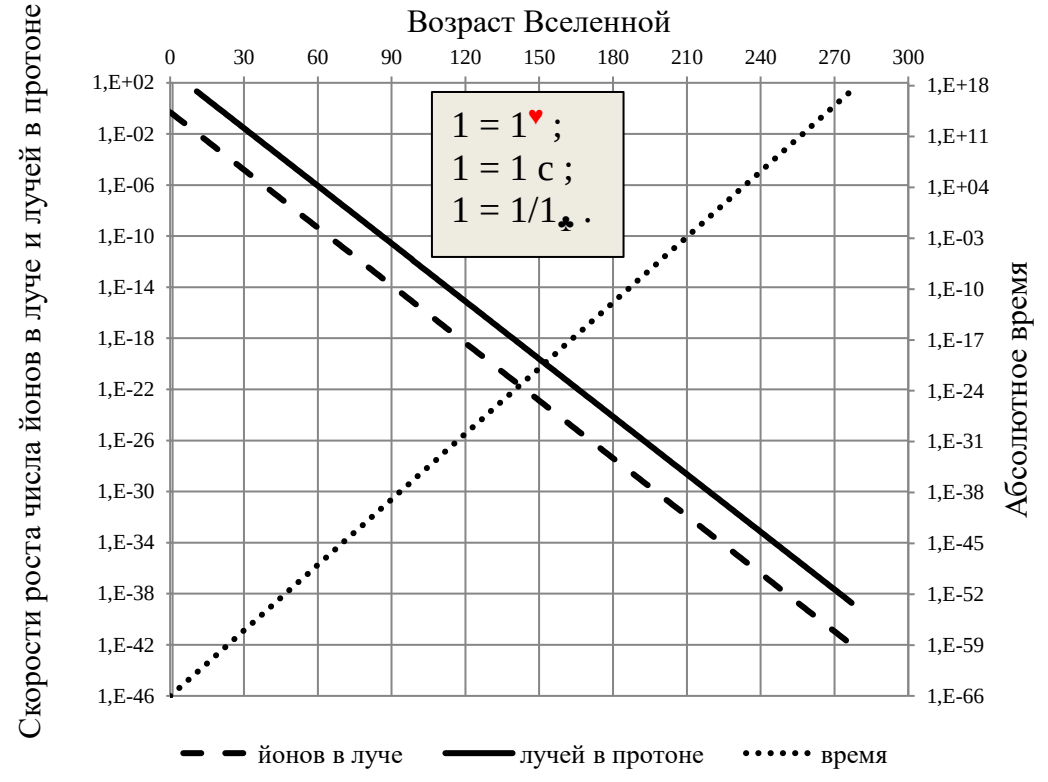


Рис. 3.7. Возрастные законы изменения скоростей роста числа йонов в луче и лучей в протоне



Интересно отметить, что скорости изменения числа йнов в электроне и протоне являются временными инвариантами:

- $\frac{dn_{\bullet \mathrm{e}}}{dt} = f_{\clubsuit} = 1{,}08484338 \cdot 10^{66}\ [\mathrm{c}^{-1}] = \mathrm{const}$;
- $\frac{dn_{\bullet \mathrm{p}}}{dt} = \bar{m}_{\mathrm{p}} \cdot f_{\clubsuit} = 1{,}99193807 \cdot 10^{69}\ [\mathrm{c}^{-1}] = \mathrm{const}$.

Также временными инвариантами являются частота размножения электронов (протонов) и ускорение изменения числа йонов во Вселенной:

- $\ddot{И}_{*} = \frac{f_{\clubsuit}}{1+\bar{m}_{\mathrm{p}}} = 5{,}90502572 \cdot 10^{62}\ [\mathrm{c}^{-1}] = \mathrm{const}$;
- $\frac{d^2 N_{\bullet}}{dt^2} = 2 \cdot f_{\clubsuit}^2 = 2{,}35377031 \cdot 10^{132}\ [\mathrm{c}^{-2}] = \mathrm{const}$.

Несмотря на впечатляющие результаты творящей деятельности икраткого взаимодействия, экспериментальное обнаружение текущих его проявлений является не простой задачей. Отметим лишь две связанные с этим трудности.

Во-первых, в современной физике отсутствуют представления о таких объектах как йон, юон и луч и, следовательно, отсутствует система измерения физических величин, основанная на этих представлениях.

Во-вторых, если даже система измерения физических величин, основанная на свойствах йона, юона и луча будет создана, то для экспериментального обнаружения текущих проявлений икраткого взаимодействия потребуются измерения с величайшей точностью или с большой временной базой. Так, например, при достигнутой в настоящее время относительной точности измерения постоянной тонкой структуры $\left(\frac{\delta(alfa)}{alfa} \approx 3{,}2 \cdot 10^{-10}\right)$, потребуется более 400 лет, чтобы её предсказанное относительное изменение вышло за пределы обозначенной точности измерения.

Поэтому первым естественным шагом для решения задачи экспериментального обнаружения проявлений икраткого взаимодействия является создание системы измерения физических величин, основанной на свойствах йона, и установление соотношений единиц измерения созданной системы с системами измерения, используемыми в физике в настоящее время. Именно этому вопросу посвящён следующий раздел работы.

4. Соотношение единиц измерения систем СИ и АСЯ

При построении системы измерения физических величин, основанной на свойствах йона и луча, использовались материалы, изложенные в следующих работах [20], [21], [22], [23], [24] и [25].

Новая система измерения основана на четырёх физических величинах. Определяющее требование, предъявляемое к единицам измерения первых трёх основных величин, состоит в том, чтобы они являлись характеристиками йона и луча, сохраняющими свои значения, как при изменении возраста Вселенной, так и при изменении времени её существования. В качестве первых трёх основных величин были приняты:

- длина, с единицей измерения равной [a];
- скорость, с единицей измерения равной [c];
- плотность, с единицей измерения равной [ъ].

Единица длины [a] определяется как размер Вселенной (луча, йона) в момент явления, или как корень кубический из объёма йона.

Единица скорости [c] определяется как абсолютная величина модуля скорости йона в луче относительно его центра при его удалении от центра, равном $\sqrt{2^{я-2}} \cdot a$. При этом йон не должен находиться в процессе точечного размножения. В физике единица скорости [c] известна, как скорость света в вакууме.

Единица плотности [ъ] определяется как плотность йона.

Основная трудность в применении новых единиц длины и плотности состоит в отсутствии их эталонов. Именно для преодоления этой трудности, а также для установления однозначных соотношений с единицами измерения систем, используемых в настоящее время, введена четвёртая основная физическая величина. В качестве оной был принят возраст Вселенной с единицей измерения равной [1♥].

Единицы измерения длины – [а] и скорости – [с], а также принятое ранее обозначение возраста Вселенной – *я*, определили название новой системы единиц – АСЯ.

Для установления соотношения единиц измерения систем СИ и АСЯ переопределим основные единицы измерения системы СИ в терминах фундаментальных физических постоянных.

Метр – единица измерения длины, при которой постоянная Ридберга в точности равна $R_\infty = 10\,973\,731{,}568\,527\left[\frac{1}{\text{м}}\right]$.

Секунда – единица измерения времени, при которой скорость света в вакууме в точности равна $c = 299\,792\,456\ \left[\frac{\text{м}}{\text{с}}\right]$.

Килограмм – единица измерения массы, при которой масса электрона в точности равна $m_\text{e} = 9{,}10938215\ \cdot 10^{-31}$ [кг].

Важно отметить, что фиксация значения постоянной Ридберга, которая в настоящее время имеет наилучшую точность определения и подвержена наименьшим преобразованиям в ходе Согласований CODATA по отношению ко всем, не подлежащим фиксации, фундаментальным физическим постоянным [22], [23], [25] и [26], по существу, вводит водородный эталон единицы времени. При этом никоем образом не ограничивается область применение часов, использующих частоту сверхтонкого расщепления в цезии $\nu_{HVS}(^{133}\text{Cs})$, поскольку относительный дрейф их частоты при сравнении с водородным эталоном составляет $(-3{,}2 \pm 6{,}3) \cdot 10^{-15}$ в год [24].

Фиксация значения массы электрона устраняет из определений основных единиц измерения системы СИ последний материальный артефакт – Международный прототип килограмма.

Используя гипотезы и постулаты, изложенные во втором разделе, и результаты исследований, представленных в третьем разделе, определим значения постоянной тонкой структуры, массы электрона, постоянной Планка и постоянной Ридберга в системе АСЯ.

Исходя из (2.4) и (2.5) постоянная тонкой структуры в системе АСЯ равна:

$$alfa = \frac{2}{я - 2 \cdot \log_2(ю - 1)}. \quad (4.1)$$

Напомним, что в данном исследовании под массой электрона (протона) понимается отношение суммы абсолютных значений модулей импульсов йонов, входящих в состав электрона (протона), к единичной скорости в системе АСЯ. При этом импульсы йнов должны определяться относительно центра электрона (протона), который совпадает с центром лучей, его образующих.

Учитывая, что нам известно отношение среднего модуля скорости йонов в луче относительно его центра к единичной скорости (3.18), и зная возрастной закон изменения числа йонов в электроне (3.27), находим массу электрона в системе АСЯ:

$$m_{\text{e}} = ё \cdot 2^{я}\ [\text{а}^3 \cdot ъ]. \quad (4.2)$$

Исходя из постулата (2.10) и гипотезы (2.6), а также используя (4.2), определяем постоянную Планка в системе АСЯ:

$$h = \frac{\pi \cdot ю \cdot (1 + \bar{m}_{\text{p}}) \cdot m_{\text{e}} \cdot c \cdot l}{2 \cdot ё \cdot (ю - 1)} = \sqrt{2^{3я}} \cdot \frac{\pi \cdot ю \cdot (1 + \bar{m}_{\text{p}})}{2 \cdot (ю - 1)}\ [\text{а}^4 \cdot ъ \cdot \text{с}]. \quad (4.3)$$

Определим постоянную Ридберга в системе АСЯ, применив полученные ранее определения постоянной тонкой структуры (4.1), массы электрона (4.2) и постоянной Планка (4.3) в этой системе:

$$R_{\infty} = \frac{alfa^2 \cdot m_{\text{e}} \cdot c}{2 \cdot h} = \frac{1}{\sqrt{2^{я}}} \cdot \frac{4 \cdot ё \cdot (ю - 1)}{\pi \cdot ю \cdot (1 + \bar{m}_{\text{p}}) \cdot (я - 2 \cdot \log_2(ю - 1))^2} \left[\frac{1}{\text{а}}\right]. \quad (4.4)$$

Для упрощения дальнейших представлений примем следующее обозначение:

$$я_{ю} = я - 2 \cdot \log_2(ю - 1). \quad (4.5)$$

Зная численное значение постоянной Ридберга в системе СИ и её определение в системе АСЯ (4.4), получаем соотношение единиц измерения длины в системах СИ и АСЯ:

$$1[\text{м}] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \frac{\pi \cdot \text{ю} \cdot (1 + \bar{m}_{\text{р}})}{4 \cdot ё \cdot (\text{ю} - 1)} \cdot 10\,973\,731{,}568\,527\,[\text{а}] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{м}}\,[\text{а}], \quad (4.6)$$

где $\text{о}_{\text{м}} = \frac{\pi \cdot \text{ю} \cdot (1+\bar{m}_{\text{р}})}{4 \cdot ё \cdot (\text{ю}-1)} \cdot 10\,973\,731{,}568\,527 \approx 9\,124\,764\,383 = \text{const}.$

Зная численное значение скорости света в вакууме в системе СИ, и основываясь на её совпадении с принятой единицей измерения скорости в системе АСЯ, а также учитывая полученное соотношение единиц измерения длины в системах СИ и АСЯ (4.6), получаем соотношение единиц измерения времени в этих системах:

$$1[\text{с}] = \frac{299\,792\,458\,[\text{м}]}{\text{с}\left[\frac{\text{м}}{\text{с}}\right]} = 299\,792\,458 \cdot \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{м}}\left[\frac{\text{а}}{\text{с}}\right] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{с}}\left[\frac{\text{а}}{\text{с}}\right], \quad (4.7)$$

где $\text{о}_{\text{с}} = 299\,792\,458 \cdot \text{о}_{\text{м}} \approx 2{,}735\,535\,54 \cdot 10^{18} = \text{const}.$

Зная численное значение массы электрона в системе СИ и её определение в системе АСЯ (4.2), получаем соотношение единиц измерения массы в системах СИ и АСЯ:

$$1\,[\text{кг}] = \frac{ё \cdot 2^{я}}{9{,}10938215 \cdot 10^{-31}}\,[\text{а}^{3} \cdot \text{ъ}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{кг}}[\text{а}^{3} \cdot \text{ъ}], \quad (4.8)$$

где $\text{о}_{\text{кг}} = \frac{ё}{9{,}10938215 \cdot 10^{-31}} \approx 2{,}60571375 \cdot 10^{30} = \text{const}.$

Единицы измерения физических величин систем СИ и АСЯ и их соотношение представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Величина	**Единица СИ**	**Единица АСЯ**	**Соотношение единиц измерения систем СИ и АСЯ**
Возраст	$1^{♥}$	$1^{♥}$	1
Плоский угол	рад	$\text{а}/\text{а}$	$1[\text{рад}] = \text{о}_{\text{рад}}[\text{а}/\text{а}]$
Телесный угол	ср	$\text{а}^{2}/\text{а}^{2}$	$1[\text{ср}] = \text{о}_{\text{ср}}[\text{а}^{2}/\text{а}^{2}]$
Количество вещества	моль	$\frac{\text{ъ} \cdot \text{а}^{3}}{\text{ъ} \cdot \text{а}^{3}}$	$1[\text{моль}] = \text{о}_{\text{моль}}\left[\frac{\text{ъ} \cdot \text{а}^{3}}{\text{ъ} \cdot \text{а}^{3}}\right]$

Длина	м	а	$1[\text{м}] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{м}}\ [\text{а}]$
Скорость	м/с	с	$1[\text{м/с}] = \text{о}_{\text{м/с}}\ [\text{с}]$
Время	с	а/с	$1[\text{с}] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{с}}\ [\text{а/с}]$
Площадь	м^2	а^2	$1[\text{м}^2] = 2^{я} \cdot я_{\text{ю}}^{4} \cdot \text{о}_{\text{м}^2}\ [\text{а}^2]$
Объём	м^3	а^3	$1[\text{м}^3] = \sqrt{2^{3я}} \cdot я_{\text{ю}}^{6} \cdot \text{о}_{\text{м}^3}\ [\text{а}^3]$
Масса	кг	$\text{ъ} \cdot \text{а}^3$	$1[\text{кг}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{кг}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3]$
Масса	a.e.m.	$\text{ъ} \cdot \text{а}^3$	$1\ [\text{a.e.m.}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{a.e.m.}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3]$
Плотность	кг/м^3	ъ	$1[\text{кг/м}^3] = \frac{\text{о}_{\text{кг/м}^3}}{\sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{6}}\ [\text{ъ}]$
Частота	Гц	с/а	$1[\text{Гц}] = \frac{\text{о}_{\text{Гц}}}{\sqrt{2^{я}} я_{\text{ю}}^{2}}\ [\text{с/а}]$
Ускорение	$\text{м}/c^2$	$\text{с}^2/\text{а}$	$1[\text{м/с}^2] = \frac{\text{о}_{\text{м/с}^2}}{\sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2}}\ [\text{с}^2/\text{а}]$
Импульс	$\text{кг} \cdot \text{м/с}$	$\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}$	$1[\text{кг} \cdot \text{м/с}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{кг·м/с}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}]$
Сила	Н	$\text{ъ} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}^2$	$1[\text{Н}] = \frac{\sqrt{2^{я}}}{я_{\text{ю}}^{2}} \cdot \text{о}_{\text{Н}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}^2]$
Давление	Па	$\text{ъ} \cdot \text{с}^2$	$1[\text{Па}] = \frac{\text{о}_{\text{Па}}}{\sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{6}}\ [\text{ъ} \cdot \text{с}^2]$
Энергия	Дж	$\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2$	$1[\text{Дж}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{Дж}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2]$
Термодинамическая температура	К	$\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2$	$1[\text{К}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{К}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2]$
Мощность	Вт	$\text{ъ} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}^3$	$1[\text{Вт}] = \frac{\sqrt{2^{я}}}{я_{\text{ю}}^{2}} \cdot \text{о}_{\text{Вт}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}^3]$
Действие	$\text{Дж} \cdot \text{с}$	$\text{ъ} \cdot \text{а}^4 \cdot \text{с}$	$1[\text{Дж} \cdot \text{с}] = \sqrt{2^{3я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{Дж·с}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^4 \cdot \text{с}]$

Электрическая постоянная	Ф/м	$\frac{а^2}{а^2}$	$1[Ф/м] = о_{Ф/м}\left[\frac{а^2}{а^2}\right]$
Магнитная постоянная	Гн/м	$с^{-2}$	$1[Гн/м] = о_{Гн/м}[с^{-2}]$
Электрический ток	А	$\sqrt{ъ} \cdot а \cdot с^2$	$1[А] = \frac{\sqrt[4]{2^{я}}}{я_{ю}} \cdot о_А\left[\sqrt{ъ} \cdot а \cdot с^2\right]$
Электрический заряд	Кл	$\sqrt{ъ} \cdot а^2 \cdot с$	$1[Кл] = \sqrt[4]{2^{3я}} \cdot я_{ю} \cdot о_{Кл}\left[\sqrt{ъ} \cdot а^2 \cdot с\right]$
Электрический потенциал	В	$\sqrt{ъ} \cdot а \cdot с$	$1[В] = \frac{\sqrt[4]{2^{я}}}{я_{ю}} \cdot о_В\left[\sqrt{ъ} \cdot а \cdot с\right]$
Электрическая ёмкость	Ф	а	$1[Ф] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{ю}^2 \cdot о_Ф\ [а]$
Электрическое сопротивление	Ом	$с^{-1}$	$1[Ом] = о_{Ом}\ [с^{-1}]$
Электрическая проводимость	См	с	$1[См] = о_{См}\ [с]$
Магнитный поток	Вб	$\sqrt{ъ} \cdot а^2$	$1[Вб] = \sqrt[4]{2^{3я}} \cdot я_{ю} \cdot о_{Вб}\left[\sqrt{ъ} \cdot а^2\right]$
Плотность магнитного потока	Т	$\sqrt{ъ}$	$1[Т] = \frac{о_Т}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot я_{ю}^3}\ \left[\sqrt{ъ}\right]$
Индуктивность	Гн	$а/с^2$	$1[Г] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{ю}^2 \cdot о_{Гн}\ [а/с^2]$
Напряженность электрического поля	В/м	$\sqrt{ъ} \cdot с$	$1[В/м] = \frac{о_{В/м}}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot я_{ю}^3}\ \left[\sqrt{ъ} \cdot с\right]$
Магнитный момент	Дж/Т	$\sqrt{ъ} \cdot а^3 \cdot с^2$	$1[Дж/Т] = \sqrt[4]{2^{5я}} \cdot я_{ю}^3 \cdot о_{Дж/Т}\left[\sqrt{ъ} \cdot а^3 \cdot с^2\right]$
Удельный заряд	Кл/кг	$с/\sqrt{ъ} \cdot а$	$1[Кл/кг] = \frac{я_{ю}}{\sqrt[4]{2^{я}}} \cdot о_{Кл/кг}\left[с/\sqrt{ъ} \cdot а\right]$
Гравитационная постоянная	$м^3/кг \cdot с^2$	$с^2/ъ \cdot а^2$	$1[м^3/кг \cdot с^2] = \frac{я_{ю}^2}{\sqrt{2^{я}}} \cdot о_{м^3/кг \cdot с^2}\ [с^2/ъ \cdot а^2]$

Законы изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ и численные значения постоянных в этих законах представлены в таблице 4.2.

Основное достоинство системы АСЯ состоит в том, что все её единицы измерения физических величин, кроме поколения, являются временными инвариантами. В системе СИ, основанной на фиксации значений постоянной Ридберга, скорости света в вакууме и массы электрона, большая часть единиц измерения физических величин (27 из 36 рассмотренных) меняют своё значение со временем. На рис. 4.1 представлены возрастные законы изменения основных единиц измерения системы СИ в системе АСЯ.

Таблица 4.2.

Законы изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ	**Численные значения постоянных в законах изменения единиц измерения СИ в системе АСЯ**
$1[\text{рад}] = \text{о}_{\text{рад}}[\text{а}/\text{а}]$	$\text{о}_{\text{рад}} = 1$
$1[\text{ср}] = \text{о}_{\text{ср}}[\text{а}^2/\text{а}^2]$	$\text{о}_{\text{ср}} = 1$
$1[\text{моль}] = \text{о}_{\text{моль}}\left[\frac{\text{ъ}\cdot\text{а}^3}{\text{ъ}\cdot\text{а}^3}\right]$	$\text{о}_{\text{моль}} = \frac{0{,}012[\text{кг}]}{m(^{12}\text{C})} = 6{,}02214179\cdot 10^{23}$
$1[\text{м}] = \sqrt{2^{я}}\cdot я_{\text{ю}}^2\cdot \text{о}_{\text{м}}\,[\text{а}]$	$\text{о}_{\text{м}} = 1[\text{м}]/я_{\text{ю}}^2\cdot l = 9\,124\,764\,383$
$1[\text{м}/\text{с}] = \text{о}_{\text{м}/\text{с}}\,[\text{с}]$	$\text{о}_{\text{м}/\text{с}} = 1[\text{м}/\text{с}]/c = 1/299792458$
$1[\text{с}] = \sqrt{2^{я}}\cdot я_{\text{ю}}^2\cdot \text{о}_{\text{с}}\,[\text{а}/\text{с}]$	$\text{о}_{\text{с}} = \text{о}_{\text{м}}/\text{о}_{\text{м}/\text{с}} = 2{,}73553554\cdot 10^{18}$
$1[\text{м}^2] = 2^{я}\cdot я_{\text{ю}}^4\cdot \text{о}_{\text{м}^2}[\text{а}^2]$	$\text{о}_{\text{м}^2} = \text{о}_{\text{м}}^2 = 8{,}32613250\cdot 10^{19}$
$1[\text{м}^3] = \sqrt{2^{3я}}\cdot я_{\text{ю}}^6\cdot \text{о}_{\text{м}^3}\,[\text{а}^3]$	$\text{о}_{\text{м}^3} = \text{о}_{\text{м}}^3 = 7{,}59739973\cdot 10^{29}$
$1[\text{кг}] = 2^{я}\cdot \text{о}_{\text{кг}}\,[\text{ъ}\cdot a^3]$	$\text{о}_{\text{кг}} = \ddot{\text{е}}[\text{кг}]/m_{\text{e}} = 2{,}60571375\cdot 10^{30}$
$1\text{ a. e. m.} = 2^{я}\cdot \text{о}_{\text{a.e.m.}}\,[\text{ъ}\cdot\text{а}^3]$	$\text{о}_{\text{a.e.m.}} = \text{о}_{\text{кг}}\cdot m(^{12}\text{C})/12 = 4{,}32688874\cdot 10^3$
$1[\text{кг}/\text{м}^3] = \frac{\text{о}_{\text{кг}/\text{м}^3}}{\sqrt{2^{я}}\cdot я_{\text{ю}}^6}\,[\text{ъ}]$	$\text{о}_{\text{кг}/\text{м}^3} = \text{о}_{\text{кг}}/\text{о}_{\text{м}^3} = 3{,}429744177$

$1[\text{Гц}] = \frac{\text{о}_{\text{Гц}}}{\sqrt{2^{я}}я_{\text{ю}}^{2}}\ [\text{с/а}]$	$\text{о}_{\text{Гц}} = \text{о}_{\text{м/с}}/\text{о}_{\text{м}} = 3{,}65559132 \cdot 10^{-19}$
$1[\text{м/с}^2] = \frac{\text{о}_{\text{м/с}^2}}{\sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2}}\ [\text{с}^2/\text{а}]$	$\text{о}_{\text{м/с}^2} = \text{о}_{\text{м/с}}^{2}/\text{о}_{\text{м}} = 1{,}21937401 \cdot 10^{-27}$
$1[\text{кг} \cdot \text{м/с}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{кг·м/с}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}]$	$\text{о}_{\text{кг·м/с}} = \text{о}_{\text{кг}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}} = 8{,}69172549 \cdot 10^{21}$
$1[\text{Н}] = \frac{\sqrt{2^{я}}}{я_{\text{ю}}^{2}} \cdot \text{о}_{\text{Н}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}^2]$	$\text{о}_{\text{Н}} = \text{о}_{\text{кг}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}}^{2}/\text{о}_{\text{м}} = 3{,}17733963 \cdot 10^{3}$
$1[\text{Па}] = \frac{\text{о}_{\text{Па}}}{\sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{6}}\ [\text{ъ} \cdot \text{с}^2]$	$\text{о}_{\text{Па}} = \text{о}_{\text{кг}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}}^{2}/\text{о}_{\text{м}^3} = 3{,}81610505 \cdot 10^{-17}$
$1[\text{Дж}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{Дж}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2]$	$\text{о}_{\text{Дж}} = \text{о}_{\text{кг}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}}^{2} = 2{,}89924755 \cdot 10^{13}$
$1[\text{К}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{К}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2]$	$\text{о}_{\text{К}} = k \cdot \text{о}_{\text{Дж}} = 4{,}00284729 \cdot 10^{-10}$
$1[\text{Вт}] = \frac{\sqrt{2^{я}}}{я_{\text{ю}}^{2}} \cdot \text{о}_{\text{Вт}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}^3]$	$\text{о}_{\text{Вт}} = \text{о}_{\text{кг}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}}^{3}/\text{о}_{\text{м}} = 1{,}05984642 \cdot 10^{-5}$
$1[\text{Дж} \cdot \text{с}] = \sqrt{2^{3я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{Дж·с}}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^4 \cdot \text{с}]$	$\text{о}_{\text{Дж·с}} = \text{о}_{\text{кг}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}} \cdot \text{о}_{\text{м}} = 7{,}93099472 \cdot 10^{31}$
$1[\text{Ф/м}] = \text{о}_{\text{Ф/м}} \left[\frac{\text{а}^2}{\text{а}^2}\right]$	$\text{о}_{\text{Ф/м}} = \frac{1[\text{Ф/м}]}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} = \frac{1}{10^7 \cdot \text{о}_{\text{м/с}}^{2}} \approx 8{,}98755179 \cdot 10^{9}$
$1[\text{Гн/м}] = \text{о}_{\text{Гн/м}}[\text{с}^{-2}]$	$\text{о}_{\text{Гн/м}} = \frac{1}{\text{о}_{\text{Ф/м}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}}^{2}} = 10^{7}$
$1[\text{А}] = \frac{\sqrt[4]{2^{я}}}{я_{\text{ю}}} \cdot \text{о}_{\text{А}}\ \left[\sqrt{\text{ъ}} \cdot \text{а} \cdot \text{с}^2\right]$	$\text{о}_{\text{А}} = \sqrt{\frac{\text{о}_{\text{кг}}}{\text{о}_{\text{м}} \cdot \text{о}_{\text{Гн/м}}}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}} = 1{,}78250936 \cdot 10^{-2}$
$1[\text{Кл}] = \sqrt[4]{2^{3я}} \cdot я_{\text{ю}} \cdot \text{о}_{\text{Кл}}\ \left[\sqrt{\text{ъ}} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}\right]$	$\text{о}_{\text{Кл}} = \sqrt{\text{о}_{\text{кг}} \cdot \text{о}_{\text{Ф/м}} \cdot \text{о}_{\text{м}}} \cdot \text{о}_{\text{м/с}} = 4{,}87611772 \cdot 10^{16}$
$1[\text{В}] = \frac{\sqrt[4]{2^{я}}}{я_{\text{ю}}} \cdot \text{о}_{\text{В}}\ \left[\sqrt{\text{ъ}} \cdot \text{а} \cdot \text{с}\right]$	$\text{о}_{\text{В}} = \frac{\text{о}_{\text{Вт}}}{\text{о}_{\text{А}}} = 5{,}94581123 \cdot 10^{-4}$
$1[\Phi] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\Phi}\ [\text{а}]$	$\text{о}_{\Phi} = \text{о}_{\text{м}} \cdot \text{о}_{\text{Ф/м}} = 1{,}03055916 \cdot 10^{21}$
$1[\text{Ом}] = \text{о}_{\text{Ом}}\ [\text{с}^{-1}]$	$\text{о}_{\text{Ом}} = \frac{\text{о}_{\text{В}}}{\text{о}_{\text{А}}} = 10^{7} \cdot \text{о}_{\text{м/с}} = 3{,}33564095 \cdot 10^{-2}$
$1[\text{См}] = \text{о}_{\text{См}}\ [\text{с}]$	$\text{о}_{\text{См}} = \frac{\text{о}_{\text{А}}}{\text{о}_{\text{В}}} = \frac{1}{10^7 \cdot \text{о}_{\text{м/с}}} = 2{,}99792458 \cdot 10^{1}$

$1[\text{Вб}] = \sqrt[4]{2^{3я}} \cdot я_{\text{ю}} \cdot о_{\text{Вб}} \left[\sqrt{ъ} \cdot \text{а}^2\right]$	$о_{\text{Вб}} = о_{\text{В}} \cdot о_{\text{с}} = 1{,}62649780 \cdot 10^{15}$
$1[\text{Т}] = \frac{о_{\text{Т}}}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^3} \left[\sqrt{ъ}\right]$	$о_{\text{Т}} = \frac{о_{\text{Вб}}}{о_{\text{м}}^2} = 1{,}95348536 \cdot 10^{-5}$
$1[\text{Гн}] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^2 \cdot о_{\text{Г}} \left[\text{а}/\text{с}^2\right]$	$о_{\text{Гн}} = \frac{о_{\text{Вб}}}{о_{\text{А}}} = 9{,}12476438 \cdot 10^{16}$
$1[\text{В}/\text{м}] = \frac{о_{\text{В/м}}}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^3} \left[\sqrt{ъ} \cdot \text{с}\right]$	$о_{\text{В/м}} = \frac{о_{\text{В}}}{о_{\text{м}}} = 6{,}51612577 \cdot 10^{-14}$
$1[\text{Дж}/\text{Т}] = \sqrt[4]{2^{5я}} \cdot я_{\text{ю}}^3 \cdot о_{\text{Дж/Т}} \left[\sqrt{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2\right]$	$о_{\text{Дж/Т}} = \frac{о_{\text{Дж}}}{о_{\text{Т}}} = 1{,}48414092 \cdot 10^{18}$
$1[\text{Кл}/\text{кг}] = \frac{я_{\text{ю}}}{\sqrt[4]{2^{я}}} \cdot о_{\text{Кл/кг}} \left[\text{с}/\sqrt{ъ} \cdot \text{а}\right]$	$о_{\text{Кл/кг}} = \frac{о_{\text{Кл}}}{о_{\text{кг}}} = 1{,}87131749 \cdot 10^{-14}$
$1[\text{м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2] = \frac{я_{\text{ю}}^2}{\sqrt{2^{я}}} \cdot о_{\text{м}^3/\text{кг}\cdot\text{с}^2} [\text{с}^2/ъ \cdot \text{а}^2]$	$о_{\text{м}^3/\text{кг}\cdot\text{с}^2} = \frac{1}{о_{\text{кг}/\text{м}^3} \cdot о_{\text{с}}^2} = 3{,}89631041 \cdot 10^{-38}$

За период с момента образования первых электрона и протона ($я = я_* \approx 10{,}843$♥) по настоящее время ($я \approx 276{,}957$♥) значения метра и секунды выросли более чем в $1{,}34 \cdot 10^{43}$ раз, а значение килограмма возросло более чем в $1{,}28 \cdot 10^{80}$ раз.

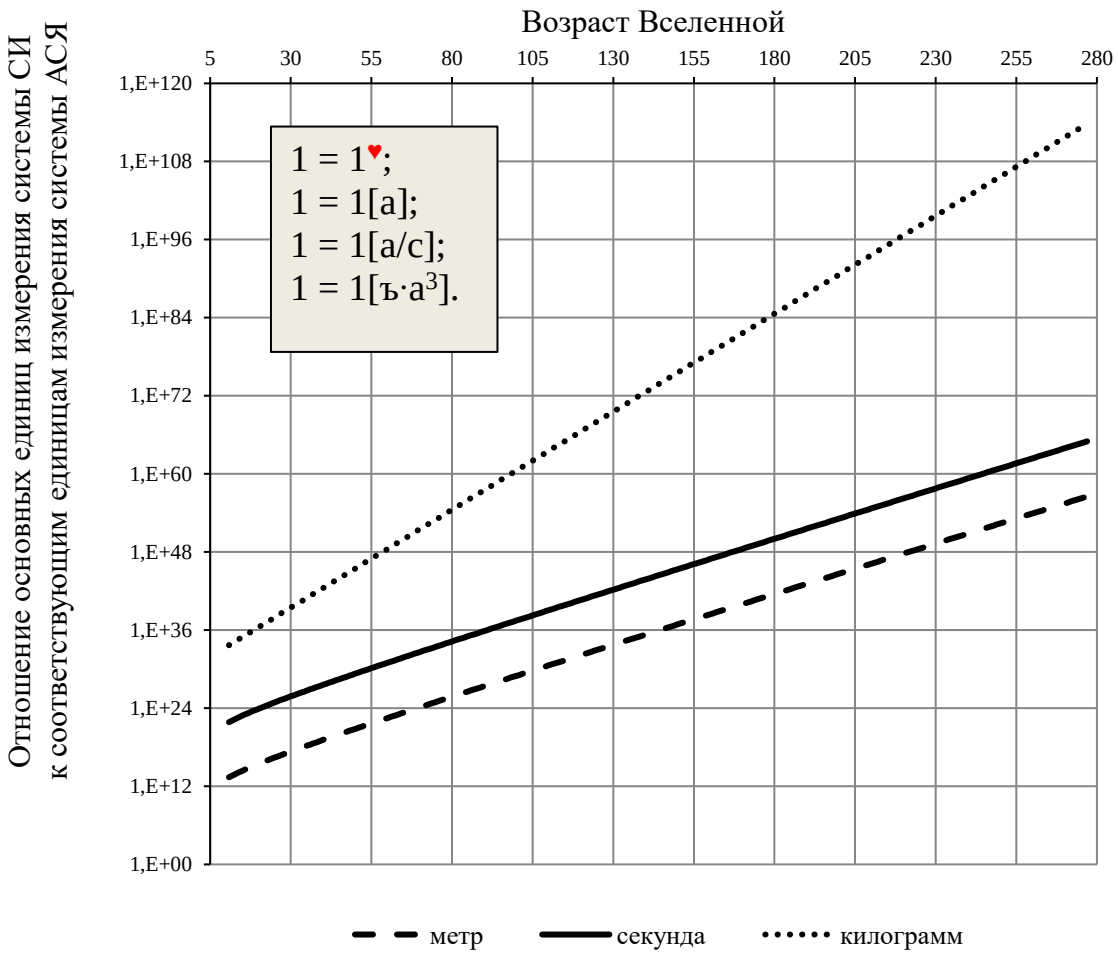
На рисунке 4.2 представлены возрастные законы изменения единиц измерения системы СИ, а именно: Кулона, Джоуля, Паскаля и Вольта, в системе АСЯ. Отметим, что за рассмотренный период значение Кулона возросло более чем в $4{,}15 \cdot 10^{61}$ раз, рост Джоуля совпал с ростом килограмма, значение Паскаля уменьшилось примерно в $1{,}89 \cdot 10^{49}$ раз, а значение Вольта выросло в $3{,}09 \cdot 10^{18}$ раз.

Из двадцати семи, рассмотренных и меняющих своё значение единиц измерения системы СИ, девятнадцать единиц измерения увеличивают своё значение со временем, а восемь – уменьшают. Наибольший рост значения за рассмотренный период показала единица измерения объёма. Метр кубический вырос более чем в $2{,}4 \cdot 10^{129}$ раз. Лидерство в уменьшении значения единицы измерения с Паскалем разделила единица измерения плотности.

Восемь из рассмотренных единиц измерения системы СИ являются временными инвариантами. К их числу относятся четыре, по существу,

безразмерных единиц измерения: единица плоского угла – радиан; единица телесного угла – стерадиан; единица количества вещества – моль и единица электрической постоянной – Фарада на метр. К четырём оставшимся единицам измерения относятся: единица скорости – метр в секунду; единица электрического сопротивления – Ом; единица электрической проводимости – Сименс и единица магнитной постоянной – Генри на метр.

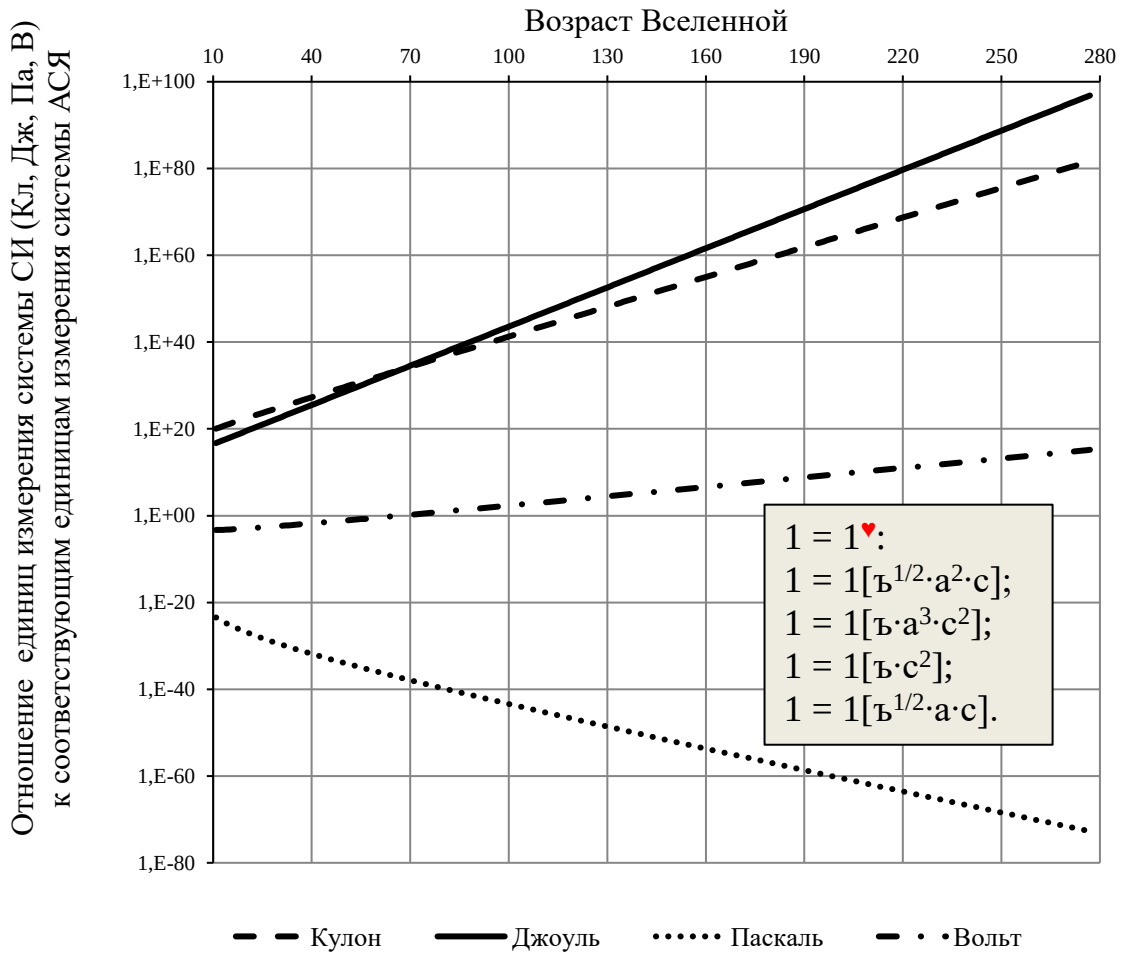
Рис. 4.1. Возрастные законы изменения основных единиц измерения системы СИ в системе АСЯ



Несмотря на невероятно большие относительные изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ за рассматриваемый период, текущие относительные изменения единиц измерения являются незначительными. Так, например, в системе АСЯ относительные увеличения значений метра

и секунды за период равный четырём годам составляют примерно $2{,}965 \cdot 10^{-10}$, а относительный рост килограмма за тот же период не превышает $5{,}81 \cdot 10^{-10}$. В подавляющем большинстве случаев при проведении исследований относительные изменения единиц измерения системы СИ $\left(\frac{\delta[\text{с}]}{[\text{с}]\cdot dt} = \frac{\delta[\text{м}]}{[\text{м}]\cdot dt} \approx 9{,}4 \cdot 10^{-18}\left[\frac{1}{\text{с}}\right]; \frac{\delta[\text{кг}]}{[\text{кг}]\cdot dt} \approx 1{,}8 \cdot 10^{-17}\left[\frac{1}{\text{с}}\right]\right)$ существенно меньше достигнутой точности измерений. Это объясняет, почему относительные изменения единиц измерения не могут быть выявлены в ходе этих исследований. В подразделе 7.2 мы оценим влияние изменения единицы измерения времени системы СИ в системе АСЯ на величину изменения продолжительности земных суток за период равный одному году.

Рис. 4.2. Возрастные законы изменения единиц системы СИ (Кулона, Джоуля, Паскаля и Вольта) в системе АСЯ



В данной работе при проведении исследований мы будем использовать систему АСЯ. Для представления результатов исследований в привычных единицах измерения в систему АСЯ включены фиксированные значения единиц измерения системы СИ, которые соответствуют рекомендованным значениям фундаментальных физических постоянных CODATA 2006 [26]. Так, например, фиксированные значения основных единиц измерения системы СИ в системе АСЯ равны:

$$1\ [\text{м}] = 3{,}32806551 \cdot 10^{56}\ [\text{а}]. \tag{4.9}$$

$$1\ [\text{с}] = 9{,}97728939 \cdot 10^{64}\ \left[\frac{\text{а}}{\text{с}}\right]. \tag{4.10}$$

$$1\ [\text{кг}] = 6{,}14339510 \cdot 10^{113}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3]. \tag{4.11}$$

Важно отметить, что при представлении результатов исследований во втором и третьем разделах мы уже использовали систему АСЯ с фиксированными значениями единиц измерения системы СИ. Так, например, время существования Вселенной, измеренное в секундах системы СИ, было бы не меньше семи миллиардов лет, как это указано во втором разделе при использовании фиксированной секунды, а перевалило бы за десять миллиардов лет и отличалось бы от указанного значения более чем в полтора раза.

Теперь, когда мы имеем систему АСЯ, основанную на характеристиках йона и луча, инвариантных во времени, и знаем законы изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ, самое время приступить к поиску текущих проявлений икраткого взаимодействия в окружающем нас мире. А начнём мы этот поиск с исследования возможных изменений под действием икраткого взаимодействия фундаментальных физических постоянных, определение значений которых, как известно, производится с наибольшей тщательностью и наивысшей точностью. Именно этому вопросу будет посвящён следующий раздел работы.

5. Фундаментальные физические постоянные и законы их изменения

Проявления икраткого взаимодействия в окружающем мире, в том числе и его влияние на фундаментальные физические постоянные, имеют два аспекта. Во-первых, именно икраткое взаимодействие выступает гарантом того, что все электроны (протоны, заряды, лучи, юоны и йоны) во Вселенной в один и тот же момент времени одинаковы в основных своих свойствах и проявлениях. Это, по существу, означает, что законы Природы, а, следовательно, и фундаментальные физические постоянные их определяющие, одни и те же во всех уголках Вселенной в один и тот же момент времени. Во-вторых, именно икраткое взаимодействие выступает гарантом того, что все йоны, юоны, лучи, заряды, электроны, протоны и Вселенная в целом меняют свои основные свойства и проявления со временем. Это, по существу, означает, что законы Природы, а, следовательно, и фундаментальные физические постоянные их определяющие, меняются во времени.

В данном разделе мы рассмотрим второй аспект проявления икраткого взаимодействия, а именно, определим законы изменения фундаментальных физических постоянных во времени. Основываясь на гипотезах и постулатах, представленных во втором разделе, и используя результаты исследований, полученные в третьем и четвёртом разделах, были проведены исследования по определению возрастных законов изменения фундаментальных физических постоянных в системе АСЯ. Результаты исследований представлены в таблице 5.1. Возрастные законы изменения гравитационной постоянной, постоянной Планка, постоянной Ридберга и абсолютного значения заряда электрона в системе АСЯ представлены на рисунке 5.1.

За период с момента образования первых электрона и протона ($я = я_* \approx 10{,}843$♥) по настоящее время ($я \approx 276{,}957$♥) в системе АСЯ значение гравитационной постоянной уменьшилось более чем в $1{,}28 \cdot 10^{80}$ раз, значение постоянной Планка возросло более чем в $1{,}45 \cdot 10^{120}$ раз, значение

постоянной Ридберга уменьшилось более чем $1{,}34 \cdot 10^{43}$ раз, а абсолютное значение заряда электрона возросло более чем $1{,}05 \cdot 10^{59}$ раз.

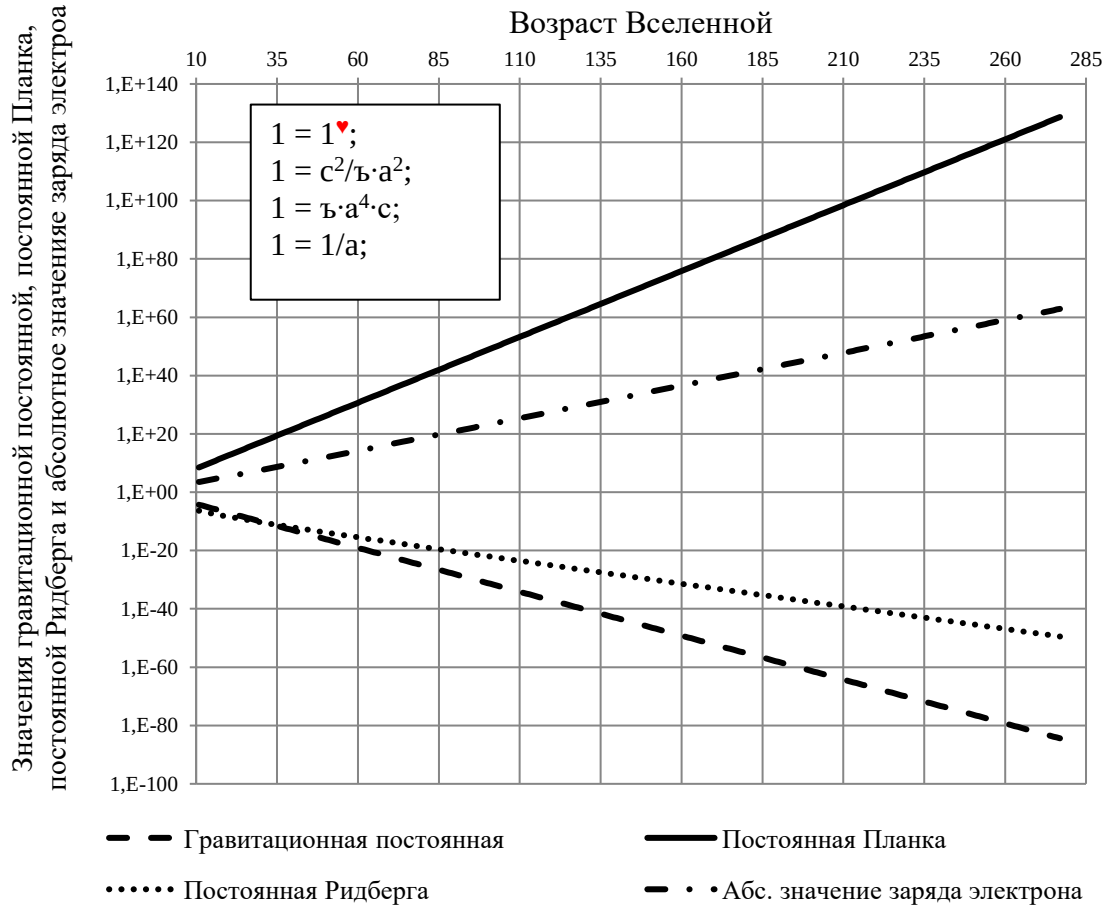
Таблица 5.1.

Фундаментальная физическая постоянная	Закон изменения фундаментальной физической постоянной в системе АСЯ
Масса электрона	$m_\text{e} = 2^{я} \cdot \text{ё}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^3]$
Отношение масс протона и электрона	$\bar{m}_\text{p} = \dfrac{m_\text{p}}{m_\text{e}} = \dfrac{2^{2 \cdot я_*} - 2^{я_*}}{2^{я_*}} = 2^{я_*} - 1 = \text{const}, \qquad я_* \approx 10{,}843256$
Гравитационная постоянная	$G = \dfrac{\text{л}}{2^{я+1} \cdot \text{ё}^2} \left[\dfrac{\text{с}^2}{\text{ъ} \cdot \text{а}^2}\right], \qquad \text{л} \approx 1{,}06878273$
Постоянная Планка	$h = \sqrt{2^{3я}} \cdot \pi \cdot (1 + \bar{m}_\text{p}) \dfrac{\text{ю}}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}\ [\text{ъ} \cdot \text{а}^4 \cdot \text{с}]$
Постоянная тонкой структуры	$alfa = \dfrac{2}{я_\text{ю}}$
Постоянная Ридберга	$R_\infty = \dfrac{alfa^2 \cdot m_\text{e} \cdot c}{2 \cdot h} = \dfrac{4 \cdot \text{ё} \cdot (\text{ю} - 1)}{\sqrt{2^{я}} \cdot \pi \cdot (1 + \bar{m}_\text{p}) \cdot \text{ю} \cdot я_\text{ю}^2} \left[\dfrac{1}{\text{а}}\right]$
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0 = \dfrac{1}{4 \cdot \pi} \left[\dfrac{\text{а}^2}{\text{а}^2}\right]$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4 \cdot \pi \left[\dfrac{1}{\text{с}^2}\right]$
Заряд электрона	$q_\text{e} = -\sqrt{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot h \cdot c \cdot alfa} = -\sqrt[4]{2^{3я}} \cdot \sqrt{\dfrac{(1 + \bar{m}_\text{p}) \cdot \text{ю}}{2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot я_\text{ю}}} [\sqrt{\text{ъ}} \cdot \text{а}^2 \cdot \text{с}]$
Удельный заряд электрона	$q_\text{me} = \dfrac{q_\text{e}}{m_\text{e}} = -\dfrac{1}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot \text{ё}} \cdot \sqrt{\dfrac{(1 + \bar{m}_\text{p}) \cdot \text{ю}}{2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot я_\text{ю}}} \left[\dfrac{\text{с}}{\sqrt{\text{ъ}} \cdot \text{а}}\right]$
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_\text{Ce} = \dfrac{h}{m_\text{e} \cdot c} = \sqrt{2^{я}} \cdot \pi \cdot \dfrac{\text{ю} \cdot (1 + \bar{m}_\text{p})}{2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \text{ё}}\ [\text{а}]$
Комптоновская длина волны протона	$\lambda_\text{Cp} = \dfrac{h}{m_\text{p} \cdot c} = \sqrt{2^{я}} \cdot \pi \cdot \dfrac{\text{ю} \cdot (1 + \bar{m}_\text{p})}{2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \text{ё} \cdot \bar{m}_\text{p}}\ [\text{а}]$
Классический радиус электрона	$r_\text{e} = \dfrac{alfa^3}{4 \cdot \pi \cdot R_\infty} = \sqrt{2^{я}} \cdot \dfrac{\text{ю} \cdot (1 + \bar{m}_\text{p})}{2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \text{ё} \cdot я_\text{ю}}\ [\text{а}]$

Радиус Бора	$r_{\text{Н}} = \frac{alfa}{4 \cdot \pi \cdot R_{\infty}} = \sqrt{2^{я}} \cdot \frac{ю \cdot (1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot я_{ю}}{8 \cdot (ю - 1) \cdot ё}$ [а]
Планковская масса	$m_{Pl} = \sqrt{\frac{h \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot G}} = \sqrt[4]{2^{5я}} \cdot ё \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot ю}{2 \cdot (ю - 1) \cdot л}}$ [ъ $\cdot$ а^3]
Планковская длина	$l_{Pl} = \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot m_{\text{Pl}} \cdot c} = \frac{\sqrt[4]{2^{я}}}{2ё} \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot ю \cdot л}{2 \cdot (ю - 1)}}$ [а]
Планковское время	$t_{\text{Pl}} = \frac{l_{\text{Pl}}}{c} = \frac{\sqrt[4]{2^{я}}}{2 \cdot ё} \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot ю \cdot л}{2 \cdot (ю - 1)}} \left[\frac{\text{а}}{\text{с}}\right]$
Постоянная фон Клитцинга	$R_{\text{К}} = \frac{h}{q_{\text{e}}^2} = \pi \cdot я_{ю} \left[\frac{1}{\text{с}}\right]$
Постоянная Джозефсона	$K_{\text{Ј}} = \frac{2 \cdot q_{\text{e}}}{h} = \frac{2}{\pi \cdot \sqrt[4]{2^{3я}}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (ю - 1)}{(1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot ю \cdot я_{ю}}} \left[\frac{1}{\sqrt{ъ} \cdot \text{а}^2}\right]$
Магнетон Бора	$\mu_{\text{В}} = \frac{q_{\text{e}} \cdot h}{4 \cdot \pi \cdot m_{\text{e}}} = \frac{\sqrt[4]{2^{5я}}}{8 \cdot ё} \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}})^3 \cdot ю^3}{2 \cdot я_{ю} \cdot (ю - 1)^3}} \left[\sqrt{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2\right]$
Ядерный магнетон	$\mu_{\text{N}} = \frac{q_{\text{e}} \cdot h}{4 \cdot \pi \cdot m_{\text{р}}} = \frac{\sqrt[4]{2^{5я}}}{8 \cdot ё \cdot \overline{m}_{\text{р}}} \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}})^3 \cdot ю^3}{2 \cdot я_{ю} \cdot (ю - 1)^3}} \left[\sqrt{ъ} \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2\right]$
Ридберговская энергия	$E_{\text{R}} = h \cdot c \cdot R_{\infty} = \frac{2^{я+1} \cdot ё}{я_{ю}^2} [ъ \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2]$
Электрон-вольт	$1[\text{эВ}] = 2^{я} \cdot о_{\text{В}} \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot ю}{2 \cdot я_{ю}^3 \cdot (ю - 1)}} [ъ \cdot \text{а}^3 \cdot \text{с}^2]$
Квант циркуляции	$Ц_0 = \frac{h}{2 \cdot m_{\text{e}}} = \sqrt{2^{я}} \cdot \pi \cdot \frac{ю \cdot (1 + \overline{m}_{\text{р}})}{4 \cdot (ю - 1) \cdot ё}$ [а $\cdot$ с]
Квант магнитного потока	$Ф_0 = \frac{h}{2 \cdot \lvert q_{\text{e}} \rvert} = \pi \cdot \sqrt[4]{2^{3я}} \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot ю \cdot я_{ю}}{8 \cdot (ю - 1)}} \left[\sqrt{ъ} \cdot \text{а}^2\right]$
Постоянная зеемановского расщепления	$З = \frac{\lvert q_{\text{e}} \rvert}{4 \cdot \pi \cdot m_{\text{e}} \cdot c} = \frac{1}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot \pi \cdot ё} \cdot \sqrt{\frac{(1 + \overline{m}_{\text{р}}) \cdot ю}{32 \cdot (ю - 1) \cdot я_{ю}}} \left[\frac{1}{\sqrt{ъ} \cdot \text{а}}\right]$
Постоянная Авогадро	$N_{\text{А}} = о_{\text{моль}} \left[\frac{1}{\text{моль}}\right]$

Постоянная Фарадея	$F = \lvert q_e \rvert \cdot N_A = \sqrt[4]{2^{3я}} \cdot о_{моль} \cdot \sqrt{\frac{(1+\bar{m}_p)\cdot ю}{2\cdot(ю-1)\cdot я_ю}} \left[\frac{\sqrt{ъ}\cdot а^2\cdot с}{моль}\right]$
Молярная постоянная Планка	$h_{N_A} = h \cdot N_A = \sqrt{2^{3я}}\cdot\pi\cdot(1+\bar{m}_p)\frac{ю\cdot о_{моль}}{2\cdot(ю-1)} \left[\frac{ъ\cdot а^4\cdot с}{моль}\right]$
Постоянная Больцмана	$k = \frac{о_К}{о_{Дж}} \left[\frac{ъ\cdot а^3\cdot с^2}{ъ\cdot а^3\cdot с^2}\right]$
Универсальная газовая постоянная	$R = k\cdot N_A = \frac{о_{моль}\cdot о_К}{о_{Дж}} \left[\frac{ъ\cdot а^3\cdot с^2}{ъ\cdot а^3\cdot с^2\cdot моль}\right]$
Постоянная Стефана – Больцмана	$\sigma = \frac{2\cdot\pi^5\cdot k^4}{15\cdot h^3\cdot c^2} = \frac{16\cdot\pi^2\cdot k^4\cdot(ю-1)^3}{15\cdot\sqrt{2^{9я}}\cdot(1+\bar{m}_p)^3\cdot ю^3} \left[\frac{1}{ъ^3\cdot а^{12}\cdot с^5}\right]$

Рис. 5.1. Возрастные законы изменения гравитационной постоянной, постоянной Планка, постоянной Ридберга и абсолютного значения заряда электрона в системе АСЯ



В системе АСЯ большая часть фундаментальных физических постоянных (26 из 32 рассмотренных) меняют своё значение во времени. Девятнадцать

фундаментальных физических постоянных возрастают во времени, а семь – уменьшаются. Лидером роста, наряду с постоянной Планка, является молярная постоянная Планка. Наибольшее уменьшение значения за рассмотренный период (более чем в $3 \cdot 10^{360}$ раз) показала постоянная Стефана – Больцмана.

Возрастные законы изменения фундаментальных физических постоянных в системе СИ, определённые исходя из возрастных законов их изменения в системе АСЯ (таблица 5.1) и возрастных законов изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ (таблица 4.2), представлены в таблице 5.2.

В третьем столбце таблицы 5.2 представлены численные значения постоянных, входящих в возрастные законы изменения фундаментальных физических постоянных в системе СИ.

Таблица 5.2.

Фундаментальная физическая величина	Закон изменения в системе СИ	Численные значения постоянных величин
Гравитационная постоянная	$G = \frac{\mathrm{G_ъ}}{\sqrt{2^{я}} \cdot я_{ю}^2}[\mathrm{м^3/кг \cdot с^2}]$	$\mathrm{G_ъ} = 2{,}43430297 \cdot 10^{36}[\mathrm{м^3/кг \cdot с^2}]$
Постоянная Планка	$h = \frac{\mathrm{h_ъ}}{я_{ю}^2}$ [Дж · с]	$\mathrm{h_ъ} = 4{,}97720223 \cdot 10^{-29}$[Дж · с]
Постоянная тонкой структуры	$alfa = \frac{\mathrm{alfa_ъ}}{я_{ю}}$	$\mathrm{alfa_ъ} = 2$
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_{\mathrm{Ce}} = \frac{\lambda_{\mathrm{Ceъ}}}{я_{ю}^2}$ [м]	$\lambda_{\mathrm{Ceъ}} = 1{,}82253410 \cdot 10^{-7}$ [м]
Комптоновская длина волны протона	$\lambda_{\mathrm{Cp}} = \frac{\lambda_{\mathrm{Cpъ}}}{я_{ю}^2}$ [м]	$\lambda_{\mathrm{Cpъ}} = 9{,}92583094 \cdot 10^{-11}$ [м]
Классический радиус электрона	$r_{\mathrm{e}} = \frac{\mathrm{r_{eъ}}}{я_{ю}^3}$ [м]	$\mathrm{r_{eъ}} = 5{,}80130622 \cdot 10^{-8}$ [м]
Радиус Бора	$r_{\mathrm{H}} = \frac{\mathrm{r_{Hъ}}}{я_{ю}}$ [м]	$\mathrm{r_{Hъ}} = 1{,}45032655 \cdot 10^{-8}$ [м]

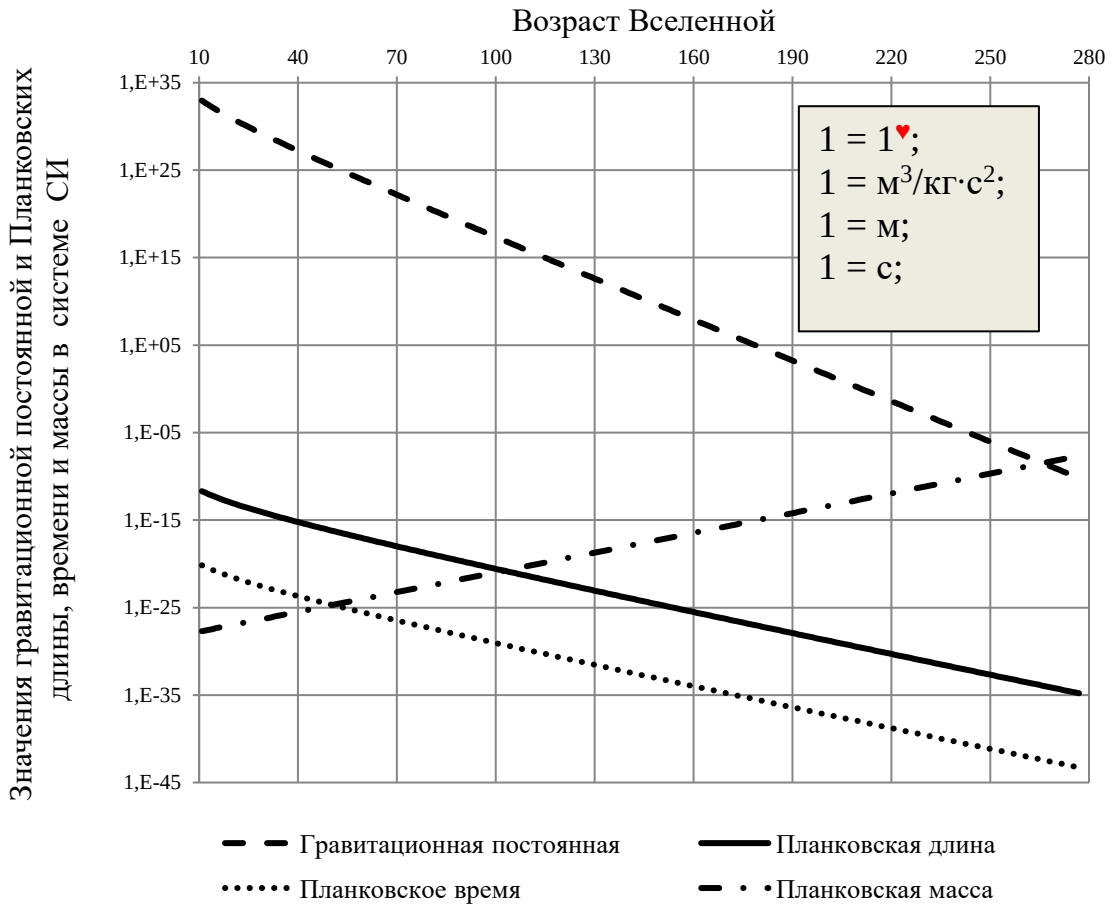
Планковская длина	$l_{\text{Pl}} = \frac{\text{l}_{\text{Pl}\text{ъ}}}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2}}$ [м]	$\text{l}_{\text{Pl}\text{ъ}} = 8{,}45977806 \cdot 10^{-10}$[м]
Планковское время	$t_{\text{Pl}} = \frac{\text{t}_{\text{Pl}\text{ъ}}}{\sqrt[4]{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2}}$ [с]	$\text{t}_{\text{Pl}\text{ъ}} = 2{,}82187822 \cdot 10^{-18}$[с]
Планковская масса	$m_{\text{Pl}} = \sqrt[4]{2^{я}} \cdot \text{m}_{\text{Pl}\text{ъ}}$ [кг]	$\text{m}_{\text{Pl}\text{ъ}} = 3{,}12338663 \cdot 10^{-29}$[кг]
Масса электрона	$m_{\text{e}} = \text{m}_{\text{e}\text{ъ}}$ [кг]	$\text{m}_{\text{e}\text{ъ}} = 9{,}10938215 \cdot 10^{-31}$[кг]
Заряд электрона	$q_{e} = \frac{\text{q}_{e\text{ъ}}}{\sqrt{я_{\text{ю}}^{3}}}$ [Кл]	$\text{q}_{e\text{ъ}} = -7{,}26954712 \cdot 10^{-16}$[Кл]
Удельный заряд электрона	$q_{me} = \frac{\text{q}_{\text{me}\text{ъ}}}{\sqrt{я_{\text{ю}}^{3}}} \left[\frac{\text{Кл}}{\text{кг}}\right]$	$\text{q}_{\text{me}\text{ъ}} = -7{,}98028560 \cdot 10^{14} \left[\frac{\text{Кл}}{\text{кг}}\right]$
Постоянная Ридберга	$R_{\infty} = \text{R}_{\infty\text{ъ}} \left[\frac{1}{\text{м}}\right]$	$\text{R}_{\infty\text{ъ}} = 1{,}0\ 973\ 7315 \cdot 10^{7} \left[\frac{1}{\text{м}}\right]$
Постоянная фон Клитцинга	$R_{\text{K}} = \text{R}_{\text{K}\text{ъ}} \cdot я_{\text{ю}}$ [Ом]	$\text{R}_{\text{K}\text{ъ}} = 9{,}41825784 \cdot 10^{1}$ [Ом]
Постоянная Джозефсона	$K_{\text{J}} = \text{K}_{\text{J}\text{ъ}}\sqrt{я_{\text{ю}}} \left[\frac{\text{Гц}}{\text{В}}\right]$	$\text{K}_{\text{J}\text{ъ}} = 2{,}92113793 \cdot 10^{13} \left[\frac{\text{Гц}}{\text{В}}\right]$
Магнетон Бора	$\mu_{\text{B}} = \frac{\mu_{\text{B}\text{ъ}}}{\sqrt{я_{\text{ю}}^{7}}} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Т}}\right]$	$\mu_{\text{B}\text{ъ}} = 3{,}16077701 \cdot 10^{-15} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Т}}\right]$
Ядерный магнетон	$\mu_{\text{N}} = \frac{\mu_{\text{N}\text{ъ}}}{\sqrt{я_{\text{ю}}^{7}}} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Т}}\right]$	$\mu_{\text{N}\text{ъ}} = 1{,}72141296 \cdot 10^{-18} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Т}}\right]$
Ридберговская энергия	$E_{\text{R}} = \frac{\text{E}_{\text{R}\text{ъ}}}{я_{\text{ю}}^{2}}$ [Дж]	$\text{E}_{\text{R}\text{ъ}} = 1{,}63742088 \cdot 10^{-13}$ [Дж]
Электрон-вольт	$1[\text{эВ}] = \frac{1\text{эВ}_{\text{ъ}}}{\sqrt{я_{\text{ю}}^{3}}}$ [Дж]	$1\text{эВ}_{\text{ъ}} = 7{,}26954712 \cdot 10^{-16}$ [Дж]
Ридберговская энергия	$E_{\text{R}} = \frac{\text{E}_{\text{R}\text{ъ}}}{\sqrt{я_{\text{ю}}}}$ [эВ]	$\text{E}_{\text{R}\text{ъ}} = 2{,}25243863 \cdot 10^{2}$ [эВ]
Квант циркуляции	$Ц_{0} = \frac{\text{Ц}_{0\text{ъ}}}{я_{\text{ю}}^{2}} \left[\text{Дж} \cdot \frac{\text{с}}{\text{кг}}\right]$	$\text{Ц}_{0\text{ъ}} = 2{,}73190989 \cdot 10^{1} \left[\text{Дж} \cdot \frac{\text{с}}{\text{кг}}\right]$

Квант магнитного потока	$Ф_0 = \frac{\Phi_{0ъ}}{\sqrt{я_ю}} \left[\frac{В}{Гц}\right]$	$\Phi_{0ъ} = 3{,}42332346 \cdot 10^{-14} \left[\frac{В}{Гц}\right]$
Постоянная зеемановского расщепления	$З = \frac{З_ъ}{\sqrt{я_ю^3}} \left[\frac{1}{Т \cdot м}\right]$	$З_ъ = 2{,}11830196 \cdot 10^{5} \left[\frac{1}{Т \cdot м}\right]$
Постоянная Авогадро	$N_А = N_{Аъ} \left[\frac{1}{моль}\right]$	$N_{Аъ} = 6{,}02214179 \cdot 10^{23} \left[\frac{1}{моль}\right]$
Постоянная Фарадея	$F = \frac{F_ъ}{\sqrt{я_ю^3}} \left[\frac{Кл}{моль}\right]$	$F_ъ = 4{,}37782435 \cdot 10^{8} \left[\frac{Кл}{моль}\right]$
Молярная постоянная Планка	$h_{N_А} = \frac{h_{N_{Аъ}}}{я_ю^2} \left[\frac{Дж \cdot с}{моль}\right]$	$h_{N_{Аъ}} = 2{,}99734176 \cdot 10^{-5} \left[\frac{Дж \cdot с}{моль}\right]$
Постоянная Больцмана	$k = k_ъ \left[\frac{Дж}{К}\right]$	$k_ъ = 1{,}3806504 \cdot 10^{-23} \left[\frac{Дж}{К}\right]$
Универсальная газовая постоянная	$R = R_ъ \left[\frac{Дж}{К \cdot моль}\right]$	$R_ъ = 8{,}31447247 \left[\frac{Дж}{К \cdot моль}\right]$
Постоянная Стефана – Больцмана	$\sigma = \sigma_ъ \cdot я_ю^6 \left[\frac{Вт}{К^4 \cdot м^2}\right]$	$\sigma_ъ = 1{,}33790638 \cdot 10^{-22} \left[\frac{Вт}{К^4 \cdot м^2}\right]$

Возрастные законы изменения гравитационной постоянной, Планковской длины, Планковского времени и Планковской массы в системе СИ представлены на рисунке 5.2.

За период с момента образования первых электрона и протона ($я = я_* \approx 10{,}843$♥) по настоящее время ($я \approx 276{,}957$♥) в системе СИ значение гравитационной постоянной уменьшилось более чем в $1{,}34 \cdot 10^{43}$ раз, значения Планковской длины и Планковского времени уменьшилось более чем в $1{,}26 \cdot 10^{23}$ раз, а значение Планковской массы возросло более чем в $1{,}06 \cdot 10^{20}$ раз. Отметим, что в системе СИ из всех рассмотренных фундаментальных физических постоянных гравитационная постоянная и Планковская масса являются лидерами уменьшения и роста соответственно.

Рис. 5.2. Возрастные законы изменения гравитационной постоянной, Планковской длины, Планковского времени и Планковской массы в системе СИ



Возрастные законы изменения постоянной Планка, постоянной тонкой структуры, постоянной фон Клитцинга и постоянной Джозефсона в системе СИ представлены на рисунке 5.3.

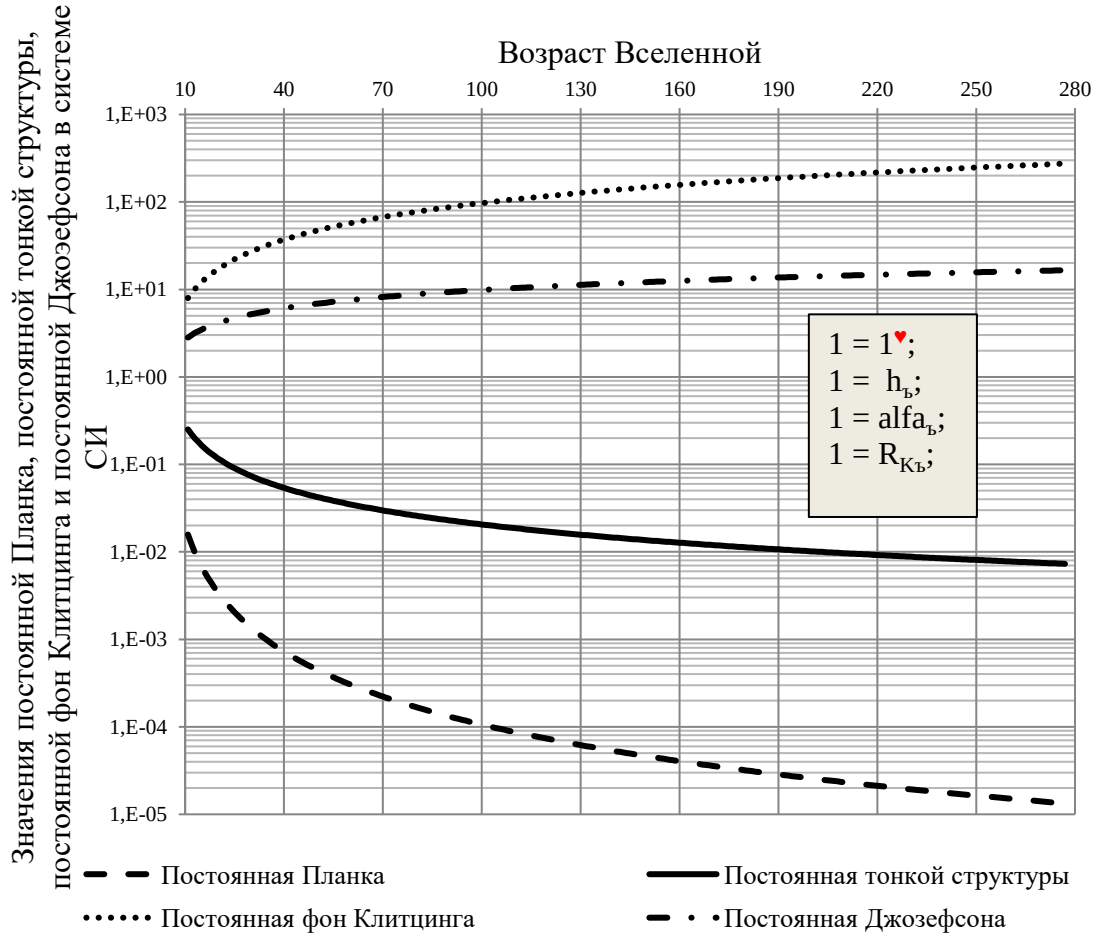
За рассмотренный период в системе СИ значение постоянной Планка уменьшилось более чем в 1186 раз, значение постоянной тонкой структуры уменьшилось более чем в 34,44 раза, напротив, значение постоянной фон Клитцинга возросло в это же число раз, а значение постоянной Джозефсона возросло менее чем в 5,87 раза.

Совместное рассмотрение возрастных законов изменения фундаментальных физических постоянных в системах АСЯ и СИ показало:

- Шесть фундаментальных физических постоянных из тридцати двух, принятых к рассмотрению, являются инвариантами как в системе АСЯ,

так и в системе СИ. К их числу относятся отношение масс протона и электрона, электрическая постоянная, магнитная постоянная, постоянная Авогадро, постоянная Больцмана и универсальная газовая постоянная. Скорость света в вакууме, лишь локально численно совпадающая с единицей скорости в системе АСЯ, но отличная от неё по физическому содержанию, умышленно не включена в перечень подлежащих рассмотрению фундаментальных физических постоянных. Скорость света требует специального рассмотрения, которое будет осуществлено нами в седьмом разделе.

Рис. 5.3. Возрастные законы изменения постоянной Планка, постоянной тонкой структуры, постоянной фон Клитцинга и постоянной Джозефсона в системе СИ



- Значения двух фундаментальных физических постоянных фиксированы в системе СИ при определении её единиц измерения. Это масса

электрона, которая в системе АСЯ возрастает, и постоянная Ридберга, которая в системе АСЯ уменьшается.

- Лишь две из двадцати шести фундаментальных физических постоянных имеют одинаковые возрастные законы изменения в системах АСЯ и СИ. Это постоянная тонкой структуры, значение которой меняется обратно пропорционально возрасту Вселенной, и постоянная фон Клитцинга, значение которой меняется прямо пропорционально возрасту Вселенной.
- Изменения двадцати двух фундаментальных физических постоянных в системе СИ за рассматриваемый период составляют лишь незначительную часть их соответствующих изменений в системе АСЯ. В возрастных законах изменения лишь четырёх фундаментальных физических постоянных в системе СИ (именно они представлены на рисунке 5.2) имеется показательная зависимость от возраста Вселенной, в то время как в системе АСЯ, показательная зависимость от возраста Вселенной присутствует в возрастных законах изменения двадцати четырёх физических постоянных. При этом диапазон изменений фундаментальных физических постоянных за рассматриваемый период в системе АСЯ составляет более четырёхсот восьмидесяти порядков, а в системе СИ менее шестидесяти четырёх.
- Восемнадцать фундаментальных физических постоянных в системах АСЯ и СИ изменяются разнонаправлено. Шестнадцать фундаментальных физических постоянных, значение которых увеличивается с возрастом Вселенной в системе АСЯ, пусть незначительно, но уменьшаются в системе СИ. При этом две фундаментальных физических постоянных уменьшают свои значения с возрастом Вселенной в системе АСЯ, но показывают незначительный рост в системе СИ. Разнонаправленное изменение фундаментальных физических постоянных в системах АСЯ и СИ свидетельствует, что их изменение

в системе АСЯ, пусть незначительно, но меньше, чем изменение соответствующих им единиц измерения системы СИ в системе АСЯ.

- Лишь шесть из двадцати четырёх фундаментальных физических постоянных изменяются с возрастом Вселенной в системах АСЯ и СИ однонаправленно. В их число входят упомянутые выше две фундаментальные физические постоянные, имеющие одинаковый возрастной закон изменения в системах АСЯ и СИ, а соответствующие им единицы измерения СИ являются константами в системе АСЯ. Однонаправленный характер изменений оставшихся четырёх фундаментальных физических постоянных, одна из которых увеличивает своё значение с возрастом Вселенной, а три уменьшают, свидетельствует, что их изменение в системе АСЯ, пусть незначительно, но больше, чем изменение соответствующих им единиц измерения системы СИ в системе АСЯ.

Рекомендованные значения фундаментальных физических постоянных в системе СИ и точность их определения обновляются каждые четыре года [26].

Исходя из возрастных законов изменения фундаментальных физических постоянных, определим относительные изменения фундаментальных физических постоянных за период равный четырём годам (с 2006 года по 2010 год), в системах АСЯ и СИ.

Результаты расчёта относительных изменений фундаментальных физических постоянных в системе АСЯ представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3.

Физическая постоянная	Относительные изменения в системе АСЯ	Изменение за 4 года в системе АСЯ
Возраст Вселенной	$\frac{\delta я}{я} = \frac{\log_2(1+\delta T/T)}{я}$	$3{,}026 \cdot 10^{-12}$
Гравитационная постоянная	$\frac{\delta G}{G} = \frac{1}{2^{\delta я}} - 1$	$-5{,}808 \cdot 10^{-10}$

Постоянная Планка	$\frac{\delta h}{h} = \sqrt{2^{3\delta я}} - 1$	$8{,}712 \cdot 10^{-10}$
Постоянная тонкой структуры	$\frac{\delta(alfa)}{alfa} = \frac{я_{ю}}{(я_{ю} + \delta я)} - 1$	$-3{,}057 \cdot 10^{-12}$
Комптоновская длина волны электрона	$\frac{\delta\lambda_{\mathrm{Ce}}}{\lambda_{\mathrm{Ce}}} = \sqrt{2^{\delta я}} - 1$	$2{,}904 \cdot 10^{-10}$
Комптоновская длина волны протона	$\frac{\delta\lambda_{\mathrm{Cp}}}{\lambda_{\mathrm{Cp}}} = \sqrt{2^{\delta я}} - 1$	$2{,}904 \cdot 10^{-10}$
Классический радиус электрона	$\frac{\delta r_{\mathrm{e}}}{r_{\mathrm{e}}} = \frac{\sqrt{2^{\delta я}} \cdot я_{ю}}{(я_{ю} + \delta я)} - 1$	$2{,}874 \cdot 10^{-10}$
Радиус Бора	$\frac{\delta r_{\mathrm{H}}}{r_{\mathrm{H}}} = \frac{\sqrt{2^{\delta я}} \cdot (я_{ю} + \delta я)}{я_{ю}} - 1$	$2{,}935 \cdot 10^{-10}$
Планковская длина	$\frac{\delta l_{\mathrm{Pl}}}{l_{\mathrm{Pl}}} = \sqrt[4]{2^{\delta я}} - 1$	$1{,}452 \cdot 10^{-10}$
Планковское время	$\frac{\delta l_{\mathrm{Pt}}}{l_{\mathrm{Pt}}} = \sqrt[4]{2^{\delta я}} - 1$	$1{,}452 \cdot 10^{-10}$
Планковская масса	$\frac{\delta m_{\mathrm{Pl}}}{m_{\mathrm{Pl}}} = \sqrt[4]{2^{5\delta я}} - 1$	$7{,}260 \cdot 10^{-10}$
Масса электрона	$\frac{\delta m_{\mathrm{e}}}{m_{\mathrm{e}}} = 2^{\delta я} - 1$	$5{,}808 \cdot 10^{-10}$
Заряд электрона	$\left\lvert\frac{\delta q_{\mathrm{e}}}{q_{\mathrm{e}}}\right\rvert = \sqrt{\frac{\sqrt{2^{3\delta я}} \cdot я_{ю}}{(я_{ю} + \delta я)}} - 1$	$4{,}341 \cdot 10^{-10}$
Удельный заряд электрона	$\left\lvert\frac{\delta q_{\mathrm{me}}}{q_{\mathrm{me}}}\right\rvert = \sqrt{\frac{я_{ю}}{\sqrt{2^{\delta я}} \cdot (я_{ю} + \delta я)}} - 1$	$-1{,}467 \cdot 10^{-10}$
Постоянная Ридберга	$\frac{\delta R_{\infty}}{R_{\infty}} = \frac{я_{ю}^{2}}{\sqrt{2^{\delta я}} \cdot (я_{ю} + \delta я)^{2}} - 1$	$-2{,}965 \cdot 10^{-10}$
Постоянная фон Клитцинга	$\frac{\delta R_{\mathrm{K}}}{R_{\mathrm{K}}} = \frac{(я_{ю} + \delta я)}{я_{ю}} - 1$	$3{,}057 \cdot 10^{-12}$
Постоянная Джозефсона	$\frac{\delta K_{\mathrm{J}}}{K_{\mathrm{J}}} = \sqrt{\frac{я_{ю}}{\sqrt{2^{3\delta я}} \cdot (я_{ю} + \delta я)}} - 1$	$-4{,}371 \cdot 10^{-10}$

Магнетон Бора	$\frac{\delta\mu_{\text{B}}}{\mu_{\text{B}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2^{5\delta я}} \cdot я_{\text{ю}}}{(я_{\text{ю}} + \delta я)}} - 1$	$7{,}245 \cdot 10^{-10}$
Ядерный магнетон	$\frac{\delta\mu_{\text{N}}}{\mu_{\text{N}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2^{5\delta я}} \cdot я_{\text{ю}}}{(я_{\text{ю}} + \delta я)}} - 1$	$7{,}245 \cdot 10^{-10}$
Ридберговская энергия	$\frac{\delta E_{\text{R}}}{E_{\text{R}}} = \frac{2^{\delta я} \cdot я_{\text{ю}}^2}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^2} - 1$	$5{,}747 \cdot 10^{-10}$
Электрон-вольт	$\frac{\delta(1[\text{эВ}])}{1[\text{эВ}]} = 2^{\delta я} \cdot \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}^3}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^3}} - 1$	$5{,}762 \cdot 10^{-10}$
Ридберговская энергия	$\frac{\delta E_{\text{R}}}{E_{\text{R}}} = \frac{2^{\delta я} \cdot я_{\text{ю}}^2}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^2} - 1$	$5{,}747 \cdot 10^{-10}$
Квант циркуляции	$\frac{\delta Ц_0}{Ц_0} = \sqrt{2^{\delta я}} - 1$	$2{,}904 \cdot 10^{-10}$
Квант магнитного потока	$\frac{\delta \Phi_0}{\Phi_0} = \sqrt{\frac{\sqrt{2^{3\delta я}} \cdot (я_{\text{ю}} + \delta я)}{я_{\text{ю}}}} - 1$	$4{,}371 \cdot 10^{-10}$
Постоянная зеемановского расщепления	$\frac{\delta З}{З} = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}}{\sqrt{2^{\delta я}} \cdot (я_{\text{ю}} + \delta я)}} - 1$	$-1{,}467 \cdot 10^{-10}$
Постоянная Фарадея	$\frac{\delta F}{F} = \sqrt{\frac{\sqrt{2^{3\delta я}} \cdot я_{\text{ю}}}{(я_{\text{ю}} + \delta я)}} - 1$	$4{,}341 \cdot 10^{-10}$
Молярная постоянная Планка	$\frac{\delta h_{N_{\text{A}}}}{h_{N_{\text{A}}}} = \sqrt{2^{3\delta я}} - 1$	$8{,}712 \cdot 10^{-10}$
Постоянная Стефана – Больцмана	$\frac{\delta\sigma}{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2^{9\delta я}}} - 1$	$-2{,}614 \cdot 10^{-9}$

Результаты расчёта относительных изменений фундаментальных физических постоянных в системе СИ и относительная погрешность их определения согласно CODATA 2006 [26] представлены в таблице 5.4.

Совместное рассмотрение относительных изменений фундаментальных физических постоянных за период равный четырём годам (с 2006 года по 2010 год) в системах АСЯ и СИ показало:

- Относительные изменения возраста Вселенной, постоянной тонкой структуры и постоянной фон Клитцинга имеют одинаковые значения в системах АСЯ и СИ, а по абсолютной величине равны между собой. При этом относительные изменения возраста Вселенной и постоянной фон Клитцинга указывают на рост их значений, а постоянной тонкой структуры на уменьшение её значений не более чем на $3{,}06 \cdot 10^{-10}$ %.

Таблица 5.4.

Физическая постоянная	Относительные изменения в системе СИ	Изменение за 4 года в СИ	Погрешность определения
Возраст Вселенной	$\frac{\delta я}{я} = \frac{\log_2(1+\delta T/T)}{я}$	$3{,}026 \cdot 10^{-12}$	$3{,}3 \cdot 10^{-9}$
Гравитационная постоянная	$\frac{\delta G}{G} = \frac{я_{ю}^2}{\sqrt{2^{\delta я}} \cdot (я_{ю}+\delta я)^2} - 1$	$-2{,}965 \cdot 10^{-10}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$
Постоянная Планка	$\frac{\delta h}{h} = \frac{я_{ю}^2}{(я_{ю}+\delta я)^2} - 1$	$-6{,}115 \cdot 10^{-12}$	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$
Постоянная тонкой структуры	$\frac{\delta(alfa)}{alfa} = \frac{я_{ю}}{(я_{ю}+\delta я)} - 1$	$-3{,}057 \cdot 10^{-12}$	$3{,}3 \cdot 10^{-9}$
Комптоновская длина волны электрона	$\frac{\delta\lambda_{Ce}}{\lambda_{Ce}} = \frac{я_{ю}^2}{(я_{ю}+\delta я)^2} - 1$	$-6{,}115 \cdot 10^{-12}$	$1{,}4 \cdot 10^{-9}$
Комптоновская длина волны протона	$\frac{\delta\lambda_{Cp}}{\lambda_{Cp}} = \frac{я_{ю}^2}{(я_{ю}+\delta я)^2} - 1$	$-6{,}115 \cdot 10^{-12}$	$1{,}4 \cdot 10^{-9}$
Классический радиус электрона	$\frac{\delta r_e}{r_e} = \frac{я_{ю}^3}{(я_{ю}+\delta я)^3} - 1$	$-9{,}172 \cdot 10^{-12}$	$2{,}1 \cdot 10^{-9}$
Радиус Бора	$\frac{\delta r_H}{r_H} = \frac{я_{ю}}{(я_{ю}+\delta я)} - 1$	$-3{,}057 \cdot 10^{-12}$	$6{,}8 \cdot 10^{-10}$
Планковская длина	$\frac{\delta l_{Pl}}{l_{Pl}} = \frac{я_{ю}^2}{\sqrt[4]{2^{\delta я}} \cdot (я_{ю}+\delta я)^2} - 1$	$-1{,}513 \cdot 10^{-10}$	$5{,}1 \cdot 10^{-5}$
Планковское время	$\frac{\delta l_{Pt}}{l_{Pt}} = \frac{я_{ю}^2}{\sqrt[4]{2^{\delta я}} \cdot (я_{ю}+\delta я)^2} - 1$	$-1{,}513 \cdot 10^{-10}$	$5{,}1 \cdot 10^{-5}$
Планковская масса	$\frac{\delta m_{Pl}}{m_{Pl}} = \sqrt[4]{2^{\delta я}} - 1$	$1{,}452 \cdot 10^{-10}$	$5{,}1 \cdot 10^{-5}$

Масса электрона	$\frac{\delta m_{\text{e}}}{m_{\text{e}}} = 0$	0	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$
Заряд электрона	$\left\|\frac{\delta q_{\text{e}}}{q_{\text{e}}}\right\| = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}^3}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^3}} - 1$	$-4{,}586 \cdot 10^{-12}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Удельный заряд электрона	$\left\|\frac{\delta q_{\text{me}}}{q_{\text{me}}}\right\| = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}^3}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^3}} - 1$	$-4{,}586 \cdot 10^{-12}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Постоянная Ридберга	$\frac{\delta R_\infty}{R_\infty} = 0$	0	$6{,}6 \cdot 10^{-12}$
Постоянная фон Клитцинга	$\frac{\delta R_{\text{K}}}{R_{\text{K}}} = \frac{(я_{\text{ю}} + \delta я)}{я_{\text{ю}}} - 1$	$3{,}057 \cdot 10^{-12}$	$6{,}8 \cdot 10^{-10}$
Постоянная Джозефсона	$\frac{\delta K_{\text{J}}}{K_{\text{J}}} = \sqrt{\frac{(я_{\text{ю}} + \delta я)}{я_{\text{ю}}}} - 1$	$1{,}529 \cdot 10^{-12}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Магнетон Бора	$\frac{\delta \mu_{\text{B}}}{\mu_{\text{B}}} = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}^7}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^7}} - 1$	$-1{,}070 \cdot 10^{-11}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Ядерный магнетон	$\frac{\delta \mu_{\text{N}}}{\mu_{\text{N}}} = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}^7}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^7}} - 1$	$-1{,}070 \cdot 10^{-11}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Ридберговская энергия	$\frac{\delta E_{\text{R}}}{E_{\text{R}}} = \frac{я_{\text{ю}}^2}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^2} - 1 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Дж}}\right]$	$-6{,}115 \cdot 10^{-12}$	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$
Электрон-вольт	$\frac{\delta(1[\text{эВ}])}{1[\text{эВ}]} = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}^3}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^3}} - 1$	$-4{,}586 \cdot 10^{-12}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Ридберговская энергия	$\frac{\delta E_{\text{R}}}{E_{\text{R}}} = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}}{(я_{\text{ю}} + \delta я)}} - 1 \left[\frac{\text{эВ}}{\text{эВ}}\right]$	$-1{,}529 \cdot 10^{-12}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Квант циркуляции	$\frac{\delta Ц_0}{Ц_0} = \frac{я_{\text{ю}}^2}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^2} - 1$	$-6{,}115 \cdot 10^{-12}$	$1{,}4 \cdot 10^{-9}$
Квант магнитного потока	$\frac{\delta Ф_0}{Ф_0} = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}}{(я_{\text{ю}} + \delta я)}} - 1$	$-1{,}529 \cdot 10^{-12}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Постоянная зеемановского расщепления	$\frac{\delta З}{З} = \sqrt{\frac{я_{\text{ю}}^3}{(я_{\text{ю}} + \delta я)^3}} - 1$	$-4{,}586 \cdot 10^{-12}$	$2{,}6 \cdot 10^{-8}$

Постоянная Фарадея	$\frac{\delta F}{F} = \sqrt{\frac{я_{ю}^3}{(я_{ю} + \delta я)^3}} - 1$	$-4{,}586 \cdot 10^{-12}$	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
Молярная постоянная Планка	$\frac{\delta h_{N_A}}{h_{N_A}} = \frac{я_{ю}^2}{(я_{ю} + \delta я)^2} - 1$	$-6{,}115 \cdot 10^{-12}$	$1{,}4 \cdot 10^{-9}$
Постоянная Стефана - Больцмана	$\frac{\delta \sigma}{\sigma} = \frac{(я_{ю} + \delta я)^6}{я_{ю}^6} - 1$	$1{,}834 \cdot 10^{-11}$	$7{,}1 \cdot 10^{-6}$

- Относительные изменения гравитационной постоянной, Планковской длины, Планковского времени и Планковской массы мало отличаются в системах АСЯ и СИ. Абсолютные значения относительных изменений лишь двух из двадцати девяти принятых к рассмотрению фундаментальных физических постоянных – Планковской длины и Планковского времени, в системе СИ оказались пусть незначительно, примерно на 4 процента, но больше, чем соответствующие их изменения в системе АСЯ. Разнонаправленный характер изменений Планковской длины и Планковского времени в системах АСЯ и СИ (в системе АСЯ мы наблюдаем их относительный рост на $1{,}45 \cdot 10^{-8}$ процента, а в системе СИ – падение на $1{,}51 \cdot 10^{-8}$ процента) указывает на более чем двукратное превышение относительного изменения их единиц измерения системы СИ в системе АСЯ по отношению к их собственному относительному изменению. Относительное уменьшение значений гравитационной постоянной в системе СИ составляет около $2{,}97 \cdot 10^{-8}$ процента, что примерно в два раза меньше, чем относительное её уменьшение в системе АСЯ. Относительный рост значений Планковской массы в системе СИ составил $1{,}45 \cdot 10^{-8}$ процента, что составляет лишь пятую часть её относительного роста в системе АСЯ.
- В системе СИ абсолютные значения относительных изменений двадцати двух фундаментальных физических постоянных составляют не более 3,2 процента их соответствующих изменений в системе АСЯ.

При этом диапазон относительных изменений этих фундаментальных физических постоянных в системе АСЯ составляет от $-2{,}61 \cdot 10^{-7}$ процента, зафиксированной для постоянной Стефана – Больцмана, до $8{,}71 \cdot 10^{-8}$ процента, определённой для постоянной Планка, а в системе СИ этот диапазон составляет от $-9{,}17 \cdot 10^{-10}$ процента, зафиксированной для относительного изменения классического радиуса электрона, до $1{,}83 \cdot 10^{-9}$ процента, определённой для относительного изменения постоянной Стефана – Больцмана.

Относительные изменения фундаментальных физических постоянных за период равный четырём годам (с 2006 года по 2010 год) в системе СИ существенно меньше относительной погрешности их определения (таблица 5.4.). Для того чтобы относительные изменения фундаментальных физических постоянных хотя бы сравнялись с достигнутой к 2006 году относительной погрешностью их определения, период их измерения должен составлять от 890 лет для постоянной фон Клитцинга до более, чем полутора миллиона лет для постоянной Стефана – Больцмана. В данных обстоятельствах становится ясно, почему принятые к рассмотрению фундаментальные физические величины в настоящее время считаются постоянными.

Некоторый оптимизм в вопросе обнаружения изменений фундаментальных физических постоянных вызывает наблюдаемый прогресс в относительной точности их определения. Так, например, период времени, при котором абсолютное значение относительного изменения постоянной тонкой структуры сравняется с достигнутой точностью её определения, в 1998 году составлял более 4700 лет, а в 2010 году – 419 лет.

Нельзя обойти вниманием результаты исследований, в которых устанавливаются годовые пределы относительных изменений некоторых фундаментальных физических постоянных с точностью, на много порядков превышающей достигнутые в настоящее время погрешности их определения. Выразим своё отношение к таким результатам исследований. Для этого рассмотрим, в качестве примера, определение предела изменения

гравитационной постоянной, исходя из основных параметров системы Земля – Луна, измеренных с использованием лазерной локации и высокоточных цезиевых часов. В результате многолетних исследований, основанных на лазерной локации Луны, было установлено, что радиус лунной орбиты возрастает примерно на 3,8 см в год [13]. С помощью высокоточных цезиевых часов было обнаружено систематическое увеличение продолжительности земных суток примерно на $15 \cdot 10^{-6}$ секунды в год [12].

Возрастание радиуса лунной орбиты и увеличение продолжительности земных суток принято рассматривать как эффекты, вызванные действием приливных сил, обусловленных неоднородностью сил гравитации, прежде всего в системе Земля – Луна [13]. При этом предполагается, что уменьшение момента количества движения суточного вращения Земли компенсируется увеличением момента количества движения орбитального вращения Луны, так что общий момент количества движения системы Земля – Луна остаётся неизменным. Исходя из приливной природы выявленных эффектов и основываясь на данных об орбитальном движении Луны, полученных с использованием лазерной локации, было установлено, что возможные изменения относительного значения гравитационной постоянной лежат в диапазоне: $-8 \cdot 10^{-12} \left[\frac{1}{\text{год}}\right] \leq \frac{dG}{G \cdot dt} \leq 8 \cdot 10^{-12} \left[\frac{1}{\text{год}}\right]$ [13], [26]. Используя данные, представленные в таблице 5.4, легко убедиться, что абсолютное значение годового относительного изменения гравитационной постоянной в системе СИ почти в пять раз превосходит весь установленный в работе [26] диапазон её возможного изменения. В чём причина столь разительного отличия результатов исследований? Означает ли это, что закон изменения гравитационной постоянной во времени, представленный в таблице 5.1, как и гипотеза П. Дирака об изменении гравитационной постоянной вдвое за время существования Вселенной [27], не находят экспериментального подтверждения? Прежде чем вынести окончательный вердикт по данному вопросу, заметим, что установленный в работе [26] диапазон изменения относительного

значения гравитационной постоянной не определяется её прямым измерением, а в значительной мере является модельно зависимым. В какой мере принятая в работе модель гравитационного взаимодействия объектов пригодна для проведения подобного рода исследований? Учтены ли в этой модели все факторы, которые могут существенно повлиять на результаты исследований? Являются ли принятые в модели допущения и предположения обоснованными? Очевидно, что используемая в работе [26] модель не учитывает эффекты, вызванные икратким взаимодействием. На то, что икраткое взаимодействие является важным фактором, который необходимо учитывать при проведении подобного рода исследований, указывают следующие обстоятельства:

- Во-первых, систематическое замедление суточного вращения Земли является в значительной мере эффектом, вызванным икратким взаимодействием. Расчёты, представленные в разделе 7.2, показывают, что в результате икраткого взаимодействия систематическое замедление суточного вращения Земли составляет в системе АСЯ примерно $20{,}85 \cdot 10^{-6}$ секунд в год, а в системе СИ – примерно $14{,}60 \cdot 10^{-6}$ секунд в год. Это хорошо согласуется с результатами наблюдений, в ходе которых установлено систематическое замедление суточного вращения Земли примерно на $15 \cdot 10^{-6}$ секунд в год [12]. Заметим, что одним из проявлений выявленного эффекта, например, является систематическое увеличение периода вращения Марса, которое по нашим оценкам должно составлять в системе АСЯ примерно $21{,}45 \cdot 10^{-6}$ секунд в год, а в системе СИ – примерно $15{,}02 \cdot 10^{-6}$ секунд в год.
- Во-вторых, увеличение радиуса лунной орбиты примерно на 3,8 см в год, установленное в ходе многолетних исследований с использованием лазерной локации Луны [13], является эффектом, обусловленным особенностями гравитационного взаимодействия космических объектов, проистекающим, в конечном счёте, из закона изменения скорости йонов в луче (рис. 3.1). Расчёты, представленные в разделе 7.3, показывают, что при рассмотрении гравитационного

взаимодействия в системе Земля – Луна изменение скорости йонов в луче приводит к увеличению радиуса лунной орбиты в системе АСЯ примерно на $6{,}608 \cdot 10^{-2}$ метра в год, а в системе СИ – примерно на $3{,}818 \cdot 10^{-2}$ метра в год. Важно отметить, что выявленный в ходе исследований системы Земля – Луна эффект увеличения радиуса лунной орбиты не является особенностью рассматриваемой системы, а носит общий характер. Так, например, проявлением данного эффекта при рассмотрении системы Солнце – Земля является увеличение радиуса земной орбиты в системе АСЯ примерно на $25{,}72$ метра в год, а в системе СИ – примерно на $14{,}86$ метра в год.

- В-третьих, допущения, традиционно принимаемые при определении относительного изменения гравитационной постоянной, например, о неизменности масс космических объектов, в рассматриваемом случае Земли и Луны, с учётом икраткого взаимодействия становятся неприемлемыми. Дело в том, что согласно икраткому взаимодействию абсолютное значение скорости относительного изменения массы космического объекта в два раза превышает абсолютное значение скорости относительного изменения гравитационной постоянной, что существенным образом влияет на результаты исследований. Так, в простейшем случае, для определения скорости относительного изменения гравитационной постоянной в системе СИ вместо зависимости (5.1), используемой в работе [26], следует воспользоваться зависимостью (5.2).

$$\frac{\dot{G}}{G} = 3 \cdot \frac{\dot{A}_{Л}}{A_{Л}} - 2 \cdot \frac{\dot{P}_{Л}}{P_{Л}}, \tag{5.1}$$

где $\frac{\dot{G}}{G}$, $\frac{\dot{A}_{Л}}{A_{Л}}$, и $\frac{\dot{P}_{Л}}{P_{Л}}$ – скорости относительного изменения гравитационной постоянной, большой полуоси лунной орбиты; и периода обращения Луны по орбите вокруг Земли соответственно.

$$\frac{\dot{G}}{G} = 3 \cdot \frac{\dot{A}_Л}{A_Л} - 2 \cdot \frac{\dot{P}_Л}{P_Л} - \frac{\dot{M}_З}{M_З}, \quad (5.2)$$

где $\frac{\dot{M}_З}{M_З}$ – скорость относительного изменения массы Земли.

- В-четвёртых, при проведении исследований по определению относительных изменений фундаментальных физических постоянных необходимо учитывать относительные изменения их единиц измерения, обусловленные икратким взаимодействием. При определении скорости относительного изменения гравитационной постоянной в инвариантных во времени единицах измерения вместо зависимости (5.2) следует воспользоваться зависимостью (5.3).

$$\frac{\dot{G}}{G} = 3 \cdot \frac{\dot{A}_Л}{A_Л} - 2 \cdot \frac{\dot{P}_Л}{P_Л} - \frac{\dot{M}_З}{M_З} + \frac{[\dot{G}]}{[G]}, \quad (5.3)$$

где $\frac{[\dot{G}]}{[G]}$ – скорость относительного изменения единицы измерения гравитационной постоянной.

Заметим, что в системе СИ абсолютные значения скоростей относительного изменения гравитационной постоянной и единицы её измерения близки, а в годовом исчислении составляют:

$$\frac{\dot{G}}{G} \approx -7{,}413 \cdot 10^{-11} \left[\frac{1}{\text{год}}\right], \frac{[\dot{G}]}{[G]} \approx 7{,}108 \cdot 10^{-11} \left[\frac{1}{\text{год}}\right].$$

Таким образом, исходя из икраткого взаимодействия, удаётся не только объяснить возрастание радиуса лунной орбиты и увеличение продолжительности земных суток как эффекты, им вызванные, но и предсказать, например, возрастание радиуса земной орбиты и систематическое увеличение периода вращения Марса.

Важно отметить, что при определении величины возрастания лунной орбиты мы исходили из закона изменения гравитационной постоянной во времени, представленного в таблице 5.1. Этот закон, если исследования проводить в системе АСЯ, соответствует гипотезе П. Дирака об изменении гравитационной постоянной вдвое за время существования Вселенной [27]. При этом результаты расчёта, представленные в разделе 7.3, хорошо

согласуются с экспериментальными данными, полученными в ходе многолетних исследований [13]. Очевидно, что годовые пределы относительного изменения гравитационной постоянной, установленные в работе [26] и исходящие из модельных представлений, которые не учитывают действие икраткого взаимодействия, не могут быть использованы ни для подтверждения, ни для опровержения закона изменения гравитационной постоянной, икратким взаимодействием обусловленного.

Итак, рассмотренный пример позволил нам сформировать следующее отношение к результатам исследований, в которых устанавливаются годовые пределы относительных изменений некоторых фундаментальных физических постоянных с точностью, на много порядков превышающей достигнутые в настоящее время погрешности их определения:

- Полученные в ходе этих исследований результаты не основываются на данных, определяемых прямым измерением фундаментальных физических постоянных, а в значительной мере являются модельно зависимыми.
- Используемые в ходе исследований модели не учитывают эффектов, вызванных икратким взаимодействием, которые способны существенным образом повлиять на результаты исследований.
- Установленные в ходе этих исследований годовые пределы относительных изменений фундаментальных физических постоянных нельзя использовать ни для подтверждения, ни для опровержения законов их изменения, обусловленных икратким взаимодействием.

Прежде чем рассмотреть эффекты, вызванные икратким взаимодействием и требующие для своего экспериментального обнаружения высокоточных измерений, целесообразно остановиться на его главном проявлении. Несомненно, главным проявлением икраткого взаимодействия является сама наша Вселенная, основные этапы образования которой мы рассмотрим в следующем разделе работы.

6. Эволюция Вселенной на ранней стадии

6.1. Основные этапы образования Вселенной

Основываясь на результатах исследований, представленных во втором и третьем разделах работы, и используя современные данные о массах космических объектов, а также результаты исследований о массах звёзд, представленные в восьмом разделе, выделим следующие основные этапы образования Вселенной на ранней стадии её формирования:

1. **Момент явления.** Этот момент по праву является началом всех начал во Вселенной. И там, в начале, был один, и тот один был йон. Но, что очень важно, в тот момент он находился во всевозможных размножениях. В ходе точечного размножения он проявлял себя как луч. А с учётом лучевого и пространственного размножения являл себя как Вселенная в целом. Так, что в тот момент он был один в трёх ликах, и являл себя не только йоном, но и лучом, и Вселенной в целом. Вселенная, луч и йон в момент явления имели следующие характеристики и свойства:
   - Возраст – $я = 0$♥;
   - Время по абсолютной шкале – $T = \dfrac{a}{4 \cdot (ю - 1) \cdot c} = 1_{♣} \approx 9{,}21792 \cdot 10^{-67}$[с];
   - Длина йона – $l = a \approx 3{,}00474855 \cdot 10^{-57}$ [м];
   - Радиус луча – $R = \frac{1}{2} \cdot a$;
   - Скорость изменения радиуса луча – $v_R = 2 \cdot (ю - 1) \cdot c \approx 1629840782 \left[\frac{м}{с}\right]$;
   - Угловая скорость вращения луча относительно его центра – $\omega_{↕} = 0 \frac{1}{c}$;
   - Объём Вселенной, луча и йона – $V_{\text{World}} = V_{↕} = a^3 \approx 2{,}7128414 \cdot 10^{-170}$ [м^3];

- Число лучей во Вселенной – $N_{\updownarrow} = 1$;
- Число йонов в луче – $n_{\bullet\updownarrow} = 1$;
- Число йонов во Вселенной – $N_{\bullet} = 1$;
- Число юонов в луче – $n_{ю\updownarrow} = 0$;
- Число юонов во Вселенной – $N_{ю} = 0$;
- Отношение интенсивности размножения йонов в луче к частоте их перехода в юоны – $ю = \frac{Ӣ_{\bullet\updownarrow}}{f_{\bullet\updownarrow}} = e + 1$;
- Интенсивность размножения йонов в луче – $Ӣ_{\bullet\updownarrow} = ӣ_{\bullet} \cdot n_{\bullet\updownarrow} = ӣ_{\bullet} = \frac{ю \cdot \ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \left[\frac{1}{1♥}\right]$;
- Частота перехода йонов в юоны в луче – $f_{\bullet\updownarrow} = \frac{Ӣ_{\bullet\updownarrow}}{ю} = \frac{\ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \left[\frac{1}{1♥}\right]$;
- Интенсивность размножения лучей во Вселенной – $Ӣ_{\updownarrow} = ӣ_{\updownarrow} \cdot N_{\updownarrow} + ӣ_{*} \cdot N_{\updownarrow} = ӣ_{\updownarrow} + ӣ_{*} = \frac{3 \cdot \ln 2}{2} \left[\frac{1}{1♥}\right]$;
- Интенсивность образования юонов во Вселенной – $F_{ю} = \frac{f_{\bullet\updownarrow}}{2} \cdot N_{\updownarrow} + Ӣ_{\updownarrow} \cdot n_{ю\updownarrow} = \frac{\ln 2}{4 \cdot (ю - 1)} \left[\frac{1}{1♥}\right]$.

По существу, перечисленные характеристики и свойства определяют начальные условия образования Вселенной.

2. **Момент образования первых юонов в лучах.** Образование первого юона в луче завершилось, когда число йонов в луче было равно $n_{\bullet\updownarrow} = 2 \cdot ю - 1 \approx 6{,}43656$. При этом возраст Вселенной достиг $я = 2 \cdot \log_2 n_{\bullet\updownarrow} \approx 5{,}37258♥$, что соответствует времени по абсолютной шкале $T = (2 \cdot ю - 1)^2 [1_{♣}] \approx 41{,}429_{♣} \approx 3{,}8189 \cdot 10^{-65}$ [с]. В этот момент число лучей во Вселенной было равно $N_{\updownarrow} = (2 \cdot ю - 1)^3 \approx$ $\approx 266{,}66$. Это означает, что общее число сформированных юонов во Вселенной, в момент образования первого юона в луче, было более двухсот шестидесяти шести.

3. **Момент образования первых электрона и протона.** Образование первых электрона и протона явилось результатом важнейшего структурного преобразования Вселенной на ранней стадии, в ходе которого все лучи Вселенной были поделены между электроном и протоном в пропорции $1{:}\,\bar{m}_p$, а все юоны Вселенной были поделены поровну. Полагая, что в момент образования первого электрона число его лучей не может быть менее одного, получаем ограничение на возраст Вселенной, когда вышеозначенное её структурное преобразование становится возможным:

$$я_* \geq \frac{2}{3} \cdot \log_2\left(1 + \bar{m}_p\right). \qquad (6.1.1)$$

Заметим, что постулированный нами во втором разделе работы возраст Вселенной, когда в результате её структурного преобразования произошло появление первых электрона и протона, в полтора раза больше вышеозначенного граничного значения. Это требует некоторых пояснений. Постулируя, что образование первых электрона и протона произошло, когда возраст Вселенной был равен $я_* = \log_2\left(1 + \bar{m}_p\right)$, мы получили возрастной закон изменения числа лучей в электроне $n_{\updownarrow e} = \sqrt{2^{я}}$, который позволяет нам, при необходимости, рассматривать электрон как частицу, имеющую свой лик уже в момент явления. Это даёт возможность процесс формирования Вселенной уже с момента явления рассматривать не только исходя из лучевого размножения, как это принято в данной работе, но и с учётом объёмного размножения. Следует отметить, что возраст Вселенной, когда произошло образования первых электрона и протона, определяет ряд характеристик йона, электрона, протона и Вселенной. Так, например, его сокращение в полтора раза, что в нашем случае соответствует уменьшению возраста примерно на 3,6144 поколений, плотность йона, масса Вселенной и число электронов и

протонов во Вселенной возрастут примерно в двенадцать с четвертью раз, а число лучей в электроне и в протоне сократиться в тоже число раз.

4. **Зарождение сверхскоплений галактик (ССГ).** Возраст существования сверхскоплений галактик, массой от $4{,}023 \cdot 10^{14}$ до $2{,}575 \cdot 10^{16}$ масс Солнца, составляет от 238,114♥ до 244,114♥.

   Это означает, что зарождение ССГ, означенной массы, произошло, когда возраст Вселенной составлял от 32,84♥ до 38,84♥, что соответствует времени по абсолютной шкале от $7{,}69 \cdot 10^{9}$♣ до $4{,}92 \cdot 10^{11}$♣, или от $7{,}1 \cdot 10^{-57}$ до $4{,}5 \cdot 10^{-55}$ секунды. Результаты исследований по распределению во Вселенной тридцати трёх миллионов пятисот пятидесяти четырёх тысяч четырехсот тридцати двух сверхскоплений галактик, массой равной $3{,}2 \cdot 10^{15}$ масс Солнца каждое, которые зародились спустя двадцать пять поколений после образования первых электрона и протона, представлены в подразделе 6.3. Результаты исследований по распределению двадцати трёх миллионов восьмисот пяти тысяч девятисот восьмидесяти двух таких же сверхскоплений галактик в Метагалактике, центр которой расположен на удалении шести тысяч девятисот шестидесяти девяти мегапарсек от центра Вселенной, представлены в подразделе 6.4.

5. **Зарождение скоплений галактик (СГ).** Возраст существования скоплений галактик, массой от $1{,}257 \cdot 10^{13}$ до $4{,}023 \cdot 10^{14}$ масс Солнца, составляет от 233,114♥ до 238,114♥.

   Это означает, что зарождение СГ, означенной массы, произошло, когда возраст Вселенной составлял от 38,84♥ до 43,84♥, что соответствует времени по абсолютной шкале от $4{,}92 \cdot 10^{11}$♣ до $1{,}58 \cdot 10^{13}$♣, или примерно от $4{,}5 \cdot 10^{-55}$ до $1{,}45 \cdot 10^{-53}$ секунды. Исходя из результатов исследований по определению основных характеристик скоплений, представленных в подразделе 5.5, можно определить, что объёмы скоплений галактик, вышеозначенной массы, будут находиться в

диапазоне от ста шестнадцати до двадцати одной тысячи кубических мегапарсек, а их плотность будет составлять от девятнадцати до ста восьми масс Солнца на один кубический килопарсек.

6. **Зарождение галактик.** Возраст существования галактик, массой от $7{,}494 \cdot 10^{5}$ до $1{,}257 \cdot 10^{13}$ масс Солнца, составляет от 209,114♥ до 233,114♥.

   Это означает, что зарождение галактик означенной массы произошло, когда возраст Вселенной составлял от 43,84♥ до 67,84♥, что соответствует времени по абсолютной шкале от $1{,}58 \cdot 10^{13}$♣ до $2{,}64 \cdot 10^{20}$♣, или от $1{,}45 \cdot 10^{-53}$ до $2{,}44 \cdot 10^{-46}$ секунды. Результаты исследований по распределению в Метагалактике на удалении до 105,6 Мпк от её центра тридцати семи тысяч двадцати восьми галактик, массой равной $1{,}56 \cdot 10^{12}$ масс Солнца каждая, которые зародились спустя тридцать шесть поколений после образования первых электрона и протона, представлены в подразделе 6.6.

7. **Зарождение звёзд.** Возраст существования звёзд, массой от $2{,}79 \cdot 10^{-3}$ до $2{,}455 \cdot 10^{10}$ масс Солнца, составляет от 181,114♥ до 224,114♥.

   Это означает, что зарождение звёзд означенной массы произошло, когда возраст Вселенной составлял от 52,84♥ до 95,84♥, что соответствует времени по абсолютной шкале от $8{,}06 \cdot 10^{15}$♣ до $7{,}09 \cdot 10^{28}$♣, или от $7{,}43 \cdot 10^{-51}$ до $6{,}54 \cdot 10^{-38}$ секунды. Согласно современным представлениям, основанным на гипотезе о термоядерном источнике энергии звёзд, массы звёзд находятся в диапазоне от примерно одной сотой массы Солнца до нескольких сотен масс Солнца. При этом считается, что звёзды большой массы с высокой мощностью излучения являются более молодыми, чем звёзды малой массы с низкой мощностью излучения. В данной работе мы исходим из гипотезы, что основной источник энергии звёзд связан с размножением квантов света, находящихся в непосредственной близости от частиц при их объёмном размножении. В дальнейшем этот источник энергии звёзд будем называть

световым. Гипотеза о световом источнике энергии звёзд позволила для стандартной модели звезды Эддингтона получить зависимость мощности излучения звезды от её массы и радиуса. В восьмом разделе представлены результаты исследований по определению основных характеристик звёзд главной последовательности, субгигантов, гигантов, ярких гигантов и сверхгигантов. Полученные оценки масс звёзд существенным образом отличаются от оценок, основанных на гипотезе о термоядерном источнике энергии звёзд. Отметим, что гипотеза о световом источнике энергии звёзд, позволяет применить стандартную модель звезды Эддингтона для описания квазаров и сверхмассивных чёрных дыр. Действительно, стандартная звезда Эддингтона, состоящая из невырожденного газа с близким к солнечному молекулярным весом, массой равной трёхсот семи миллионам масс Солнца и радиусом равным девяти тысячам ста сорока девяти солнечных радиусов, будет иметь мощность излучения, которая примерно в десять триллионов раз превысит солнечную. Это соответствует мощности излучения квазара с абсолютной звёздной величиной $-27{,}67^{m}$. При увеличении радиуса рассматриваемой звезды примерно в 5,556 раза, то есть до пятидесяти тысяч восьмисот тридцати радиусов Солнца, она из квазара превратиться в так называемую “сверхмассивную чёрную дыру”. Мощность излучения такой звезды будет крайне малой, поскольку практически вся мощность, вырабатываемой в ней световой энергии, которая примерно в десять миллиардов раз превосходит мощность излучения Солнца, будет использована на её возрастные изменения. Основные результаты исследований по определению характеристик звёзд и возрастных законов их изменения, основанные на гипотезе о световом источнике их энергии, представлены в разделе 8.

8. **Зарождение планет.** Возраст существования планет, массой от $8{,}52\cdot10^{-8}$ до $2{,}77\cdot10^{-3}$ масс Солнца, составляет от $166{,}114^{♥}$ до $181{,}114^{♥}$.

Это означает, что зарождение планет, означенной массы, произошло, когда возраст Вселенной составлял от 95,84♥ до 110,84♥, что соответствует времени по абсолютной шкале от $7{,}09 \cdot 10^{28}$♣ до $2{,}32 \cdot 10^{33}$♣, или от $6{,}54 \cdot 10^{-38}$ до $2{,}14 \cdot 10^{-33}$ секунды. Планета Земля, возраст которой по нашим оценкам составляет 171,2556♥, зародилась спустя примерно 94,86♥ после образования первых электрона и протона. Согласно принятой в настоящее время гипотезе, химические элементы, из которых образована наша Земля, произошли в звёздах, предшествующего Солнцу поколения, которые прошли все этапы звёздного нуклеосинтеза и взорвались. В данной работе принята другая гипотеза, согласно которой все химические элементы, обнаруженные на Земле, зародились в её недрах в результате нуклеосинтеза, обусловленного икратким взаимодействием. В дальнейшем такой нуклеосинтез будем называть икратким. Косвенное подтверждение справедливости данной гипотезы мы получили при определении систематического замедления суточного вращения Земли (подраздел 7.2). Возможно, икраткий нуклеосинтез является основным источником химических элементов во Вселенной. Определение законов формирования химических элементов с учётом икраткого взаимодействия требует проведения специальных теоретических и экспериментальных исследований, заслуживающих отдельного рассмотрения, которое выходит за рамки данной работы. Заметим, что если возраст существования Земли более чем на 18 поколений меньше возраста существования Солнца и примерно на 59 поколений меньше возраста существования Млечного Пути, то времена существования Земли, Солнца и Млечного Пути к настоящему моменту практически одинаковы. Их разница меньше, чем десять в минус тридцать третьей степени секунды.

Подведём некоторые промежуточные итоги творящей деятельности икраткого взаимодействия по истечению ста поколений после образования первых электрона и протона:

- С момента явления икратким взаимодействием было создано более чем $6{,}85 \cdot 10^{66}$ йонов, большая часть из которых, примерно 73,1%, находились в лучах, по $4{,}82 \cdot 10^{16}$ йонов в каждом. Оставшаяся часть йонов образовала в центрах лучей более чем $9{,}21 \cdot 10^{65}$ юонов. Все лучи, общим количеством $1{,}12 \cdot 10^{50}$ штук, структурированы в электронах и протонах по $4{,}82 \cdot 10^{16}$ и $8{,}85 \cdot 10^{19}$ лучей в каждом соответственно. Распределение лучей, а также осей их вращения в электронах и протонах по пространственным направлениям, как это показано в подразделе 6.2, близко к равномерному распределению.
- Масса Вселенной с момента явления возросла более чем на 66 порядков и достигла $2{,}086 \cdot 10^{-50}$ грамма, что, однако, меньше массы современного атома водорода примерно во столько же раз, во сколько масса одной оплодотворённой яйцеклетки человека меньше суммарной массы населения Земли.
- Объём Метагалактики с момента явления вырос более чем на сто порядков и составил примерно $1{,}43 \cdot 10^{-69}$ кубических метров, что, однако, меньше объёма современного протона примерно во столько же раз, во сколько объём теннисного мячика меньше объёма планеты Земля.
- С момента образования первых электрона и протона их количество выросло более чем на тридцать порядков. Несмотря на очень малые по современным меркам значения массы и объёма Вселенной в тот момент, существующее в настоящее время пространственное распределение массы во Вселенной было предопределено уже тогда. Это касается не только крупномасштабного распределения сверхскоплений галактик во Вселенной и в Метагалактике, рассмотренных в

подразделах 6.3 и 6.4, но и местоположения галактик, а также принадлежности звёзд галактикам и даже принадлежности планет звёздам.

В качестве единиц измерения расстояния и массы в космологии и астрофизике зачастую используют парсек и массу Солнца. В данной работе эти единицы измерения также находят применение, но с нетрадиционными определениями. Определим парсек, как единицу измерения расстояния равную постоянной доли от радиуса луча:

$$1\ [\text{пс}] = \text{о}_{\text{пс}} \cdot R_{\updownarrow}, \tag{6.1.2}$$

где постоянная $\text{о}_{\text{пс}}$ есть обратная величина текущего значения радиуса луча, измеренного в парсеках, $\text{о}_{\text{пс}} = \frac{3{,}08568 \cdot 10^{16}[\text{м}]}{3{,}54209 \cdot 10^{26}[\text{м}]} = 8{,}71146 \cdot 10^{-11}$.

Исходя из (6.1.2) получаем возрастные законы изменения парсека в системах АСЯ и СИ:

$$1\ [\text{пс}] = 2^{я-1} \cdot \text{о}_{\text{пс}}[\text{а}]. \tag{6.1.3}$$

$$1\ [\text{пс}] = \frac{\sqrt{2^{я}}}{2 \cdot я_{\text{ю}}^2} \cdot \frac{\text{о}_{\text{пс}}}{\text{о}_{\text{м}}}\ [\text{м}]. \tag{6.1.4}$$

Определим массу Солнца, как единицу измерения массы, равную постоянной доли от массы Вселенной:

$$1\ [\text{M}_{\text{Sun}}] = \text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}} \cdot M_{\text{World}}, \tag{6.1.5}$$

где постоянная $\text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}}$ есть обратная величина текущего значения массы Вселенной, измеренной в массах Солнца, а её значение равно $\text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}} = \frac{1{,}98892 \cdot 10^{30}[\text{кг}]}{2{,}14769 \cdot 10^{53}[\text{кг}]} \approx 9{,}26076 \cdot 10^{-24}$.

Исходя из (6.1.5) получаем возрастные законы изменения массы Солнца, как единицы измерения массы, в системах АСЯ и СИ:

$$1\ [\text{M}_{\text{Sun}}] = 2^{2 \cdot я} \cdot ё \cdot \text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}}[\text{а}^3 \cdot ъ]. \tag{6.1.6}$$

$$1\ [\text{M}_{\text{Sun}}] = 2^{я} \cdot ё \cdot \frac{\text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}}}{\text{о}_{\text{кг}}}\ [\text{кг}]. \tag{6.1.7}$$

Целесообразность принятых нами определений парсека и массы Солнца, как единиц измерения расстояния и массы, следует из возможности их применения на ранней стадии эволюции Вселенной, когда не то, что параметры

орбиты Земли относительно Солнца определены быть не могут, но и сама Земля, и даже Солнце не были ещё зарождены. Текущие же значения определённых нами единиц измерения расстояния и массы совпадают со значениями соответствующих традиционно используемых единиц.

Поскольку при проведении астрофизических исследований расстояния до удалённых космических объектов непосредственно не могут быть измерены, то в результате наблюдений определяются зависимости характеристик космических объектов от величины красного смещения их излучения. Интерпретация полученных результатов наблюдений зависит от принятой в исследованиях космологической модели, которая позволяет определить по величине красного смещения излучения космического объекта его удаление от нас в пространстве и во времени. В соответствии с космологической моделью, основанной на икратком взаимодействии, как это будет показано в подразделе 7.4.1, зависимость величины красного смещения излучения космического объекта от его относительного удаления определяется законом ПИ (Петросян–Ивановой):

$$Z = ПИ(\bar{r}) = \frac{1}{\sqrt{1-\bar{r}^2}\cdot(1-\bar{r})^{2\cdot ю-3}} - 1, \qquad (6.1.8)$$

где Z – красное смещение излучения космического объекта; $\bar{r}$ – относительное удаление космического объекта.

$$\bar{r} = \frac{r}{R}, \qquad (6.1.9)$$

где r – текущее удаление космического объекта; R – текущее значение радиуса луча.

$$r = 2^{я-1}\cdot a\cdot\bar{r} = 2\cdot(ю-1)\cdot c\cdot t\cdot\bar{r}, \qquad (6.1.10)$$

где t – текущее время существование Вселенной.

Закон $ПИ(\bar{r})$ выполняет функции линейки и часов при наблюдении событий, происходящих в далёком прошлом на межгалактических удалениях. Действительно, измерив величину красного смещения излучения космического

объекта, закон ПИ позволяет определить величину его относительного удаления от Земли:

$$\bar{r} = ПИ^{-1}(Z), \tag{6.1.11}$$

где $ПИ^{-1}(Z)$ – обратная функция закона ПИ.

Величина относительного удаления космического объекта от Земли позволяет определить, как это будет показано в подразделе 7.4.1, время существования Вселенной в момент излучения:

$$t_\gamma = t \cdot (1 - \bar{r})^{2 \cdot (ю-1)}. \tag{6.1.12}$$

Заметим, что выражение 6.1.8 для определения красного смещения излучения объекта получено при предположении, что гравитационное красное смещение излучения объекта незначительно и им можно пренебречь. В том случае, когда необходим учёт гравитационного красного смещения излучения космических объектов, например, когда в качестве таковых выступают квазары, то закон ПИ, определяющий зависимость величины красного смещения излучения космического объекта от его относительного удаления от Земли, примет следующий вид:

$$Z = ПИ(\bar{r}) = \frac{1 + Z_{G\gamma}}{\sqrt{1 - \bar{r}^2} \cdot (1 - \bar{r})^{2 \cdot ю-3}} - 1, \tag{6.1.13}$$

где $Z_{G\gamma}$ – гравитационное красное смещение излучения объекта.

Полагая, что в ходе возрастных изменений квазара, как это будет показано в подразделе 8.6, его радиус за одно поколение увеличивается в два в степени семь восьмых раза, для определения гравитационного красного смещения его излучения можно использовать следующее выражение:

$$Z_{G\gamma} = \frac{G \cdot M_q}{c^2 \cdot R_q} \cdot \sqrt[4]{(1 - \bar{r})^{ю-1}}, \tag{6.1.14}$$

где G, M_q и R_q – текущие значения гравитационной постоянной, массы квазара и радиуса квазара соответственно.

6.2. Формирование пространства Вселенной

В данном подразделе мы рассмотрим:

- модель формирования пространства Вселенной с момента явления, когда пространство всей Вселенной являло собой куб с ребром равным $a \approx 3 \cdot 10^{-57}$ *м*, до момента образования первых электрона и протона, когда возраст Вселенной был равен я $\approx 10{,}8$♥;
- модель формирования пространства электрона и протона с момента их образования до настоящего времени.

В заключение подраздела мы дадим оценку некоторым проявлениям принятой модели формирования пространства и возможности их обнаружения в ходе реальных наблюдений.

В данном исследовании мы исходим из предположения о лучевой природе физического пространства Вселенной. Поэтому в основу модели его формирования была положена модель размножения и вращения лучей, которая призвана дать ответы на следующие основные вопросы:

- Как меняется распределение лучей в пространстве во времени?
- Как меняется распределение осей вращения лучей в пространстве во времени?
- Как меняется угловая скорость вращения лучей во времени?

Прежде, чем приступить к рассмотрению модели размножения и вращения лучей, определим, как во времени меняется момент инерции луча относительно его центра.

6.2.1. Момент инерции луча (центральный), электрона и протона

Момент инерции луча относительно его центра определяется следующим выражением:

$$I_{\updownarrow} = \int_{-R}^{R} r^2 \cdot m_r \cdot dr = 2 \cdot \frac{a^3 \cdot ъ}{l} \cdot \int_{r=0}^{R} r^2 \cdot \frac{v_r}{c} \cdot dr, \qquad (6.2.1)$$

где m_r – масса элемента луча, удалённого на расстояние r от его центра;

v_r – модуль скорости элемента луча относительно его центра.

Отношение модуля скорости элемента луча к скорости света равно:

$$\frac{v_r}{c} = \sqrt{\frac{\omega^2 \cdot r^2}{c^2} + \left(1 - \frac{2 \cdot (ю - 1) \cdot r}{R}\right)^2} = \sqrt{A \cdot r^2 + B \cdot r + 1}, \qquad (6.2.2)$$

где ω – угловая скорость вращения луча относительно его центра; $A = \frac{\omega^2}{c^2} + \frac{4 \cdot (ю-1)^2}{R^2}$; $B = -\frac{4 \cdot (ю-1)}{R}$.

Подставляя выражение (6.2.2) в (6.2.1), находим закон изменения момента инерции луча относительно его центра:

$$I_↕ = 2\frac{a^3 \cdot ъ}{l} \cdot \int_{r=0}^{R} r^2 \cdot \sqrt{A \cdot r^2 + B \cdot r + 1} \cdot dr = \left\{\frac{6 \cdot A \cdot R - 5 \cdot B}{12} \cdot \sqrt{(A \cdot R^2 + B \cdot R + 1)^3} + \right.$$

$$+ \frac{5 \cdot B}{12} + \frac{5 \cdot B^2 - 4 \cdot A}{8} \cdot \left[\frac{4 \cdot A - B^2}{8 \cdot \sqrt{A^3}} \cdot \ln\left|2 \cdot A \cdot R + \sqrt{A} \cdot 2 \cdot \sqrt{A \cdot R^2 + B \cdot R + 1} + B\right| + \right.$$

$$\left.\left. + \frac{2A \cdot R + B}{4 \cdot A} \cdot \sqrt{A \cdot R^2 + B \cdot R + 1} - \left(\frac{B}{4 \cdot A} + \frac{4 \cdot A - B^2}{8 \cdot \sqrt{A^3}} \cdot \ln\left|2 \cdot \sqrt{A} + B\right|\right)\right]\right\} \cdot \frac{a^3 \cdot ъ}{A^2 \cdot l}. \quad (6.2.1.2)$$

Закон изменения момента инерции луча относительно его центра существенно упрощается, если $\omega \cdot R \gg 2 \cdot (ю - 1) \cdot c$:

$$I_↕ \approx 2 \cdot \frac{a^3 \cdot ъ \cdot \omega}{l \cdot c} \cdot \int_{r=0}^{R} r^3 \cdot dr = \frac{a^3 \cdot ъ \cdot \omega}{2 \cdot l \cdot c} \cdot R^4 = \sqrt{2^{7я}} \cdot \frac{a^6 \cdot ъ \cdot \omega}{32 \cdot c} = \frac{a^6 \cdot ъ \cdot \omega}{32 \cdot c} \cdot \sqrt{\frac{T^7}{T_♣^7}}, \quad (6.2.3)$$

Данное условие выполняется лишь в самой ранней Вселенной, когда её возраст не превышает $я < 5^♥$. В этом случае различие в оценках момента инерции луча с использованием зависимостей (6.2.1.2) и (6.2.3) не превышает одного процента.

Если $\omega \cdot R \ll 2 \cdot (ю - 1) \cdot c$, что в полной мере характерно для современной эпохи, закон изменения момента инерции луча удаётся выразить в явном виде:

$$I_↕ \approx 2\frac{a^3 \cdot ъ}{l} \cdot \left[\int_{r=0}^{\frac{R}{2(ю-1)}} r^2 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot (ю - 1) \cdot r}{R}\right) dr + \int_{r=\frac{R}{2(ю-1)}}^{R} r^2 \cdot \left(\frac{2 \cdot (ю - 1) \cdot r}{R} - 1\right) dr\right] =$$

$$= 2\frac{a^3 \cdot ъ \cdot R^3}{l} \cdot \left[\frac{ю - 1}{2} - \frac{1}{3} + \frac{1}{48 \cdot (ю - 1)^3}\right] = \sqrt{2^{5я}} \cdot a^5 \cdot ъ \cdot k_{I_↕} = a^5 \cdot ъ \cdot k_{I_↕} \cdot \sqrt{\frac{T^5}{T_♣^5}}, \quad (6.2.4)$$

где $k_{I_↕} = \frac{24\cdot(ю-1)^4-16\cdot(ю-1)^3+1}{192\cdot(ю-1)^3} \approx 0{,}2567.$

Определим моменты инерции электрона и протона как сумму моментов инерции образующих их лучей:

$$I_e = I_↕ \cdot n_{↕_e} = \sqrt{2^я} \cdot I_↕ = I_↕ \cdot \sqrt{\frac{T}{T_♣}}. \tag{6.2.5}$$

$$I_p = I_↕ \cdot n_{↕_p} = \bar{m}_p \cdot \sqrt{2^я} \cdot I_↕ = \bar{m}_p \cdot I_↕ \cdot \sqrt{\frac{T}{T_♣}}. \tag{6.2.6}$$

Если $\omega \cdot R \ll 2 \cdot (ю - 1) \cdot c$, что в полной мере характерно для современной эпохи, законы изменения моментов инерции электрона и протона соответственно определяются следующими выражениями:

$$I_e \approx 2^{3я} \cdot a^5 \cdot ъ \cdot k_{I_↕} = a^5 \cdot ъ \cdot k_{I_↕} \cdot \frac{T^3}{T_♣^3}. \tag{6.2.7}$$

$$I_p \approx \bar{m}_p \cdot 2^{3я} \cdot a^5 \cdot ъ \cdot k_{I_↕} = \bar{m}_p \cdot a^5 \cdot ъ \cdot k_{I_↕} \cdot \frac{T^3}{T_♣^3}. \tag{6.2.8}$$

На рисунке 6.2.1 представлены возрастные законы изменения центральных моментов инерции луча (пунктирная линия) и Вселенной (сплошная линия) с момента явления до момента образования первых электрона и протона.

На рисунке 6.2.2 представлены возрастные законы изменения центральных моментов инерции луча, электрона и протона с момента образования первых электрона и протона по настоящее время.

Заметим, что в настоящее время электрон и протон имеют вполне макроскопические значения центральных моментов инерции. Так, текущее значение центрального момента инерции электрона равно центральному моменту инерции железного шара массой $4{,}6\cdot10^{15}$ [кг] и радиусом 5194 метра, а текущее значение центрального момента инерции протона равно центральному моменту инерции железного шара массой $4{,}2\cdot10^{17}$ [кг] и радиусом 23349 метров.

Рис. 6.2.1. Возрастные законы изменения центральных моментов инерции луча и Вселенной на ранней стадии

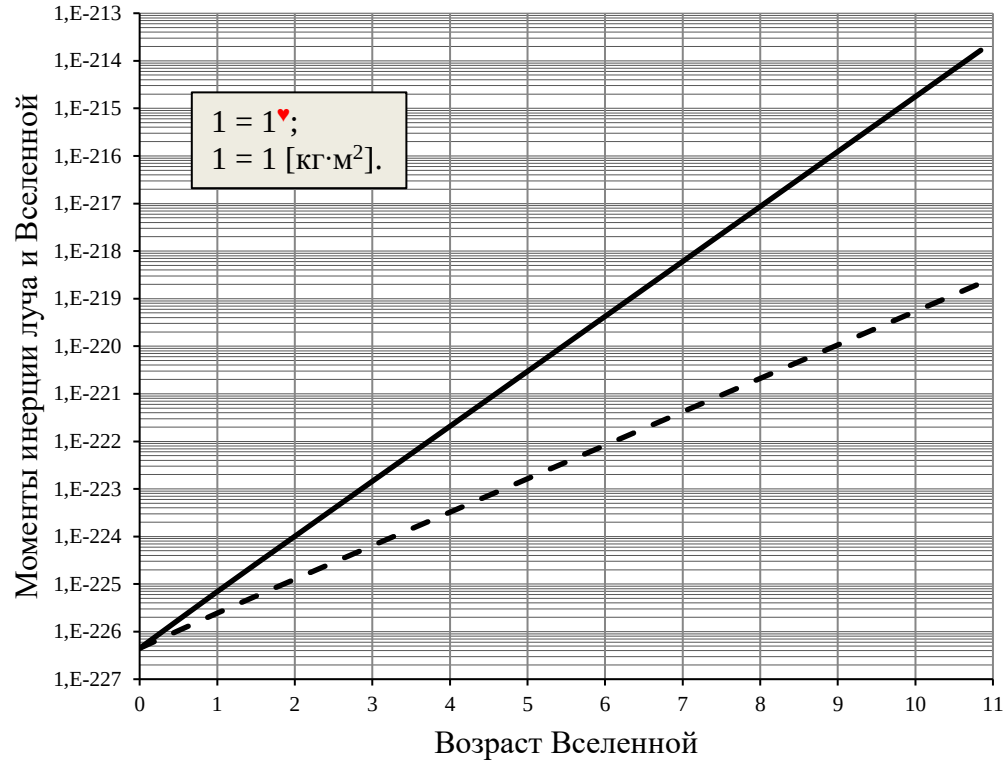
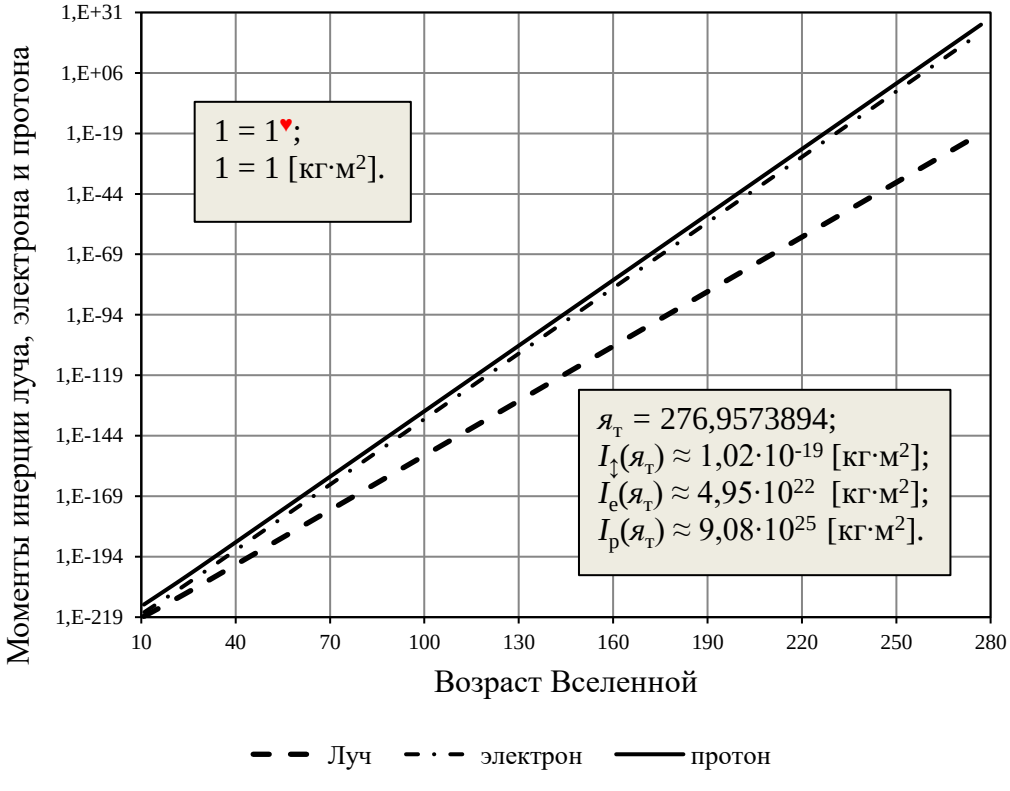


Рис. 6.2.2. Возрастные законы изменения центральных моментов инерции луча, электрона и протона



Возрастные законы, представленные на рисунках 6.2.1 и 6.2.2, определены исходя из тех же предположений, которые приняты в модели размножения и вращения лучей, рассмотренной нами в следующем подразделе.

6.2.2. Модель размножения и вращения луча

Спин электрона был принят нами в качестве “мостика”, который позволил определить энергию вращения луча. Возможно, наш выбор является небезупречным и со временем удастся построить более качественный “мост” или определить энергию вращения луча прямым измерением. На данном этапе нам важно было найти энергию вращения луча, используя которую в модели размножения и вращения лучей мы не получали бы следствия, вступающие в явное противоречие с результатами реальных наблюдений. На наш взгляд, этому требованию отвечает энергия вращения луча определённая исходя из спина электрона.

Спин электрона в системе АСЯ равен:

$$s_{\mathrm{e}} = \frac{h}{4 \cdot \pi} = \sqrt{2^{3_{я}}} \cdot \frac{\left(1 + \bar{m}_{\mathrm{p}}\right) \cdot ю}{8 \cdot (ю - 1)} \cdot ъ \cdot c \cdot a^4, \qquad (6.2.9)$$

где s_{e} – спин электрона.

Определим энергию спина электрона в системе АСЯ:

$$E_{s_{\mathrm{e}}} = \sum_{\mathrm{n=i,j,k}} \frac{s_{\mathrm{e_n}}^2}{2 \cdot I_{\mathrm{e_n}}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{s_{\mathrm{e}}^2}{\frac{2}{3} \cdot I_{\mathrm{e}}} = \frac{9 \cdot h^2}{64 \cdot \pi^2 \cdot I_{\mathrm{e}}} = \frac{9 \cdot ю^2 \cdot \left(1 + \bar{m}_{\mathrm{p}}\right)^2}{256 \cdot (ю - 1)^2} \cdot ъ \cdot a^3 \cdot c^2 = \mathrm{const}, \qquad (6.2.10)$$

где E_{s_e} – энергия спина электрона; i, j, k – центральные взаимно перпендикулярные оси; $s_{e_{\mathrm{n}}} и\ I_{e_{\mathrm{n}}}$ – спин и момент инерции электрона относительно n оси соответственно.

Определив энергию спина электрона в системе АСЯ, мы установили удивительный факт, что она является величиной постоянной, неизменной во времени. А это означает, что в момент образования первых электрона и протона, энергия спина электрона была той же.

Прежде, чем перейти к определению энергии вращения луча, мы должны ответить на вопрос, вращался ли в момент явления йон, породивший нашу

Вселенную, или спин Вселенной равен нулю? Если Вселенная в момент явления обладала спином, и в момент появления первых электрона и протона он поровну был поделен между ними, то энергия вращения луча равна:

$$E_{\omega_\updownarrow} = 2 \cdot E_{S_\text{e}}, \tag{6.2.11}$$

где $E_{\omega_\updownarrow}$ – энергия вращения луча.

Если спин Вселенной в момент явления был равен нулю, а появление спина у электрона и протона произошло в процессе их первого образования, то энергия вращения луча равна:

$$E_{\omega_\updownarrow} = k_{\omega_\updownarrow} \cdot \frac{E_{S_\text{e}}}{\sqrt{1 + \bar{m}_\text{p}}}, \tag{6.2.12}$$

где $k_{\omega_\updownarrow}$ – безразмерный коэффициент, зависящий от распределения лучей в электроне в момент его первого образования.

$$k_{\omega_\updownarrow} \geq \frac{2}{9}. \tag{6.2.13}$$

Безразмерный коэффициент $k_{\omega_\updownarrow} = \frac{2}{9}$ в том случае, когда лучи, образующие первый электрон, располагаются в одной плоскости и направления их вращения совпадают, что соответствует минимальному значению энергии вращения луча:

$$E_{\omega_{\updownarrow\text{min}}} = \frac{ю^2 \cdot \sqrt{\left(1 + \bar{m}_\text{p}\right)^3}}{128 \cdot (ю - 1)^2 \cdot k_{I_\updownarrow}} \cdot ъ \cdot a^3 \cdot c^2. \tag{6.2.14}$$

Заметим, что энергия вращения луча, рассчитанная по формуле (6.2.11) более чем в 385 раз превышает минимальную энергию вращения луча, рассчитанную по формуле (6.2.14).

Возможно, со временем в ходе специальных исследований удастся установить, обладала ли Вселенная спином в момент явления. В настоящем исследовании мы будем исходить из того, что спин Вселенной равен нулю, а энергия вращения луча в момент образования первых электрона и протона определяется зависимостью (6.2.12), в которой безразмерный коэффициент $k_{\omega_\updownarrow} = 1$, то есть:

$$E_{\omega_{↕*}} = k_{\omega_↕} \cdot \frac{E_{s_e}}{\sqrt{1+\bar{m}_\text{р}}} = \frac{9 \cdot ю^2 \cdot \sqrt{\left(1+\bar{m}_\text{р}\right)^3}}{256 \cdot (ю-1)^2 \cdot k_{I_↕}} \cdot ъ \cdot a^3 \cdot c^2, \qquad (6.2.15)$$

где $E_{\omega_{↕*}} -$ энергия вращения луча в момент образования первых электрона и протона.

При этом мы будем полагать, что в ходе размножения луча энергия его вращения, которой он обладал до размножения, делится поровну между появившимися двумя лучами. Также при размножении лучи получают дополнительные центральные моменты количества движения равные по величине, но противоположные по направлению, с общей энергией вращения равной $E_{\omega_{↕*}}$. Направления векторов дополнительных центральных моментов количества движения ортогональны плоскости, образованной вектором момента количества движения луча перед размножением и радиус вектором луча в момент размножения.

При принятых допущениях получаем зависимость энергии вращения луча от возраста его последнего размножения:

$$E_{\omega↕} = E_{\omega_{↕*}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2^{3 \cdot я_{\text{р}↕}+2}}}\right), \qquad (6.2.16)$$

где $я_{\text{р}↕} -$ возраст Вселенной, при котором произошло последнее размножение луча.

Анализ зависимости (6.2.16) показывает, что энергия вращения луча, начиная со значения равного половине $E_{\omega_{↕*}}$, которое имеет место в момент явления, очень быстро практически его достигает. Так, что при $я_{\text{р}↕} \geq \log_2\left(1+\bar{m}_\text{р}\right)$ можно полагать, что энергия вращения любого луча во Вселенной есть величина постоянная, равная $E_{\omega↕} = E_{\omega_{↕*}}$.

Вектора угловых скоростей луча перед размножением и лучей после размножения лежат в плоскости, проведённой через центр луча и ортогональной лучу в момент размножения, и имеют начала в центре луча. При этом углы между векторами угловых скоростей лучей после размножения с вектором

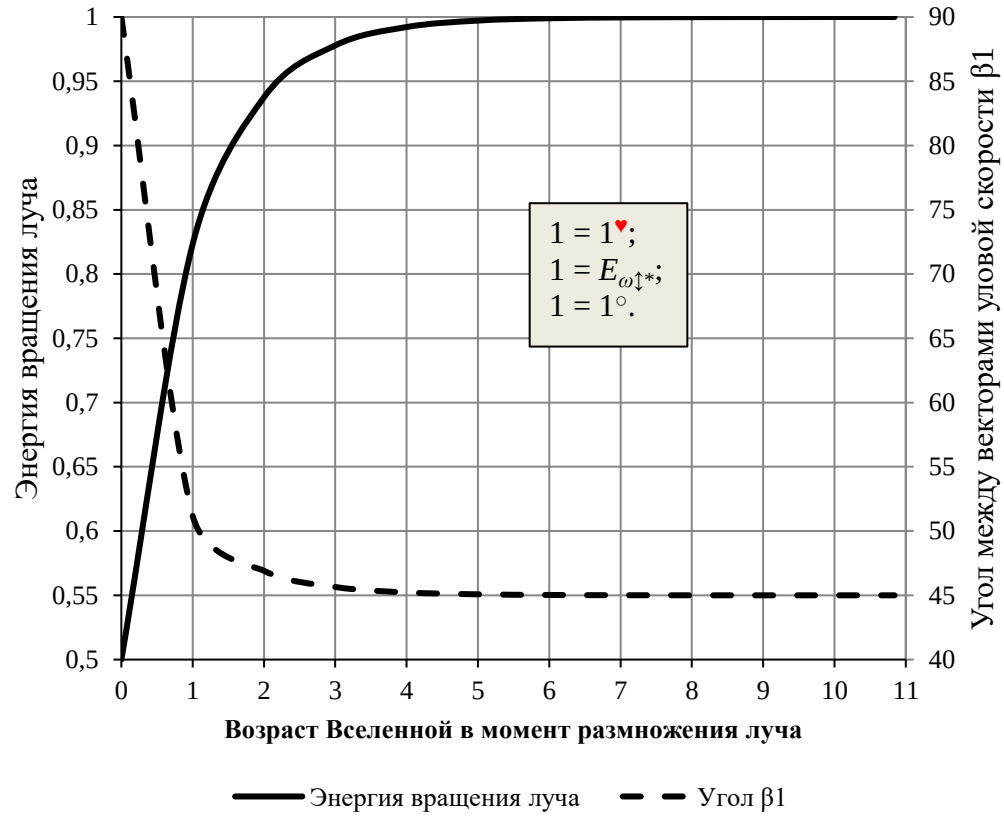
угловой скорости луча перед размножением, с учётом принятых допущений, составляют:

$$\beta_{1,2} = \pm\text{arctg}\left(\sqrt{1+\frac{1}{\sqrt{2^{3\cdot я_{\text{р}\updownarrow}}-1}}}\right). \qquad (6.2.17)$$

Анализ зависимости (6.2.17) показывает, что углы $\beta_{1,2}$, начиная со значений $\pm\frac{\pi}{2}$ в момент явления, очень быстро достигают значений $\pm\frac{\pi}{4}$. Так что при $я_{\text{р}\updownarrow} \geq \log_2\left(1+\bar{m}_{\text{р}}\right)$ можно полагать, что углы $\beta_{1,2}$ при размножении любого луча во Вселенной равны $\pm\frac{\pi}{4}$.

На рисунке 6.2.3 представлены возрастные законы изменения энергии луча и угла между векторами угловой скорости луча до и после его размножения.

Рис 6.2.3. Энергия вращения луча и угол между векторами угловой скорости луча до и после его размножения



Если $\omega \cdot R \gg 2 \cdot (ю - 1) \cdot c$, что при принятых нами допущениях имеет место в ранней Вселенной, когда её возраст не превышает $я < 5$♥, для

определения угловой скорости вращения луча можно использовать следующую зависимость:

$$\omega_{\updownarrow} \approx \sqrt{1+\bar{m}_{\text{р}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{9 \cdot k_{E_{\omega\updownarrow}} \cdot \text{ю}^2}{4 \cdot k_{I_{\updownarrow}} \cdot (\text{ю}-1)^2}} \cdot \sqrt[6]{\left(\frac{t_{\clubsuit}}{t}\right)^7} \cdot \frac{c}{a}, \tag{6.2.18}$$

где $k_{E_{\omega\updownarrow}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2^{3 \cdot я_{p\updownarrow}+2}}}$.

При этом изменение интегрального угла поворота луча за промежуток времени между двумя его последовательными размножениями равно:

$$\varphi_{\updownarrow_{я_{\text{р}}\updownarrow}} = \int\limits_{t=2^{я_{\text{р}}\updownarrow} \cdot t_{\clubsuit}}^{2^{\frac{2}{3}+я_{\text{р}}\updownarrow} \cdot t_{\clubsuit}} \omega_{\updownarrow} \cdot dt \approx \sqrt{1+\bar{m}_{\text{р}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{9 \cdot k_{E_{\omega\updownarrow}} \cdot \text{ю}^2}{4 \cdot k_{I_{\updownarrow}} \cdot (\text{ю}-1)^2}} \cdot \sqrt[6]{t_{\clubsuit}{}^7} \cdot \frac{c}{a} \cdot \int\limits_{t=2^{я_{\text{р}}\updownarrow} \cdot t_{\clubsuit}}^{2^{\frac{2}{3}+я_{\text{р}}\updownarrow} \cdot t_{\clubsuit}} \frac{dt}{\sqrt[6]{t^7}} =$$

$$= \frac{3 \cdot \sqrt{1+\bar{m}_{\text{р}}}}{2 \cdot (\text{ю}-1)} \cdot \sqrt[6]{\frac{1}{2^{я_{\text{р}}\updownarrow}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{9 \cdot \text{ю}^2}{4 \cdot k_{I_{\updownarrow}} \cdot (\text{ю}-1)^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2^{3 \cdot я_{\text{р}}\updownarrow+2}}}\right)} \cdot \left(1 - \sqrt[9]{\frac{1}{2}}\right), \tag{6.2.19}$$

где $k_{E_{\omega\updownarrow}} = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2^{3 \cdot я_{\text{р}}\updownarrow+2}}}\right)$.

Если $\omega \cdot R \ll 2 \cdot (\text{ю}-1) \cdot c$, что при принятых нами допущениях имеет место во Вселенной, когда её возраст превышает $я > 45^{\heartsuit}$, для определения угловой скорости вращения луча можно использовать следующую зависимость:

$$\omega_{\updownarrow} \approx \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\omega\updownarrow}}{I_{\updownarrow}}} \approx \frac{3 \cdot \text{ю}}{16 \cdot (\text{ю}-1) \cdot k_{I_{\updownarrow}}} \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{T_{\clubsuit}}{T}\right)^5} \cdot \sqrt[4]{4 \cdot \left(1+\bar{m}_{\text{р}}\right)^3} \cdot \frac{c}{a}. \tag{6.2.20}$$

При этом изменение интегрального угла поворота луча за промежуток времени от T_0 до T равно:

$$\varphi_{\updownarrow} = \int\limits_{t=T_0}^{T} \omega_{\updownarrow} \cdot dt \approx \frac{3 \cdot \text{ю} \cdot \sqrt[4]{4 \cdot \left(1+\bar{m}_{\text{р}}\right)^3 \cdot T_{\clubsuit}^5}}{16 \cdot (\text{ю}-1) \cdot k_{I_{\updownarrow}}} \cdot \frac{c}{a} \cdot \int\limits_{t=T_0}^{T} \frac{dt}{\sqrt[4]{t^5}} =$$

$$= \frac{3 \cdot \text{ю}}{16 \cdot (\text{ю}-1)^2 \cdot k_{I_{\updownarrow}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{T_{\clubsuit}}{T_0}} \cdot \sqrt[4]{4 \cdot \left(1+\bar{m}_p\right)^3} \cdot \left(1 - \sqrt[4]{\frac{T_0}{T}}\right). \tag{6.2.21}$$

Для определения угловой скорости луча, когда возраст Вселенной находится в интервале $5^{\heartsuit} \leq я \leq 45^{\heartsuit}$ и величина момента инерции луча

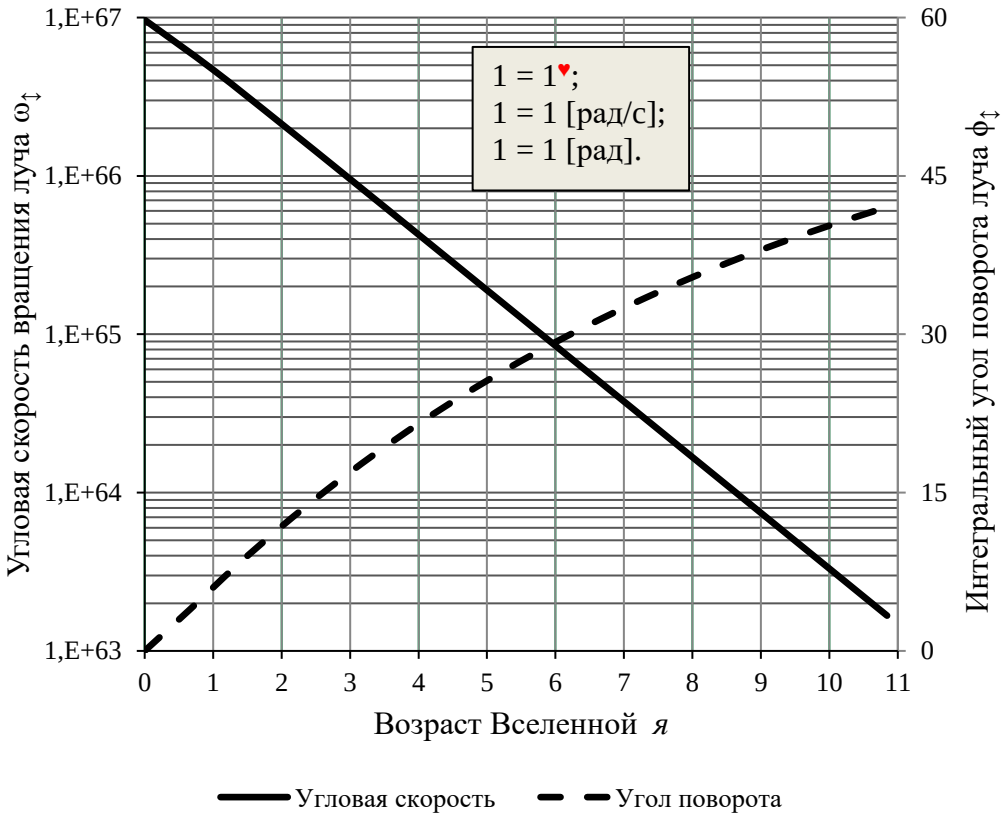
определяется зависимостью (6.2.1.2), мы использовали метод последовательных приближений.

6.2.3. Результаты исследований на модели размножения и вращения луча

Возрастные законы изменения угловой скорости вращения луча и интегрального угла поворота луча, созданного в момент явления, на ранней стадии образования Вселенной представлены на рисунке 6.2.4.

Интегральный угол поворота конкретного луча зависит не только от момента его определения, но и от момента творения этого конкретного луча. Функция распределения интегрального угла поворота луча, определённая в момент образования первых электрона и протона, представлена на рисунке 6.2.5.

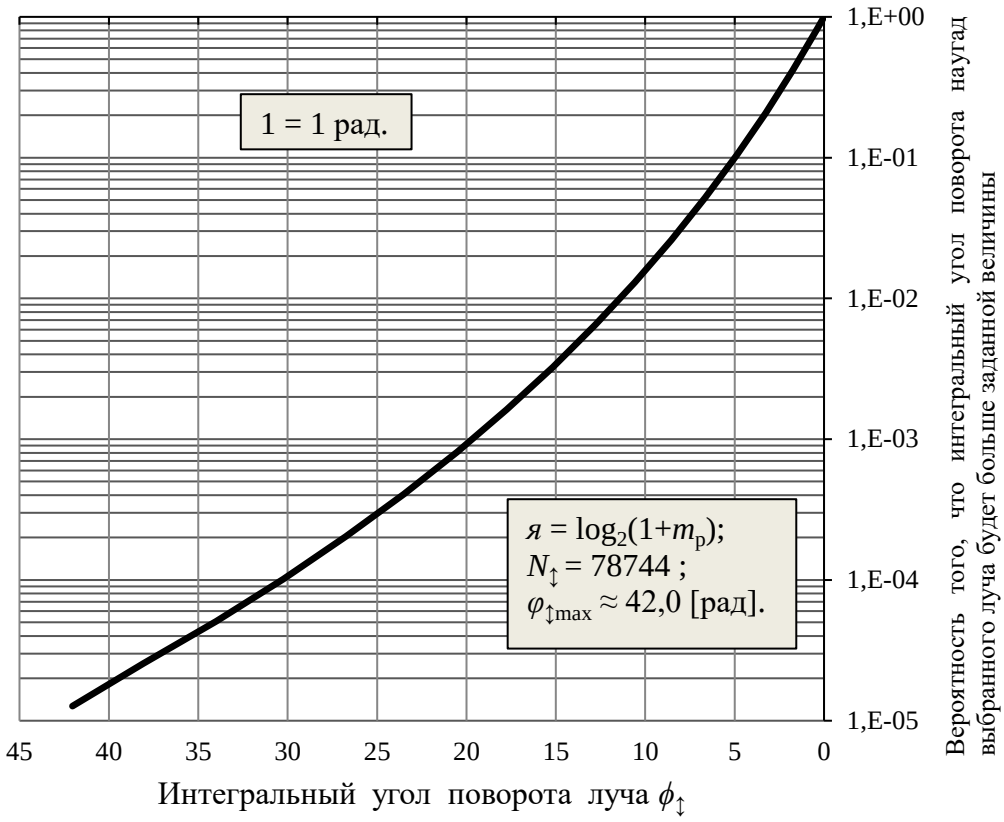
Рис. 6.2.4. Возрастные законы изменения угловой скорости вращения и интегрального угла поворота луча



В момент появления первых электрона и протона лишь два из 78744 лучей имеют интегральный угол поворота близкий к 42 радианам, в то время,

когда у 90% всех лучей интегральный угол поворота составляет не более пяти радиан.

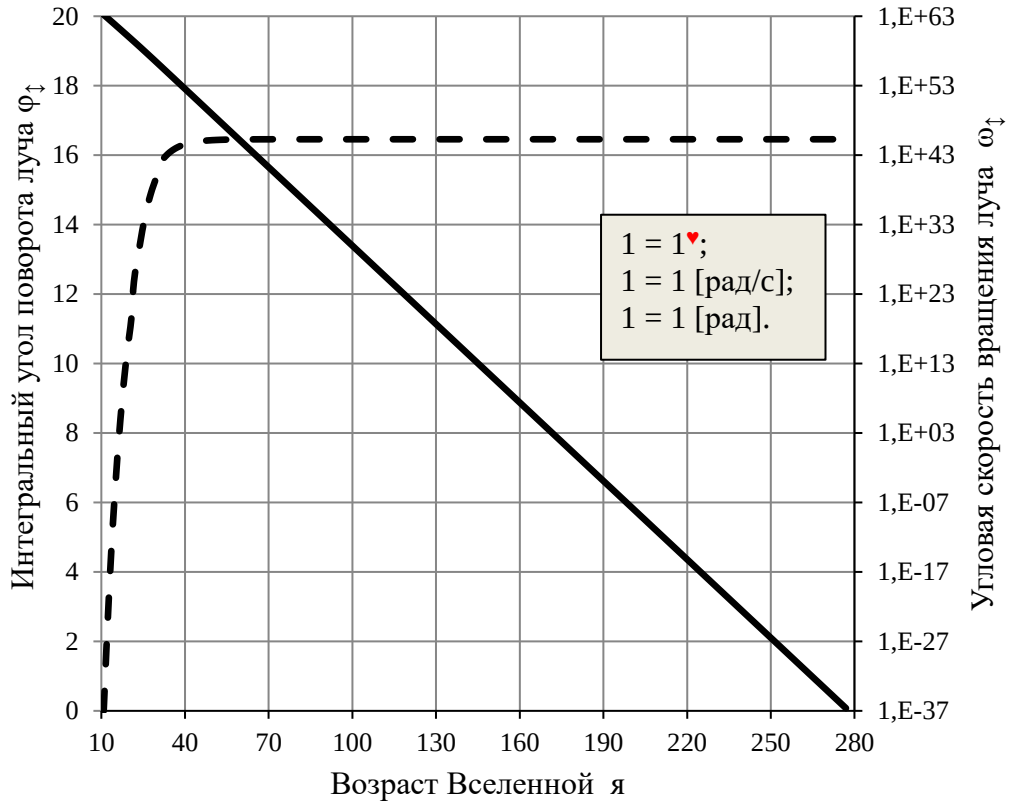
Рис. 6.2.5. Функция распределения интегрального угла поворота луча в момент появления первых электрона и протона



Возрастные законы изменения угловой скорости вращения луча (сплошная линия) и интегрального угла поворота луча – ровесника первых электрона и протона (пунктирная линия) с момента образования первых электрона и протона и по настоящее время представлены на рисунке 6.2.6.

Как видно из представленных зависимостей, значимое изменение интегрального угла поворота луча – ровесника первых электрона и протона произошло в ранний период его существования, когда его возраст достиг 30 поколений, и составило примерно 16,33 радиана. За последующий период равный примерно 236 поколениям изменение интегрального угла поворота луча составило менее 7 градусов. При этом текущая угловая скорость вращения луча примерно равна $\omega_{\updownarrow} \approx 2{,}4 \cdot 10^{-37}\ \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}}\right]$, что соответствует её падению за время существования луча более чем на 99 порядков.

Рис. 6.2.6. Возрастные законы изменения угловой скорости вращения и интегрального угла поворота луча



На рисунке 6.2.7 представлены возрастные законы изменения угловой скорости вращения луча и интегрального угла поворота луча в ходе последних 20 поколений. Как видно из представленных зависимостей, изменение интегрального угла поворота луча за этот период, т.е. с момента, когда нашей Вселенной было меньше семи тысяч лет и по настоящее время, составило примерно триллионную долю угловой секунды. Угловая скорость вращения луча за этот период уменьшилась более чем в 33 миллиона раз.

Функция распределения интегрального угла поворота луча в современную эпоху представлена на рисунке 6.2.8. Лишь один из миллиона лучей с момента своего появления по настоящее время имеют интегральный угол поворота больше сорока четырёх триллионных угловой секунды.

Рис. 6.2.7. Возрастные законы изменения угловой скорости вращения и интегрального угла поворота луча за последние 20 поколений

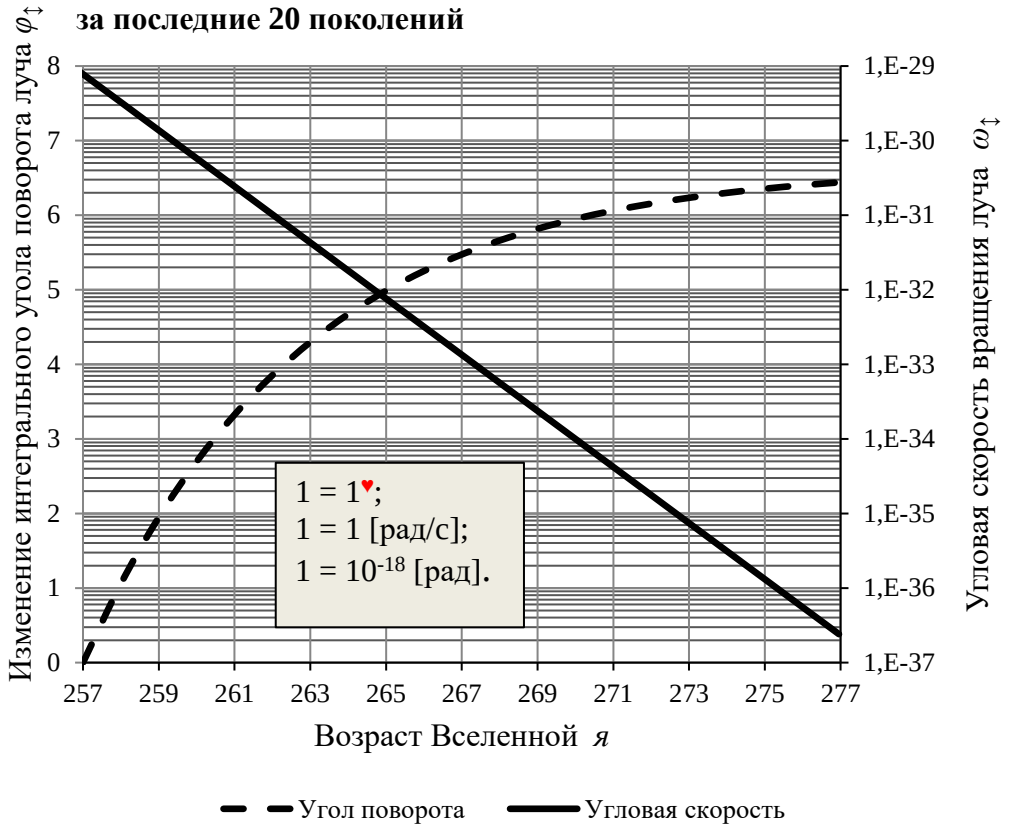
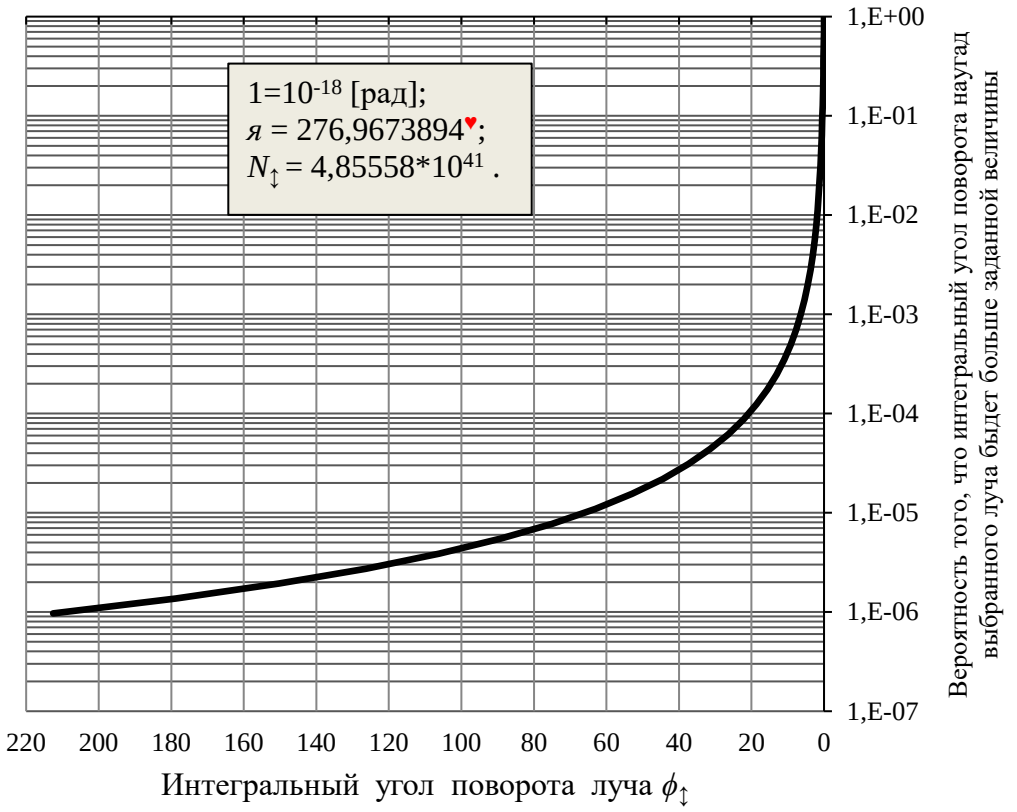


Рис. 6.2.8. Функция распределения интегрального угла поворота луча в современную эпоху



6.2.4. Формирование пространства Вселенной до момента образования первых электрона и протона

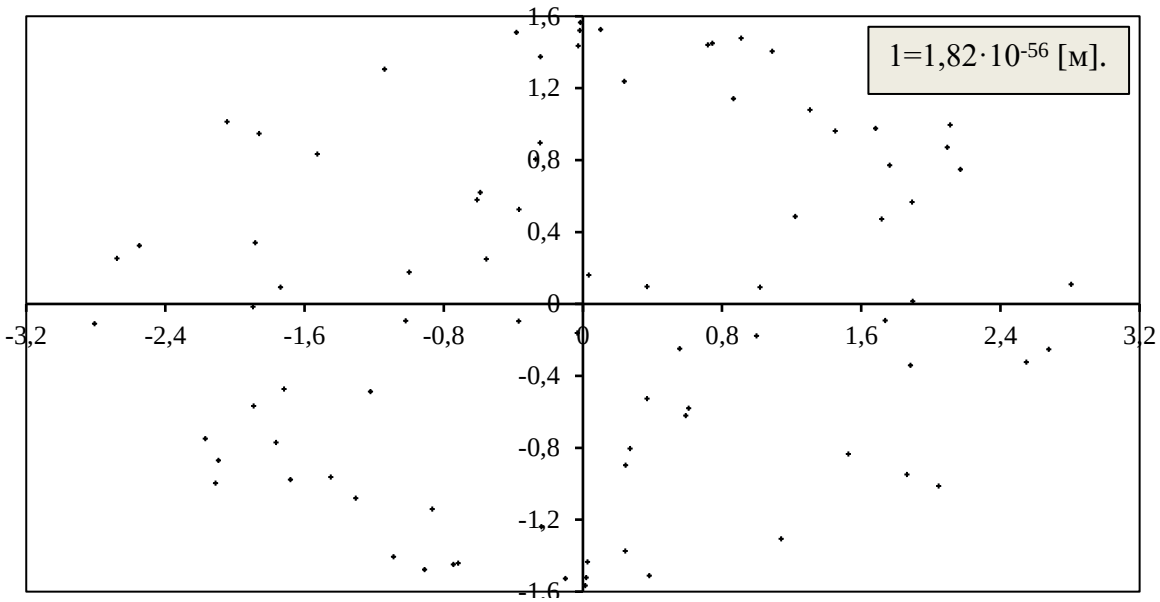
Основываясь на законах размножения лучей, а также используя законы изменения угловой скорости и интегрального угла поворота луча, полученные в подразделе 6.2.3, мы построили модель формирования пространства Вселенной, которая позволяет определить, как меняется во времени распределение лучей в пространстве.

Изменение местоположения лучей при их размножении от момента явления до момента появления первых электрона и протона в основном определяется их вращением относительно центра луча. Полагая, что в этот период эволюции Вселенной центры всех лучей совпадают, местоположение луча будем определять отметками, которые он оставляет на сфере радиусом равным радиусу луча и с центром, который совпадает с центрами лучей. Положение отметок лучей на сфере будем определять в сферической системе координат. Для определённости проведём фундаментальную плоскость через центр сферы ортогонально векторам угловой скорости лучей в момент явления. Отсчёт азимутального угла φ_1 будем производить от продольного направления луча в момент явления. Определим область изменения азимутального угла $-\pi \leq \varphi_1 \leq \pi$, отсчёт против часовой стрелки будем считать положительным. В качестве второго угла при определении местоположения отметок будем использовать угол подъёма φ_2 – угол между проекцией радиус-вектора отметки луча на фундаментальную плоскость и самим радиус-вектором отметки луча на сфере. Угол подъёма меняется в пределах $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi_2 \leq \frac{\pi}{2}$. Третьим параметром, определяющим местоположение отметки луча на сфере, является её радиус, который равен текущему радиусу луча и определяется его возрастным законом изменения.

Распределения лучей во Вселенной различных возрастов показаны на рисунках 6.2.9÷6.2.12. Дополнительно для Вселенной в момент появления

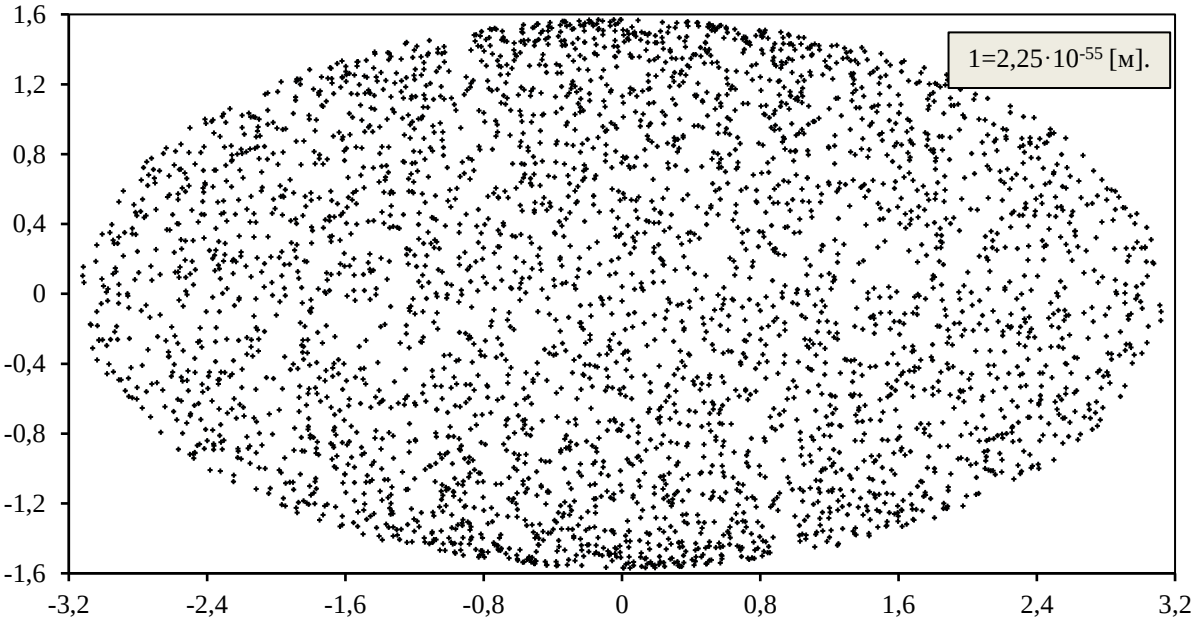
первых электрона и протона были определены плотности распределения проекций лучей и осей вращения лучей по взаимно ортогональным осям.

Рис. 6.2.9. Распределение лучей во Вселенной в возрасте *я* ≈ 3,59♥



$N_{\updownarrow} = 42$; $я = ⅔ \log_2 N_{\updownarrow} \approx 3{,}594878$♥; $dя = ⅔$♥; $k_{\omega\updownarrow} = 1$.

Рис.6.2.10. Распределение лучей во Вселенной в возрасте я ≈ 7,23♥

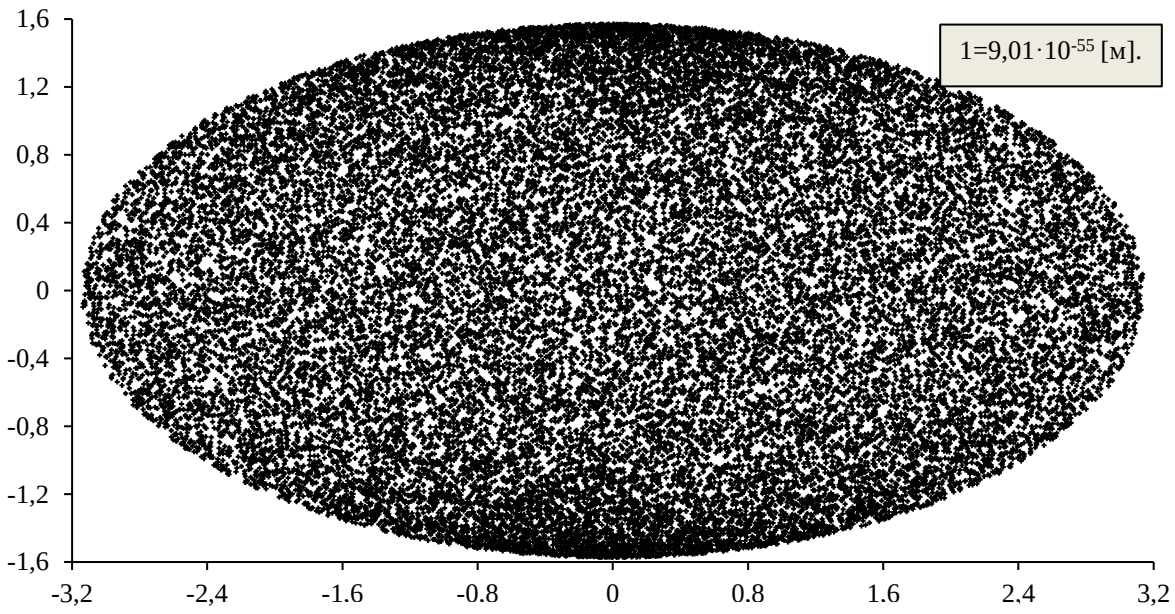


$N_{\updownarrow} = 1836$; $я = ⅔ \cdot \log_2 N_{\updownarrow} \approx 7{,}228234$♥; $dя = ⅔$♥; $k_{\omega\updownarrow} = 1$.

Основной вывод, который следует из результатов исследований, состоит в том, что при принятых нами допущениях энергии вращения луча, определяемой зависимостью (6.2.15), вполне достаточно для того, чтобы к моменту образования первых электрона и протона осуществить “раскрутку” лучей

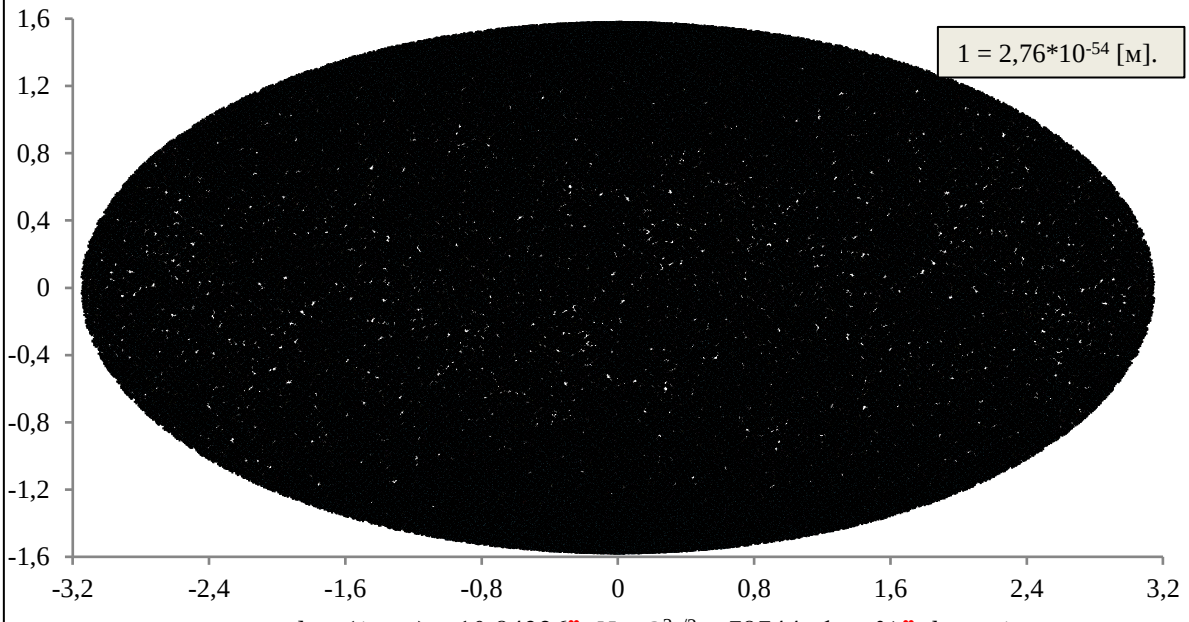
Вселенной. Действительно, распределение лучей в пространстве, а также плотности распределения проекций лучей и осей их вращения по направлениям в пространстве не имеют явных аномалий и близки к равномерному распределению.

Рис.6.2.11. Распределение лучей во Вселенной в возрасте я ≈ 9,23♥



$N_{\updownarrow}$ = 14686; $я = ⅔\cdot\log_2 N_{\updownarrow} \approx 9{,}228234$♥; d$я$ = ⅔♥; $k_{\omega\updownarrow} = 1$.

Рис.6.2.12 Распределение лучей во Вселенной в возрасте $я=\log_2(1+m_p)$



$я = \log_2(1+m_p) \approx 10{,}84326$♥; $N_{\updownarrow} = 2^{3я/2} \approx 78744$; d$я$ = ⅔♥; $k_{\omega\updownarrow} = 1$.

С момента образования первых электрона и протона для определения местоположения луча недостаточно знать элементы его вращательного движения относительно центра луча, но необходимо знать также, как меняется местоположение центра луча относительно центра Вселенной. Дело в том, что размножение частиц в основном связано не с изменением элементов вращательного движения лучей, их образующих, относительно центра лучей, а с изменением элементов поступательного движения частиц относительно центра Вселенной, а, следовательно, и с изменением местоположения центров лучей им принадлежащих.

Как меняется местоположение частиц относительно центра Вселенной, мы рассмотрим в подразделах 6.3÷6.7, основываясь на модели размножения и разлёта частиц.

6.2.5. Размножение и вращение лучей в электроне

Ответ на вопрос о достаточности энергии вращения луча, принятой нами к исследованию, чтобы осуществить соответствующую “раскрутку” лучей в протоне ясен уже в момент образования первых электрона и протона. Дело в том, что в этот момент 99,9456% всех лучей Вселенной это лучи, образовавшие протон. Следовательно, результаты исследований о распределении лучей, а также плотности распределения проекций лучей и осей их вращения по осям характеризуют в значительной мере не только Вселенную, но и протон.

Но достаточно ли энергии вращения луча, принятой нами к исследованию, чтобы осуществить соответствующую “раскрутку” лучей электрона? Дело в том, что с момента явления до момента появления первых электрона и протона, угловая скорость вращения луча уменьшилась примерно в 5788 раз.

Для того чтобы получить ответ на поставленный вопрос и при этом определить, как меняются распределения лучей электрона в пространстве по мере его взросления, а также получить возрастной закон изменения спина электрона, была разработана модель размножения и вращения лучей в электроне.

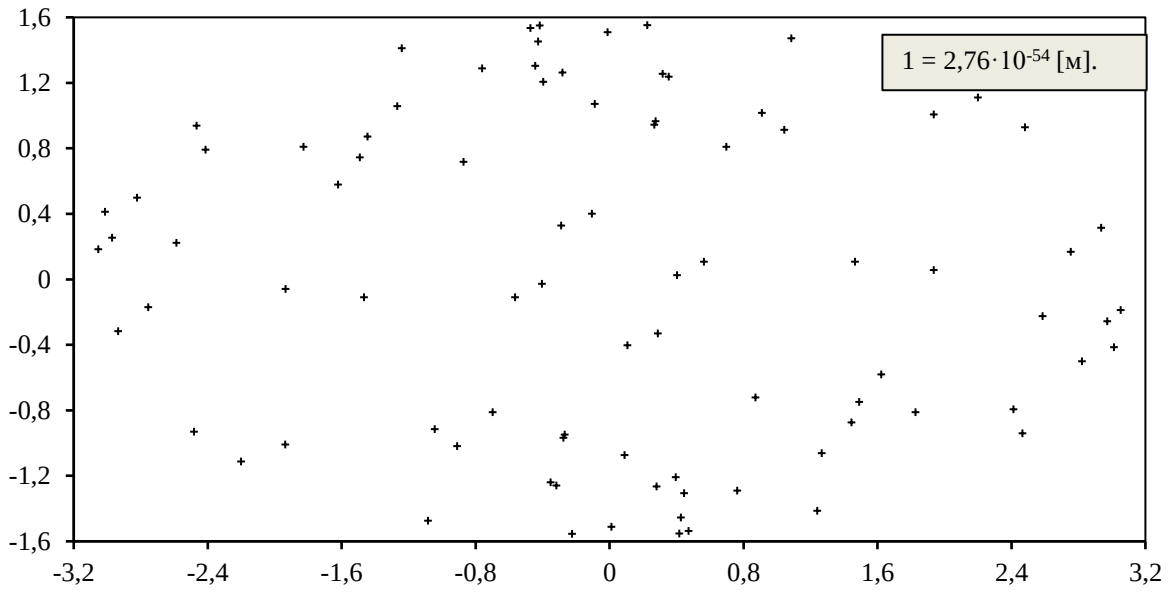
По сути, данная модель отличается от модели формирования пространства Вселенной до момента образования первых электрона и протона лишь начальными условиями и интенсивностью размножения луча. Если на ранней стадии формирования Вселенной возрастной период размножения луча равен $дя = ⅔$♥, то при формировании электрона он в три раза больше, т.е. $дя = 2$♥.

Распределение лучей в электроне в момент его образования $\left(я = я_* = \log_2(\bar{m}_p + 1)\right)$ представлено на рис. 6.2.13. Основным условием, позволившим из 78744 лучей выбрать 43 луча, образовавших электрон, являлось равенство их суммарного момента количества движения спину электрона в момент его образования:

$$\sum_{i=1}^{n_{\updownarrow e}} \vec{M}_{\omega\updownarrow_i} = \vec{s}_e, \qquad (6.2.22)$$

где $\vec{M}_{\omega\updownarrow_i}$ – центральный момент количества движения i луча электрона.

Рис. 6.2.13. Распределение лучей в электроне в момент его образования ($я = \log_2(m_p + 1)$; $n_{\updownarrow e} = 43$; $k_{\omega\updownarrow} = 1$; $E_{\omega\updownarrow} = 2{,}95 \cdot 10^{-93}$[Дж])



Условие отбора лучей: $S_{Ze} \to S_e = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot n_{\updownarrow e} \cdot M_{\omega\updownarrow};\ S_{Xe} \to 0;\ S_{Ye} \to 0.$

Результат отбора лучей: $S_{Ze} = 20{,}2723 \cdot M_{\omega\updownarrow};\ S_{Xe} = -0{,}0067 \cdot M_{\omega\updownarrow}; S_{Ye} = -0{,}02147 \cdot M_{\omega\updownarrow}.$

Для определённости выбора мы потребовали, чтобы вектор спина электрона был направлен вдоль оси Z. Таким образом, условие выбора лучей электрона в момент его образования получило следующее выражение:

$$\left(\sum_{\mathrm{i}=1}^{n_{\updownarrow \mathrm{e}}} M_{\omega\updownarrow Z_{\mathrm{i}}} \to s_{\mathrm{e}}\right) \wedge \left(\sum_{\mathrm{i}=1}^{n_{\updownarrow \mathrm{e}}} M_{\omega\updownarrow X_{\mathrm{i}}} \to 0\right) \wedge \left(\sum_{\mathrm{i}=1}^{n_{\updownarrow \mathrm{e}}} M_{\omega\updownarrow Y_{\mathrm{i}}} \to 0\right), \quad (6.2.23)$$

где $M_{\omega\updownarrow Z_{\mathrm{i}}}, M_{\omega\updownarrow X_{\mathrm{i}}}, M_{\omega\updownarrow Y_{\mathrm{i}}}$ – проекции центрального момента количества движения i луча электрона на оси Z, X и Y соответственно.

Отметим, что условию отбора лучей в электроне в момент его образования (6.2.23) соответствуют большое число распределений лучей и принятое нами для дальнейших исследований распределение является лишь одним из возможных. Интегральные и дифференциальные распределения проекций спина электрона на оси Z, X и Y по лучам его образующим представлены на рисунках 6.2.14÷6.2.16. Принятое нами для дальнейших исследований распределение лучей в электроне в момент его образования имеет следующие проекции спина:

Рис. 6.2.14. Интегральное и дифференциальное распределение проекции спина электрона на ось Z по его лучам

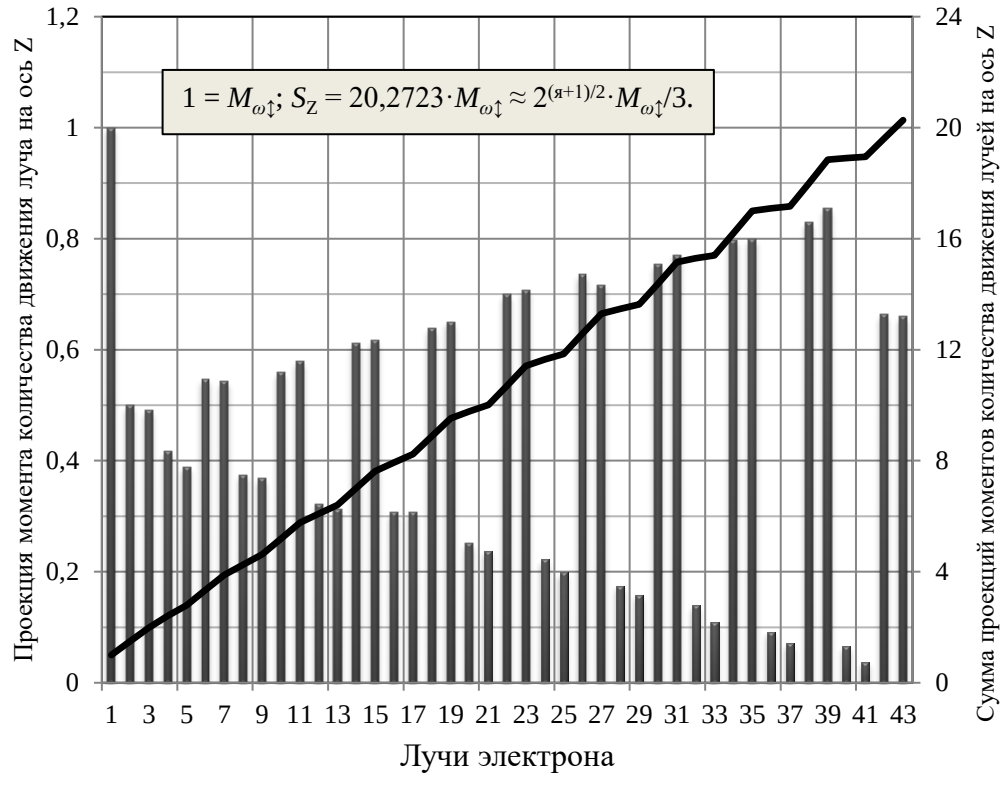


Рис. 6.2.15. Интегральное и дифференциальное распределение проекции спина электрона на ось X по его лучам

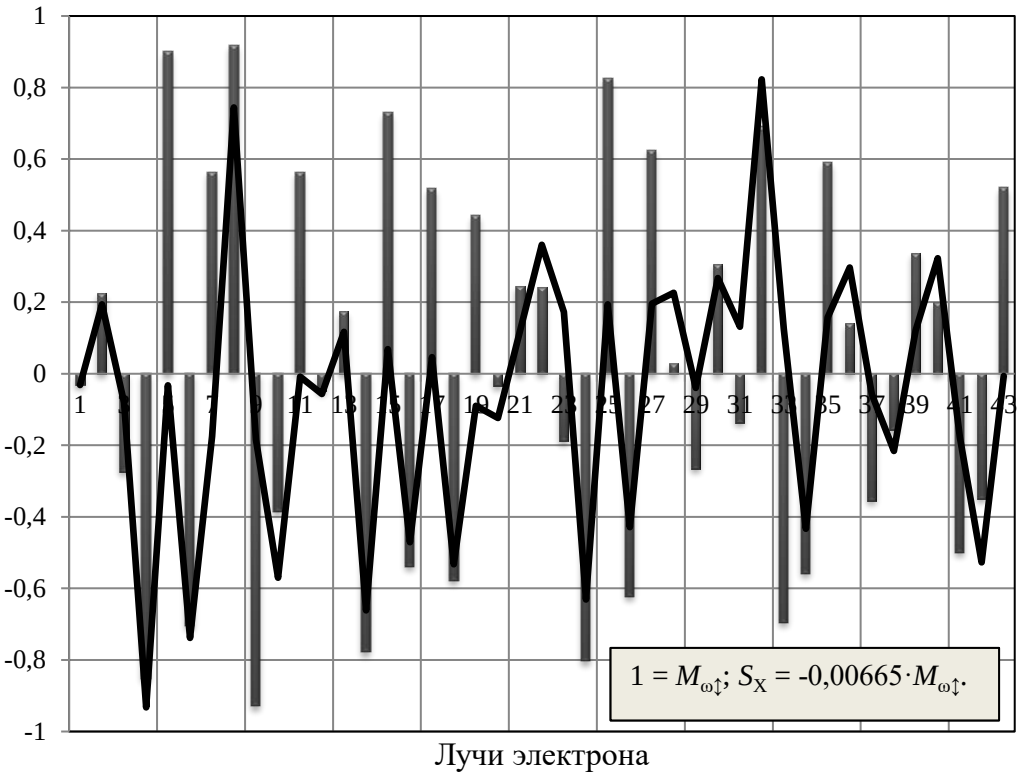
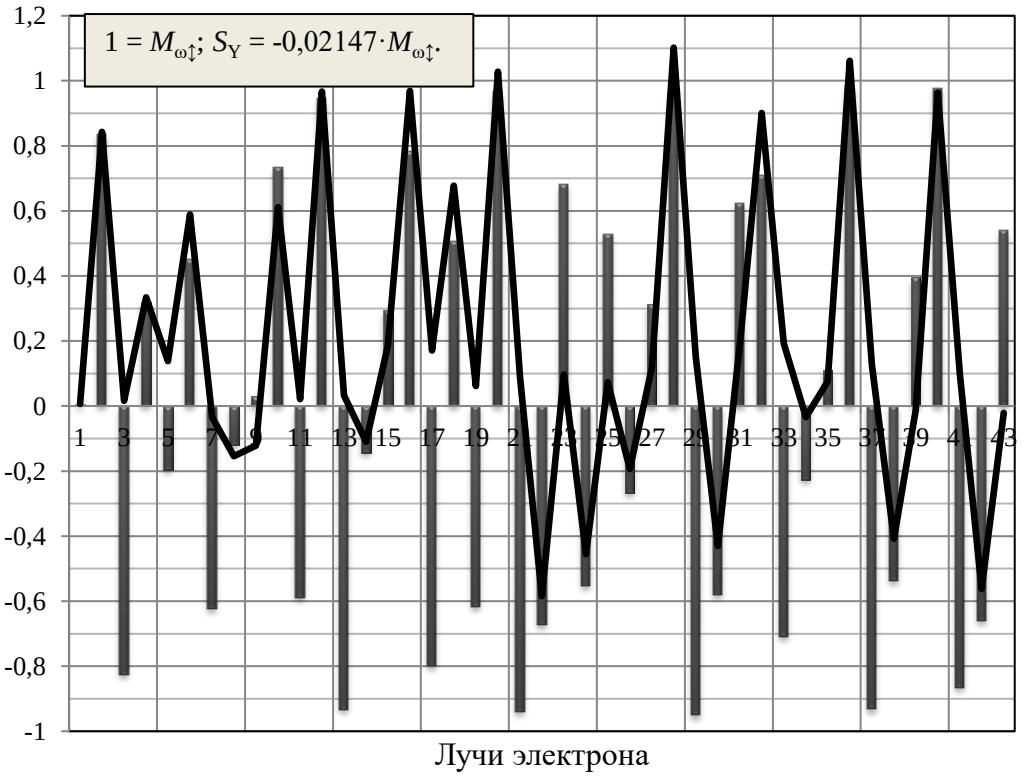


Рис. 6.2.16. Интегральное и дифференциальное распределение проекции спина электрона на ось Y по его лучам



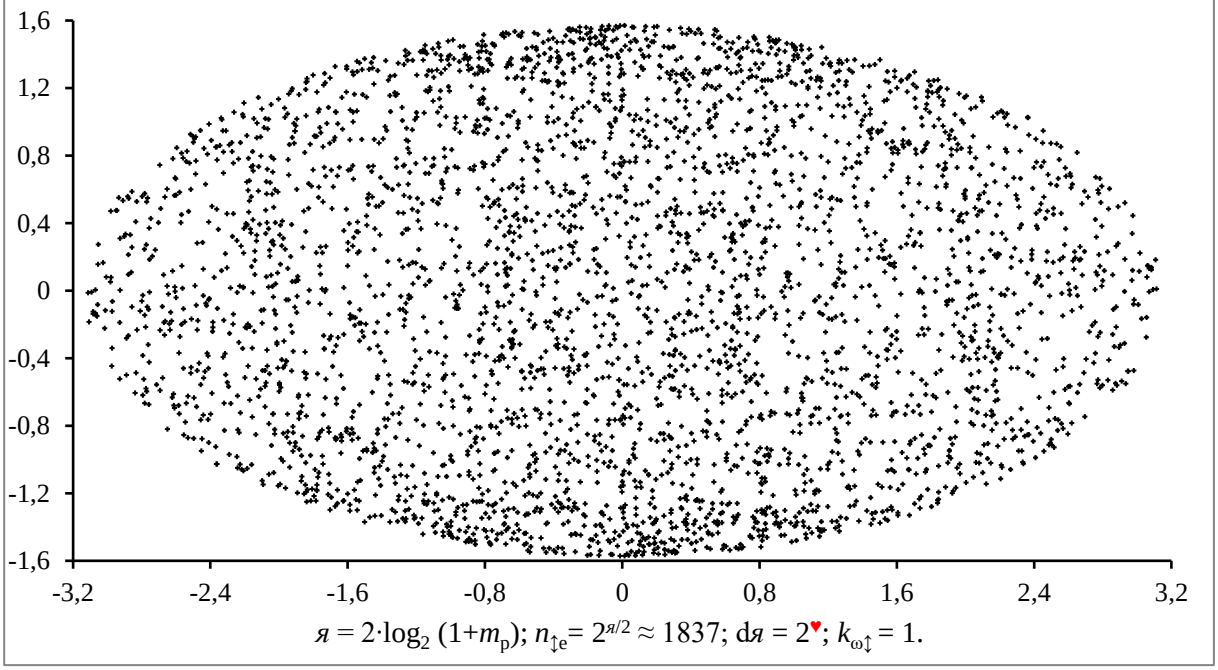
$$S_{Ze} = 20{,}2723 \cdot M_{\omega\updownarrow};\quad S_{Xe} = -0{,}0067 \cdot M_{\omega\updownarrow};\quad S_{Ye} = -0{,}02147 \cdot M_{\omega\updownarrow}. \quad (6.2.24)$$

Полученное значение спина электрона лишь на три десятых процента отличается от теоретического значения, что в данном случае является приемлемым. Основываясь на принятом нами распределении лучей в электроне в момент его образования (рис. 6.2.13÷6.2.16), были выполнены исследования на модели размножения и вращения лучей в электроне. В ходе этих исследований по мере изменения возраста Вселенной были определены:

- распределение лучей в электроне;
- плотности распределения проекций лучей в электроне по осям X, Y и Z;
- плотности распределения проекций осей вращения лучей в электроне по осям X, Y и Z;
- интегральные и дифференциальные распределения проекций спина электрона на оси X, Y и Z.

Результаты проведённых исследований, определённые при возрасте Вселенной равном $я = 2 \cdot \log_2(1 + \bar{m}_p) \approx 21{,}69$♥ , когда число лучей в электроне достигло $n_{\updownarrow e} \approx 1837$, представлены на рис. 6.2.17÷6.2.20.

Рис.6.2.17. Распределение лучей в электроне при возрасте Вселенной равном *я* = 21,69♥



я = 2·log$_2$ (1+m_p); $n_{\updownarrow e}$= $2^{я/2}$ ≈ 1837; d*я* = 2♥; $k_{\omega\updownarrow}$ = 1.

Рис. 6.2.18. Интегральное и дифференциальное распределения проекции спина электрона на ось Z

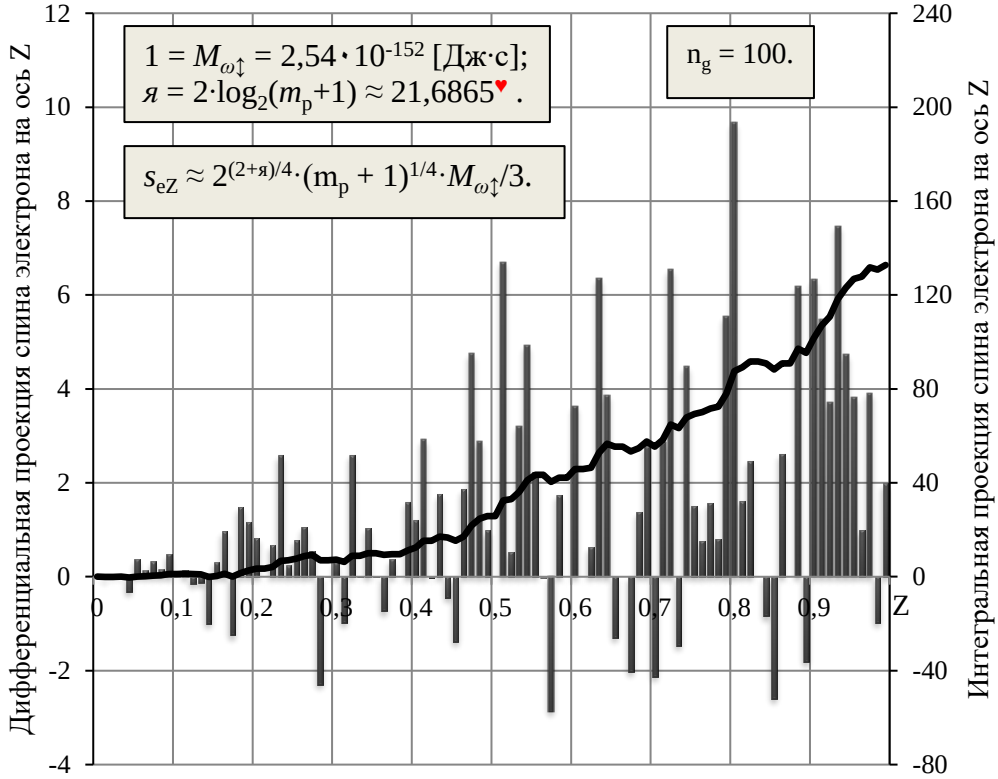


Рис. 6.2.19. Интегральное и дифференциальное распределения проекции спина электрона на ось X

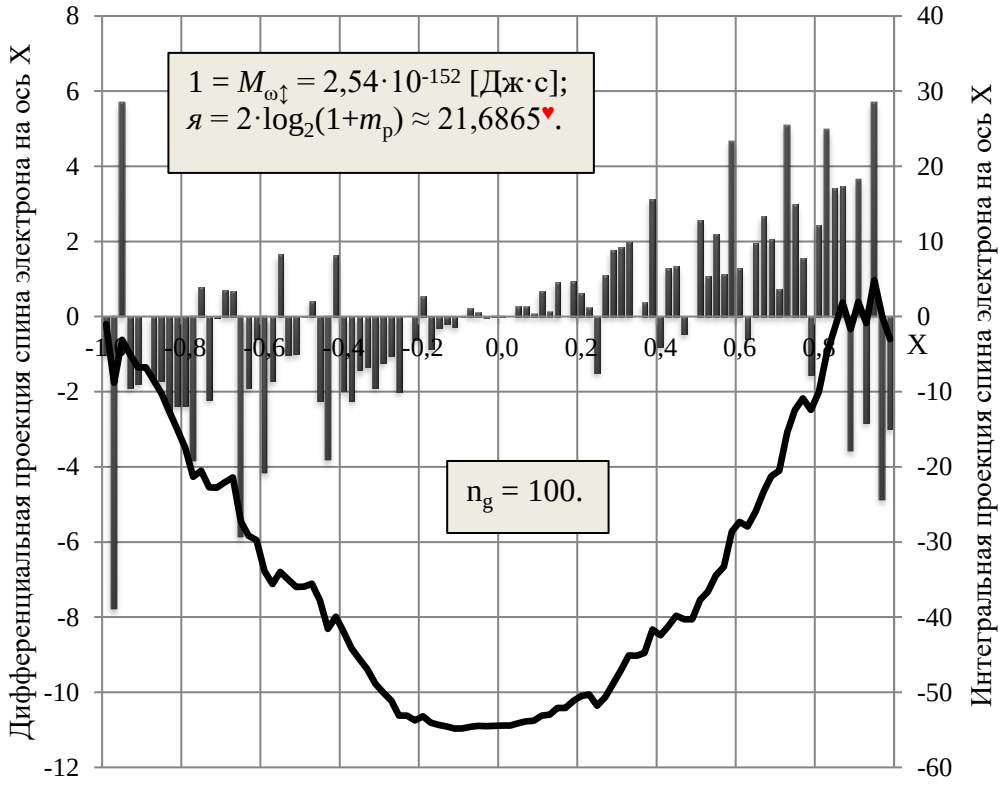
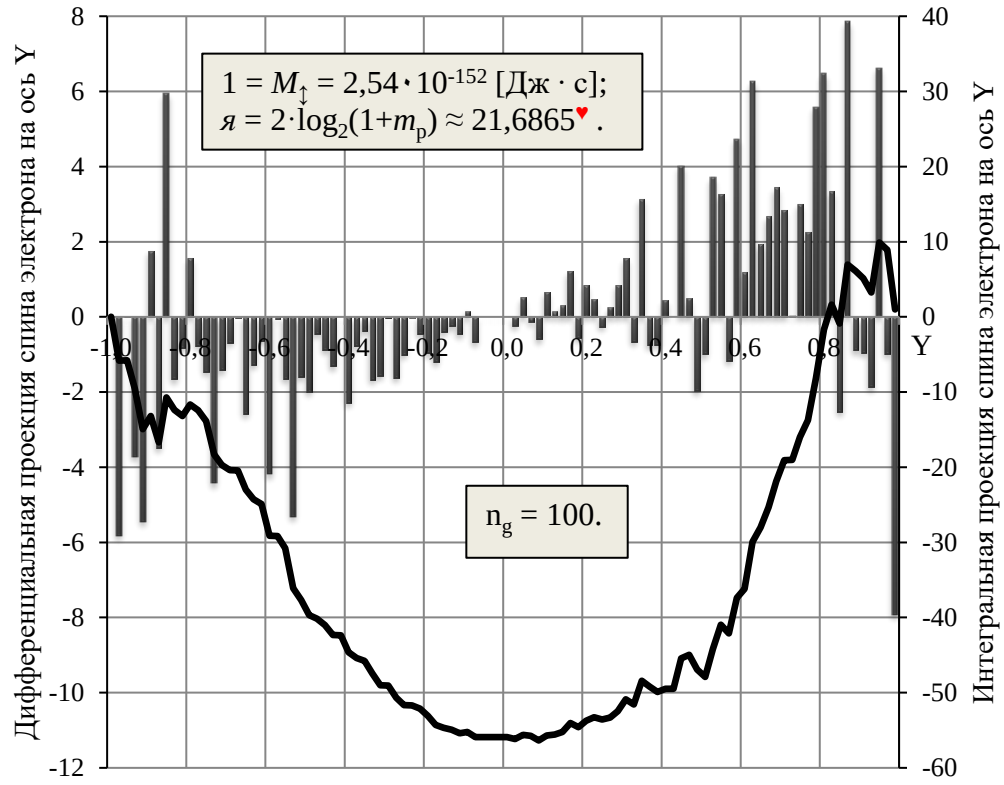


Рис. 6.2.20. Интегральное и дифференциальное распределения проекции спина электрона на ось Y



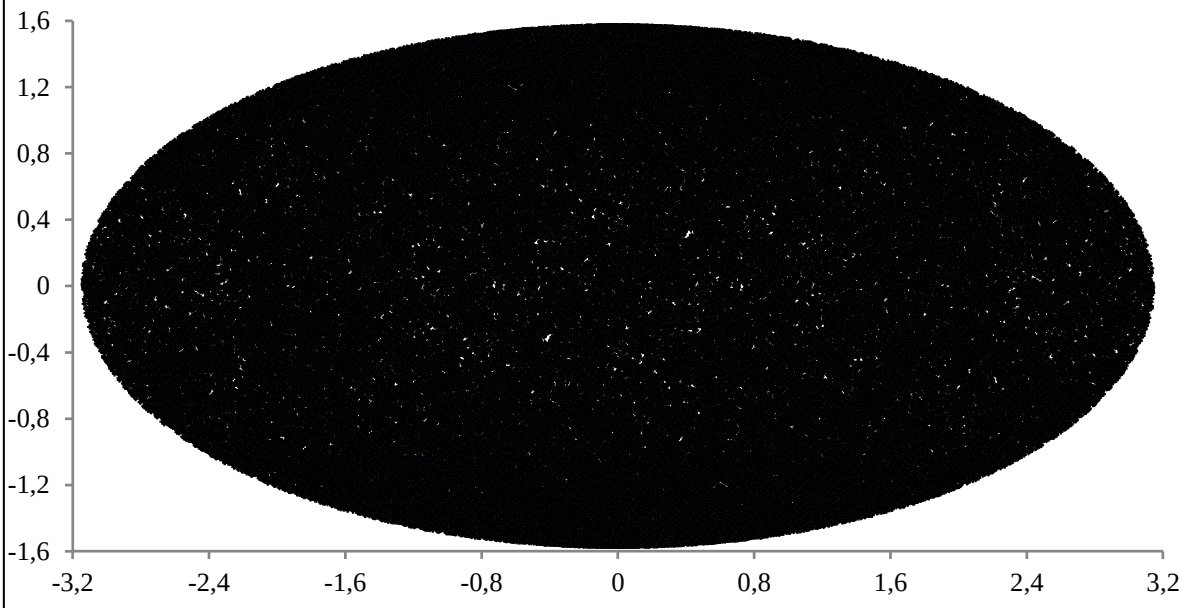
Результаты исследований, определённые при возрасте Вселенной равном $я = 3 \cdot \log_2(1 + \bar{m}_p) \approx 32{,}53$♥, когда число лучей в электроне было равно числу лучей во Вселенной в момент образования первых электрона и протона ($n_{\updownarrow e} \approx 78744$), представлены на рис. 6.2.21÷6.2.24.

Анализ полученных результатов исследований показал, что по мере взросления электрона:

- Плотность распределения проекций лучей электрона по направлениям в пространстве приближается к равномерному распределению. Так, при возрасте Вселенной равном $я = 2 \cdot \log_2(1 + \bar{m}_\text{p})$ диапазон изменения плотности распределения проекций лучей в электроне по осям X, Y и Z составил от 38 % до 174 % от плотности равномерного распределения. При возрасте Вселенной равном $я = 3 \cdot \log_2(1 + \bar{m}_p)$ этот диапазон сократился более чем в пять раз и составил от 88 % до 112 % от плотности равномерного распределения. При этом за тот же период, т. е. примерно за 11 поколений, среднеквадратическое

отклонение плотности распределения проекций лучей в электроне от равномерного распределения уменьшилось более чем в шесть раз.

Рис.6.2.21 Распределение лучей в электроне [возраст $я=3\cdot\log_2(1+m_p)$]



$я= 3\cdot\log_2(1+m_p) \approx 32{,}53$♥; $N_{\updownarrow e} \approx 78744$; d$я$ =2♥; $k_{\omega\updownarrow} = 1$.

Рис.6.2.22. Интегральное и дифференциальное распределения проекции спина электрона на ось Z

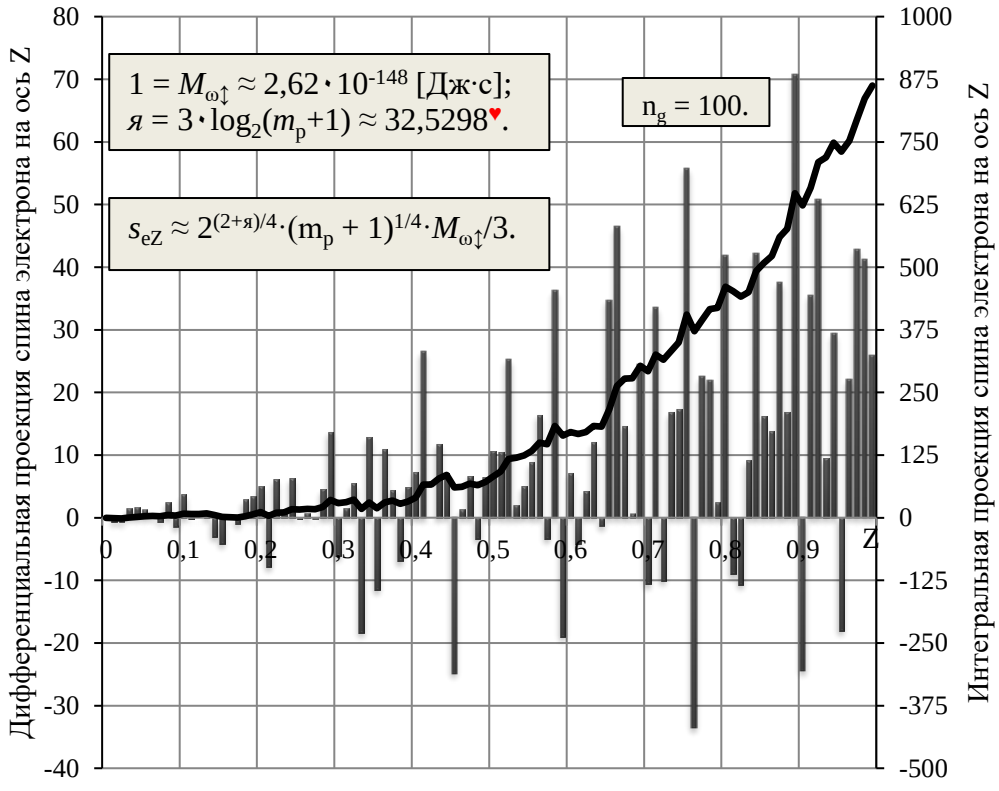


Рис. 6.2.23. Интегральное и дифференциальное распределения проекции спина электрона на ось X

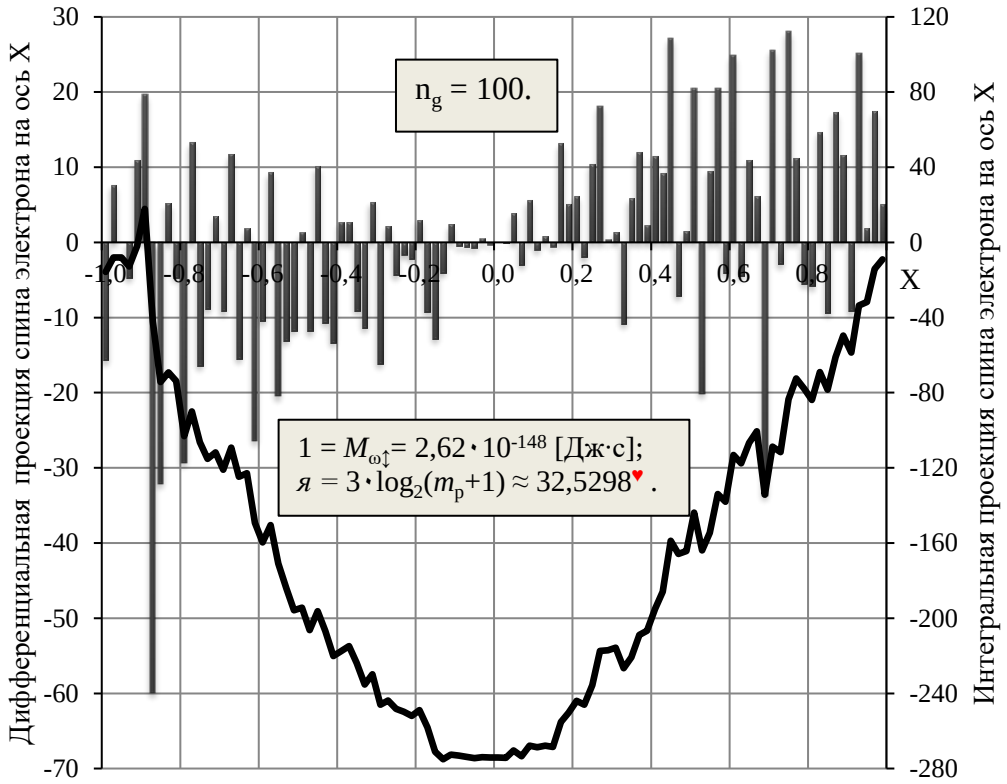
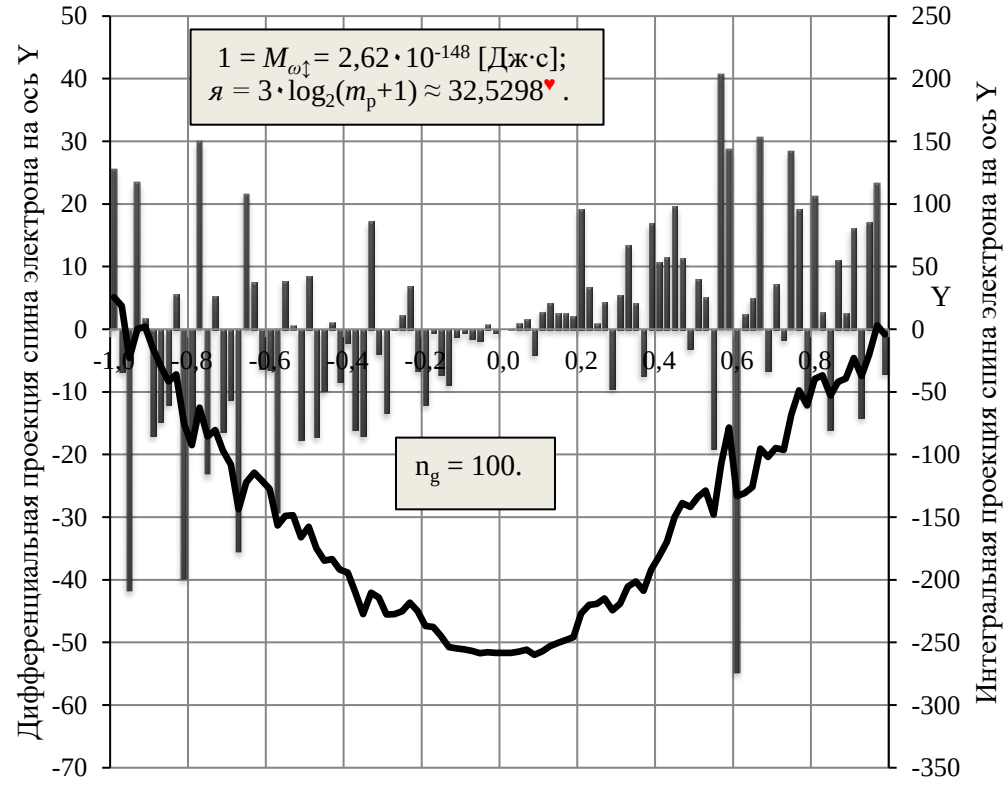


Рис. 6.2.24. Интегральное и дифференциальное распределения проекции спина электрона на ось Y



- Плотность распределения проекций осей вращения лучей в электроне по направлениям в пространстве также приближается к равномерному распределению. Так, при возрасте Вселенной равном $я = 2 \cdot \log_2(1 + \overline{m}_p)$, диапазон изменения плотности распределения проекций осей вращения лучей в электроне по направлениям X, Y и Z составил от 44 % до 196 % от плотности равномерного распределения. При возрасте Вселенной равном $я = 3 \cdot \log_2(1 + \overline{m}_p)$ этот диапазон сократился более чем в семь раз и составил от 90 % до 110 % от плотности равномерного распределения. За тот же период среднеквадратическое отклонение плотности распределения проекций осей вращения лучей в электроне от равномерного распределения уменьшилось так же более чем в семь раз.
- Величина спина электрона растёт и его значения, определённые в ходе моделирования, хорошо согласуются (относительная погрешность определения не превышает одного процента) с возрастным законом его изменения:

$$S_e = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \sqrt[4]{2^я \cdot (\overline{m}_\text{р} + 1)} \cdot M_{\omega\updownarrow}. \qquad (6.2.25)$$

6.2.6. Возрастные законы изменения спина и суммарной энергии вращения лучей электрона и протона

Определим возрастной закон изменения центрального момента количества движения луча, для чего воспользуемся возрастными законами (6.2.15) и (6.2.4) для энергии вращения луча и центрального момента инерции луча соответственно:

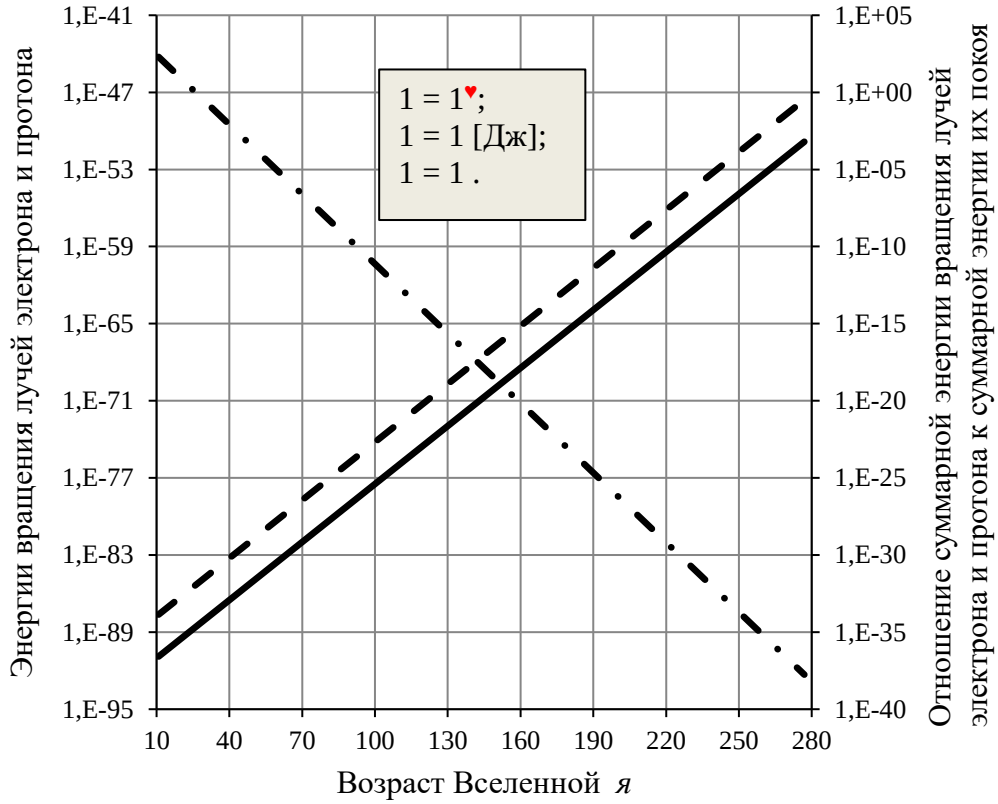
$$M_{\omega\updownarrow} = \sqrt{2 \cdot E_{\omega\updownarrow} \cdot I_\updownarrow} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot \frac{ю \cdot \sqrt[4]{(\overline{m}_\text{р} + 1)^3}}{8 \cdot (ю - 1)} \cdot \sqrt[4]{2^{5 \cdot я}} \cdot ъ \cdot a^4 \cdot c. \qquad (6.2.26)$$

Путём подстановки выражения (6.2.26) в (6.2.25) и используя возрастной закон изменения постоянной Планка (4.3) приходим к известным ранее определениям спина электрона:

$$s_{\text{e}} = \frac{\text{ю} \cdot (\bar{m}_{\text{p}} + 1)}{8 \cdot (\text{ю} - 1)} \cdot \sqrt{2^{3 \cdot я}} \cdot \text{ъ} \cdot a^4 \cdot c = \frac{h}{4 \cdot \pi}. \qquad (6.2.27)$$

Возрастные законы изменения суммарной энергии вращения лучей электрона (сплошная линия) и протона (пунктирная линия) представлены на рис. 6.2.25. На этом же рисунке показаны возрастные законы изменения отношения суммарной энергии вращения лучей электрона и протона к суммарной энергии их покоя (штрих пунктирная линия).

Рис. 6.2.25. Энергия вращения лучей электрона и протона



С момента образования первых электрона и протона по настоящее время суммарная энергия вращения лучей электрона и протона возросла более чем на сорок порядков. Суммарная энергия вращения лучей в момент образования первых электрона и протона примерно в 198 раз превышала энергию их покоя.

При возрасте Вселенной равном 26 поколениям существовало примерное равенство суммарной энергии вращения лучей электрона и протона с энергией их покоя. В настоящее время суммарная энергия вращения лучей электрона и протона примерно на 38 порядков меньше энергии их покоя.

6.2.7. Оценка влияния вращения лучей на результаты наблюдений удалённых космических объектов

Исходя из лучевой природы распространения света, были выполнены исследования по оценке влияния вращения лучей на результаты наблюдений удалённых космических объектов в современную эпоху (*я* = 276,9573894♥). В ходе этих исследований были определены:

- угол поворота луча за время доставки света от объекта наблюдения в зависимости от расстояния до него;
- расстояние, пройденное лучом при вращении на удалении равном расстоянию до объекта наблюдения за время доставки света от него, в зависимости от расстояния до объекта наблюдения;
- угол поворота луча за время доставки света от объекта наблюдения в зависимости от величины красного смещения объекта наблюдения;
- расстояние, пройденное лучом при вращении на удалении равном расстоянию до объекта наблюдения за время доставки света от него, в зависимости от величины красного смещения объекта наблюдения.

Результаты исследований представлены на рисунках 6.2.26 и 6.2.27. Здесь сплошной линией отмечена зависимость угла поворота, а пунктирной линией – расстояние, пройденное лучом на удалении объекта наблюдения. Расстояние до объекта наблюдения измеряется в парсеках, угол поворота – в угловых секундах, расстояние, пройденное лучом на удалении объекта наблюдения, – в радиусах Солнца.

Анализ результатов исследований показывает, что эффекты, вызванные вращением лучей при наблюдении удалённых космических объектов, в настоящее время ничтожно малы.

Рис. 6.2.26. Угол поворота луча за время доставки света от объекта в зависимости от расстояния до него

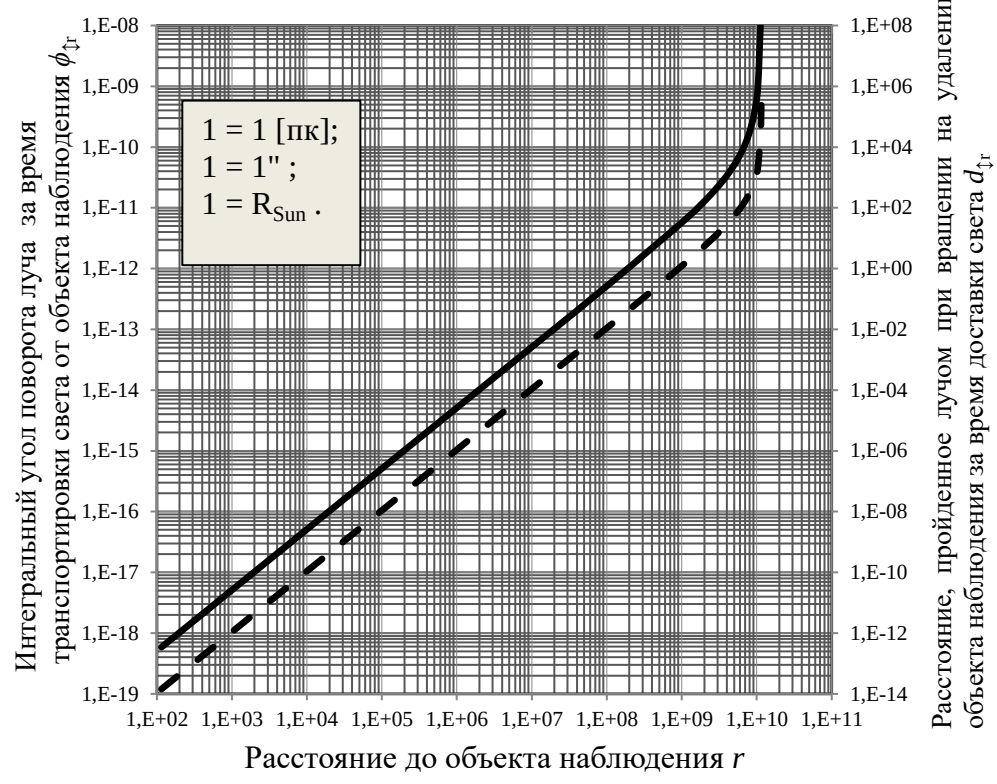
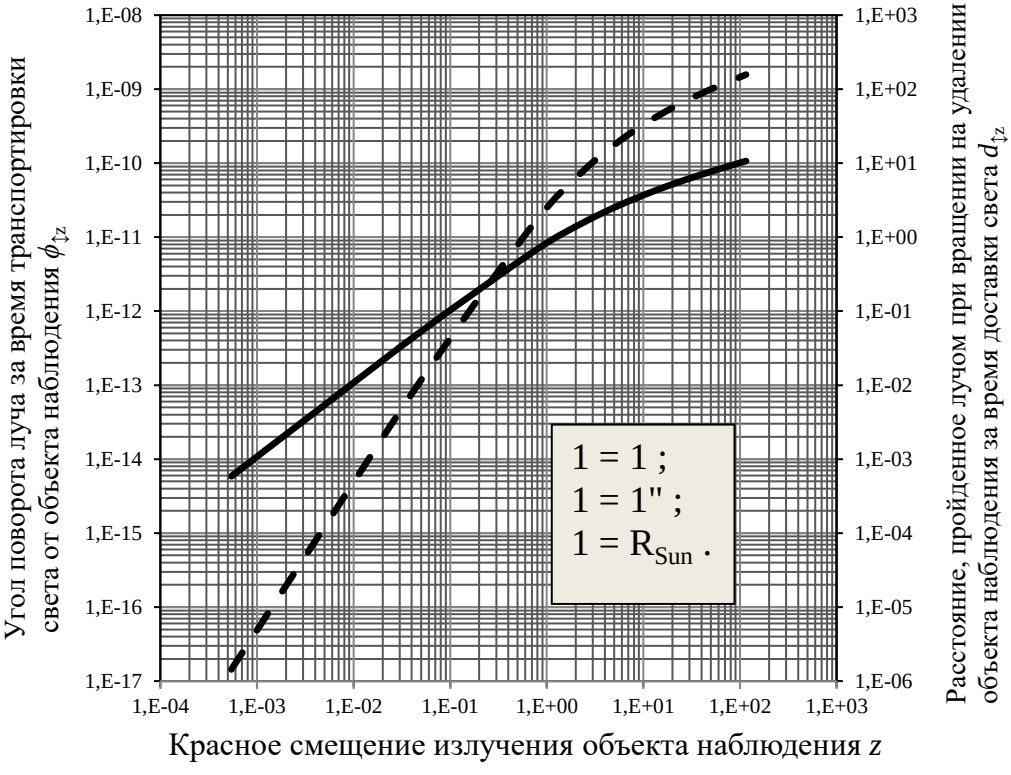


Рис. 6.2.27. Угол поворота луча за время доставки света от объекта в зависимости от его красного смещения



6.3. Крупномасштабное распределение массы во Вселенной

С момента образования первых электрона и протона, как мы уже отмечали в подразделе 6.2, для определения местоположения луча недостаточно знать элементы его вращательного движения относительно центра луча, но необходимо знать так же, как меняется местоположение центра луча относительно центра Вселенной. Так, как размножение частиц в основном связано не с изменением элементов вращательного движения лучей, их образующих, относительно центра лучей, а с изменением элементов поступательного движения частиц относительно центра Вселенной, а, следовательно, и с изменением местоположения центров лучей им принадлежащих.

Для того чтобы определить, как меняется распределение частиц во Вселенной, а, следовательно, и распределение её массы относительно центра Вселенной по мере её взросления была разработана модель размножения и разлёта частиц.

Основными допущениями, принятыми нами при разработке модели размножения и разлёта частиц, являются:

- Первые электрон и протон при своём появлении образовали нейтрон. Начальный этап развития Вселенной был связан не с раздельным размножением и разлётом электронов и протонов, а с размножением и разлётом нейтронов, их содержащих.
- Основными факторами, влияющими на скорость нейтронов на начальном этапе развития Вселенной, являются импульсы, которые они получают в процессе своего размножения.
- Скорости нейтронов, созданных в процессе размножения, в системе отсчёта, в которой нейтрон покоился перед размножением, разнонаправлены и равновероятны по направлениям.
- Скорость нейтрона относительно центра Вселенной после размножения определяется как векторная сумма скорости нейтрона относительно центра Вселенной перед размножением и скорости нейтрона,

которую он получил при размножении в системе отсчёта, в которой нейтрон перед размножением покоился.

- Текущее местоположение сверхскопления галактик (ССГ) во Вселенной полностью определяется вектором скорости нейтрона, который породил это скопление, относительно центра Вселенной.
- Модуль скорости разлёта нейтронов при размножении в системе отсчёта, в которой нейтрон покоится, определяется следующим возрастным законом:

$$v_{я} = \frac{c}{\sqrt{A \cdot 2^{я} + 1}}, \qquad (6.3.1)$$

где $A = \left(\frac{ё \cdot m_{\text{e}}}{5 \cdot л \cdot m_n}\right)^2 \approx 5{,}84 \cdot 10^{-8}$.

Будем полагать, что центр нейтрона перед первым размножением находится в центре Вселенной. Ось X совместим с направлением разлёта нейтронов при первом размножении.

Крупномасштабное распределение массы во Вселенной будем определять, основываясь на распределении в ней сверхскоплений галактик. Будем исходить из того, что ССГ имеет массу равную $M_{\text{ССГ}} \approx 3{,}2 \cdot 10^{15} \cdot M_{Sun}$. Исходя из массы сверхскопления галактик, определим её возраст:

$$я_{\text{ССГ}} \approx \log_2\left(\frac{M_{\text{ССГ}}}{m_p + m_{\text{e}}}\right) \approx 241{,}114^{\blacktriangledown}. \qquad (6.3.2)$$

Возраст ССГ позволяет определить число нейтронов во Вселенной в момент его зарождения, а, следовательно, и число ССГ из них произросших:

$$N_{\text{ССГ}} \approx 2^{я - я_* - я_{\text{ССГ}}} \approx 2^{25} = 33554432. \qquad (6.3.3)$$

В ходе проведения исследований на модели размножения и разлёта частиц во Вселенной были получены скорости всех нейтронов относительно центра Вселенной в момент зарождения ССГ ($я \approx я_* + 25^{\blacktriangledown} \approx 35{,}84^{\blacktriangledown}$).

Таким образом, исходя из полученных в ходе моделирования скоростей и основываясь на принятых допущениях, были определены:

- Плотность и функция распределения удалений сверхскоплений галактик (ССГ) от центра Вселенной.
- Зависимость усреднённой крупномасштабной плотности Вселенной от удаления до её центра.
- Плотности и функции распределения крупномасштабной плотности Вселенной по объёму и по массе.
- Зависимости математического ожидания и СКО плотности Вселенной от расстояния до её центра.
- Секторные интегральные и дифференциальные относительные плотности распределения ССГ на различных удалениях от центра Вселенной.

Результаты исследований представлены на рисунках 6.3.1÷6.3.14.

Дадим ряд пояснений к полученным результатам исследований:

- Шаг изменения удалений от центра Вселенной при определении результатов исследований составляет $dr = 0{,}05 \cdot c \cdot T \approx 105{,}6$ Мпк. Исключением являются результаты исследований, представленные на рис. 6.3.4 ÷ 6.3.8, где шаг изменения удалений составляет $dr = 0{,}1 \cdot c \cdot T \approx 211{,}2$ Мпк.
- Элементарный объём при определении крупномасштабной плотности Вселенной равен $dV = (0{,}1 \cdot c \cdot T)^3 \approx 9{,}42 \cdot 10^6$ Мпк^3.
- Шаг изменения массы при определении крупномасштабной плотности Вселенной равен $dM = M_{\text{ССГ}} \approx 3{,}2 \cdot 10^{15} \cdot M_{Sun} \approx 6{,}37 \cdot 10^{45}$ кг.
- Элементарный объём считается пустым, если в нём нет ни одного сверхскопления галактик. Элементарный объём, в котором имеется хотя бы одно ССГ, является населённым.
- Крупномасштабная плотность населённого элементарного объёма является частным от деления суммарной массы расположенных в нём сверхскоплений галактик на его объём.

Рис. 6.3.1. Плотность распределения удалений сверхскоплений галактик (ССГ) от центра Вселенной

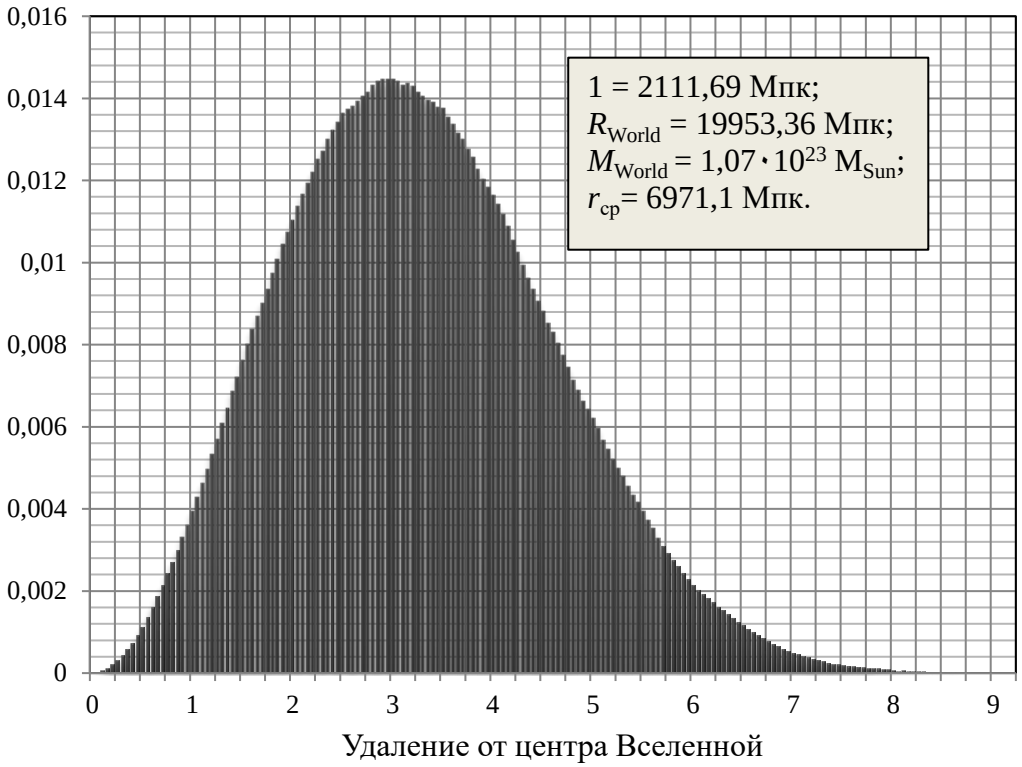


Рис. 6.3.2. Функция распределения удалений ССГ от центра Вселенной

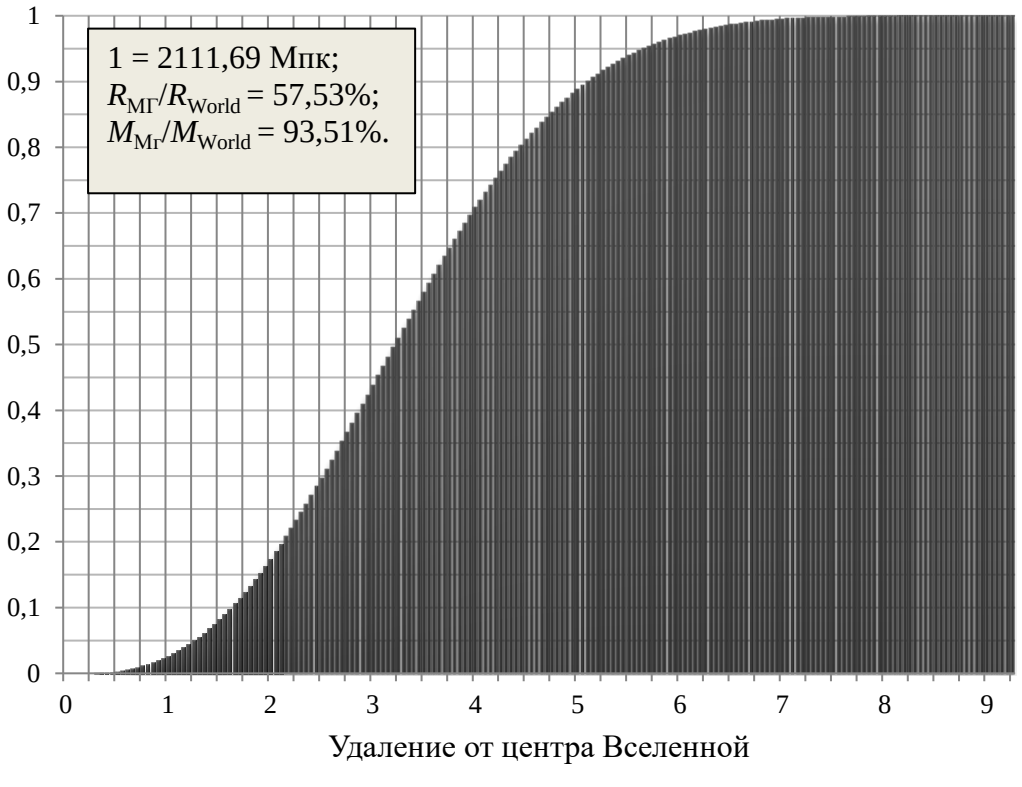


Рис. 6.3.3. Зависимость крупномасштабной усреднённой плотности Вселенной от удаления до её центра

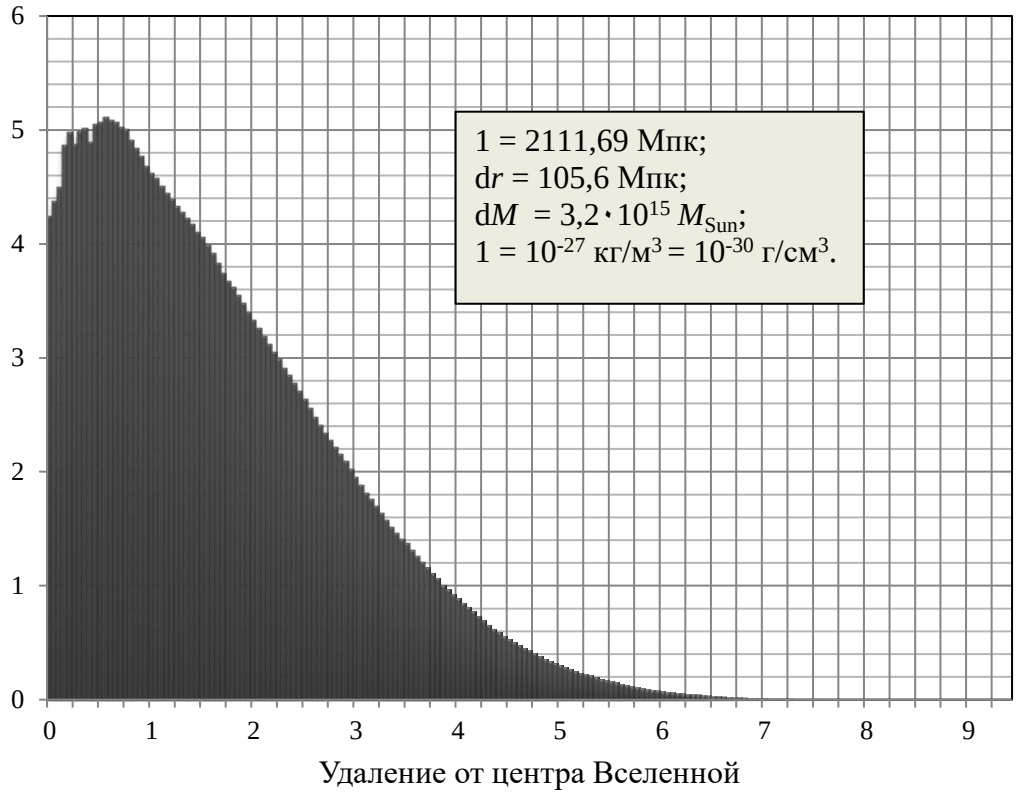


Рис. 6.3.4. Зависимость доли пустот от расстояния до центра Вселенной

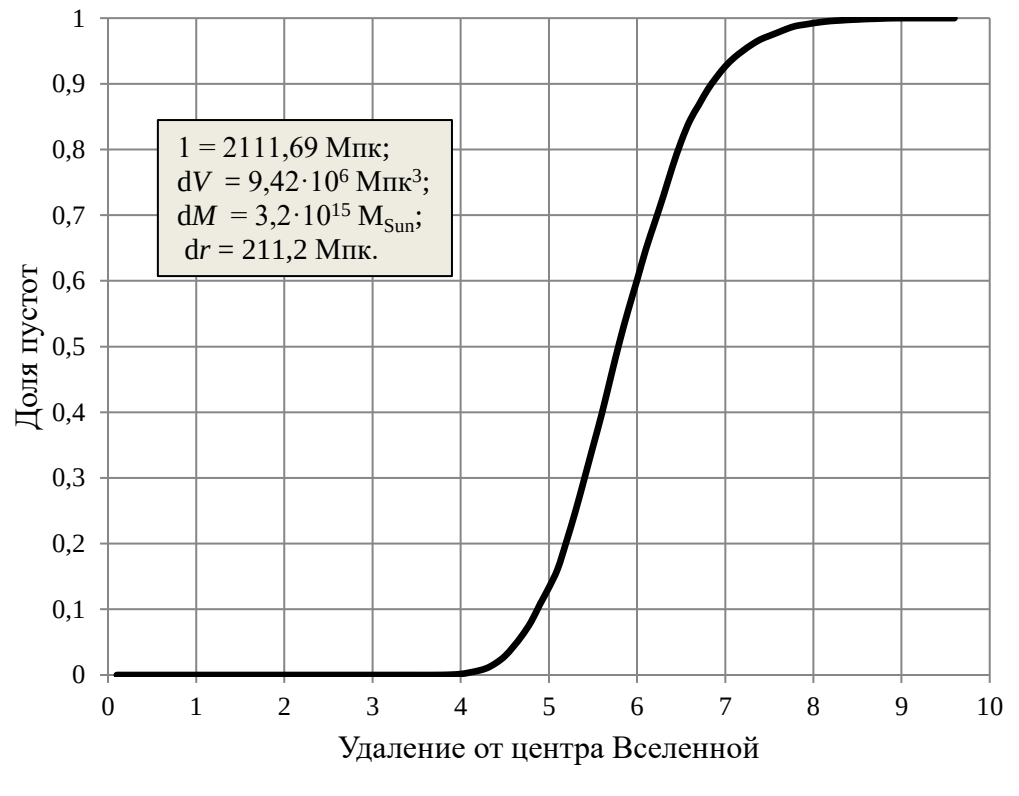


Рис. 6.3.5. Функции распределения крупномасштабной плотности Вселенной по объёму (ряд 2) и по массе(ряд 1)

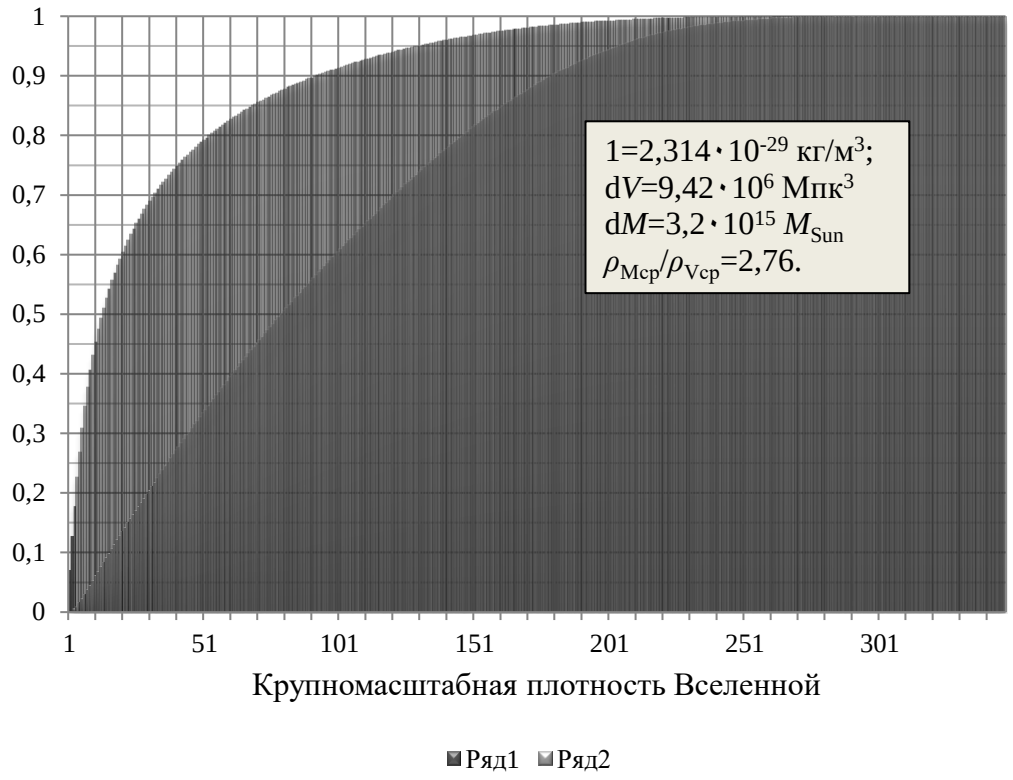


Рис. 6.3.6. Плотность распределения крупномасштабной плотности Вселенной по массе

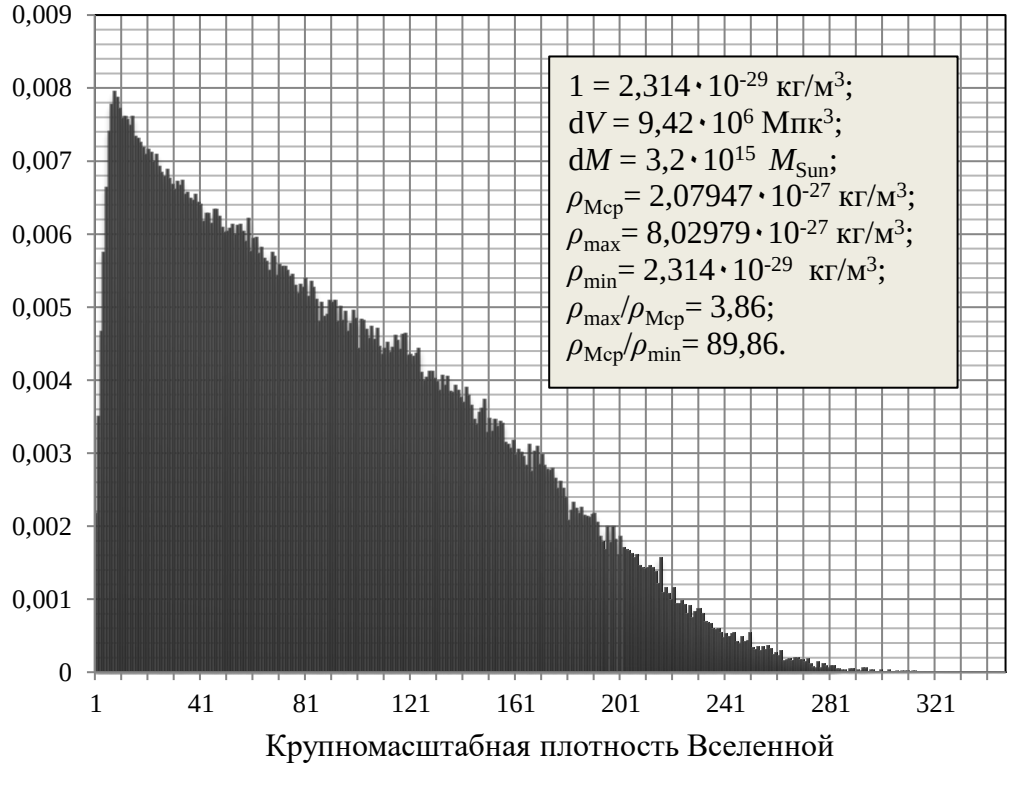


Рис. 6.3.7. Плотность распределения крупномасштабной плотности Вселенной по объёму

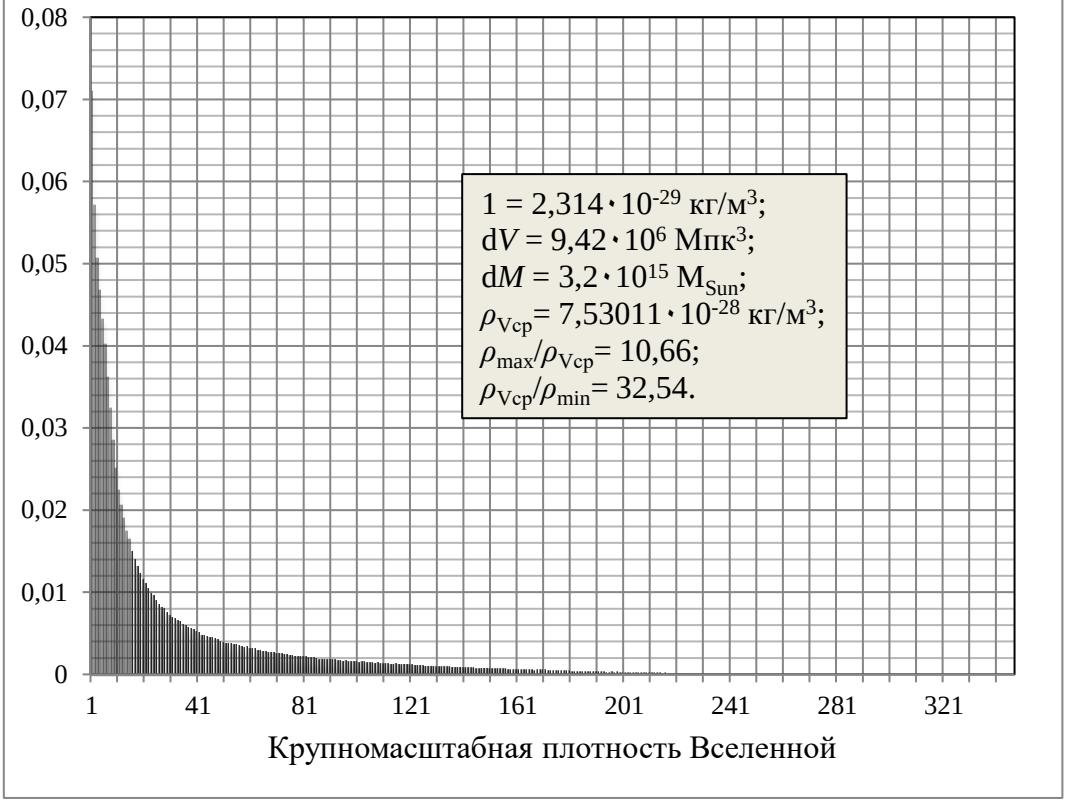
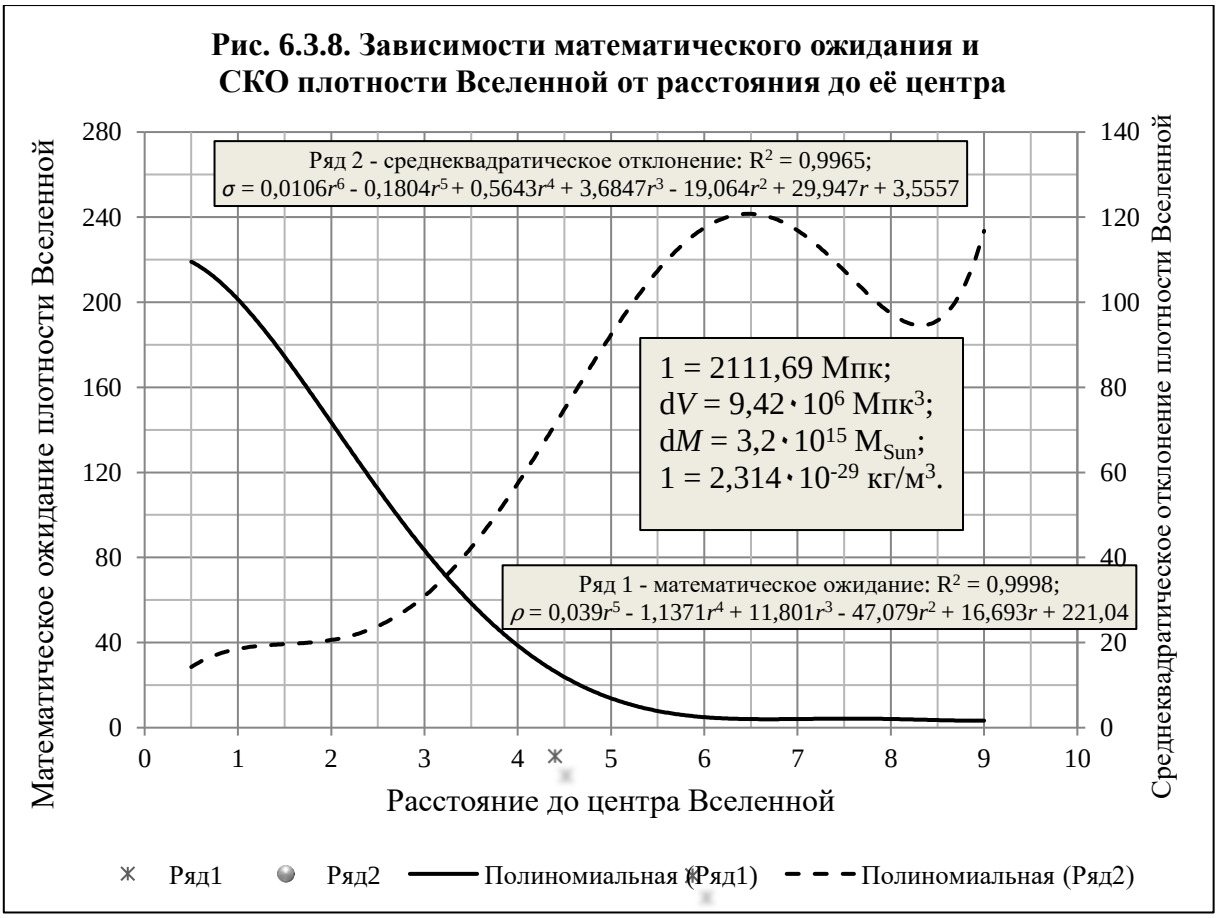


Рис. 6.3.8. Зависимости математического ожидания и СКО плотности Вселенной от расстояния до её центра



- Долю пустот, определяемую в зависимости от удаления до центра Вселенной, находим как отношение суммы пустых элементарных объёмов, расположенных на заданном удалении, к сумме всех элементарных объёмов Вселенной на этом удалении:

$$P_{n_r} = \frac{3 \cdot n_{n_r} \cdot dV}{4 \cdot \pi \cdot (3 \cdot r^2 \cdot dr - 3 \cdot r \cdot dr^2 + dr^3)}, \quad (6.3.4)$$

где $n_{\text{п}_r}$ – число пустых объёмов на удалении r от центра Вселенной; $P_{\text{п}_r}$ – доля пустот во Вселенной на удалении r от её центра.

- Плотности и функции распределения крупномасштабных плотностей по объёму и по массе определяются на множестве населённых элементарных объёмов Вселенной. При этом функция распределения крупномасштабной плотности Вселенной по объёму определяет долю населённых элементарных объёмов Вселенной с плотностью не выше заданной, а функция распределения крупномасштабной плотности Вселенной по массе определяет долю сверхскоплений Вселенной, расположенных в населённых элементарных объёмах, имеющих плотность не выше заданной.
- Шаг изменения азимутального угла при определении секторных интегральных и дифференциальных относительных плотностей распределения ССГ по направлениям составляет $d\varphi_1 = 5^{\text{o}}$.
- Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ на удалении r от центра Вселенной определяется выражением:

$$\bar{F}_{\varphi,r} = \left(\frac{72 \cdot N_{\varphi,r}}{N_r} - 1\right) \cdot 100\ \%, \quad (6.3.5)$$

где N_r – число сверхскоплений галактик, удаление которых от центра Вселенной не превышает r; $N_{\varphi,r}$ – число сверхскоплений галактик, расположенных в секторе, определяемом значениями азимутального угла $\varphi \le \varphi_1 < \varphi + d\varphi_1$ и удаление которых от центра Вселенной не превышает r.

- Секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ на удалении r от центра Вселенной определяется выражением:

$$\bar{f}_{\varphi,r} = \left(\frac{72 \cdot n_{\varphi,r}}{n_r} - 1\right) \cdot 100\ \%, \qquad (6.3.6)$$

где n_r – число сверхскоплений галактик, удаление которых от центра Вселенной находится в диапазоне от $r - dr$ до r; $n_{\varphi,r}$ – число сверхскоплений галактик, расположенных в секторе, определяемом значениями азимутального угла $\varphi \leq \varphi_1 < \varphi + d\varphi_1$ и удаление которых от центра Вселенной находится в диапазоне от $r - dr$ до r.

Анализ полученных результатов исследований показал:

- В настоящее время радиус Вселенной равен примерно 19953 Мпк, а среднее удаление сверхскоплений галактик от центра Вселенной составляет примерно 6971 Мпк. Масса современной Вселенной превышает массу Солнца более чем на 23 порядка.
- Радиус Метагалактики равен примерно 57,53 % радиуса Вселенной. При этом масса центральной метагалактики, центр которой совпадает с центром Вселенной, равна примерно 93,51 % массы Вселенной.
- Удаление пятидесяти процентов сверхскоплений галактик Вселенной от её центра не превышает 6760 Мпк. Удаление лишь двух процентов сверхскоплений галактик Вселенной от её центра превышает 13520 Мпк.
- Максимальное значение крупномасштабной усреднённой плотности Вселенной наблюдается на удалении 1161 Мпк от её центра и равно $\rho_{Wmax} \approx 5{,}1 \cdot 10^{-27}\ \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$, что соответствует примерно трём атомам водорода на один кубический метр. Крупномасштабная усреднённая плотность Вселенной в её центре примерно на 12 % меньше максимального значения. На удалении 6335 Мпк от центра Вселенной,

Рис. 6.3.9. Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ на различных удалениях от центра Мира

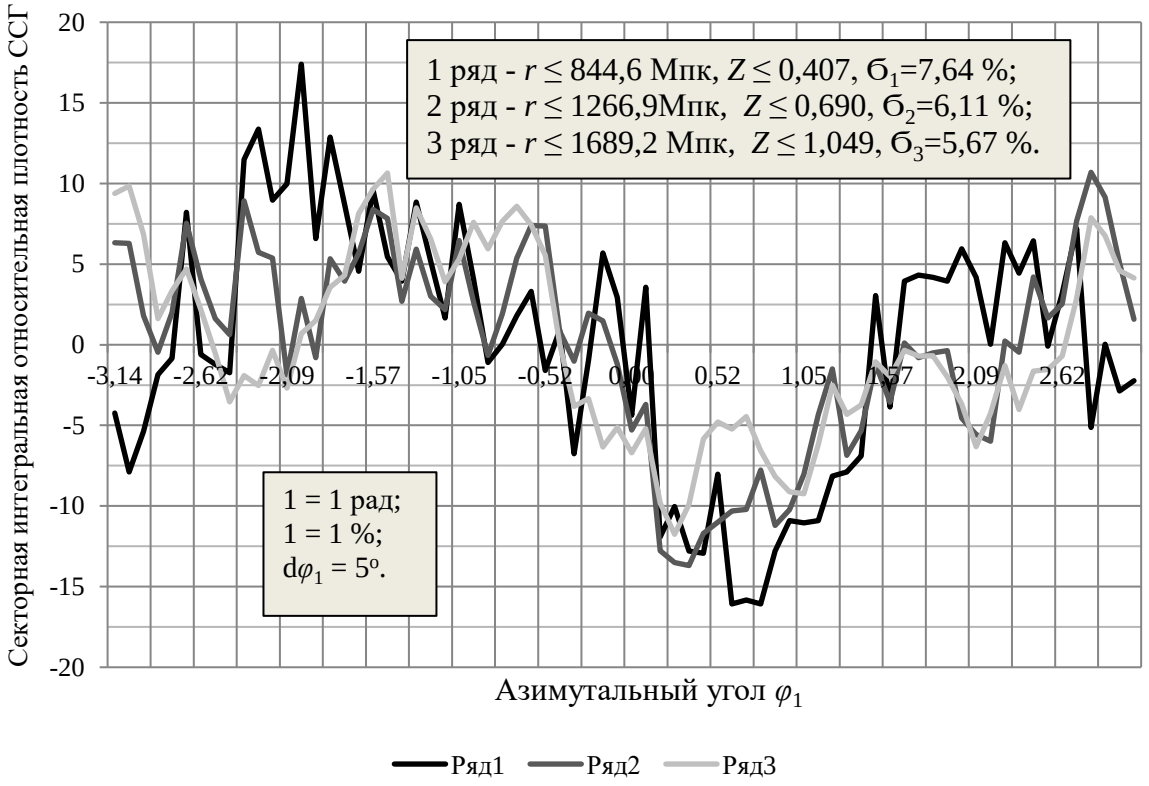


Рис. 6.3.10. Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ на различных удалениях от центра Мира

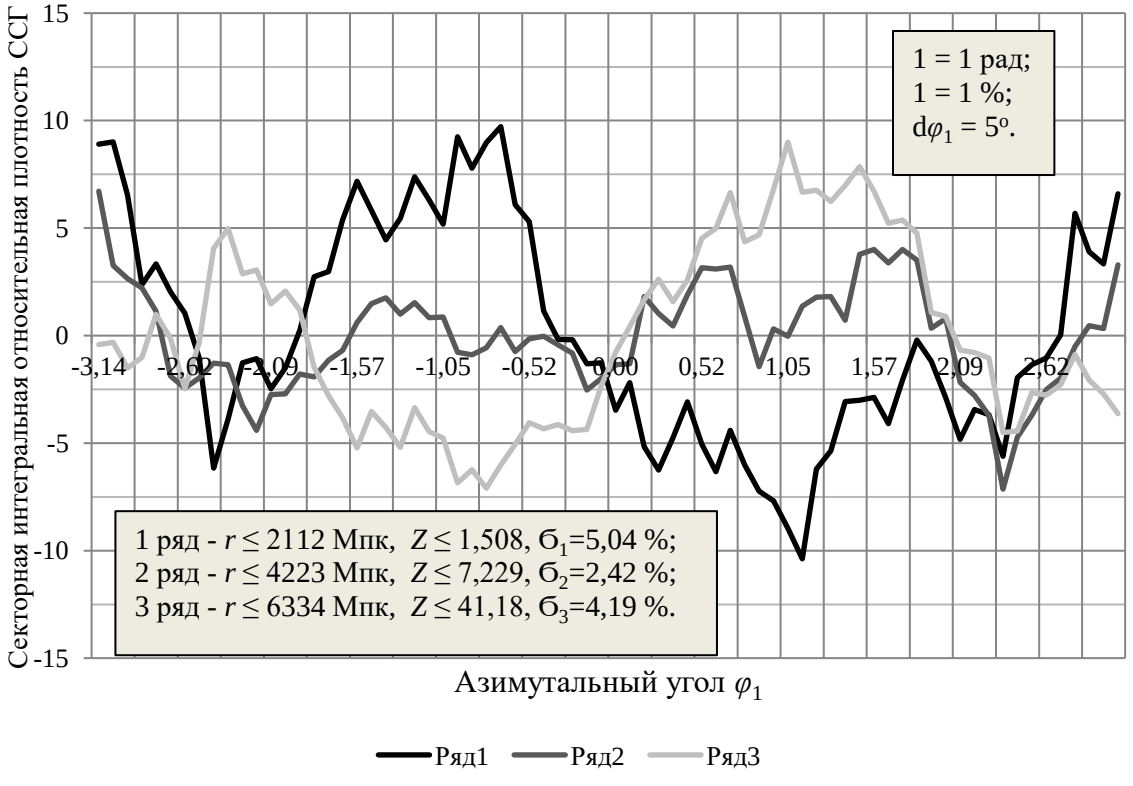


Рис. 6.3.11. Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ на больших удалениях от центра Мира

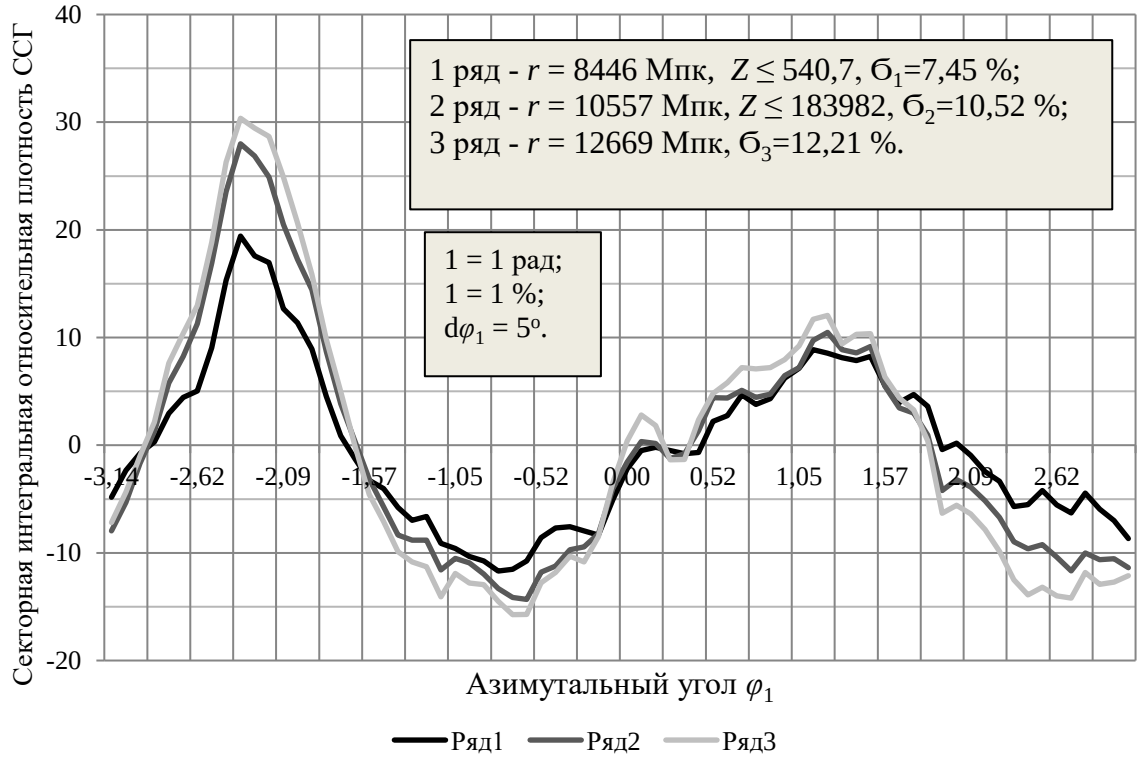


Рис. 6.3.12. Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ на предельных удалениях от центра Мира

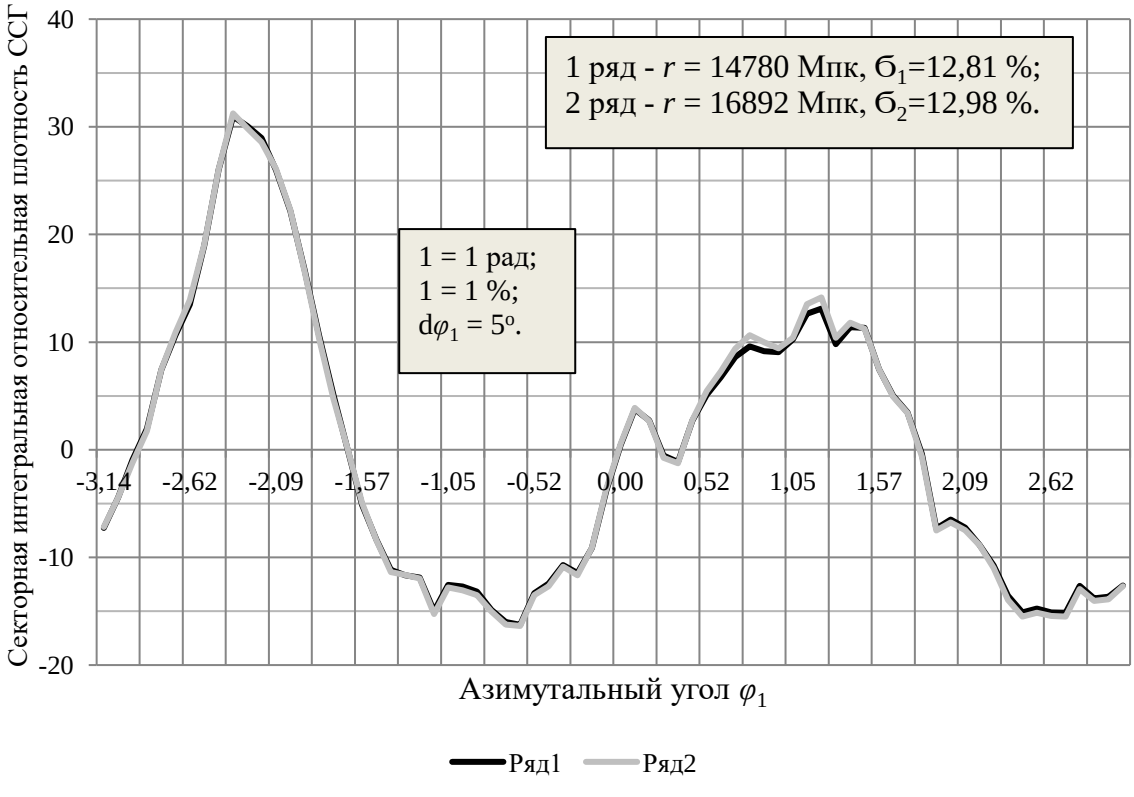


Рис. 6.3.13. Секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ для различных удалений от центра Мира

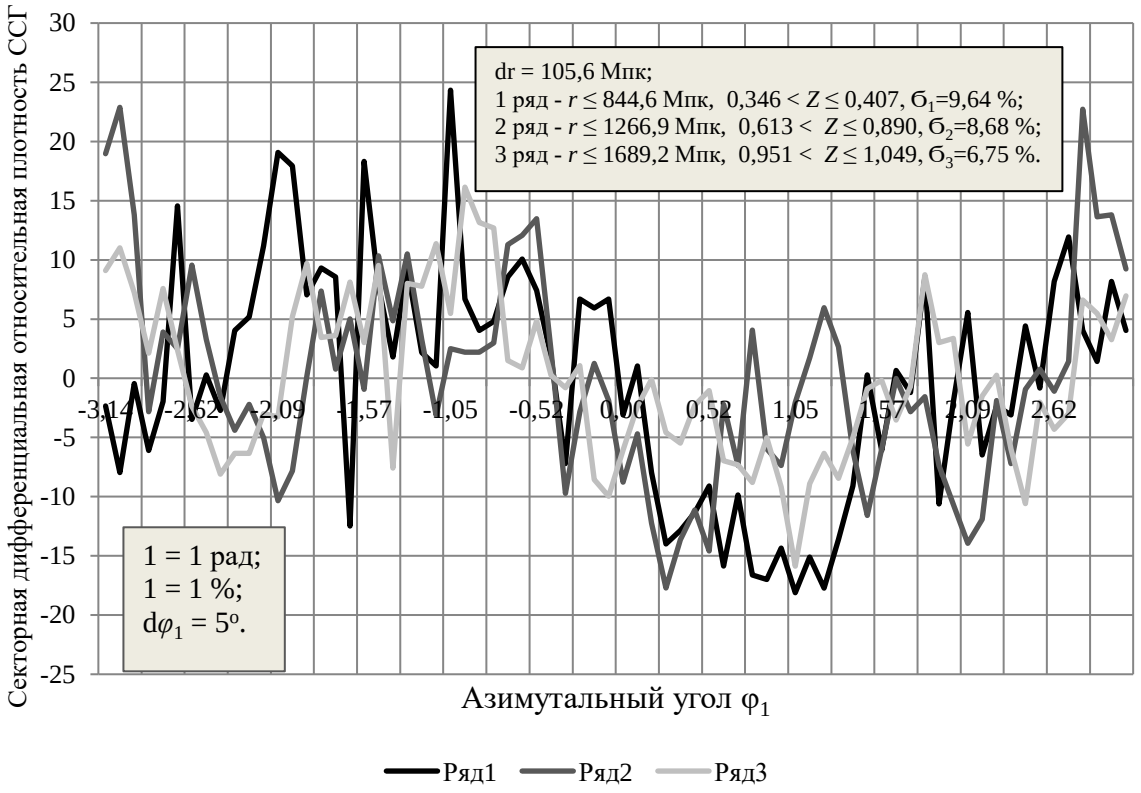
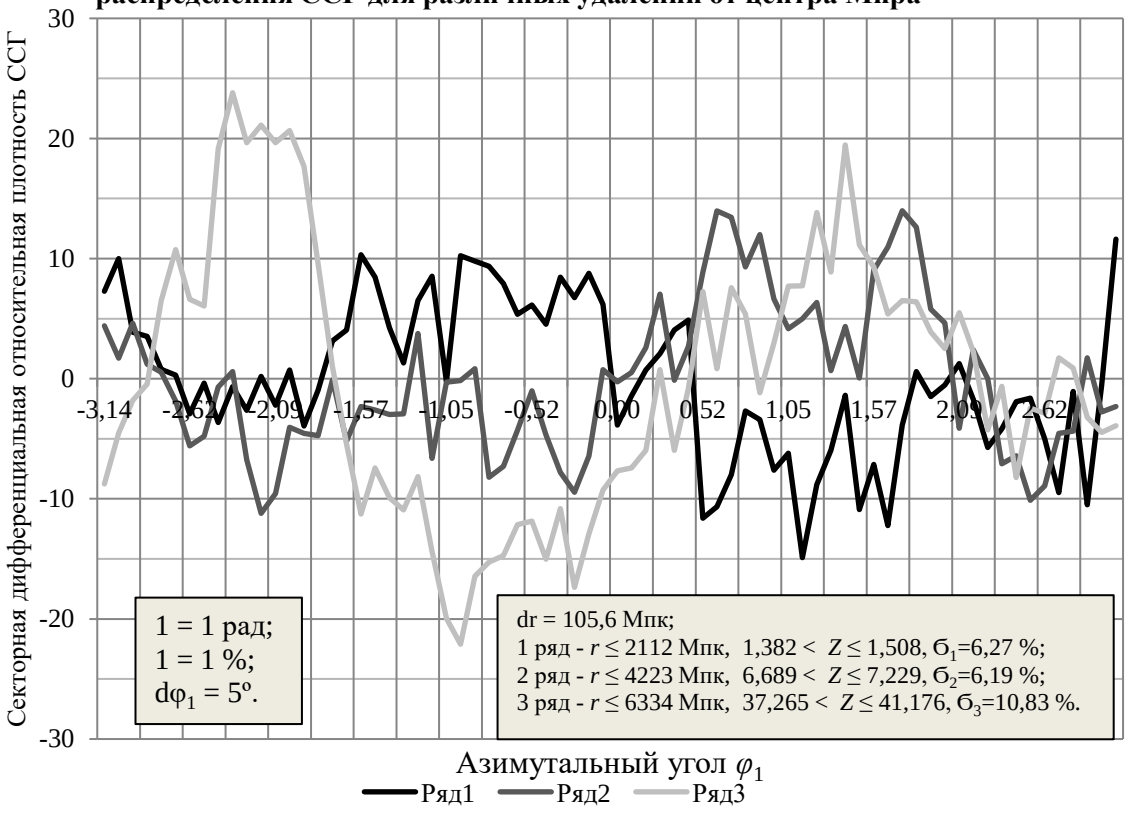


Рис. 6.3.14. Секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ для различных удалений от центра Мира



где плотность удалений ССГ максимальна, крупномасштабная усреднённая плотность Вселенной составляет примерно 117 атомов водорода на 100 кубических метров.

- Первые пустоты появляются во Вселенной на удалении 7813 Мпк от её центра. На удалении 9503 Мпк от центра Вселенной доля пустот не превышает трёх процентов. Начиная с удаления 12248 Мпк от центра Вселенной, доля пустот превышает долю её населённых объёмов. На удалении 15838 Мпк от центра Вселенной доля населённых объёмов составляет менее трёх процентов.
- Средняя крупномасштабная плотность Вселенной по объёму составляет примерно 45 атомов водорода на 100 кубических метров. При этом средняя крупномасштабная плотность Вселенной по массе составляет примерно 124 атома водорода на 100 кубических метров.
- Максимальное значение крупномасштабной плотности элементарных объёмов Вселенной превышает среднее значение крупномасштабной плотности по массе примерно в 3,86 раза. При этом минимальное значение крупномасштабной плотности элементарных объёмов Вселенной меньше среднего значения крупномасштабной плотности по массе примерно в 89,86 раза. Те же отношения плотностей, но определённые относительно среднего значения крупномасштабной плотности по объёму, соответственно равны $\frac{\rho_{\max}}{\rho_{V_{\text{ср}}}} \approx 10{,}66$ и $\frac{\rho_{V_{\text{ср}}}}{\rho_{\min}} \approx 32{,}54$.
- Наименьшее отклонение интегральной плотности распределения ССГ по секторам от равномерного распределения наблюдается для ССГ, удаление которых от центра Вселенной не превышает 4223 Мпк. Для данного предела удалений секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ находится в диапазоне от -7,14 % до 3,26 %, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения равно 2,42 %.

- По мере уменьшения предела удалений ССГ, начиная с 4223 Мпк от центра Вселенной, неравномерность распределения ССГ по секторам постепенно возрастает. Так для сверхскоплений галактик, удаление которых от центра Вселенной не превышает 844,6 Мпк, секторная интегральная относительная плотность их распределения находится в диапазоне от -16,07 % до 17,40 %, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения составляет 7,64 %.
- При росте предела удалений ССГ, начиная с 4223 Мпк от центра Вселенной, неравномерность распределения ССГ по секторам также постепенно возрастает. Так для 99,95 % всех ССГ Вселенной, удаление которых от её центра не превышает 16892 Мпк, секторная интегральная относительная плотность их распределения находится в диапазоне от -16,37 % до 31,24 %, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения возросло до 12,98 %.
- Характер изменений секторной дифференциальной относительной плотности распределения ССГ в зависимости от их удаления до центра Вселенной в значительной мере совпадает с соответствующими изменениями секторной интегральной относительной плотности их распределения. Наименьшее отклонение дифференциальной плотности распределения ССГ по секторам от равномерного распределения наблюдается для ССГ, удаление которых от центра Вселенной больше 4117 Мпк, но не превышает 4223 Мпк, что соответствует величине их красного смещения от 6,689 до 7,229 при наблюдении их из центра Вселенной. На данных удалениях секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ находится в диапазоне от -11,20 % до 13,99 %, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения равно 6,19 %.
- Для сверхскоплений галактик, удаление которых от центра Вселенной больше 739 Мпк, но не превышает 844,6 Мпк, что соответствует величине их красного смещения от 0,3462 до 0,407 при наблюдении

их из центра Вселенной, неравномерность распределения ССГ по секторам возрастает. При этих удалениях секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ находится в диапазоне от -18,11 % до 24,33 %, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения составляет 9,64 %.

- Для сверхскоплений галактик, удаление которых от центра Вселенной больше 16786 Мпк, но не превышает 16892 Мпк, неравномерность распределения ССГ по секторам резко возрастает. При этих удалениях секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ находится в диапазоне от -100 %, что соответствует отсутствию ССГ в секторе, до 644,56 %, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения возрастает до 151,58 %.

Заметим, что многие результаты исследований, представленные в данном подразделе, характеризуют отдельные свойства нашей Вселенной в зависимости от удаления до её центра. По существу, эти результаты представляют собой взгляд на Вселенную исследователя, который находится в её центре. Вероятность того, что Млечный путь принадлежит сверхскоплению галактик, имеющему наименьшее удаление от центра Вселенной, не превышает трёх стомиллионных. В следующем подразделе мы рассмотрим, как распределяются ССГ в Метагалактике, удаление которой от центра Вселенной примерно равно среднему удалению сверхскоплений галактик от него.

6.4. Крупномасштабное распределение массы в Метагалактике

По существу, результаты исследований, представленные в данном подразделе, являются первым шагом в определении местоположения нашей галактики во Вселенной. Предположение о том, что удаление нашей Метагалактики от центра Вселенной составляет $r_{\text{Мг}} = 3{,}3 \cdot c \cdot t \approx 6969$ Мпк, на данном этапе является оправданным. Это расстояние лишь на 2,5 Мпк меньше среднего удаления ССГ от центра Вселенной.

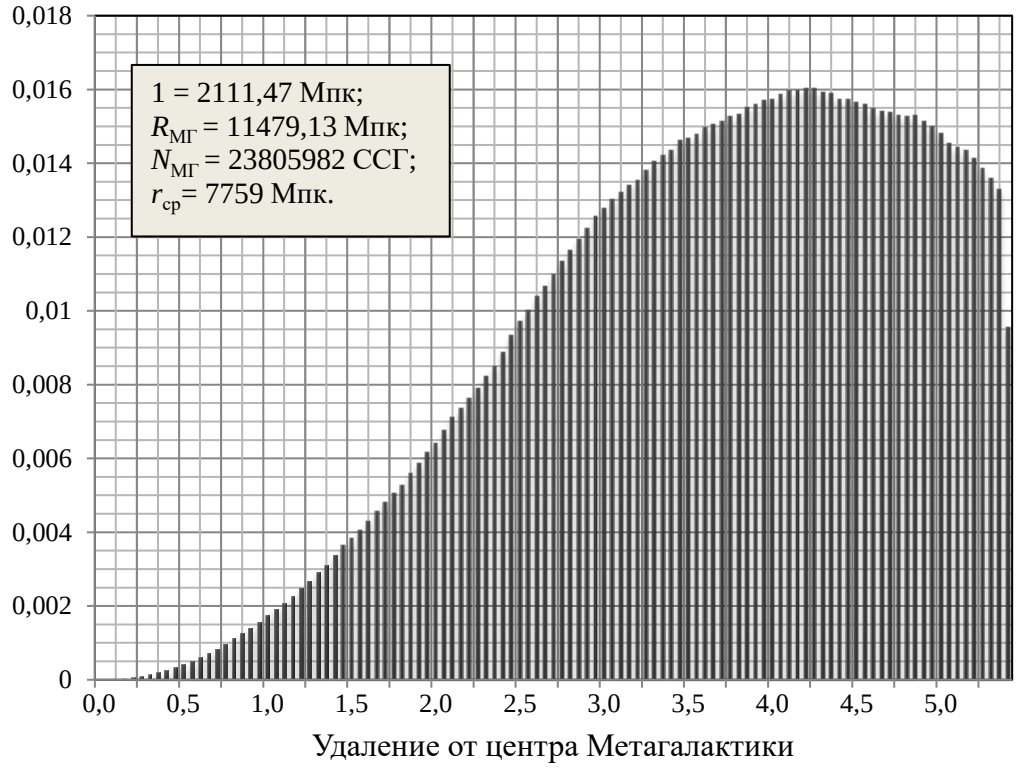
С целью удобства представления и анализа результатов исследований начало координат перенесём в центр Метагалактики, ось X направим на центр Вселенной и положим, что это направление соответствует нулевому значению азимутального угла.

Определим, что Метагалактике принадлежат лишь те ССГ Вселенной, удаление которых от центра Метагалактики не превышает радиуса луча, и именно рассмотрением этих ССГ мы ограничимся в данном подразделе.

Исходя из принятых нами предположений, удалось установить, что рассматриваемой нами Метагалактике принадлежат 23805982 сверхскопления галактик. Заметим, что в Метагалактике, центр которой совпадает с центром Вселенной, число принадлежащих ей ССГ примерно на 32 % больше.

Плотность и функция распределения удалений ССГ от центра Метагалактики представлены на рисунках 6.4.1 и 6.4.2 соответственно.

Рис. 6.4.1. Плотность распределения удалений ССГ в Метагалактике от её центра

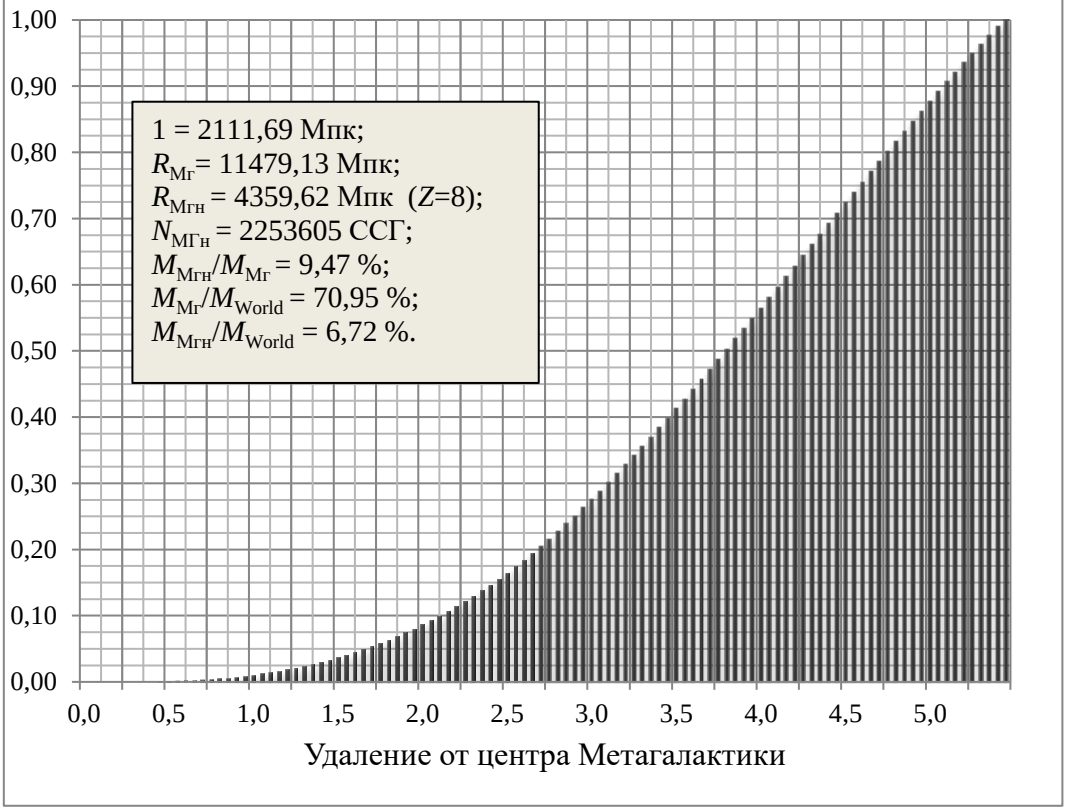


Среднее удаление сверхскоплений галактик в Метагалактике от её центра составляет $r_{ср} \approx 7759$ Мпк. Интересно, что это примерно на 11 % больше

среднего удаления ССГ во Вселенной от её центра притом, что радиус Вселенной на 74 % больше радиуса Метагалактики.

На расстоянии до 3378 Мпк от центра Метагалактики, что в настоящее время определяет область, в которой возможно наблюдение галактик, находится менее 5 % массы Метагалактики.

Рис. 6.4.2. Функция распределения удалений ССГ в Метагалактике от её центра

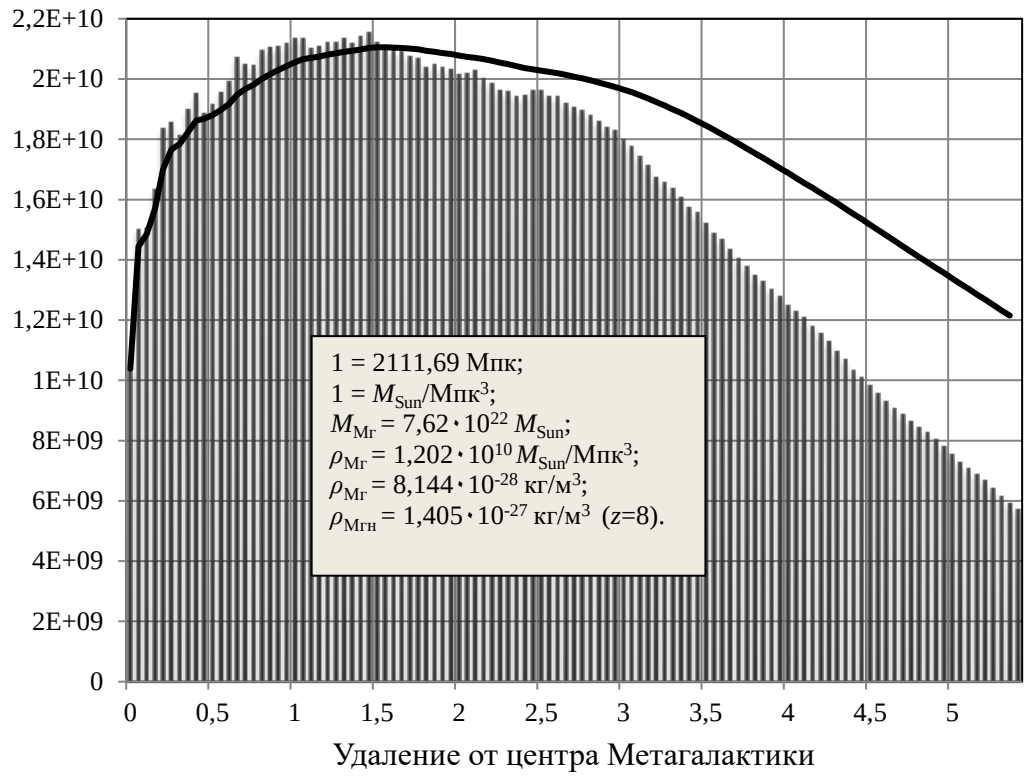


Зависимости интегральной и дифференциальной усреднённых плотностей массы Метагалактики от удаления до её центра представлены на рисунке 6.4.3.

Средняя плотность массы Метагалактики примерно равна $\rho_{Мг} \approx 1{,}202 \cdot 10^{10} \left[\frac{M_{Sun}}{Мпк^3}\right]$, что соответствует в настоящее время 487 атомам водорода на 1000 кубических метров. На удалении, не превышающем 105,6 Мпк от центра Метагалактики, плотность массы примерно на 14 % меньше её средней плотности. В области, в которой величина красного смещения ССГ не превышает восьми, при наблюдении их из центра Метагалактики, плотность массы примерно на 72,5 % больше её средней плотности.

Максимальная дифференциальная усреднённая плотность Метагалактики наблюдается на удалении в диапазоне от 3061,2 Мпк до 3167,2 Мпк от её центра. Максимальное значение превышает среднюю плотность Метагалактики примерно на 79 %.

Рис. 6.4.3. Зависимости интегральной и дифференциальной плотностей массы Метагалактики от удаления до её центра

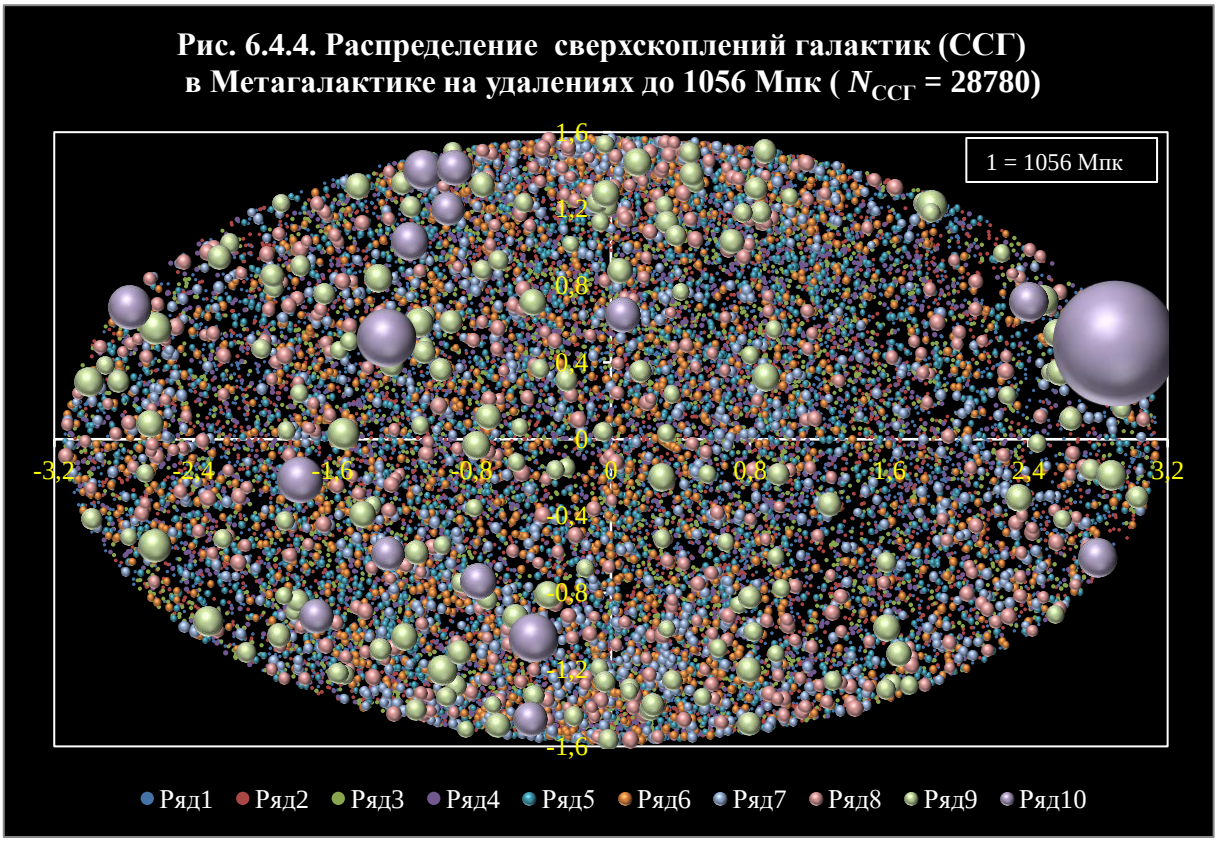


Минимальная дифференциальная усреднённая плотность Метагалактики наблюдается на предельных удалениях от её центра. Минимальное значение примерно на 52 % меньше средней плотности Метагалактики. Распределение двадцати восьми тысяч семисот восьмидесяти ССГ, расположенных на удалениях до 1056 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.4.4.

Все представленные на рисунке сверхскопления галактик, в зависимости от их удаления от центра Метагалактики с шагом изменения удаления равном 105,6 Мпк, разбиты на десять рядов. Сверхскопления галактик, принадлежащие одному ряду, отмечены на рисунке маркером одного цвета. Размер маркера, которым на рисунке отмечено местоположение сверхскопления галактик, также зависит от его удаления до центра Метагалактики.

Сверхскопления, расположенные ближе к центру Метагалактики, обозначены маркерами большего размера. Семь тысяч восемьсот семьдесят три ССГ, расположенных на удалениях от 950 Мпк до 1056 Мпк от центра Метагалактики, отмечены маркерами первого ряда. Шестнадцать сверхскоплений галактик, расположенных на удалениях до 105,6 Мпк от центра, отмечены маркерами десятого ряда. Гистограмма распределения числа ССГ на удалениях до 1056 Мпк от центра Метагалактики представлена на рисунке 6.4.5.

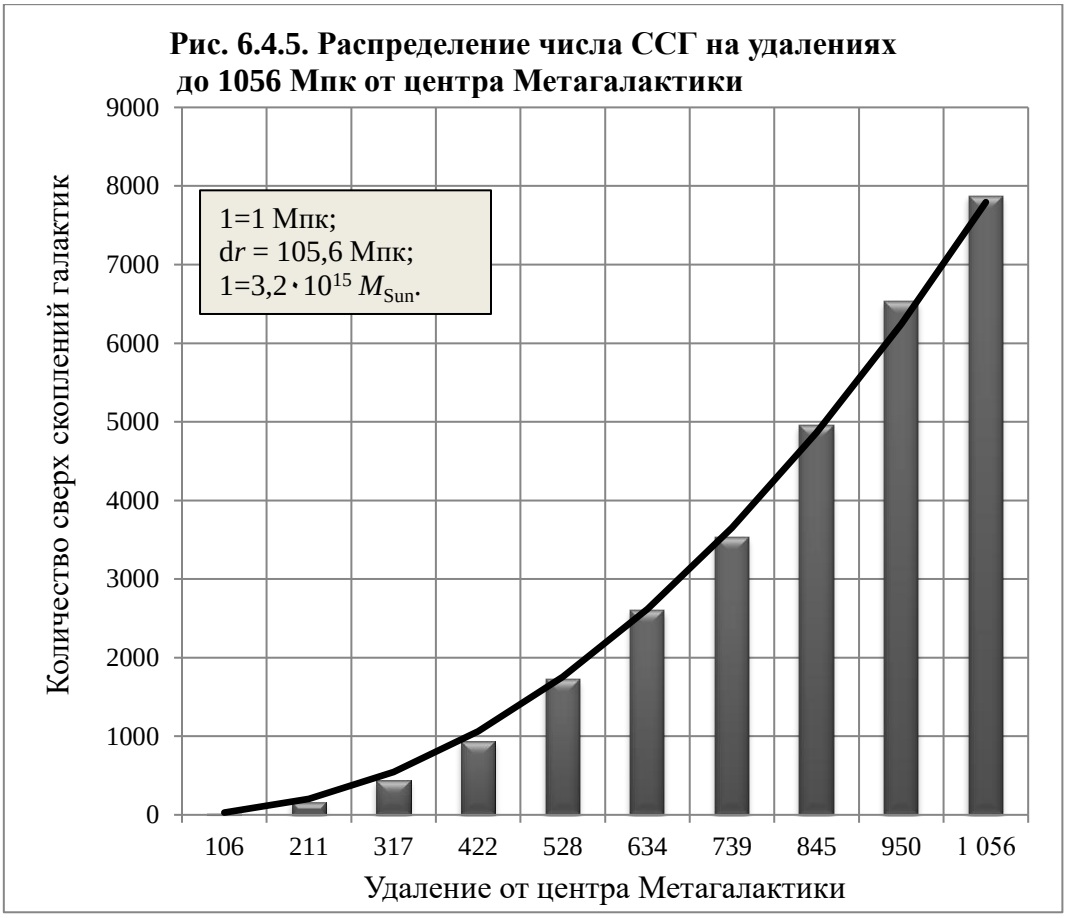
Рис. 6.4.4. Распределение сверхскоплений галактик (ССГ) в Метагалактике на удалениях до 1056 Мпк ($N_{ССГ}$ = 28780)



Сплошной линией на этом рисунке приведена зависимость числа ССГ от их удаления до центра Метагалактики, определённая при условии их равномерной плотности распределения. Зависимость плотности распределения ССГ на удалениях до 1056 Мпк от центра Метагалактики представлена на рисунке 6.4.6. Средняя плотность массы в этой области Метагалактики составляет $1{,}27 \cdot 10^{-27}$ кг/м^3, что примерно соответствует 756 атомам водорода на 1000 метров кубических. На удалениях от 422 Мпк до 1056 Мпк от центра Метагалактики плотность массы отличается от средней плотности менее чем на 5 %. На удалении до 105,6 Мпк от центра Метагалактики плотность массы

примерно на 44 % меньше средней плотности. На удалениях от 105,6 Мпк до 317 Мпк от центра плотность массы меньше средней примерно на 20 %, а на удалениях от 317 Мпк до 422 Мпк – меньше средней на 13 %.

Рис. 6.4.5. Распределение числа ССГ на удалениях до 1056 Мпк от центра Метагалактики

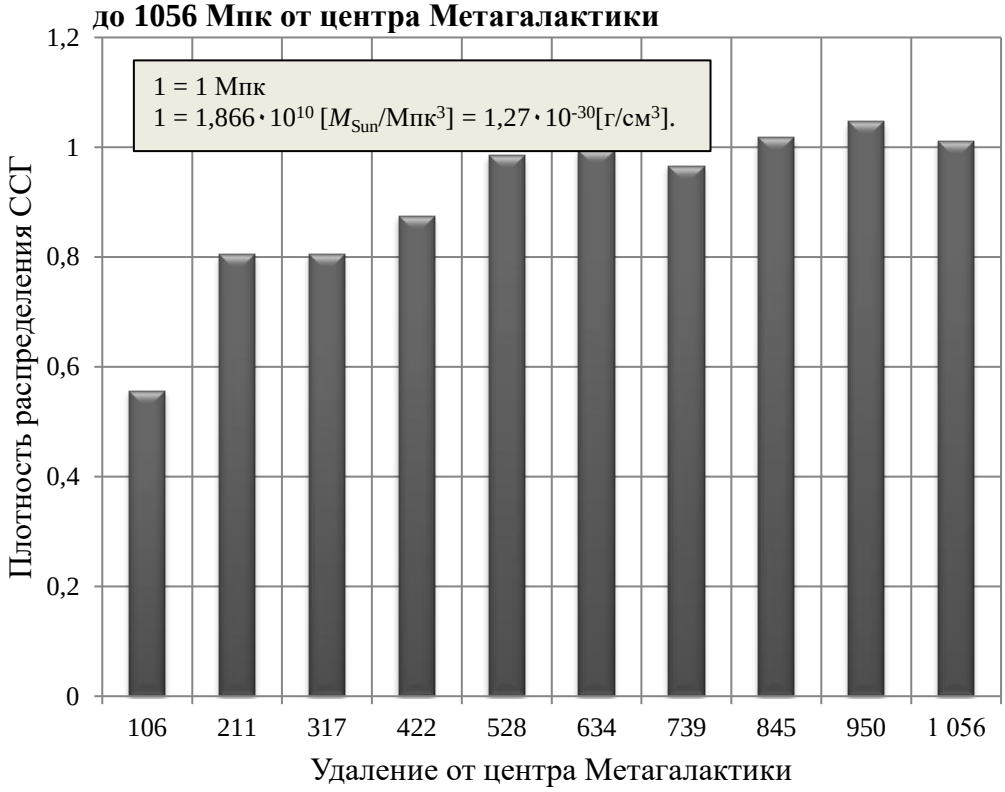


Секторные плотности распределения ССГ в Метагалактике на различных удалениях от её центра представлены на рисунках 6.4.7÷6.4.16 в виде гистограмм. На рисунках указаны количества ССГ, расположенных на данных удалениях от центра Метагалактики и их суммарная масса, измеренная в солнечных массах, а также пределы изменения величин их красного смещения при наблюдении ССГ из центра Метагалактики.

Распределение ССГ по секторам неравномерно. На удалениях от 316,8 Мпк до 1055,7 Мпк до центра Метагалактики максимальное значение секторной плотности распределения ССГ превышает её среднее значение более чем на 79 %, а минимальное её значение более чем в три раза меньше среднего. На удалениях от 211,2 Мпк до 316,8 Мпк от центра Метагалактики максимальное значение секторной плотности распределения ССГ более чем

в одиннадцать раз превышает её минимальное значение. На удалениях до 211,2 Мпк от центра Метагалактики по ряду направлений ССГ и вовсе отсутствуют.

Рис. 6.4.6. Плотность распределения ССГ на удалениях до 1056 Мпк от центра Метагалактики



При рассмотрении секторных плотностей распределения ССГ на различных удалениях от центра Метагалактики для нас отдельный интерес представлял ответ на вопрос, позволяют ли эти данные определить направление на центр Вселенной, и если позволяют, то с какой точностью. Дело в том, что плотности распределения ССГ в секторах, расположенных ближе к направлению на центр Вселенной в среднем больше, чем в соответствующих секторах противоположного направления. Это следует из полученной в разделе 6.3 зависимости крупномасштабной усреднённой плотности Вселенной от удаления до её центра, представленной на рисунке 6.3.3. В рассматриваемой нами Метагалактике, удалённой от центра Вселенной на 6969 Мпк, градиент изменения относительной крупномасштабной усреднённой плотности

распределения ССГ в её центре по направлению на центр Вселенной составляет примерно $3{,}5\cdot10^{-4}$ Мпк$^{-1}$.

Рис. 6.4.7. Секторная плотность распределения ССГ в Метагалактике на удалениях до 105,6 Мпк

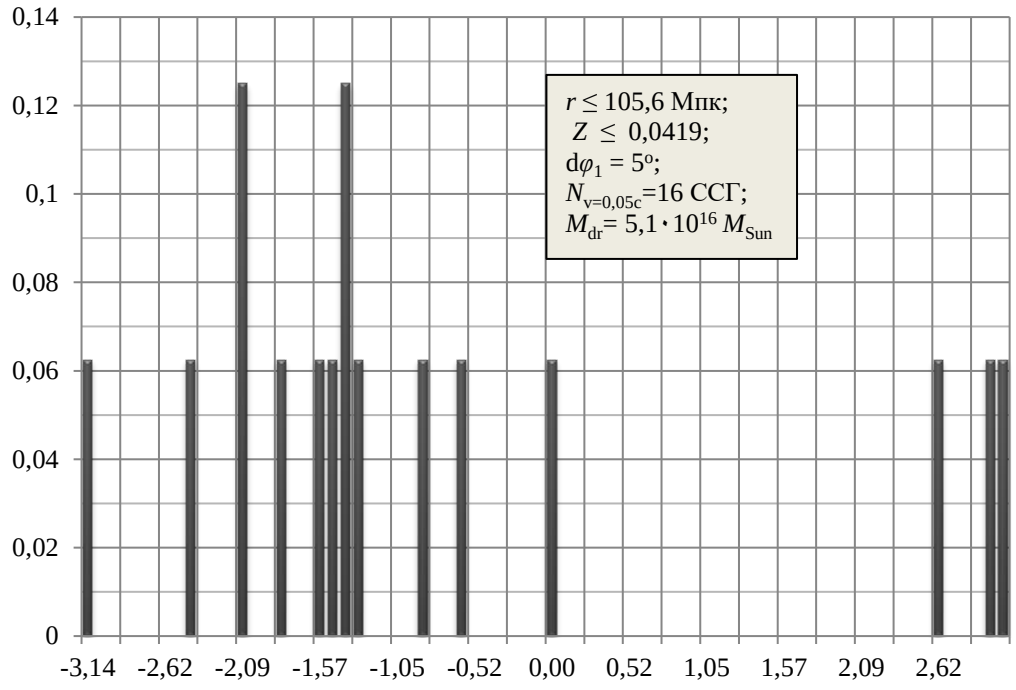


Рис. 6.4.8. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 105,6 Мпк до 211,2 Мпк от центра Метагалактики

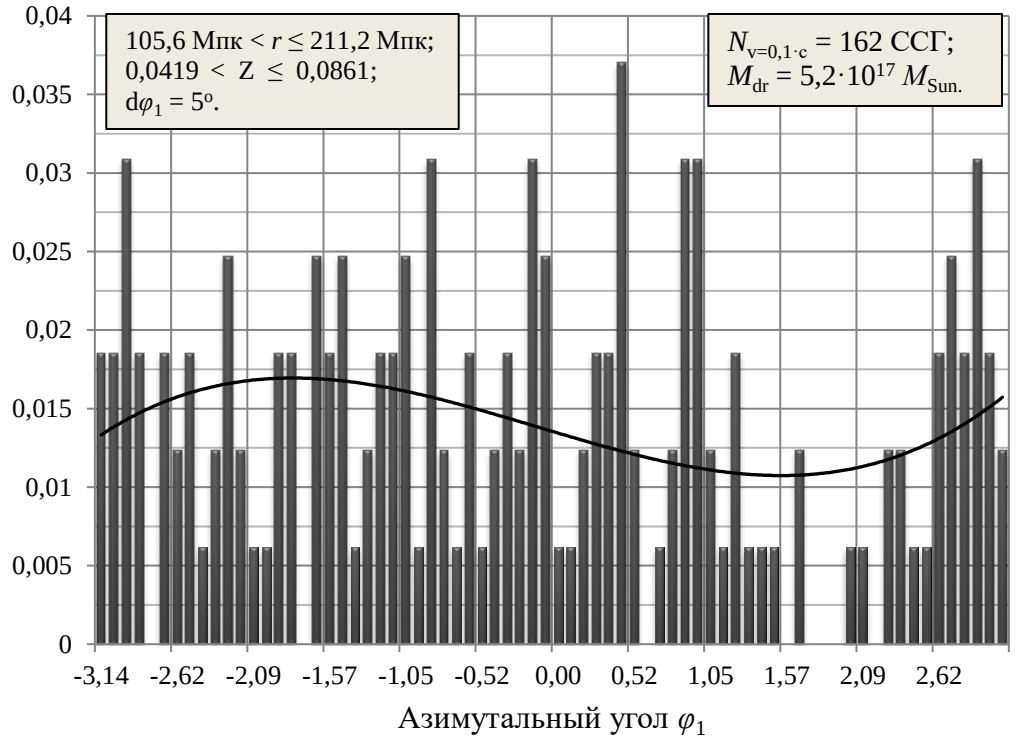


Рис. 6.4.9. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 211,2 Мпк до 316,8 Мпк от центра Метагалактики

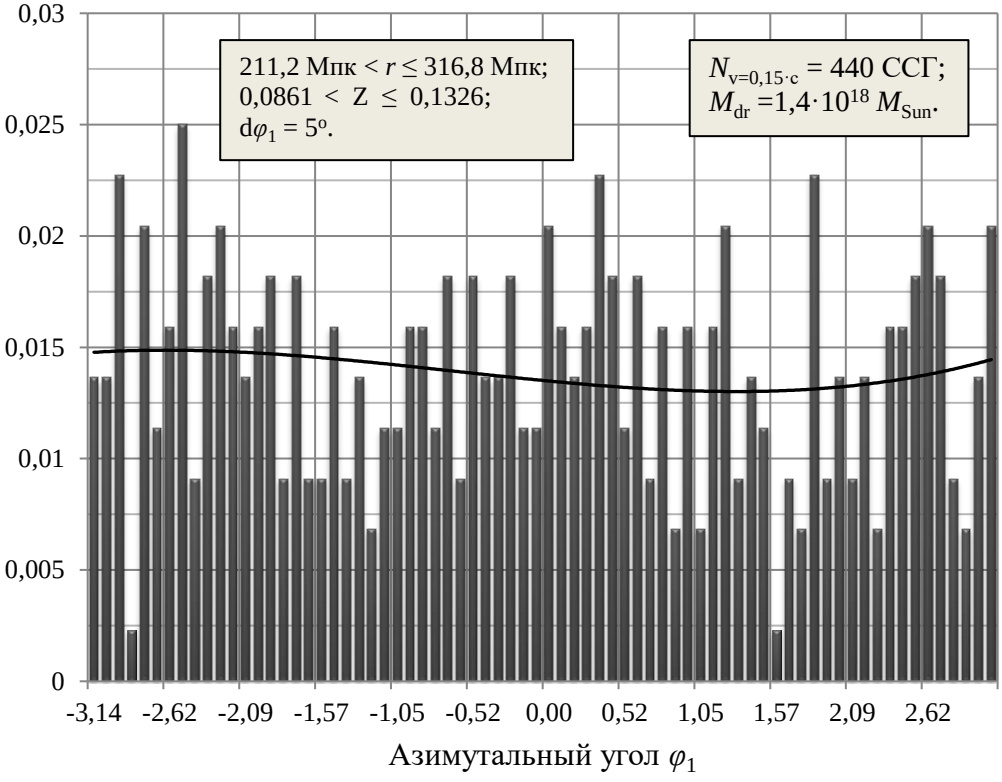


Рис. 6.4.10. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 316,8 Мпк до 422,3 Мпк от центра Метагалактики

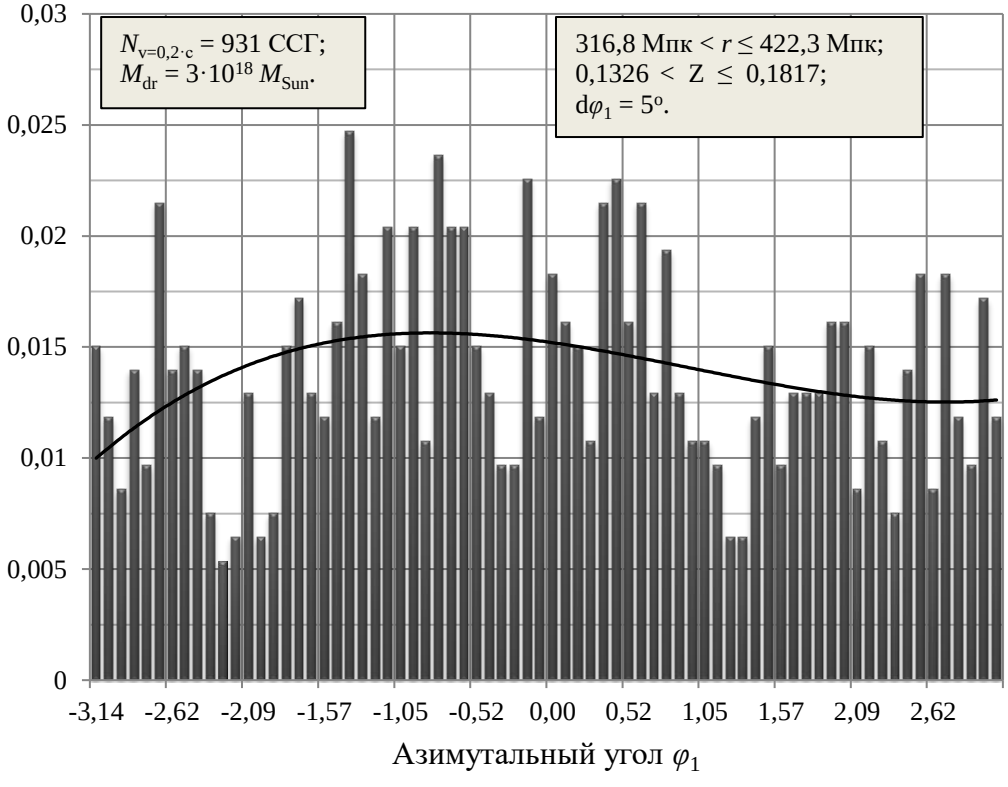


Рис. 6.4.11. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 422,3 Мпк до 527,8 Мпк от центра Метагалактики

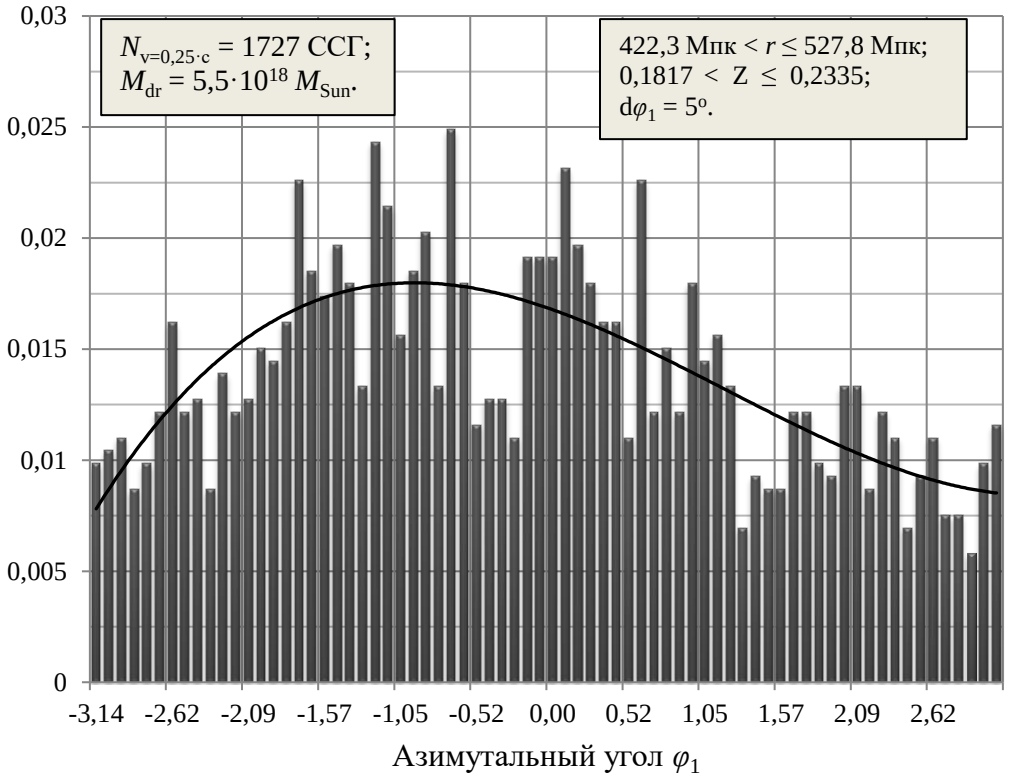


Рис. 6.4.12. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 527,8 Мпк до 633,4 Мпк от центра Метагалактики

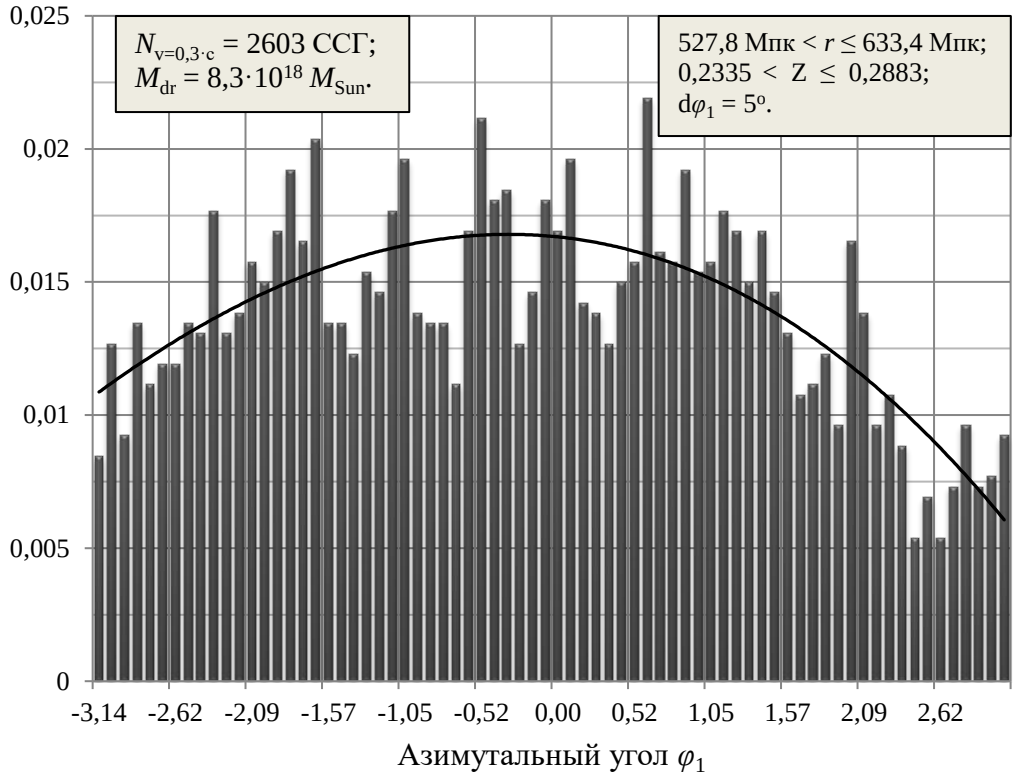


Рис. 6.4.13. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 633,4 Мпк до 739 Мпк от центра Метагалактики

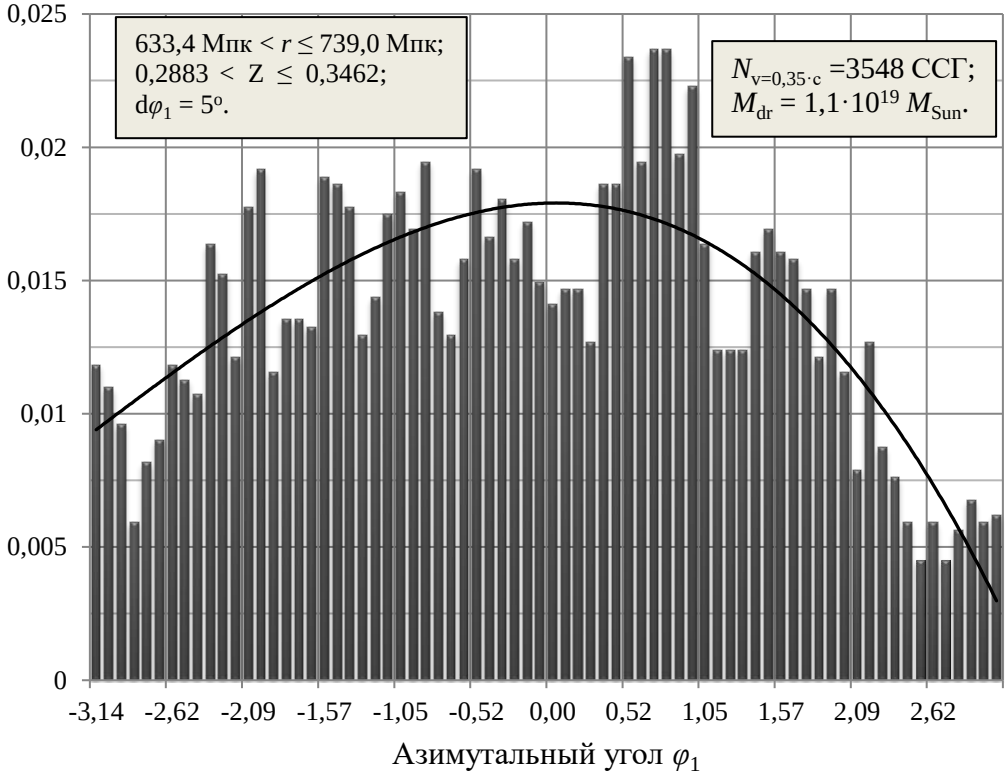


Рис. 6.4.14. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 739 Мпк до 844,6 Мпк до центра Метагалактики

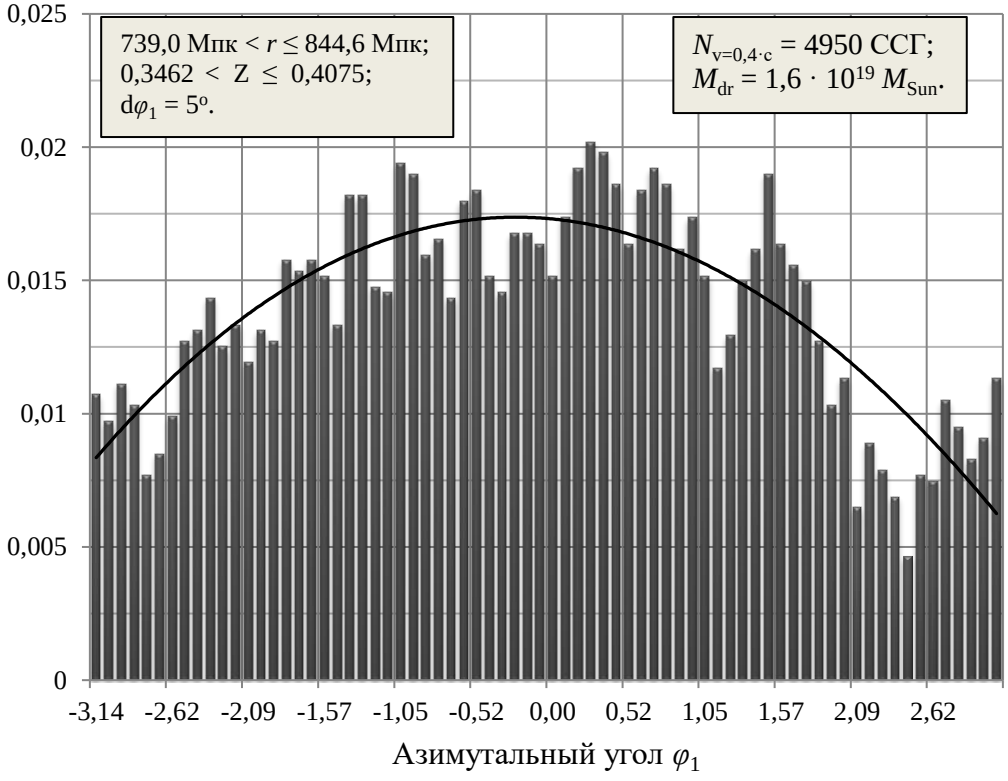


Рис. 6.4.15. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 844,6 Мпк до 950,2 Мпк от центра Метагалактики

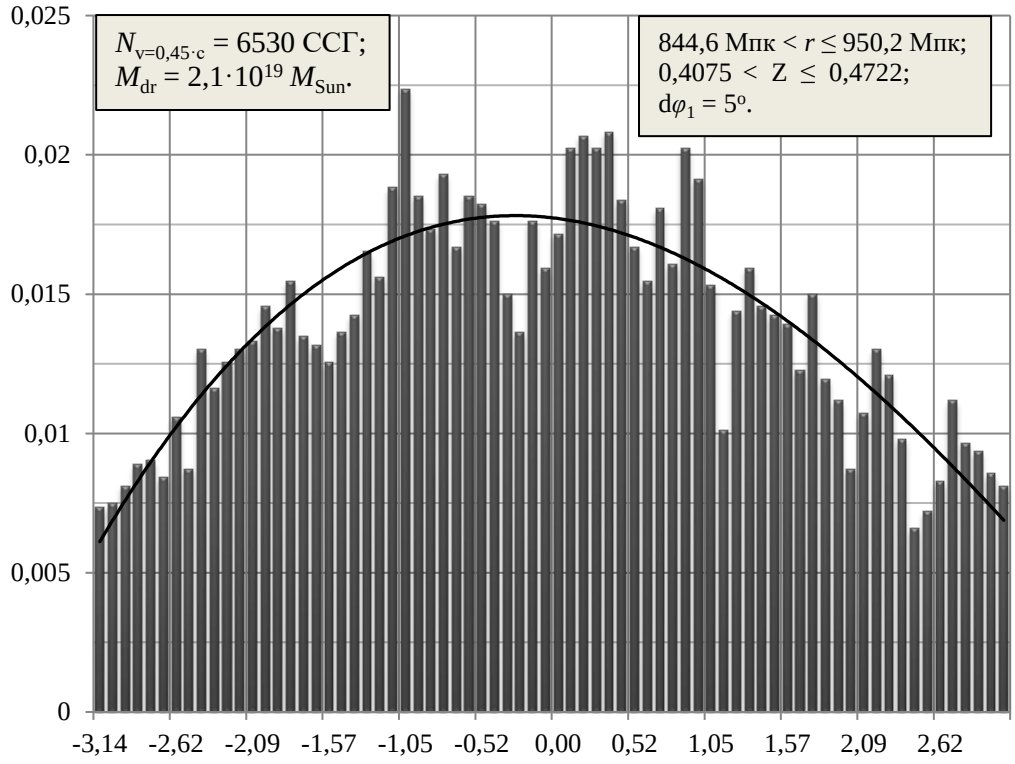
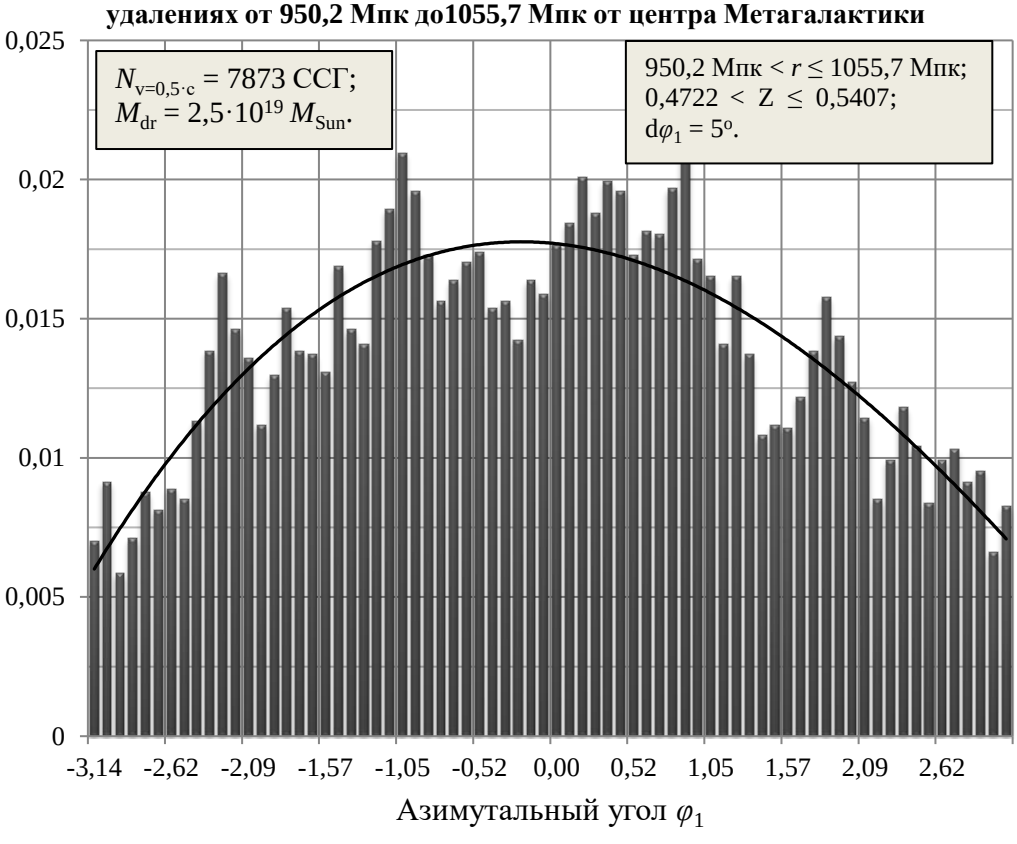


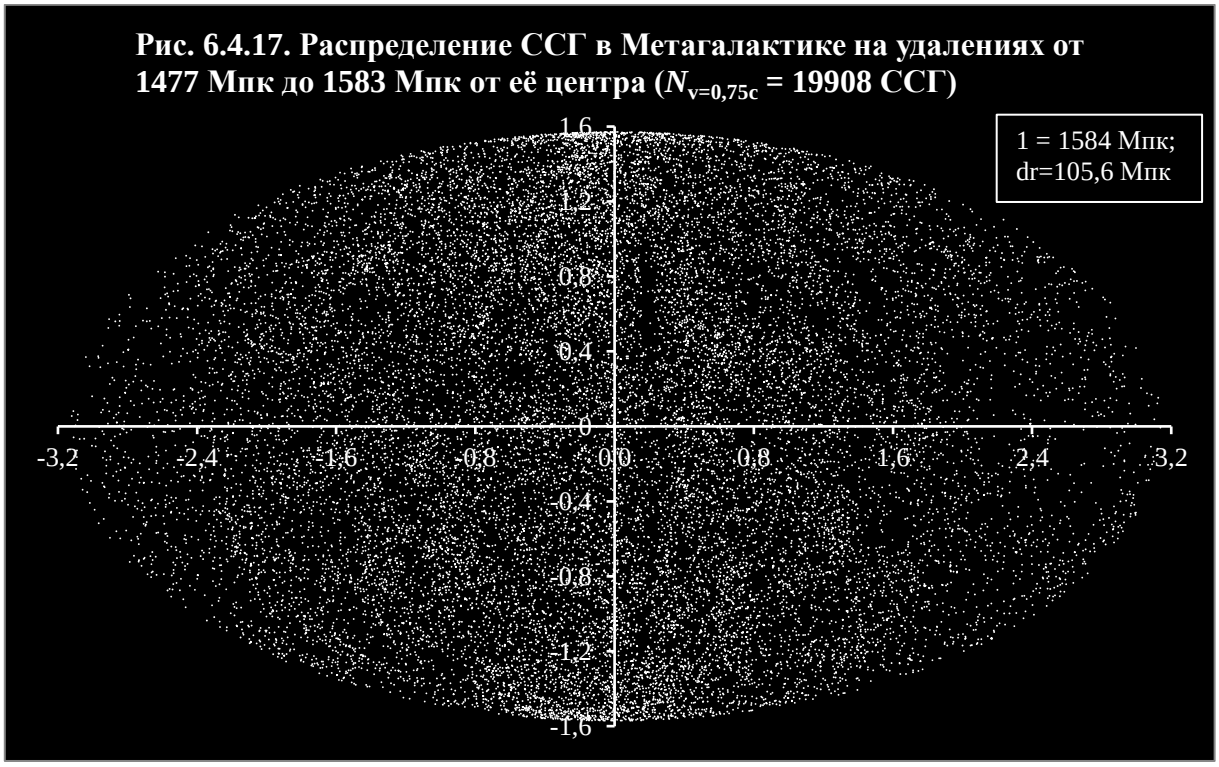
Рис. 6.4.16. Секторная плотность распределения ССГ на удалениях от 950,2 Мпк до1055,7 Мпк от центра Метагалактики



С целью определения направления на центр Вселенной аппроксимируем полученные нами в ходе моделирования секторные плотности распределения ССГ для различных удалений от центра Метагалактики полиномами третьей степени. При этом будем полагать, что азимутальный угол, при котором аппроксимирующая функция принимает максимальное значение, указывает направление на центр Вселенной. Результаты аппроксимации представлены на рисунках 6.4.8÷6.4.16 в виде графиков. Анализ полученных зависимостей показал, что любая из пяти аппроксимирующих функций, соответствующих секторным плотностям распределения ССГ на удалениях от 527,8 Мпк до 1055,7 Мпк, позволяют определить направление на центр Вселенной с точностью не превышающей 20º.

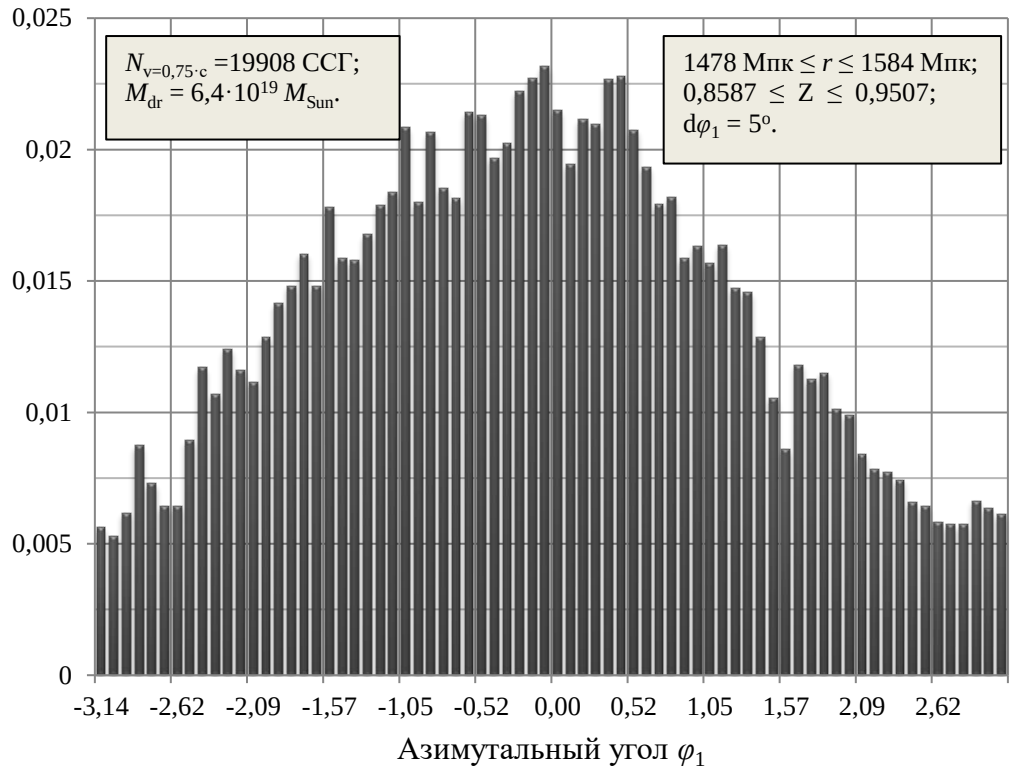
Распределение 19908 сверхскоплений галактик, расположенных на удалениях от 1477 Мпк до 1583 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.4.17. Заметим, что на этих удалениях в направлениях противоположных направлению на центр Вселенной могут образовываться отдельные крупномасштабные пустоты. Определение размеров и местоположения крупномасштабных пустот (войдов) в Метагалактике с учётом размеров сверхскоплений будет рассмотрено нами в подразделе 6.7.

Рис. 6.4.17. Распределение ССГ в Метагалактике на удалениях от 1477 Мпк до 1583 Мпк от её центра ($N_{v=0,75c}$ = 19908 ССГ)



Секторные плотности распределения сверхскоплений галактик в Метагалактике на удалениях от 1477 Мпк до 1583 Мпк от её центра представлены на рисунке 6.4.18.

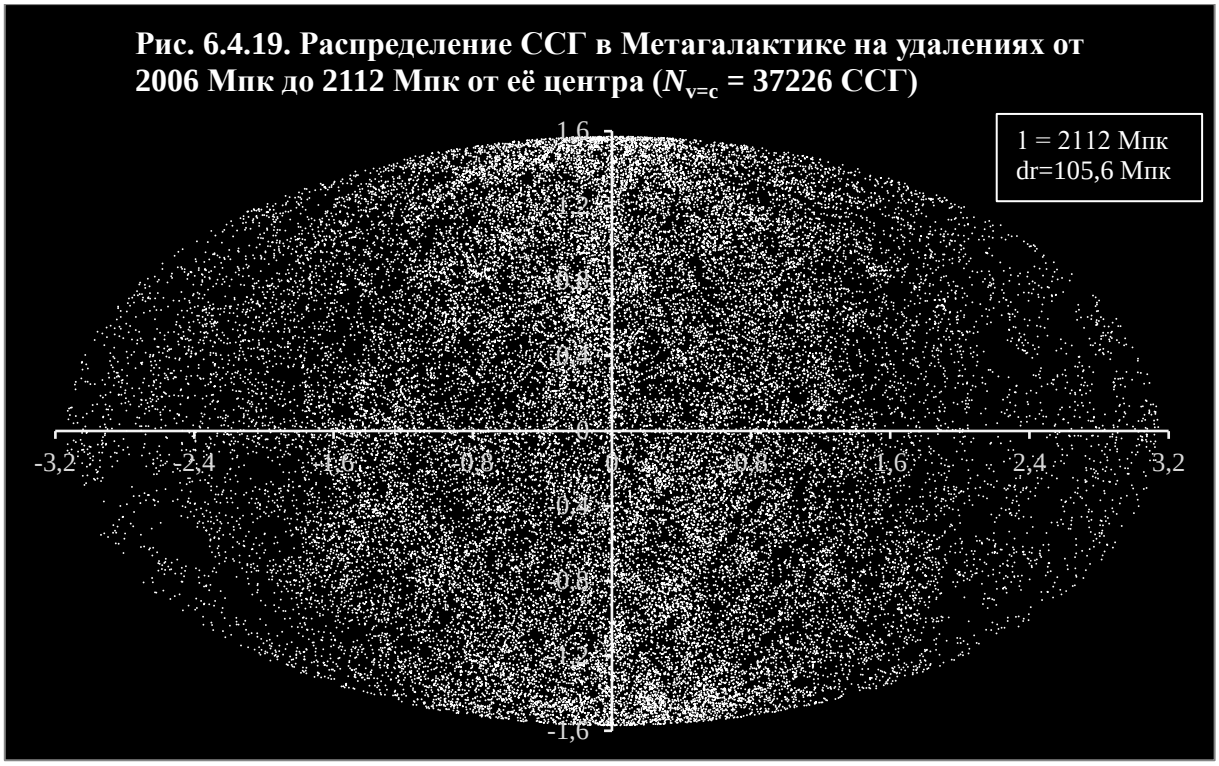
Рис. 6.4.18. Плотность распределения ССГ на удалениях от 1478 Мпк до 1584 Мпк от центра Метагалактики



Максимальное значение секторной плотности распределения ССГ примерно в 4,4 раза превышает её минимальное значение. При этом направление, соответствующее максимальному значению секторной плотности распределения ССГ, по сути, совпадает с направлением на центр Вселенной. Общая масса ССГ, расположенных на этих удалениях, примерно равна $6{,}4\cdot10^{19}$ солнечных масс. Если наблюдать эти сверхскопления галактик из центра Метагалактики, то величины красных смещений их излучения будут находиться в диапазоне от 0,8587 до 0,9507.

Распределение 37226 сверхскоплений галактик, расположенных на удалениях от 2006 Мпк до 2112 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.4.19. Соответствующие этим удалениям секторные

плотности распределения сверхскоплений галактик, общей массой равной $1{,}2 \cdot 10^{20}$ солнечных масс, представлены на рисунке 6.4.20.



Если наблюдать эти сверхскопления галактик из центра Метагалактики, то величины их красных смещений будут находиться в диапазоне от 1,382 до 1,508. Максимальное значение секторной плотности распределения ССГ примерно в 7,4 раза превышает её минимальное значение. Направление, соответствующее максимальному значению секторной плотности распределения ССГ, отличается от направления на центр Вселенной на 5^{o}.

Секторные интегральные и дифференциальные относительные плотности распределения ССГ на различных удалениях от центра Метагалактики представлены на рисунках 6.4.21÷6.4.23 и 6.4.24÷6.4.26 соответственно.

Анализ представленных результатов показал:

- Наименьшее отклонение интегральной плотности распределения ССГ по секторам от равномерного распределения наблюдается для ССГ, удаление которых от центра Метагалактики не превышает 844,6 Мпк. Для данного предела удалений секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ находится в диапазоне от -54,4 % до 42,2 % от её среднего значения, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения равно 23,43 %.
- При росте предела удалений ССГ от центра Метагалактики, неравномерность их распределения по секторам также возрастает. Так, для 91,97 % всех ССГ Метагалактики, удаление которых от её центра не превышает 10557 Мпк, секторная интегральная относительная плотность их распределения находится в диапазоне от -94,3 % до 207,3 % от её среднего значения. При этом число сверхскоплений галактик в секторе, направленном на центр Вселенной, более чем в 30 раз больше, чем в секторе противоположного направления.
- Характер изменений секторной дифференциальной относительной плотности распределения ССГ в зависимости от их удаления до центра Метагалактики в значительной мере совпадает с соответствующими изменениями секторной интегральной относительной плотности.

Рис. 6.4.21. Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ в Метагалактике на различных удалениях

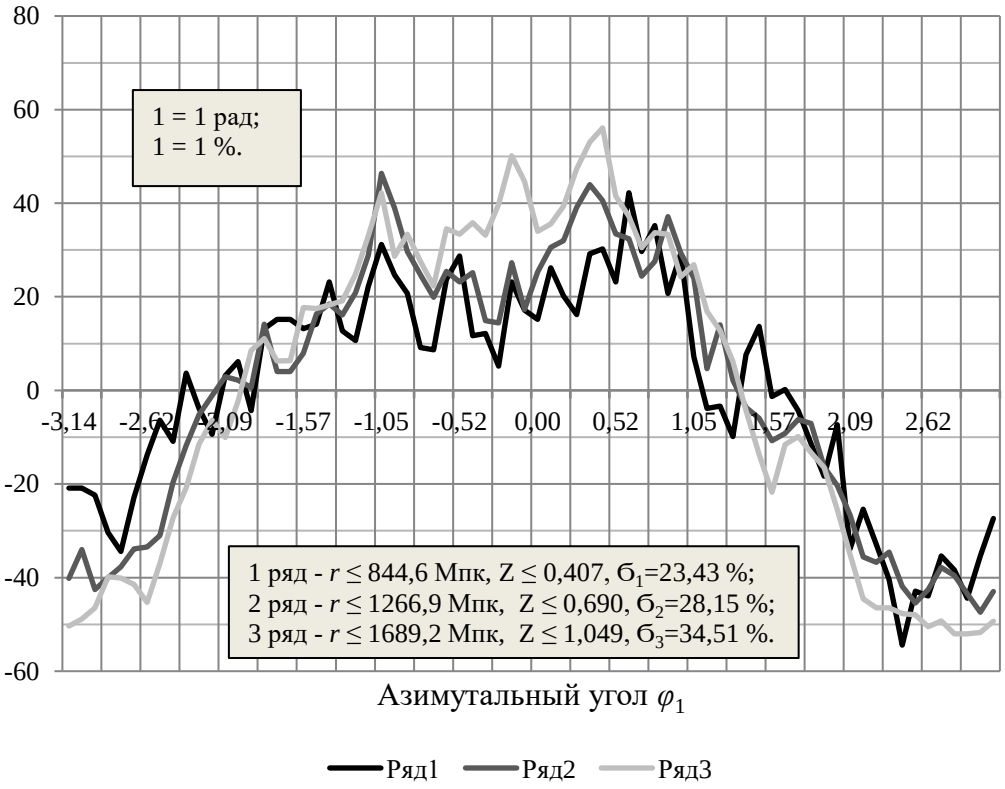


Рис. 6.4.22. Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ в Метагалактике на различных удалениях

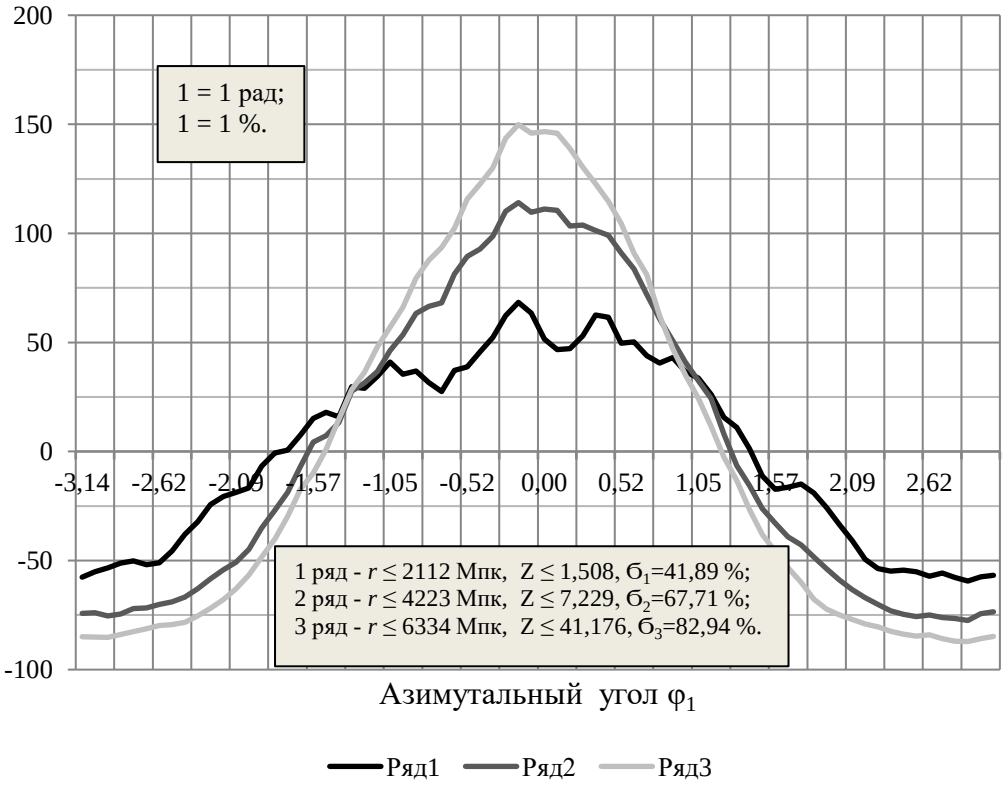


Рис. 6.4.23. Секторная интегральная относительная плотность распределения ССГ в Метагалактике на предельных удалениях

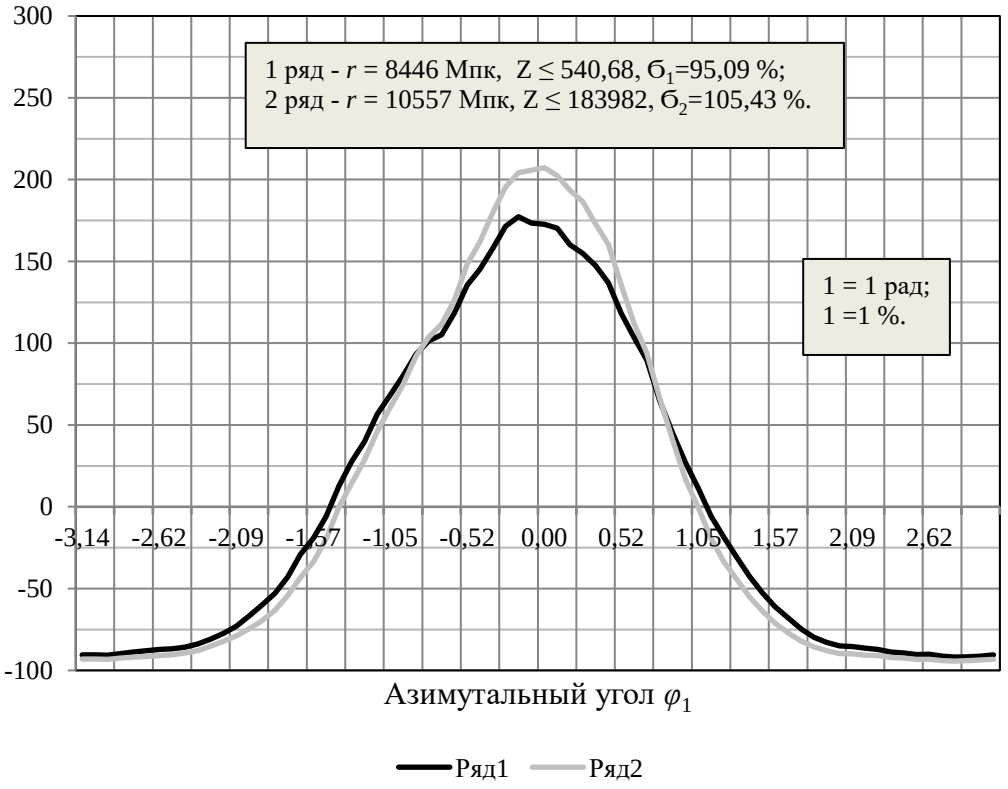


Рис. 6.4.24. Секторная дифференциальная плотность распределения ССГ в Метагалактике на различных удалениях от её центра

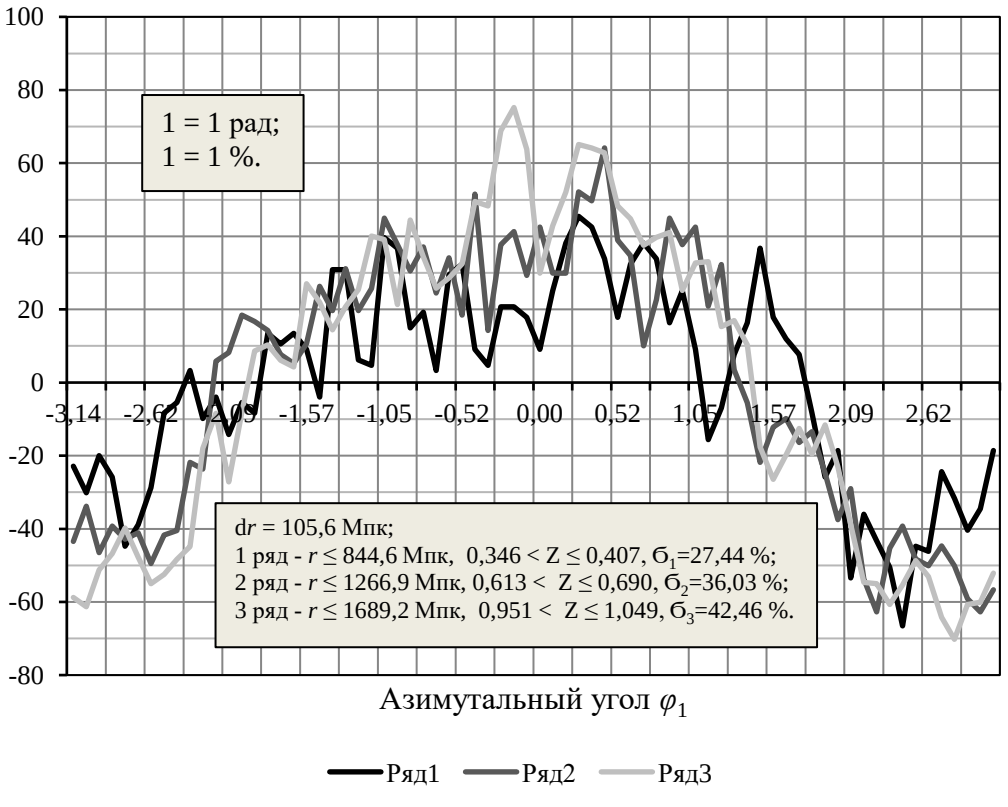


Рис. 6.4.25. Секторная дифференциальная плотность распределения ССГ на различных удаления от центра Метагалактики

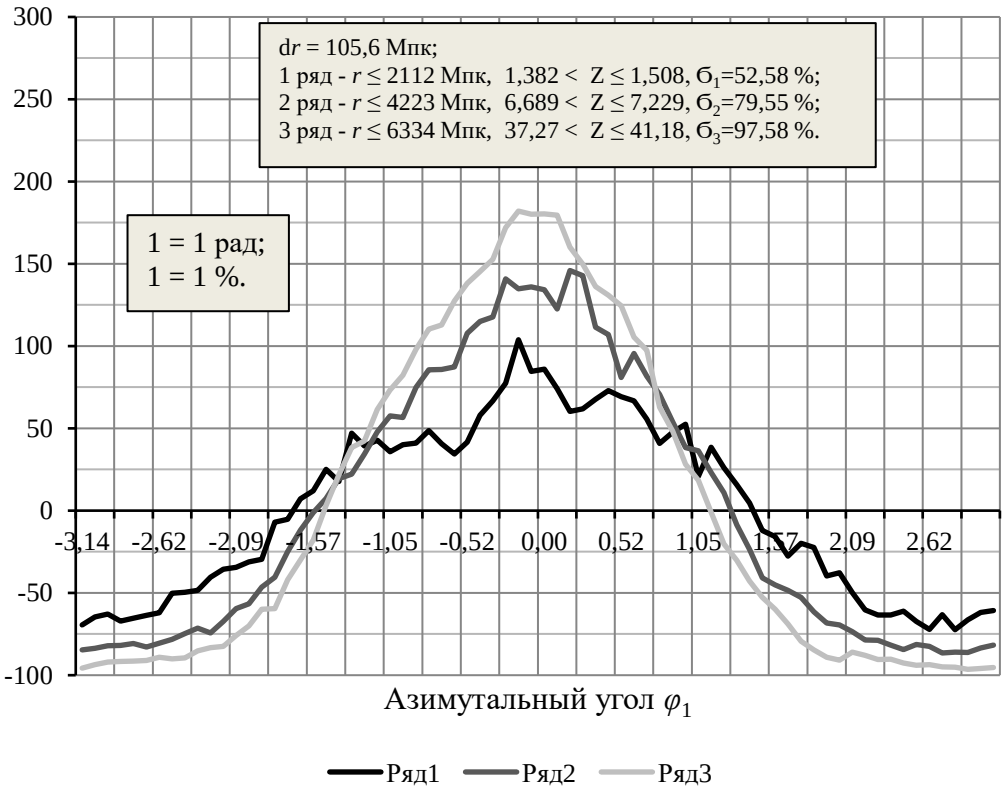
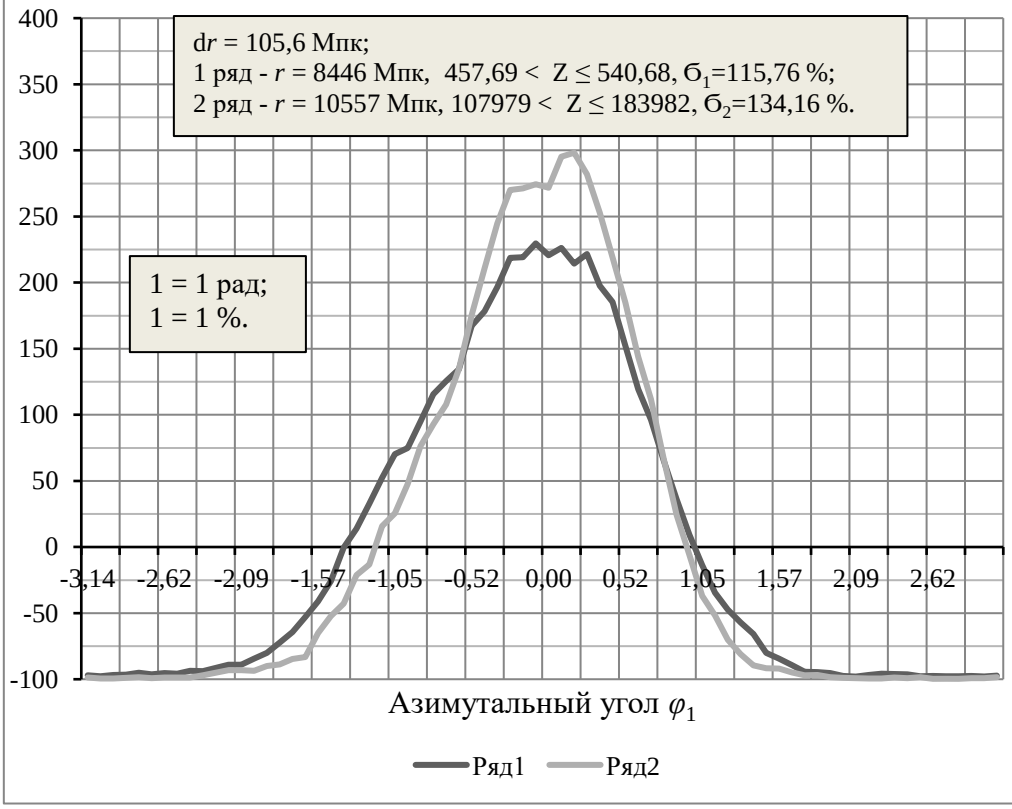


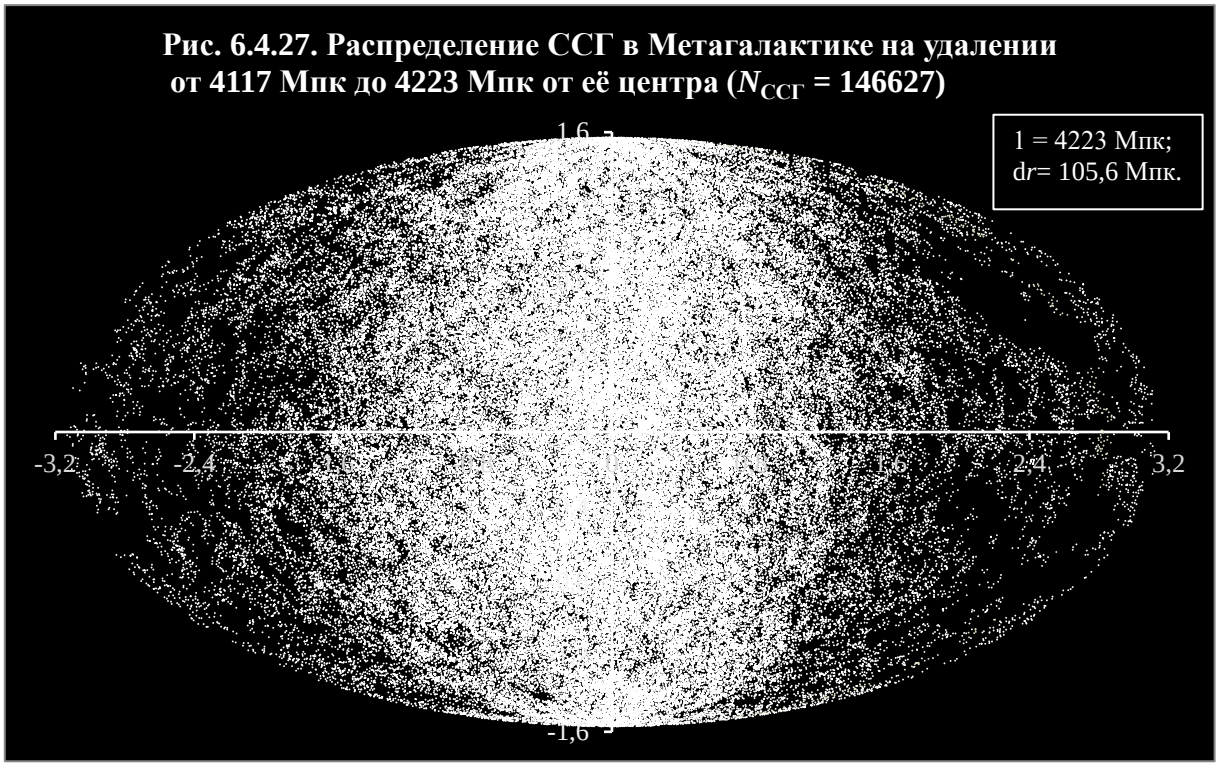
Рис. 6.4.26. Секторная дифференциальная плотность распределения ССГ на предельных удалениях от центра Метагалактики



Наименьшее отклонение дифференциальной плотности распределения ССГ по секторам от равномерного распределения наблюдается для ССГ, удаление которых от центра Метагалактики больше 739,0 Мпк, но не превышает 844,6 Мпк, что соответствует величине их красного смещения в диапазоне от 0,346 до 0,408 при наблюдении их из центра Метагалактики. На данных удалениях секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ находится в диапазоне от -66,5 % до 45,5 % от её среднего значения, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения равно 27,44 %.

- Для сверхскоплений галактик, удаление которых от центра Метагалактики больше 10451,4 Мпк, но не превышает 10557 Мпк, неравномерность распределения ССГ по секторам резко возрастает. При этих удалениях секторная дифференциальная относительная плотность распределения ССГ находится в диапазоне от -99,4 % до 298,2 % от её среднего значения, а среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения возросло до 134,2 %.
- Неравномерность распределения ССГ по секторам в Метагалактике значительно больше, чем во Вселенной. Так, среднеквадратическое отклонение от равномерного распределения на удалении до 844,6 Мпк, определённое для секторной относительной интегральной плотности распределения ССГ, в Метагалактике примерно в три раза больше, чем во Вселенной. По мере роста удалений от центра отношение соответствующих среднеквадратических отклонений от равномерного распределения, определённых для Метагалактики и для Вселенной, постепенно возрастает, достигая максимального значения равного примерно 28 при удалении до 4223 Мпк от центра. При дальнейшем росте удалений от центра отношение соответствующих среднеквадратических отклонений от равномерного распределения, определённых для Метагалактики и для Вселенной, постепенно уменьшается и для удалений до 10557 Мпк от центра примерно равно 10.

Распределение 146627 ССГ, расположенных на удалениях от 4117 Мпк до 4223 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.4.27.



Соответствующие этим удалениям секторные плотности распределения ССГ, общей массой равной $4{,}7\cdot10^{20}$ солнечных масс, представлены на рисунке 6.4.28. Если наблюдать эти сверхскопления галактик из центра Метагалактики, то величины их красных смещений будут находиться в диапазоне от 6,689 до 7,229. Максимальное значение секторной плотности распределения ССГ примерно в 18,2 раза превышает её минимальное значение.

Распределение 299204 сверхскоплений галактик, расположенных на удалениях от 6228 Мпк до 6334 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.4.29. Соответствующие этим удалениям секторные плотности распределения ССГ, общей массой равной $9{,}6\cdot10^{20}$ солнечных масс, представлены на рисунке 6.4.30. Величины их красных смещений находятся в диапазоне от 37,265 до 41,176 при наблюдении из центра Метагалактики. Максимальное значение секторной плотности распределения ССГ примерно в 43,4 раза превышает её минимальное значение. Формируются огромные пустоты в направлениях противоположных направлению на центр Вселенной.

Рис. 6.4.28. Плотность распределения ССГ на удалениях от 4117 Мпк до 4223 Мпк от центра Метагалактики

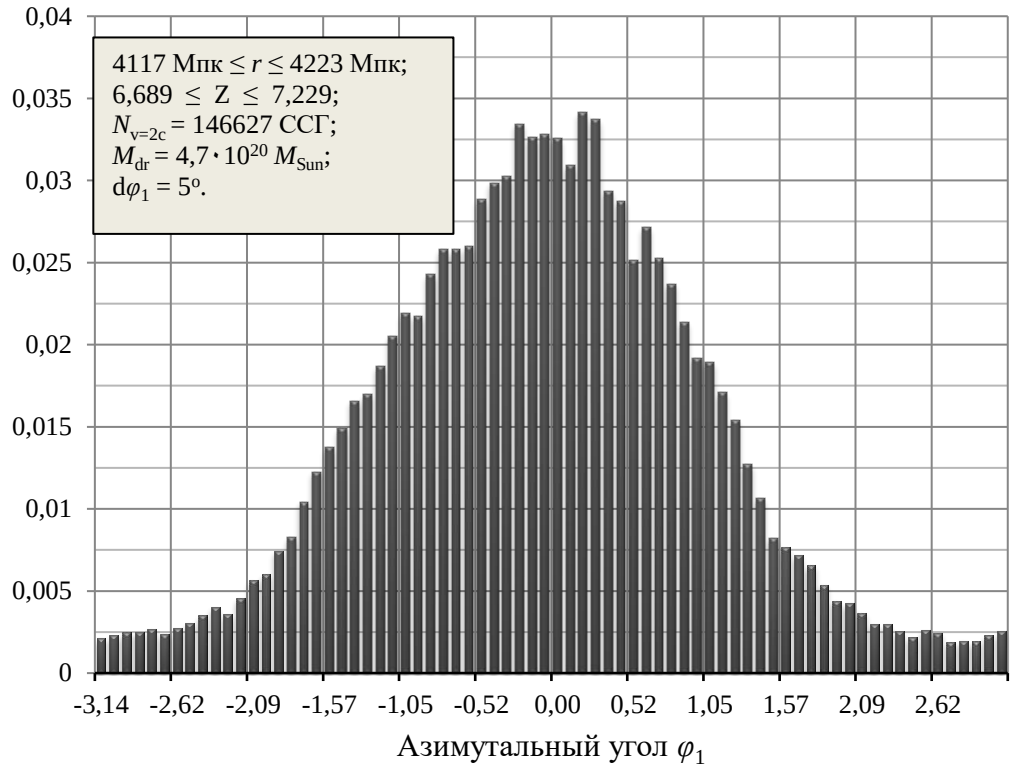


Рис. 6.4.29. Распределение ССГ в Метагалактике на удалении от 6228 Мпк до 6334 Мпк от её центра ($N_{ССГ}$ = 299204)

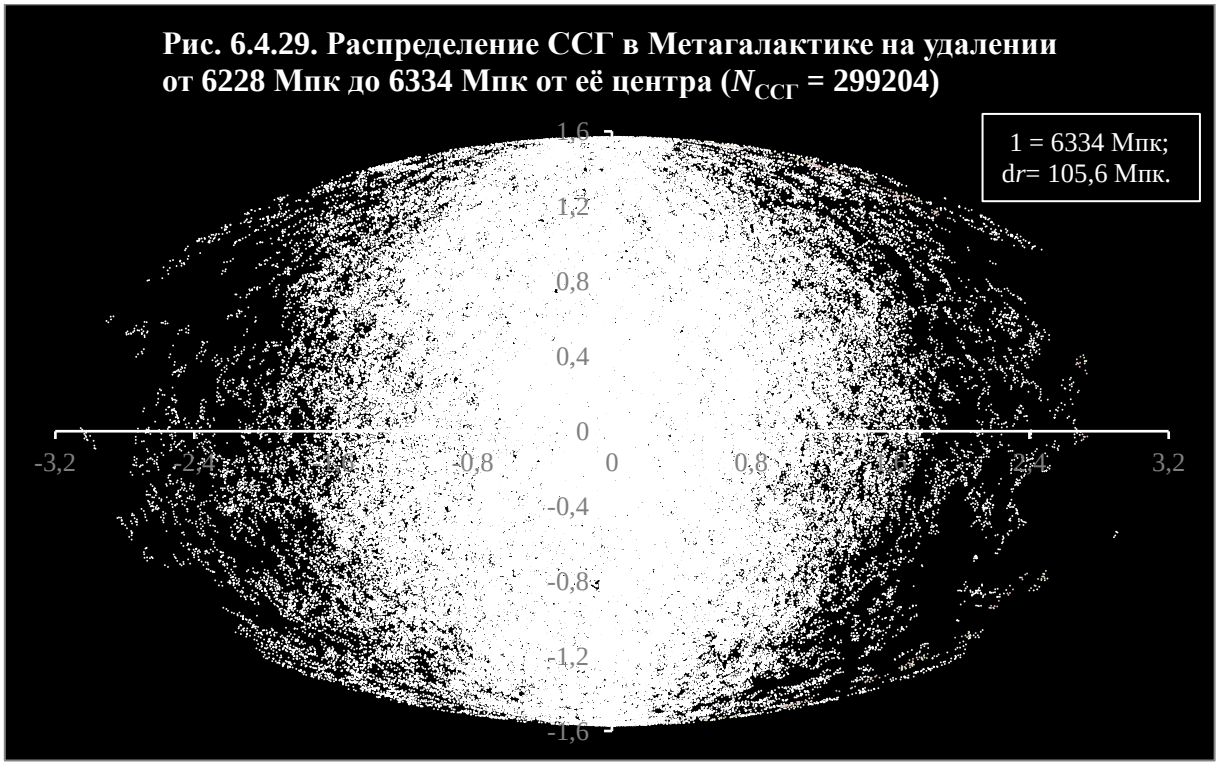
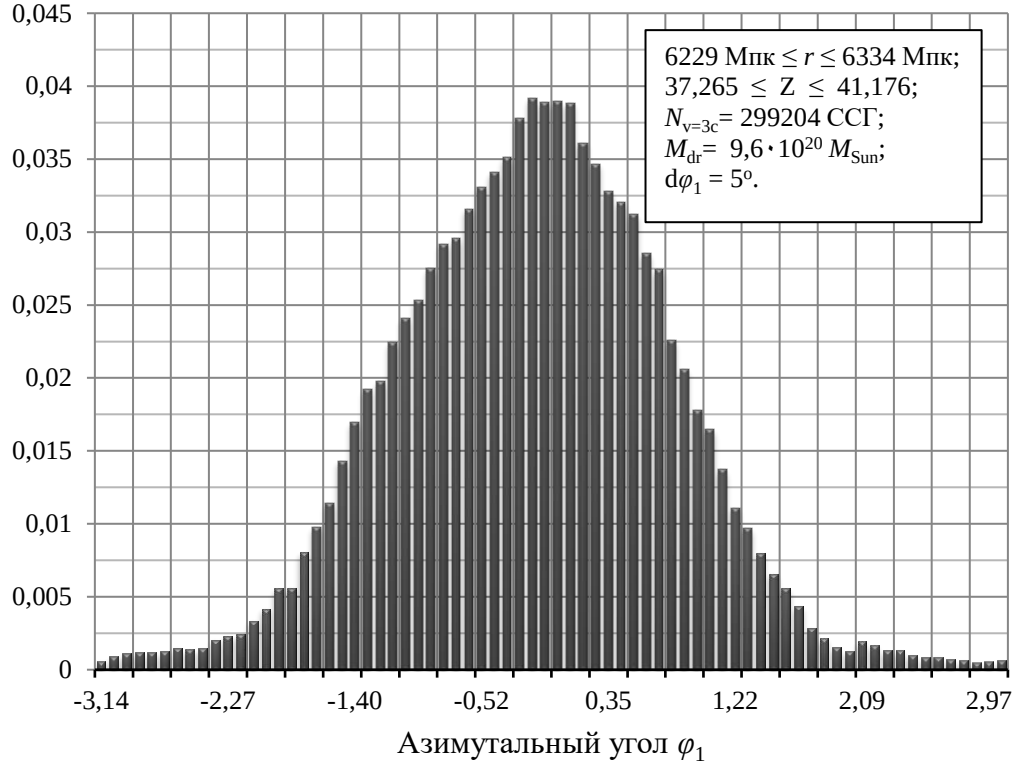


Рис. 6.4.30. Плотность распределения ССГ на удалениях от 6229 Мпк до 6334 Мпк от центра Метагалактики



Распределение 374108 сверхскоплений галактик, расположенных на удалениях от 8340 Мпк до 8446 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.4.31.

Рис. 6.4.31. Распределение ССГ в Метагалактике на удалении от 8340 Мпк до 8446 Мпк от её центра ($N_{ССГ}$ = 374108)

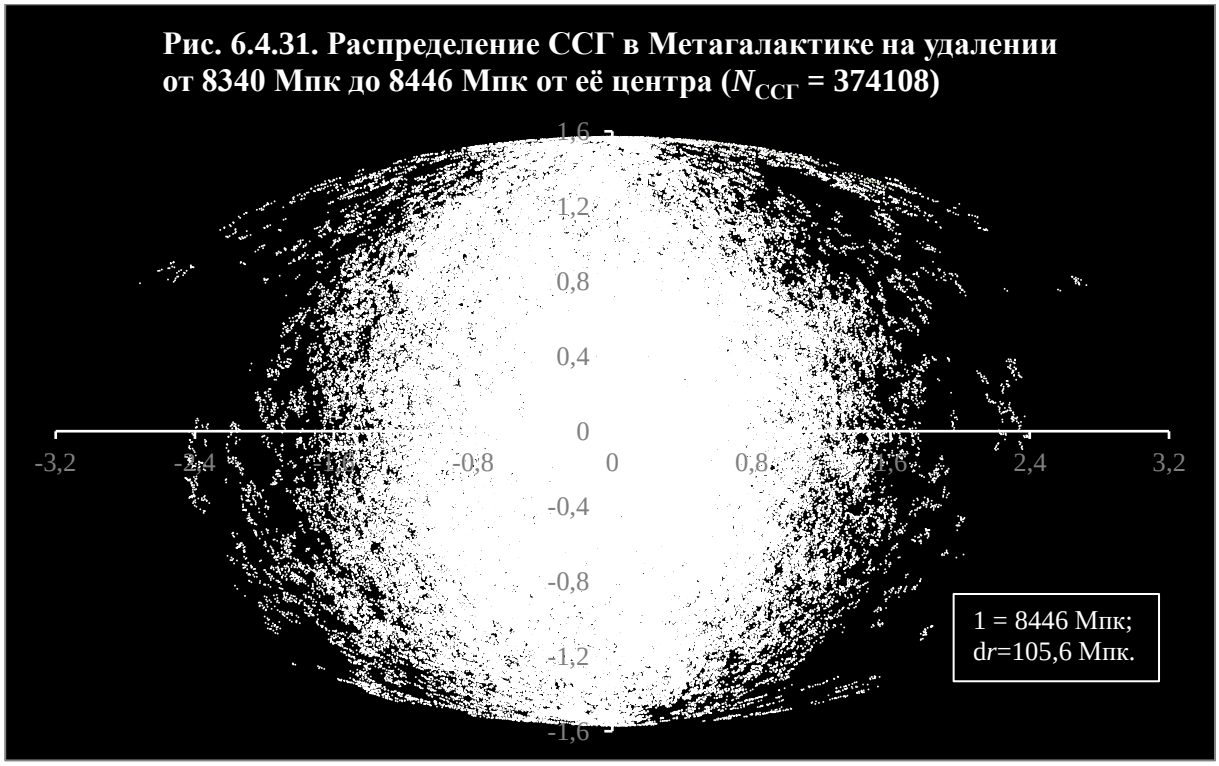
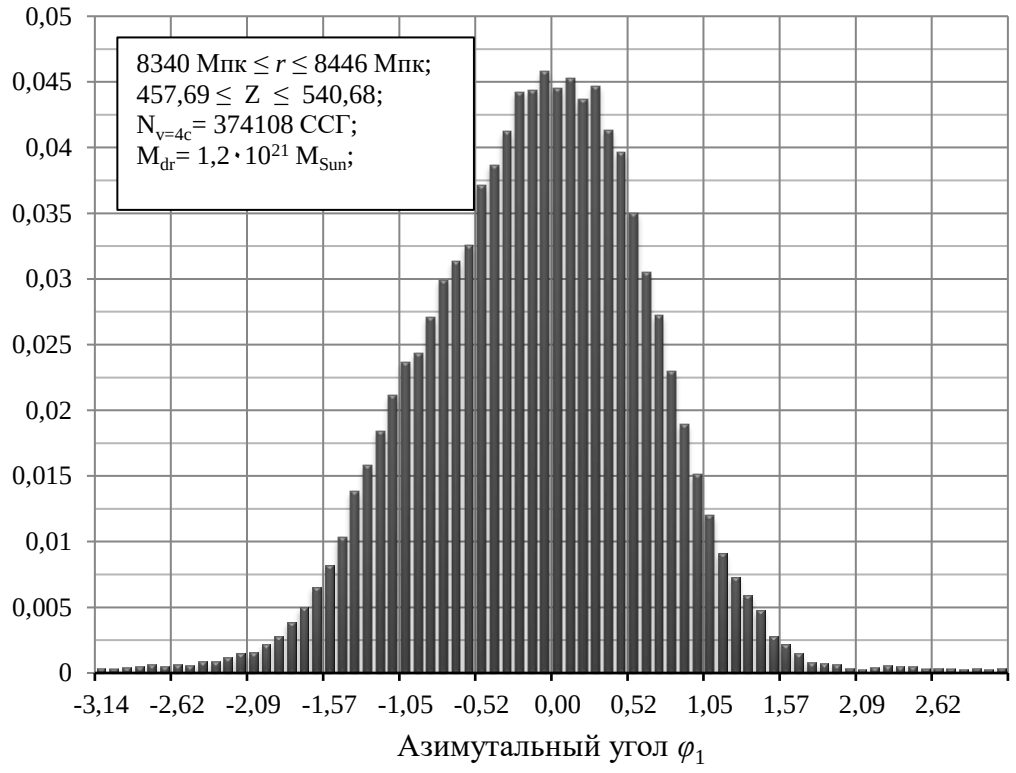


Рис. 6.4.32. Плотность распределения ССГ на удалениях от 8340 Мпк до 8446 Мпк от центра Метагалактики



Соответствующие этим удалениям секторные плотности распределения сверхскоплений галактик, общей массой равной $1{,}2\cdot10^{21}$ солнечных масс, представлены на рисунке 6.4.32. Максимальное значение секторной плотности распределения ССГ примерно в 157 раза превышает её минимальное значение. Объём крупномасштабных пустот в направлениях противоположных направлению на центр Вселенной является доминирующим.

Распределение 316520 сверх скоплений галактик, расположенных на удалениях от 11296 Мпк до 11402 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.4.33.

Соответствующие этим удалениям секторные плотности распределения сверхскоплений галактик, общей массой равной $1{,}0\cdot10^{21}$ солнечных масс, представлены на рисунке 6.4.34. Если бы нам удалось наблюдать эти сверхскопления галактик из центра Метагалактики, то величины их красных смещений находились бы в диапазоне от $5{,}3\cdot10^{8}$ до $3{,}8\cdot10^{10}$.

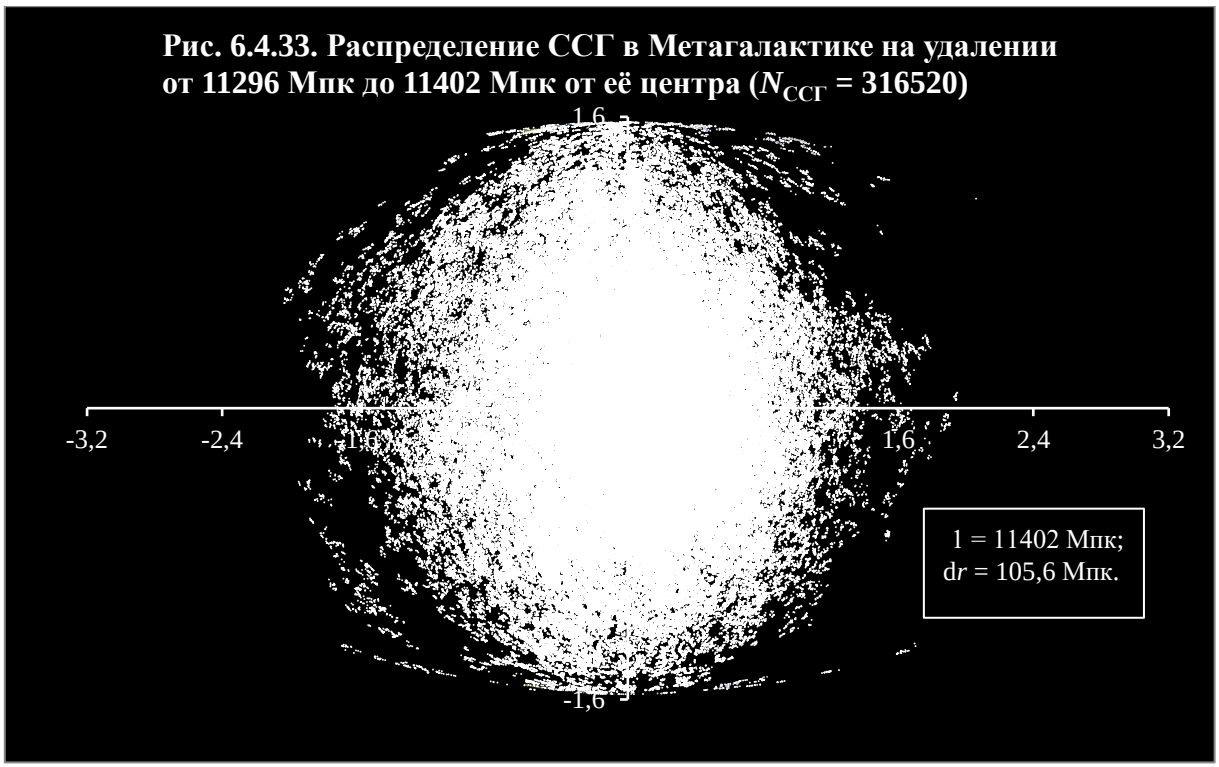


Рис. 6.4.33. Распределение ССГ в Метагалактике на удалении от 11296 Мпк до 11402 Мпк от её центра ($N_{ССГ}$ = 316520)

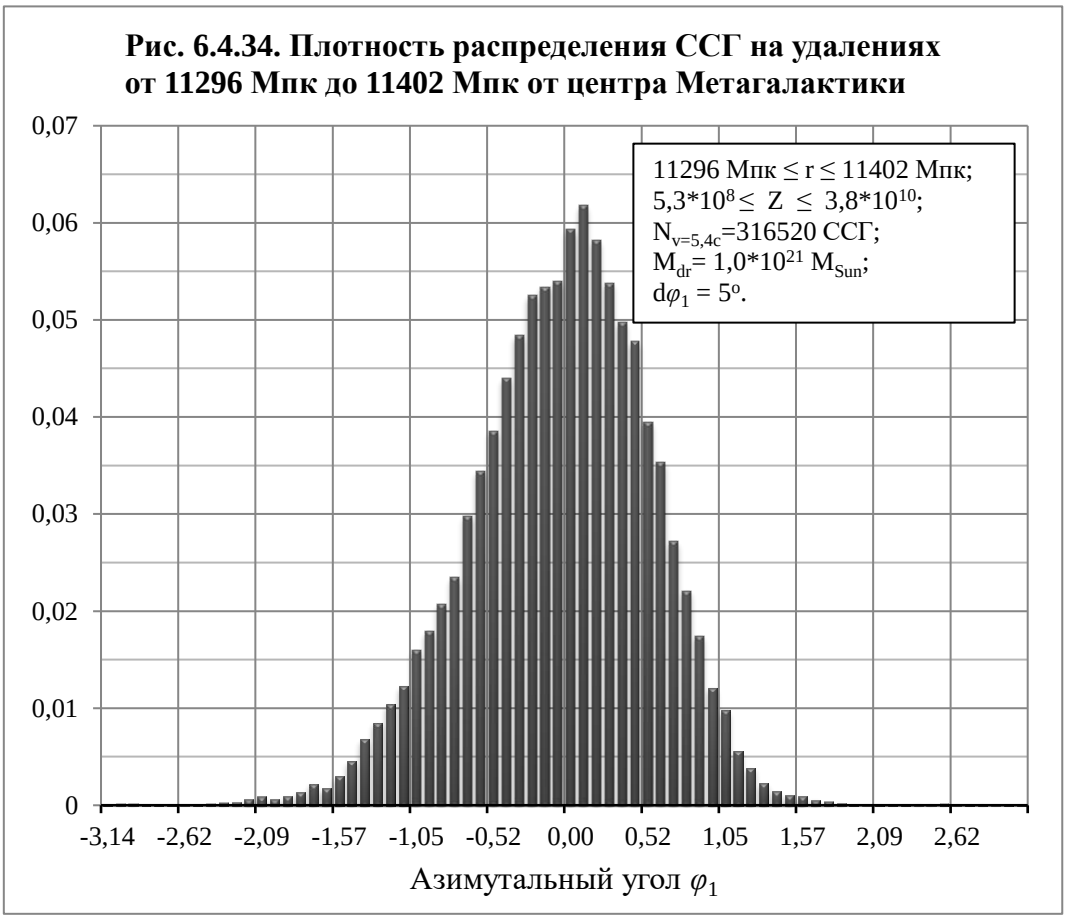


Рис. 6.4.34. Плотность распределения ССГ на удалениях от 11296 Мпк до 11402 Мпк от центра Метагалактики

Практически у всех сверхскоплений галактик на рассматриваемых удалениях диапазон изменения азимутального угла составляет от -90° до 90°.

При этом у более 53 % всех сверхскоплений галактик азимутальный угол находится в диапазоне от -25° до 25°.

6.5. Основные характеристики скоплений космических объектов

До сих пор при определении крупномасштабного распределения массы во Вселенной и в Метагалактике сверхскопления галактик рассматривались нами как точечные объекты. В данном подразделе мы не только определим размеры сверхскоплений галактик и законы распределения в этих скоплениях массы, но и покажем, как меняются основные характеристики скоплений в зависимости от момента их зарождения.

Для определения размеров скоплений и законов распределения в них массы воспользуемся моделью размножения и разлёта частиц. Важно отметить, что согласно возрастному закону изменения скорости разлёта частиц при их размножении, представленному на рисунке 6.5.1, начиная с момента, когда возраст Вселенной превысил 31 поколение, получаемые на модели скопления на начальной стадии своего формирования обладают свойством самоподобия, то есть любая часть скопления подобна всему скоплению целиком.

Дело в том, что начиная с момента, когда возраст Вселенной превысил 31 поколение, для определения скорости разлёта частиц при их размножении вместо зависимости (6.3.1) с достаточной для практических целей точностью может быть использовано следующее выражение:

$$\frac{v_{\text{я}}}{c} = \frac{1}{\sqrt{A \cdot 2^{\text{я}}}}. \qquad (6.5.1)$$

А это означает, что при постоянной интенсивности размножения частиц в возрастном представлении отношение модулей скоростей разлёта частиц на соответствующих этапах формирования скоплений является величиной постоянной, определяемой следующим выражением:

$$\left(\frac{v_{\text{j,i}}}{v_{\text{k,i}}}\right)_{\text{i=1,I}} = \sqrt{2^{\text{я}_\text{j} - \text{я}_\text{k}}} = \text{const}, \qquad (6.5.2)$$

где $v_{\mathrm{j,i}}, v_{\mathrm{k,i}}$ – модули скоростей разлёта частиц при их размножении на i этапе формирования j и k скоплений соответственно; $я_{\mathrm{j}}$ и $я_{\mathrm{k}}$ – возрасты зарождения j и k скоплений соответственно.

Поскольку на начальном этапе формирования скоплений местоположения объектов, их образующих, полностью определяются скоростями их разлёта относительно центров скоплений, а различием во времени разлёта объектов различных скоплений для единого временного среза можно пренебречь, используя зависимость (6.5.2), получаем следующие выражения для определения соотношения размеров скоплений и их объёмов:

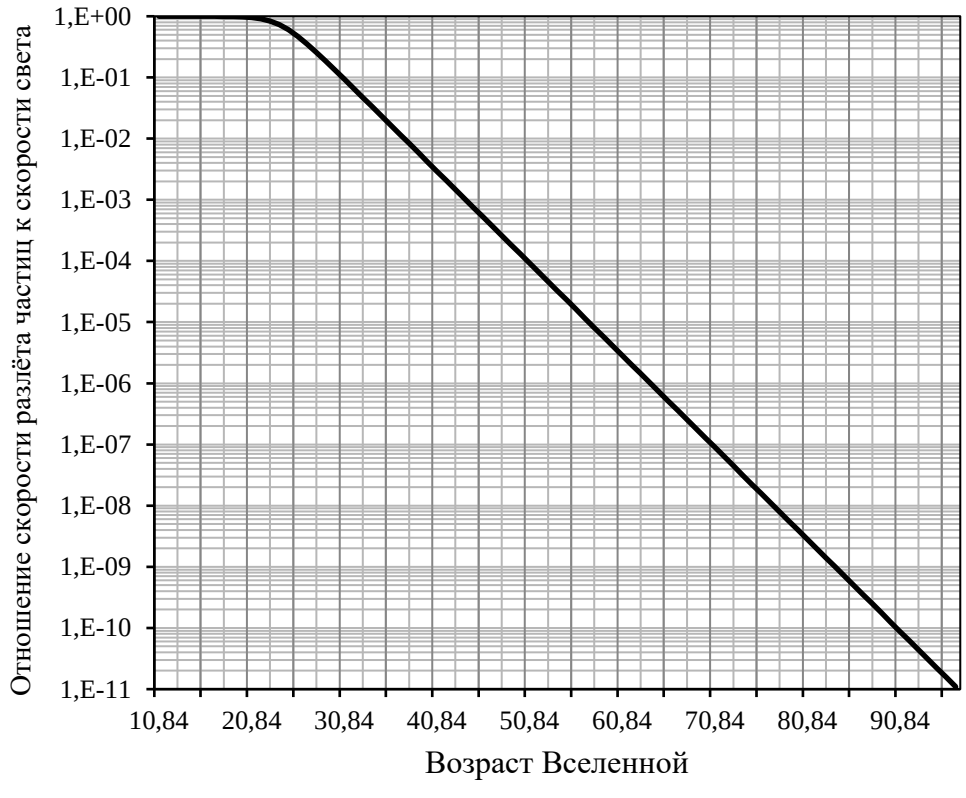
$$\frac{r_{\mathrm{j}}}{r_{\mathrm{k}}} = \frac{\sqrt{2^{я_{\mathrm{j}}}}}{\sqrt{2^{я_{\mathrm{к}}}}}, \tag{6.5.3}$$

где r_{j} и r_{k} – размеры j и k скоплений соответственно.

$$\frac{V_{\mathrm{j}}}{V_{\mathrm{k}}} = \frac{\sqrt{2^{3\cdot я_{\mathrm{j}}}}}{\sqrt{2^{3\cdot я_{\mathrm{к}}}}}, \tag{6.5.4}$$

где V_{j} и V_{k} – объёмы j и k скоплений соответственно.

Рис. 6.5.1. Возрастной закон изменения относительной скорости разлёта частиц при их размножении



Отношения масс и плотностей скоплений определяются следующими зависимостями:

$$\frac{M_{\mathrm{j}}}{M_{\mathrm{k}}} = \frac{2^{я_{\mathrm{j}}}}{2^{я_{\mathrm{к}}}}, \tag{6.5.5}$$

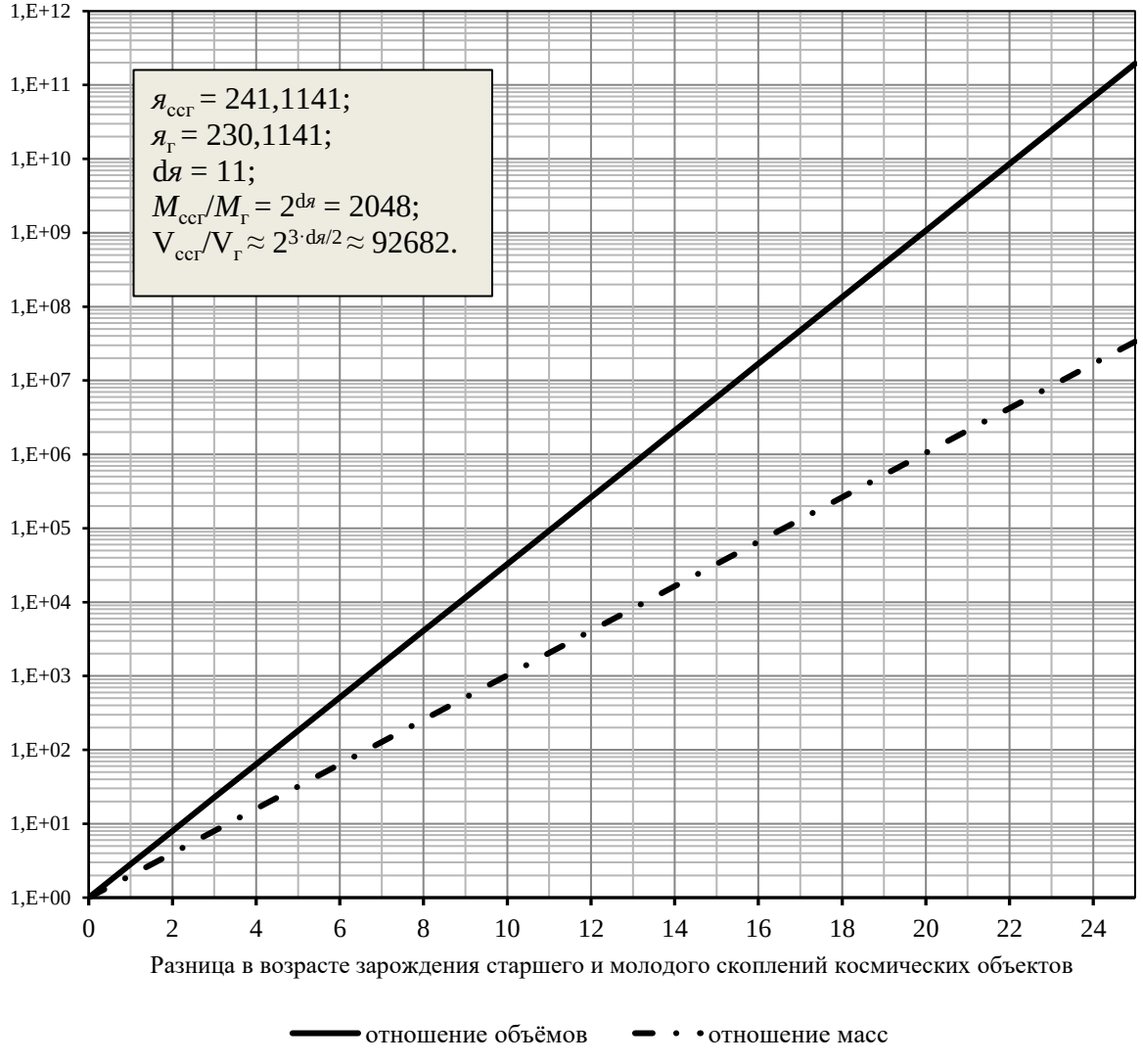
где M_{j} и M_{k} – массы j и k скоплений соответственно.

$$\frac{\rho_{\mathrm{j}}}{\rho_{\mathrm{k}}} = \frac{\sqrt{2^{я_{\mathrm{k}}}}}{\sqrt{2^{я_{\mathrm{j}}}}}, \tag{6.5.6}$$

где ρ_{j} и ρ_{k} – плотности j и k скоплений соответственно.

Зависимости отношений объёмов, масс, размеров и плотностей скоплений космических объектов от разницы их возрастов зарождения представлены на рисунках 6.5.2.1 и 6.5.2.2.

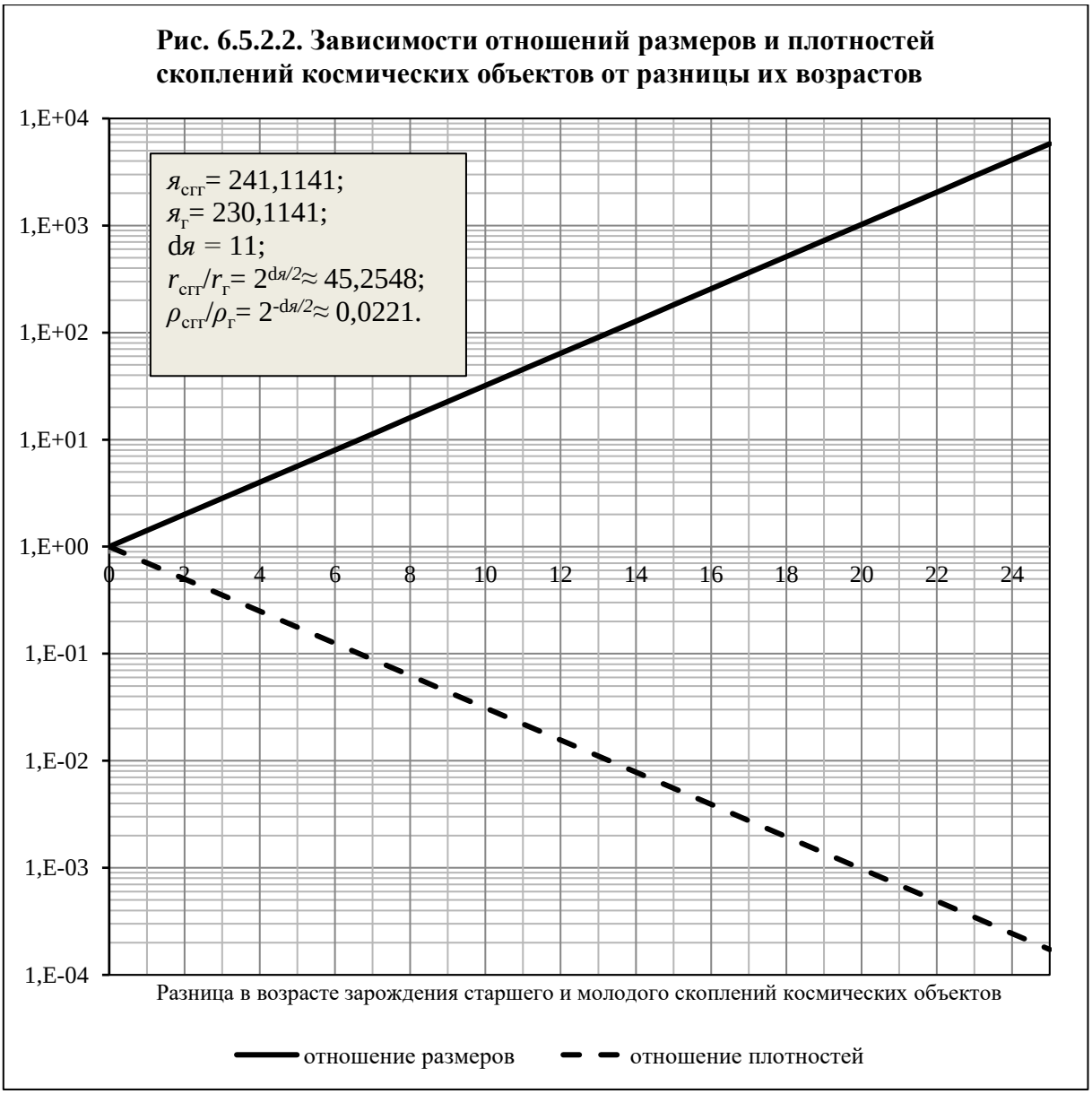
Рис. 6.5.2.1. Зависимости отношений объёмов и масс скоплений космических объектов от разницы их возрастов зарождения



Так, например, отношения объёмов, масс и плотностей сверхскопления галактик и галактики, разница в возрасте зарождения которых составляет 11 поколений, соответственно равны $\frac{V_{\text{ссг}}}{V_{\text{г}}} \approx 92682$, $\frac{M_{\text{ссг}}}{M_{\text{г}}} = 2048$ и $\frac{\rho_{\text{ссг}}}{\rho_{\text{г}}} \approx 0{,}0221$.

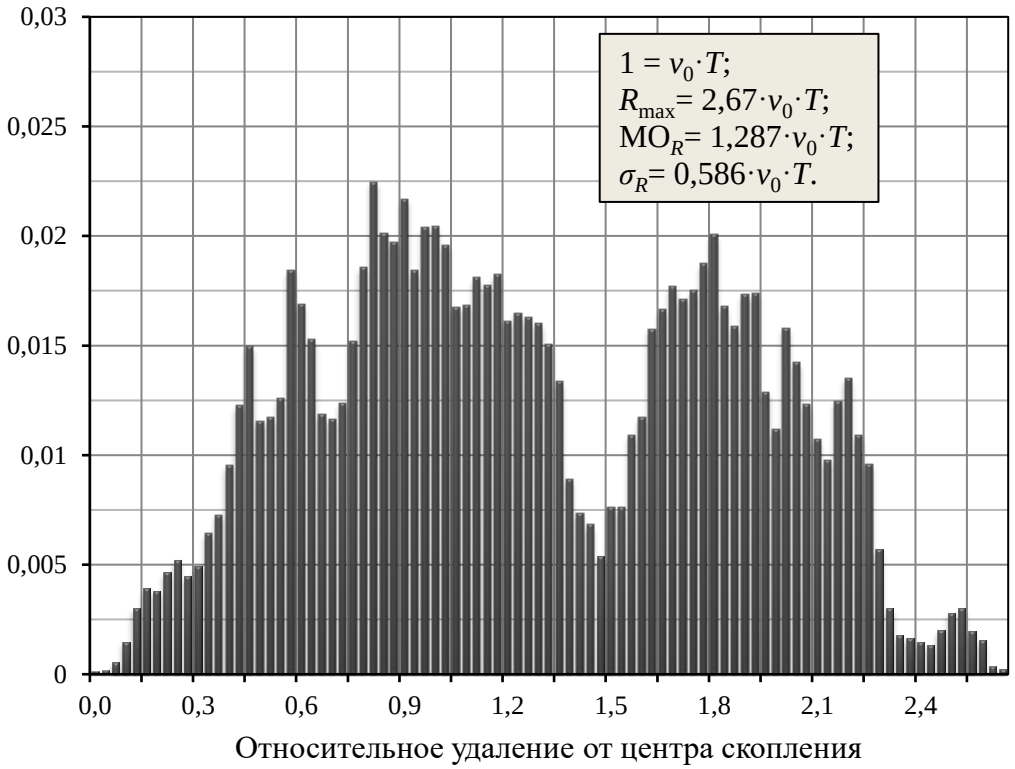
Случайная фрактальная природа скоплений существенно упрощает нам задачу определения возможных местоположений объектов их образующих. Дело в том, что плотность и функция распределения относительных удалений объектов от центра скопления, выраженных через скорость разлёта частиц при первом размножении в скоплении, характеризуют любое скопление, возраст зарождения которого не превышает 246 поколений.

Рис. 6.5.2.2. Зависимости отношений размеров и плотностей скоплений космических объектов от разницы их возрастов



В ходе проведения исследований на модели размножения и разлёта частиц были определены местоположения 16384 объектов, образующих скопление, относительно его центра. Плотность и функция распределения относительных удалений объектов скопления от его центра представлены на рисунках 6.5.3 и 6.5.4 соответственно. В качестве единицы измерения относительных удалений используется произведение скорости разлёта частиц при первом размножении в скоплении на время, которое в зависимости от целей последующих исследований может принимать различные значения. Так, например, если нас интересуют размеры сверхскоплений галактик в настоящее время, то при определении единицы измерений относительных удалений следует использовать время существования Вселенной.

Рис. 6.5.3. Плотность распределения относительных удалений объектов скопления от его центра

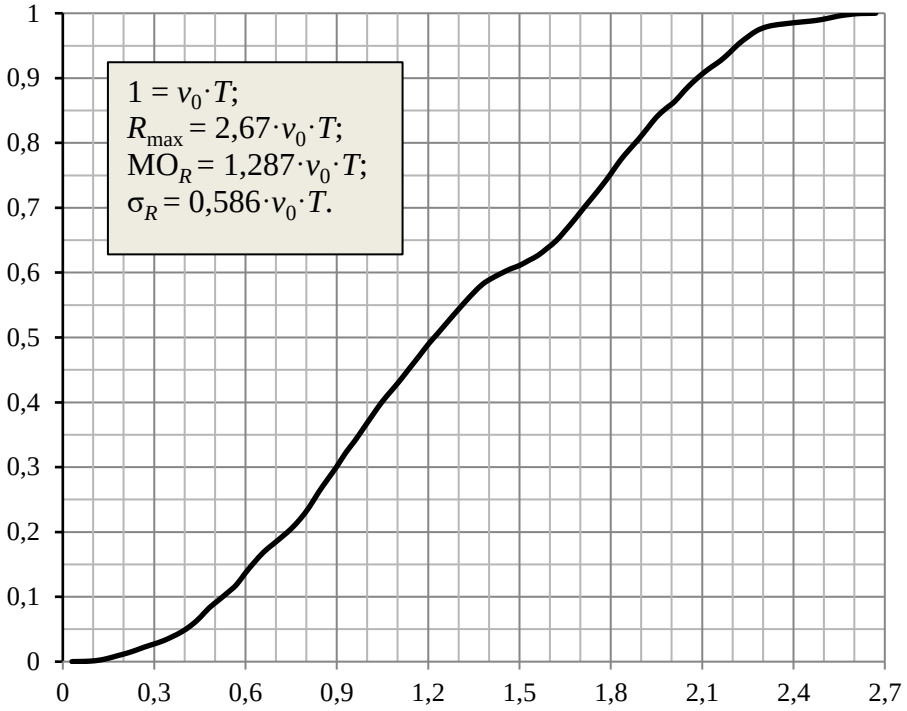


Анализ результатов исследований показал, что максимальное относительное удаление объектов от центра скопления составило:

$$R_{\max} \approx 2{,}67 \cdot v_0 \cdot T, \qquad (6.5.7)$$

где v_0 – скорость разлёта частиц при первом размножении в скоплении.

Рис. 6.5.4. Функция распределения относительных удалений объектов скопления от его центра



При этом математическое ожидание относительного удаления объектов скопления от его центра, а также соответствующее ему среднеквадратическое отклонение примерно равны:

$$MO_R \approx 1{,}287 \cdot v_0 \cdot T. \quad (6.5.8)$$

$$\sigma_R \approx 0{,}586 \cdot v_0 \cdot T. \quad (6.5.9)$$

Проекции местоположения 16384 объектов скопления на плоскости XOY, XOZ и YOZ представлены на рисунках 6.5.5, 6.5.6 и 6.5.7 соответственно. Ось X совмещена с направлением разлёта частиц при первом делении в скоплении. Начало координат совпадает с местоположением частицы, породившей скопление. Разными цветами на рисунках отмечены проекции 16 дочерних скоплений, состоящих из 1024 объектов каждое, одного возраста на 4 поколения моложе материнского скопления.

Из представленных рисунков следует, что координаты объектов по оси X находятся в диапазоне от -2,348·$v_0 \cdot T$ до 2,299·$v_0 \cdot T$, по оси Y – в диапазоне от -1,306·$v_0 \cdot T$ до 1,516·$v_0 \cdot T$, по оси Z – в диапазоне от -1,173·$v_0 \cdot T$ до 1,178·$v_0 \cdot T$.

Рис. 6.5.5. Проекция расположения объектов в скоплении на плоскость XOY

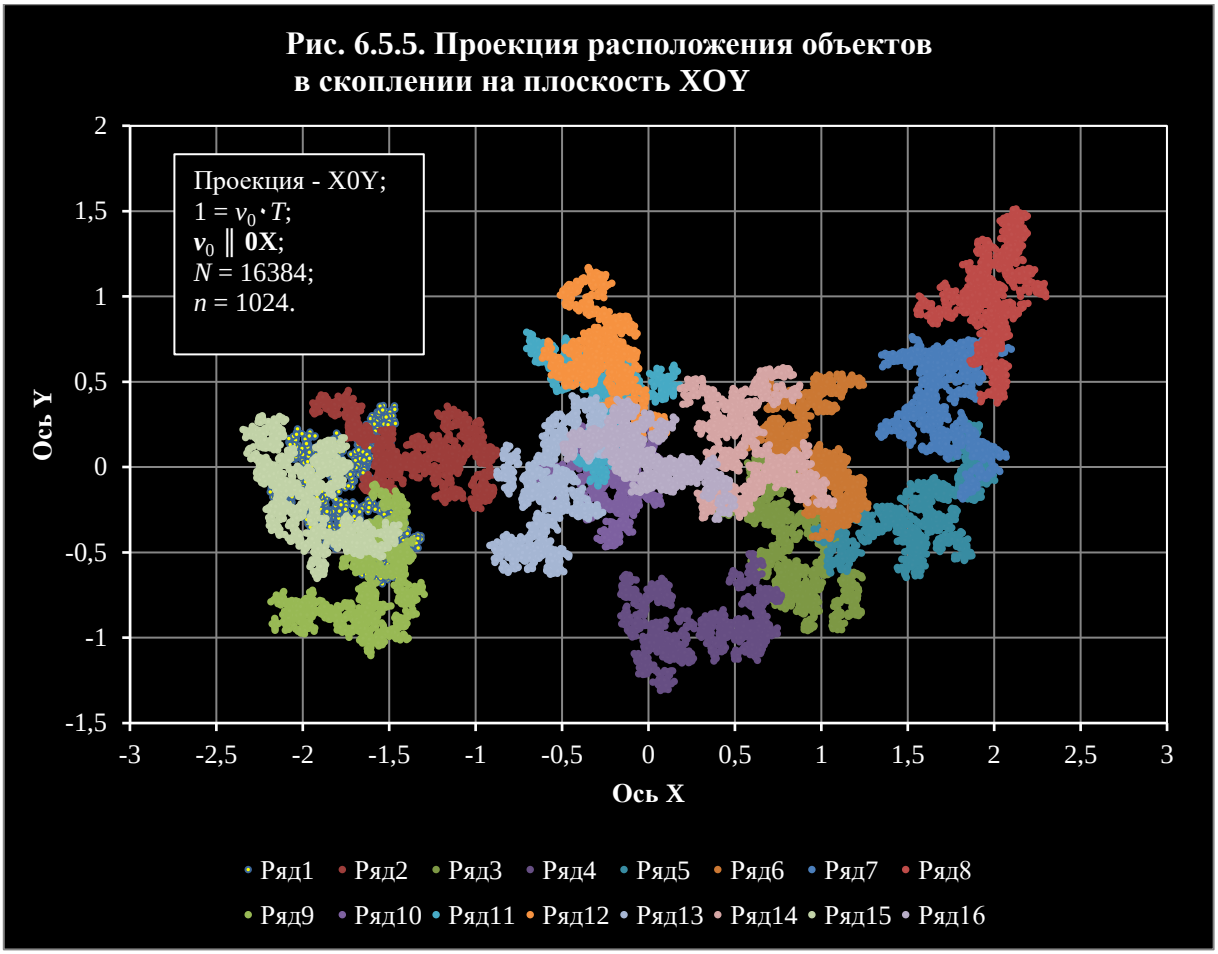
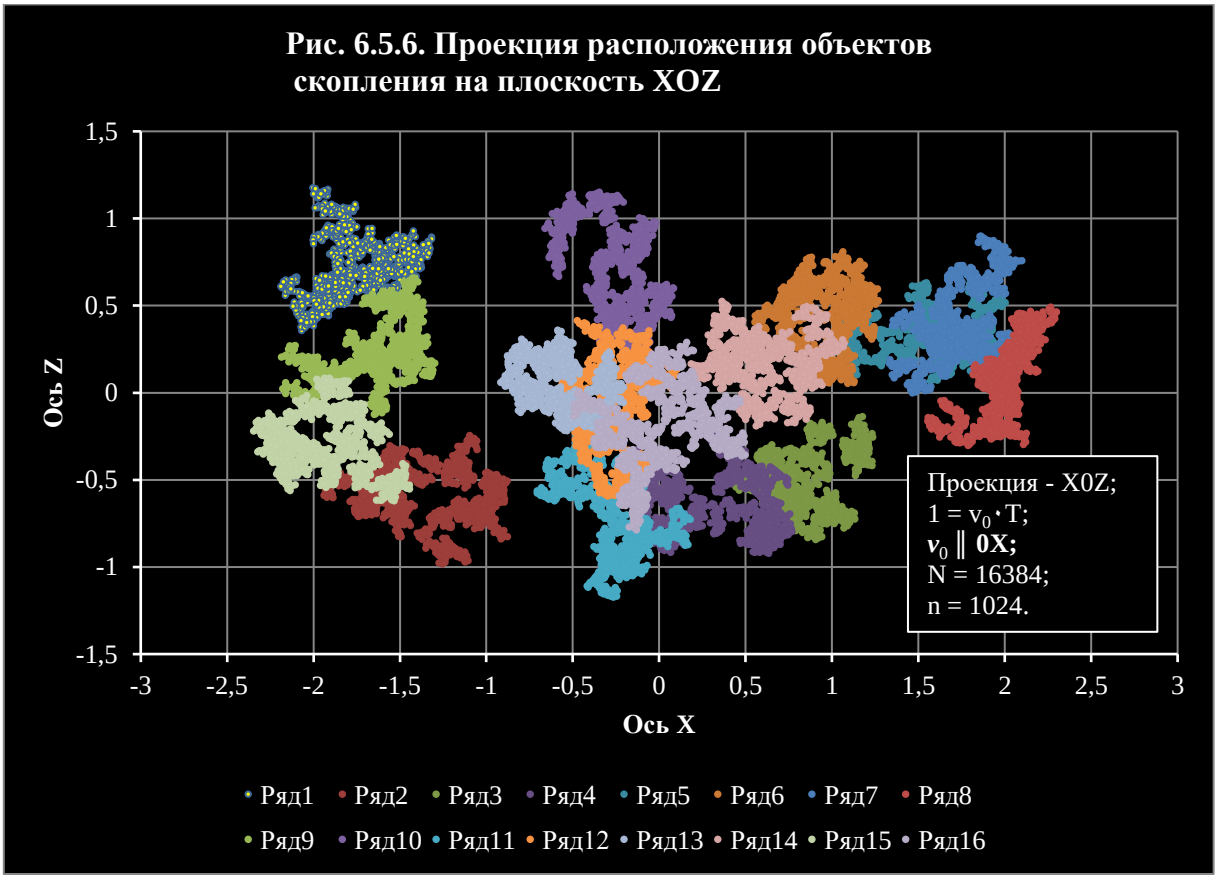


Рис. 6.5.6. Проекция расположения объектов скопления на плоскость XOZ



Если размер скопления вдоль оси X принять за сто процентов, то размер скопления вдоль оси Y составляет примерно шестьдесят процентов, а вдоль оси Z – чуть более пятидесяти процентов. Минимальный объём параллелепипеда, объемлющего скопление, примерно составляет $V_c \approx 30{,}86 \cdot v_0^3 \cdot T^3$. Радиус сферы такого же объёма примерно равен $R_c \approx 1{,}95 \cdot v_0 \cdot T$.

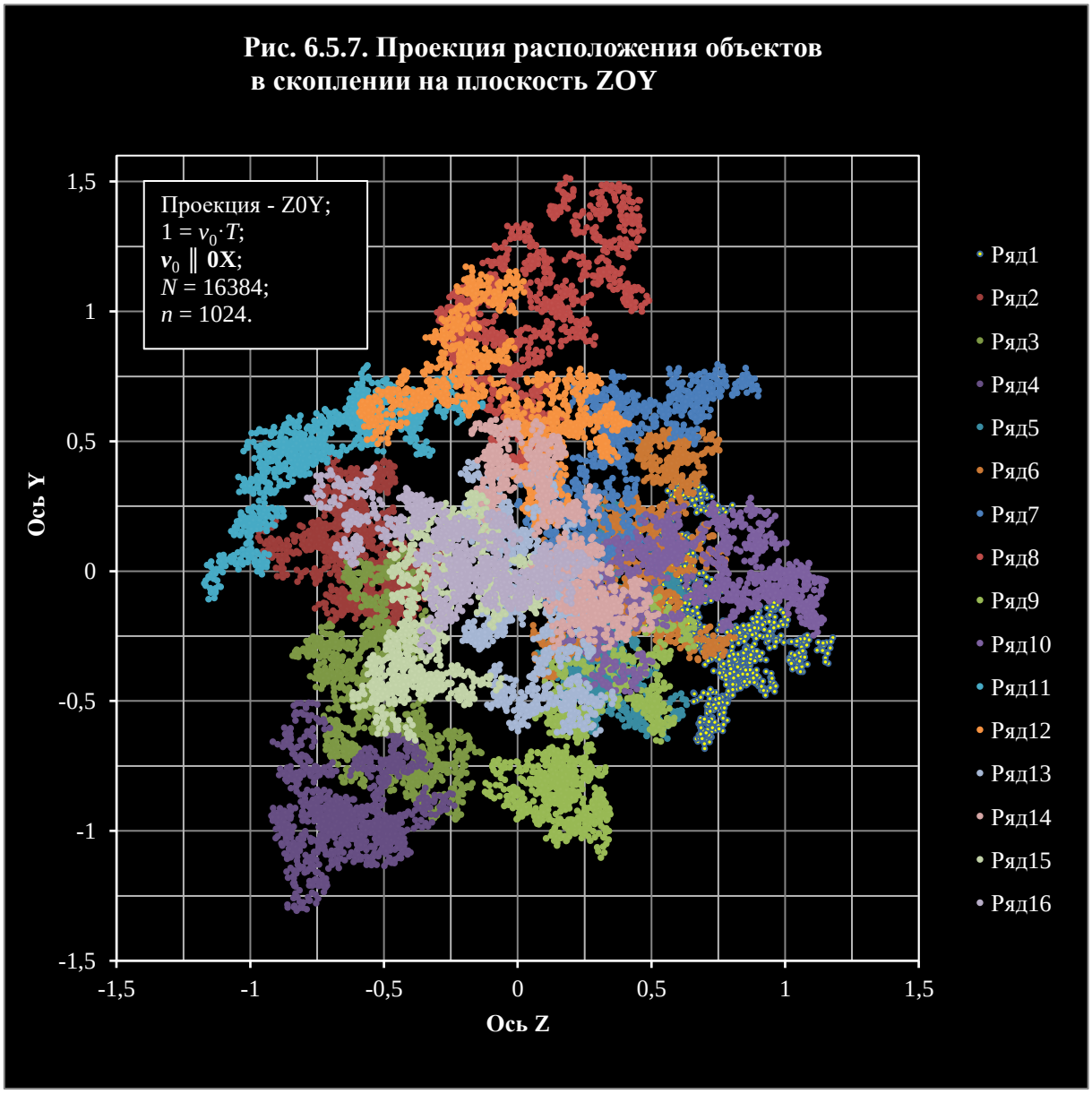


Рис. 6.5.7. Проекция расположения объектов в скоплении на плоскость ZOY

Несмотря на случайный характер местоположений объектов в дочерних скоплениях, их размеры примерно в четыре раза меньше, а плотность в тоже число раз больше, чем у материнского скопления.

Расположение объектов в скоплении относительно его центра представлено на рисунке 6.5.8. Размер маркера, используемого для обозначения

местоположения объекта в скоплении, зависит от его удаления от центра скопления. Чем ближе объект к центру скопления, тем больший размер маркера использован для его обозначения.

Основываясь на полученных нами относительных размерах скоплений и используя выражение (6.5.1) для определения скорости разлёта частиц при их размножении, а также принятые в разделе 6.1.1 определения парсека и массы Солнца, как единиц измерения длины и массы, находим возрастные законы изменения основных характеристик скопления:

$$L_{\text{с}} \approx \frac{4{,}647 \cdot K_{\text{с}}}{\sqrt{2^{я_{\text{с}}}}}, \tag{6.5.10}$$

где $L_{\text{с}}$ – длина скопления; $я_{\text{с}}$ – возраст Вселенной, при котором произошло зарождение скопления; $K_{\text{с}}$ – постоянный коэффициент, зависящий от используемой единицы измерения длины. Если размер скопления определяется в парсеках, то его значение равно:

$$K_{\text{с}} = \frac{1}{2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \text{о}_{\text{пс}} \cdot \sqrt{2 \cdot A}} \approx 6{,}178 \cdot 10^{12}\ [\text{пс}]. \tag{6.5.11}$$

$$B_{\text{с}} \approx \frac{2{,}825 \cdot K_{c}}{\sqrt{2^{я_{c}}}}, \tag{6.5.12}$$

где $B_{\text{с}}$ – ширина скопления.

$$H_{\text{с}} \approx \frac{2{,}351 \cdot K_{\text{с}}}{\sqrt{2^{я_{\text{с}}}}}, \tag{6.5.13}$$

где $H_{\text{с}}$ – высота скопления.

$$V_{\text{с}} \approx \frac{30{,}863 \cdot K_{\text{с}}^{3}}{\sqrt{2^{3 \cdot я_{\text{с}}}}}, \tag{6.5.14}$$

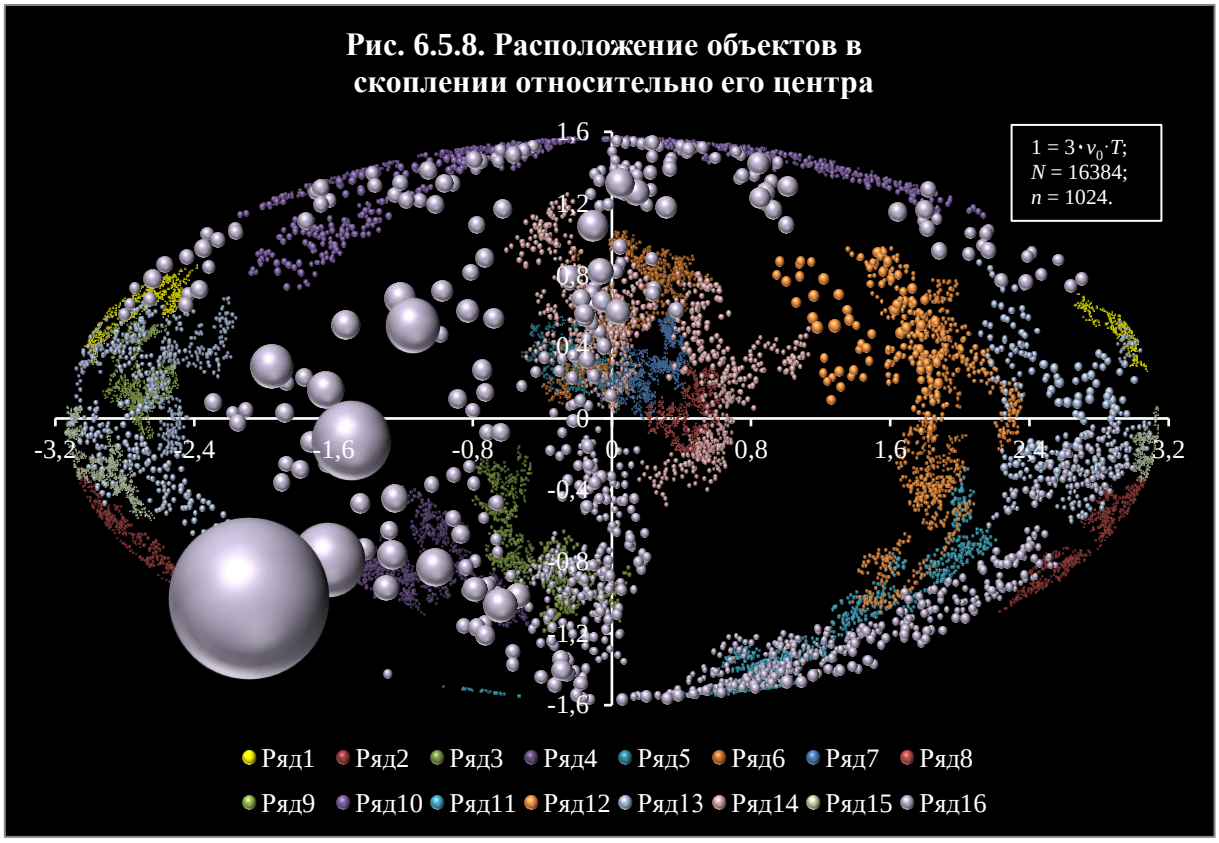
где $V_{\text{с}}$ – объём скопления.

$$M_{\text{с}} = \frac{M_{\text{World}}}{2^{я_{\text{с}} - я_{*}}} = \frac{1}{2^{я_{\text{с}} - я_{*}} \cdot \text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}}}\ [\text{M}_{\text{Sun}}], \tag{6.5.15}$$

где $M_{\text{с}}$ – масса скопления; $я_{*}$ – возраст Вселенной, при котором образовались первые электрон и протон.

$$P_{\text{с}} = \frac{M_{\text{с}}}{V_{\text{с}}} \approx \frac{\sqrt{2^{я_{c} + 2 \cdot я_{*}}}}{30{,}863 \cdot K_{\text{с}}^{3} \cdot \text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}}} \left[\frac{\text{M}_{\text{Sun}}}{\text{пк}^{3}}\right], \tag{6.5.16}$$

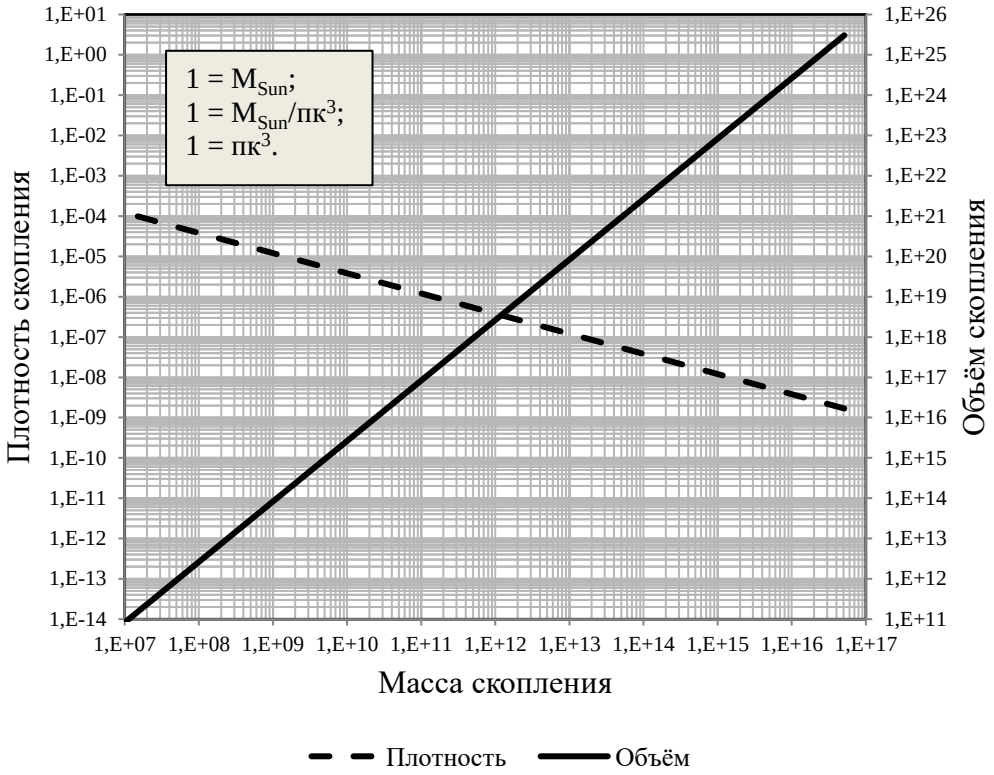
где P_c – плотность скопления.



Зависимости плотности и объёма скопления от его массы представлены на рисунке 6.5.9. В качестве единиц измерения длины и массы здесь использовались парсек и масса Солнца соответственно. Из представленных результатов, например, следует, что сверхскопление галактик массой равной $M_{\text{ССГ}} = 3{,}2 \cdot 10^{15}\ [\text{M}_{Sun}]$ будет занимать объём примерно равный $V_{\text{ССГ}} \approx 4{,}75 \cdot 10^{23}\ [\text{пс}^3]$, что соответствует средней плотности примерно равной $P_{\text{ССГ}} \approx 6{,}73 \cdot 10^{-9}$ масс Солнца на один кубический парсек. Заметим, что радиус шара, объёмом равным объёму данного сверхскопления галактик, будет примерно равен $R_{\text{ССГ}} \approx 48{,}52$ Мпк. Объём же галактики на ранней стадии её формирования массой равной $M_{\text{г}} \approx 1{,}56 \cdot 10^{12}\ [\text{M}_{\text{Sun}}]$ составит примерно $V_{\text{г}} \approx 5{,}13 \cdot 10^{18}\ [\text{пк}^3]$, что соответствует плотности примерно равной $P_{\text{г}} \approx 3{,}05 \cdot 10^{-7}$ масс Солнца на один кубический парсек. Заметим, что размеры галактики массой равной $M_{\text{г}} \approx 1{,}56 \cdot 10^{12}\ [\text{M}_{\text{Sun}}]$ будут меньше

соответствующих размеров сверхскопления галактик массой равной $M_{\text{ССГ}} = 3{,}2 \cdot 10^{15}$ [M_{Sun}] примерно в сорок пять раз.

Рис. 6.5.9. Зависимости плотности и объёма скопления от его массы



Интересно отметить, что согласно плотности распределения удалений сверхскоплений галактик от центра Вселенной, представленной на рисунке 5.3.1, на удалениях от 6863,4 Мпк до 7074,6 Мпк от центра Вселенной находятся 940064 сверхскопления галактик. А это означает, что на этих удалениях в объёме равном объёму одного сверхскопления галактик, в среднем располагается около трёх с половиной сверхскоплений галактик. Если же объектом рассмотрения принять галактику вышеозначенной массы, число которых на данных удалениях от центра Вселенной составляет более 1925 миллионов, то суммарный объём пустот в этой части Вселенной превысит суммарный объём всех галактик более чем в тринадцать раз. Таким образом можно ожидать, что плотности сверхскоплений галактик на рассмотренных удалениях и на предельных от центра Вселенной будут в среднем отличаться в три с половиной раза. В то же время плотности галактик одного и того же возраста

на рассмотренных удалениях и на предельных от центра Вселенной будут примерно равными.

Наряду с определением размеров и плотности скопления для нас отдельный интерес представлял вопрос, насколько близко объекты скопления располагаются относительно друг друга. Очевидно, что при принятых нами допущениях, для любого произвольно взятого объекта скопления существует ограничение сверху на удаление ближайшего от него объекта:

$$r_б \leq 2 \cdot v_0 \cdot T, \qquad (6.5.17)$$

где $r_б$ – расстояние до ближайшего объекта в скоплении; v_0 – скорость разлёта частиц при их размножении в момент зарождения объекта скопления; T – время разлёта, в качестве которого во многих случаях можно использовать время существования Вселенной.

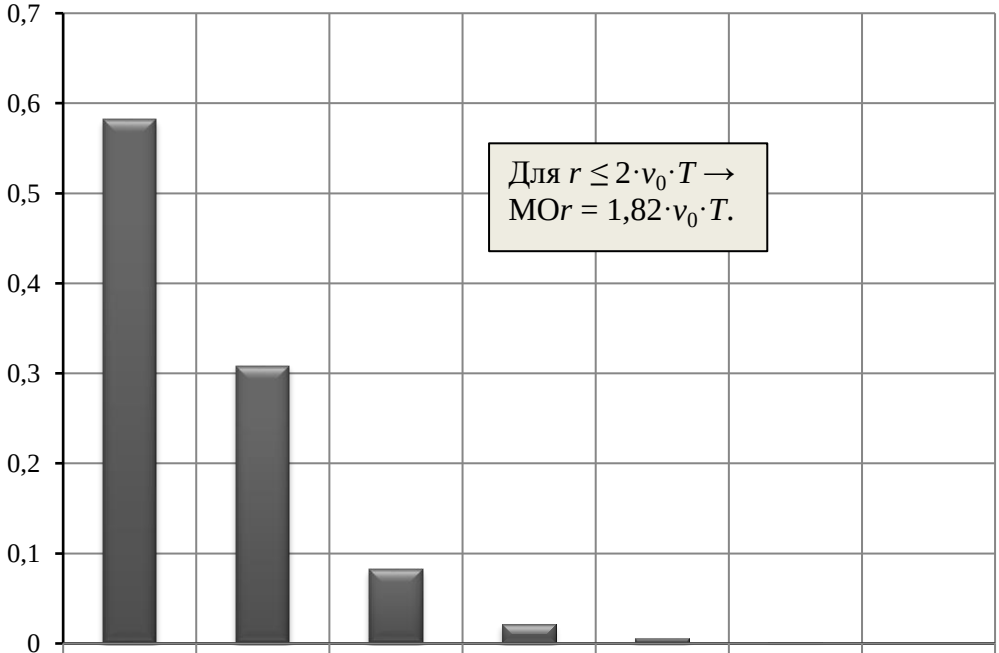
Специально выполненные исследования по определению местоположения объектов в ближней от произвольно выбранного объекта скопления зоне, то есть на удалении меньшем, чем $2 \cdot v_0 \cdot T$, позволили определить:

- плотность распределения числа близких объектов у объектов скопления;
- плотность и функцию распределений относительных удалений близких объектов от объектов скопления.

Результаты исследований представлены на рисунках 6.5.9, 6.5.10 и 6.5.11.

Отметим, что более чем у 58 % объектов скопления нет близких объектов, то есть ближайший к ним объект скопления расположен на удалении $2 \cdot v_0 \cdot T$. Примерно у каждого четвёртого объекта скопления, имеющего близкие объекты, их число больше одного. Максимальное число близких объектов, равное шести, зафиксировано лишь у трёх объектов скопления из шестнадцати тысяч трёхсот восьмидесяти четырёх рассмотренных.

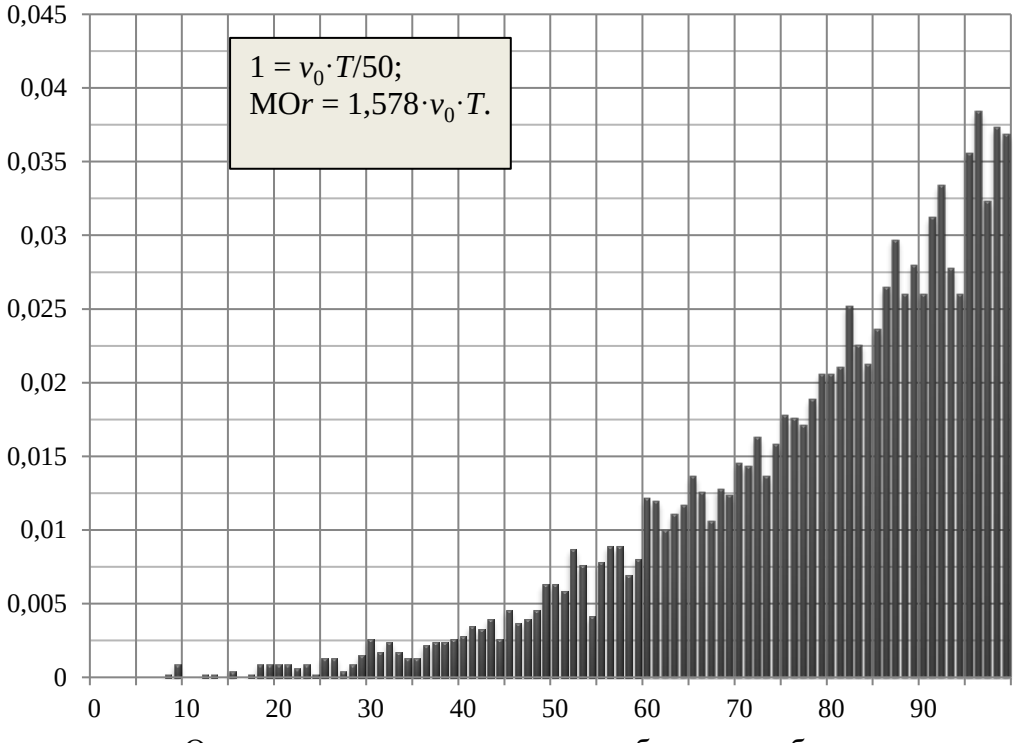
Рис. 6.5.9. Плотность распределения числа близких объектов у объектов скопления



	0	1	2	3	4	5	6
f(n)	0,58215332	0,30810547	0,08209229	0,02111816	0,00549316	0,00085449	0,00018311

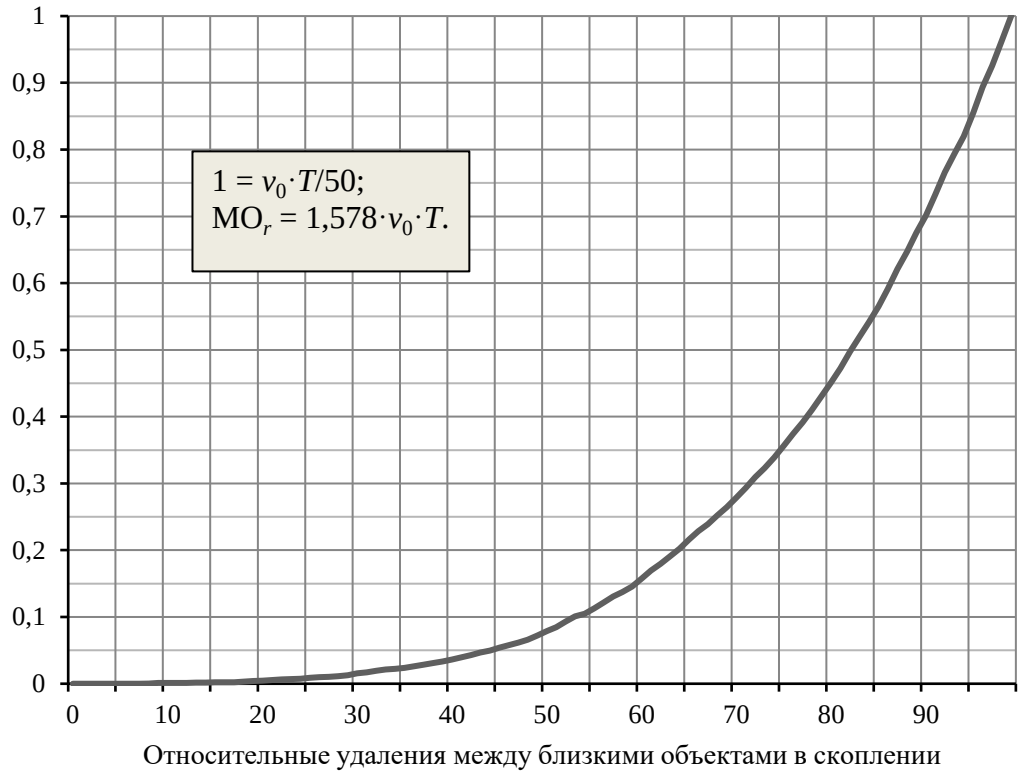
Число близких объектов у объектов скопления

Рис. 6.5.10. Плотность распределения относительных удалений между близкими оъектами (r < $2 \cdot \nu_0 \cdot T$) в скоплении



Относительные удаления между близкими объектами

Рис 6.5.11. Функция расределения относительных удалений между близкими ($r < 2 \cdot v_0 \cdot T$) объектами в скоплении



Полученное нами распределение удалений близких объектов отличается от того, которое можно было бы ожидать при их равномерном распределении по объёму. Так, например, доля близких объектов, расположенных на удалении, не превышающем $v_0 \cdot T$, более чем в полтора раза меньше, чем при их равномерном распределении по объёму.

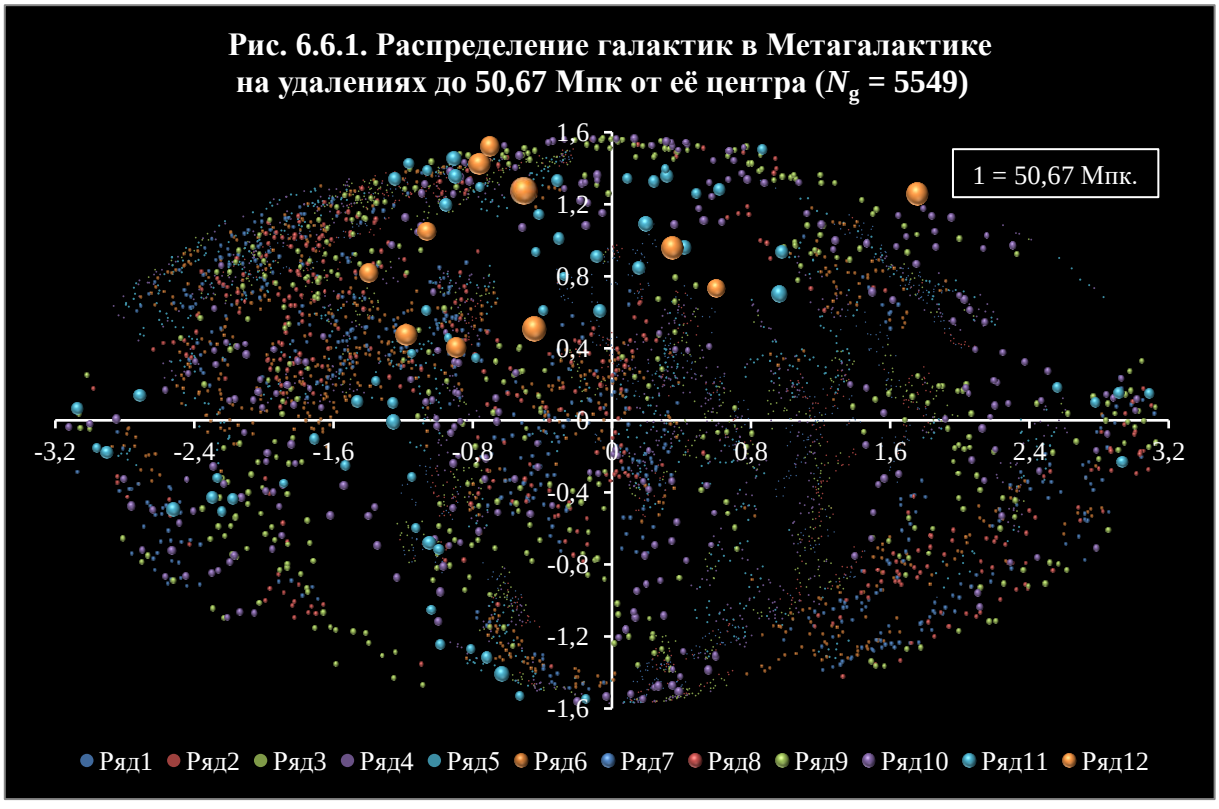
6.6. Местное распределение галактик в Метагалактике

В данном подразделе мы рассмотрим распределение галактик в Метагалактике на удалении до 105,6 Мпк от её центра. Поскольку суммарный объём располагаемых здесь сверхскоплений галактик более чем в полтора раза превосходит объём принятой нами к рассмотрению центральной области Метагалактики, то воспользоваться результатами, полученными нами в подразделе 6.5 по распределению объектов в скоплении, не представляется возможным. Поэтому для определения распределения галактик в центральной области Метагалактики были выполнены специальные исследования.

Эти исследования основаны, с одной стороны, на данных, полученных в ходе моделирования в разделе 6.4, о местоположении 178 сверхскоплений галактик, располагаемых на удалении до 211,6 Мпк от центра Метагалактики, и, с другой стороны, на результатах моделирования по определению местоположения галактик в каждом из принятых к рассмотрению сверхскоплении. Таким образом, удалось получить данные о местоположении всех галактик на удалении до 105,6 Мпк от центра Метагалактики, которые и нашли отражение в представленных в данном разделе результатах исследования.

Для удобства исследования было принято, что галактики, которые в данном разделе рассматриваются как точечные объекты, ровно на одиннадцать поколений моложе рассмотренных в разделе 6.4 сверхскоплений галактик. А это означает, что каждое сверхскопление галактик содержит ровно 2048 галактик. Масса каждой галактики равна $M_{\text{г}} = 1{,}56 \cdot 10^{12} M_{\text{Sun}}$.

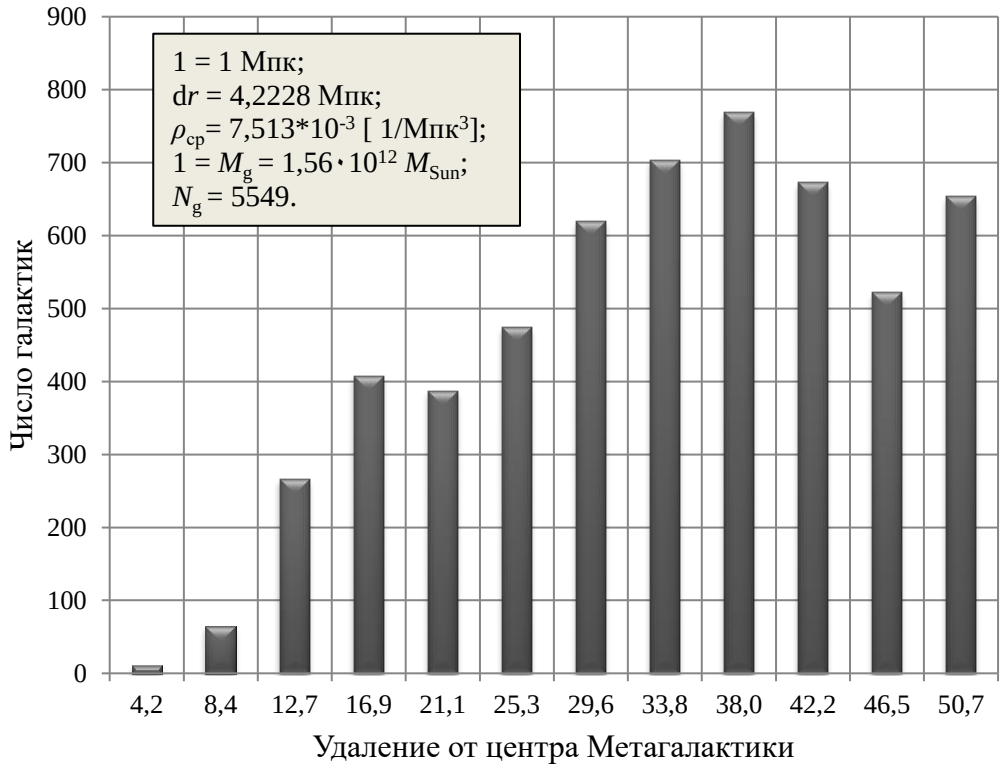
Полученное в ходе моделирования распределение пяти тысяч пятисот сорока девяти галактик, расположенных на удалениях до 50,67 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.6.1.



Все представленные на рисунке галактики, в зависимости от их удаления от центра Метагалактики с шагом изменения удаления равном 4,2228 Мпк, разбиты на двенадцать рядов. Галактики, принадлежащие одному ряду, отмечены на рисунке маркером одного цвета. Размер маркера, которым на рисунке отмечено местоположение галактик, также зависит от его удаления от центра Метагалактики. Галактики, расположенные ближе к центру Метагалактики, обозначены маркерами большего размера. Шестьсот пятьдесят четыре галактики, расположенные на удалениях от 46,45 Мпк до 50,67 Мпк от центра Метагалактики, отмечены маркерами первого ряда. Одиннадцать галактик, расположенных на удалениях до 4,2228 Мпк от центра, отмечены маркерами двенадцатого ряда.

Гистограмма распределения числа галактик на удалениях до 50,67 Мпк от центра Метагалактики представлена на рисунке 6.6.2.

Рис. 6.6.2. Число галактик в Метагалактике на удалениях до 50,67 Мпк от её центра



Распределение тридцати одной тысячи четырёхсот семидесяти девяти галактик, расположенных на удалениях от 50,67 Мпк до 105,6 Мпк от центра Метагалактики, представлено на рисунке 6.6.3.

В отличие от рисунка 6.6.1, все представленные на рисунке 6.6.3 галактики, в зависимости от их удаления от центра Метагалактики с тем же шагом изменения удаления от центра, разбиты на тринадцать рядов. Четыре тысячи семьсот пятьдесят восемь галактик, расположенные на удалениях от 101,38 Мпк до 105,6 Мпк от центра Метагалактики, отмечены маркерами первого ряда. Семьсот девяносто две галактики, расположенные на удалениях от 50,67 Мпк до 54,89 Мпк от центра, отмечены маркерами тринадцатого ряда.

Гистограмма распределения числа галактик на удалениях от 50,67 Мпк до 105,6 Мпк от центра Метагалактики представлена на рисунке 6.6.4.

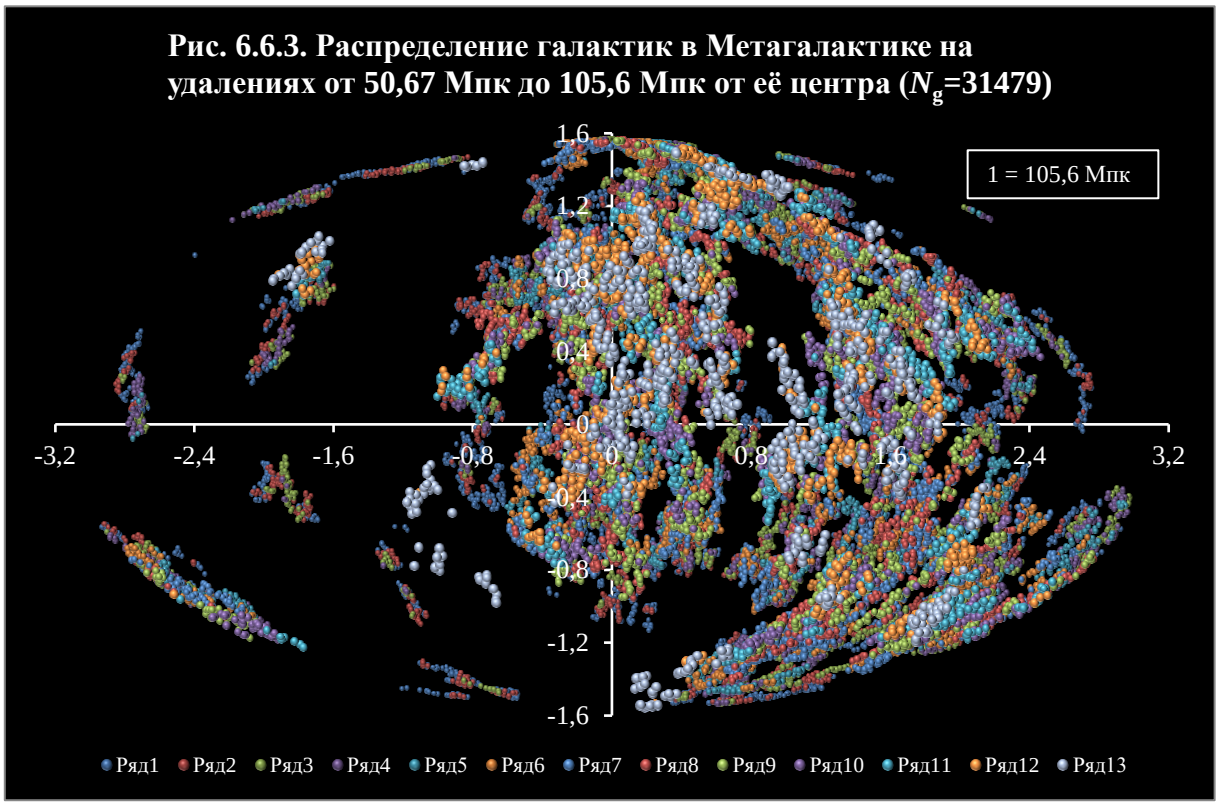
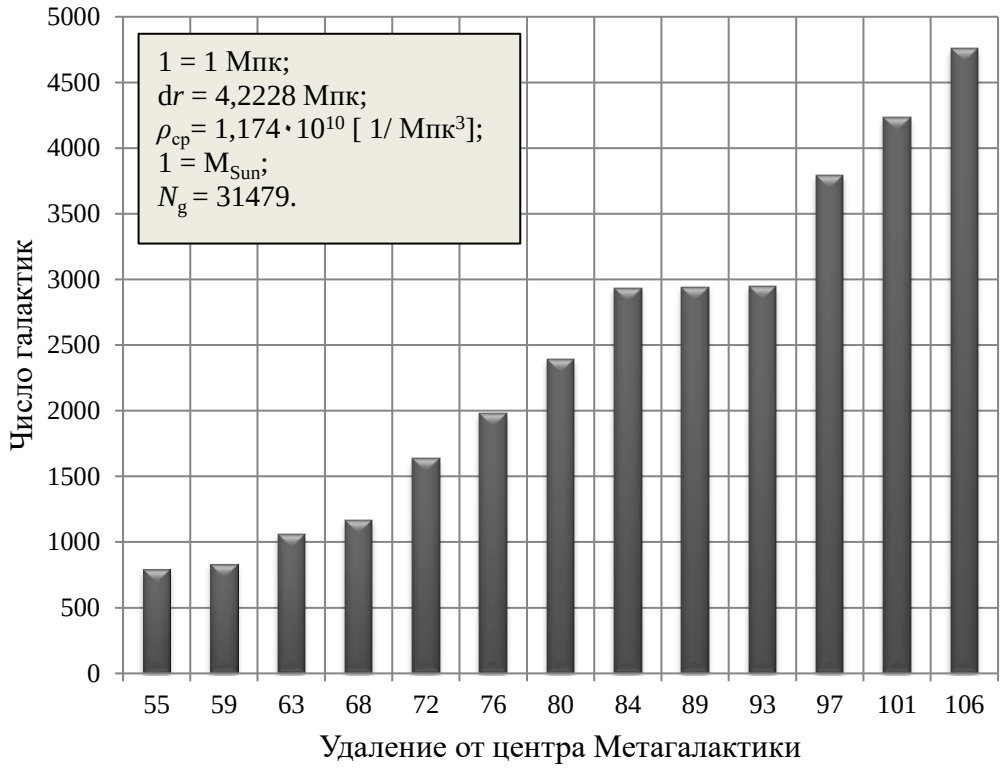


Рис. 6.6.3. Распределение галактик в Метагалактике на удалениях от 50,67 Мпк до 105,6 Мпк от её центра (N_g=31479)

Относительная плотность распределения галактик в Метагалактике на удалениях до 105,6 Мпк от её центра представлена на рисунке 6.6.5. Всего в этой области Метагалактики, исходя из результатов моделирования, находятся тридцать семь тысяч двадцать восемь галактик, что, учитывая объём

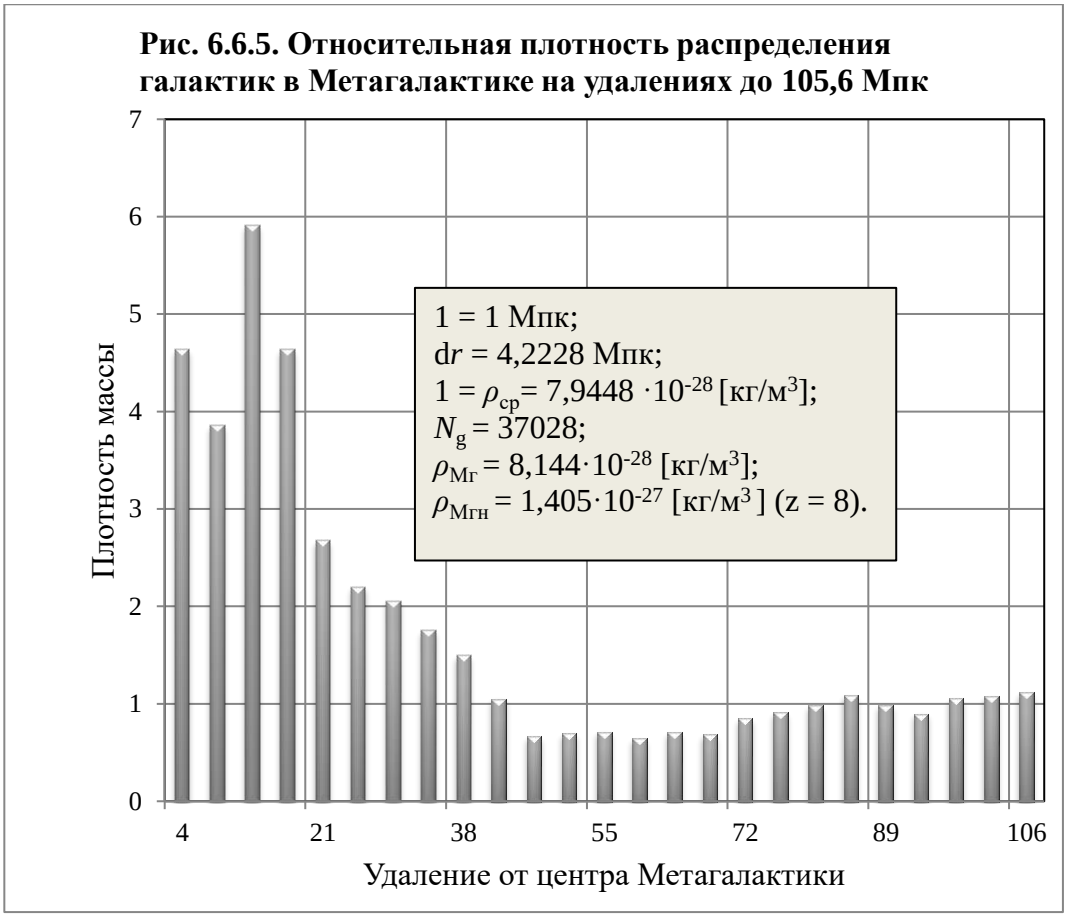
области и массу галактик, соответствует средней плотности примерно равной одиннадцати миллиардам семьсот сорока миллионам масс Солнца на один кубический мегапарсек. Полученное значение плотности центральной области Метагалактики лишь на 2,4 % меньше её средней плотности, но примерно на 44 % меньше, чем плотность центральной области Метагалактики, определяемой величиной красного смещения равной восьми.

Рис. 6.6.4. Число галактик в Метагалактике на удалениях от 50,67 Мпк до 105,6 Мпк от её центра



В целом результаты моделирования по распределению галактик в ближней зоне, принятой нами для исследования Метагалактики, не вступают в явное противоречие с данными, которые получены в ходе наблюдений за распределением галактик в нашей Метагалактике. Плотность распределения галактик на небольших объёмах усреднения может различаться многократно и по мере увеличения объёмов усреднения различия в плотности уменьшаются.

Рис. 6.6.5. Относительная плотность распределения галактик в Метагалактике на удалениях до 105,6 Мпк



Однако по мере удаления от центра принятой нами для исследования Метагалактики можно обнаружить огромные пустоты (войды) без галактик, объёмы которых в десятки раз превышают весь объём исследуемой в данном разделе центральной области Метагалактики. Огромные пустоты обнаружены и в нашей Метагалактике. Определением местоположения и размеров войдов в Метагалактике мы займемся в следующем подразделе.

6.7. Размеры и местоположения войдов в Метагалактике

В результате исследований, выполненных в подразделе 6.3, нами была получена зависимость доли крупномасштабных пустот (войдов) во Вселенной от расстояния до её центра, которая представлена на рисунке 6.3.4. Исходя из данной зависимости, нельзя определить размеры войдов, так как она не содержит информацию о взаимном расположении элементарных крупномасштабных объёмов, в которых отсутствуют сверхскопления галактик. При определении размеров войдов, в которых отсутствуют даже

отдельные галактики, необходимо учитывать размеры сверхскоплений галактик, которые согласно исследованиям, представленным в подразделе 6.5, составляют десятки мегапарсек.

Для определения местоположений и размеров крупномасштабных пустот без галактик, объёмом в десятки миллионов кубических мегапарсек, в исследуемой нами Метагалактике на удалениях от 2217 Мпк до 3801 Мпк от её центра были выполнены специальные исследования. Поиск войдов производился в областях, ограниченных значениями азимутального угла от -55^{o} до 55^{o} от направления противоположного направлению на центр Вселенной. Вся исследуемая область Метагалактики в зависимости от удаления до её центра шагом 316,8 Мпк была разбита на пять подобластей. Для каждой подобласти местоположения всех располагаемых в ней сверхскоплений галактик отмечалось маркером, размер которого, исходя из масштаба отображаемой подобласти, примерно равен максимальному удалению галактик от центра сверхскопления. При этом участки, непомеченные маркерами, являются отображением войдов, в которых нет галактик. Произведение площадей односвязных участков, в которых нет галактик, на шаг изменения удалений подобластей от центра Метагалактики позволяет нам получить нижние оценки объёмов войдов.

Результаты исследований по определению местоположений, а также приблизительные нижние оценки объёмов наиболее значимых войдов на различных удалениях от центра Метагалактики представлены на рисунках 6.7.1÷6.7.5. На удалениях от 2217 Мпк до 2534 Мпк от центра Метагалактики, что соответствует величинам красного смещения от 1.64 до 2.10, нижние оценки объёмов наиболее значимых войдов не превышают трёх десятков миллионов кубических мегапарсек. Первые войды, нижняя оценка объёмов которых превышает сто миллионов мегапарсек, начинают появляться уже на удалениях от 3167 Мпк до 3484 Мпк, что соответствует величинам красного смещения от 3.36 до 4.22.

Рис. 6.7.1. Определение размеров и местоположения войдов на удалениях от 2217 Мпк до 2534 Мпк от центра Метагалактики

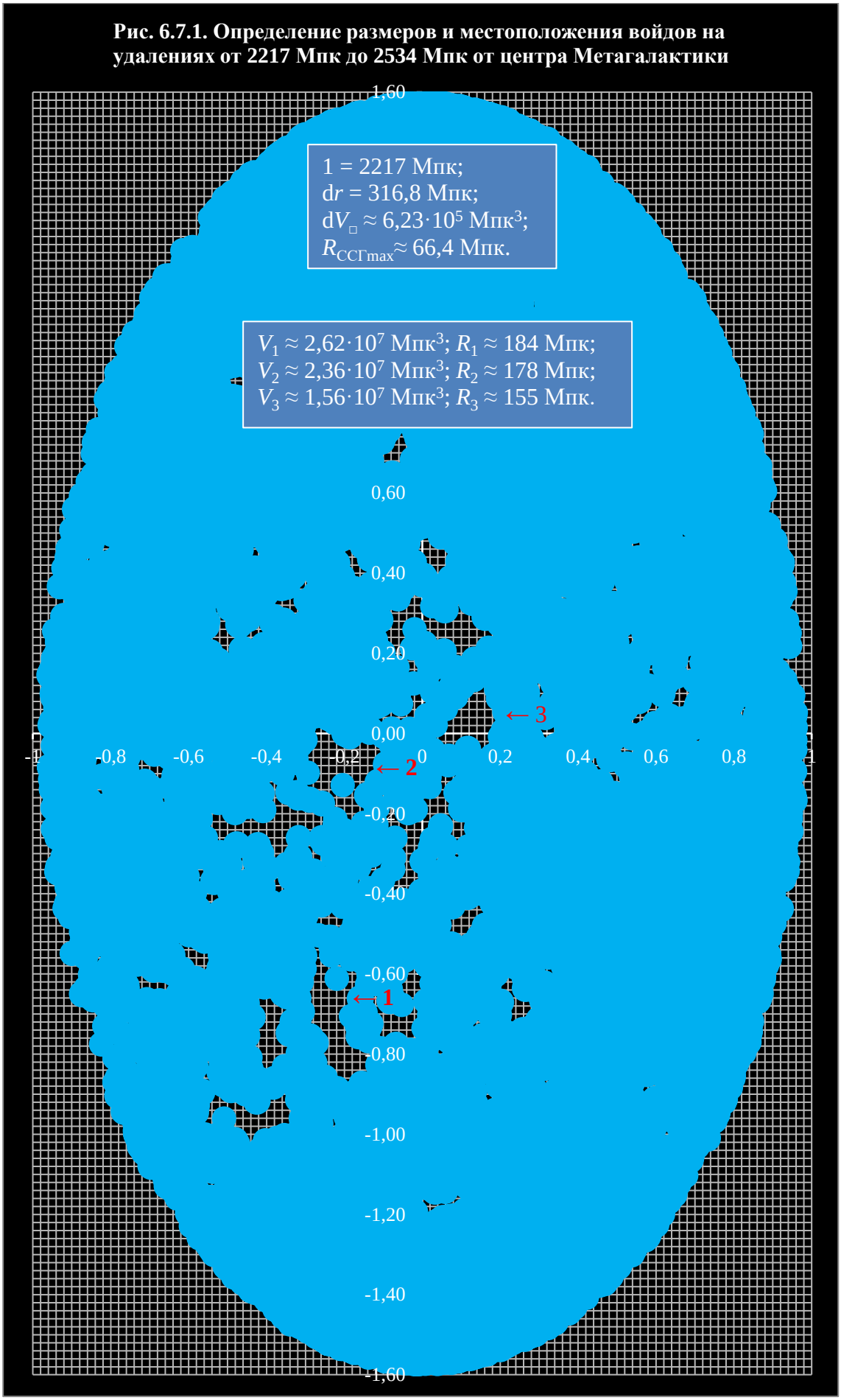


Рис. 6.7.2. Определение размеров и местоположений войдов на удалениях от 2534 Мпк до 2851 Мпк от центра Метагалактики

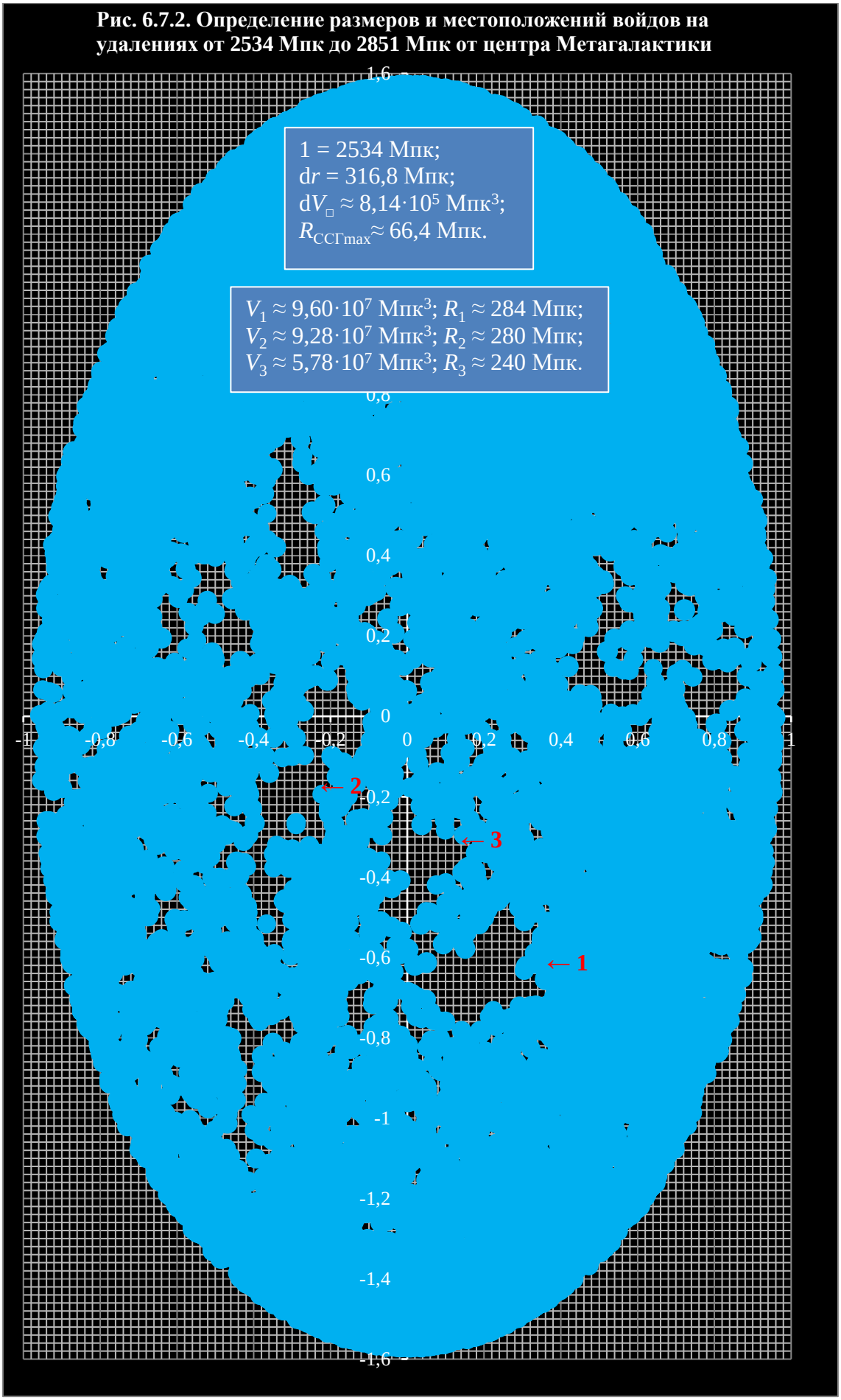


Рис. 6.7.3. Определение размеров и местоположений войдов на удалениях от 2851 Мпк до 3167 Мпк от центра Метагалактики

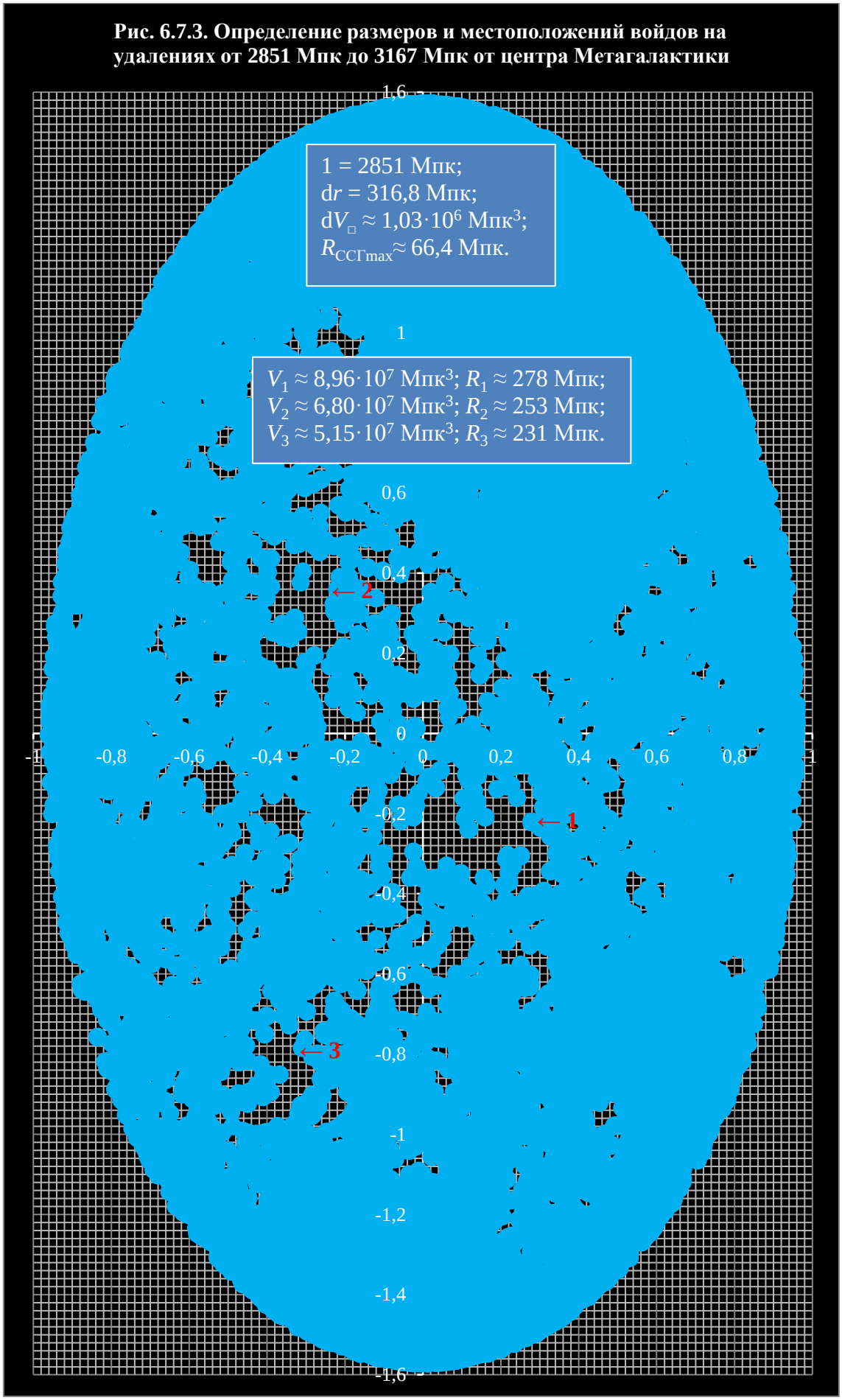


Рис. 6.7.4. Определение размеров и местоположений войдов на удалениях от 3167 Мпк до 3484 Мпк от центра Метагалактики

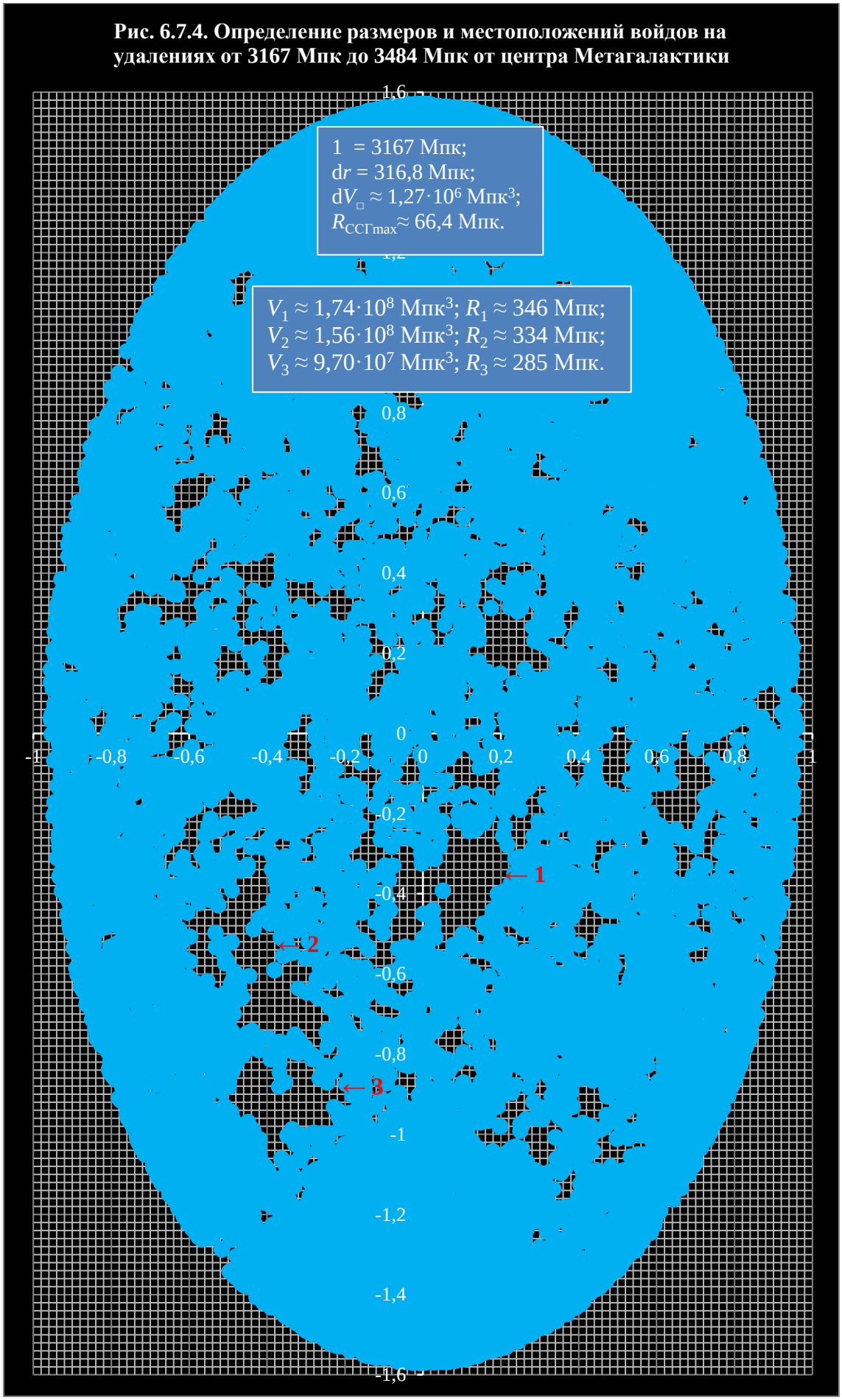
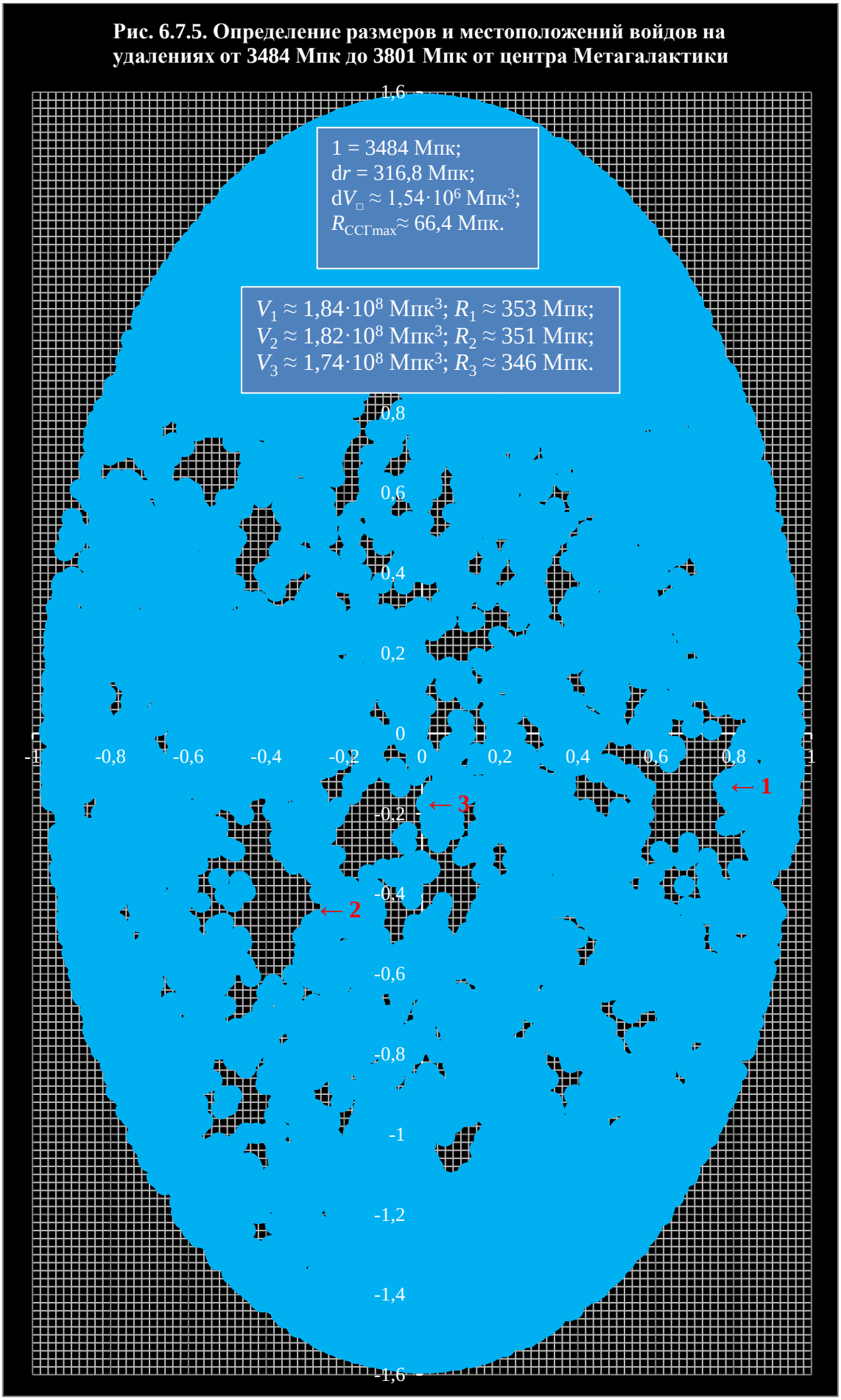
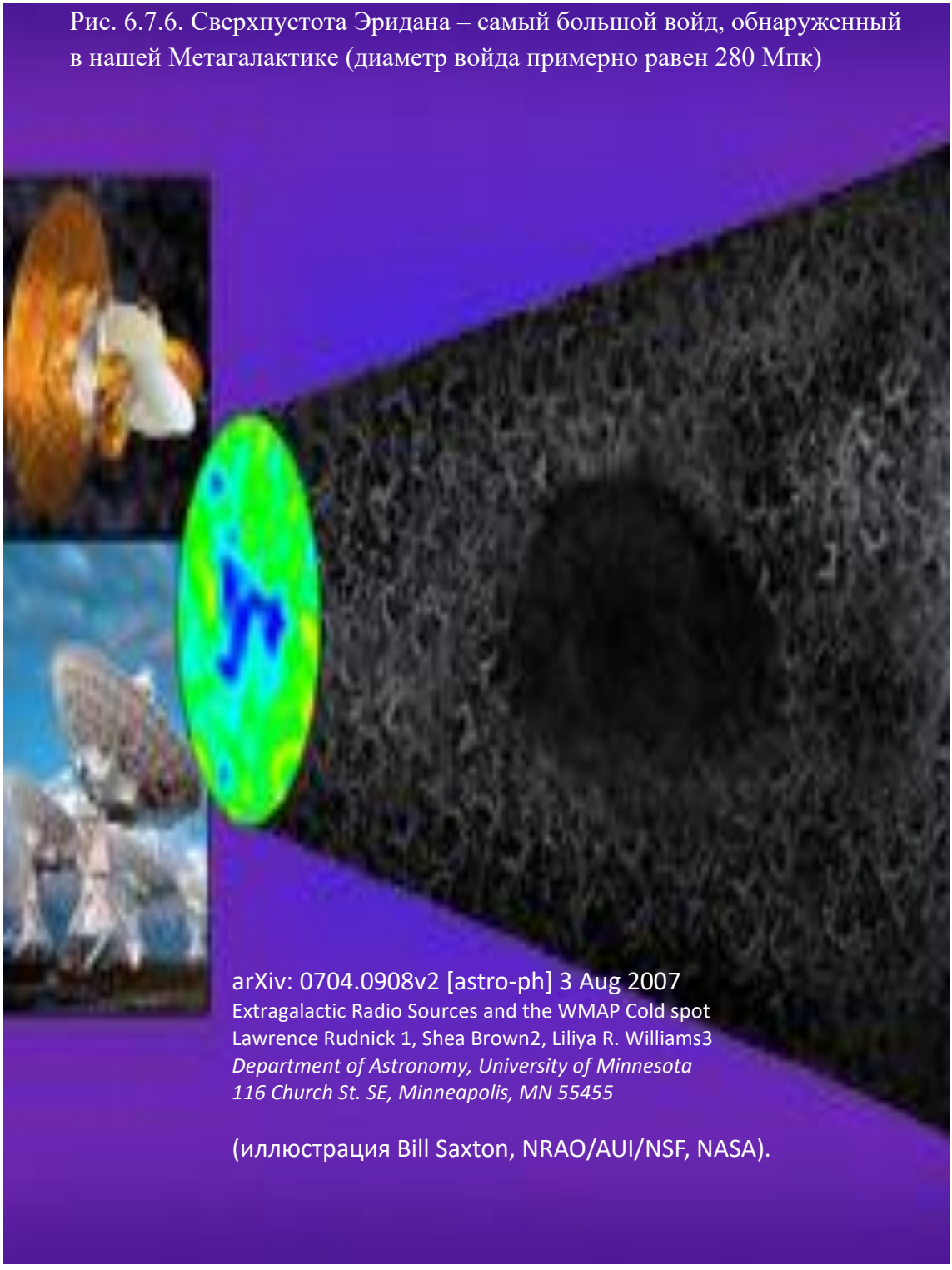


Рис. 6.7.5. Определение размеров и местоположений войдов на удалениях от 3484 Мпк до 3801 Мпк от центра Метагалактики



Войд с наибольшей нижней оценкой объёма, примерно равной ста восьмидесяти четырём миллионам кубических мегапарсек, находится на удалении от 3484 Мпк до 3801 Мпк от центра Метагалактики, что соответствует величинам красного смещения от 4,22 до 5,31.

Рис. 6.7.6. Сверхпустота Эридана – самый большой войд, обнаруженный в нашей Метагалактике (диаметр войда примерно равен 280 Мпк)



Точность определения объёмов войдов указанным способом можно повысить, если уменьшить шаг изменения расстояния от центра Метагалактики при формировании подобластей и обеспечить совместное рассмотрение близлежащих подобластей с целью выявления связности обнаруженных в них войдов. Так, например, войды, помеченные цифрой 2, на рисунках 6.7.1, 6.7.2 и 6.7.3 представляют собой лишь части более крупного войда, нижняя оценка объёма которого примерно равна ста восьмидесяти трём миллионам кубических мегапарсек.

Важно отметить, что в нашей Метагалактике обнаружены огромные пустоты (войды). Наибольший из обнаруженных войдов находится в направлении на созвездие Эридана и получил название Сверхпустота Эридана (рисунок 6.7.6).

Объём Сверхпустоты Эридана более десяти миллионов кубических мегапарсек. Данная информация даёт некоторые основания полагать, что центр нашей Вселенной находится на удалении от 6800 Мпк до 8000 Мпк от нас в растворе телесного угла образованного при вершине прямоугольного кругового конуса с углом раствора, равным 60^{o}, и осью, противоположной Сверхпустоте Эридана.

Подводя итог результатам исследований, представленным в шестом разделе, отметим, что йон, характеристики и свойства которого определены во втором разделе, творит Вселенную во многом схожую с той, в которой мы живём. Текущие распределения лучей и осей вращения лучей по направлениям в пространстве в электроне и протоне стремятся к равномерному распределению. В настоящее время эффекты, вызванные вращением лучей при наблюдении удалённых космических объектов, ничтожно малы. Распределения сверхскоплений галактик во Вселенной и Метагалактике, распределение космических объектов в скоплении, распределение войдов в Метагалактике, полученные в ходе моделирования, не вступают в противоречие с результатами наблюдений за космическими объектами в нашей Метагалактике.

7. Экспериментальные свидетельства йона и икраткого взаимодействия

Согласно представлениям, изложенным в данной работе, в начале всех начал был один, и тот один был йон, а масса Земли, Солнца, всех звёзд Млечного Пути, всей Вселенной создана его икратким взаимодействием, и само их существование является главным экспериментальным подтверждением его творящей деятельности. Основные результаты исследований по распределению массы в Метагалактике, созданной икратким взаимодействием, представленные в шестом разделе работы, не вступают в явное противоречие с данными наблюдений за нашей Метагалактикой. Созданного икратким взаимодействием к настоящему времени достаточно для формирования примерно ста миллиардов таких галактик, как Млечный Путь.

Творящая деятельность икраткого взаимодействия продолжается и в настоящее время. Ежесекундно созданного им во Вселенной достаточно для формирования около полумиллиона таких звёзд, как наше Солнце. В результате икраткого взаимодействия масса Солнца ежесекундно возрастает на восемнадцать миллиардов тонн, а ежесекундный прирост массы Земли превышает пятьдесят пять тысяч тонн.

Несмотря на впечатляющие результаты творящей деятельности икраткого взаимодействия экспериментальное обнаружение его текущих проявлений затруднительно. Для преодоления возникающих трудностей в четвёртом разделе работы была создана система измерения физических величин АСЯ, основанная на свойствах йона, и определены законы изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ. Оказалось, что большая часть единиц измерения физических величин (27 из 36 рассмотренных) системы СИ, в том числе и основные, изменяют свои значения с течением времени в системе АСЯ, основное достоинство которой состоит в том, что все её единицы измерения являются временными инвариантами.

Хотя текущие относительные изменения единиц измерения системы СИ во времени очень малы, например, для секунды и метра они примерно равны $9{,}4 \cdot 10^{-18}$ в секунду, есть исследования, когда удаётся выявить эффекты, вызванные этими изменениями. В подразделе 7.2 мы оценим влияние изменения единицы измерения времени системы СИ в системе АСЯ на величину изменения продолжительности земных суток за период равный одному году.

Поскольку в настоящее время определение значений фундаментальных физических постоянных производится с наибольшей тщательностью и наивысшей точностью, в пятом разделе работы были выполнены специальные исследования по выявлению их возрастных законов изменения в системах АСЯ и СИ. Двадцать шесть из тридцати двух рассмотренных фундаментальных физических постоянных изменяют свои значения с течением времени в системе АСЯ. Изменения двадцати двух фундаментальных физических постоянных в системе СИ существенно меньше, чем соответствующие им изменения в системе АСЯ. Восемнадцать фундаментальных физических постоянных в системах АСЯ и СИ изменяются разнонаправлено, а это означает, что изменения фундаментальных физических постоянных в системе АСЯ, пусть незначительно, но меньше, чем соответствующие им изменения их единиц измерения в системе СИ.

Результаты расчётов, представленные в таблице 5.4, показали, что относительные изменения фундаментальных физических постоянных за период с 2006 года по 2010 год в системе СИ существенно меньше относительных погрешностей их определения. Это объясняет, почему принятые к рассмотрению фундаментальные физические величины в настоящее время считаются постоянными.

В разделе 5 на примере рассмотрения одного из исследований, в ходе которых устанавливаются годовые пределы относительных изменений некоторых фундаментальных физических постоянных с точностью, на несколько порядков превышающей достигнутые в настоящее время относительные погрешности их определения, показано, что полученные в них результаты

исследований являются модельно зависимыми. Поскольку используемые в этих исследованиях модели не учитывают эффектов, вызванных икратким взаимодействием, которые способны существенным образом повлиять на результаты исследований, то установленные в этих исследованиях годовые пределы относительных изменений фундаментальных физических постоянных нельзя использовать ни для подтверждения, ни для опровержения законов их изменения, обусловленных икратким взаимодействием.

В подразделе 7.2 мы покажем, что установленное систематическое замедление суточного вращения Земли примерно на $15 \cdot 10^{-6}$ секунд в год является эффектом, вызванным в значительной мере икратким взаимодействием.

В подразделе 7.3 мы покажем, что увеличения радиуса лунной орбиты примерно на 3,8 сантиметра в год, установленное в ходе многолетних исследований с использованием лазерной локации Луны, является эффектом, проистекающим, в конечном счёте, из закона изменения скорости йонов в луче.

Важно отметить, что эффекты, вызванные икратким взаимодействием и рассмотренные в подразделах 7.2 и 7.3, характерны не только для Земли и Луны, а носят общий характер. Так, например, исходя из тех же оснований, мы можем предсказать величину систематического замедления суточного вращения Марса, или, например, годовое увеличение радиуса земной орбиты.

По существу, возрастные законы изменения единиц измерения системы СИ и фундаментальных физических постоянных, представленные в разделах 4 и 5 (а их общее число превышает пять десятков), являются предсказаниями, которые вытекают из характеристик йона и его икраткого взаимодействия, а также из принятых определений фундаментальных физических постоянных и единиц измерения системы СИ.

В данной работе мы исходим из лучевой модели распространения света, согласно которой свет от источника к приёмнику доставляется лучами, принадлежащими приёмнику, со скоростью, равной скорости йонов в луче. Отметим два важных следствия из лучевой модели распространения света.

Во-первых, излучение света в направлении, в котором отсутствует хотя бы один приёмник света, невозможно. А это означает, например, что во Вселенной наибольшее удаление квантов света от её центра не может превосходить максимального удаления находящихся в ней частиц.

Во-вторых, время транспортировки квантов света от источника к приёмнику не зависит от их относительной скорости, а определяется расстоянием между источником и приёмником света в момент излучения кванта и скоростью в луче йонов, осуществляющих транспортировку.

Для небольших удалений источника света от приёмника скорость транспортировки с достаточной для практических целей точностью можно считать постоянной и равной принятой скорости света в вакууме. Так, например, при удалении источника света от приёмника, равном 115 парсекам, что примерно в двадцать три миллиона семьсот тысяч раз больше расстояния от Земли до Солнца, средняя скорость транспортировки квантов света будет лишь на одиннадцать метров в секунду меньше принятой скорости света в вакууме.

На больших удалениях источника света от приёмника средняя скорость транспортировки квантов света становится существенно меньше принятой скорости света в вакууме. Так, например, при удалении квазара от Земли на четыре тысячи пятьсот девяносто два мегапарсека, что соответствует величине красного смещения его излучения примерно равной девяти с половиной, свет, испущенный им в настоящее время, достигнет Земли лишь через сто четыре миллиарда лет, что превышает современный возраст Вселенной более чем в пятнадцать раз. При этом средняя скорость транспортировки света примерно в семь раз будет меньше принятой скорости света в вакууме. Интересно отметить, что в момент излучения свет будет не приближаться, а удаляться от Земли со скоростью, примерно равной трёмстам пятидесяти двум тысячам километров в секунду, что превышает принятую скорость света в вакууме примерно на семнадцать процентов.

Согласно лучевой модели распространения света в вакууме, время и средняя скорость транспортировки квантов света от источника к приёмнику определяются следующими зависимостями:

$$t_\gamma = \frac{T}{\left(1-\bar{r}_\gamma\right)^{2\cdot(\text{ю}-1)}} - T, \tag{7.1}$$

$$v_\gamma = \frac{2\cdot(\text{ю}-1)\cdot\bar{r}_\gamma\cdot(1-\bar{r}_\gamma)^{2\cdot(\text{ю}-1)}}{1-\left(1-\bar{r}_\gamma\right)^{2\cdot(\text{ю}-1)}}\cdot c, \tag{7.2}$$

где t_γ – время транспортировки квантов света от источника к приёмнику; T – время существования Вселенной в момент излучения света; $\bar{r}_\gamma$ – отношение расстояния между источником и приёмником света к радиусу луча в момент излучения, v_γ – средняя скорость транспортировки квантов света от источника к приёмнику.

Зависимости относительного времени (пунктирная линия) и относительной средней скорости (сплошная линия) транспортировки квантов света от относительного расстояния между источником и приёмником представлены на рисунке 7.1.

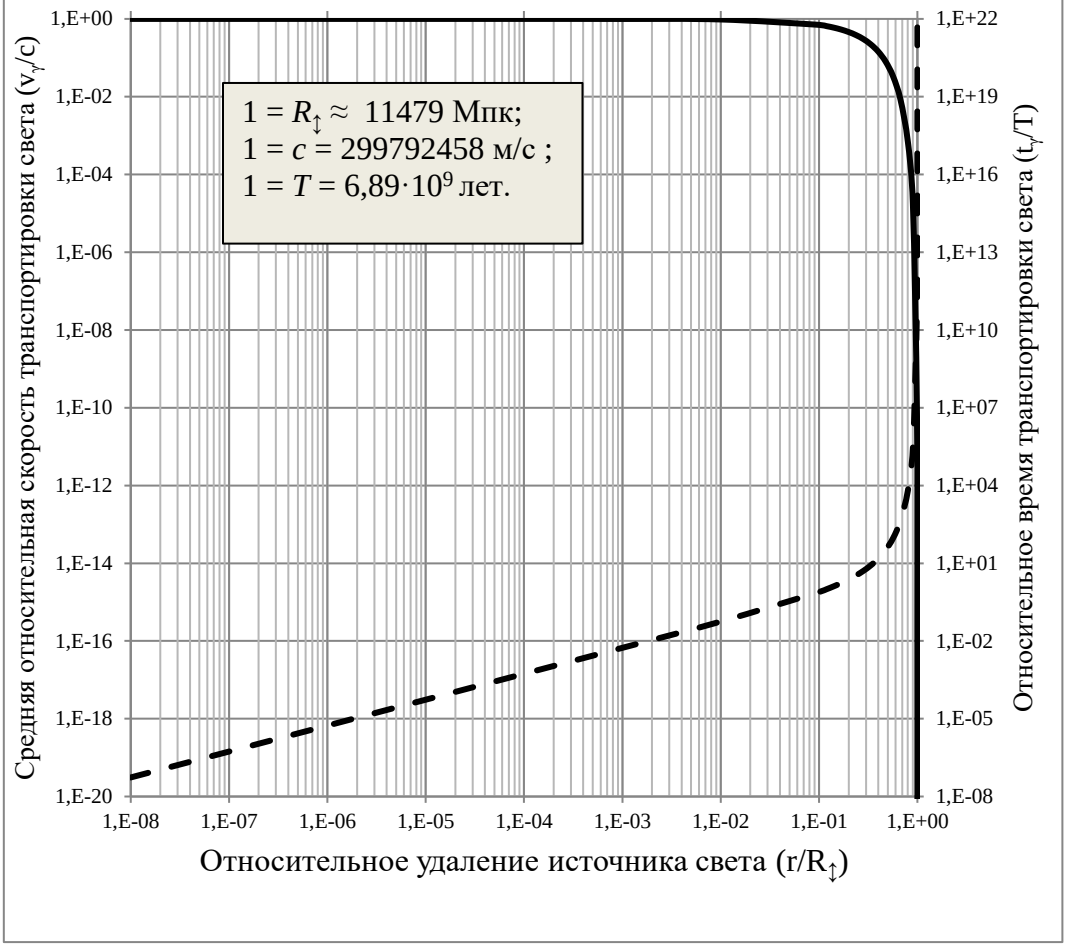
В соответствии с лучевой моделью распространения света, и основываясь на законе изменения скорости йонов в луче (3.12), определяем текущую скорость транспортировки квантов света относительно приёмника:

$$\vec{v}_{\bar{r}_\gamma} = \vec{r}_\gamma\cdot\left(2\cdot\text{ю}-1-\frac{1}{\bar{r}_\gamma}\right)\cdot c, \tag{7.3}$$

где $\bar{r}_\gamma$ – текущее отношение удаления кванта света от центра луча, осуществляющего его транспортировку, к радиусу луча; $\vec{r}_\gamma = \bar{r}_\gamma\cdot\vec{k}$ – вектор удаления кванта света от центра луча, осуществляющего его транспортировку; $\vec{k}-$ единичный вектор оси параллельной лучу с началом в центре луча.

В связи с тем, что скорость транспортировки квантов света в вакууме, в соответствии с зависимостью 7.3, является переменной величиной, то возникает необходимость переименовать фундаментальную физическую постоянную *c*, известную как скорость света в вакууме.

Рис.7.1. Относительное время и относительная средняя скорость транспортировки света



К тому же фундаментальная физическая постоянная *c* находит применение при рассмотрении процессов формирования Вселенной, и до того, как в ней появились кванты света, что делает целесообразным её переименование произвести, основываясь на этих процессах.

Если переименование производить исходя из процесса формирования луча, то фундаментальная физическая постоянная *c* является скоростью йона в луче относительно его центра в непосредственной близости от него.

Если переименование производить исходя из процесса формирования юона, то фундаментальная физическая постоянная *c* является средней скоростью взаимопроникновения йонов за время образования ими юона.

Из этих двух равноценных определений фундаментальной физической постоянной *c* воспользуемся первым и определим её, как скорость йона в луче относительно его центра в непосредственной близости от него.

Чем больший временной интервал удаётся охватить в ходе физических исследований, тем явственнее в их результатах могут проявлять себя эффекты, вызванные икратким взаимодействием. Так, например, в декабре 1998 года были представлены результаты наблюдений сорока двух сверхновых типа 1a в далёких галактиках, величина красного смещения которых находилось в диапазоне от 0,17 до 0,83 [28]. По нашим оценкам эти исследования охватывали временной интервал примерно равный двум миллиардам трёхсот семидесяти миллионам лет. В ходе анализа результатов наблюдений авторы исследования пришли к неожиданному заключению, что в настоящий период расширение нашей Вселенной не замедляется, а ускоряется, что указывает на существование в ней тёмной энергии, доля которой в общем балансе энергии Вселенной превышает семьдесят процентов. В апреле 2008 года были опубликованы результаты исследований, основанные на наблюдениях трёхсот семи сверхновых типа 1a, величина красного смещения которых находилась в диапазоне от 0,015 до 1,551 [2]. По нашим оценкам временной интервал, охватываемый этими исследованиями, увеличился более чем в одну целую и девять десятых раза и достиг примерно четырёх миллиардов пятисот двадцати восьми миллионов лет. Ускоренное расширение Вселенной, а, следовательно, и существование в ней тёмной энергии получили в этих исследованиях дополнительные подтверждения. В 2011 году Нобелевской премии по физике были удостоены астрофизики *Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt и Adam G. Riess* “за открытие ускорения расширения Вселенной по наблюдениям далёких сверхновых” [29]. По мнению авторитетных физиков “выяснение физической природы тёмной энергии – это центральная проблема современного естествознания” [17].

В подразделе 7.4 представлена модель изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1a в зависимости от их красного смещения

с учётом факторов, вытекающих из икраткого взаимодействия. Сравнение результатов наблюдений трёхсот семи сверхновых типа 1a, опубликованных в апреле 2008 года, с предсказаниями модели показало их хорошее согласие. Таким образом, эффекты, вызванные икратким взаимодействием, получили надёжное экспериментальное подтверждение в результатах наблюдений сверхновых типа 1a. Важно отметить, что согласно результатам исследований, представленным в подразделе 7.4, расширение нашей Вселенной в течение всего рассматриваемого периода, примерно равного четырём миллиардам пятисот двадцати восьми миллионам лет, происходило без ускорения. Что касается тёмной энергии, то вердикт икраткого взаимодействия, основанный на результатах наблюдений сверхновых типа 1a, однозначен – тёмной энергии в нашей Вселенной нет!

Пожалуй, решающим экспериментальным фактом, говорящим в пользу икраткого взаимодействия, является познаваемость нашей Вселенной. Икраткое взаимодействие творит познаваемую Вселенную. В этой Вселенной:

- Число типов фундаментальных объектов мало (йон, луч, юон, заряд, электрон, протон);
- Объекты одного типа идентичны и их число огромно ($N_{\cdot} \approx 6 \cdot 10^{166}$; $N_{\updownarrow} \approx 1{,}1 \cdot 10^{125}$; $N_{\text{e}} = N_{\text{p}} \approx 1{,}3 \cdot 10^{80}$; $N_{\text{юq}} \approx 2{,}0 \cdot 10^{166}$);
- Объекты упорядочены (йоны в лучах, лучи в элементарных частицах, юоны в зарядах);
- Относительные изменения основных характеристик фундаментальных объектов во времени малы ($\mathrm{d}l/(l \cdot \mathrm{d}t) \approx 2{,}3 \cdot 10^{-18}$ с$^{-1}$; $\mathrm{d}R/(R \cdot \mathrm{d}t) \approx$ $\approx 4{,}6 \cdot 10^{-18}$ с$^{-1}$; $\mathrm{d}m_{\text{e}}/(m_{\text{e}} \cdot \mathrm{d}t) \approx 4{,}6 \cdot 10^{-18}$ с$^{-1}$).

Всё это создаёт хорошие предпосылки для формирования научного знания о Вселенной. Основные характеристики и свойства йона в момент явления не содержат, например, знания об известных ныне фундаментальных взаимодействиях. Физика наука экспериментальная и эти знания могут быть получены из экспериментов. При этом икраткое взаимодействие гарантирует, что знания, полученные в ходе эксперимента, могут успешно использоваться

для всех объектов и их взаимодействий, если типы объектов совпадают с экспериментальными, а условия взаимодействий идентичны. Так, например, закономерности, выявленные в ходе исследований по взаимодействию электрона и протона, скажем в атоме водорода, присущи всем атомам водорода во всей Вселенной. Этим определяется эффективность фундаментальной науки, которая, в конечном счёте, проистекает из икраткого взаимодействия. Если бы число типов фундаментальных объектов было огромно, а число объектов каждого типа мало, то в такой Вселенной ценность фундаментальных знаний была бы крайне низкой, да и возможность формирования научного знания была бы под большим вопросом.

Икраткое взаимодействие меняет существующие представления о пространстве и времени. Согласно современным представлениям, пространство-время – реальность, активно взаимодействующая с объектами материального мира:

- в специальной теории относительности взаимодействие осуществляется путём изменения пространственно-временных масштабов в соответствии с преобразованиями Лоренца;
- в общей теории относительности взаимодействие осуществляется посредством пространственно-временных деформаций, проявляясь в виде гравитации;
- в космологических моделях пространство расширяется, причём на начальном этапе инфляционно.

При этом без ответа остаются основные вопросы:

- Каково происхождение пространства-времени?
- Есть ли у пространства-времени носитель и, если есть, то каков он?

В соответствии с икратким взаимодействием, йон является творцом и носителем пространства и времени. В момент явления всё пространство Вселенной заключено было в объёме одного лишь йона, а все процессы Вселенной определялись законами его изменения и размножения. В настоящее время пространство сформировано объектами Вселенной и “соткано” из лучей

им принадлежащих. Для того чтобы подчеркнуть удивительную ажурность лучевого пространства, заметим, что суммарная площадь поперечных сечений всех лучей Вселенной равна $S_{\updownarrow c} = l^2 \approx 2{,}1 \cdot 10^{-30}[м^2]$, что примерно в миллиард триллионов раз меньше, чем площадь поперечного сечения человеческого волоса. Формирование пространства Вселенной до момента образования первых электрона и протона рассмотрено нами в подразделе 6.2. Там же рассмотрены процессы размножения и вращения лучей в электроне и протоне с момента их образования по настоящее время. Крупномасштабные распределения массы во Вселенной и Метагалактике рассмотрены в подразделах 6.3 и 6.4 соответственно. Местное распределение галактик в Метагалактике на удалении до 105,6 Мпк от её центра рассмотрено в подразделе 6.6. Время является числовой характеристикой изменений основных объектов Вселенной, таких как йоны, лучи, электроны и протоны, а также Вселенной в целом. Время однонаправленно, одномерно и необратимо. В соответствии с икратким взаимодействием, в ходе которого объекты творят себе подобных, время едино для всех объектов Вселенной. События являются одновременными, если характеристики и свойства основных объектов, принимающих в них участие, идентичны. Время неоднородно и чем на больший временной интервал разнесены рассматриваемые моменты времени, тем в большей степени проявляется его неоднородность. Так, например, ежесекундное изменение числа йонов во Вселенной в настоящее время превосходит изменение их числа в первую секунду существования Вселенной более чем в четыреста тридцать тысяч триллионов раз. При этом относительное изменение числа йонов во Вселенной в первую секунду своего существования превосходит относительное изменение числа йонов во Вселенной за одну секунду в настоящее время более чем в миллиард асанкхейев раз.

7.1. Аномальное ускорение “Пионеров”

Эффект, получивший название, аномалия “Пионеров”, был обнаружен в ходе анализа параметров движения космических аппаратов “Пионер-10”

и “Пионер-11”. Определение текущих скоростей зондов проводилось путём измерения доплеровского смещения частоты электромагнитного излучения, посылаемого к космическим аппаратам и принимаемого от них обратно. Измерение текущих расстояний до зондов проводилось исходя из времени прохождения электромагнитного излучения до космических аппаратов и обратно. Текущие значения скоростей и расстояний до зондов являлись исходными данными для математических моделей, определяющих параметры движения космических аппаратов исходя из их текущего гравитационного взаимодействия с массивными космическими объектами Солнечной системы, а также с учётом давления на них солнечного излучения. Сравнение текущих параметров движения космических аппаратов “Пионер-10” и “Пионер-11”, полученных в ходе моделирования, с соответствующими результатами их измерений, выявило их систематическое отличие, которое может быть представлено следующим выражением:

$$\vec{a}_{\mathrm{P(exper)}} = \vec{a}_{\mathrm{Pизм}} - \vec{a}_{\mathrm{Pg}} - \vec{a}_{\mathrm{Psp}}, \qquad (7.1.1)$$

где $\vec{a}_{\mathrm{Pизм}}$ – текущее ускорение космического аппарата, полученное в ходе измерений; $\vec{a}_{\mathrm{Pg}}$ – текущее ускорение космического аппарата, определённое на модели гравитационного взаимодействия с массивными космическими объектами Солнечной системы; $\vec{a}_{\mathrm{Psp}}$ – текущее ускорение космического аппарата, определенное на модели воздействия на него солнечного излучения; $\vec{a}_{\mathrm{P(exper)}}$ – ускорение, равное разнице между текущими ускорениями космического аппарата, полученными в ходе моделирования и в результате измерений.

Оказалось, что разница между ускорениями космического аппарата, определёнными в ходе моделирования и полученными в результате измерений, имеет в среднем близкую к постоянному значению величину и направление, совпадающее с направлением на Солнце. Так, для зонда “Пионер-10” $a_{\mathrm{P(exper)}} \approx (7{,}84 \mp 0{,}01) \cdot 10^{-10} \left[\frac{\mathrm{м}}{\mathrm{с}^2}\right]$, а для зонда “Пионер-11” $a_{\mathrm{P(exper)}} \approx$ $\approx (8{,}55 \mp 0{,}02) \cdot 10^{-10} \left[\frac{\mathrm{м}}{\mathrm{с}^2}\right]$. Может показаться, что величина выявленного эффекта, которая примерно в десять миллиардов раз меньше ускорения

свободного падения на поверхности Земли, является крайне незначительной. В тоже время выявленный эффект примерно в четыре раза больше гравитационного воздействия Луны, которое она вызывает на удалении равном одной астрономической единице. После обнаружения аномального ускорения космических аппаратов “Пионер-10” и “Пионер-11” были выполнены специальные исследования по изучению выявленного эффекта с целью определения источника его вызывающего [11]. Обратим внимание на ряд результатов, полученных в этих исследованиях. На рисунке 7.1.1 представлены траектории космических зондов “Пионер-10” и “Пионер-11”, из которых следует, что выявленный эффект не обусловлен определённым направлением движения космических аппаратов в пространстве.

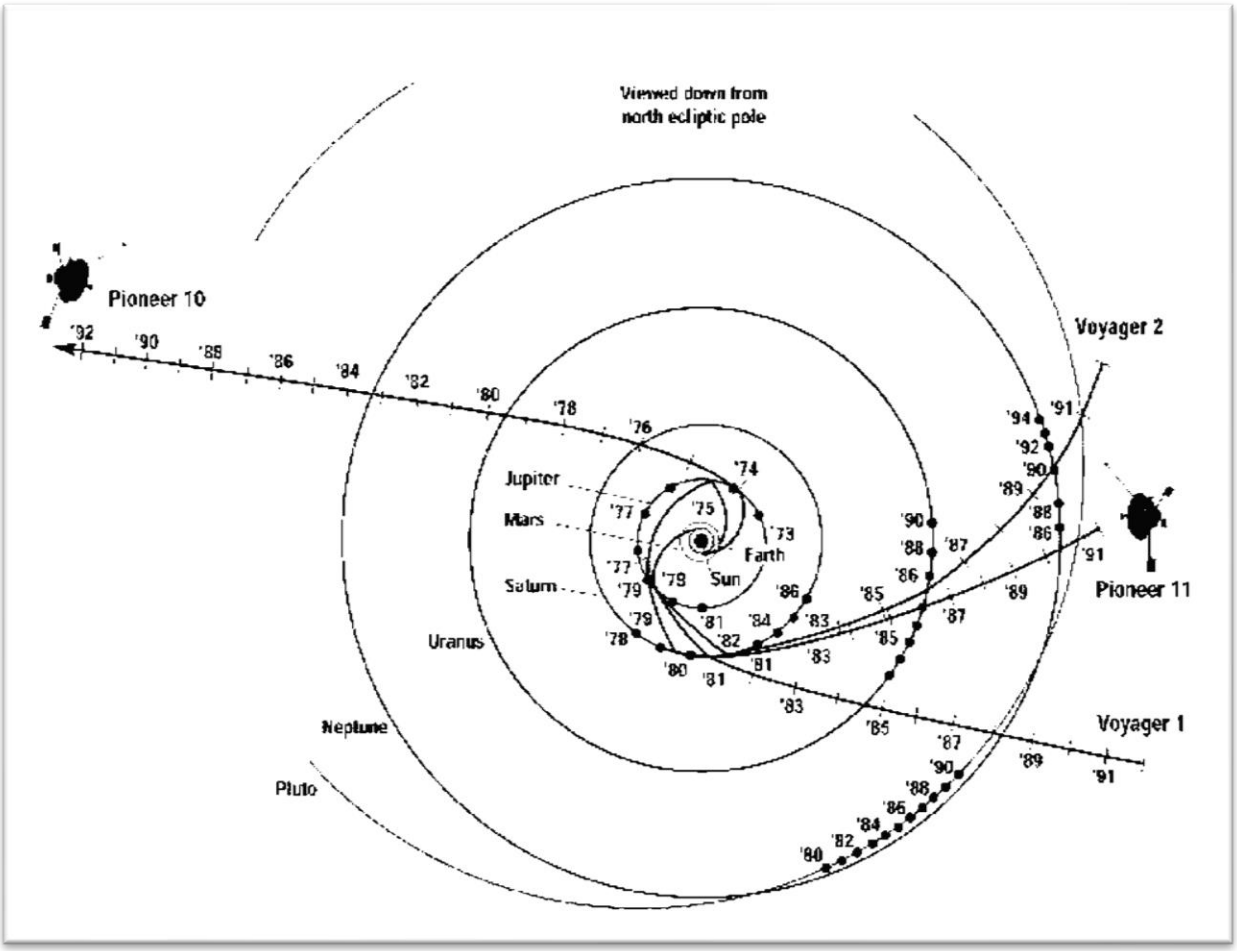


Рис. 7.1.1. Траектории космических зондов “Пионер-10” и “Пионер-11” (рис. 3 из [11]).

На рисунке 7.1.2 представлены изменения величин аномального ускорения “Пионеров”, расчётного ускорения “Пионеров”, вызванного давлением солнечного излучения, и их суммы в зависимости от расстояния зондов до Солнца.

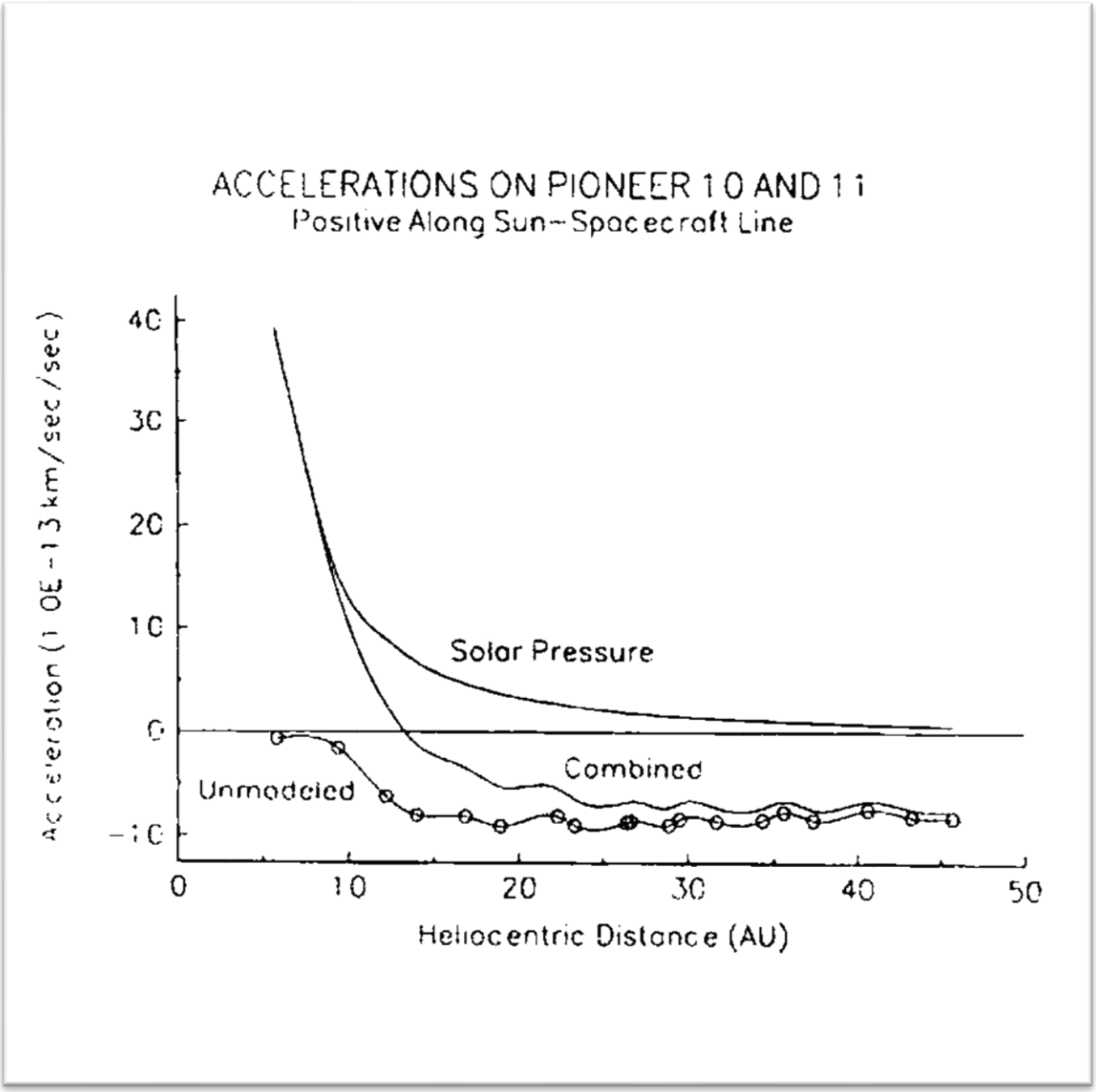


Рис.7.1.2. Изменения величин аномального ускорения “Пионеров” (нижний график), расчётного ускорения “Пионеров”, вызванного давлением солнечного излучения, (верхний график) и их суммы (средний график) в зависимости от расстояния зондов до Солнца (рис.6 из [11]).

На удалении, превышающем четырнадцать астрономических единиц от Солнца, суммарное ускорение зондов, вызванное давлением солнечного излучения и выявленной аномалией, становится отрицательным, т.е. направленным к Солнцу.

На рисунке 7.1.3 представлены изменения величин аномальных ускорений космических зондов “Пионер-10” и “Пионер-11” в зависимости от их удаления до Солнца.

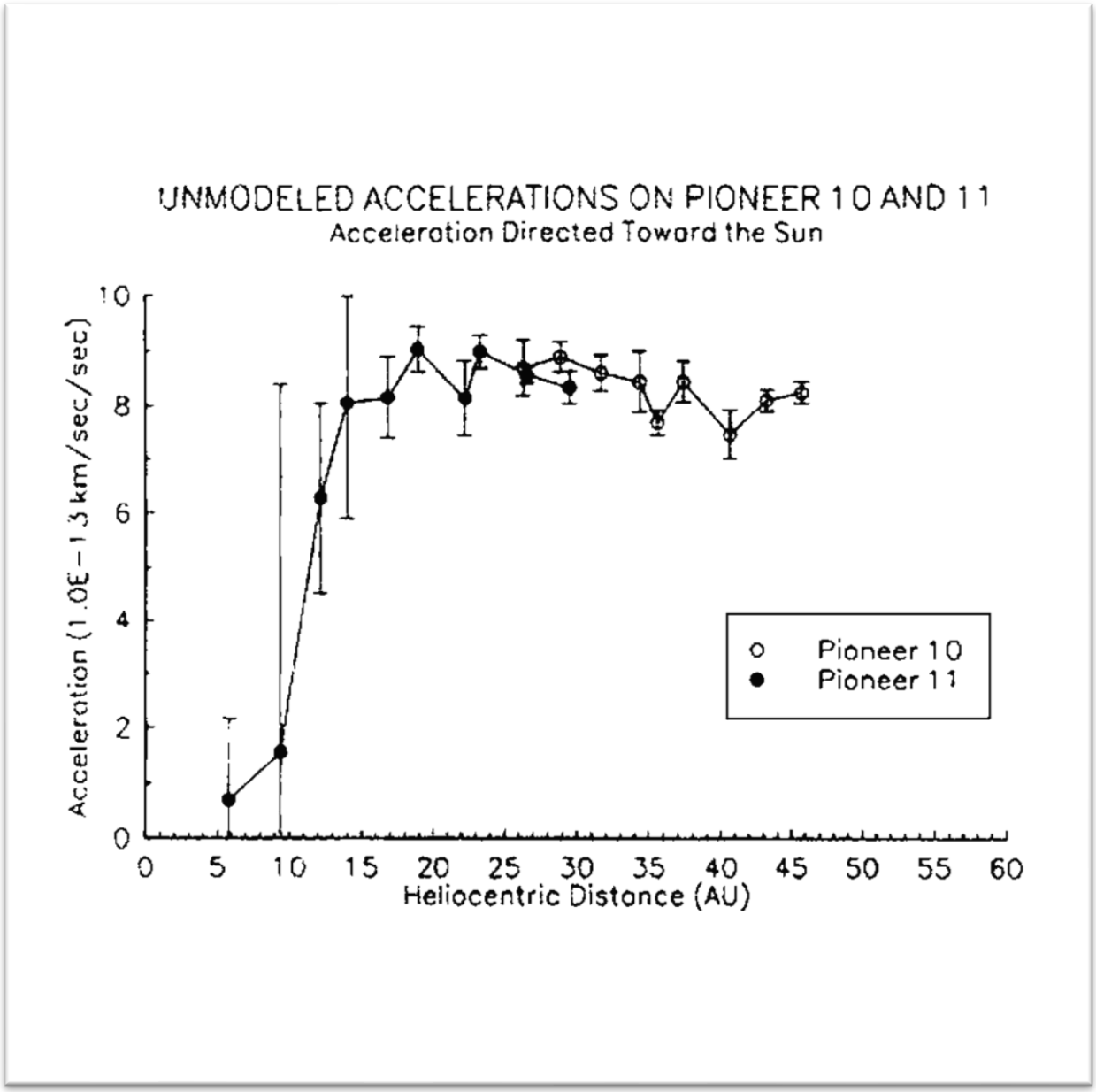


Рис. 7.1.3. Изменения величин аномальных ускорений зондов “Пионер-10” и “Пионер-11” в зависимости от расстояния до Солнца (рис. 7 из [11]).

Следует отметить, что эти результаты охватывают период наблюдений с 1981 года по 1989 год для зонда “Пионер-11” и с 1977 года по 1989 год для зонда “Пионер-10”.

Авторы исследования отмечают, что при определении направления действия выявленной аномалии нельзя однозначно определить указывает оно на Солнце или на Землю.

Для выявления природы аномалии “Пионеров” авторами исследования были рассмотрены и оценены величины всех возможных источников постоянного во времени негравитационного воздействия на космические аппараты.

На рисунке 7.1.4 представлена сводная таблица этих источников негравитационного воздействия на космические аппараты с оценками величин и диапазонов изменений вызываемых ими ускорений зондов. Суммарная оценка всех источников негравитационного воздействия на космические аппараты составила:

$$b_{\text{Р}} = +0{,}90 \cdot 10^{-10} \left[\frac{\text{М}}{\text{С}^2}\right];\ \sigma_{\text{Р}} = \pm 1{,}33 \cdot 10^{-10} \left[\frac{\text{М}}{\text{С}^2}\right], \qquad (7.1.2)$$

где $b_{\text{Р}}$ – математическое ожидание ускорения космических зондов, вызванное воздействием рассмотренных факторов; $\sigma_{\text{Р}}$ – диапазон возможных изменений ускорения космических аппаратов относительно его среднего значения.

Поскольку при определении b_P за положительное направление оси было принято направление от Солнца, то величина аномального ускорения “Пионеров” с учётом рассмотренных факторов составила:

$$a_{\text{Р}} = a_{P(\text{exper})} + b_{\text{Р}} \pm \sigma_{\text{Р}} = (8{,}74 \pm 1{,}33) \cdot 10^{-10} \left[\frac{\text{М}}{\text{С}^2}\right], \qquad (7.1.3)$$

где $a_{\text{Р}}$ – аномальное ускорение “Пионеров” с учётом всех возможных источников постоянного во времени негравитационного воздействия на космические аппараты.

Покажем, что если при определении параметров движения комических аппаратов произвести учёт эффектов, вызванных икратким взаимодействием, то аномалия “Пионеров” прекращает существовать.

TABLE II: Error Budget: A Summary of Biases and Uncertainties.

Item	Description of error budget constituents	Bias 10^{-8} cm/s^2	Uncertainty 10^{-8} cm/s^2
1	Systematics generated external to the spacecraft:		
	a) Solar radiation pressure and mass	+0.03	±0.01
	b) Solar wind		$\pm < 10^{-5}$
	c) Solar corona		±0.02
	d) Electro-magnetic Lorentz forces		$\pm < 10^{-4}$
	e) Influence of the Kuiper belt's gravity		±0.03
	f) Influence of the Earth orientation		±0.001
	g) Mechanical and phase stability of DSN antennae		± < 0.001
	h) Phase stability and clocks		± < 0.001
	i) DSN station location		$\pm < 10^{-5}$
	j) Troposphere and ionosphere		± < 0.001
2	On-board generated systematics:		
	a) Radio beam reaction force	+1.10	±0.11
	b) RTG heat reflected off the craft	−0.55	±0.55
	c) Differential emissivity of the RTGs		±0.85
	d) Non-isotropic radiative cooling of the spacecraft		±0.48
	e) Expelled Helium produced within the RTGs	+0.15	±0.16
	f) Gas leakage		±0.56
	g) Variation between spacecraft determinations	+0.17	±0.17
3	Computational systematics:		
	a) Numerical stability of least-squares estimation		±0.02
	b) Accuracy of consistency/model tests		±0.13
	c) Mismodeling of maneuvers		±0.01
	d) Mismodeling of the solar corona		±0.02
	e) Annual/diurnal terms		±0.32
	Estimate of total bias/error	+0.90	±1.33

Рисунок 7.1.4. Сводная таблица оценок величин и диапазонов изменений ускорений зондов “Пионер-10” и “Пионер-11”, обусловленных различными постоянно действующими источниками негравитационного воздействия (Таблица II из [11]).

При определении скоростей зондов путём измерения доплеровского смещения частоты электромагнитного излучения, посылаемого к космическим аппаратам и принимаемого от них обратно, необходимо учитывать:

- изменение частоты электромагнитного излучения во времени;
- изменение единицы измерения времени системы СИ во времени;
- изменение скорости йонов в луче на удалении равном расстоянию между космическими зондами и радиолокационной станцией на Земле.

Ошибка при определении скорости зондов, вызванная отсутствием учёта указанных факторов, может быть найдена с использованием следующей зависимости:

$$o_v = o_{v_f} + o_{v_{[c]}} + o_{v_r}, \quad (7.1.4)$$

где o_v – ошибка определения скорости зондов путём измерения доплеровского смещения частоты электромагнитного излучения; o_{v_f} – ошибка определения скорости зондов, вызванная отсутствием учёта изменения частоты электромагнитного излучения во времени; $o_{v_{[c]}}$ – ошибка определения скорости зондов, вызванная отсутствием учёта изменения единицы измерения времени системы СИ во времени; o_{v_r} – ошибка определения скорости зондов, вызванная отсутствием учёта изменения скорости йонов в луче.

Ошибка определения скорости зондов o_{v_f} в соответствии с возрастным законом изменения частоты кванта электромагнитного излучения, представленным в подразделе 5.3 таблицы 3.1, может быть найдена с использованием следующей зависимости:

$$o_{v_f} = c \cdot \frac{3 \cdot t_{\text{и}}}{4 \cdot T}, \quad (7.1.5)$$

где $t_{\text{и}}$ – время измерения, равное времени прохождения электромагнитного излучения от радиолокационной антенны до космического аппарата и обратно.

Заметим, что при определении скорости “Пионеров”, удаляющихся от Земли, путём измерения доплеровского смещения частоты электромагнитного излучения, когда отсутствует учёт уменьшения частоты кванта

электромагнитного излучения во времени, происходит завышение измеряемой скорости зондов.

Ошибка определения скорости зондов $o_{v_{[c]}}$ в соответствии с возрастным законом изменения единицы измерения времени системы СИ, представленным в таблицы 4.1, в первом приближении может быть найдена с использованием следующей зависимости:

$$o_{v_{[c]}} = -c \cdot \frac{t_{\text{и}}}{4 \cdot T}, \tag{7.1.6}$$

Заметим, что в случае с “Пионерами”, когда отсутствует учёт возрастного закона изменения единицы измерения времени системы СИ, происходит занижение измеряемой скорости зондов.

Исходя из лучевой модели распространения электромагнитного излучения, при определении скорости “Пионеров”, когда отсутствует учёт изменения скорости йонов в луче, происходит занижение измеряемой скорости зондов, величина которого может быть найдена с использованием следующей зависимости:

$$o_{v_r} = -(2 \cdot \text{ю} - 1) \cdot c \cdot \frac{r_{\text{Р}}}{R} = -\frac{(2 \cdot \text{ю} - 1)}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} \cdot \frac{r_{\text{Р}}}{T}, \tag{7.1.7}$$

где $r_{\text{Р}}$ – расстояние от Земли до космического зонда.

Подставляя выражения (7.1.5), (7.1.6) и (7.1.7) в (7.1.4) получим формулу для вычисления ошибки определения скорости космических зондов:

$$o_v = c \cdot \frac{t_{\text{и}}}{2 \cdot T} - \frac{(2 \cdot \text{ю} - 1)}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} \cdot \frac{r_{\text{Р}}}{T} \approx -\frac{1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} \cdot \frac{r_{\text{Р}}}{T}, \tag{7.1.8}$$

При измерении расстояния, пройденного космическим аппаратом за время измерения, необходимо, прежде всего, учитывать изменение единицы измерения времени системы СИ во времени. Если этого не делать, то происходит систематическое занижение расстояния, пройденного космическим аппаратом за время измерения, величина которого может быть найдена с использованием следующей зависимости:

$$o_r \approx o_{r_{[\text{c}]}} = -r_{\text{Р}} \cdot \frac{t_{\text{и}}}{4 \cdot T} \approx -\frac{r_{\text{Р}}^2}{2 \cdot c \cdot T}, \tag{7.1.9}$$

где o_r – ошибка измерения расстояния, пройденного космическим аппаратом за время измерения; $o_{r_{[c]}}$ – ошибка измерения расстояния, пройденного космическим аппаратом за время измерения, из-за отсутствия учёта изменения единицы измерения времени системы СИ во времени.

В случае с “Пионерами” систематические ошибки при измерении скорости космических аппаратов и при измерении расстояния, пройденного ими за время измерения, обнаруживаются как эффект, вызывающий аномальное ускорение зондов, величина которого определяется следующей зависимостью:

$$a_{\mathrm{P_o}} = 2 \cdot o_r \cdot \frac{c^2}{r_{\mathrm{P}}^2} - 2 \cdot o_v \cdot \frac{c}{r_{\mathrm{P}}} = -\frac{\text{ю} - 2}{\text{ю} - 1} \cdot \frac{c}{T} \approx -8{,}72 \cdot 10^{-10} \left[\frac{\mathrm{м}}{\mathrm{с}^2}\right], \quad (7.1.10)$$

где $a_{\mathrm{P_o}}$ – фиктивное ускорение космических аппаратов, обусловленное ошибками при измерении их скорости и расстояния, пройденного ими за время измерения.

Величина эффекта, вызванного ошибками, обусловленными икратким взаимодействием, практически совпадает с оценкой величины аномального ускорения “Пионеров”, полученного в работе [11]. Отличие составляет менее трёх десятых процента от их абсолютного значения. Вектор фиктивного ускорения $\vec{a}_{\mathrm{P_o}}$ направлен на Землю, а не на Солнце. Именно с этим направлением связаны ошибки измерения скорости $\vec{o}_v$ и расстояния $\vec{o}_r$. Принято считать, что аномальное ускорение “Пионеров” направлено на Солнце. В тоже время, учитывая значительное расстояние от Земли до космических зондов, а также точность определения направления используемой при наблюдении за зондами аппаратуры, авторы исследования [11] замечают, что сделать однозначный выбор между направлениями действия выявленной аномалии на Солнце или на Землю нельзя.

Вышеизложенное позволяет заключить, что аномальное ускорение “Пионеров” является проявлением эффектов, вызванных икратким взаимодействием, отсутствие учёта которых при измерении скоростей зондов и их удаления от Земли приводит к соответствующим систематическим

ошибкам. С устранением этих ошибок измерения, аномалия “Пионеров” прекратит своё существование.

Заметим, что в соответствии с икратким взаимодействием масса космических объектов, в том числе и оказывающих влияние на параметры движения космических зондов, со временем возрастает. Значение гравитационной постоянной со временем уменьшается. Естественно, что это оказывает влияние на значения текущих ускорений “Пионеров”. Оценим величину этого влияния для зонда “Пионер-10”. Изменение массы космических объектов, например Солнца, на небольших временных интервалах, к которым можно отнести время осуществления миссии “Пионера-10”, в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$M_{\mathrm{Sun}_{T_0+\delta t}} \approx M_{\mathrm{Sun}_{T_0}} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \delta t}{T}\right), \qquad (7.1.11)$$

где $M_{\mathrm{Sun}_{T_0}}$ – масса Солнца в момент начала миссии зонда “Пионер-10”; $M_{\mathrm{Sun}_{T_0+\delta t}}$ – масса Солнца по истечении δt времени с момента начала миссии зонда “Пионер-10”; δt – промежуток времени, прошедший с момента начала миссии зонда “Пионер-10”.

Изменение значения гравитационной постоянной за промежуток времени, равный δt, с момента начала миссии зонда “Пионер-10”, в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$G_{T_0+\delta t} \approx G_{T_0} \cdot \left(1 - \frac{\delta t}{T}\right), \qquad (7.1.12)$$

где G_{T_0} и $G_{T_0+\delta t}$ - значение гравитационной постоянной в момент начала миссии зонда “Пионер-10” и спустя промежуток времени равный δt соответственно.

Применительно к зонду “Пионер-10”, наибольшее относительное изменение его ускорения, вызванное ростом массы космических объектов и уменьшением величины гравитационной постоянной во времени, соответствует моменту, когда аппарат прекратил выходить на связь. Это случилось 23 января 2003 года, когда с момента начала миссии прошло более тридцати

лет. В этот момент относительное изменение ускорения зонда “Пионер-10” в системе АСЯ составило:

$$\frac{a_{\mathrm{P10}_t} - a_{\mathrm{P10}_0}}{a_{\mathrm{P10}_0}} = \frac{\delta t_{\mathrm{P10}}}{T} \approx 4{,}4855 \cdot 10^{-9}, \qquad (7.1.13)$$

где a_{P10_t} и a_{P10_0} – ускорения зонда “Пионер-10”, определённые в момент завершения его миссии, с учётом роста массы космических объектов и уменьшения величины гравитационной постоянной во времени и без оного соответственно; δt_{P10} – промежуток времени, прошедший с момента запуска зонда “Пионер-10” до момента, когда аппарат прекратил выходить на связь.

В системе СИ величина относительного изменения ускорения зонда будет примерно в два раза меньше:

$$\frac{a_{\mathrm{P10}_t} - a_{\mathrm{P10}_0}}{a_{\mathrm{P10}_0}} \approx \frac{\delta t_{\mathrm{P10}}}{2 \cdot T} \approx 2{,}2228 \cdot 10^{-9}. \qquad (7.1.14)$$

Обнаружить столь незначительные изменения ускорения зонда не представляется возможным. Эти изменения примерно в четыреста сорок тысяч раз меньше аномального ускорения “Пионеров”. Вот почему при объяснении эффекта “Пионеров”, изменениями ускорения зондов, вызванными ростом массы космических объектов и уменьшением величины гравитационной постоянной во времени, можно пренебречь.

7.2. Изменение периода вращения Земли

В данном подразделе произведём оценку изменения периода вращения Земли под воздействием икраткого взаимодействия. Для определения периода вращения Земли воспользуемся следующей зависимостью:

$$T_3 = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_3} = \frac{2 \cdot \pi \cdot I_3}{L_3}, \qquad (7.2.1)$$

где T_3 – период вращения Земли; ω_3 – угловая скорость вращения Земли; I_3 – момент инерции Земли относительно оси её вращения; L_3 – момент количества движения Земли относительно оси её вращения.

Момент инерции Земли относительно оси её вращения равен:

$$I_3 \approx 0{,}335 \cdot M_3 \cdot R_3^2, \tag{7.2.2}$$

где M_3 – масса Земли; R_3 – радиус Земли.

В соответствии с икратким взаимодействием изменение массы Земли во времени в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$M_3 = M_{3_0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^2, \tag{7.2.3}$$

где M_{3_0} – масса Земли, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

В соответствии с изменением массы Земли происходит изменение момента количества движения Земли относительно оси её вращения, которое в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$L_3 = L_{3_0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^2, \tag{7.2.4}$$

где L_{3_0} – момент количества движения Земли относительно оси её вращения, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

Для нахождения закона изменения радиуса Земли во времени определим объём Земли исходя из объёмов, образующих её элементов:

$$V_3 = k \cdot \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{j_{max}}} \left(n_{\mathrm{j}} \cdot V_{\mathrm{j}}\right), \tag{7.2.5}$$

где V_3 – объём Земли; V_{j} – объём элемента j-ого типа; n_{j} – число элементов j-ого типа на Земле; $\mathrm{j_{max}}$ – число типов элементов на Земле; k – коэффициент, равный отношению объёма Земли к сумме объёмов, образующих её элементов.

Исходя из икраткого взаимодействия, можно положить, что изменение числа элементов каждого типа на Земле во времени происходит так же, как меняется число электронов и протонов во Вселенной. В системе АСЯ это изменение определяется следующей зависимостью:

$$n_{\mathrm{j}} = n_{\mathrm{j_0}} \cdot \frac{T}{T_0}, \tag{7.2.6}$$

где n_{j_0} – число элементов j-ого типа на Земле, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

В первом приближении можно положить, что изменение объёмов элементов, образующих Землю, происходит пропорционально изменению длины йона в кубе, что в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$V_j = V_{j_0} \cdot \sqrt{\left(\frac{T}{T_0}\right)^3}, \tag{7.2.7}$$

где V_{j_0} – объём элемента j-ого типа на Земле, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

Подставляя выражения (7.2.6) и (7.2.7) в (7.2.5) и полагая, что коэффициент k на небольших временных интервалах не меняет своего значения, получаем для изменения объёма Земли во времени в системе АСЯ следующую зависимость:

$$V_З = V_{З_0} \cdot \sqrt{\left(\frac{T}{T_0}\right)^5}, \tag{7.2.8}$$

где $V_{З_0}$ – объём планеты Земля, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

Из (7.2.8) следует, что изменение радиуса Земли во времени в системе АСЯ будет определяться следующей зависимостью:

$$R_З = R_{З_0} \cdot \sqrt[6]{\left(\frac{T}{T_0}\right)^5}, \tag{7.2.9}$$

где $R_{З_0}$ – радиус планеты Земля, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

Подставляя выражения (7.2.3) и (7.2.9) в (7.2.2), получаем зависимость изменения момента инерции Земли относительно оси её вращения во времени в системе АСЯ:

$$I_З = I_{З_0} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{T}{T_0}\right)^{11}}, \tag{7.2.10}$$

где $I_{З_0}$ – момент инерции Земли относительно оси её вращения, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

Подставляя выражения (7.2.4) и (7.2.10) в (7.2.1) получаем зависимость изменения периода вращения Земли во времени в системе АСЯ:

$$T_З = T_{З_0} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{T}{T_0}\right)^5}, \qquad (7.2.11)$$

где $T_{З_0}$ – период вращения Земли, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

Из (7.2.11) получаем величину изменения продолжительности земных суток за период равный δT в системе АСЯ:

$$\delta T_{\text{сут}_{\delta T}} = T_{\text{сут}_0} \cdot \left(\sqrt[3]{\left(1 + \frac{\delta T}{T_0}\right)^5} - 1\right), \qquad (7.2.12)$$

где $\delta T_{\text{сут}_{\delta T}}$ – величина изменения продолжительности земных суток за период равный δT; $T_{\text{сут}_0}$ – продолжительность земных суток, когда время существования Вселенной равнялось T_0.

Учитывая закон изменения единицы измерения времени системы СИ в системе АСЯ, получаем величину изменения продолжительности земных суток за период равный δT в системе СИ:

$$\delta T_{\text{сут}_{\delta T}} = T_{\text{сут}_0} \cdot \left(\sqrt[6]{\left(1 + \frac{\delta T}{T_0}\right)^7} - 1\right). \qquad (7.2.13)$$

Произведём оценку величины изменения продолжительности земных суток под воздействием икраткого взаимодействия в настоящее время за период равный одному году в системе АСЯ:

$$\delta T_{\text{сут}_{1\text{год}}} = T_{\text{сут}_0} \cdot \left(\sqrt[3]{\left(1 + \frac{T_{\text{год}}}{T_0}\right)^5} - 1\right) \approx 20{,}85 \cdot 10^{-6}\ [\text{с}], \qquad (7.2.14)$$

где $\delta T_{\text{сут}_{1\text{год}}}$ – текущая величина изменения продолжительности земных суток за период равный одному году в системе АСЯ; $T_{\text{сут}_0} \approx 86164{,}1$ [с] –

продолжительность земных суток в настоящее время; $T_{\text{год}} \approx 31556925{,}97$ [с] – продолжительность года на Земле в настоящее время; $T_0 \approx 2{,}173275039 \cdot 10^{17}$ [с] – время существования Вселенной.

Оценим текущую величину изменения продолжительности земных суток за период равный одному году в системе СИ:

$$\delta T_{\text{сут}_{1\text{год}}} = T_{\text{сут}_0} \cdot \left(\sqrt[6]{\left(1 + \frac{T_{\text{год}}}{T_0}\right)^7} - 1 \right) \approx 14{,}60 \cdot 10^{-6} \text{ [с]}, \qquad (7.2.15)$$

Полученная нами оценка увеличения продолжительности земных суток под воздействием икраткого взаимодействия за период равный одному году в системе СИ хорошо согласуется с результатами наблюдений, согласно которым “обнаружено систематическое удлинение земных суток на величину крайне малую – всего лишь на 0,0015 с за 100 лет” [12]. Важно отметить, что данный эффект, вызванный икратким взаимодействием, носит общий характер. Так, например, исходя из тех же оснований, мы можем определить величину систематического замедления суточного вращения Марса под воздействием икраткого взаимодействия за период равный одному земному году, которая в системе АСЯ составит:

$$\delta T_{\text{Марс сут}_{1\text{год}}} = T_{\text{Марс сут}_0} \cdot \left(\sqrt[3]{\left(1 + \frac{T_{\text{год}}}{T_0}\right)^5} - 1 \right) \approx 21{,}45 \cdot 10^{-6} \text{ [с]}, \quad (7.2.16)$$

где $\delta T_{\text{Марс сут}_{1\text{год}}}$ – величина изменения продолжительности марсианских суток под воздействием икраткого взаимодействия в настоящее время за период, равный одному году на Земле, в системе АСЯ; $T_{\text{Марс сут}_0} \approx 88642{,}6$ [с] – продолжительность марсианских суток в настоящее время.

Оценка той же величины в системе СИ даёт следующий результат:

$$\delta T_{\text{Марс сут}_{1\text{год}}} = T_{\text{Марс сут}_0} \cdot \left(\sqrt[6]{\left(1 + \frac{T_{\text{год}}}{T_0}\right)^7} - 1 \right) \approx 15{,}02 \cdot 10^{-6} \text{ [с]}. \quad (7.2.17)$$

В таблице 7.2.1 представлены результаты оценок изменения некоторых характеристик Земли под воздействием икраткого взаимодействия за период

равный одному году в системах АСЯ и СИ. Обращает на себя внимание, что изменение рассмотренных характеристик Земли происходит при неизменном значении её плотности, определённой в системе СИ.

Таблица 7.2.1. Изменения характеристик Земли под воздействием икраткого взаимодействия за год в системах АСЯ и СИ.

Параметр	Величина изменений за 1 год в системе АСЯ	Величина изменений за 1 год в системе СИ
Масса	$1{,}74 \cdot 10^{15}$ [кг]	$8{,}68 \cdot 10^{14}$ [кг]
Объём	$3{,}95 \cdot 10^{11}$ [м^3]	$1{,}58 \cdot 10^{11}$ [м^3]
Радиус	$7{,}72 \cdot 10^{-4}$ [м]	$3{,}09 \cdot 10^{-4}$ [м]
Плотность	$-3{,}99 \cdot 10^{-7}$ [кг/м^3]	0 [кг/м^3]
Момент инерции	$4{,}34 \cdot 10^{28}$ [кг$\cdot$м^2]	$1{,}97 \cdot 10^{28}$ [кг$\cdot$м^2]
Момент количества движения	$1{,}73 \cdot 10^{24}$ [кг$\cdot$м^2/с]	$4{,}31 \cdot 10^{23}$ [кг$\cdot$м^2/с]
Период вращения	$20{,}9 \cdot 10^{-6}$ [с]	$14{,}6 \cdot 10^{-6}$ [с]

В данном подразделе мы показали, что систематическое замедление суточного вращения Земли является эффектом, обусловленным икратким взаимодействием. В следующем подразделе мы покажем, что увеличение среднего радиуса орбиты Луны является эффектом, проистекающим, в конечном счёте, из закона изменения скорости йонов в луче.

В настоящее время принято считать, что замедление вращения Земли и увеличение среднего радиуса орбиты Луны являются взаимно обуславливающими эффектами, проистекающими из закона сохранения момента количества движения в системе Земля – Луна. В следующем подразделе мы покажем, что данная гипотеза не находит подтверждения, поскольку увеличение

момента количества движения Луны, соответствующее росту среднего радиуса её орбиты на 3,8 см в год, не компенсируется уменьшением момента количества Земли, соответствующим удлинению земных суток на $15 \cdot 10^{-6}$ секунд в год.

7.3. Увеличение радиуса орбиты Луны

В настоящее время гравитацию принято рассматривать в рамках общей теории относительности (ОТО), основанной на гипотезе, согласно которой гравитация выступает не как силовое взаимодействие, а является проявлением искривления пространства-времени.

Икраткое взаимодействие даёт возможность при рассмотрении гравитации воспользоваться другой гипотезой, согласно которой гравитационное взаимодействие является силовым, возникающим в результате вынужденного икратного взаимодействия йонов в лучах, там, где находятся объекты, обладающие энергией. Данная гипотеза естественным образом устраняет проблему дальнодействия гравитационного взаимодействия, поскольку размер любого материального объекта, будь то элементарная частица, или сверхскопление галактик, соизмерим с размером Метагалактики, а также, даёт объяснение, почему гравитацию нельзя экранировать. Но, пожалуй, важнейшее достоинство гипотезы о лучевой природе гравитации, состоит в том, что для своего объяснения она не нуждается в существовании иной реальности, происхождение которой не связано с икратким взаимодействием. Она, тем самым, позволяет при рассмотрении гравитации избавиться от такого “монстра”, каковым является пространство-время общей теории относительности (ОТО), природа и происхождения которого неясны.

Рассмотрим некоторые особенности гравитационного взаимодействия, которые вытекают из лучевой природы гравитации.

Во-первых, на малых удалениях, например, при гравитационном взаимодействии двух медленных нейтронов, сила гравитации определяется следующими зависимостями:

$$\vec{F}_{G_{\mathrm{n,n}}} = G \cdot \frac{m_{\mathrm{n}}^2}{r_{\mathrm{n,n}}^3} \cdot \vec{r}_{\mathrm{n,n}}\text{, если } r_{\mathrm{n,n}} \geq \frac{l}{2}; \quad (7.3.1)$$

$$\vec{F}_{G_{\mathrm{n,n}}} = 8 \cdot G \cdot \frac{m_{\mathrm{n}}^2}{l^3} \cdot \vec{r}_{\mathrm{n,n}}\text{, если } r_{\mathrm{n,n}} < \frac{l}{2}, \quad (7.3.2)$$

где $\vec{F}_{G_{\mathrm{n,n}}}$ – сила гравитационного взаимодействия между двумя нейтронами; m_{n} – масса нейтрона; $r_{\mathrm{n,n}}$ – расстояние между нейтронами.

Это означает, что максимальное значение силы гравитационного взаимодействия между двумя нейтронами достигается на расстоянии, равном половине длины йона. При дальнейшем снижении расстояния между нейтронами сила их гравитационного взаимодействия линейно уменьшается, достигая нулевого значения при $r_{n,n} = 0$.

Во-вторых, на больших удалениях между массивными объектами, при определении силы их гравитационного взаимодействия необходимо учитывать изменение скорости йонов в луче. Теоретически, на больших расстояниях между объектами сила их гравитационного взаимодействия может поменять знак, и вместо притяжения объектов, мы будем наблюдать их отталкивание. Так, например, два квазара с массами равными десяти миллиардам масс Солнца и расположенных на расстоянии примерно равном трём тысячам пятистам шестидесяти семи мегапарсек друг от друга при небольшой их относительной скорости будут не притягиваться, а отталкиваться с силой примерно в двести раз меньшей, чем сила гравитационного взаимодействия Луны с Солнцем. Это объясняется тем, что йоны в луче на удалении равном расстоянию между квазарами от центра луча будут удаляться от него со скоростью примерно равной скорости света в вакууме. Следовательно, сила, возникающая в результате вынужденного икраткого взаимодействия йонов в лучах, принадлежащих одному квазару в местоположении другого квазара, будет их расталкивать, а не сближать. Отметим, что данный пример носит исключительно теоретический характер, поскольку относительная скорость квазаров, расположенных на рассмотренном расстоянии, не может быть небольшой.

В-третьих, при определении параметров движения космических объектов необходимо учитывать увеличение их масс и уменьшение значения гравитационной постоянной во времени, изменения которых обусловлены икратким взаимодействием.

Оценим влияние икраткого взаимодействия на параметры движения космических объектов относительно центрального объекта большой массы по круговой орбите.

Азимутальная проекция вектора скорости космического объекта определяется следующей зависимостью:

$$\vec{v}_n = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} \cdot \vec{n}, \tag{7.3.3}$$

где $\vec{v}_n$ – азимутальная проекция вектора скорости космического объекта; M – масса центрального объекта; r – радиус орбиты космического объекта; $\vec{n}$ – единичный вектор, ортогональный радиус-вектору космического объекта.

Радиальная проекция вектора скорости космического объекта, обусловленная изменением скорости йонов в луче, определяется следующей зависимостью:

$$\vec{v}_r = \frac{\vec{r}}{T} \cdot \frac{2 \cdot \text{ю} - 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}, \tag{7.3.4}$$

где $\vec{v}_r$ – радиальная проекция вектора скорости космического объекта; $\vec{r}$ - радиус вектор космического объекта.

Исходя из (7.3.4) получаем изменение радиуса орбиты космического объекта во времени в системе АСЯ:

$$r = r_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{2 \cdot \text{ю} - 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}}, \tag{7.3.5}$$

где r и r_0 – радиусы орбиты космического объекта, измеренные в системе АСЯ, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

Изменение радиальной проекции вектора скорости космического объекта во времени в системе АСЯ:

$$\vec{v}_r = \vec{v}_{r_0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{1}{2\cdot(\text{ю}-1)}}, \tag{7.3.6}$$

где $\vec{v}_r$ и $\vec{v}_{r_0}$ – радиальные проекции вектора скорости космического объекта, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

В соответствии с икратким взаимодействием изменение массы центрального объекта во времени в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$M = M_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^2, \tag{7.3.7}$$

где M и M_0 – массы центрального объекта, измеренные в системе АСЯ, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

В соответствии с икратким взаимодействием изменение значения гравитационной постоянной во времени в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$G = G_0 \cdot \frac{T_0}{T}, \tag{7.3.8}$$

где G и G_0 – значения гравитационной постоянной, измеренные в системе АСЯ, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

Подставляя (7.3.5), (7.3.7) и (7.3.8) в (7.3.3) получаем изменение азимутальной проекции вектора скорости космического объекта во времени в системе АСЯ:

$$\vec{v}_n = \vec{v}_{n_0} \cdot \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{1}{4\cdot(\text{ю}-1)}}, \tag{7.3.9}$$

где $\vec{v}_n$ и $\vec{v}_{n_0}$ – азимутальные проекции вектора скорости космического объекта, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

Изменение угловой скорости вращения космического объекта во времени в системе АСЯ:

$$\omega = \frac{\vec{v}_n}{r} = \omega_0 \cdot \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{4 \cdot ю - 1}{4 \cdot (ю - 1)}}, \quad (7.3.10)$$

где ω и ω_0 – угловые скорости вращения космического объекта, измеренные в системе АСЯ, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

Изменение секториальной скорости космического объекта во времени в системе АСЯ:

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \vec{v}_n \cdot r = \sigma_0 \cdot \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{4 \cdot ю - 3}{4 \cdot (ю - 1)}}, \quad (7.3.11)$$

где σ и σ_0 – секториальные скорости космического объекта, измеренные в системе АСЯ, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

Изменение силы гравитационного взаимодействия космического объекта с центральным объектом во времени в системе АСЯ:

$$F_G = F_{G_0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{ю - 2}{ю - 1}}, \quad (7.3.12)$$

где F_G и F_{G_0} – силы гравитационного взаимодействия космического объекта с центральным объектом, измеренные в системе АСЯ, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

Изменение момента количества движения космического объекта во времени в системе АСЯ:

$$L = L_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{12 \cdot ю - 11}{4 \cdot (ю - 1)}}, \quad (7.3.13)$$

где L и L_0 – моменты количества движения космического объекта, измеренные в системе АСЯ, когда время существования Вселенной равнялось T и T_0 соответственно.

Оценим изменение среднего радиуса лунной орбиты за период равный одному году в системе АСЯ:

$$\delta r_{\text{Луна}_{1\text{год}}} = r_{\text{Луна}_0} \cdot \left(\left(\frac{\mathrm{T}_0 + T_{\text{год}}}{T_0} \right)^{\frac{2 \cdot \text{ю} - 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}} - 1 \right) \approx 0{,}06608 \text{ [м]}, \quad (7.3.14)$$

где $\delta r_{\text{Луна}_{1\text{год}}}$ – изменение среднего радиуса лунной орбиты за период равный одному году в системе АСЯ; $T_0 \approx 2{,}173275039 \cdot 10^{17}$ [с] – время существования Вселенной; $T_{\text{год}} \approx 31556925{,}97$ [с] – продолжительность года на Земле в настоящее время; $r_{\text{Луна}_0} \approx 3{,}84401 \cdot 10^8$ [м] – средний радиус орбиты Луны.

Оценка той же величины в системе СИ даёт следующий результат:

$$\delta r_{\text{Луна}_{1\text{год}}} = r_{\text{Луна}_0} \cdot \left(\left(\frac{\mathrm{T}_0 + T_{\text{год}}}{T_0} \right)^{\frac{\text{ю}}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}} - 1 \right) \approx 0{,}03818 \text{ [м]}. \quad (7.3.15)$$

Полученная нами оценка изменения среднего радиуса лунной орбиты за период равный одному году в системе СИ из-за факторов, обусловленных икратким взаимодействием, хорошо согласуется с результатами многолетних исследований, основанных на лазерной локации Луны, согласно которым увеличение радиуса лунной орбиты составляет 3,8 см в год [13]. Важно отметить, что данный эффект, обусловленный икратким взаимодействием, носит общий характер. Так, например, исходя из тех же оснований, мы можем определить изменение среднего радиуса орбиты Земли за период равный одному году в системе АСЯ:

$$\delta r_{\text{Земля}_{1\text{год}}} = r_{\text{Земля}_0} \cdot \left(\left(\frac{\mathrm{T}_0 + T_{\text{год}}}{T_0} \right)^{\frac{2 \cdot \text{ю} - 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)}} - 1 \right) \approx 25{,}72 \text{ [м]}, \quad (7.3.16)$$

где $\delta r_{\text{Земля}_{1\text{год}}}$ – изменение среднего радиуса орбиты Земли за период равный одному году в системе АСЯ; $r_{\text{Земля}_0} \approx 1{,}49598 \cdot 10^{11}$ [м] – средний радиус орбиты Земли.

Оценка той же величины в системе СИ даёт следующий результат:

$$\delta r_{\text{Земля}_{1\text{год}}} = r_{\text{Земля}_0} \cdot \left(\left(\frac{\text{T}_0 + T_{\text{год}}}{T_0} \right)^{\frac{\text{ю}}{2 \cdot (\text{ю}-1)}} - 1 \right) \approx 14{,}86 \text{ [м]}. \quad (7.3.17)$$

Как это уже отмечалось ранее, принято считать, что замедление вращения Земли и увеличение среднего радиуса орбиты Луны являются взаимно обуславливающими эффектами, проистекающими из закона сохранения момента количества движения в системе Земля – Луна. Легко убедиться, что данная гипотеза не находит подтверждения, поскольку увеличение момента количества движения Луны, соответствующее росту среднего радиуса её орбиты на 3,8 см в год, не компенсируется уменьшением момента количества Земли, соответствующим удлинению земных суток на $15 \cdot 10^{-6}$ секунд в год.

Действительно, увеличение момента количества движения Луны, соответствующее росту среднего радиуса её орбиты на 3,8 см в год, равно:

$$\delta L_{Луна_{1год}} \approx \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{Луна} \cdot r_{Луна_0}^2}{T_{Луна_0}} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{\delta r_{Луна}}{r_{Луна_0}}} - 1 \right) \approx 1{,}43 \cdot 10^{24} \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} \right], \quad (7.3.18)$$

где $M_{\text{Луна}} \approx 7{,}352 \cdot 10^{22}$ [кг] – масса Луны; $T_{\text{Луна}_0} \approx 2{,}361 \cdot 10^6$ [с] – усреднённый период вращения Луны; $r_{\text{Луна}_0} \approx 3{,}844 \cdot 10^8$ [м] – средний радиус орбиты Луны; $\delta r_{\text{Луна}} \approx 0{,}038$ [м] – рост радиуса орбиты Луны в год.

В то время как уменьшение момента количества движения Земли, соответствующее удлинению земных суток на $15 \cdot 10^{-6}$ секунд в год, равно:

$$\delta L_{\text{Земля}_{1\text{год}}} \approx \frac{2 \cdot \pi \cdot I_{\text{Земля}}}{T_{\text{сут}_0}} \cdot \left(\frac{T_{\text{сут}_0}}{T_{\text{сут}_0} + \delta T_{\text{сут}_{1\text{год}}}} - 1 \right) \approx -1{,}03 \cdot 10^{24} \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} \right], \quad (7.3.19)$$

где $I_{\text{Земля}} \approx 8{,}149 \cdot 10^{37}$ [кг · м^2] – момент инерции Земли; $T_{\text{сут}_0} \approx$ $\approx 86146{,}1$ [с] – продолжительность земных суток; $\delta T_{\text{сут}_{1\text{год}}} \approx 15 \cdot 10^{-6}$ [с] – увеличение продолжительности земных суток за год.

7.4. Результаты наблюдений сверхновых типа 1а

В декабре 1998 года были представлены результаты наблюдений сорока двух сверхновых типа 1а в далёких галактиках, величина красного смещения которых находилось в диапазоне от 0,17 до 0,83 [28]. По нашим оценкам эти

исследования охватывали временной интервал примерно равный двум миллиардам трёхсот семидесяти миллионам лет. В апреле 2008 года были опубликованы результаты исследований, основанные на наблюдениях трёхсот семи сверхновых типа 1a, величина красного смещения которых находилась в диапазоне от 0,015 до 1,551 [2]. По нашим оценкам временной интервал, охватываемый этими исследованиями, увеличился более чем в одну целую и девять десятых раза и достиг примерно четырёх миллиардов пятисот двадцати восьми миллионов лет.

Вспышки сверхновых типа 1a являются термоядерными взрывами белых карликов, масса которых определяется пределом Чандрасекара [30], [31]. По нашим оценкам средняя абсолютная звёздная величина сверхновых типа 1a на пике их светимости равна:

$$M_{1a} \approx -18{,}141^{\mathrm{m}}. \qquad (7.4.1)$$

Это позволяет проводить наблюдения сверхновых типа 1a на очень больших удалениях. Так, например, сверхновая 2003ak, имеющая величину красного смещения равную $Z_{2003ak} = 1{,}551$ и видимую звёздную величину на пике светимости равную $m^{max}_{2003ak} = 26{,}64$, по нашим оценкам, удалена от нас на расстояние равное двум тысячам ста сорока семи мегапарсекам.

При анализе результатов исследований [28], [2], связанных с наблюдениями сверхновых типа 1a, на наш взгляд, целесообразно различать:

- результаты исследований, основанные на наблюдениях, итогом которых является получение закономерности изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1a на пике светимости от величины красного смещения их излучения;
- апробацию используемой авторами космологической модели на результатах наблюдений по изменению видимой звёздной величины сверхновых типа 1a на пике светимости от величины красного смещения их излучения.

Выразим своё отношение к означенным результатам исследований. Закономерности изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1a на

пике их светимости от величины их красного смещения, определённые в ходе наблюдений [28], [2], являются важными экспериментальными данными. Они характеризуют изменения светимости сверхновых типа 1а в течение длительного периода времени, составляющего несколько миллиардов лет. Это позволяет рассматривать полученные результаты наблюдений, как тест сверхновых типа 1а, пройти который обязана каждая космологическая модель, претендующая на соответствие данным эксперимента. Важно отметить, что выводы об ускоренном расширении Вселенной в настоящее время и о существовании в ней тёмной энергии, доля которой в общем балансе энергии Вселенной превышает семьдесят процентов, непосредственно не следуют из результатов наблюдений сверхновых типа 1а. Эти неожиданные выводы возникли после того, как авторы попытались адаптировать принятую ими космологическую модель, основанную на общей теории относительности, к результатам наблюдений сверхновых типа 1а. Взятая нами из пионерской работы 1998 года [28] Хаббловская диаграмма результатов наблюдений 42 сверхновых типа 1а и предсказаний космологической модели, основанной на общей теории относительности, представлена на рисунке 7.4.1. Для того чтобы объяснить результаты наблюдений и при этом получить наилучшее совпадение с предсказаниями космологической модели, авторы вынуждены были принять гипотезу о существовании в нашей Вселенной тёмной энергии.

Согласно работе [28], доля тёмной энергии в общем балансе энергий Вселенной составляет семьдесят два процента. Также из принятой авторами космологической модели следовало, что в настоящее время скорость расширения Вселенной возрастает, то есть Вселенная расширяется с ускорением. В 2008 году были опубликованы результаты исследований [2], в ходе которых были проанализированы и обработаны наблюдения сверхновых типа 1а, полученные тринадцатью исследовательскими группами (рис. 7.4.2).

Анализ и обработка результатов наблюдений производились с учётом характеристик средств и условий наблюдения сверхновых с целью возможности их совместного использования при построении Хаббловской диаграммы

видимой звёздной величины сверхновых типа 1а на пике их светимости. На рисунке 7.4.3, позаимствованным нами из работы [2], представлена Хаббловская диаграмма результатов наблюдений 307 сверхновых типа 1а и предсказаний космологической модели, основанной на общей теории относительности.

Величина μ, отображённая на этой диаграмме, является разностью между видимой и абсолютной звёздными величинами сверхновых типа 1а на пике их светимости. Принятое в работе [2] среднее значение абсолютной звёздной величины сверхновых типа 1а на пике их светимости составляет $M_{1^a} \approx -19{,}32^m$.

Сравнение результатов наблюдений с предсказаниями космологической модели, основанной на общей теории относительности, представлено на рисунке 7.4.4.

В целом же, увеличение числа наблюдений сверхновых типа 1а лишь подтвердило вывод о том, что для достижения согласия космологической модели, основанной на общей теории относительности, с результатами наблюдений необходимо принять гипотезу о существовании тёмной энергии, уточнённое значение доли которой в общем балансе энергии Вселенной составило семьдесят один процент.

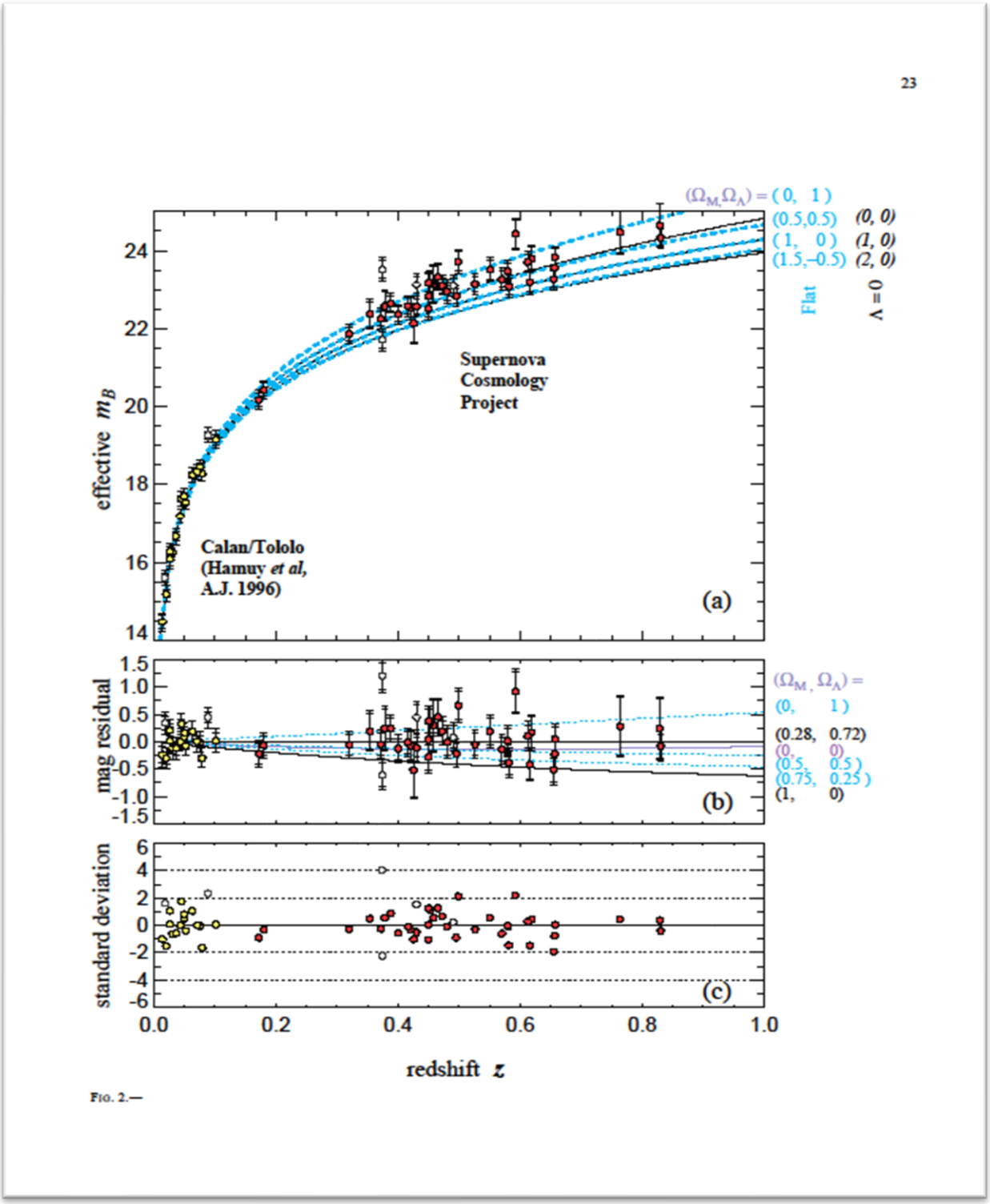


FIG. 2.—

Рис. 7.4.1. Хаббловская диаграмма результатов наблюдений 42 сверхновых типа 1a и теоретических законов изменения видимых звёздных величин сверхновых типа 1a, определённых для различных значений долей тёмной энергии в общем балансе энергии Вселенной с использованием космологической модели, основанной на общей теории относительности (рис. 2 из работы [28]).

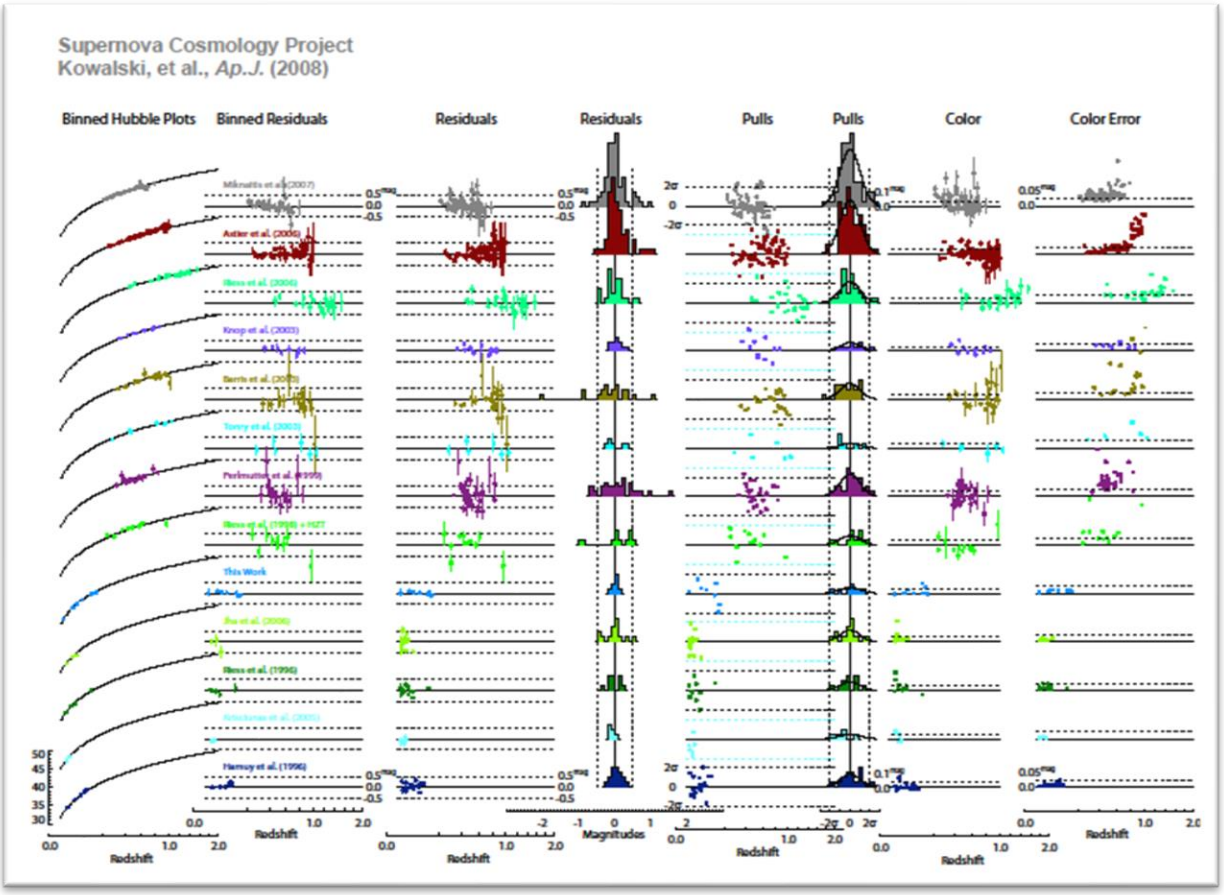


Рис. 7.4.2. Анализ и обработка результатов наблюдений сверхновых типа 1a, полученных различными исследовательскими группами (рис. 8 из работы [2]).

В 2011 году Нобелевской премии по физике были удостоены астрофизики *Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt и Adam G. Riess* “за открытие ускорения расширения Вселенной по наблюдениям далёких сверхновых” [29]. Таким образом, научная общественность не только дала высокую оценку результатам наблюдений сверхновых типа 1a, которую мы полностью разделяем, но и признала, что используемая авторами космологическая модель, основанная на общей теории относительности, успешно прошла тест сверхновых типа 1a, с чем мы не можем согласиться.

Объяснение результатов наблюдений сверхновых типа 1a с использованием космологической модели, основанной на общей теории относительности, требует многократного преумножения энергии нашей Вселенной за счёт неведомой тёмной энергии с экзотическими свойствами. Это, на наш взгляд,

ставит под сомнение, с одной стороны, адекватность используемой космологической модели, а, с другой стороны, полноту наших знаний об известных формах материи, каковыми являются барионная материя и электромагнитное излучение.

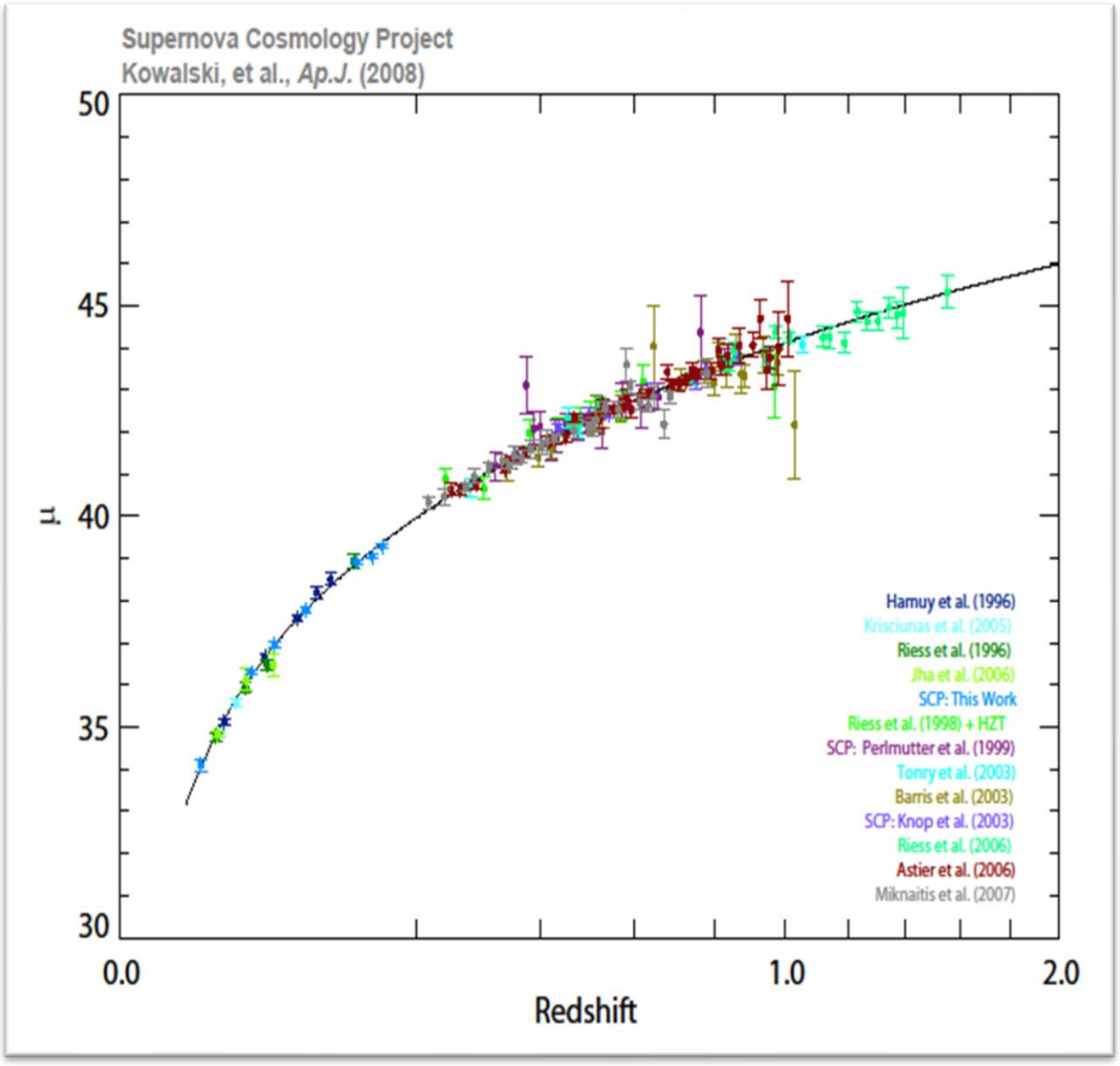


Рис. 7.4.3. Хаббловская диаграмма результатов наблюдений 307 сверхновых типа 1a и предсказаний космологической модели, основанной на общей теории относительности, если доля тёмной энергии в общем балансе энергии Вселенной составляет примерно семьдесят один процент (рис. 10 из работы [2]).

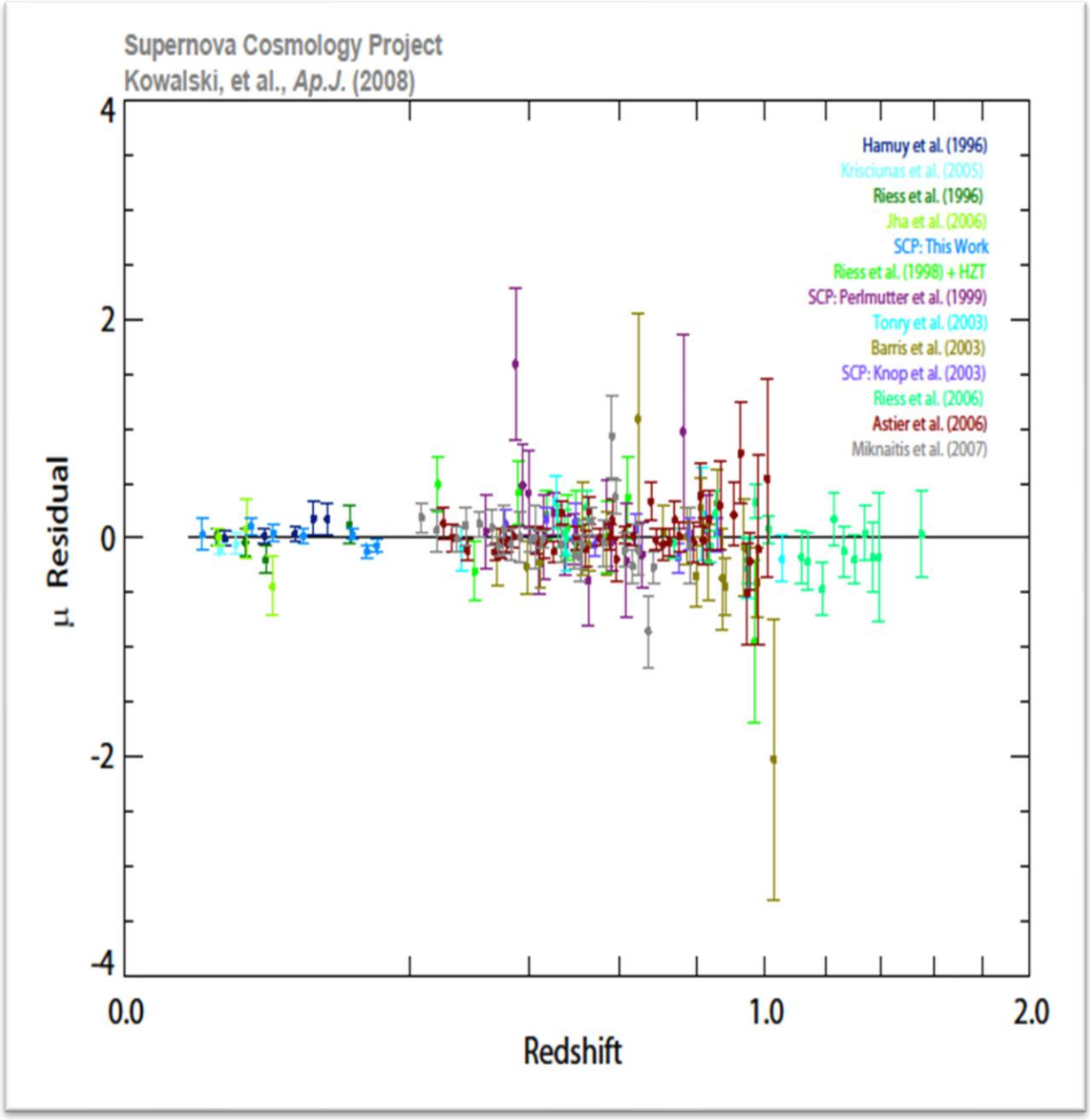


Рис. 7.4.4. Величина разности между результатами наблюдений 307 сверхновых типа 1a и предсказаниями космологической модели, основанной на общей теории относительности, если доля тёмной энергии в общем балансе энергии Вселенной составляет примерно семьдесят один процент (рис. 10 из работы [2]).

Следует отметить, что авторы пионерских работ по наблюдению сверхновых типа 1a очень хорошо осознавали неожиданность полученных ими результатов. Так, например, Б.П. Шмидт в своей Нобелевской лекции вспоминает: “я не мог избавиться от чувства, что может произойти нечто

неожиданное, что дезавуирует наши результаты… мы учли известные неизвестные, но всегда могут найтись неизвестные неизвестные, и это был сумасшедший результат. Я ожидал скептической реакции со стороны мирового научного сообщества.… К моему удивлению, вывод об ускоренном расширении Вселенной был воспринят гораздо теплее, чем я ожидал" [31].

Пришло время учесть неизвестные авторам неизвестные, чтобы дезавуировать выводы об ускоренном расширении Вселенной и о существовании в ней тёмной энергии, а также пополнить наши знания о барионной материи и электромагнитном излучении.

Тест сверхновых типа 1а очень важен для оценки адекватности космологической модели, основанной на икратком взаимодействии. Поскольку исследования сверхновых охватывают большой временной период, составляющий несколько миллиардов лет, то задача по обнаружению эффектов, вызванных икратким взаимодействием, значительно упрощается.

Прежде чем перейти к определению изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а на пике светимости от величины их красного смещения, решим две вспомогательные задачи:

- научимся определять величины красных смещений излучения, когда источник и приёмник излучения находятся на больших межгалактических удалениях;
- найдём возрастной закон изменения массы белого карлика, определяемой пределом Чандрасекара.

7.4.1. Закон изменения величины красного смещения излучения на больших удалениях между источником и приёмником излучения

В данном подразделе мы определим закон изменения величины красного смещения излучения на больших межгалактических расстояниях между космическими объектами, один из которых является источником излучения, а на другом находится приёмник. При определении величины красного смещения излучения мы не будем учитывать пекулярные скорости

космических объектов, полагая, что на данных удалениях их величины значительно меньше скорости взаимного удаления космических объектов, определяемой законом Хаббла. Мы также будем исходить из предположения, что величина гравитационного красного смещения излучения рассматриваемого нами космического объекта является незначительной и её можно не учитывать. При данных предположениях величина красного смещения излучения будет определяться эффектом Доплера и возрастным законом изменения числа юонов в элементарном заряде, который обуславливает для одних и тех же переходов в атоме соответствующие возрастные изменения в энергии квантов при их излучении. Для определения величины красного смещения излучения будем использовать следующую зависимость:

$$Z = (1 + Z_v) \cdot (1 + Z_t) - 1, \qquad (7.4.2)$$

где Z – величина красного смещения излучения; Z_v – величина смещения излучения, вызванная эффектом Доплера; Z_t - величина красного смещения излучения, вызванная возрастным законом изменения числа юонов в элементарном заряде.

Согласно лучевой модели распространения света величина смещения излучения, вызванная эффектом Доплера, на межгалактических расстояниях определяется не скоростью взаимного удаления космических объектов, а скоростью, определяемой следующей зависимостью:

$$v_{\text{Д}} = v_{\text{о}} - v_{\text{й}} - c, \qquad (7.4.3)$$

где $v_{\text{Д}}$ – скорость, используемая при определении эффекта Доплера; $v_{\text{о}}$ – скорость удаления источника излучения от приёмника; $v_{\text{й}}$ – скорость йонов в лучах приёмника относительно его центра на удалении равном расстоянию до источника излучения; c – скорость света в вакууме.

Скорость удаления источника излучения от приёмника на больших межгалактических расстояниях определяется следующей зависимостью:

$$v_o = 2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot c \cdot \bar{r}, \qquad (7.4.4)$$

где $\bar{r}$ – отношение удаления источника излучения от приёмника к радиусу луча.

Для определения скорости йонов в лучах приёмника относительно его центра на удалении равном расстоянию до источника излучения, основываясь на законе изменения скорости йонов в луче (3.12), можно использовать следующую зависимость:

$$v_{\text{й}} = \left(2 \cdot \text{ю} - 1 - \frac{1}{|\bar{r}|}\right) \cdot c \cdot \bar{r}, \tag{7.4.5}$$

Подставляя выражения (7.4.4) и (7.4.5) в (7.4.3), получаем:

$$v_{\text{Д}} = -\bar{r} \cdot c. \tag{7.4.6}$$

На рисунке 7.4.5 представлены зависимости изменения вышеозначенных скоростей от относительного удаления между источником и приёмником излучения.

Интересно отметить, что согласно лучевой модели распространения света на межгалактических расстояниях скорость, используемая при определении эффекта Доплера, не только в $2 \cdot (\text{ю} - 1)$ раз меньше по модулю скорости взаимного удаления космических объектов, но и противоположна ей по направлению. А это означает, что на межгалактических расстояниях эффект Доплера будет вызывать не красное, а фиолетовое смещение излучения, величина которого определяется следующей зависимостью:

$$Z_v = \frac{1 - \bar{r}}{\sqrt{1 - \bar{r}^2}} - 1. \tag{7.4.7}$$

В соответствии с возрастным законом изменения числа юонов в элементарном заряде, определяемой зависимостью (3.40), фотоны, образованные в ходе одинаковых переходов в атоме при различном возрасте Вселенной, будут иметь различные энергии, соотношение которых в первом приближении равно:

$$\frac{e_{\text{к},я_1}}{e_{\text{к},я_0}} \approx 2^{я_1 - я_0}, \tag{7.4.8}$$

где $e_{\text{к},я_1}$ и $e_{\text{к},я_0}$ – энергии фотонов, образованных в ходе к-ого перехода в атоме, когда возраст Вселенной был равен $я_1$ и $я_0$ соответственно.

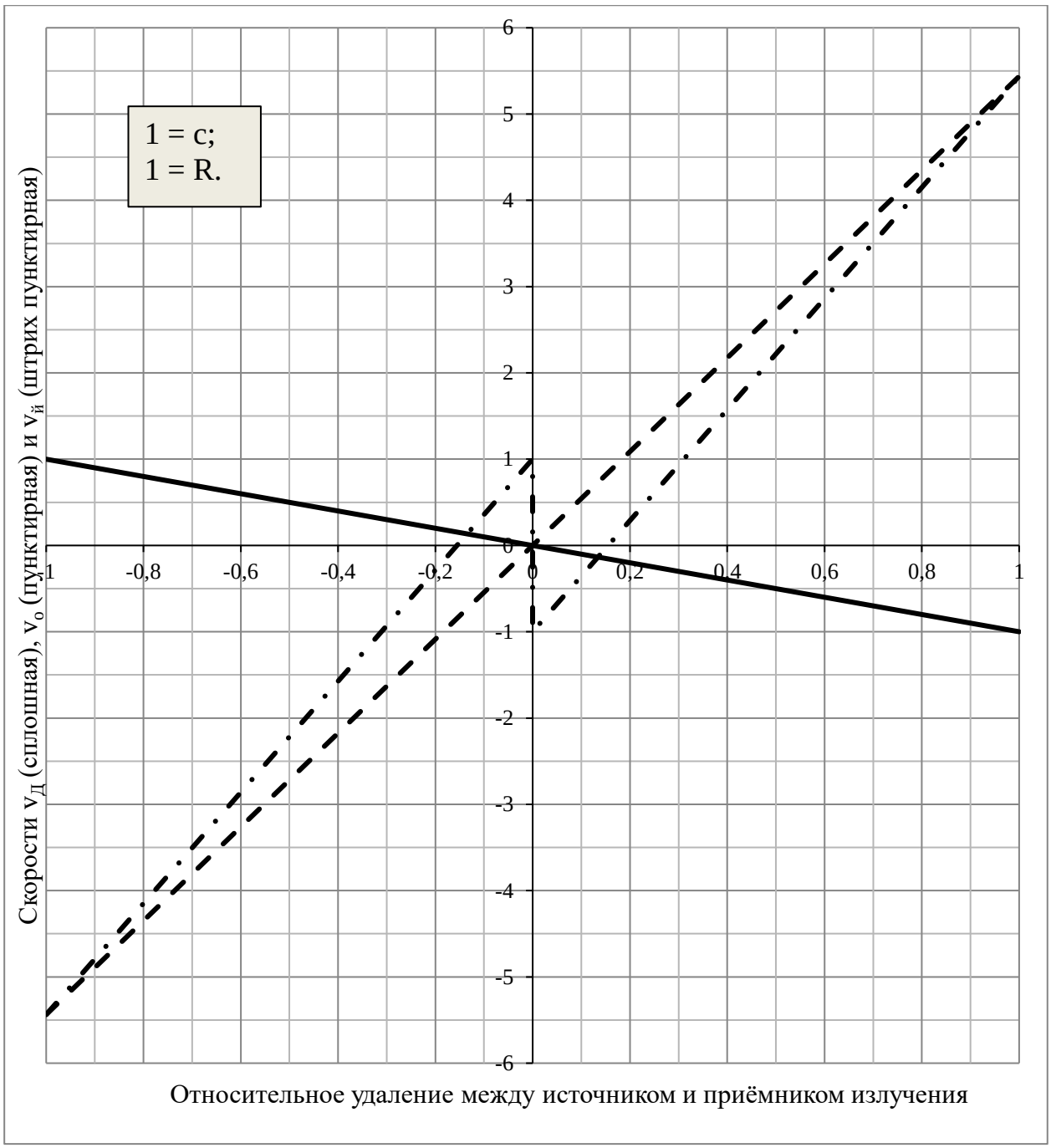


Рис. 7.4.5. Зависимости изменения скоростей $v_Д$, v_o и $v_й$ от отношения расстояния между источником и приёмником излучения к радиусу луча.

Таким образом, величина красного смещения излучения, обусловленная изменением числа юонов в элементарном заряде, равна:

$$Z_t = 2^{я_1 - я_0} - 1, \qquad (7.4.9)$$

где $я_0$ и $я_1$ возрасты Вселенной в момент излучения света источником и в момент приёма излучения приёмником соответственно.

В соответствии с лучевой моделью распространения света изменение возраста Вселенной с момента излучения света источником, каковым, например, является вспышка сверхновой типа 1а, до приёма излучения приёмником, находится из условия достижения центра луча йоном, удаление которого от него в момент излучения равнялось удалению источника излучения до приёмника.

Найдём изменение возраста Вселенной с момента, когда удаление йона в луче от его центра составляло $r_0 = \bar{r}_0 \cdot R_0$, где R_0 – радиус луча в момент излучения, до момента, когда этот йон достигнет центра луча. Договоримся использовать в качестве единицы измерения расстояния длину йона. Тогда удаление йона в начальный момент равно $n_0 = \frac{r_0}{l}$, радиус луча равен $N_0 = \frac{R_0}{l}$, а начальное относительное удаление йона равно $\bar{r}_0 = \frac{n_0}{N_0}$. Рассматриваемый йон достигнет центра луча, когда его относительное удаление станет равным нулю:

$$\bar{r} = \frac{n}{N} = 0, \tag{7.4.10}$$

где n – удаление рассматриваемого йона от центра луча; N – радиус луча.

Возрастная скорость изменения относительного удаления йона от центра луча равна:

$$\frac{d\bar{r}}{dя} = \frac{N \cdot \frac{dn}{dя} - n \cdot \frac{dN}{dя}}{N^2}. \tag{7.4.11}$$

Возрастная скорость изменения удаления рассматриваемого йона от центра луча равна:

$$\frac{dn}{dя} = й_{\cdot} \cdot n - \frac{1}{2} \cdot f_{\cdot\updownarrow} = \frac{ю \cdot \ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot n - \frac{\ln 2}{4 \cdot (ю - 1)} \cdot n_{\cdot\updownarrow} =$$

$$= \frac{\ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot (ю \cdot n - N). \tag{7.4.12}$$

Возрастная скорость изменения радиуса луча равна:

$$\frac{dN}{dя} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dn_{\cdot\updownarrow}}{dя} = \frac{\ln 2}{2} \cdot N. \tag{7.4.13}$$

Подставляя выражения (7.4.12) и (7.4.13) в (7.4.11) получаем:

$$\frac{d\bar{r}}{dя} = \frac{\ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot \left(\frac{n}{N} - 1\right) = \frac{\ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot (\bar{r} - 1). \qquad (7.4.14)$$

Для решения дифференциального уравнения (7.4.14) произведём разделение переменных:

$$\frac{\ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot dя + \frac{d\bar{r}}{1 - \bar{r}} = 0. \qquad (7.4.15)$$

Интегрируя уравнение (7.4.15) получаем:

$$\int\limits_{я=я_0}^{я_1} \frac{\ln 2}{2 \cdot (ю - 1)} \cdot dя + \int\limits_{\bar{r}=\bar{r}_0}^{0} \frac{d\bar{r}}{1 - \bar{r}} = 0, \qquad (7.4.16)$$

где $я_0$ и $я_1$ возрасты Вселенной, когда относительное удаление от центра луча рассматриваемого йона было равно $\bar{r}_0$ и нулю соответственно.

Из (7.4.16) следует, что изменение возраста Вселенной, за время пока йон, находясь на относительном удалении от центра луча равном $\bar{r}_0$, достигнет его, равно:

$$я_1 - я_0 = \log_2\left(\frac{1}{(1 - \bar{r}_0)^{2 \cdot (ю-1)}}\right). \qquad (7.4.17)$$

Подставляя выражение (7.4.17) в (7.4.9), получаем закон изменения величины красного смещения излучения, обусловленной изменением числа юонов в элементарном заряде, от относительного удаления источника излучения света до его приёмника:

$$Z_t = 2^{я_1 - я_0} - 1 = \frac{1}{(1 - \bar{r}_0)^{2 \cdot (ю-1)}} - 1. \qquad (7.4.18)$$

Подставляя выражения (7.4.18) и (7.4.7) в (7.4.2) и полагая, что начальное относительное удаление йона равно относительному удалению источника излучения от приёмника, то есть $\bar{r}_0 = \bar{r}$, получаем закон изменения величины красного смещения излучения от относительного удаления источника излучения света до его приёмника:

$$Z = (1 + Z_v) \cdot (1 + Z_t) - 1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \bar{r}^2} \cdot (1 - \bar{r})^{2 \cdot ю - 3}} - 1. \qquad (7.4.19)$$

Зависимости величин $Z + 1$, $Z_t + 1$ и $Z_v + 1$ от относительного удаления источника излучения до приёмника представлены на рисунках 7.4.6 и 7.4.7.

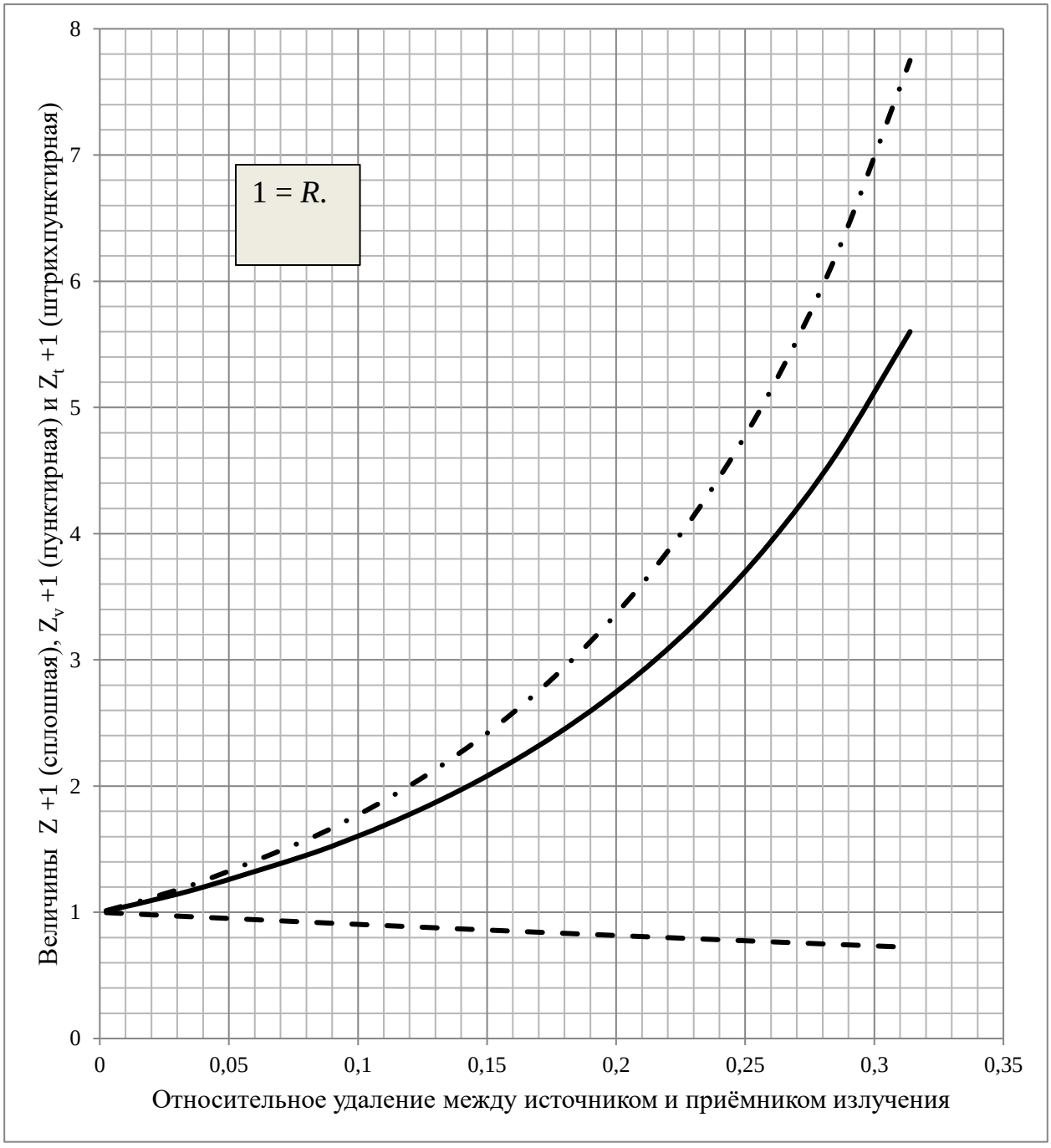


Рис. 7.4.6. Зависимости величин $Z + 1$, $Z_t + 1$ и $Z_v + 1$ от относительного удаления источника излучения до приёмника ($0 < \bar{r} < 0{,}32$).

Зависимость (7.4.19) известна как закон ПИ (закон Петросян–Ивановой). Закон ПИ выполняет функции линейки и часов при наблюдении событий, происходящих в далёком прошлом на межгалактических удалениях.

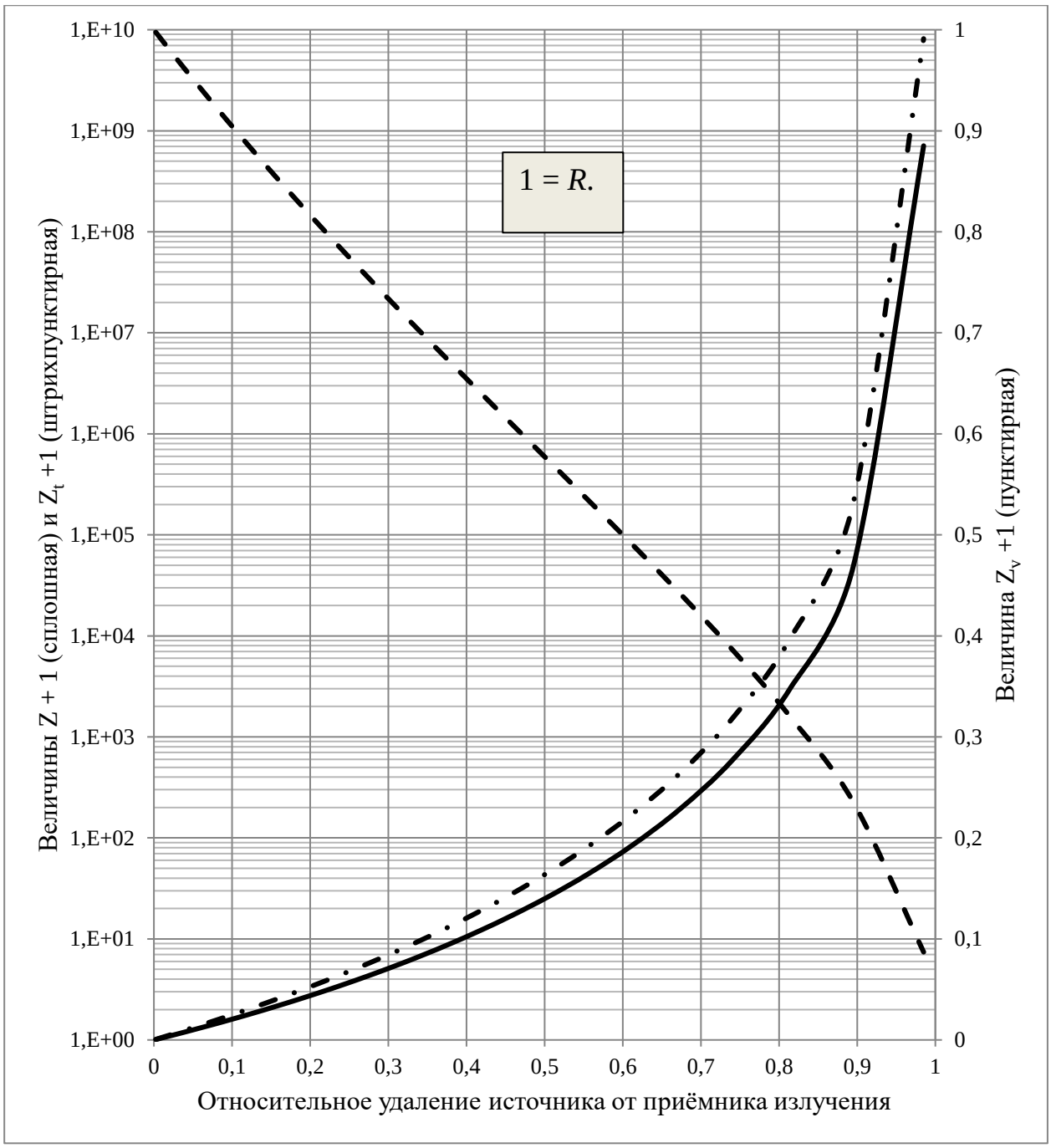


Рис. 7.4.7. Зависимости величин Z + 1, Z_t + 1 и Z_v + 1 от относительного удаления источника излучения до приёмника ($0 < \bar{r} < 1$).

Действительно, измерив величину красного смещения излучения, например, вспышки сверхновой типа 1а, закон ПИ позволяет определить величину относительного удаления источника излучения от приёмника, то есть величину относительного удаления вспышки сверхновой от Земли:

$$\bar{r} = ПИ^{-1}(Z), \qquad (7.4.20)$$

где $ПИ^{-1}(Z)$ – обратная функция закона ПИ.

Исходя из величины относительного удаления источника излучения от приёмника, можно определить:

- Текущее удаление источника излучения от приёмника:

$$r = 2^{я-1} \cdot a \cdot \bar{r}. \quad (7.4.21)$$

- Удаление источника излучения от приёмника в момент излучения:

$$r_0 = 2^{я-1} \cdot a \cdot \bar{r} \cdot (1 - \bar{r})^{2 \cdot (ю-1)}. \quad (7.4.22)$$

- Время существования Вселенной в момент излучения света источником:

$$T_0 = \frac{2^{я} \cdot a \cdot (1 - \bar{r})^{2 \cdot (ю-1)}}{4 \cdot (ю - 1) \cdot c}. \quad (7.4.23)$$

- Промежуток времени между моментами излучения света и его регистрацией на приёмнике:

$$T - T_0 = \frac{2^{я} \cdot a}{4 \cdot (ю - 1) \cdot c} \cdot \left(1 - (1 - \bar{r})^{2 \cdot (ю-1)}\right). \quad (7.4.24)$$

Зависимости удаления источника света от приёмника излучения и возраста Вселенной в момент излучения от величины красного смещения излучения при $0 < Z < 4.6$ представлены на рисунке 7.4.8.

Представленные на рис. 7.4.8 зависимости позволяют определить, например, по величине красного смещения излучения вспышек сверхновых типа 1a их текущее удаление от Земли и момент времени, когда вспышка случилась. Так, расчёты показывают, что сверхновая 2003ak, имеющая красное смещение излучения, равное $Z = 1.551$, вспыхнула на относительном удалении, равном $\bar{r}_{2003ak} = 0{,}1870$, что соответствует примерно двум тысячам ста сорока семи мегапарсекам, и случилось это событие, когда время существования нашей Вселенной было примерно в три раза меньше, чем сейчас.

Обратная функция закона ПИ представлена на рисунке 7.4.9. Зависимость времени существования Вселенной в момент излучения от величины красного смещения излучения представлена на рисунке 7.4.10.

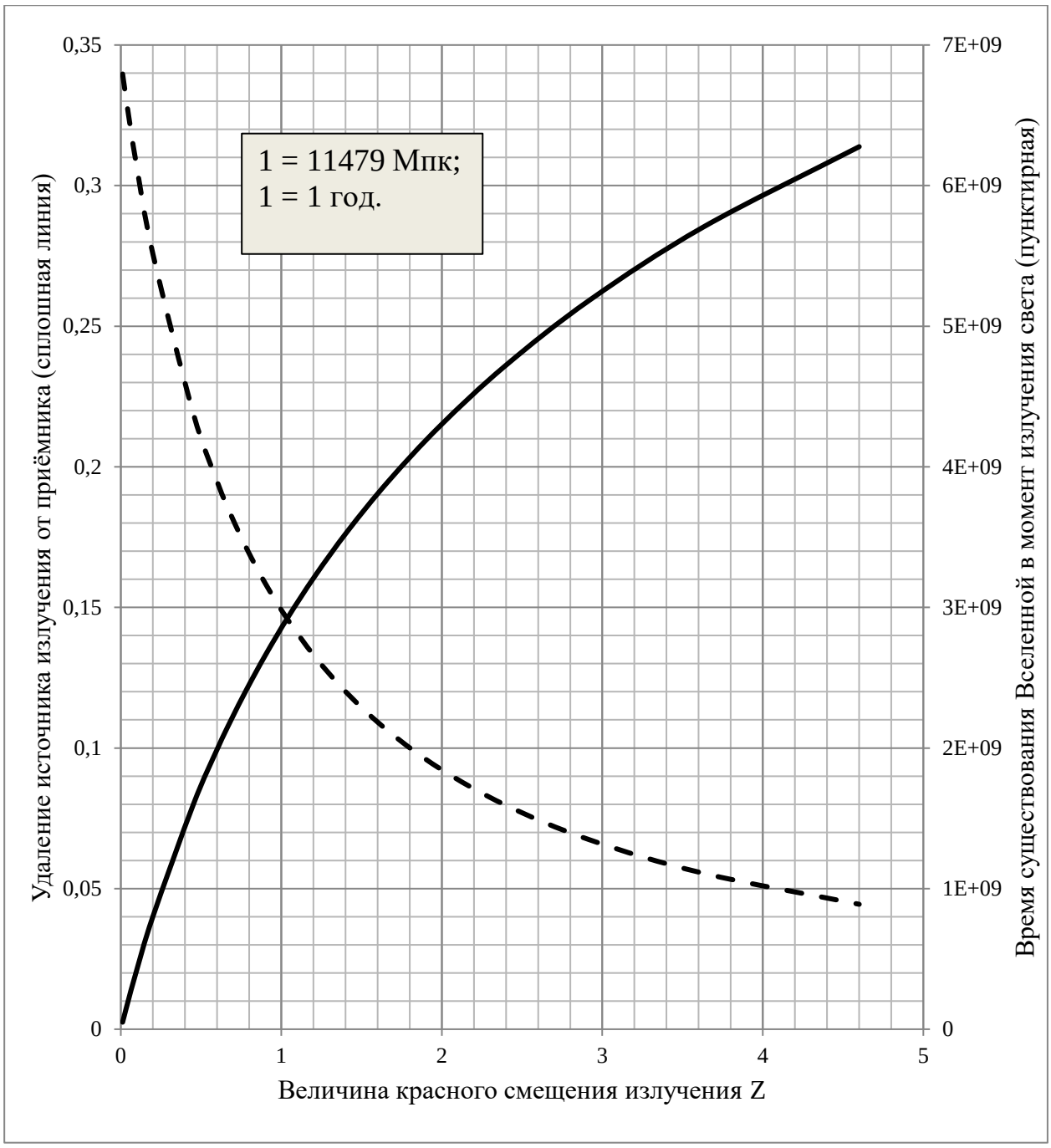


Рис. 7.4.8. Зависимости удаления источника до приёмника излучения и возраста Вселенной в момент излучения от величины красного смещения излучения ($0 < Z < 4{,}6$).

Важно отметить, что тест сверхновых типа 1а позволяет осуществить полноценную проверку работоспособности закона ПИ, с одной стороны, как межгалактической линейки – для определения текущих расстояний до вспышек сверхновых, а, с другой стороны, как межгалактических часов – для определения моментов времени, когда вспышки сверхновых произошли.

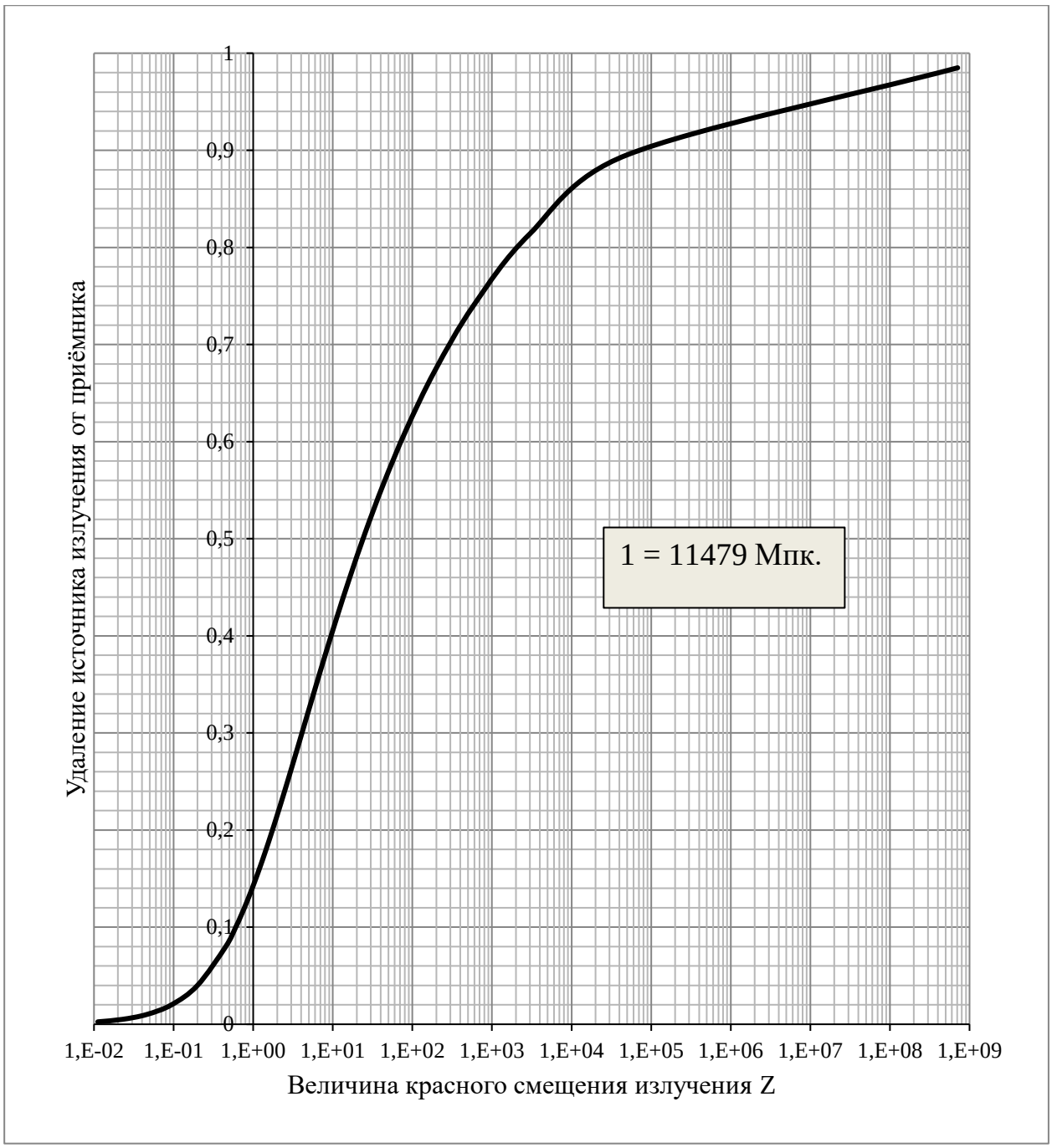


Рис. 7.4.9. Зависимость удаления источника излучения света до приёмника от величины красного смещения излучения ($10^{-2} < Z < 10^{9}$).

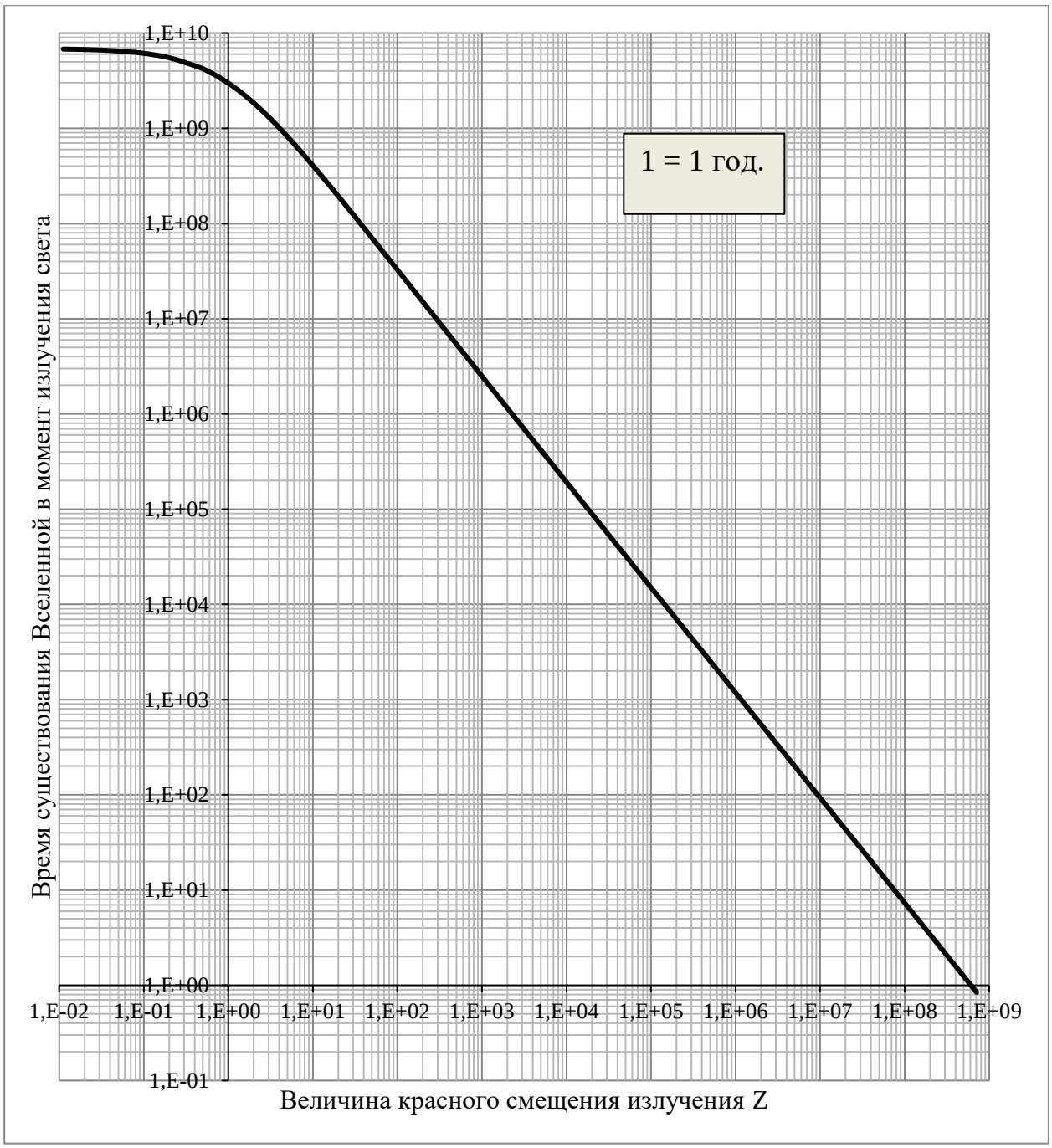


Рис. 7.4.10. Зависимость времени существования Вселенной в момент излучения от величины красного смещения излучения ($10^{-2} < Z < 10^{9}$).

Момент времени, когда случилась вспышка сверхновой, как это будет показано в подразделе 7.4.3, существенным образом влияет на её видимую звёздную величину. Один из аспектов этого влияния рассмотрим в следующем подразделе при определении возрастного закона изменения массы белого карлика, определяемой пределом Чандрасекара.

7.4.2. Возрастной закон изменения предельной массы белого карлика

Масса белого карлика, определяемая пределом Чандрасекара, равна:

$$M_{\text{Ч}} = \frac{0{,}196733}{m_u^2 \cdot \mu_e^2} \cdot \sqrt{\frac{c^3 \cdot h^3}{G^3}}, \tag{7.4.25}$$

где $M_{\text{Ч}}$ – масса белого карлика, определяемая пределом Чандрасекара; m_u – атомная единица массы; μ_e – молекулярная масса, приходящаяся на один электрон.

Зависимость (7.4.25) определяет верхний предел массы белого карлика, превышение которого связано с резким изменением характеристик звезды, приводящим, например, к её термоядерному взрыву, который мы наблюдаем как вспышку сверхновой типа 1а. Данная зависимость была установлена индийским астрофизиком Субраманьяном Чандрасекаром в 1931 году. Определение возрастного закона изменения предельной массы белого карлика и представление его в виде, удобном для расчёта значения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а, не составляет большого труда, поскольку предел Чандрасекара выражен через фундаментальные физические постоянные, возрастные законы изменения которых нам известны.

Представим возрастные законы изменения атомной единицы массы, постоянной Планка и гравитационной постоянной в виде удобном для расчёта значения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а:

$$m_u = 2^{я - я_0} \cdot m_{u_0} = m_{u_0} \cdot \left(\frac{1-\bar{r}}{1-\bar{r}_0}\right)^{2 \cdot (ю-1)}. \tag{7.4.26}$$

$$h = \sqrt{2^{3 \cdot (я - я_0)}} \cdot h_0 = h_0 \cdot \left(\frac{1-\bar{r}}{1-\bar{r}_0}\right)^{3 \cdot (ю-1)}. \tag{7.4.27}$$

$$G = 2^{я_0 - я} \cdot G_0 = G_0 \cdot \left(\frac{1-\bar{r}_0}{1-\bar{r}}\right)^{2 \cdot (ю-1)}. \tag{7.4.28}$$

Заметим, что $я_0, m_{u_0}, h_0,\ G_0$ и $я, m_u, h, G$ – значения переменных, определённые в моменты вспышек сверхновых на относительных удалениях $\bar{r}_0$ и $\bar{r}$ соответственно.

Используя выражения (7.4.26), (7.4.27) и (7.4.28), получаем возрастной закон изменения массы белого карлика, определяемой пределом Чандрасекара, в виде удобном для расчёта значения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а:

$$M_Ч = M_{Ч_0} \cdot \sqrt[4]{2^{7\cdot(я-я_0)}} = M_{Ч_0} \cdot \sqrt{\left(\frac{1-\bar{r}}{1-\bar{r}_0}\right)^{7\cdot(ю-1)}}, \qquad (7.4.29)$$

где $M_{Ч_0}$ и $M_Ч$ – предельные массы белых карликов, определённые в моменты вспышек сверхновых на относительных удалениях $\bar{r}_0$ и $\bar{r}$ соответственно.

Важно отметить, что рост массы белого карлика во времени, обусловленный икратким взаимодействием, превышает соответствующий рост предельной массы белого карлика. Это означает, что любой белый карлик со временем обязательно достигнет предельной массы, определённой Чандрасекаром, и в тот момент прекратит своё существование, например, в ходе термоядерного взрыва, который мы наблюдаем как вспышку сверхновой типа 1а. Таким образом, следует отказаться от принятого в настоящее время утверждения, что взрывы сверхновых типа 1а возможны только в кратных звёздных системах.

На рисунке 7.4.11 представлены изменения массы белого карлика, определяемой пределом Чандрасекара, и массы Солнца во времени. В качестве единицы массы принята масса Солнца в данный момент, а в качестве единицы времени – время существования Вселенной на данный момент.

Из представленного рисунка следует, что белый карлик, обладающий в данный момент массой равной массе Солнца, достигнет своей предельной массы в момент, когда время существования Вселенной будет равно примерно тридцати одному миллиарду ста миллионам лет.

Если известна масса белого карлика в данный момент, то время существования Вселенной, когда он достигнет своей предельной массы и прекратит своё существование, составит:

$$T_{M_{\text{бк}}=M_{\text{ч}}} = T_0 \cdot \left(\frac{M_{\text{ч}_0}}{M_{\text{бк}_0}}\right)^4, \qquad (7.4.30)$$

где $T_{M_{\text{бк}}=M_{\text{ч}}}$ – время существования Вселенной, когда белый карлик достигнет предельной массы; $M_{\text{бк}_0}$ – текущая масса белого карлика; $M_{\text{ч}_0}$ – текущая предельная масса белого карлика; T_0 – текущее время существования Вселенной.

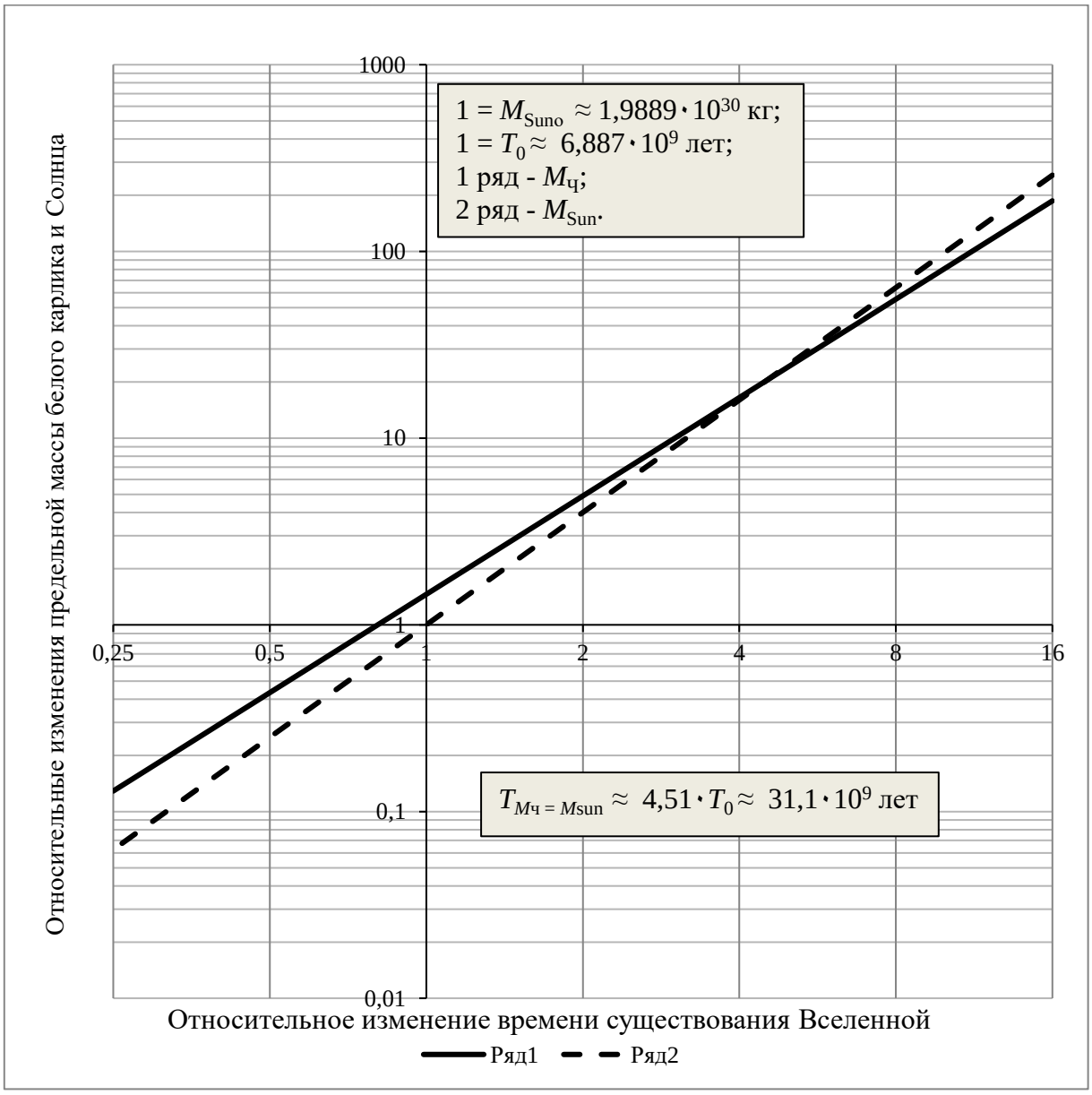


Рис. 7.4.11. Изменения предельной массы белого карлика и массы Солнца во времени.

В следующем подразделе мы установим закон изменения видимой звёздной величины вспышек сверхновых типа 1а от величины красного смещения их излучения с учётом факторов, обусловленных икратким взаимодействием, одним из которых является возрастной закон изменения предельной массы белого карлика. А это означает, что тест сверхновых типа 1а является также экспериментальной проверкой возрастных законов изменения атомной единицы массы, постоянной Планка и гравитационной постоянной.

7.4.3. Закон изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а от величины красного смещения их излучения

Как показывают результаты наблюдений за вспышками сверхновых типа 1а при разных величинах красных смещений их излучения, все эпюры изменения яркости сверхновых во времени в основном подобны [2]. Данное обстоятельство позволяет для определения относительного изменения яркости излучения сверхновых типа 1а в пике их светимости использовать следующее выражение:

$$\frac{L_Z}{L_{Z_0}} = \frac{E_Z}{E_{Z_0}} \cdot \frac{k_{\mathrm{D}_Z}}{k_{\mathrm{D}_{Z_0}}} \cdot \frac{t_{Z_0}}{t_Z} \cdot \frac{r_{Z_0}^2}{r_Z^2}, \qquad (7.4.31)$$

где L_Z и L_{Z_0} – мощности излучения сверхновых типа 1а в пике их светимости, приходящиеся на единичную площадь приёмника, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно; E_Z и E_{Z_0} – энергии, выделяющиеся при взрыве сверхновых типа 1а, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно; k_{D_Z} и $k_{\mathrm{D}_{Z_0}}$ – относительные изменения энергии излучения сверхновых типа 1а, обусловленные эффектом Доплера, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно; t_Z и t_{Z_0} – продолжительности вспышек сверхновых типа 1а в месте расположения приёмника излучения, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно; r_Z и r_{Z_0} – удаления сверхновых типа 1а от приёмника излучения, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно.

Как это было показано в подразделе 7.4.1, величины красных смещений сверхновых типа 1а позволяют определить их относительные удаления от приёмника излучения:

$$\bar{r}_Z = \text{ПИ}^{-1}(Z);\ \bar{r}_{Z_0} = \text{ПИ}^{-1}(Z_0), \tag{7.4.32}$$

где $\bar{r}_Z$ и $\bar{r}_{Z_0}$ – относительные удаления от приёмника излучения сверхновых типа 1а, имеющих красное смещение Z и Z_0, соответственно.

Поскольку вспышки сверхновых типа 1а являются термоядерными взрывами белых карликов массой, определяемой пределом Чандрасекара, то для определения соотношения выделяемых при этом энергий можно использовать следующую зависимость:

$$\frac{E_Z}{E_{Z_0}} = \frac{M_{\text{Ч}_Z}}{M_{\text{Ч}_{Z_0}}} = \sqrt{\left(\frac{1-\bar{r}_Z}{1-\bar{r}_{Z_0}}\right)^{7\cdot(\text{ю}-1)}}. \tag{7.4.33}$$

В соответствии с выражением (7.4.6), скорости, исходя из которых рассчитывается эффект Доплера для сверхновых типа 1а, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно, равны:

$$v_{\text{Д}_Z} = -\bar{r}_Z \cdot c;\ v_{\text{Д}_{Z_0}} = -\bar{r}_{Z_0} \cdot c. \tag{7.4.34}$$

Относительные изменения энергий излучения сверхновых типа 1а, обусловленных эффектом Доплера для красных смещений Z и Z_0 соответственно, равны:

$$k_{\text{D}Z} = \frac{1}{\left(1+Z_{v_{\text{Д}_Z}}\right)^2} = \frac{1+\bar{r}_Z}{1-\bar{r}_Z};\ k_{\text{D}_{Z_0}} = \frac{1}{\left(1+Z_{v_{\text{Д}_{Z_0}}}\right)^2} = \frac{1+\bar{r}_{Z_0}}{1-\bar{r}_{Z_0}}. \tag{7.4.35}$$

Для определения соотношения продолжительностей вспышек сверхновых типа 1а в месте расположения приёмника излучения, имеющих красное смещение Z и Z_0, можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$\frac{t_{Z_0}}{t_Z} = \frac{t_{\text{и}_{Z_0}}}{t_{\text{и}_Z}} \cdot \frac{k_{v_{\text{Д}_{Z_0}}}}{k_{v_{\text{Д}_Z}}} \cdot \frac{k_{\text{и}\to\text{п}_{Z_0}}}{k_{\text{и}\to\text{п}_Z}}, \tag{7.4.36}$$

где $t_{\text{и}_Z}$ и $t_{\text{и}_{Z_0}}$ – продолжительности вспышек сверхновых типа 1а, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно, измеренные в момент их появления

с использованием системы измерения АСЯ; $k_{v_{Д_Z}}$ и $k_{v_{Д_{Z_0}}}$ – коэффициенты, учитывающие изменения продолжительности вспышек сверхновых типа 1а, обусловленные отличием скоростей йонов – “транспортёров” излучения сверхновых относительно приёмника излучения и относительно вспышек сверхновых типа 1а в момент их появления, определённые для красных смещений Z и Z_0 соответственно; $k_{и\to п_Z}$ и $k_{и\to п_{Z_0}}$ – коэффициенты, учитывающие изменения продолжительностей вспышек сверхновых типа 1а с момента их появления до момента их фиксации приёмниками излучения, определённые для красных смещений Z и Z_0 соответственно.

Соотношение продолжительностей вспышек сверхновых типа 1а, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно, в момент их появления, полученное с использованием единиц измерения АСЯ, определяется главным образом масштабным фактором. Поскольку изменение размеров элементарных частиц, атомов, молекул, квантов света, а также изменение интенсивностей основных процессов, включая изменение частот электромагнитного и гравитационного взаимодействий, обусловлено изменением длины йона, в качестве масштабного фактора может быть использован возрастной закон относительного изменения длины йона. Для определения соотношения продолжительностей вспышек сверхновых типа 1а, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно, в момент их появления, полученное с использованием единиц измерения АСЯ, может быть использована следующая зависимость:

$$\frac{t_{и_{Z_0}}}{t_{и_Z}} = \frac{l_{Z_0}}{l_Z} = \left(\frac{1-\bar{r}_{Z_0}}{1-\bar{r}_Z}\right)^{ю-1}, \qquad (7.4.37)$$

где l_Z и l_{Z_0} – длины йонов в моменты вспышек сверхновых типа 1а, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно.

Согласно лучевой модели распространения света продолжительность вспышки сверхновой типа 1а на приёмнике излучения зависит, в том числе и от того, какова скорость “транспортёра” квантов света, то есть йонов в лучах приёмника, относительно источника излучения, то есть вспышки сверхновой.

Учитывая, что скорость йонов в лучах на приёмнике излучения равна скорости света в вакууме, коэффициенты изменения продолжительностей вспышек сверхновых типа 1а, обусловленные данным фактором, равны:

$$k_{v_{Д_Z}} = \frac{v_{o_Z}}{c} = 1 - \bar{r}_Z;\ k_{v_{Д_{Z_0}}} = \frac{v_{o_{Z_0}}}{c} = 1 - \bar{r}_{Z_0}, \qquad (7.4.38)$$

где v_{o_Z} и $v_{o_{Z_0}}$ – скорости йонов – “транспортёров” излучения сверхновых к приёмнику относительно вспышек сверхновых типа 1а в моменты их появления, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно.

Наиболее значимые изменения продолжительности вспышек сверхновых типа 1а происходят в период с момента их появления до момента их фиксации приёмниками излучения. Эти изменения обусловлены икратким взаимодействием, с одной стороны, связанным с размножением йонов в луче, а, с другой стороны, с изменением длины йона. Исходя из точечной интенсивности размножения йонов в луче и возрастного закона изменения длины йона, находим коэффициенты изменения продолжительности вспышек сверхновых типа 1а, обусловленные данным фактором:

$$k_{u\to n_Z} = \frac{1}{(1-\bar{r}_Z)^{2\cdot ю-1}};\ k_{u\to n_{Z_0}} = \frac{1}{\left(1-\bar{r}_{Z_0}\right)^{2\cdot ю-1}}. \qquad (7.4.39)$$

Используя зависимости (7.4.36)÷(7.4.39), находим соотношение продолжительностей вспышек сверхновых типа 1а в месте расположения приёмника излучения, имеющих красное смещение Z и Z_0:

$$\frac{t_{Z_0}}{t_Z} = \frac{(1-\bar{r}_Z)^{ю-1}}{\left(1-\bar{r}_{Z_0}\right)^{ю-1}}. \qquad (7.4.40)$$

На рисунке 7.4.12 в логарифмическом масштабе представлены зависимости относительного изменения продолжительности вспышек сверхновых типа 1а (сплошная линия) и её составляющих от относительного изменения длины волны их излучения. Штрихпунктирной линией с двумя точками показана зависимость относительного изменения продолжительности вспышек сверхновых типа 1а, обусловленная масштабным фактором. Штрихпунктирной линией с одной точкой – зависимость, обусловленная отличием

скоростей йонов – “транспортёров” излучения сверхновых относительно приёмника и источника излучения. Штриховой линией – зависимость, обусловленная точечным размножением йонов в лучах и изменением длины йона за время транспортировки квантов света от источника к приёмнику излучения.

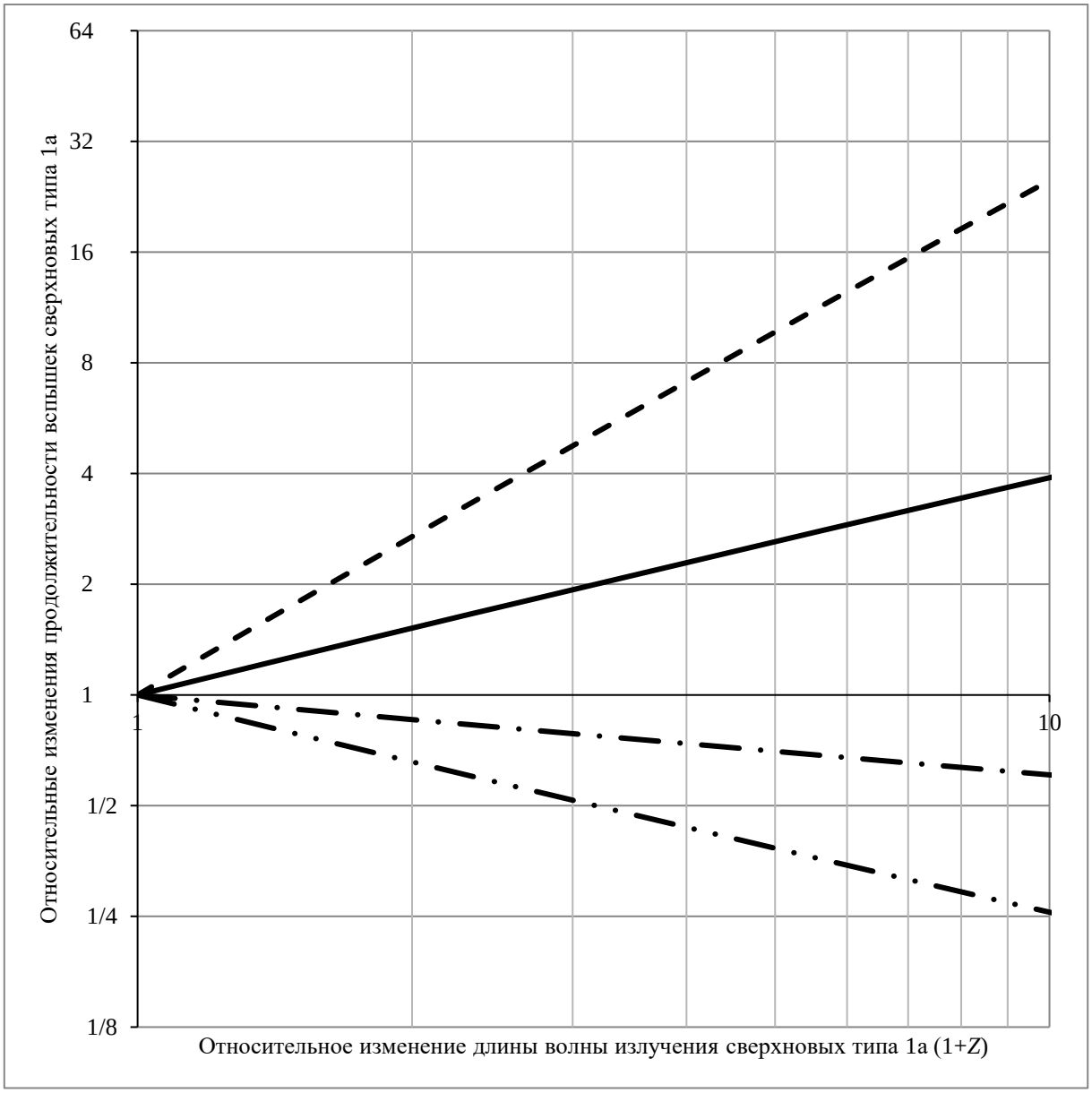


Рис. 7.4.12. Зависимости относительного изменения продолжительности вспышек сверхновых типа 1а и её составляющих от относительного изменения длины волны их излучения.

Относительное увеличение продолжительности вспышки сверхновой типа 1а, обусловленное точечным размножением йонов в лучах и ростом длины йона, превосходит совокупный результат относительного уменьшения

продолжительности вспышки, обусловленный масштабным фактором и отличием скоростей йонов – “транспортёров” излучения сверхновых относительно приёмника и источника излучения. Это означает, что при наблюдении сверхновых типа 1a фиксируемая продолжительность вспышки будет расти с относительным ростом длины волны их излучения. Так, например, в системе АСЯ продолжительность вспышки сверхновой 2003ak, имеющей величину красного смещения равную $Z_{2003ak} = 1.551$, в момент её появления составит менее пятидесяти семи процентов от продолжительности вспышки сверхновой типа 1a в настоящее время. С учётом отличия скоростей йонов – “транспортёров” излучения сверхновой 2003ak относительно Земли и относительно сверхновой в момент её появления, совокупный результат относительного уменьшения продолжительности вспышки составит сорок шесть целых и три десятых процента от продолжительности вспышки в настоящее время. За период времени, превышающий четыре миллиарда шестьсот пятьдесят миллионов лет, пока излучение сверхновой 2003ak достигло Земли, произошло относительное увеличение продолжительности её вспышки более чем в три целых и семьдесят девять сотых раза, обусловленное точечным размножением йонов в лучах и ростом длины йона. С учётом всех рассмотренных факторов, продолжительность вспышки сверхновой 2003ak будет примерно на семьдесят шесть процентов превышать продолжительность вспышки недалёкой от Земли сверхновой типа 1a в настоящее время.

Подставляя выражения (7.4.33), (7.4.35) и (7.4.40) в (7.4.31), получим соотношение яркости излучения сверхновых типа 1a от относительных их удалений от приёмника излучения:

$$\frac{L_Z}{L_{Z_0}} = \sqrt{\left(\frac{1-\bar{r}_Z}{1-\bar{r}_{Z_0}}\right)^{7\cdot(\text{ю}-1)}} \cdot \frac{\left(1+\bar{r}_{Z_0}\right)\cdot\left(1-\bar{r}_Z\right)}{\left(1-\bar{r}_{Z_0}\right)\cdot\left(1+\bar{r}_Z\right)} \cdot \frac{\left(1-\bar{r}_Z\right)^{\text{ю}-1}}{\left(1-\bar{r}_{Z_0}\right)^{\text{ю}-1}} \cdot \frac{{\bar{r}_{Z_0}}^2}{{\bar{r}_Z}^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1-\bar{r}_Z}{1-\bar{r}_{Z_0}}\right)^{9\cdot\text{ю}-7}} \cdot \frac{\left(1+\bar{r}_{Z_0}\right)}{\left(1+\bar{r}_Z\right)} \cdot \frac{{\bar{r}_{Z_0}}^2}{{\bar{r}_Z}^2}. \qquad (7.4.41)$$

В астрофизике светимость астрономических объектов принято измерять видимыми звёздными величинами. Видимую звёздную величину астрономического объекта, расположенного на удалении десяти парсек от приёмника излучения, условились называть его абсолютной звёздной величиной. Исходя из зависимости 7.4.41, определим закон изменения видимой звёздной величины сверхновой типа 1а в пике их светимости от относительного их удаления до приёмника излучения:

$$m_{1a_Z} = m_{1^a_{Z_0}} + \frac{45 \cdot ю - 35}{4} \cdot \log_{10}\left(1 - \bar{r}_{Z_0}\right) - \frac{45 \cdot ю - 35}{4} \cdot \log_{10}(1 - \bar{r}_Z) +$$

$$+ \frac{5}{2} \cdot \log_{10}(1 + \bar{r}_Z) - \frac{5}{2} \cdot \log_{10}\left(1 + \bar{r}_{Z_0}\right) + 5 \cdot \log_{10} \bar{r}_Z - 5 \cdot \log_{10} \bar{r}_{Z_0}, \quad (7.4.42)$$

где m_{1a_Z} и $m_{1a_{Z_0}}$ – видимые звёздные величины сверхновых типа 1а в пике их светимости, имеющих красное смещение Z и Z_0 соответственно.

Выражение (7.4.42) упрощается, есть принять, что r_{Z_0} равно десяти парсекам. В этом случае, величину $\frac{45 \cdot ю - 35}{4} \cdot \log_{10}\left(1 - \bar{r}_{Z_0}\right) - \frac{5}{2} \cdot \log_{10}\left(1 + \bar{r}_{Z_0}\right)$ можно исключить из рассмотрения, поскольку модуль её значения становится меньше чем $2 \cdot 10^{-9}$ звёздных величин, что существенно меньше принятой точности определения видимых звёздных величии. В таком случае выражение (7.4.42) преобразуется к следующему виду:

$$m_{1a_Z} = M_{1a} - \frac{45 \cdot ю - 35}{4} \cdot \log_{10}(1 - \bar{r}_Z) + \frac{5}{2} \cdot \log_{10}(1 + \bar{r}_Z) + 5 \cdot \log_{10} \bar{r}_Z -$$

$$-5 \cdot \log_{10}\left(\frac{r_{Z_0}}{R}\right) = 45{,}300^m + M_{1^a} + 5 \cdot \log_{10} \bar{r}_Z + 5 \cdot \log_{10}(Z + 1) -$$

$$- \frac{5}{4} \cdot (ю - 1) \cdot \log_{10}(1 - \bar{r}_Z), \quad (7.4.43)$$

где M_{1a} – абсолютная звёздная величина сверхновой типа 1а в пике её светимости; $5 \cdot \log_{10}\left(\frac{r_{Z_0}}{R}\right) = -45{,}300^m$.

Абсолютная звёздная величина сверхновой типа 1а в пике её светимости была определена нами по результатам наблюдений 307 сверхновых типа 1а, представленных в работе [2], по критерию:

$$\min_{var\ M_{1a}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{I}} \left(m_{Z_{\mathrm{i}}}^{effective} - m_{1_{Z_{\mathrm{i}}}^{a}} \right)^2, \qquad (7.4.44)$$

где $m_{Z_i}^{effective}$ – видимая звёздная величина i сверхновой типа 1a в пике её светимости с красным смещением равным Z_{i}, установленная в ходе наблюдения её вспышки с учётом особенностей условий и средств наблюдения; $m_{1_{Z_i}^{a}}$ – видимая звёздная величина сверхновой типа 1a в пике её светимости с красным смещением равным Z_{i}, определённая в соответствии с закономерностью (7.4.43); I – общее число наблюдений сверхновых типа 1a, принятых к исследованию в работе [2].

Объединённые и обработанные с единых позиций результаты наблюдений сверхновых типа 1a тринадцати исследовательских групп представлены в таблице C2 работы [2]. Именно эти результаты наблюдений были приняты нами для проверки адекватности обусловленного икратким взаимодействием закона изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1a от величины красного смещения их излучения.

Согласно работе [2], для определения $m_{Z_i}^{effective}$ следует использовать следующее выражение:

$$m_{Z_{\mathrm{i}}}^{effective} = m_{B_{Z_{\mathrm{i}}}}^{max} + \alpha \cdot \left(s_{Z_{\mathrm{i}}} - 1 \right) - \beta \cdot c_{Z_{\mathrm{i}}}, \qquad (7.4.45)$$

где $m_{B_{Z_{\mathrm{i}}}}^{max}$ – болометрическая звёздная величина i сверхновой типа 1a в пике её светимости с красным смещением равным Z_{i}, представленная в третьем столбце таблицы C2; $s_{Z_{\mathrm{i}}}$ и $c_{Z_{\mathrm{i}}}$ – коррекционные коэффициенты, определённые для i сверхновой и представленные в четвёртом и пятом столбцах таблицы C2 соответственно; $\alpha = \frac{3}{2}$; $\beta = \frac{5}{2}$.

Абсолютная звёздная величина сверхновой типа 1a в пике её светимости, определённая по критерию (7.4.44), составила $M_{1a} \approx -18{,}141^{m}$, что соответствует примерно трёхкратному уменьшению мощности излучения сверхновой по отношению к её величине, принятой для исследований в работе [2].

Закон изменения видимой звёздной величины сверхновых типа 1а от величины красного смещения их излучения, обусловленный икратким взаимодействием, представлен на рисунке 7.4.13 (сплошная линия). Здесь же маркерами отмечены результаты наблюдений 307 сверхновых типа 1а, представленных в работе [2].

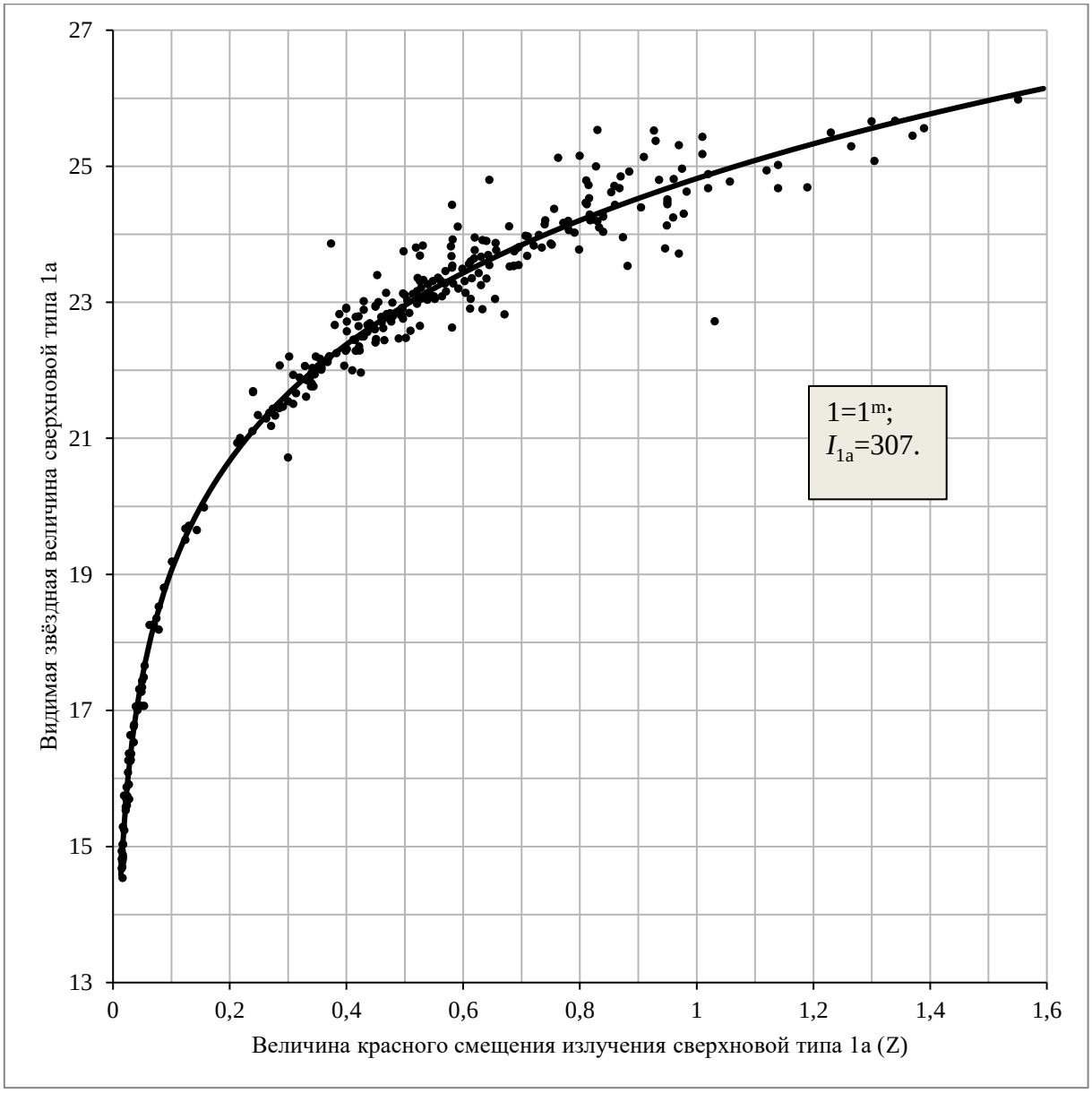


Рис. 7.4.13. Закон изменения видимой звёздной величины сверхновой типа 1а в пике светимости от величины красного смещения её излучения и результаты их наблюдений.

Та же информация, но в более крупном масштабе для диапазона величин красного смещения излучения сверхновых от 0.015 до 0.150, представлена на рисунке 7.4.14.

Визуальный анализ представленной на рисунках 7.4.13 и 7.4.14 информации показывает, что закон изменения видимой звёздной величины сверхновой типа 1а, обусловленный икратким взаимодействием, хорошо согласуется с результатами наблюдений сверхновых во всём рассмотренном диапазоне величин красных смещений их излучения от 0.015 до 1.55. Произведённые нами количественные оценки подтверждают данное заключение.

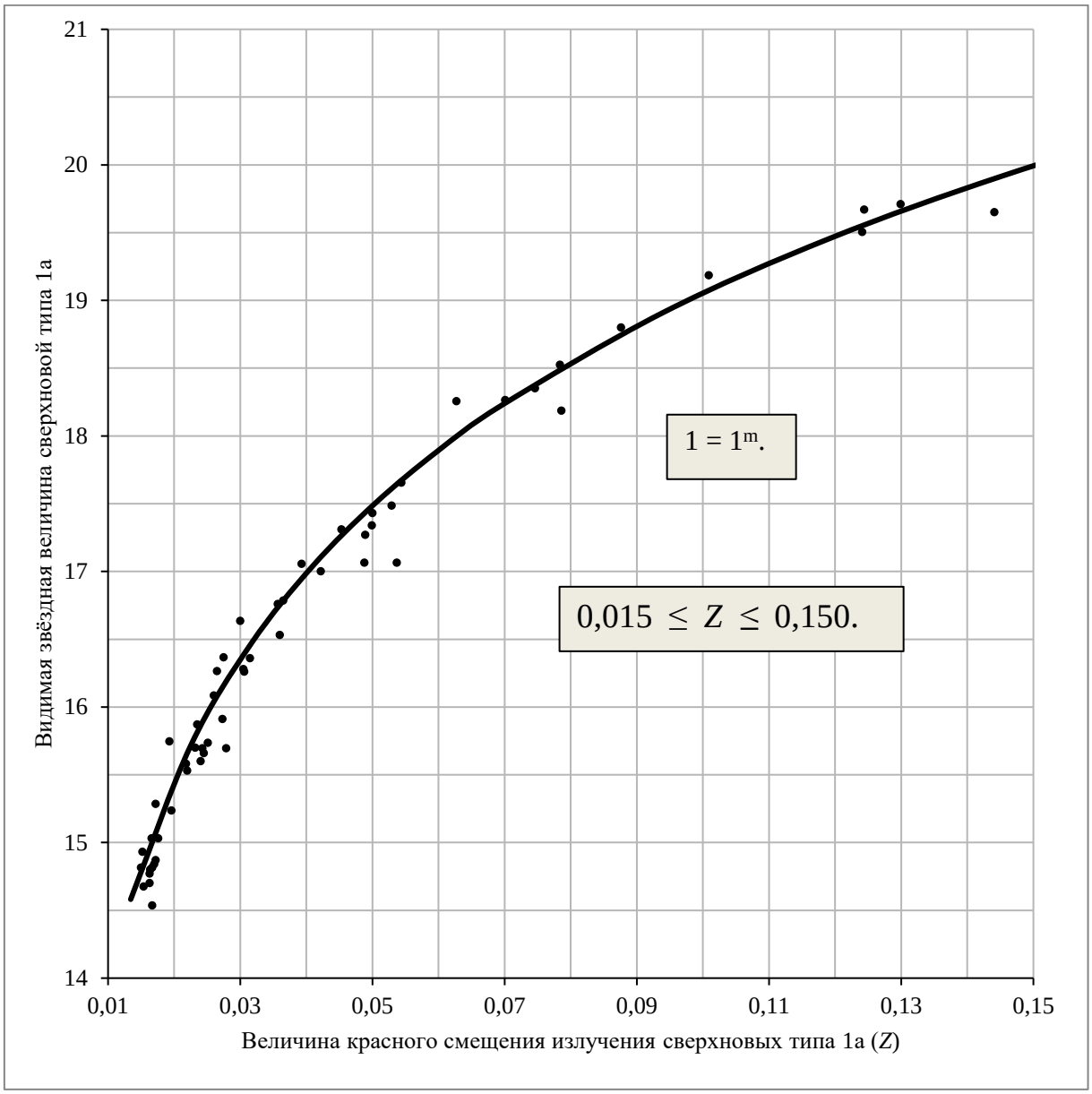


Рис. 7.4.14. Закон изменения видимой звёздной величины сверхновой типа 1а в пике светимости в диапазоне величин красного смещения её излучения от 0.015 до 0.150 и соответствующие данному диапазону результаты наблюдений сверхновых типа 1а.

На рисунке 7.4.15 представлена зависимость разности видимых звёздных величин сверхновых типа 1а от величин красных смещений их излучения, полученных в ходе наблюдений и определённых на модели, обусловленной икратким взаимодействием. Величина этой разности была определена для всех 307 сверхновых, принятых к исследованию, с использованием следующей зависимости:

$$\delta m_{Z_\mathrm{i}} = m_{Z_\mathrm{i}}^{effective} - m_{1\mathrm{a}_{Z_i}}, \qquad (7.4.46)$$

где δm_{Z_i} – разность между видимыми звёздными величинами i сверхновой, имеющей Zi величину красного смещения излучения, установленной в ходе наблюдений и определённой на модели.

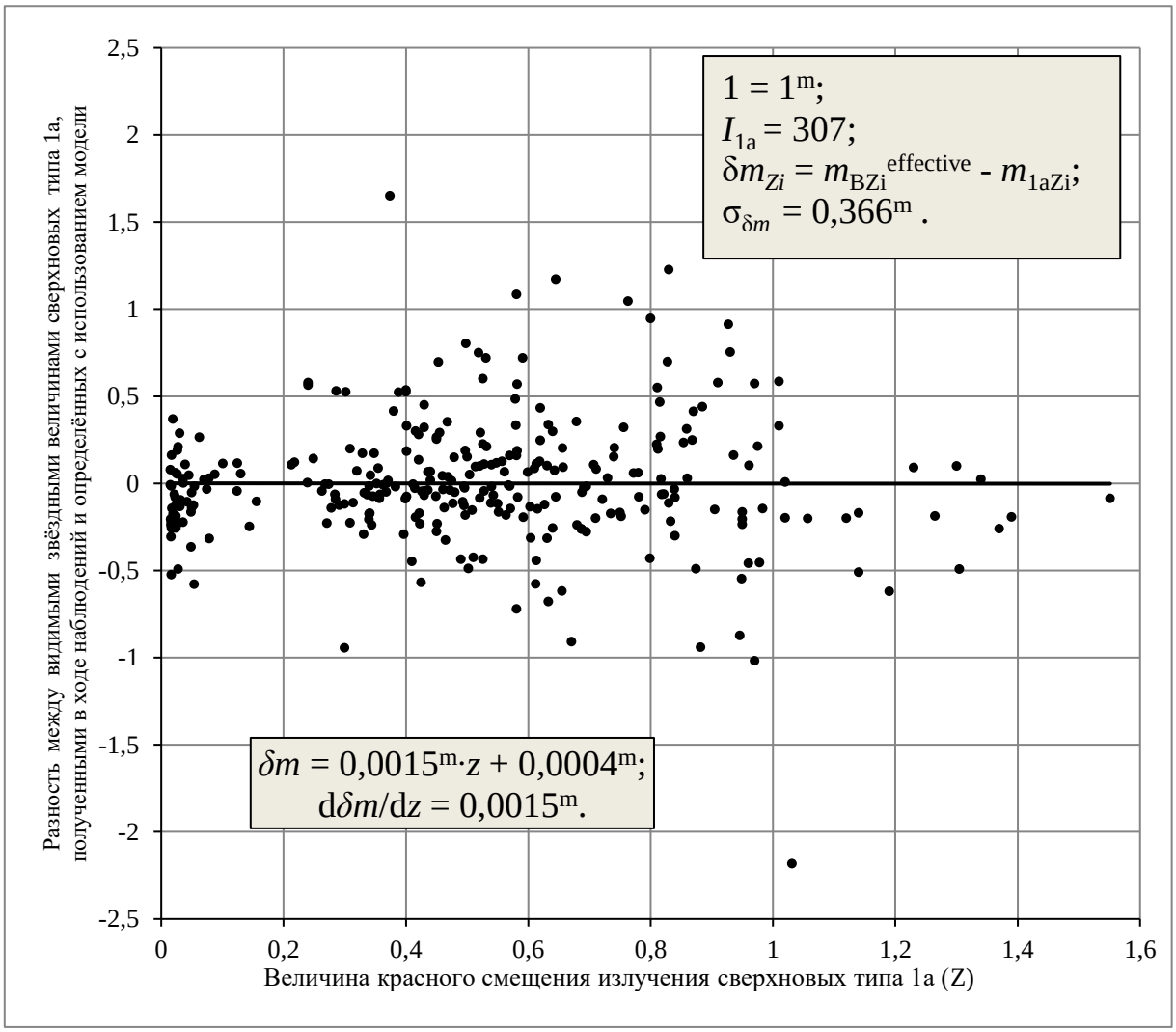


Рис. 7.4.15. Сравнение результатов наблюдений сверхновых типа 1а с предсказаниями модели, обусловленной икратким взаимодействием.

Маркерами на рисунке 7.4.15 помечены разности между видимыми звёздными величинами, установленными в ходе наблюдений сверхновых и определёнными с использованием зависимости (7.4.43). Сплошной линией показана зависимость, полученная путём их линейной аппроксимации. Расчёты показали, что среднеквадратическое отклонение вышеупомянутой разности составило:

$$\sigma_{\delta m} = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{I}}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{I}}\left(\delta m_{Z_{\mathrm{i}}} - \overline{\delta m}\right)^2} = 0{,}366^m, \qquad (7.4.47)$$

где $\overline{\delta m}$ – среднее арифметическое разностей между видимыми звёздными величинами, установленными в ходе наблюдений сверхновых и определёнными с использованием модели, обусловленной икратким взаимодействием.

Заметим, что $\overline{\delta m} \approx 0^m$. Это объясняется тем, что при определении абсолютной звёздной величины сверхновой типа 1а мы использовали критерий (7.4.44).

Функция и плотность распределения разности между видимыми величинами сверхновых, полученных в ходе наблюдений и определённых с использованием модели, обусловленной икратким взаимодействием, представлены на рисунке 7.4.16.

Вероятности того, что разности между видимыми звёздными величинами сверхновых типа 1а, полученными в ходе наблюдений и определёнными с использованием модели не будут превышать $\sigma_{\delta m}$, $2\cdot\sigma_{\delta m}$ и $3\cdot\sigma_{\delta m}$ соответственно равны $P_{|\delta m|<\sigma_{\delta m}} = 0{,}795$, $P_{|\delta m|<2\cdot\sigma_{\delta m}} = 0{,}948$ и $P_{|\delta m|<3\cdot\sigma_{\delta m}} = 0{,}987$.

Зависимость, полученная путём линейной аппроксимации разностей между видимыми звёздными величинами сверхновых типа 1а, измеренными в ходе наблюдений и определёнными с использованием модели, обусловленной икратким взаимодействием, имеет следующий вид:

$$\delta m = 0{,}0015^m\cdot Z + 0{,}0004^m. \qquad (7.4.48)$$

В исследуемом диапазоне величин красных смещений излучения сверхновых, как это видно на рисунке 7.4.15, полученная зависимость практически совпадает с осью абсцисс. Это означает, что модель изменения видимой звёздной величины сверхновой типа 1а в зависимости от величины красного смещения её излучения, обусловленная икратким взаимодействием, хорошо согласуется с результатами их наблюдений, представленных в работе [2].

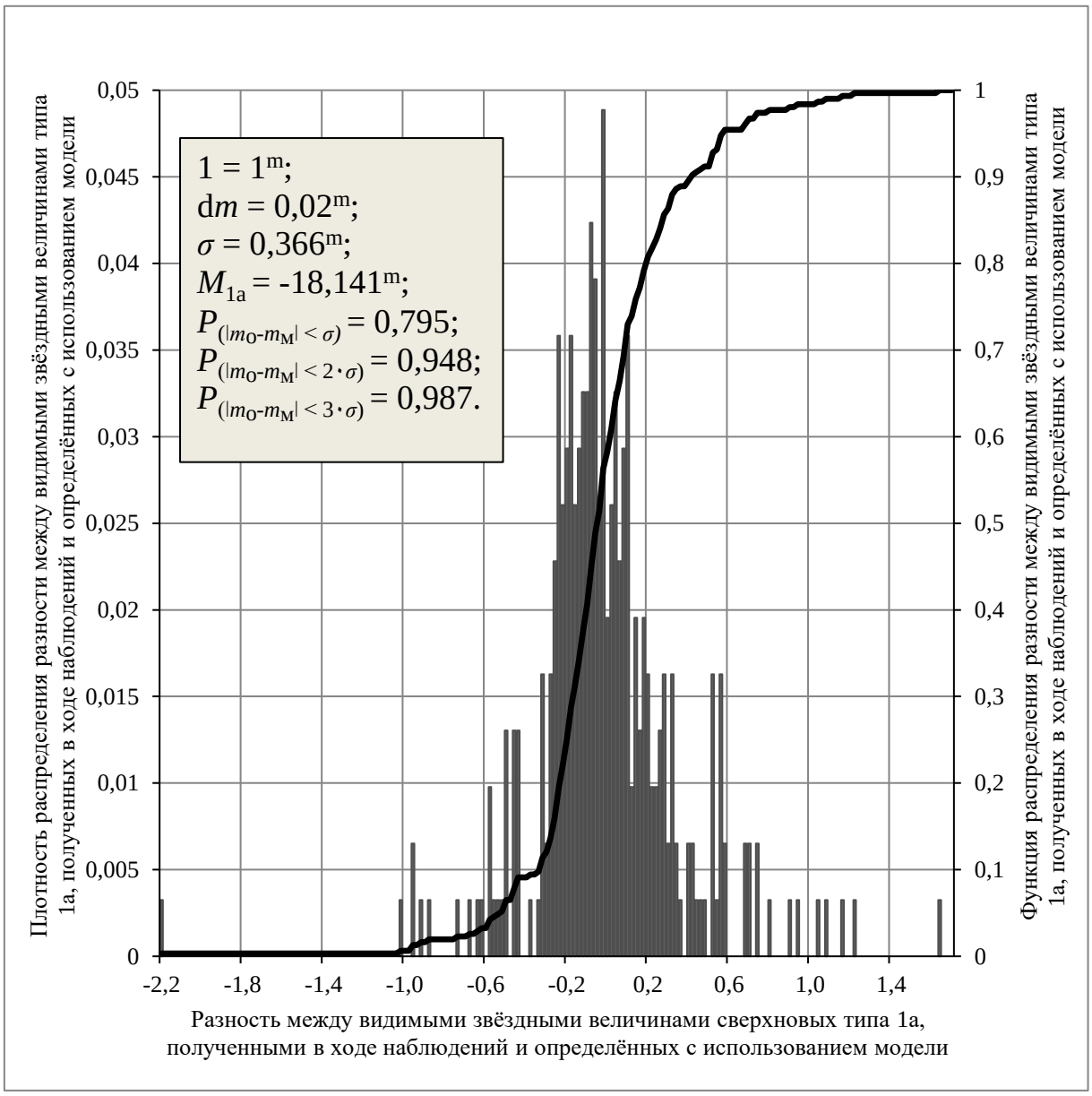


Рис. 7.4.16. Функция и плотность распределения разности между видимыми величинами сверхновых, полученных в ходе наблюдений и определённых с использованием модели, обусловленной икратким взаимодействием.

Таким образом, можно утверждать, что космологическая модель, основанная на икратком взаимодействии, успешно прошла тест сверхновых типа 1а. При этом экспериментальное подтверждение получили:

- лучевая модель распространения света, позволяющая определять изменение возраста Вселенной за время транспортировки квантов света от источника к приёмнику (зависимость (7.4.17));
- закон ПИ, позволяющий определять относительное удаление космических объектов по величине красного смещения их излучения (зависимость (7.4.19));
- возрастной закон изменения массы белого карлика, определяемой пределом Чандрасекара (зависимость (7.4.29)).

Необходимо отметить, что учёт факторов, обусловленных икратким взаимодействием, при анализе результатов наблюдений сверхновых типа 1а, представленных в работе [2], позволил установить, что в течение всего рассмотренного в исследовании интервала времени, составляющего более четырёх с половиной миллиардов лет, взаимное удаление сверхновых типа 1а происходило без каких-либо ускорений. Это позволяет в соответствии с “бритвой Оккама” не множить лишних сущностей, таких, например, как тёмная энергия, гипотеза о существовании которой в нашей Вселенной принята в настоящее время в космологической модели, основанной на общей теории относительности.

Икраткое взаимодействие позволяет по-новому взглянуть на известные ранее закономерности. Некоторые примеры такого переосмысления известных закономерностей будут рассмотрены в следующем подразделе.

7.5. Природа массы элементарной частицы и принцип относительности

Нобелевская премия по физике 2013 года была присуждена Франсуа Энглеру и Питеру У. Хиггсу “за теоретическое обнаружение механизма, который помогает нам понять происхождение массы субатомных частиц,

подтверждённого в последнее время обнаружением предсказанной элементарной частицы в экспериментах ATLAS и CMS на Большом адроном коллайдере в ЦЕРН” [32]. Согласно гипотезе, предложенной Энглером и Хиггсом, субатомные частицы приобретают массу при контакте с полем бозона Хиггса, которым заполнено всё пространство Вселенной [33], [34], [35].

Икраткое взаимодействие позволяет сформировать иной взгляд на природу массы элементарных частиц. Элементарные частицы даже в состоянии покоя обладают импульсом покоя, модуль которого равен арифметической сумме модулей импульсов йонов, образующих частицу, относительно центра её лучей. Так, например, модуль импульса покоя электрона равен:

$$p_{0_\text{e}} = \frac{4 \cdot (\text{ю} - 1)^2 + 1}{4 \cdot \text{ю} - 2} \cdot 2^{\text{я}} \cdot \text{ъ} \cdot c \cdot a^3, \tag{7.5.1}$$

где p_{0_e} – модуль импульса покоя электрона.

Важным свойством импульса покоя элементарной частицы является его ортогональность любому направлению в пространстве. Это означает, что импульс покоя элементарной частицы всегда ортогонален импульсу её движения. При этом, модуль суммарного импульса элементарной частицы, включающий в себя импульсы её покоя и движения, определяется следующим соотношением:

$$p_\text{c}^2 = p_0^2 + p^2, \tag{7.5.2}$$

где p_c – модуль суммарного импульса элементарной частицы; p_0 - модуль импульса покоя элементарной частицы; p – модуль импульса движения элементарной частицы.

Масса элементарной частицы определяется отношением модуля импульса её покоя к модулю скорости йонов в луче в непосредственной близости от его центра:

$$m = \frac{p_0}{c}, \tag{7.5.3}$$

где m – масса элементарной частицы.

Таким образом, инерция элементарной частицы не приобретается при её контакте с полем бозона Хиггса, которым заполнено всё пространство Вселенной, а является внутреннем свойством элементарной частицы, определяемым арифметической суммой модулей импульсов йонов, образующих её. Изменение скорости элементарной частицы возможно лишь при изменении импульса её движения, что приводит к соответствующим изменениям импульсов йонов, образующих её. Взаимосвязь вектора скорости элементарной частицы с вектором импульса её движения в лабораторной системе отсчёта определяется следующим выражением:

$$\vec{v} = \frac{\vec{p}}{p_{\text{c}}} \cdot c, \tag{7.5.4}$$

где $\vec{v}$ – вектор скорости элементарной частицы.

Подставляя $\vec{p}$ из (7.5.4) в (7.5.2), получим выражение для определения модуля суммарного импульса элементарной частицы через модуль импульса её покоя и через скорость её движения:

$$p_{\text{c}} = \frac{p_0}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}}. \tag{7.5.5}$$

Подставляя p_{c} из (7.5.5) в (7.5.4), получим выражение для определения вектора импульса движения элементарной частицы через модуль импульса её покоя и через вектор скорости её движения:

$$\vec{p} = \frac{\vec{v} \cdot p_0}{c \cdot \sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}} = \frac{\vec{v} \cdot m}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}}. \tag{7.5.6}$$

Используя общепринятые обозначения $\vec{\beta} = \frac{\vec{v}}{c}$ и $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}}$, выражения (7.5.5) и (7.5.6) примут следующий вид:

$$p_c = p_0 \cdot \gamma = m \cdot c \cdot \gamma. \tag{7.5.7}$$

$$\vec{p} = \vec{\beta} \cdot p_0 \cdot \gamma = \vec{v} \cdot m \cdot \gamma. \tag{7.5.8}$$

Найдём зависимость между силой, действующей на элементарную частицу, и её ускорением:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}} - \frac{\vec{v} \cdot m \cdot \left(-\frac{2}{c^2}\right) \cdot \left(\vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}\right)}{2 \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}\right)^3}} =$$

$$= m \cdot \gamma \cdot \vec{g} + m \cdot \gamma^3 \cdot \left(\vec{\beta} \cdot \vec{g}\right) \cdot \vec{\beta}, \tag{7.5.9}$$

где $\vec{g} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ – ускорение элементарной частицы.

Воспользуемся анализом зависимости между силой, действующей на элементарную частицу, и её ускорением, представленным в работе [3]. Умножая (7.5.9) на $\vec{\beta}$, найдём:

$$\vec{g} \cdot \vec{\beta} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{\beta}}{m \cdot \gamma(1 + \gamma^2 \cdot \beta^2)} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{\beta}}{m \cdot \gamma^3}. \tag{7.5.10}$$

Подставляя полученное выражение для скалярного произведения $\vec{g} \cdot \vec{\beta}$ в (7.5.9), получим:

$$\vec{F} - \left(\vec{F} \cdot \vec{\beta}\right) \cdot \vec{\beta} = m \cdot \gamma \cdot \vec{g}. \tag{7.5.11}$$

Если $\vec{F} \perp \vec{v}$, то сила равна:

$$\vec{F} = m \cdot \gamma \cdot \vec{g}. \tag{7.5.12}$$

Если же $\vec{F} \parallel \vec{v}$, то сила равна:

$$\vec{F} = m \cdot \gamma^3 \cdot \vec{g}. \tag{7.5.13}$$

Для результата воздействия силы $\vec{F}$ на элементарную частицу введём обозначение $\vec{F}_0 = m \cdot \vec{g}$. Тогда выражения (7.5.9) и (7.5.11) примут следующий вид:

$$\vec{F} = \vec{F}_0 \cdot \gamma + \gamma^3 \cdot \left(\vec{\beta} \cdot \vec{F}_0\right) \cdot \vec{\beta}. \tag{7.5.14}$$

$$\vec{F}_0 = \frac{\vec{F} - \left(\vec{F} \cdot \vec{\beta}\right) \cdot \vec{\beta}}{\gamma}. \tag{7.5.15}$$

Если $\vec{F} \perp \vec{v}$, то результат её воздействия на элементарную частицу равен:

$$\vec{F}_0 = \frac{\vec{F}}{\gamma}. \tag{7.5.16}$$

Если же $\vec{F} \parallel \vec{v}$, то результат её воздействия на элементарную частицу равен:

$$\vec{F}_0 = \frac{\vec{F}}{\gamma^3}. \qquad (7.5.17)$$

Отметим, что полученное нами уравнение, определяющее зависимость между силой и ускорением (7.5.9), совпадает с тем, которое получено ранее в специальной теории относительности [3]. “С начала века оно многократно подвергалось экспериментальным проверкам в различных конфигурациях электрических и магнитных полей. Это уравнение является основой инженерных расчётов релятивистских ускорителей” [3]. Однако, зависимость (7.5.9) получена нами без использования постулатов специальной теории относительности. Более того, постулаты специальной теории относительности и следующие из этих постулатов пространственно-временные отношения являются недопустимыми с точки зрения икраткого взаимодействия. Согласно икраткому взаимодействию во Вселенной существует единое время, определяемое её возрастом. Относительные скорости объектов и расстояния между ними не зависят от того, в какой системе отсчёта происходит их измерение. Экспериментально фиксируемая независимость скорости распространения света от скоростей его источника и приёмника на небольших их взаимных удалениях находит естественное объяснение в лучевой модели распространения света и не требует для своего объяснения каких-либо пространственно-временных преобразований. При этом скорость света в вакууме не является предельной и постоянной. Принцип относительности Эйнштейна, утверждающий, что любое физическое явление протекает одинаково во всех инерциальных системах отсчёта, не учитывает лучевую природу физического пространства и поэтому, в общем случае, не выполняется.

Различия в физических интерпретациях одних и тех же экспериментальных данных, основанных на специальной теории относительности и икратком взаимодействии, рассмотрим на примере определения результирующей скорости частицы, образованной в ходе распада релятивистской частицы.

Согласно специальной теории относительности, модуль результирующей скорости частицы определяется следующей зависимостью [36]:

$$v^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot \cos\alpha_0 - \frac{v_1^2 \cdot v_2^2}{c^2} \cdot \sin^2\alpha_0}{\left(1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0\right)^2}, \qquad (7.5.18)$$

где v – модуль результирующей скорости частицы, образованной в ходе распада релятивисткой частицы, измеренный в лабораторной системе отсчёта; v_1 – модуль скорости распавшейся частицы, измеренный в лабораторной системе отсчёта; v_2 – модуль скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится; α_0 – угол между вектором скорости $\vec{v}_2$ и осью, совпадающей с направлением движения распавшейся частицы, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится.

Составляющие вектора результирующей скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренные в лабораторной системе отсчёта, определяются следующими выражениями:

$$v_\perp = \frac{v_2 \cdot \sin\alpha_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0}, \qquad (7.5.19)$$

где $v_\perp$ – составляющая вектора результирующей скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренная в лабораторной системе отсчёта в направлении ортогональном вектору $\vec{v}_1$.

$$v_\parallel = \frac{v_2 \cdot \cos\alpha_0 + v_1}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0}, \qquad (7.5.20)$$

где $v_\parallel$ – составляющая вектора результирующей скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренная в лабораторной системе отсчёта в направлении параллельном вектору $\vec{v}_1$.

Угол между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}$, измеренный в лабораторной системе отсчёта, равен:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{v_2 \cdot \sin\alpha_0 \cdot \sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}{v_2 \cdot \cos\alpha_0 + v_1}\right), \qquad (7.5.21)$$

где α – угол между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}$, измеренный в лабораторной системе отсчёта.

Заметим, что зависимости (7.5.18)÷(7.5.21), полученные в специальной теории относительности, экспериментально подтверждены. Означает ли это, что принцип относительности, в соответствии с которым скорость v_2 принимается равной скорости частицы, измеренной в лабораторной системе отсчёта, когда распадающаяся частица в ней покоится, и релятивистский закон сложения скоростей, представленный выражениями (7.5.18)÷(7.5.21), в данном случае также являются экспериментально подтверждёнными?

Прежде, чем ответить на поставленный вопрос, рассмотрим экспериментально подтверждённые зависимости (7.5.18)÷(7.5.21) с позиций икраткого взаимодействия. Для этого, обратим внимание, что распады частицы, когда она покоится в лабораторной системе отсчёта и когда она движется с релятивисткой скоростью относительно её, происходят в пространствах, свойства которых отличаются. Действительно, пространство земной лаборатории, где проводятся эксперименты, в основном соткано из лучей объектов, образующих Землю. А это означает, что для частицы, которая покоится относительно лабораторной системы отсчёта, пространство будет изотропным, поскольку скорости йонов в лучах, его образующего, вне зависимости от направления в основном будут иметь относительно частицы одну и ту же скорость, близкую к скорости света в вакууме. В этом легко убедиться, если фиксировать скорости частиц, образованных при распаде частиц, которые покоятся относительно лабораторной системы отсчёта. Распределение скоростей по направлениям в пространстве будет стремиться к равномерному распределению, а их значение будет примерно одинаковым [37]. Если же частица движется относительно лабораторной системы отсчёта с релятивистской скоростью, то пространство, в котором происходит её распад, будет анизотропным, поскольку скорости

йонов в лучах, его образующих, в зависимости от направления будут иметь различные значения. Таким образом, с позиции икраткого взаимодействия, вектор скорости $\vec{v}_2$, используемый при определении результирующей скорости частицы по экспериментально подтверждённым зависимостям (7.5.18)÷(7.5.21), является скоростью частицы, образованной при распаде частицы, которая покоится в лабораторной системе отсчёта, а не движется относительно её с релятивистской скоростью. При этом, с позиций икраткого взаимодействия, выражения (7.5.18)÷(7.5.21) нельзя рассматривать как релятивистский закон сложения скоростей, поскольку используемые в этих выражениях скорости не являются слагаемыми. Скорость $\vec{v}_1$ является скоростью релятивисткой частицы в лабораторной системе отсчёта в момент её распада, а скорость $\vec{v}_2$ является скоростью частицы, образованной при распаде частицы, которая покоится в лабораторной системе отсчёта. Выражения (7.5.18)÷(7.5.21), с позиций икраткого взаимодействия, являются экспериментально проверенным правилом определения результирующей скорости частицы, образованной при распаде релятивистской частицы в лабораторной системе отсчёта, исходя из скоростей $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$.

Заметим, что α_0 – это угол между вектором скорости $\vec{v}_2$, в её новом понимании, и осью, совпадающей с направлением движения распавшейся частицы, измеренный в лабораторной системе отсчёта.

Для того чтобы определить, как анизотропное пространство влияет на результаты распада релятивисткой частицы, найдём составляющие вектора скорости образовавшейся частицы в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится:

$$v_{2\perp_*} = v_\perp = \frac{v_2 \cdot \sin\alpha_0 \cdot \sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}{1+\frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0}, \qquad (7.5.22)$$

где $v_{2\perp_*}$ – составляющая вектора скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренная в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, в направлении ортогональном вектору $\vec{v}_1$.

$$v_{2\parallel_*} = v_{\parallel} - v_1 = \frac{v_2 \cdot \cos\alpha_0 \cdot \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0}, \qquad (7.5.23)$$

где $v_{2\parallel_*}$ – составляющая вектора скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренная в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, в направлении параллельном вектору $\vec{v}_1$.

Модуль скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, определяется следующим выражением:

$$v_{2_*} = v_2 \cdot \frac{\sqrt{\left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2} \cdot \cos^2\alpha_0\right)}}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0}, \qquad (7.5.24)$$

где v_{2_*} – модуль скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится.

Анализ зависимости (7.5.24) показывает, что минимальное значение модуля скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, получается при $\alpha_0 = 0$ и определяется следующей зависимостью:

$$v_{2_{*\min}} = v_2 \cdot \frac{\left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}, \qquad (7.5.25)$$

где $v_{2_{*\min}}$ – минимальное значение модуля скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренное в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится.

Если $v_1 > v_2$, то максимальное значение модуля скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренное в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, достигается при $\alpha_0 = \arccos\left(-\frac{v_2}{v_1}\right)$ и определяется следующей зависимостью:

$$v_{2_{*\max}} = v_2 \cdot \sqrt{\frac{1-\frac{v_1^2}{c^2}}{1-\frac{v_2^2}{c^2}}}, \tag{7.5.26}$$

где $v_{2_{*\max}}$ – максимальное значение модуля скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренное в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится.

Если $v_1 \leq v_2$, то максимальное значение модуля скорости частицы, образованной в ходе распада, измеренное в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, достигается при $\alpha_0 = \pi$ и определяется следующей зависимостью:

$$v_{2_{*\max}} = v_2 \cdot \frac{1-\frac{v_1^2}{c^2}}{1-\frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}. \tag{7.5.27}$$

Если проследить множество распадов частиц, движущихся с определённой скоростью в лабораторной системе отсчёта, то концы векторов скоростей частиц, образованных в этих распадах, в системе отсчёта, где распадающиеся частицы покоятся, разместятся на поверхности эллипсоида, полученного путём вращения эллипса относительно его меньшей оси. При этом уравнение эллипса определяется следующей зависимостью:

$$\frac{v_{2\perp_*}^2}{b_\perp^2} + \frac{\left(v_{2\parallel_*} + v_2 \cdot \frac{v_1}{c} \cdot b_\parallel\right)^2}{b_\parallel^2} = c^2, \tag{7.5.28}$$

где $b_\perp$ – большая полуось эллипса, ортогональная вектору $\vec{v}_1$; $b_\parallel$ – малая полуось эллипса, параллельная вектору $\vec{v}_1$.

Полуоси эллипса определяются следующими зависимостями:

$$b_\perp = \frac{v_2}{c} \cdot \sqrt{\frac{1-\frac{v_1^2}{c^2}}{1-\frac{v_1^2 \cdot v_2^2}{c^4}}}; \quad b_\parallel = \frac{v_2}{c} \cdot \frac{1-\frac{v_1^2}{c^2}}{1-\frac{v_1^2 \cdot v_2^2}{c^4}}. \tag{7.5.29}$$

Результаты оценки влияния анизотропии пространства на скорости частиц, образованных при распаде, в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся, представлены на рисунке 7.5.1. Представленные на рисунке 7.5.1 окружность и три эллипса позволяют получить, путём вращения относительно горизонтальной оси, поверхности, где размещаются концы векторов скоростей частиц, образовавшихся в ходе распадов, когда распавшиеся частицы покоились относительно лабораторной системы отсчёта, чему соответствует окружность, и передвигались относительно её с определёнными скоростями. При этом скорости образовавшихся частиц определялись в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся. Больший эллипс, изображённый зелёным цветом, соответствует случаю, когда скорости частиц перед их распадом в лабораторной системе отсчёта равнялись $v_1 = 0{,}5 \cdot c$. Эллипс, изображённый жёлтым цветом, соответствует скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$, а красным – скорости $v_1 = 0{,}99 \cdot c$.

Представленные результаты показывают, что по мере возрастания анизотропии пространства, которая обуславливается ростом скорости распавшихся частиц относительно лабораторной системы отсчёта, происходит уменьшение скоростей образовавшихся в ходе распадов частиц определённых в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся. Так, при скорости $v_1 = 0{,}5 \cdot c$, модуль скорости образовавшейся частицы находится в диапазоне $0{,}3 \cdot c \leq v_2 \leq 0{,}5 \cdot c$. При этом минимальное значение модуля скорости v_{2_*} соответствует направлению, совпадающему с направлением вектора $\vec{v}_1$, а максимальное – направлению, ему противоположному.

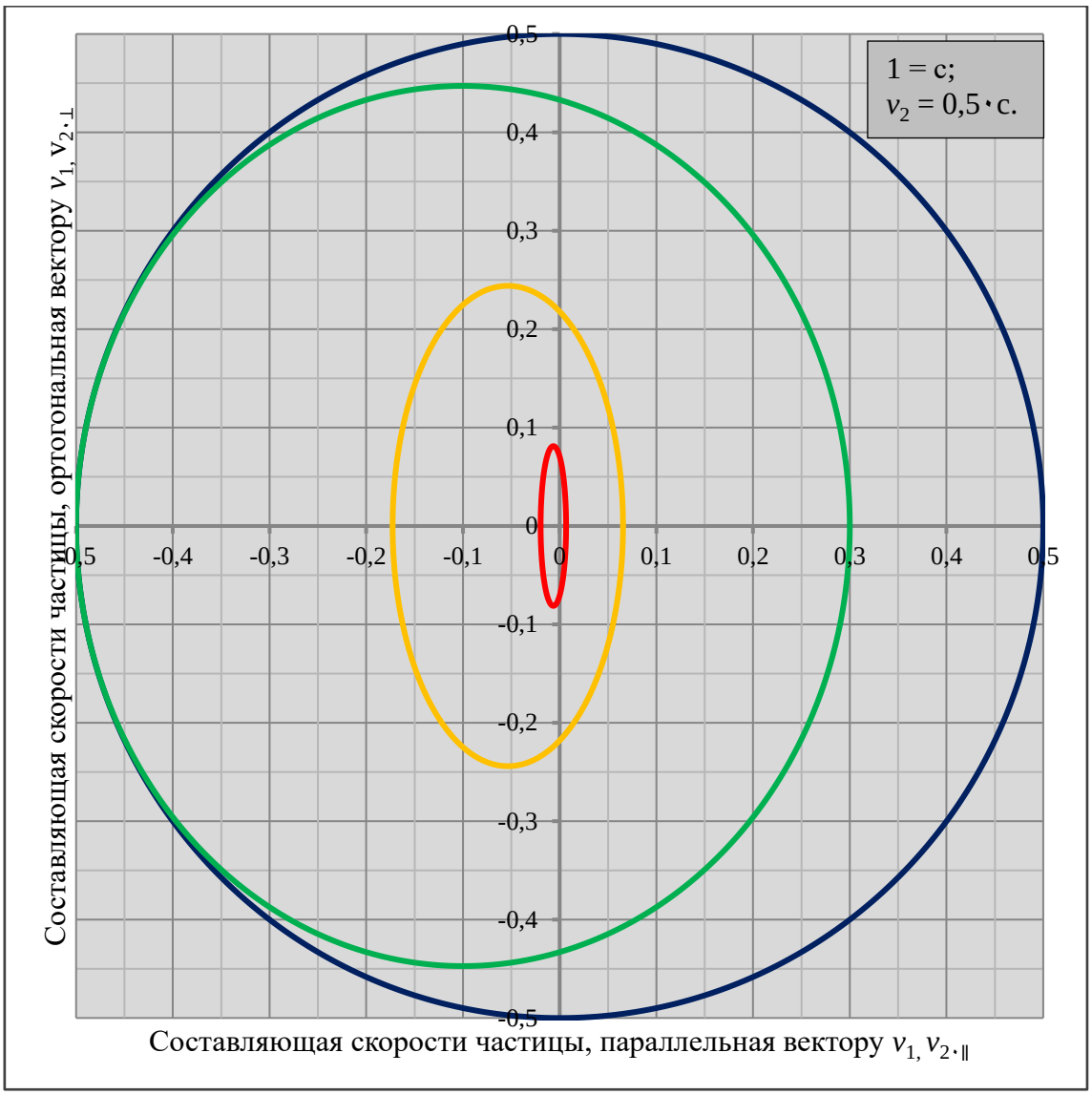


Рис. 7.5.1. Влияние анизотропии пространства на скорости частиц, образованных при распаде, в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся (синий цвет – распад в изотропном пространстве; зелёный цвет – скорость распавшихся частиц относительно лабораторной системе отсчёта равна $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_1 = 0{,}99 \cdot c$.).

При скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$, модуль скорости образовавшейся частицы будет находиться в диапазоне $0{,}0655 \cdot c \leq v_{2_*} \leq 0{,}2517 \cdot c$, а при скорости $v_1 = 0{,}99 \cdot c$ – в диапазоне $0{,}00665 \cdot c \leq v_{2_*} \leq 0{,}08145 \cdot c$. И в этих случаях минимальные значения модулей скорости v_{2_*} соответствуют направлению, совпадающему с направлением вектора $\vec{v}_1$.

Максимальные значения модулей скоростей v_{2_*}, в соответствии с (7.5.26), будут достигаться при распадах, когда $\cos\alpha_0 = -\frac{v_2}{v_1}$. Заметим, что угол α_0 определяется при распаде частицы, которая покоится в лабораторной системе отсчёта. Анизотропия пространства при распаде частицы приводит не только к изменению модуля скорости появившейся частицы, но и изменяет её направление. Для определения изменения направления скорости частицы, появившейся в ходе распада в анизотропном пространстве, можно воспользоваться любой из следующих трёх зависимостей:

$$\sin\alpha_* = \frac{v_{2\perp_*}}{v_{2\parallel_*}} = \frac{\sin\alpha_0}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}\cdot\cos^2\alpha_0}}, \tag{7.5.30}$$

где α_* – угол между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$.

$$\cos\alpha_* = \frac{v_{2\parallel_*}}{v_{2\perp_*}} = \frac{\cos\alpha_0\cdot\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}\cdot\cos^2\alpha_0}}, \tag{7.5.31}$$

$$\operatorname{tg}\alpha_* = \frac{\operatorname{tg}\alpha_0}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}. \tag{7.5.32}$$

Таким образом, если мы на рисунке 7.5.1 измерим угол между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$, соответствующий максимальному значению модуля скорости v_{2_*}, то убедимся, что при скорости $v_1 = 0{,}9\cdot c$ угол $\alpha_{*_{\max v_{2_*}}} = \arccos\left(-\frac{v_2}{v_1}\cdot\sqrt{\frac{c^2-v_1^2}{c^2-v_2^2}}\right) \approx \pm 106°$, а при скорости $v_1 = 0{,}99\cdot c$ угол $\alpha_{*_{\max v_{2_*}}} \approx \pm 95°$.

Изменения направления вектора скорости частицы, образованной в ходе распада в анизотропном пространстве, не зависят от модуля скорости v_2, а для идентичного распада полностью определяются модулем скорости v_1 и углом между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$.

В данной работе распады частиц мы будем называть идентичными, если, случись они в одном и том же пространстве, векторы скорости образовавшихся в них частиц будут равны.

Разность между углами α_0 и α_*, определяющая изменение направления векторов скорости частиц, образовавшихся в ходе идентичных распадов в изотропном и анизотропном пространстве, равна:

$$\delta\alpha_{v_1} = \alpha_0 - \alpha_* = \alpha_0 - \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}(\alpha_0)}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}\right), \qquad (7.5.33)$$

где $\delta\alpha_{v_1}$ – разность между углами α_0 и α_*, определённая для идентичных распадов частиц в изотропном и анизотропном пространствах.

Зависимости величин $\delta\alpha_{v_1}$ от угла α_0, определённые для различных значений скорости v_1, представлены на рисунке 7.5.2.

Анализ зависимости (7.5.33) показывает, что минимальное и максимальное значения разности $\delta\alpha_{v_1}$ достигаются, когда угол α_0 принимает следующие значения:

$$\alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\min}} = \arccos\left(\frac{c}{v_1}\cdot\sqrt{1-\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}\right), \qquad (7.5.34)$$

где $\alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\min}}$ – значение угла α_0, при котором разность $\delta\alpha_{v_1}$ принимает минимальное значение.

$$\alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\max}} = \arccos\left(-\frac{c}{v_1}\cdot\sqrt{1-\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}\right), \qquad (7.5.35)$$

где $\alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\max}}$ – значение угла α_0, при котором разность $\delta\alpha_{v_1}$ принимает максимальное значение.

Минимальное и максимальное значения разности углов $\delta\alpha_{v_1}$ равны по абсолютной величине и имеют противоположные знаки:

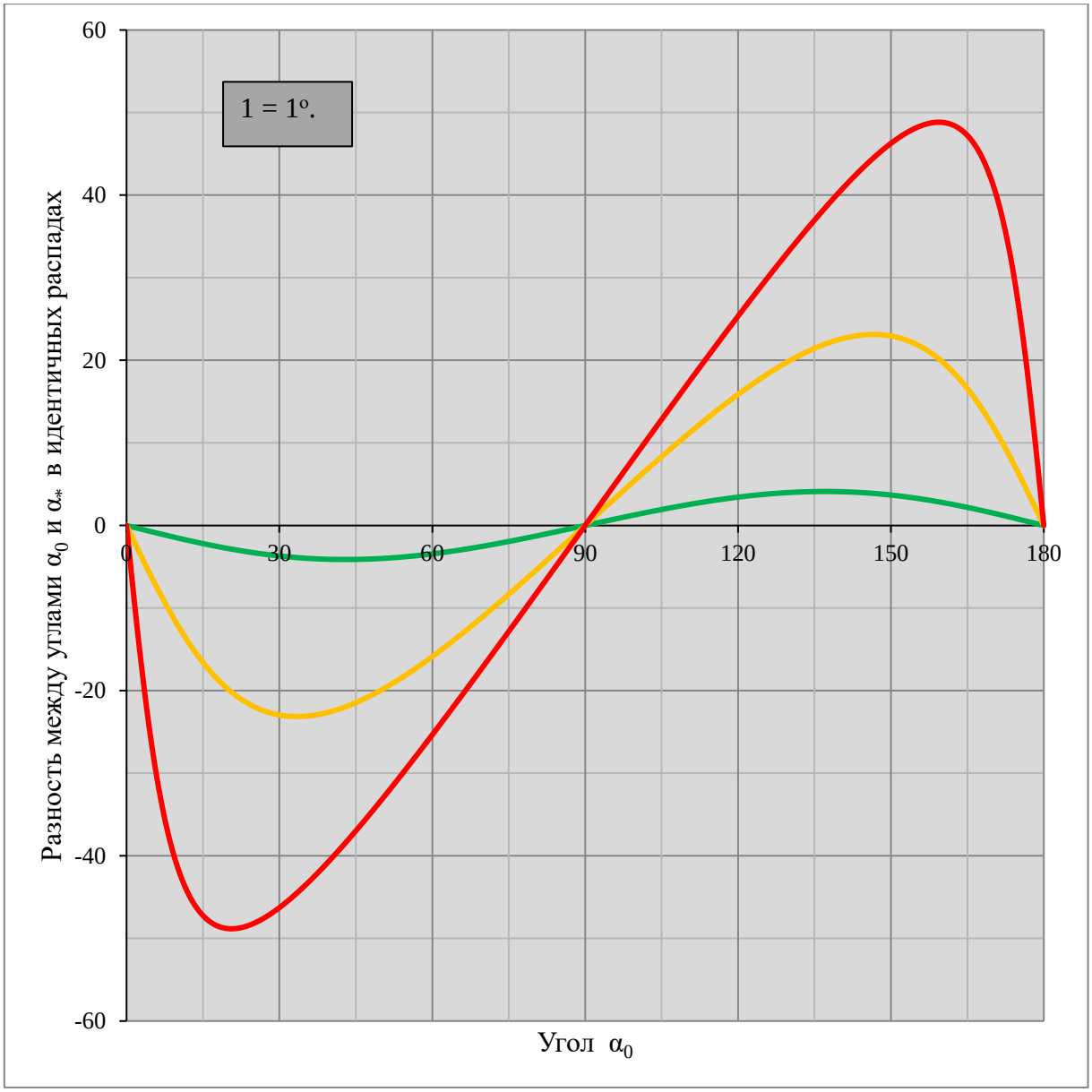


Рис. 7.5.2. Зависимости изменений направлений векторов скорости частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропном пространствах, от угла α_0 (зелёный цвет – скорость распавшихся частиц относительно лабораторной системе отсчёта равна $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_1 = 0{,}99 \cdot c$).

$$\delta\alpha_{v_{1\min}} = \arccos\left(\frac{c}{v_1} \cdot \sqrt{1 - \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}\right) - \arccos\left(\frac{c}{v_1} \cdot \sqrt{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} + \frac{v_1^2}{c^2} - 1}\right), \quad (7.5.36)$$

где $\delta\alpha_{v_{1\min}}$ – минимальное значение разности углов $\delta\alpha_{v_1}$.

$$\delta\alpha_{v_{1max}} = \arccos\left(\frac{c}{v_1}\cdot\sqrt{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}+\frac{v_1^2}{c^2}-1}\right) - \arccos\left(\frac{c}{v_1}\cdot\sqrt{1-\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}\right), \quad (7.5.37)$$

где $\delta\alpha_{v_{1max}}$ – максимальное значение разности углов $\delta\alpha_{v_1}$.

Для зависимостей, представленных на рисунке 7.5.2, минимум разности углов $\delta\alpha_{v_1}$ при скорости $v_1 = 0{,}5\cdot c$ достигается, когда угол $\alpha_0 = \alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\min}} \approx$ $\approx 43°$, а его значение примерно равно $\delta\alpha_{v_{1\min}} \approx -4°$. При скорости $v_1 =$ $= 0{,}9\cdot c$ значение минимума примерно равно $\delta\alpha_{v_{1\min}} \approx -23°$ и достигается, когда угол $\alpha_0 = \alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\min}} \approx 33°$; если скорость $v_1 = 0{,}99\cdot c$, то значение минимума примерно равно $\delta\alpha_{v_{1\min}} \approx -49°$ и достигается, когда угол $\alpha_0 = \alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\min}} \approx 21°$.

Максимальные значения разности углов $\delta\alpha_{v_1}$ для зависимостей, представленных на рисунке 7.5.2, равны их минимальным значениям, взятым с противоположным знаком. Значения углов α_0, при которых разности углов $\delta\alpha_{v_1}$ достигают максимума, также могут быть определены через соответствующие значения углов $\alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\min}}$ с использованием следующей зависимости $\alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\max}} = \pi - \alpha_{0_{\delta\alpha_{v_1}\min}}$.

В тех случаях, если направление вектора скорости $\vec{v}_2$ совпадает с направлением вектора скорости $\vec{v}_1$, то есть $\alpha_0 = 0$, или противоположно ему, что соответствует $\alpha_0 = \pi$, а также, если вектора скоростей $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ ортогональны, что выполняется при $\alpha_0 = \frac{\pi}{2}$, то разность углов $\delta\alpha_{v_1} = 0$. Это означает, что в этих случаях направления векторов скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропных пространствах, совпадают.

Оценки влияния анизотропии пространства на плотность и функцию распределения угла между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2*}$ представлены на рисунках 7.5.3 и 7.5.4.

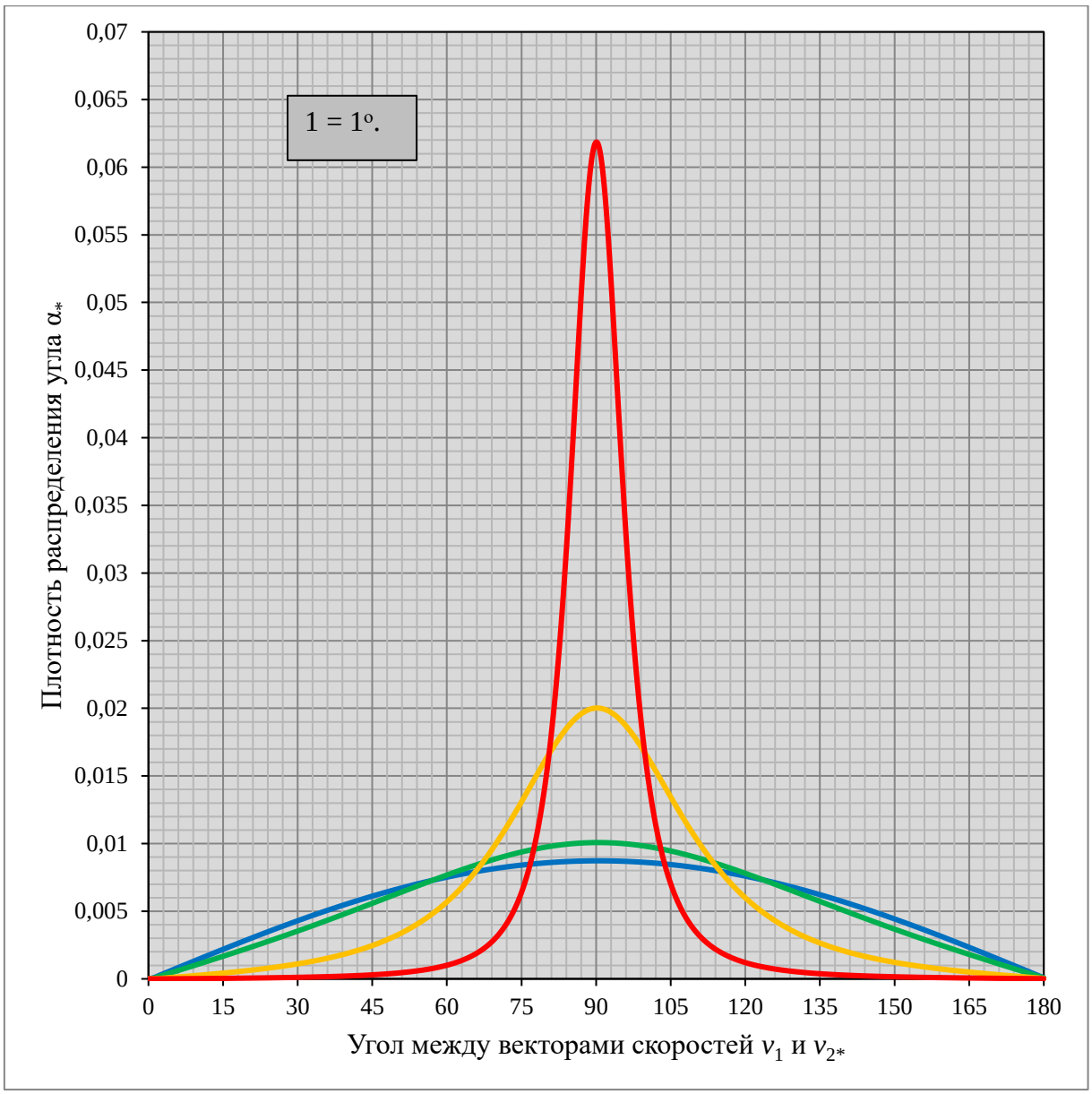


Рис. 7.5.3. Плотности распределения угла между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2*}$ при различных значениях скорости v_1 (синий цвет – распад в изотропном пространстве; зелёный цвет – скорость распавшихся частиц относительно лабораторной системе отсчёта равна $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_1 = 0{,}99 \cdot c$).

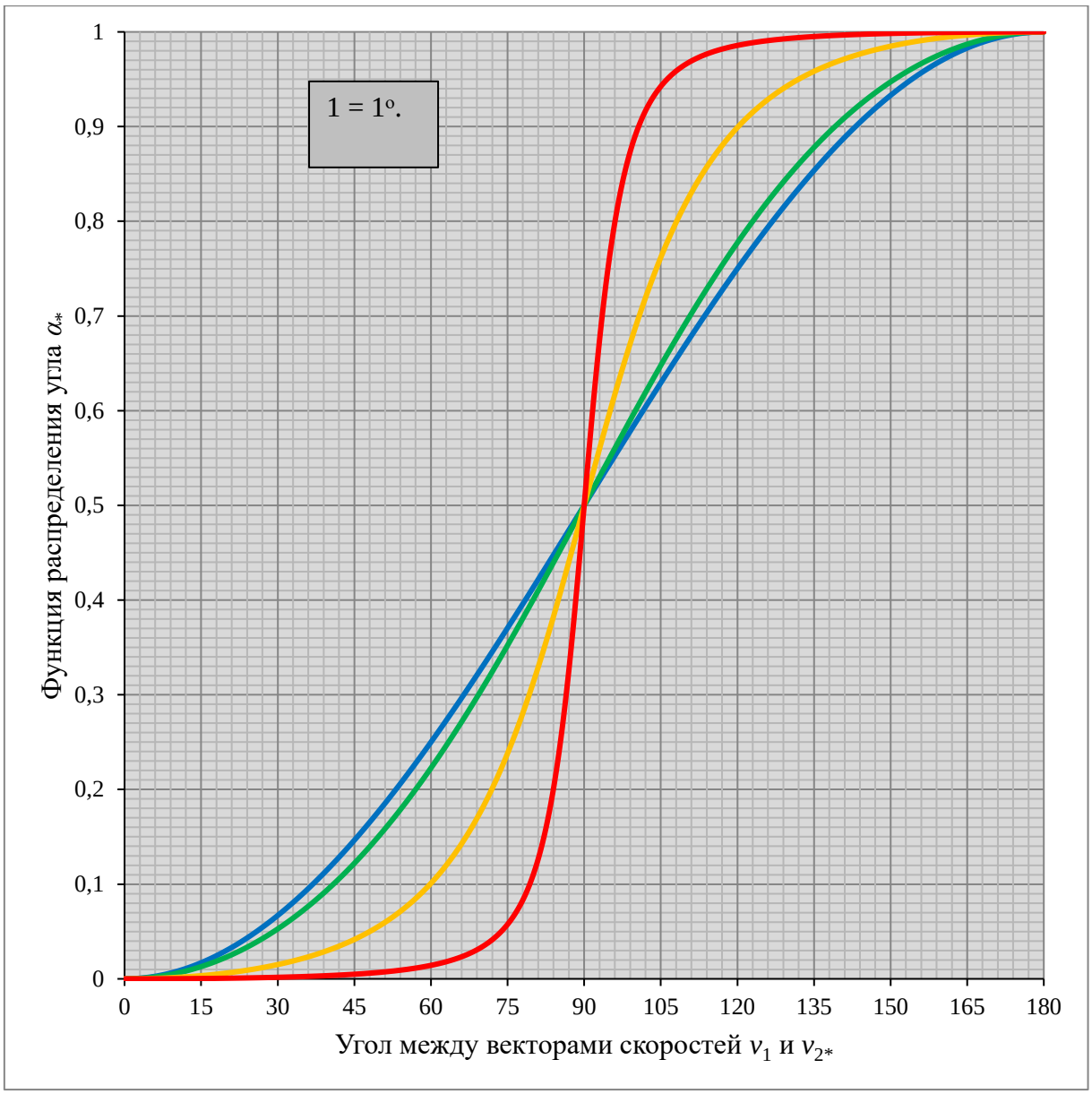


Рис. 7.5.4. Функции распределения угла между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2*}$ при различных значениях скорости v_1 (синий цвет – распад в изотропном пространстве; зелёный цвет – скорость распавшихся частиц относительно лабораторной системе отсчёта равна $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_1 = 0{,}99 \cdot c$).

Представленные на рисунках результаты оценок показывают, что с ростом значения скорости v_1, происходит увеличение плотности распределения угла f_{α_*} в диапазоне углов, близком к ортогональному направлению между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2*}$.

Так, для скорости $v_1 = 0{,}5 \cdot c$ плотность распределения угла f_{α_*} при $\alpha_* = 90°$ примерно в 1,15 раза превосходит оную для случая, когда $v_1 = 0$; для скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$ превосходство возрастает до 2,29 раза, а для скорости $v_1 = 0{,}99 \cdot c$ достигает 7,09 раза.

Доля частиц, образовавшихся в ходе распада и имеющих угол между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2*}$ в диапазоне углов $75° \leq \alpha_* \leq 105°$, составляет примерно:

- 26% при скорости $v_1 = 0$;
- 30% при скорости $v_1 = 0{,}5 \cdot c$;
- 53% при скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$;
- 88% при скорости $v_1 = 0{,}99 \cdot c$.

Заметим, что изменения направлений скоростей частиц, образовавшихся при распадах в изотропном и анизотропных пространствах, не зависят от модуля скорости v_2. Для изменений отношений модулей скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропном пространствах, это не так. Действительно, отношение модулей скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропных пространствах, исходя из зависимости (7.5.24), равно:

$$\frac{v_{2_*}}{v_2} = \frac{\sqrt{\left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2} \cdot \cos^2 \alpha_0\right)}}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos \alpha_0}. \qquad (7.5.38)$$

На рисунках 7.5.5 и 7.5.6 представлены результаты расчётов по определению зависимостей отношений модулей скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропном пространствах, от угла α_*.

На рисунке 7.5.5 представлены зависимости, которые определены при скорости $v_2 = 0{,}5 \cdot c$ для трёх вариантов скоростей распавшихся частиц относительно лабораторной системы отсчёта. Зелёным цветом представлена зависимость, когда скорость $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтым цветом – зависимость, когда скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$; красным цветом – зависимость, когда скорость $v_1 = 0{,}99 \cdot c$.

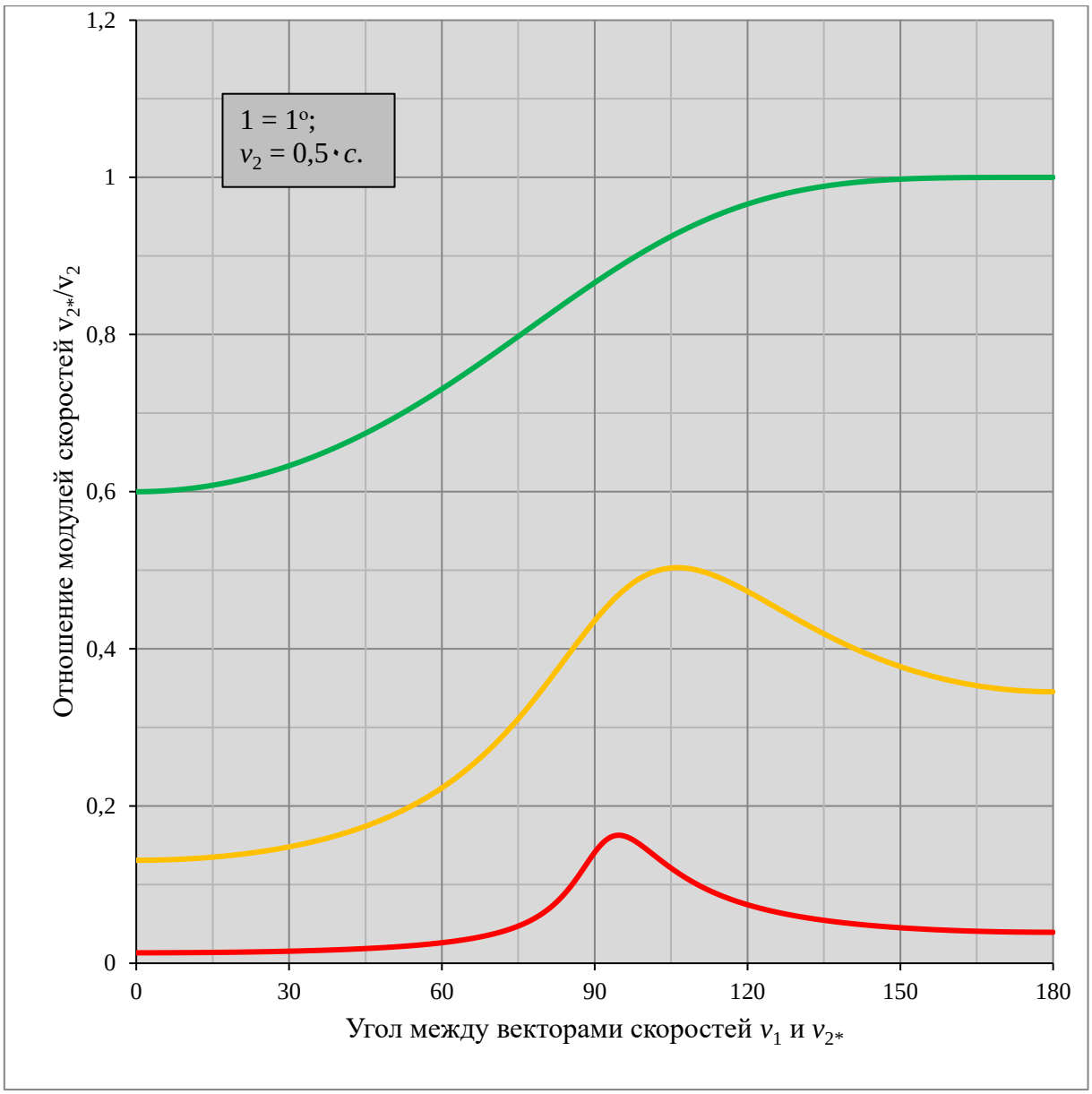


Рис. 7.5.5. Зависимости отношений модулей скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропном пространствах, от угла α_*, когда модуль скорости $v_2 = 0{,}5 \cdot c$ (зелёный цвет – скорость распавшихся частиц относительно лабораторной системы отсчёта равна $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_1 = 0{,}99 \cdot c$).

На рисунке 7.5.6 представлены зависимости, которые определены при скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$ для трёх вариантов скоростей v_2. Зелёным цветом представлена зависимость, когда скорость $v_2 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтым цветом –

зависимость, когда скорость $v_2 = 0{,}9 \cdot c$; красным цветом – зависимость, когда скорость $v_2 = 0{,}99 \cdot c$.

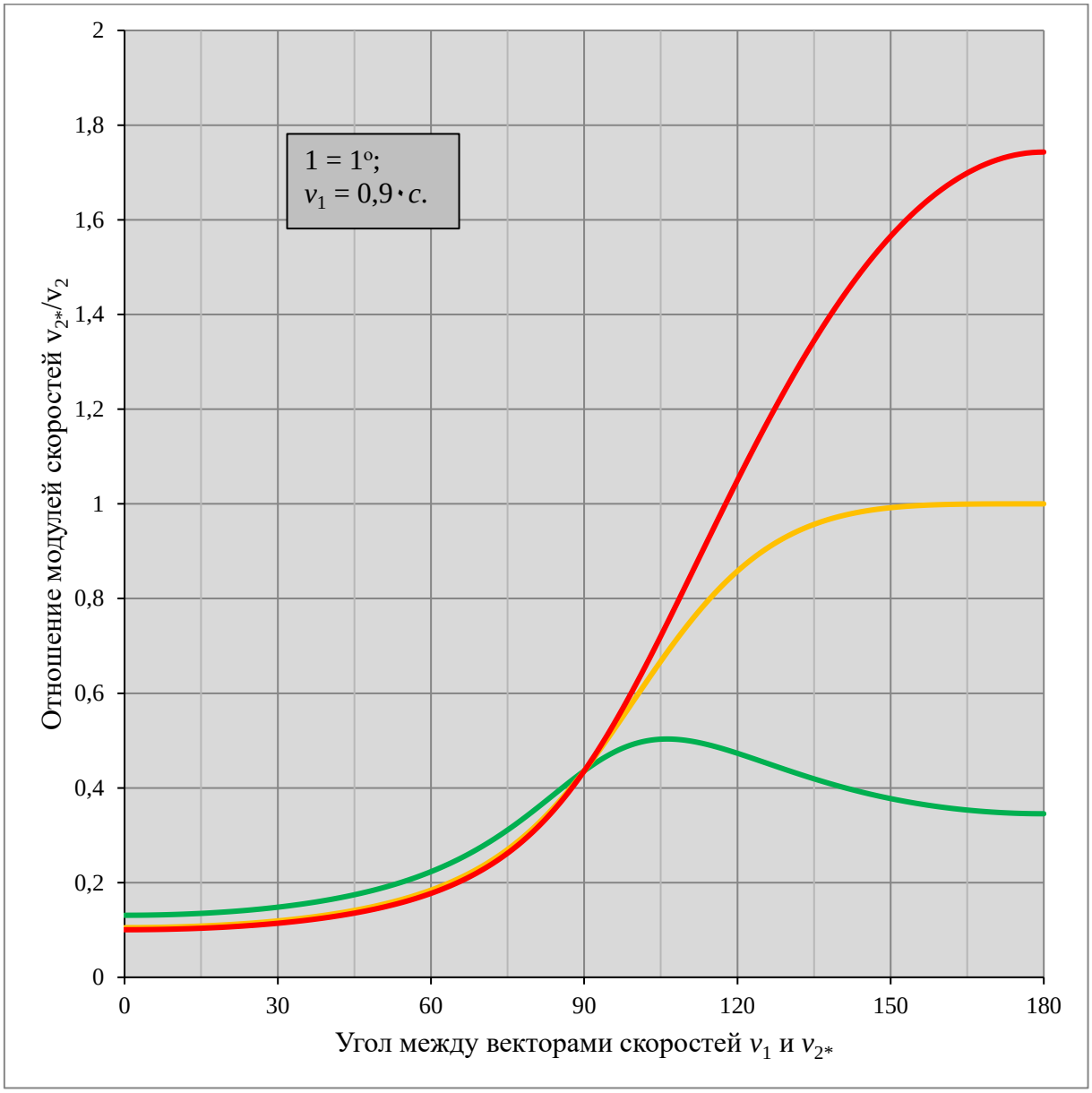


Рис. 7.5.6. Зависимости отношений модулей скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропном пространствах, от угла α_*, когда модуль скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$ (зелёный цвет – скорость $v_2 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_2 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_2 = 0{,}99 \cdot c$).

Среди представленных зависимостей особого внимания заслуживает та, которая помечена красным цветом на рисунке 7.5.6. Дело в том, что при скоростях $v_1 = 0{,}9 \cdot c$ и $v_2 = 0{,}99 \cdot c$ значения отношения модулей $\frac{v_{2*}}{v_2}$ в

диапазоне углов $\frac{2}{3}\cdot\pi \leq \alpha_* \leq \pi$ возрастают до таких значений, при которых модули скорости частиц, образованных в ходе распада в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, превосходит скорость света в вакууме: $v_{2_*} > c$.

В настоящее время в физике скорость света в вакууме является психологическим рубежом, своего рода красной чертой, пересекать которую строго запрещается. На рисунке 7.5.7 представлен эллипс, вращение которого относительно горизонтальной оси образует эллипсоид вращения. На поверхности этого эллипсоида располагаются концы векторов скоростей частиц, образовавшихся в ходе распадов в анизотропном пространстве при скоростях $v_1 = 0{,}9\cdot c$ и $v_2 = 0{,}99\cdot c$, в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся. Красной линией помечена та часть эллипса, вращение которой образует поверхность, где располагаются концы векторов скорости v_{2_*}, превышающие по модулю скорость света в вакууме. В соответствии с функцией распределения угла α_*, представленной на рисунке 7.5.4, примерно в каждом десятом распаде будут появляться частицы, модуль скорости которых превышает скорость света в вакууме в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся. Когда направления векторов скоростей $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$ противоположны, модуль скорости v_{2_*} превышает скорость света в вакууме более чем на 72 %.

Согласно зависимости (7.5.4), подтверждённой экспериментально, скорость частицы, в том числе и образовавшейся при распаде, в лабораторной системе отсчёта не может превысить скорость света в вакууме. В связи с этим, возникают естественные вопросы:

- Почему в изотропном пространстве превышать скорость света в вакууме нельзя, а в анизотропном можно?
- Существуют ли предельные скорости для анизотропного пространства, и если существуют, то каковы их значения?

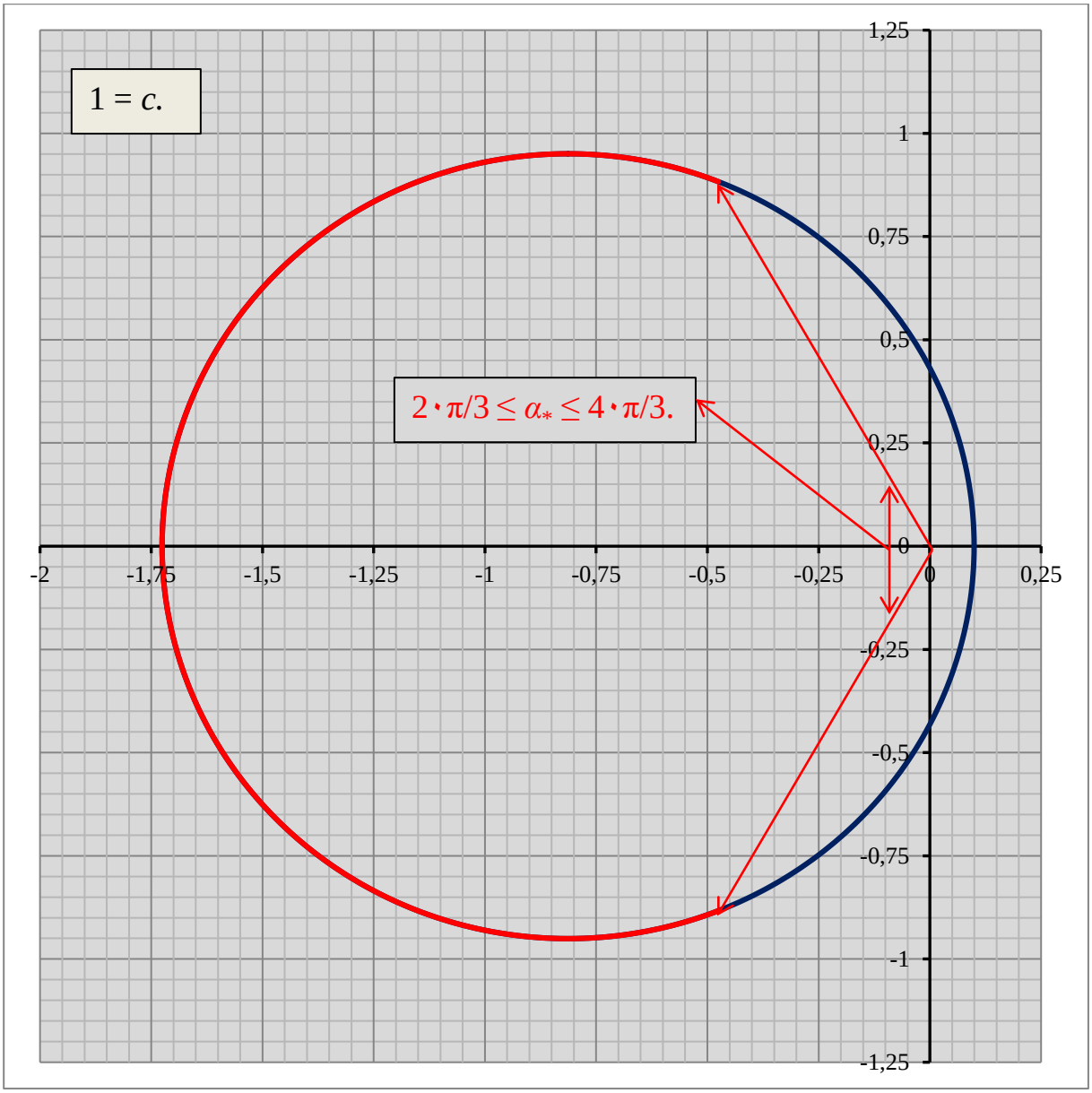


Рис. 7.5.7. Распределение скоростей частиц, образованных при распаде в анизотропном пространстве, в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся, определённое для случая, когда скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$, а скорость $v_2 = 0{,}99 \cdot c$.

Ответы на поставленные вопросы даёт лучевая модель распространения света, согласно которой кванты электромагнитного излучения транспортируются йонами лучей. В лабораторной системе отсчёта, пространство которой можно считать изотропным, модули скоростей йонов в лучах, его образующих, относительно неподвижной в ней частицы примерно равны скорости света в вакууме вне зависимости от пространственных направлений

лучей. В анизотропном пространстве, например, при распаде частицы, имеющей скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$ относительно лабораторной системы отсчёта, это не так.

Скорость йнов в лучах относительно распадающейся частицы зависит от пространственного направления лучей и определяется следующей зависимостью:

$$v_{\text{й}} = \sqrt{c^2 - v_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_*} - v_1 \cdot \cos \alpha_*, \qquad (7.5.39)$$

где $v_{\text{й}}$ – модуль скорости йона луча, измеренный в системе отсчёта, где распадающаяся частица покоится; α_* – угол между направлением вектора скорости $\vec{v}_1$ и вектором скорости йона луча $\vec{v}_{\text{й}}$, измеренный в системе отсчёта, где распадающаяся частица покоится.

На рисунке 7.5.8 показана окружность с радиусом равным скорости света в вакууме, вращение которой относительно горизонтальной оси образует поверхность сферы, где размещаются концы векторов скоростей йонов лучей, формирующих пространство. Для изотропного пространства начала векторов скоростей йонов лучей, формирующих пространство, совпадает с центром сферы. Для анизотропных пространств начала векторов скоростей йонов лучей, формирующих пространство, смещены вдоль горизонтальной оси вправо на величину равную значению скорости v_1.

Полагая, что в анизотропном пространстве в системе отсчёта, где распадающаяся частица покоится, вектор импульса, образовавшейся при распаде частицы, совпадает по направлению с вектором скорости йона луча, осуществляющего его “транспортировку”, определим зависимость скорости частицы от её импульса следующим выражением:

$$\vec{v}_{2_*} = \vec{v}_{\text{й}} \cdot \frac{P_{2_*}}{\sqrt{P_{2_*}^2 + P_{2_0}^2}}, \qquad (7.5.40)$$

где $\vec{v}_{\text{й}}$ – вектор скорости йона луча, осуществляющего “транспортировку” импульса $\vec{P}_{2_*}$; P_{2_*} – модуль импульса образовавшейся при распаде частицы,

измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится; P_{2_0} – модуль импульса покоя образовавшейся при распаде частицы.

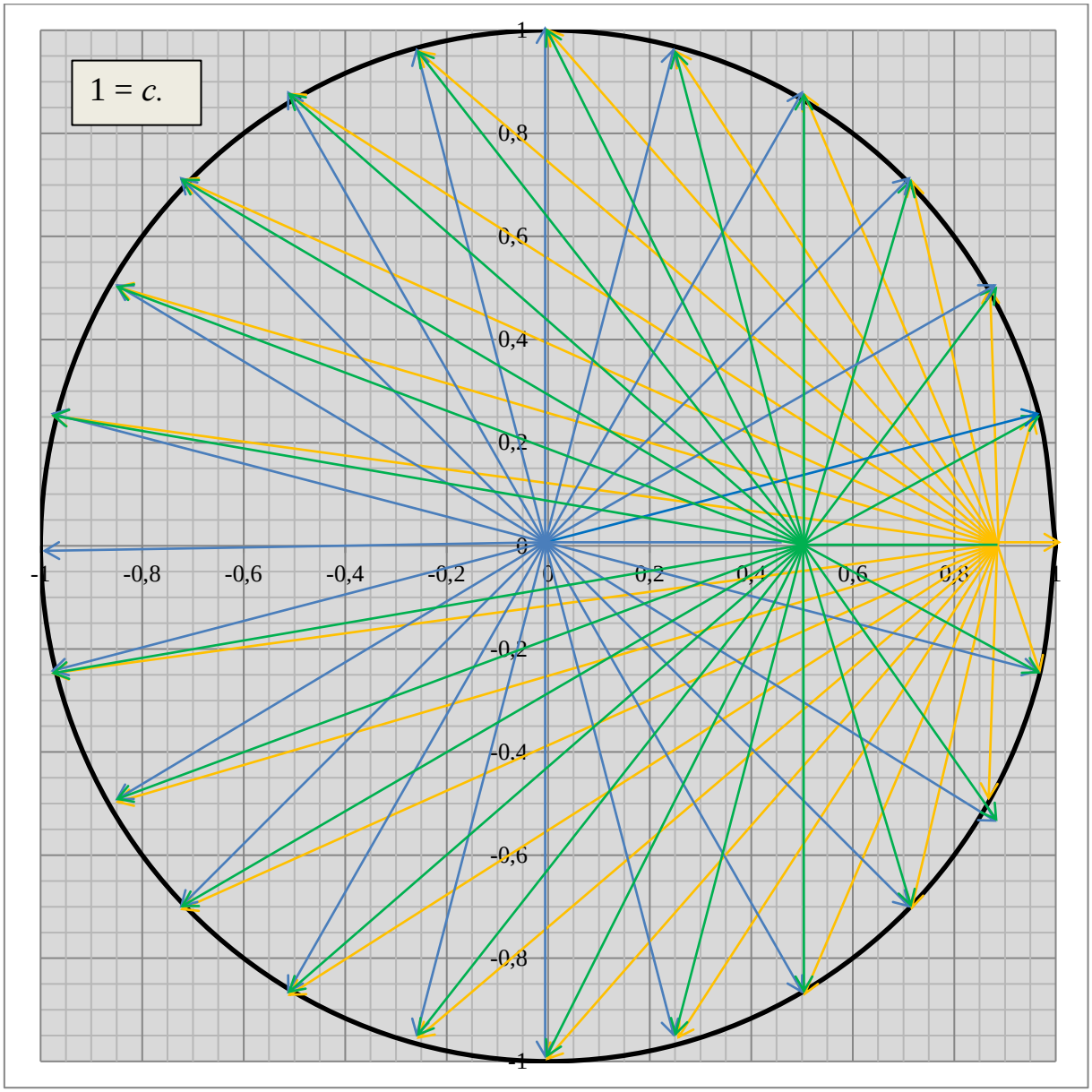


Рис. 7.5.8. Распределение скоростей йнов лучей, формирующих пространство, относительно распадающейся частицы (синий цвет – вектора скоростей йонов в изотропном пространстве, когда $v_1 = 0$; зелёный цвет – вектора скоростей йонов в анизотропном пространстве при $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – вектора скоростей йонов в анизотропном пространстве при $v_1 = 0{,}9 \cdot c$).

Заметим, что используемая ранее нами зависимость между скоростью и импульсом частицы в изотропном пространстве (7.5.4) является частным

случаем зависимости (7.5.40). Действительно, в изотропном пространстве для любого пространственного направления модуль скорости $v_{\text{й}} = \text{const} = c$, а вектор импульса, совпадающий по направлению с вектором скорости $\vec{v}_{\text{й}}$, равен $\vec{P}_2$. Подставляя его в (7.5.40), для изотропного пространства получаем знакомое выражение:

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_{\text{й}} \cdot \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 + P_{2_0}^2}} = c \cdot \frac{\vec{P}_2}{\sqrt{P_2^2 + P_{2_0}^2}}, \qquad (7.5.41)$$

Подставляя выражение (7.5.39) в (7.5.40), для анизотропного пространства получаем:

$$\vec{v}_{2_*} = \left(\sqrt{c^2 - v_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_*} - v_1 \cdot \cos \alpha_*\right) \cdot \frac{\vec{P}_{2_*}}{\sqrt{P_{2_*}^2 + P_{2_0}^2}}. \qquad (7.5.42)$$

Поскольку в выражении (5.7.40) вектор скорости $\vec{v}_{\text{й}}$ совпадает по направлению с вектором скорости $\vec{v}_{2_*}$, то угол α_* между векторами скоростей $\vec{v}_{\text{й}}$ и $\vec{v}_1$ в выражении (7.5.42) является также углом между векторами скоростей $\vec{v}_{2_*}$ и $\vec{v}_1$. Именно поэтому эти углы имеют одно обозначение.

Выражение (7.5.42) позволяет получить ответы на сформулированные ранее вопросы. Начнём с ответа на второй вопрос. В анизотропном пространстве, характеризуемом вектором скорости $\vec{v}_1$, каждое направление, составляющее с вектором скорости $\vec{v}_1$ угол α_*, имеет своё значение предельной скорости $v_{\text{й}}$, равное модулю скорости йона луча, формирующего пространство в данном направлении. Как это следует из уравнения (7.5.42), скорость частицы в данном направлении всегда будет меньше предельной, даже при очень больших значениях её импульса.

Законы изменения величин предельных скоростей $v_{\text{й}}$ от угла α_*, определённые для различных значений скорости v_1, представлены на рисунке 7.5.9. Величины предельных скоростей находятся в диапазоне:

$$c - v_1 \leq v_{\text{й}} \leq c + v_1. \qquad (7.5.43)$$

Выражение (7.5.43) даёт ответ на первый вопрос, почему в изотропном пространстве превысить скорость света в вакууме нельзя, а в анизотропном можно.

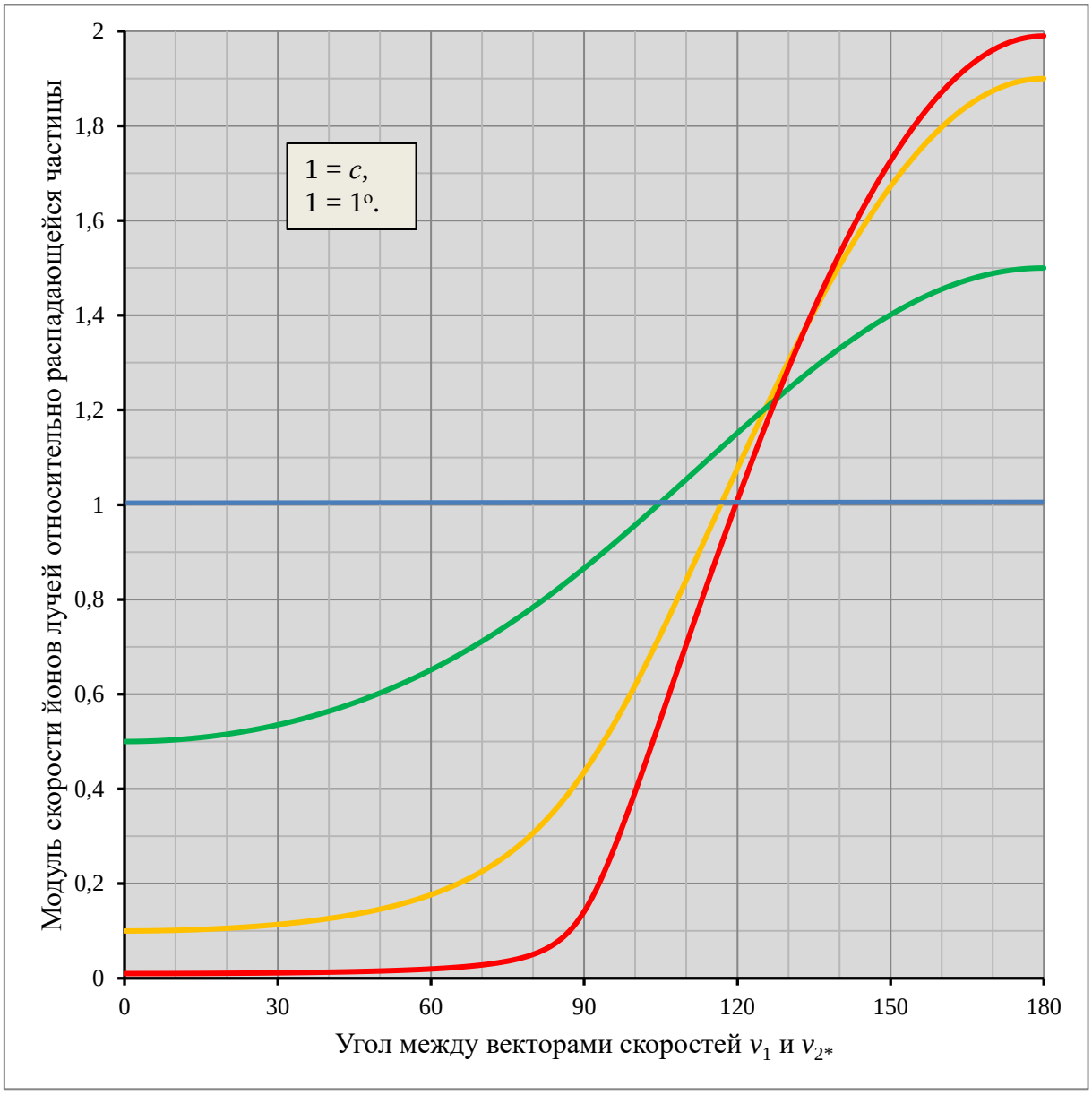


Рис. 7.5.9. Законы изменения величин предельных скоростей $v_{\text{й}}$ от угла α_*, определённые для изотропного и анизотропных пространств (синий цвет – скорость $v_1 = 0$; зелёный цвет – скорость $v_1 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_1 = 0{,}99 \cdot c$).

Действительно, в изотропном пространстве, характеризуемом скоростью $v_1 = 0$, предельная скорость равна скорости света в вакууме. В анизотропном же пространстве, например, характеризуемом скоростью $v_1 = 0{,}9 \cdot c$,

предельная скорость $v_{\text{й}}$ находится в диапазоне $0{,}1 \cdot c \leq v_{\text{й}} \leq 1{,}9 \cdot c$. Это означает, что при определённых значениях импульса частицы, когда угол $\alpha_* \geq 117°$, её скорость может превышать скорость света в вакууме. Так, при скорости $v_2 = 0{,}99 \cdot c$, скорость частицы, образованной при распаде в направлении противоположном вектору скорости $\vec{v}_1$, будет превышать скорость света в вакууме более чем на 70 %.

Анизотропное пространство, характеризуемое величиной скорости v_1 относительно лабораторной системы отсчёта, пространство которой считается изотропным, является простейшим случаем. В таком пространстве в результате любого воздействия на частицу, в том числе и при появлении частицы в ходе распада, модуль её скорости, измеренный в лабораторной системе отсчёта, не может превысить скорость света в вакууме. Это объясняется тем, что транспортировка квантов, осуществляющих воздействие на частицу, производится йонами лучей, формирующих изотропное пространство, модуль скорости которых относительно лабораторной системы отсчёта равна скорости света в вакууме. В более сложном случае, например, при взрыве белого карлика, анизотропное пространство формируется массой звезды, различные части которой передвигаются с большими скоростями в различных направлениях. В таком пространстве, где скорости йонов лучей, осуществляющих транспортировку квантов взаимодействия практически в одинаковых направлениях, могут существенно различаться, скорость отдельных частиц относительно центра масс звезды может превышать скорость света в вакууме. Но и в этом случае, в результате любого воздействия на частицу изменение её скорости не может превышать скорости йона луча, осуществляющего транспортировку кванта взаимодействия, измеренной в системе отсчёта, где частица покоится.

Используя зависимости (7.5.30), (7.5.31) и (7.5.39), определим модуль скорости $v_{\text{й}}$ через угол α_0, характеризующий идентичный распад в изотропном пространстве:

$$v_{\text{й}} = \sqrt{c^2 - v_1^2} \cdot \frac{\sqrt{c - v_1 \cdot \cos\alpha_0}}{\sqrt{c + v_1 \cdot \cos\alpha_0}}. \qquad (7.5.44)$$

Используя зависимости (7.5.24), (7.5.40) и (7.5.44), определим модуль импульса частицы, образованной при распаде в анизотропном пространстве:

$$P_{2_*} = P_{2_0} \cdot \frac{\frac{v_2}{c} \cdot \left(1 + \frac{v_1}{c} \cdot \cos\alpha_0\right)}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2} + 2 \cdot \frac{v_1}{c} \cdot \frac{v_2}{c} \cdot \left(1 - \frac{v_2}{c}\right) \cdot \cos\alpha_0}}. \qquad (7.5.45)$$

Отношение модулей импульсов частиц, образованных при идентичных распадах в анизотропном и изотропном пространствах, равно:

$$\frac{P_{2_*}}{P_2} = \frac{1 + \frac{v_1}{c} \cdot \cos\alpha_0}{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot \frac{v_1}{c} \cdot \frac{v_2}{c}}{\left(1 + \frac{v_2}{c}\right)} \cdot \cos\alpha_0}}. \qquad (7.5.46)$$

Определим зависимости отношений модулей импульсов $\frac{P_{2_*}}{P_2}$ и $\frac{P_{2_*}}{P_{2_0}}$ от угла α_*, характеризующего распад частицы в анизотропном пространстве:

$$\frac{P_{2_*}}{P_2} = \frac{1 + \frac{\frac{v_1}{c} \cdot \cos\alpha_*}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2} \cdot \sin^2\alpha_*}}}{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot \frac{v_1}{c} \cdot \frac{v_2}{c}}{\left(1 + \frac{v_2}{c}\right)} \cdot \frac{\cos\alpha_*}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2} \cdot \sin^2\alpha_*}}}}. \qquad (7.5.47)$$

$$\frac{P_{2_*}}{P_{2_0}} = \frac{\frac{v_2}{c} \cdot \left(1 + \frac{\frac{v_1}{c} \cdot \cos\alpha_*}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2} \cdot \sin^2\alpha_*}}\right)}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2} + \frac{2 \cdot \frac{v_1}{c} \cdot \frac{v_2}{c} \cdot \left(1 - \frac{v_2}{c}\right) \cdot \cos\alpha_*}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2} \cdot \sin^2\alpha_*}}}}. \qquad (7.5.48)$$

Графики изменений величин отношений $\frac{P_{2_*}}{P_2}$ и $\frac{P_{2_*}}{P_0}$ от угла между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$, построенные для скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$ при различных значениях скорости v_2, представлены на рисунках 7.5.10 и 7.5.11 соответственно.

Обращает на себя внимание уменьшение диапазона относительного изменения импульса частицы от угла α_* по мере возрастания его абсолютного значения. Так, при $v_2 = 0{,}5 \cdot c$, что соответствует значению $P_2 \approx 0{,}577 \cdot P_0$, диапазон относительного изменения импульса составляет $0{,}1581 < \frac{P_{2_*}}{P_2} < 1{,}5021$, в то время как при $v_2 = 0{,}99 \cdot c$, что соответствует $P_2 \approx 7{,}0179 \cdot P_0$, диапазон относительного изменения импульса составляет $0{,}3093 < \frac{P_{2_*}}{P_2} < 1{,}38005$. При этом диапазон изменений абсолютных значений импульса, естественно, имеет обратную тенденцию. При скорости $v_2 = 0{,}5 \cdot c$, диапазон значений импульса составляет $0{,}091 \cdot P_{2_0} < P_{2_*} < 0{,}867 \cdot P_{2_0}$, а при скорости $v_2 = 0{,}99 \cdot c$, диапазон значений импульса составляет $2{,}17 \cdot P_{2_0} < P_{2_*} < 9{,}59 \cdot P_{2_0}$.

Отношения модулей импульсов частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропных пространствах, равны единице, если направления скоростей $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$ ортогональны. Это утверждение справедливо при любых значениях скоростей v_1 и v_2. Следует ли из равенства модулей импульсов частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропных пространствах, равенство модулей их скоростей? Очевидно, что не следует.

Согласно зависимости (7.5.40), для равенства модулей скоростей частицы, когда модули их импульсов равны, необходимо также, чтобы модули скоростей йонов лучей в направлениях, ортогональных вектору скорости $\vec{v}_1$, в изотропном и анизотропных пространствах были равны. А, это не так.

Модуль скорости йона луча в направлении, ортогональном вектору скорости $\vec{v}_1$, в анизотропном пространстве согласно зависимости (7.5.39) равен:

$$v_{\text{й}_{\alpha_*=\pi/2}} = \sqrt{c^2 - v_1^2}, \qquad (7.5.49)$$

где $v_{\text{й}_{\alpha_*=\pi/2}}$ – модуль скорости йона луча, формирующего анизотропное пространство, в направлении, ортогональном вектору скорости $\vec{v}_1$.

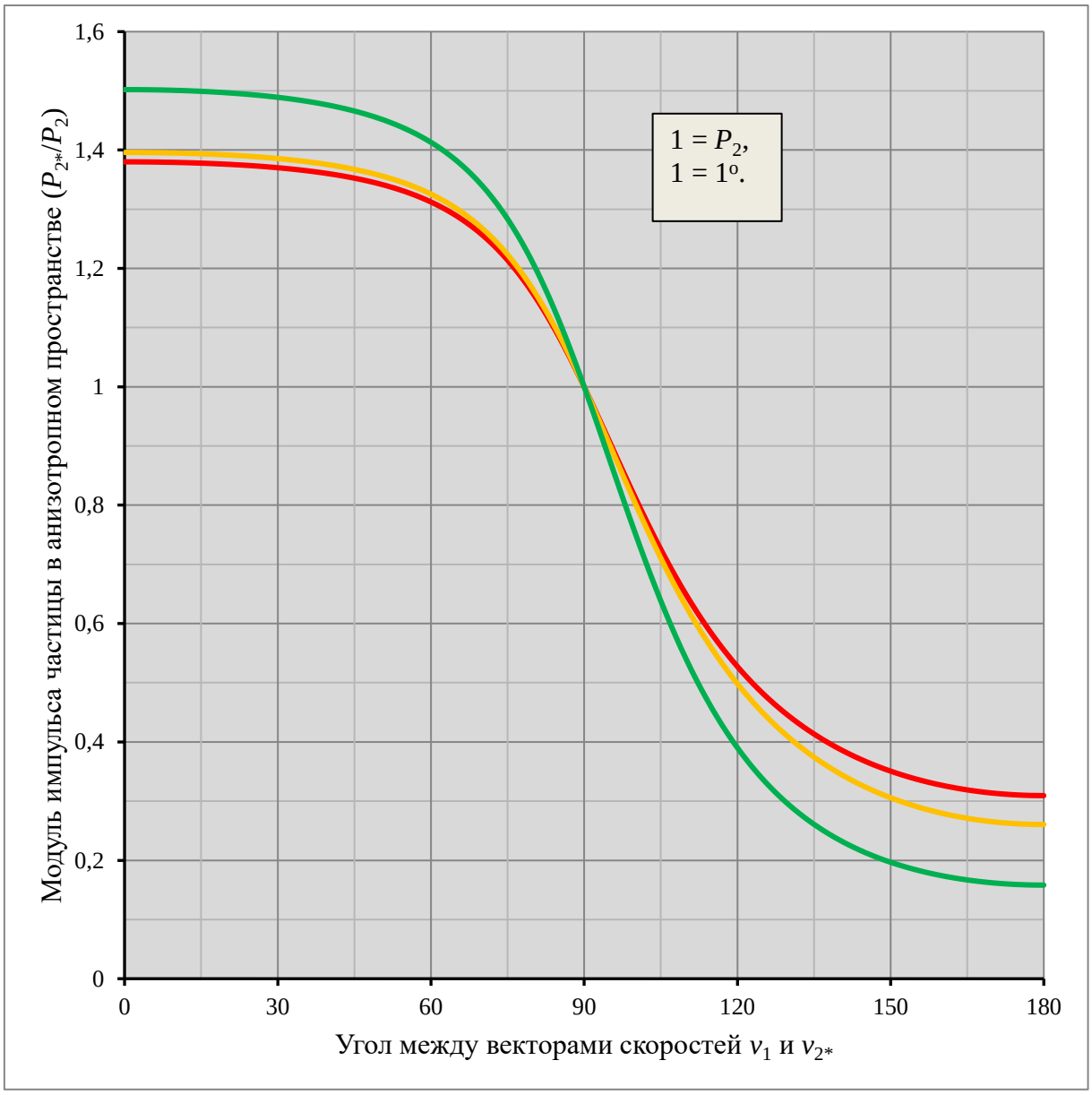


Рис. 7.5.10. Зависимости модулей импульсов частиц, образованных при распаде в анизотропном пространстве (скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$), от угла между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$, определённые для различных значений скорости v_2 (зелёный цвет – скорость $v_2 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_2 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_2 = 0{,}99 \cdot c$).

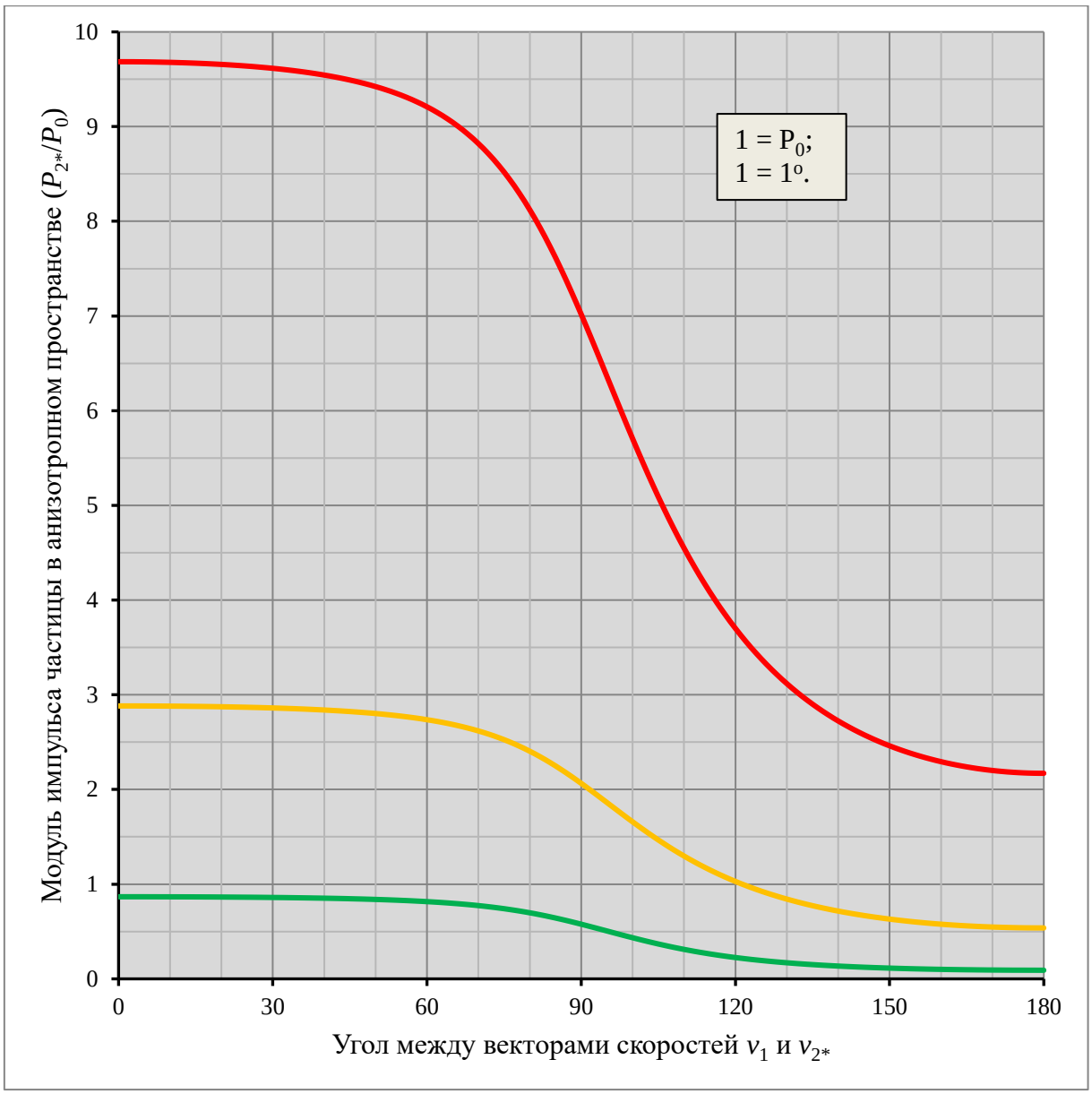


Рис. 7.5.11. Зависимости модулей импульсов частиц, образованных при распаде в анизотропном пространстве (скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$), от угла между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$, определённые для различных значений скорости v_2 (зелёный цвет – скорость $v_2 = 0{,}5 \cdot c$; жёлтый цвет – скорость $v_2 = 0{,}9 \cdot c$; красный цвет – скорость $v_2 = 0{,}99 \cdot c$).

Поскольку в изотропном пространстве модули скоростей йонов в лучах в любом направлении равны скорости света в вакууме, то соотношение модулей скоростей йонов в лучах в направлении, ортогональном вектору скорости $\vec{v}_1$, для изотропного и анизотропного пространства будет равно:

$$\frac{\mathrm{c}}{v_{\text{й}_{\alpha_*=\pi/2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}. \qquad (7.5.50)$$

В этом же соотношении будут находиться модули скоростей частиц, образованных при распадах в изотропном и анизотропном пространстве, в направлениях, ортогональных вектору скорости $\vec{v}_1$, что имеет экспериментальное подтверждение.

Сравнение результатов оценок, представленных на рисунках 7.5.6 и 7.5.11, показывает, что максимальным значениям импульсов частиц, образованных в ходе распадов в анизотропном пространстве, соответствуют минимальные значения их скоростей. Максимальным же значениям скоростей частиц, для случаев, когда скорости $v_2 = 0{,}9 \cdot c$ и $v_2 = 0{,}99 \cdot c$, помеченных на рисунках жёлтым и красным цветом соответственно, отвечают минимальные значения их импульсов. В изотропном пространстве всегда предание большего импульса частице сопряжено с её большим модулем скорости. В анизотропном пространстве это не всегда так. Здесь необходимо учитывать отличие модулей скоростей йонов – транспортёров импульсов в различных направлениях. Так, при модуле скорости $v_1 = 0{,}9 \cdot c$, модули скоростей йонов – транспортёров, осуществляющих доставку импульсов в направлениях, соответствующих максимальным значениям импульсов частиц, в девятнадцать раз меньше модулей скоростей йонов – транспортёров, осуществляющих доставку импульсов в направлениях, соответствующих минимальным значениям импульсов частиц.

Изолинии модулей скоростей частиц, вызванных приданными им импульсами, в зависимости от модуля скорости йона – “транспортёра” импульса и доли импульса в суммарном импульсе частицы представлены на рисунке 7.5.12.

В анизотропном пространстве для придания частице заданной скорости в одинаковой степени важны и модуль скорости йона – “транспортёра” импульса, и его доля в общем импульсе частицы.

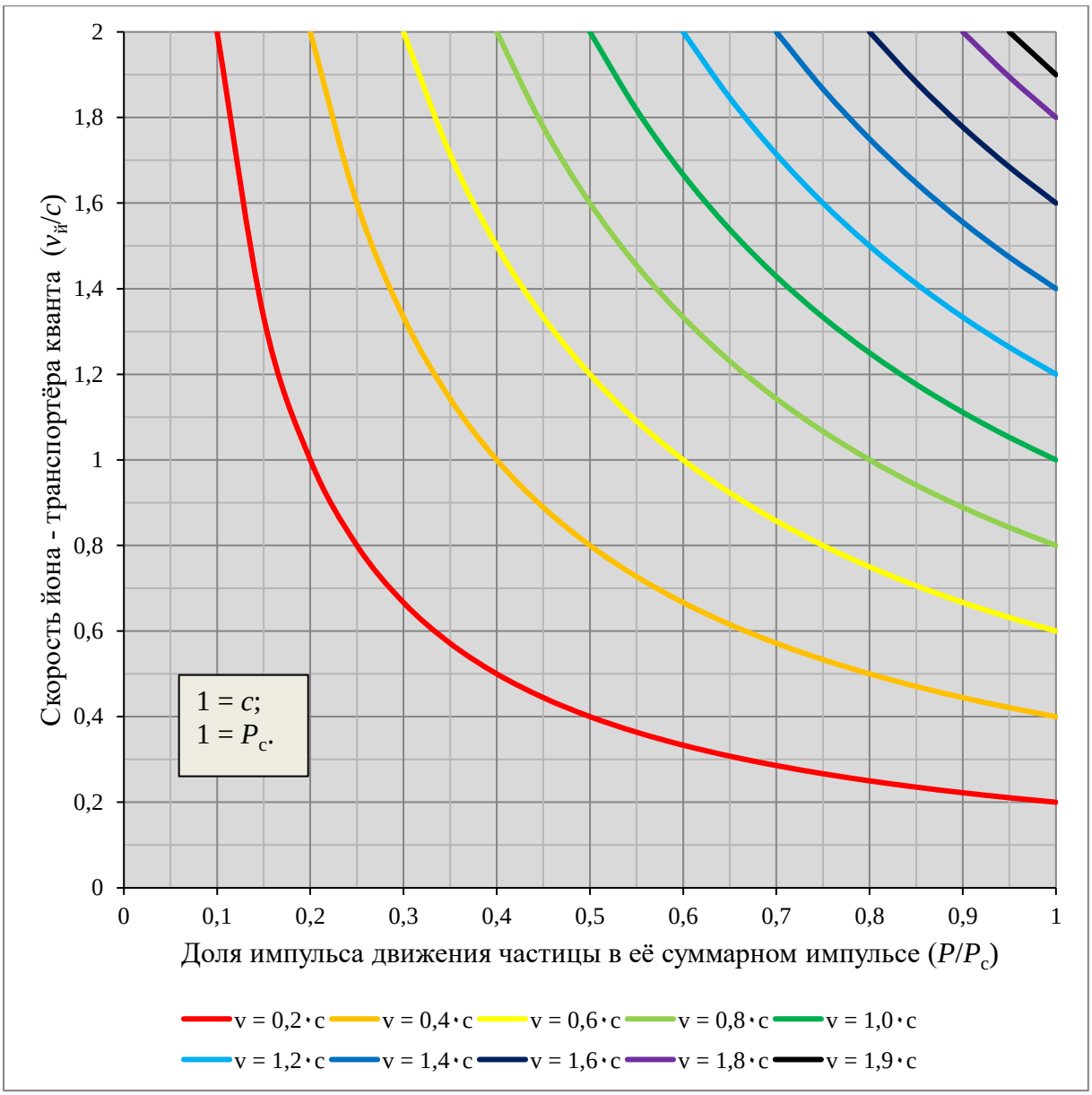


Рис. 7.5.12. Изолинии модуля скорости частицы, вызванной приданным ей импульсом, в зависимости от модуля скорости йона – “транспортёра” импульса и доли импульса в суммарном импульсе частицы.

Пространство лабораторной системы отсчёта лишь в первом приближении можно считать изотропным. Лучи каждого космического объекта нашей Метагалактики присутствуют в пространстве земной лаборатории, но их доля, за исключением лучей ограниченного числа космических объектов, ничтожно мала, так, что их вкладом в формирование лабораторного пространства можно пренебречь. В основном лабораторное пространство соткано из лучей массы Земли, но определённый вклад вносят также лучи таких

космических объектов, как Луна, Солнце и звёзды Млечного Пути. То, что такой вклад существует, доказывают результаты многолетних исследований, выполненных замечательным физиком – экспериментатором Симоном Эльевичем Шнолем [38], [39], [40].

В своих исследованиях, которые осуществлялись в течение многих десятилетий, Симону Шнолю удалось показать, что протекание биологических, химических и физических процессов зависит, в том числе и от того, какова текущая ориентация Луны, Солнца и звёзд Млечного Пути относительно лабораторной системы отсчёта.

Заметим, что такие важные направления исследований, как выявление влияния особенностей формирования физического пространства на протекание процессов различной природы, так и переосмысление более широкого круга известных закономерностей с позиций икраткого взаимодействия, требуют проведения целого ряда специальных исследований и далеко выходят за рамки настоящей работы.

В целом, исследования, представленные в седьмом разделе, с одной стороны, являются доказательством достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия, а с другой стороны, формируют новый взгляд на нашу Вселенную, основанный на открытии йона и икраткого взаимодействия, вносящий фундаментальные изменения в уровень научного познания.

В ближайшие годы предстоит выполнить большую работу по освоению нового месторождения фундаментальных знаний, проистекающих из икраткого взаимодействия. Прежде, чем перейти к изложению основных результатов, полученных в данной работе, и предложений по направлениям дальнейших исследований, рассмотрим, в качестве примера, новый взгляд на энергетику звёзд, основанный на икратком взаимодействии.

8. Новый взгляд на энергетику звёзд

В настоящее время гипотеза о том, что термоядерный синтез является основным источником энергии звёзд, считается общепризнанной. В данном подразделе мы рассмотрим альтернативную гипотезу, основанную на икратком взаимодействии. Возникает естественный вопрос о целесообразности такого рассмотрения. Действительно, с тех пор, когда физики считали, что температура недр звёзд недостаточна для протекания термоядерного синтеза, были выполнены многочисленные исследования в обоснование гипотезы о термоядерном источнике энергии звёзд. Результаты этих исследований были приняты научным сообществом и самые значимые из них отмечены целым рядом присуждений Нобелевских премий, последнее из которых датировано 2015 годом [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48].

Можем ли мы, исходя из результатов всего комплекса выполненных исследований, однозначно утверждать, что термоядерный синтез, как основной источник энергии звёзд, является в настоящее время не гипотезой, а экспериментально установленным фактом? Чтобы выразить своё отношение к данному вопросу, рассмотрим утверждение о том, что недалеко от центра Млечного Пути обнаружена сверхмассивная чёрная дыра. Данное утверждение стало возможным после открытия, которое состоялось в результате многолетних наблюдений за космическим объектом Стрелец A^*. Исходя из наблюдений элементов орбит звёзд, ближайших к космическому объекту Стрелец A^*, было установлено, что его масса в миллионы раз превышает солнечную. Учитывая ограниченный объём и низкую мощность излучения для объекта такой массы, среди исследователей был сделан единственно возможный вывод, что космический объект Стрелец A^* “не может быть ничем иным, кроме чёрной дыры” [49]. В настоящее время космические объекты большой массы и с низкой светимостью, обнаруженные в центрах многих галактик, принято рассматривать как сверхмассивные чёрные дыры. Считается, что в центрах квазаров также находятся сверхмассивные чёрные

дыры [4]. При этом мощное излучение квазаров, которое в сотни раз превышает суммарную мощность излучения всех звёзд Млечного Пути, объясняется аккрецией на сверхмассивную чёрную дыру материи из окружающего её пространства. Поскольку, с одной стороны, во Вселенной, созданной икратким взаимодействием, нет места таким экзотическим объектам, как чёрные дыры в современном их представлении, а, с другой стороны, модели звёзд, основанные на гипотезе о термоядерном источнике их энергии, не позволяют объяснить результаты наблюдений сверхмассивных космических объектов низкой светимости, к числу которых относится Стрелец A^*, и сверхмощных маяков Вселенной – квазаров, то возникает необходимость поиска новых гипотез об источниках энергии звёзд.

В данном разделе мы рассмотрим:

- Гипотезу о световом источнике энергии звёзд, который обусловлен икратким взаимодействием.
- Модель звезды со световым источником её энергии.
- Основные характеристики звёзд, определённые исходя из диаграммы Герцшпрунга – Рассела на модели со световым источником энергии звёзд.
- Сравнение результатов оценок по определению орбит звёзд, образующих затменно-двойную звезду NGC 3603-A1.
- Модель определения максимального размера звёзд со световым источником их энергии.
- Основные характеристики звёзд максимальных размеров со световым источником их энергии.
- Модель изменения основных характеристик звёзд максимальных размеров со световым источником их энергии во времени.
- Результаты оценки характеристик космического объекта Стрелец A^*, как звезды максимальных размеров со световым источником её энергии.

- Основные характеристики сверхмассивных звёзд с Эддингтоновской светимостью, определённые на модели звезды со световым источником её энергии.
- Модель изменения мощности излучения сверхмассивных звёзд с Эддингтоновской светимостью со световым источником их энергии в зависимости от величины красного смещения их излучения.
- Диапазоны изменения основных характеристик ряда известных квазаров как сверхмассивных звёзд со световым источником энергии, определённые исходя из их видимой звёздной величины и величины красного смещения их излучения.
- Результаты оценок по изменению видимой звёздной величины сверхмассивных звёзд с Эддингтоновской светимостью от значения красного смещения их излучения, полученные на модели и их сравнение с данными наблюдений квазаров.
- Диаграммы изменения максимальных и минимальных размеров массивных звёзд от их массы.
- Зависимости масса – светимость для массивных звёзд основных спектральных классов, определённые на модели звезды со световым источником их энергии.
- Зависимости мощности излучения массивных звезд со световым источником энергии от эффективных температур их поверхности, определённые для различных масс звёзд.
- Зависимости радиуса и абсолютной звёздной величины массивных звёзд со световым источником энергии от эффективной температуры их поверхности, определённые для различных масс звёзд.
- Результаты оценки характеристик космического объекта M87*, как звезды со световым источником энергии, основанные на его изображениях, полученных при его наблюдении в апреле 2017 года.

Представленные в данном разделе результаты исследований по существу являются нашим ответом на вопрос: термоядерный источник энергии звёзд в настоящее время является гипотезой или экспериментально установленным фактом?

8.1. Гипотеза о световом источнике энергии звёзд

Гипотеза, принятая нами к рассмотрению в данном разделе, основывается на предположении о том, что объёмное икраткое взаимодействие частиц звезды инициирует размножение квантов света (электромагнитного излучения), которые находятся в непосредственной близости от них в этот момент. Гипотеза гласит, что основной источник энергии звёзд формируется за счёт энергии квантов света, образовавшихся в ходе их размножения, инициируемого объёмным икратким взаимодействием частиц звезды. Источник энергии звёзд, связанный с размножением квантов света, инициированным икратким взаимодействием, будем называть световым.

Перевод принятой нами гипотезы о световом источнике энергии звёзд на язык цифр и математических зависимостей целесообразно осуществлять на примере Солнца, как звезды, характеристики которой нам хорошо известны.

Масса Солнца в настоящий момент составляет $M_{\text{Sun}} \approx 1{,}99 \cdot 10^{30}$ [кг]. Ежесекундный прирост массы Солнца в результате икраткого взаимодействия равен $\frac{dM_{\text{Sun}}}{dt} \approx 1{,}83 \cdot 10^{13} \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right]$.

Масса Солнца, выраженная через сумму масс электрона и протона, равна:

$$N_{\text{Sun}} = \frac{M_{\text{Sun}}}{m_{\text{e}} + m_{\text{p}}} \approx 1{,}19 \cdot 10^{57}. \tag{8.1}$$

Частота размножений электронов и протонов на Солнце в настоящее время составляет:

$$\frac{dN_{\text{Sun}}}{dt} \approx 5{,}47 \cdot 10^{39} \left[\frac{1}{c}\right]. \tag{8.2}$$

Учитывая, что затраты энергии, связанные с возрастными изменениями Солнца, в настоящее время составляют лишь незначительную долю от общей энергии, формируемой при размножении квантов света, инициированного

икратким взаимодействием её частиц, то мощность светового источника энергии Солнца можно принять равным мощности его излучения:

$$L_{\text{й}_{\text{Sun}}} \approx L_{\text{Sun}} \approx 3{,}86 \cdot 10^{26} \text{ [Вт]}, \tag{8.3}$$

где $L_{\text{й}_{\text{Sun}}}$ – мощность светового источника энергии Солнца; L_{Sun} – мощность излучения Солнца.

Исходя из мощности светового источника энергии Солнца и частоты размножений электронов и протонов на Солнце, находим усреднённую величину световой энергии, генерируемой икратким взаимодействием одного протона и одного электрона на Солнце, в настоящее время:

$$\bar{Q}_{\text{й}_{\text{e+}p}} \approx \frac{L_{\text{й}_{\text{Sun}}}}{\frac{dN_{\text{Sun}}}{dt}} \approx 7{,}055 \cdot 10^{-14} \text{ [Дж]} \approx 4{,}40 \cdot 10^{5} \text{[эВ]}, \tag{8.4}$$

где $\bar{Q}_{\text{й}_{\text{e+p}}}$ – усреднённая величина световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона на Солнце в настоящее время.

Полагая, что текущий суммарный объем пространства, в котором происходит размножение квантов света при икратком взаимодействии одного протона и одного электрона, есть величина постоянная, не зависящая от того, в какой точке пространства Вселенной это происходит, гипотеза о световом источнике энергии звёзд может быть конкретизирована следующей зависимостью:

$$Q_{\text{й}_{\text{e+p}}}(T) = \begin{cases} a_{\text{й}_{\text{e+p}}} \cdot T^4, & T > T_{1\gamma} \\ 5{,}4 \cdot k \cdot T, & T \le T_{1\gamma} \end{cases}, \tag{8.5}$$

где T – абсолютная температура среды, в которой происходят размножения протона и электрона; $Q_{\text{й}_{\text{e+p}}}(T)$ – величина световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона, когда абсолютная температура окружающей их среды равна T; k – постоянная Больцмана; $a_{\text{й}_{\text{e+p}}}$ – постоянная, характеризующая величину световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона.

Договоримся постоянную $a_{\text{й}_{\text{e+p}}}$ называть световой.

Уровень $T_{1\gamma}$ является температурой, ниже которой размножение как одного электрона, так и одного протона генерирует размножение одного кванта света. Значение уровня температуры $T_{1\gamma}$ определяется следующим выражением:

$$T_{1\gamma} = \sqrt[3]{\frac{5{,}4 \cdot k}{a_{\text{й}_{\text{e+p}}}}}. \tag{8.6}$$

Значение световой постоянной $a_{\text{й}_{e+p}}$, характеризующей величину световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона, определяется следующим выражением:

$$a_{\text{й}_{\text{e+p}}} = \frac{4}{c} \cdot \sigma \cdot V_{\text{й}_{\text{e+p}}} = \frac{16 \cdot \pi}{3 \cdot c} \cdot \sigma \cdot n_{\text{й}_{\text{e+p}}}^3 \cdot l^3, \tag{8.7}$$

где σ – постоянная Стефана – Больцмана; $V_{\text{й}_{\text{e+p}}}$ – суммарный объём пространства, в котором происходит размножение квантов света при икратком взаимодействии одного протона и одного электрона; $n_{\text{й}_{\text{e+p}}}$ – радиус шара, измеренный в длинах йона, объём которого равен $V_{\text{й}_{\text{e+p}}}$.

Численное значение световой постоянной $a_{\text{й}_{\text{e+p}}}$ будет определено нами в следующем подразделе, основываясь на известных характеристиках Солнца и используя для этого стандартную модель звезды Эддингтона, доработанную с учётом светового источника её энергии.

8.2. Модель излучения звезды со световым источником её энергии

В данном подразделе мы рассмотрим модель излучения звезды со световым источником её энергии. Для определения основных характеристик звёзд воспользуемся стандартной моделью Эддингтона [50]. Это модель звезды из идеального невырожденного газа с постоянным по глубине средним молекулярным весом, в которой давление излучения составляет постоянную по глубине долю полного давления. Индекс политропы этой модели равен трём.

Перечислим основные зависимости, вытекающие из стандартной модели Эддингтона, которые будут использованы нами для определения мощности светового источника энергии звезды:

- Температура в центре звезды:

$$T_c = \beta \cdot t_c \cdot \frac{\mu_s \cdot m_0}{k} \cdot \frac{G \cdot M_s}{R_s}, \quad (8.8)$$

где M_s – масса звезды; R_s - радиус звезды; m_0 – атомная единица массы; μ_s – средний молекулярный вес; β – доля газового давления в полном давлении; t_c – безразмерный множитель, который для политропы с индексом равным трём принимает следующее значение $t_c = 0{,}8543$.

- Плотность в центре звезды:

$$\rho_c = \sigma_c \cdot \frac{M_s}{4 \cdot \pi \cdot R_s^3}, \quad (8.9)$$

где σ_c – безразмерная плотность, которая для политропы с индексом равным трём принимает следующее значение $\sigma_c = 162{,}5$.

- Функция Эмдена в зависимости от доли радиуса звезды $\bar{r} = \frac{r}{R_s}$ для политропы с индексом равным трём – $\theta(\bar{r})$. График функции $\theta(\bar{r})$, построенный на основе табличных данных, взятых из работы [50], представлен на рисунке 8.1 чёрным цветом. Для расчётов нами использовалась следующая аппроксимирующая зависимость:

$$\theta(\bar{r}) = 6{,}8741 \cdot \bar{r}^5 - 20{,}917 \cdot \bar{r}^4 + 23{,}142 \cdot \bar{r}^3 - 10{,}112 \cdot \bar{r}^2 + 0{,}0142 \cdot \bar{r} + 1{,}0017. \quad (8.10)$$

График аппроксимирующей зависимости (8.10) представлен на рисунке 8.1 красным цветом.

- Зависимость температуры в звезде от относительного удаления до её центра:

$$T_{\bar{r}} = T_c \cdot \theta(\bar{r}). \quad (8.11)$$

- Зависимость плотности в звезде от относительного удаления до её центра:

$$\rho_{\bar{r}} = \rho_c \cdot \theta^3(\bar{r}). \quad (8.12)$$

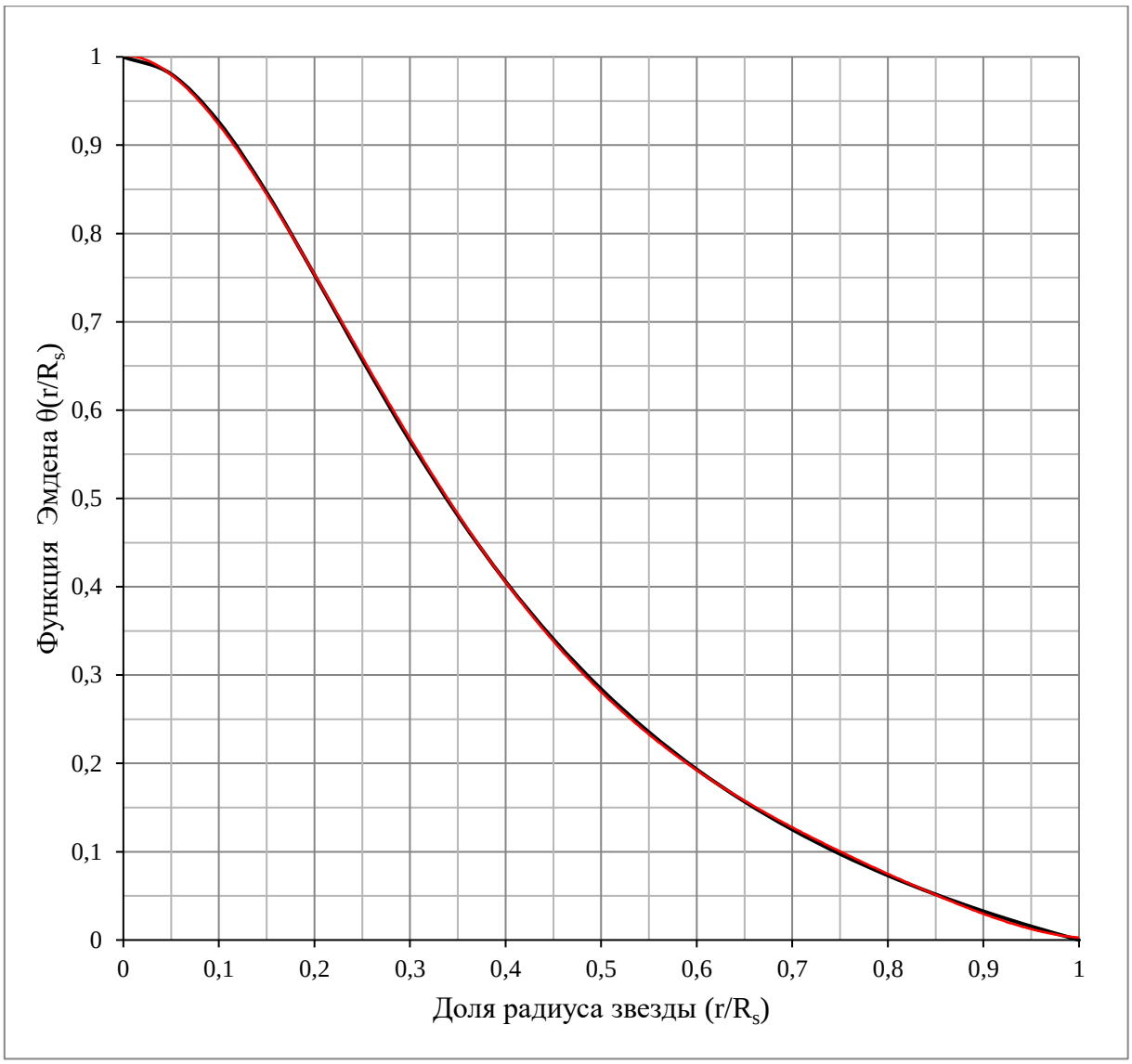


Рис. 8.1. Функция Эмдена в зависимости от доли радиуса звезды (r/R_s) и график аппроксимирующей её зависимости (8.10).

- Связь массы звезды с долей её газового давления в полном давлении:

$$M_s = \frac{4 \cdot \mu_1}{\sqrt{\pi \cdot G^3}} \cdot \left(\frac{k}{m_0 \cdot \mu_s \cdot \beta}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot c \cdot (1-\beta)}{4 \cdot \sigma}}, \tag{8.13}$$

где μ_1 – числовая постоянная, связанная с функцией Эмдена, которая для политропы с индексом равным трём принимает следующее значение $\mu_1 = 2{,}0182$.

Мощность светового источника энергии звезды определяется следующим выражением:

$$L_\gamma = \int_{\bar{r}=0}^{1} f_{\text{e+p}}(\bar{r}) \cdot Q_{\breve{и}_{\text{e+p}}}(T_{\bar{r}}) \cdot d\bar{r}, \tag{8.14}$$

где $f_{\text{e+p}}(\bar{r}) \cdot d\bar{r}$ – частота размножений протонов (электронов), расположенных в звезде на относительных удалениях от $\bar{r}$ до $\bar{r} + d\bar{r}$ от её центра; $Q_{\breve{и}_{\text{e+p}}}(T_{\bar{r}})$ – средняя величина световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона, расположенных в звезде на относительных удалениях от $\bar{r}$ до $\bar{r} + d\bar{r}$ от её центра.

Частота размножений протонов (электронов), расположенных в звезде на относительных удалениях от $\bar{r}$ до $\bar{r} + d\bar{r}$ от её центра, равна:

$$f_{\text{e+p}}(\bar{r}) \cdot d\bar{r} = \breve{и}_* \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot (\bar{r} \cdot R_{\text{s}})^2}{(m_{\text{e}} + m_{\text{p}})} \cdot \rho_{\bar{r}} \cdot d(\bar{r} \cdot R_{\text{s}}) = \frac{4 \cdot \pi \cdot \bar{r}^2 \cdot {R_{\text{s}}}^3}{t \cdot (m_{\text{e}} + m_{\text{p}})} \cdot \rho_c \cdot \theta^3(\bar{r}) \cdot d\bar{r}, \tag{8.15}$$

где $\breve{и}_*$ – интенсивность объёмного икраткого взаимодействия, равная $\breve{и}_* = \frac{1}{t}$, где t – время существования Вселенной.

Средняя величина световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона в звезде на относительном удалении $\bar{r}$ от её центра, равна:

$$Q_{\breve{и}_{\text{e+p}}}(T_{\bar{r}}) = \begin{cases} a_{\breve{и}_{\text{e+p}}} \cdot {T_c}^4 \cdot \theta^4(\bar{r}), & \bar{r} < \bar{r}_{T_{1\gamma}} \\ 5{,}4 \cdot k \cdot T_c \cdot \theta(\bar{r}), & \bar{r} \geq \bar{r}_{T_{1\gamma}} \end{cases}, \tag{8.16}$$

где $\bar{r}_{T_{1\gamma}}$ – относительное удаление от центра звезды, при котором температура в звезде становится равной $T_c \cdot \theta(\bar{r}) = T_{1\gamma}$.

Подставляя выражения (8.15) и (8.16) в (8.14), получаем следующую зависимость для определения мощности светового источника энергии звезды:

$$L_\gamma = \frac{4 \cdot \pi \cdot {R_{\text{s}}}^3 \cdot a_{\breve{и}_{\text{e+p}}}}{(m_{\text{e}} + m_{\text{p}}) \cdot t} \cdot \rho_c \cdot {T_c}^4 \cdot \left[\int_{\bar{r}=0}^{\bar{r}_{T_{1\gamma}}} \bar{r}^2 \cdot \theta^7(\bar{r}) \cdot d\bar{r} + \frac{5{,}4 \cdot k}{a_{\breve{и}_{\text{e+p}}} \cdot {T_c}^3} \int_{\bar{r}=\bar{r}_{T_{1\gamma}}}^{1} \bar{r}^2 \cdot \theta^4(\bar{r}) \cdot d\bar{r} \right]. \tag{8.17}$$

Специально проведённые предварительные исследования показали, что для большого числа звёзд, в том числе и для Солнца, определение мощности светового источника их энергии с достаточной для практических целей точностью можно осуществлять с использованием следующей зависимости:

$$L_\gamma = \frac{4\cdot\pi\cdot {R_\text{s}}^3\cdot a_{\text{й}_\text{e+p}}}{\left(m_\text{e}+m_\text{p}\right)\cdot t}\cdot\rho_c\cdot {T_c}^4\cdot\int\limits_{\bar{r}=0}^{1}\bar{r}^2\cdot\theta^7(\bar{r})\cdot d\bar{r} = \frac{4\cdot\pi\cdot {R_\text{s}}^3\cdot a_{\text{й}_{e+p}}}{\left(m_\text{e}+m_\text{p}\right)\cdot t}\cdot\rho_c\cdot {T_c}^4\cdot\mu7, \qquad (8.18)$$

где $\mu7 = \int_{\bar{r}=0}^{1}\bar{r}^2\cdot\theta^7(\bar{r})\cdot d\bar{r} \approx 0{,}0013305$.

Заметим, что значение μ7 определено нами численным интегрированием с использованием аппроксимирующей зависимости (8.10).

Подставляя выражения (8.7), (8.8) и (8.9) в (8.18) получим следующее выражение для определения мощности светового источника энергии звёзд:

$$L_\gamma = \frac{16\cdot\pi}{3}\cdot\frac{n_{\text{й}_\text{e+p}}^3\cdot l^3\cdot\sigma_c\cdot t_c^4}{\left(m_\text{e}+m_\text{p}\right)\cdot t}\cdot\frac{\sigma\cdot\beta^4\cdot\mu_s^4\cdot m_0^4}{c\cdot k^4}\cdot\frac{G^4\cdot M_\text{s}^5}{R_\text{s}^4}\cdot\mu7. \qquad (8.19)$$

Определим квадрат массы звезды, используя выражение (8.13):

$$M_\text{s}^2 = \frac{4\cdot {\mu_1}^2}{\pi\cdot G^3}\cdot\left(\frac{k}{m_0\cdot\mu_\text{s}\cdot\beta}\right)^4\cdot\frac{3\cdot c\cdot(1-\beta)}{\sigma}. \qquad (8.20)$$

Это позволит нам упростить выражение (8.19). Для этого осуществим подстановку M_s^2, определяемого выражением (8.20), в выражение (8.19). В результате получим:

$$L_\gamma = 64\cdot\frac{n_{\text{й}_\text{e+p}}^3\cdot l^3\cdot\sigma_c\cdot t_c^4\cdot {\mu_1}^2}{\left(m_\text{e}+m_\text{p}\right)\cdot t}\cdot G\cdot\mu7\cdot\frac{(1-\beta)\cdot M_\text{s}^3}{R_\text{s}^4} = И\cdot\frac{(1-\beta)\cdot M_\text{s}^3}{R_\text{s}^4}, \qquad (8.21)$$

где *И* – звёздная постоянная.

Согласно (8.21), звёздная постоянная *И*, с одной стороны, равна:

$$И = \frac{L_\gamma\cdot R_\text{s}^4}{(1-\beta)\cdot M_\text{s}^3}. \qquad (8.22)$$

Данная зависимость, используя характеристики Солнца, позволяет определить численное значение звёздной постоянной:

$$И = \frac{L_\text{Sun}\cdot R_\text{Sun}^4}{(1-\beta_\text{Sun})\cdot M_\text{Sun}^3} \approx 2{,}78\cdot 10^{-26}\left[\frac{\text{м}^6}{\text{кг}^2\cdot\text{с}^3}\right]. \qquad (8.23)$$

С другой стороны, звёздная постоянная *И* равна:

$$И = 64\cdot\frac{n_{\text{й}_\text{e+p}}^3\cdot l^3\cdot\sigma_c\cdot t_c^4\cdot {\mu_1}^2}{\left(m_\text{e}+m_\text{p}\right)\cdot t}\cdot G\cdot\mu7. \qquad (8.24)$$

Данная зависимость позволяет определить значение безразмерной постоянной $n_{\text{й}_\text{e+p}}$:

$$n_{\text{й}_{\text{e+p}}} = \frac{1}{4 \cdot l} \cdot \sqrt[3]{\frac{И \cdot \left(m_{\text{e}} + m_{\text{p}}\right) \cdot t}{\sigma_c \cdot t_c^4 \cdot {\mu_1}^2 \cdot G \cdot \mu 7}} = \text{const} \approx 1{,}18 \cdot 10^6. \quad (8.25)$$

Знание значения безразмерной постоянной $n_{\text{й}_{\text{e+p}}}$ даёт возможность определить численное значение световой постоянной $a_{\text{й}_{\text{e+p}}}$, характеризующей величину световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона:

$$a_{\text{й}_{\text{e+p}}} = \frac{16 \cdot \pi}{3 \cdot c} \cdot \sigma \cdot n_{\text{й}_{\text{e+p}}}^3 \cdot l^3 = 1{,}605 \cdot 10^{-41} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}^4}\right]. \quad (8.26)$$

Численное значение температуры, ниже которой размножение как одного электрона, так и одного протона генерирует размножение одного кванта света, равно:

$$T_{1\gamma} = \sqrt[3]{\frac{5{,}4 \cdot k}{a_{\text{й}_{\text{e+p}}}}} \approx 1{,}668 \cdot 10^6 \text{ [К]}. \quad (8.27)$$

Зависимость средней величины световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона, от температуры окружающей их среды представлена на рисунке 8.2.

Плотность распределения доли мощности светового источника энергии звезды по относительному расстоянию до её центра равна:

$$\frac{d\bar{L}_{\gamma_{\bar{r}}}}{d\bar{r}} = \frac{\bar{r}^2 \cdot \theta^7(\bar{r})}{\mu 7}, \quad (8.28)$$

где $\bar{L}_{\gamma_{\bar{r}}}$ – доля мощности светового источника энергии звёзды, генерируемой на относительных расстояниях, которые не превышают $\bar{r}$ от её центра.

Плотность распределения доли мощности светового источника энергии звезды по относительному расстоянию до её центра $\frac{d\bar{L}_{\gamma_{\bar{r}}}}{d\bar{r}}$ представлена на рисунке 8.3. Как это следует из представленной зависимости, максимальная доля мощности светового источника энергии генерируется на удалении от её центра примерно равном 15 % её радиуса. На этом удалении доля мощности светового источника энергии звезды более чем в пять раз превышает усреднённую по её радиусу долю мощности.

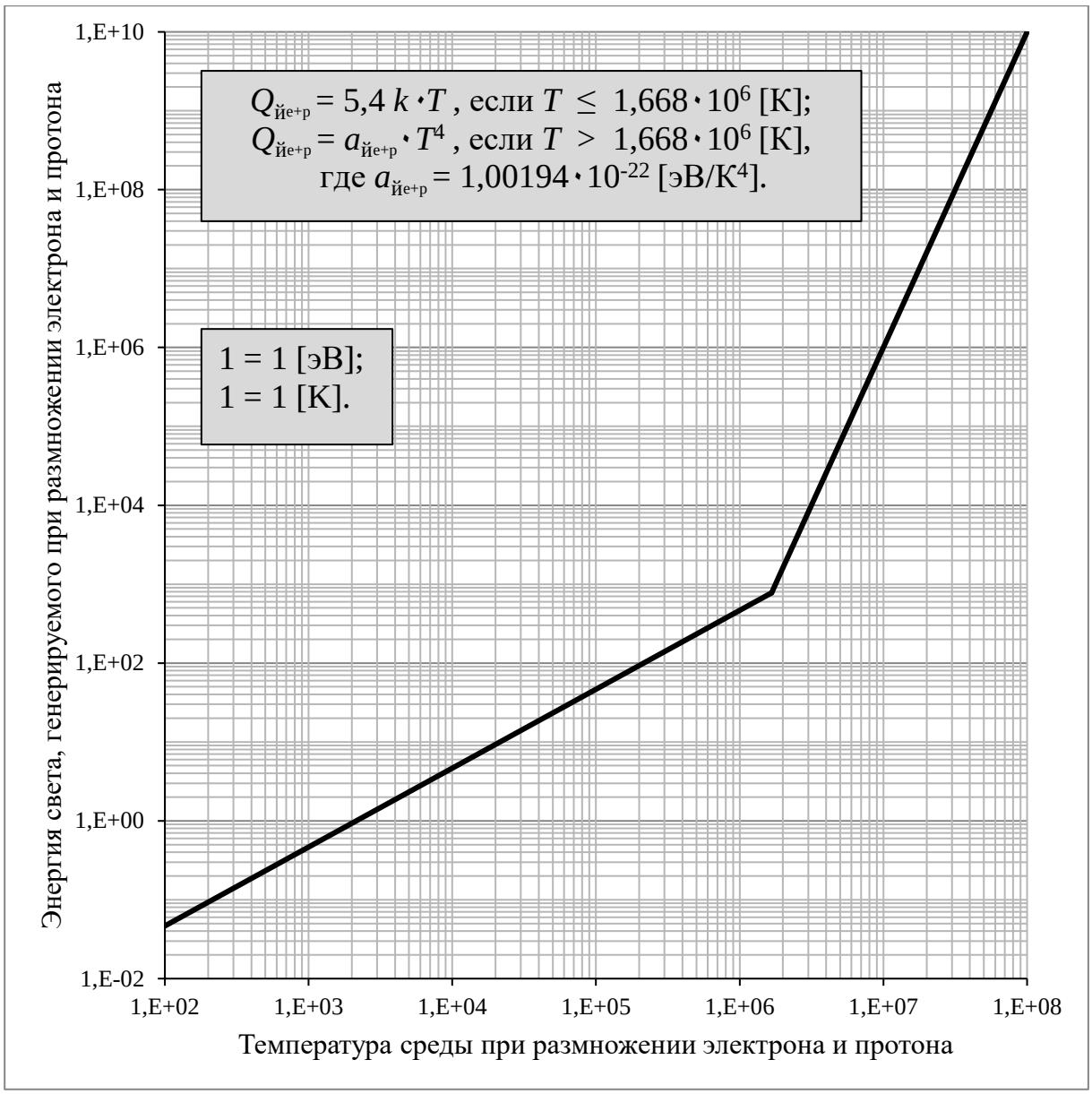


Рис. 8.2. Зависимость средней величины световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона, от температуры окружающей их среды.

Доля мощности светового источника энергии звезды, генерируемой на относительном расстоянии, которое не превышает $\bar{r}$ от её центра, определяется следующей зависимостью:

$$\bar{L}_{\gamma_{\bar{r}}} = \frac{1}{\mu 7} \cdot \int_{x=0}^{\bar{r}} \bar{r}^2 \cdot \theta^7(x) dx. \qquad (8.29)$$

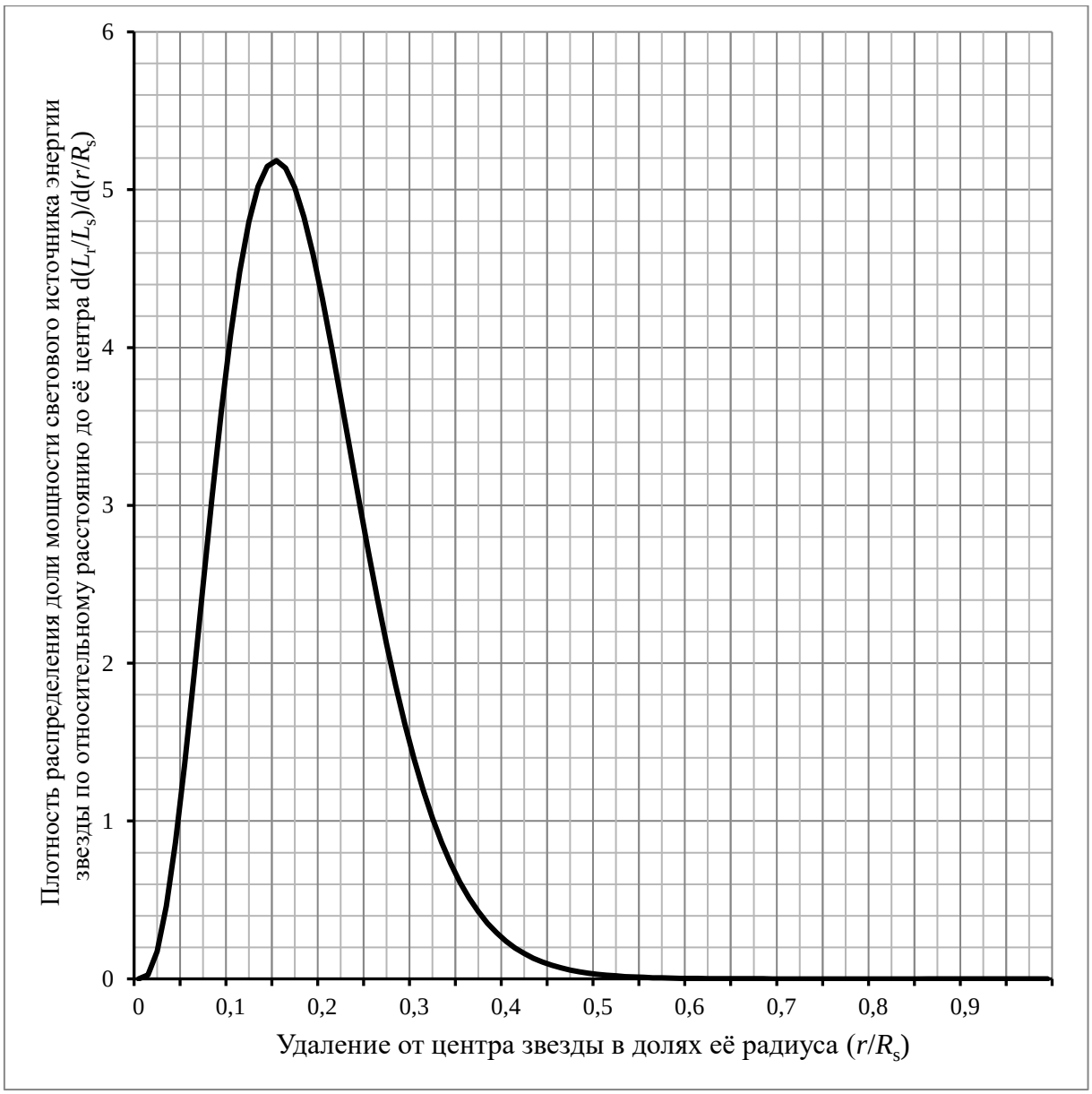


Рис. 8.3. Плотность распределения доли мощности светового источника энергии звезды по относительному расстоянию до её центра $\left(\frac{d\bar{L}_{\bar{r}}}{d\bar{r}}\right)$.

График зависимости $\bar{L}_{\gamma_{\bar{r}}}$ от расстояния до центра звезды, измеренного в долях её радиуса, представлен на рисунке 8.4 сплошной линией. На этом же рисунке представлен график зависимости температуры в звезде, измеренной в долях её центральной температуры, от расстояния до центра звезды в долях её радиуса, помеченный пунктирной линией.

Из представленной информации следует, что более 50 % мощности светового источника энергии звезды формируется на удалениях от центра, не превышающих 17,5 % от радиуса звезды. На этих удалениях температура не

падает ниже 80 % от её центральной температуры. На удалениях от центра звезды не превышающих 40 % от её радиуса генерируется примерно 99 % мощности её светового источника энергии. На этих удалениях температура недр звезды не опускается ниже 40 % от её центральной температуры.

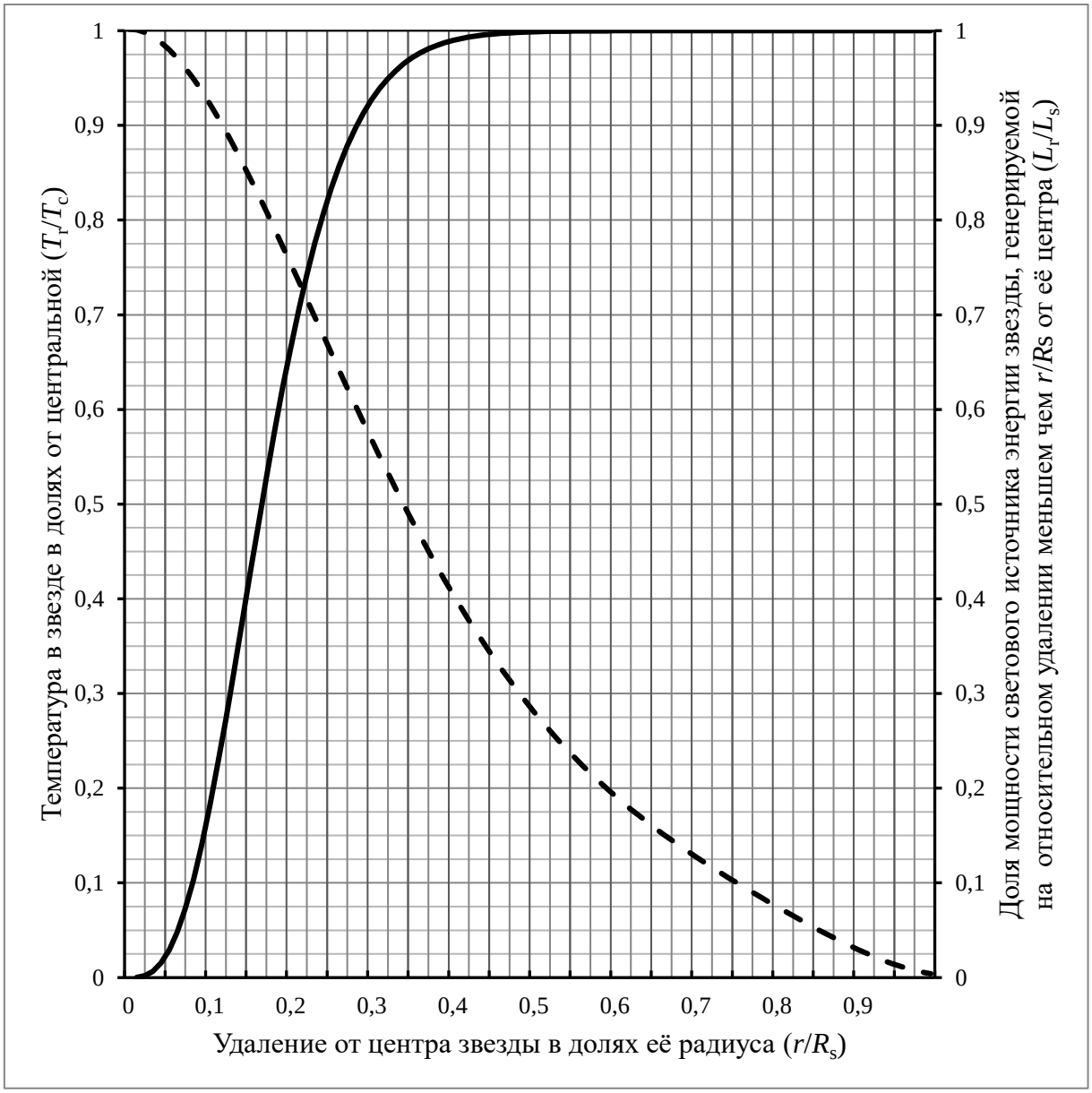


Рисунок 8.4. Доля мощности светового источника энергии звезды, генерируемой в её недрах на удалениях, не превышающих $\bar{r}$ от её центра, и зависимость температуры недр звезды в долях центральной от относительного удаления до её центра.

Поскольку $T_{1\gamma}$ составляет менее 14 % от центральной температуры Солнца, то, исходя из графиков, представленных на рисунке 8.4, становится

понятным, почему для Солнца определение мощности светового источника энергии с достаточной для практических целей точностью можно осуществлять с использованием зависимости (8.18).

Возрастные законы изменения звёздной постоянной $И$ в системах АСЯ и СИ, найденные исходя из возрастных законов изменения образующих её величин, определяются зависимостями (8.30) и (8.31) соответственно:

$$И = 128 \cdot \frac{л \cdot (ю - 1) \cdot \mu_1^2 \cdot \sigma_c \cdot t_c^4 \cdot \mu 7 \cdot n_{ий_{e+p}}^3}{(1 + \bar{m}_p) \cdot ё^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2^{3 \cdot я}}} \left[\frac{с^3}{ъ^2 \cdot а^3}\right]. \quad (8.30)$$

$$И = \frac{И_ъ}{я_ю^6 \cdot 2^я} \left[\frac{м^6}{кг^2 \cdot с^3}\right], \quad (8.31)$$

где $И_ъ = 2{,}781435 \cdot 10^{72} \left[\frac{м^6}{кг^2 \cdot с^3}\right]$.

Возрастной закон изменения единицы измерения звёздной постоянной системы СИ в системе АСЯ в соответствии с таблицей 4.2 определяется следующей зависимостью:

$$\left[\frac{м^6}{кг^2 \cdot с^3}\right] = \frac{я_ю^6}{\sqrt{2^я}} \cdot \frac{о_м^6}{о_{кг}^2 \cdot о_с^3} \left[\frac{с^3}{ъ^2 \cdot а^3}\right]. \quad (8.32)$$

Заметим, что знание возрастного закона изменения звёздной постоянной необходимо при определении возрастных изменений мощности излучения звёзд. Так, например, возрастной закон изменения звёздной постоянной будет использован нами при расчёте зависимостей видимых звёздных величин звёзд с Эддингтоновской светимостью от величин красного смещения их излучения.

Интересно, что световая постоянная $a_{ий_{e+p}}$, характеризующая величину световой энергии, генерируемой при размножении одного протона и одного электрона, в системе СИ является возрастным инвариантом:

$$a_{ий_{e+p}} = 1{,}605 \cdot 10^{-41} \left[\frac{Дж}{К^4}\right] = \text{const}. \quad (8.33)$$

Возрастной закон изменения световой постоянной в системе АСЯ и возрастной закон изменения единицы измерения световой постоянной

системы СИ в системе АСЯ определяются зависимостями (8.34) и (8.35) соответственно.

$$a_{\text{й}_{\text{е+р}}} = \frac{32 \cdot k^4}{45} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot (\text{ю} - 1) \cdot n_{\text{й}_{\text{е+р}}}}{2^{\text{я}} \cdot \left(1 + \bar{m}_{\text{р}}\right) \cdot \text{ю}} \right)^3 \left[\frac{1}{\text{ъ}^3 \cdot \text{а}^9 \cdot c^6} \right]. \tag{8.34}$$

$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}^4} \right] = \frac{\text{о}_{\text{Дж}}}{2^{3 \cdot \text{я}} \cdot \text{о}_{\text{К}}^4} \left[\frac{1}{\text{ъ}^3 \cdot \text{а}^9 \cdot \text{с}^6} \right]. \tag{8.35}$$

Определим, какая доля мощности светового источника энергии звезды расходуется на её возрастные изменения. При этом будем учитывать лишь основные факторы, влияющие на возрастные изменения звезды, к числу которых относятся:

- обусловленные икратким взаимодействием изменения числа и массы частиц, образующих звезду;
- возрастные изменения значений гравитационной постоянной.

Долю мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, будем определять с использованием следующей зависимости:

$$\bar{L}_{\text{я}} = \frac{L_{\text{я}_0} + L_{\text{я}_r}}{L_\gamma}, \tag{8.36}$$

где $\bar{L}_{\text{я}}$ – доля мощности светового источника энергии звезды, расходуемая на её возрастные изменения; $L_{\text{я}_0}$ – мощность светового источника звезды, которую необходимо израсходовать для увеличения внутренней энергии газа звезды и запасённой в звезде энергии излучения, чтобы при возрастных изменениях массы звезды и значений гравитационной постоянной обеспечить неизменность её радиуса; $L_{\text{я}_r}$ – мощность светового источника звезды, которую необходимо израсходовать для возрастного изменения её размеров.

В стандартной модели звезды Эддингтона внутренняя энергия газа звезды и запасённая в звезде энергия излучения могут быть выражены через гравитационную энергию звезды с использованием зависимостей (8.37) и (8.38) соответственно [50]:

$$E_U = -\frac{\beta}{2} \cdot E_G, \tag{8.37}$$

где E_U – внутренняя энергия газа звезды; E_G – гравитационная энергия звезды.

$$E_\gamma = -(1-\beta)\cdot E_G, \tag{8.38}$$

где E_γ – запасённая в звезде энергия излучения.

Возрастной закон изменения гравитационной энергии звезды неизменных размеров определяется следующей зависимостью:

$$E_G = -\frac{3}{2}\cdot\frac{G\cdot M_s^2}{R_{s_0}} = -\frac{3}{2}\cdot\frac{G_0\cdot\left(\frac{t_0}{t}\right)\cdot M_{s_0}^2\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^4}{R_{s_0}} = E_{G_0}\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^3, \tag{8.39}$$

где E_{G_0} – гравитационная энергия звезды, когда время существования Вселенной равнялось t_0.

Скорость изменения внутренней энергии газа звезды, обусловленная возрастными законами изменений массы и числа частиц звезды под воздействием икраткого взаимодействия, равна:

$$L_{U_{\text{й}}} = \frac{\beta}{2}\cdot\frac{d\left(-E_{G_0}\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^2\right)}{dt} = -E_{G_0}\cdot\frac{\beta}{t}, \tag{8.40}$$

где $L_{U_{\text{й}}}$ – скорость изменения внутренней энергии газа звезды, обусловленная возрастными законами изменений массы и числа частиц звезды.

Мощность светового источника звезды, которую необходимо израсходовать для увеличения внутренней энергии газа звезды и запасённой в звезде энергии излучения, чтобы при возрастных изменениях массы звезды и значений гравитационной постоянной обеспечить неизменность её радиуса, может быть определена с использованием следующей зависимости:

$$L_{\text{я}_0} = \frac{d\left(E_U + E_\gamma\right)}{dt} - L_{U_{\text{й}}} = -\frac{1}{2}\cdot E_{G_0}\cdot\left(\frac{6-5\cdot\beta}{t} + \frac{d\beta}{dt}\right). \tag{8.41}$$

Мощность светового источника звезды, которую необходимо израсходовать для возрастного изменения её размеров, определяемого зависимостью $R_s = R_{s_0}\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^x$, равна:

$$L_{\text{я}_r} = -\frac{\beta}{2}\cdot\frac{x}{t}\cdot E_{G_0}. \tag{8.42}$$

Для того чтобы определить скорость изменения доли газового давления в звезде во времени $\frac{d\beta}{dt}$, представим, следуя рекомендациям [50], выражение (8.13), устанавливающее связь массы звезды с долей её газового давления в полном давлении, в следующем виде:

$$\frac{\sqrt{1-\beta}}{\beta^2} = \frac{\mu_s^2 \cdot M_s}{\mu_1 \cdot \sqrt{\frac{5}{\pi}} \cdot \frac{12}{\pi} \cdot M_*}, \tag{8.43}$$

где M_* – Эддингтоновская масса, определяемая мировыми постоянными:

$$M_* = \sqrt{\frac{c^3 \cdot h^3}{8 \cdot \pi^3 \cdot G^3 \cdot m_0^4}}. \tag{8.44}$$

Перепишем выражение (8.43) с учётом возрастных законов изменения массы звезды и Эддингтоновской массы:

$$\frac{\sqrt{1-\beta}}{\beta^2} = \frac{\mu_s^2 \cdot M_{s_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^2}{\mu_1 \cdot \sqrt{\frac{5}{\pi}} \cdot \frac{12}{\pi} \cdot M_{*_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^{7/4}} = A_0 \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^{1/4}, \tag{8.45}$$

где M_{s_0} и M_{*_0} – масса звезды и Эддингтоновская масса, когда время существования Вселенной равнялось t_0, A_0 – безразмерный коэффициент равный $A_0 = \frac{\sqrt{1-\beta_0}}{\beta_0^2}$, β_0 – доля газового давления в полном давлении в звезде, когда время существования Вселенной равнялось t_0.

Продифференцировав выражение (8.45) по времени, находим, что скорость изменения доли газового давления в звезде во времени равна:

$$\frac{d\beta}{dt} = -\frac{\beta \cdot (1-\beta)}{t \cdot (8 - 6 \cdot \beta)}. \tag{8.46}$$

Подставив (8.46) в (8.41), получим:

$$L_{я_0} = -\frac{1}{4 \cdot t} \cdot E_{G_0} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta + 31 \cdot \beta^2}{4 - 3 \cdot \beta}\right). \tag{8.47}$$

Осуществив подстановку (8.21), (8.42), (8.47) и (8.39) в (8.36), получим, что доля мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, равна:

$$\bar{L}_я = \frac{3 \cdot G \cdot R_s^3}{8 \cdot t \cdot И \cdot (1-\beta) \cdot M_s} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta + 31 \cdot \beta^2}{4 - 3 \cdot \beta} + 2 \cdot \beta \cdot x\right). \tag{8.48}$$

Отметим, что подстановка (8.24) в (8.48) позволяет определить $\bar{L}_я$ только с использованием безразмерных величин:

$$\bar{L}_я = \frac{3\cdot\left(\frac{R_\text{s}}{l}\right)^3\cdot\left(\frac{m_\text{e}+m_\text{p}}{M_\text{s}}\right)}{512\cdot n_{\text{й}_\text{e+p}}^3\cdot\sigma_c\cdot t_c^4\cdot{\mu_1}^2\cdot\mu 7}\cdot\left\{\frac{48-77\cdot\beta+31\cdot\beta^2}{(1-\beta)\cdot(4-3\cdot\beta)}+\frac{2\cdot\beta\cdot x}{1-\beta}\right\}. \tag{8.49}$$

Для того чтобы определить долю мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, например, для Солнца, необходимо знать возрастной закон изменения её радиуса. В первом приближении возрастной закон изменения радиуса Солнца можно найти, основываясь на предположении о постоянстве мощности его светового источника энергии. Заметим, что для значений β близких к единице, что в настоящее время характерно для Солнца ($\beta_{Sun}\approx 0{,}999587$), возрастной закон изменения доли излучения в полном давлении звезды определяется следующей зависимостью:

$$1-\beta=(1-\beta_0)\cdot\sqrt{\frac{t}{t_0}}, \tag{8.50}$$

где β_0 – доля газового давление в полном давлении в звезде, когда время существования Вселенной равнялось t_0.

С учётом (8.50) возрастной закон изменения мощности излучения светового источника энергии Солнца в настоящее время определяется следующей зависимостью:

$$L_{Sun}=И_0\cdot\left(\frac{t_0}{t}\right)^{3/2}\frac{\left[M_{\text{Sun}_0}\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^2\right]^3\cdot(1-\beta_0)\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^{1/2}}{\left[R_{\text{Sun}_0}\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^x\right]^4}=L_{\text{Sun}_0}\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^{5-4x}, \tag{8.51}$$

где L_{Sun_0} – мощность излучения светового источника энергии Солнца, когда время существования Вселенной равнялось t_0.

Исходя из выше принятого предположения о постоянстве мощности светового источника энергии Солнца, получаем в соответствии с (8.51) возрастной закон изменения его радиуса:

$$R_\text{Sun}=R_{\text{Sun}_0}\cdot\left(\frac{t}{t_0}\right)^{5/4}. \tag{8.52}$$

При данном возрастном законе изменения радиуса Солнца доля мощности светового источника её энергии, которая расходуется на возрастные изменения, составляет менее восьми десятых процента:

$$\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}} = \frac{3 \cdot G \cdot R_{\mathrm{Sun}}^3}{8 \cdot t \cdot И \cdot (1-\beta) \cdot M_{\mathrm{Sun}}} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta_{\mathrm{Sun}} + 31 \cdot \beta_{\mathrm{Sun}}^2}{4 - 3 \cdot \beta_{\mathrm{Sun}}} + 2 \cdot \frac{5}{4} \cdot \beta_{\mathrm{Sun}} \right) \approx 0{,}00764. \quad (8.53)$$

Заметим, что принятый нами для оценок показатель возрастного закона изменения радиуса Солнца, равный $x = \frac{5}{4}$, является завышенным. Есть основания полагать, как это будет показано в подразделах 8.4 и 8.6, что значение показателя находятся в интервале $\frac{5}{6} \leq x < \frac{7}{8}$, границы которого являются показателями возрастных законов изменения радиусов звёзд с максимально возможными размерами и звёзд с Эддингтовской светимостью соответственно. Расчёты показывают, что при таких условиях доля мощности светового источника энергии Солнца, которая расходуется на её возрастные изменения, будет находиться в интервале $0{,}00623 \leq \bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}} < 0{,}00637$. Заметим, что при доле газового давления в полном давлении в Солнце близкой к единице, возрастной закон изменения $\bar{L}_{я_{Sun}}$, исходя из (8.50), для рассматриваемых значений показателей возрастных законов изменения радиуса Солнца, будет определяться следующим выражением:

$$\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}} = \begin{cases} \bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}_0}} \cdot \sqrt{\frac{t_0}{t}}, & x = \frac{5}{6} \\ \bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}_0}} \cdot \sqrt[8]{\frac{t_0^3}{t^3}}, & x = \frac{7}{8} \end{cases} \quad (8.54)$$

Графики изменения $\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}}$ за период с момента, когда время существования Вселенной равнялось примерно восьмистам шестидесяти одному миллиону лет, до момента, когда время существования Вселенной составит примерно тринадцать миллиардов семьсот семьдесят четыре миллиона лет, для $x = \frac{5}{6}$ и $x = \frac{7}{8}$ представлены на рисунке 8.5.

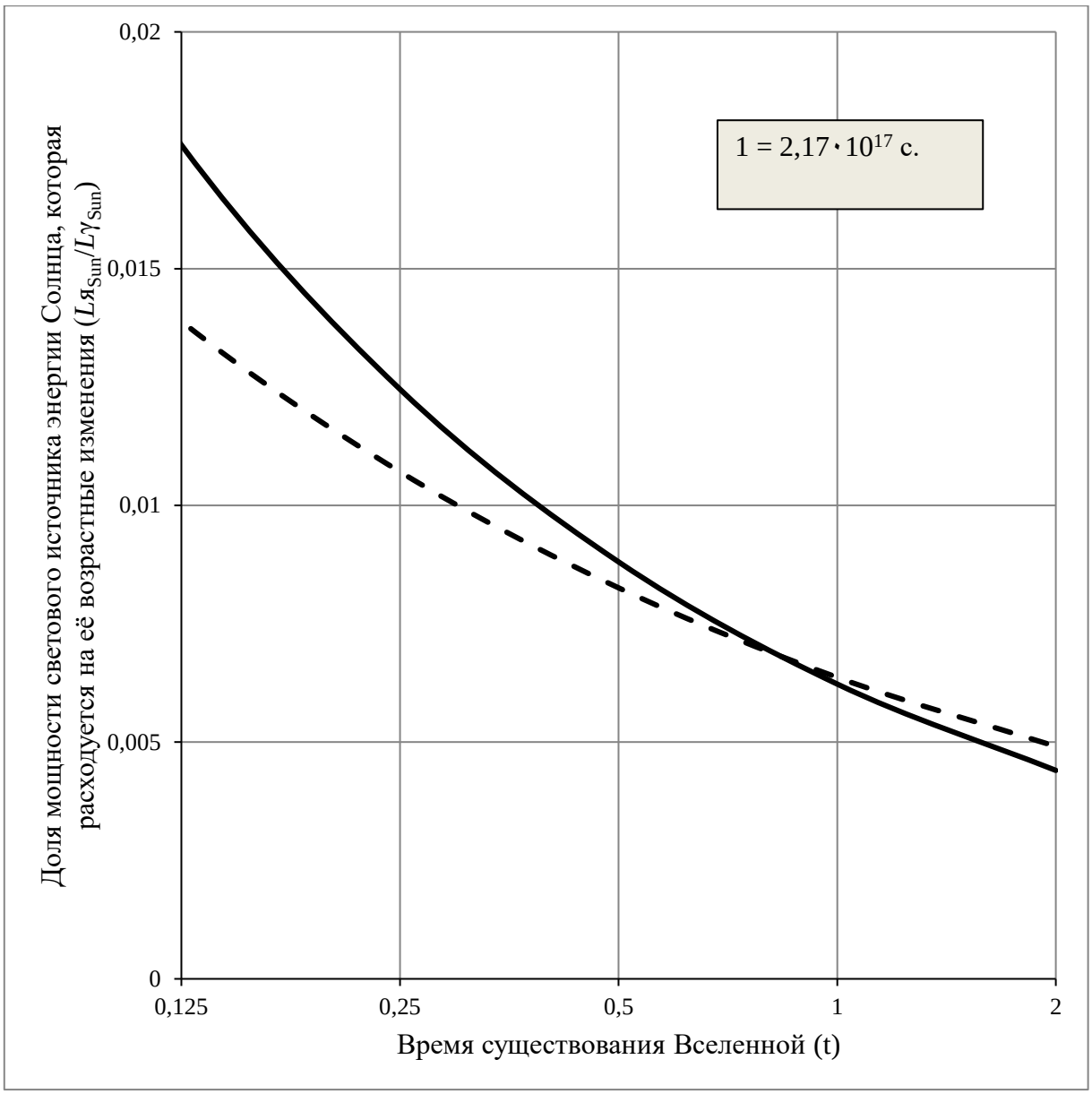


Рис.8.5. Возрастные законы изменения доли мощности светового источника энергии Солнца, которые расходуются на её возрастные изменения, определённые для $x = \frac{5}{6}$ (сплошная линия) и $x = \frac{7}{8}$ (пунктирная линия).

За рассмотренный период времени доля мощности светового источника энергии Солнца, которая расходуется на возрастные её изменения, уменьшается с 1,761 % до 0,440 % при $x = \frac{5}{6}$, и с 1,389 % до 0,491 %, если $x = \frac{7}{8}$.

Для подавляющего большинства наблюдаемых звёзд, к числу которых относится и Солнце, доля мощности светового источника их энергии, которая расходуется на их возрастные изменения, является незначительной. Однако, для звёзд больших масс, размеры которых близки к максимальным,

к числу которых, например, относится Стрелец A^*, так называемая “сверхмассивная чёрная дыра”, расположенная близ центра нашей галактики, расходы мощности светового источника их энергии на возрастные изменения многократно превышают мощности их излучения. Определение характеристик звёзд максимальных размеров будет рассмотрено нами в подразделе 8.4.

Следует отметить, что для звёзд, массы которых значительно меньше солнечной, так называемых бурых карликов, и для несостоявшихся звёзд – газовых планет гигантов, к которым относится, например, Юпитер, расходы мощности светового источника их энергии на возрастные изменения также многократно превышают мощности их излучения. Для определения характеристик этих космических объектов лучше подходит модель с индексом политропы, равным трём вторым. В данной работе модель звезды со световым источником энергии, индекс политропы которой равен трём вторым, мы рассматривать не будем.

В следующем подразделе мы определим основные характеристики звёзд, исходя из диаграммы Герцшпрунга – Рассела, на модели звезды со световым источником её энергии.

8.3. Определение основных характеристик звёзд на модели звезды со световым источником её энергии, исходя из диаграммы Герцшпрунга – Рассела

Определение основных характеристик звёзд в данном подразделе мы будем производить исходя из диаграммы Герцшпрунга – Рассела, которая показывает зависимость светимости и спектрального класса звёзд от температуры их поверхности. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела, взятая нами из свободной энциклопедии “Википедия” [51], представлена на рисунке 8.5.

Исходя из представленной диаграммы, на модели звезды со световым источником её энергии будут определены основные характеристики сверхгигантов, ярких гигантов, гигантов, субгигантов и звёзд главной последовательности.

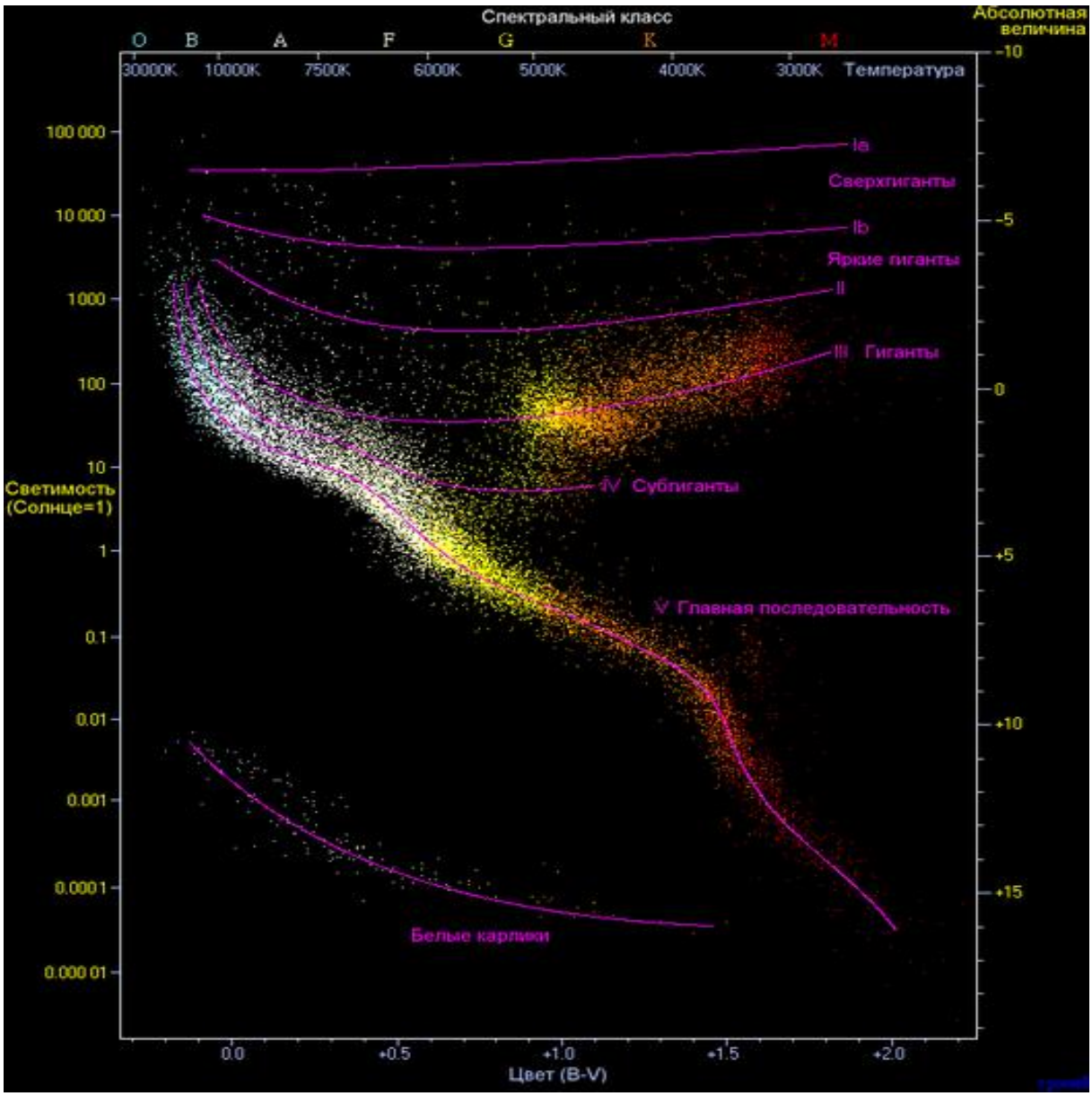


Рис.8.5. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела.

Определение основных характеристик звёзд будем проводить в относительных величинах к соответствующим характеристикам Солнца:

$$\bar{L}_{\text{s}} = \frac{L_{\text{s}}}{L_{\text{Sun}}};\quad \bar{T}_{\text{э}} = \frac{T_{\text{э}}}{T_{\text{э}_{\text{Sun}}}};\quad \bar{R}_{\text{s}} = \frac{R_{\text{s}}}{R_{\text{Sun}}};\quad \bar{M}_{\text{s}} = \frac{M_{\text{s}}}{M_{\text{Sun}}};\quad \bar{P}_c = \frac{P_c}{P_{c_{\text{Sun}}}};\quad \bar{T}_c = \frac{T_c}{T_{c_{\text{Sun}}}};\quad \bar{\rho}_c = \frac{\rho_c}{\rho_{c_{\text{Sun}}}},$$

где $\bar{L}_{\text{s}}$ – относительная мощность излучения звезды; $\bar{T}_{\text{э}}$ – относительная эффективная температура поверхности звезды; $\bar{R}_{\text{s}}$ – относительный радиус звезды; $\bar{M}_{\text{s}}$ – относительная масса звезды; $\bar{P}_c$ – относительное полное давление в центре звезды; $\bar{T}_c$ – относительная температура в центре звезды; $\bar{\rho}_c$ – относительная плотность в центре звезды.

Для проведения количественных оценок были приняты следующие значения характеристик Солнца: $L_{\text{Sun}} \approx 3{,}86 \cdot 10^{26}$ [Вт]; $T_{э_{\text{Sun}}} \approx 5780$ [К]; $R_{\text{Sun}} \approx 6{,}96 \cdot 10^{8}$ [м]; $M_{\text{Sun}} \approx 1{,}99 \cdot 10^{30}$ [кг]; $\mu_{\text{Sun}} \approx 0{,}61$; $\beta_{\text{Sun}} \approx 0{,}99958708$ [52]. Согласно Эддингтовской модели звезды, температура, плотность и давление в центре Солнца равны:

$$T_{c_{\text{Sun}}} = \beta_{\text{Sun}} \cdot t_c \cdot \frac{\mu_{\text{Sun}} \cdot m_0}{k} \cdot \frac{G \cdot M_{\text{Sun}}}{R_{\text{Sun}}} = 11{,}95 \cdot 10^{6} \text{ [К]};$$

$$\rho_{c_{\text{Sun}}} = \sigma_c \cdot \frac{M_{\text{Sun}}}{4 \cdot \pi \cdot R_{\text{Sun}}^3} = 76325{,}4 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right];$$

$$P_{c_{\text{Sun}}} = p_c \cdot \frac{G \cdot M_{\text{Sun}}^2}{4 \cdot \pi \cdot R_{\text{Sun}}^4} = 1{,}244 \cdot 10^{16} \text{ [Па]} \approx 1{,}227 \cdot 10^{11} \text{ [атм]},$$

где $p_c = 138{,}9$ – безразмерное давление в центре политропы с индексом $n = 3$.

При определении основных характеристик звёзд будем исходить из предположения, что средний молекулярный вес образующих их частиц примерно равен среднему молекулярному весу частиц Солнца: $\mu_s \approx \mu_{\text{Sun}}$.

Определение основных характеристик звёзд производилось в следующей последовательности:

- Исходя из относительной мощности излучения звезды $\bar{L}_{\text{s}}$ и относительной эффективной температуры её поверхности $\bar{T}_{э}$, определялся относительный радиус звезды с использованием следующей зависимости:

$$\bar{R}_{\text{s}} = \frac{\sqrt{\bar{L}_{\text{s}}}}{\bar{T}_{э}^{\,2}}. \tag{8.55}$$

- Относительная масса звезды и доля газового давления в полном давлении в звезде определялись совместным решением следующих двух уравнений:

$$\bar{M}_{\text{s}} = \sqrt[5]{\frac{\bar{L}_{\text{s}} \cdot \bar{R}_{\text{s}}^{\,4} \cdot \beta_{\text{Sun}}^{\,4}}{\beta_s^{\,4}}}. \tag{8.56}$$

$$\bar{M}_{\text{s}} = \frac{\beta_{\text{Sun}}^{\,2}}{\beta_{\text{s}}^{\,2}} \cdot \sqrt{\frac{1-\beta_{\text{s}}}{1-\beta_{\text{Sun}}}}. \tag{8.57}$$

- Доля мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, определялась с использованием следующей зависимости:

$$\bar{L}_{я} = \frac{\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}} \cdot \bar{R}_{\mathrm{s}}^{3}}{k_{\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}}} \cdot \bar{M}_{\mathrm{s}}} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta_{\mathrm{s}} + 31 \cdot {\beta_{\mathrm{s}}}^{2}}{(1 - \beta_{\mathrm{s}}) \cdot (4 - 3 \cdot \beta_{\mathrm{s}})} + \frac{5 \cdot \beta_{\mathrm{s}}}{3 \cdot (1 - \beta_{\mathrm{s}})} \right), \tag{8.58}$$

где $\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}} \approx 0{,}00623$; $k_{\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}}} = \frac{48 - 77 \cdot \beta_{\mathrm{Sun}} + 31 \cdot {\beta_{\mathrm{Sun}}}^{2}}{(1 - \beta_{\mathrm{Sun}}) \cdot (4 - 3 \cdot \beta_{\mathrm{Sun}})} + \frac{5 \cdot \beta_{\mathrm{Sun}}}{3 \cdot (1 - \beta_{\mathrm{Sun}})} \approx 8887{,}19$.

- Если $\bar{L}_{я} \geq 0{,}05$, то уточнялись значения относительной массы звезды, доли газового давления в полном давлении в звезде и доли мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, совместным решением трёх уравнений (8.57), (8.58) и (8.59):

$$\bar{M}_{\mathrm{s}} = \sqrt[5]{\frac{\bar{L}_{\mathrm{s}} \cdot (1 - \bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}}) \cdot {\bar{R}_{\mathrm{s}}}^{4} \cdot {\beta_{\mathrm{Sun}}}^{4}}{(1 - \bar{L}_{я}) \cdot {\beta_{\mathrm{s}}}^{4}}}. \tag{8.59}$$

Заметим, что относительная ошибка определения массы звезды с использованием (8.56) и (8.57), если $\bar{L}_{я} < 0{,}05$, не превышает одного процента.

- Относительные давление, плотность и температура в центре звезды определялись с использованием зависимостей (8.60), (8.61) и (8.62) соответственно:

$$\bar{P}_{c} = \frac{{\bar{M}_{\mathrm{s}}}^{2}}{{\bar{R}_{\mathrm{s}}}^{4}}. \tag{8.60}$$

$$\bar{\rho}_{c} = \frac{\bar{M}_{\mathrm{s}}}{{\bar{R}_{\mathrm{s}}}^{3}}. \tag{8.61}$$

$$\bar{T}_{c} = \frac{\beta_{\mathrm{s}} \cdot \bar{M}_{\mathrm{s}}}{\beta_{\mathrm{Sun}} \cdot \bar{R}_{\mathrm{s}}}. \tag{8.62}$$

Зависимость относительной массы звезды $\bar{M}_{\mathrm{s}}$ от доли давления излучения в её полном давлении представлена на рисунке 8.6. На рисунке 8.7 представлена зависимость доли газового давления в полном давлении звезды от её относительной массы.

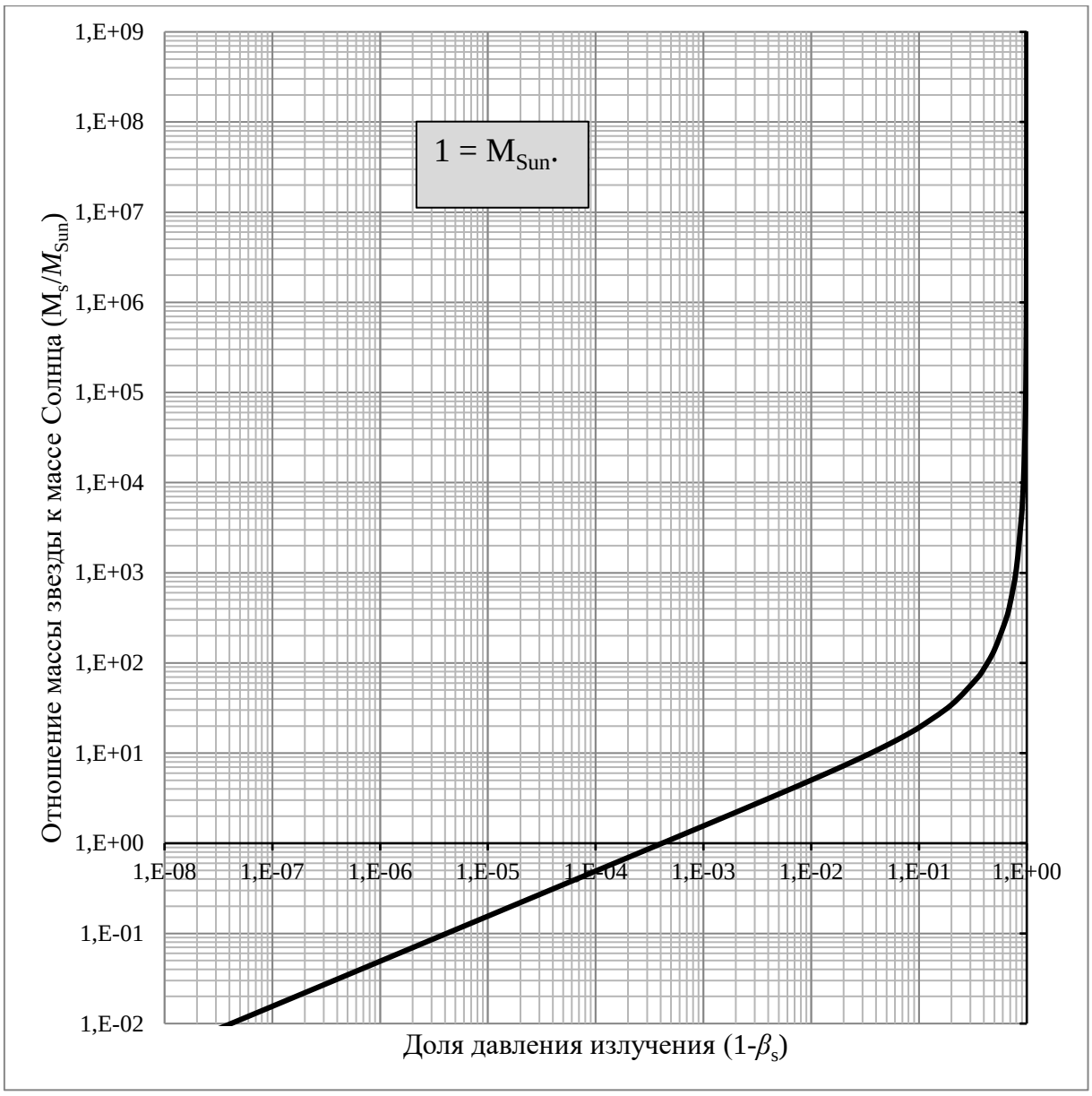


Рис. 8.6. Зависимость относительной массы звезды от доли давления излучения в её полном давлении.

В качестве примера совместного решения уравнений (8.56) и (8.57), на рисунке 8.8 представлен графический способ определения относительной массы звезды Дзета Возничего B и доли давления излучения в её полном давлении. Эта звезда, принадлежащая к главной последовательности, имеет эффективную температуру поверхности примерно равную $T_{э\xi_B} \approx 15300$ K [53], что превышает солнечную примерно в $\bar{T}_{э\xi_B} \approx 2{,}647$ раза. Её мощность

излучения примерно в тысячу раз превышает солнечную, что позволяет определить относительный радиус звезды $\bar{R}_{\xi_B} = \frac{\sqrt{\bar{L}_{\xi_B}}}{\bar{T}_{э\xi_B}{}^2} \approx 4{,}513$.

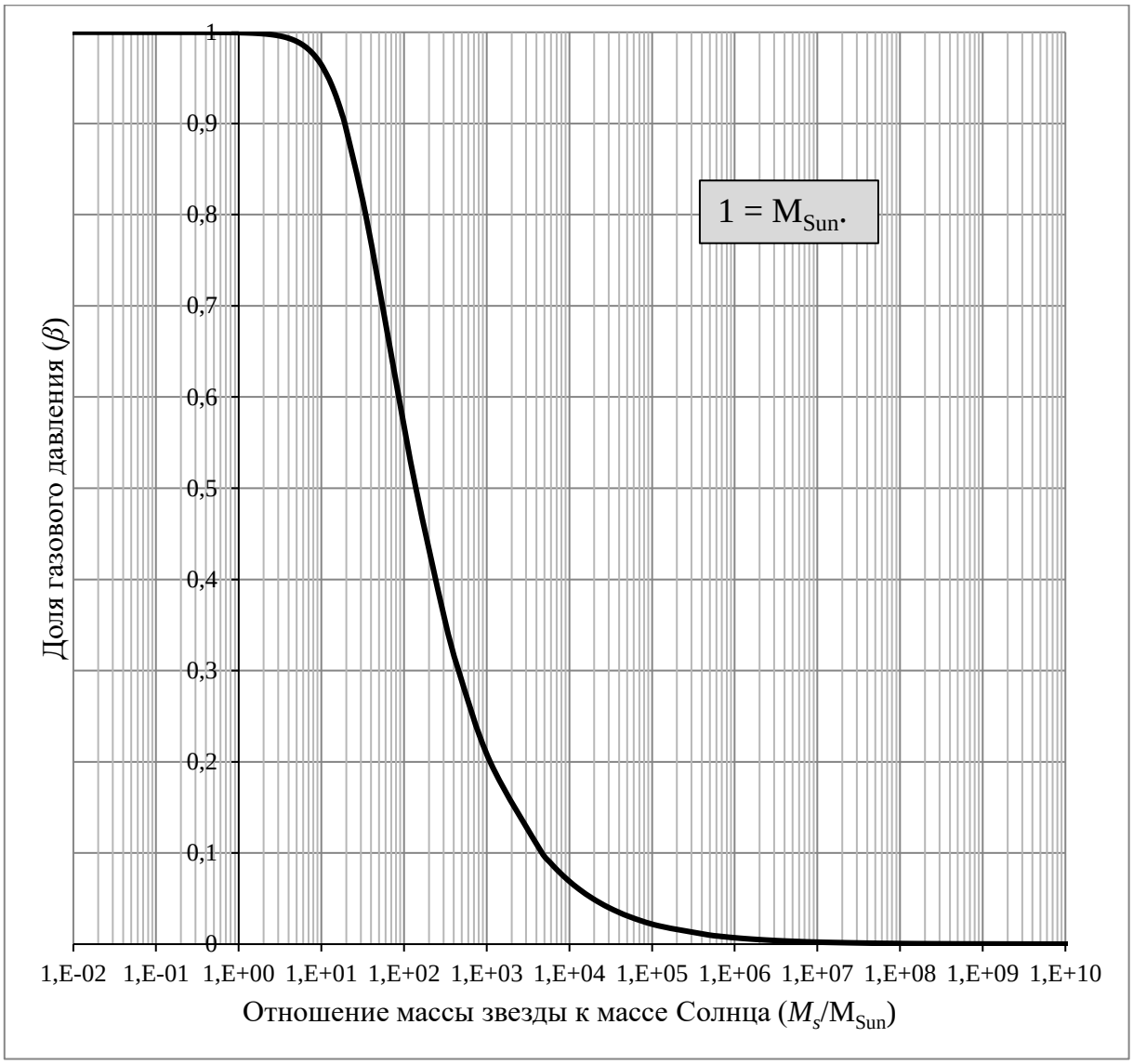


Рис. 8.7. Зависимость доли газового давления в полном давлении звезды от её относительной массы.

На рисунке 8.8 сплошной линией представлен график изменения относительной массы звезды Дзета Возничего В от доли давления излучения в её полном давлении в соответствие с зависимостью (8.56), основанной на гипотезе о световом источнике энергии звезды:

$$\bar{M}_{\xi_B} = \sqrt[5]{\frac{\bar{L}_{\xi_B} \cdot \bar{R}_{\xi_B}{}^4 \cdot \beta_{\text{Sun}}{}^4}{\beta_{\text{s}}{}^4}}. \qquad (8.63)$$

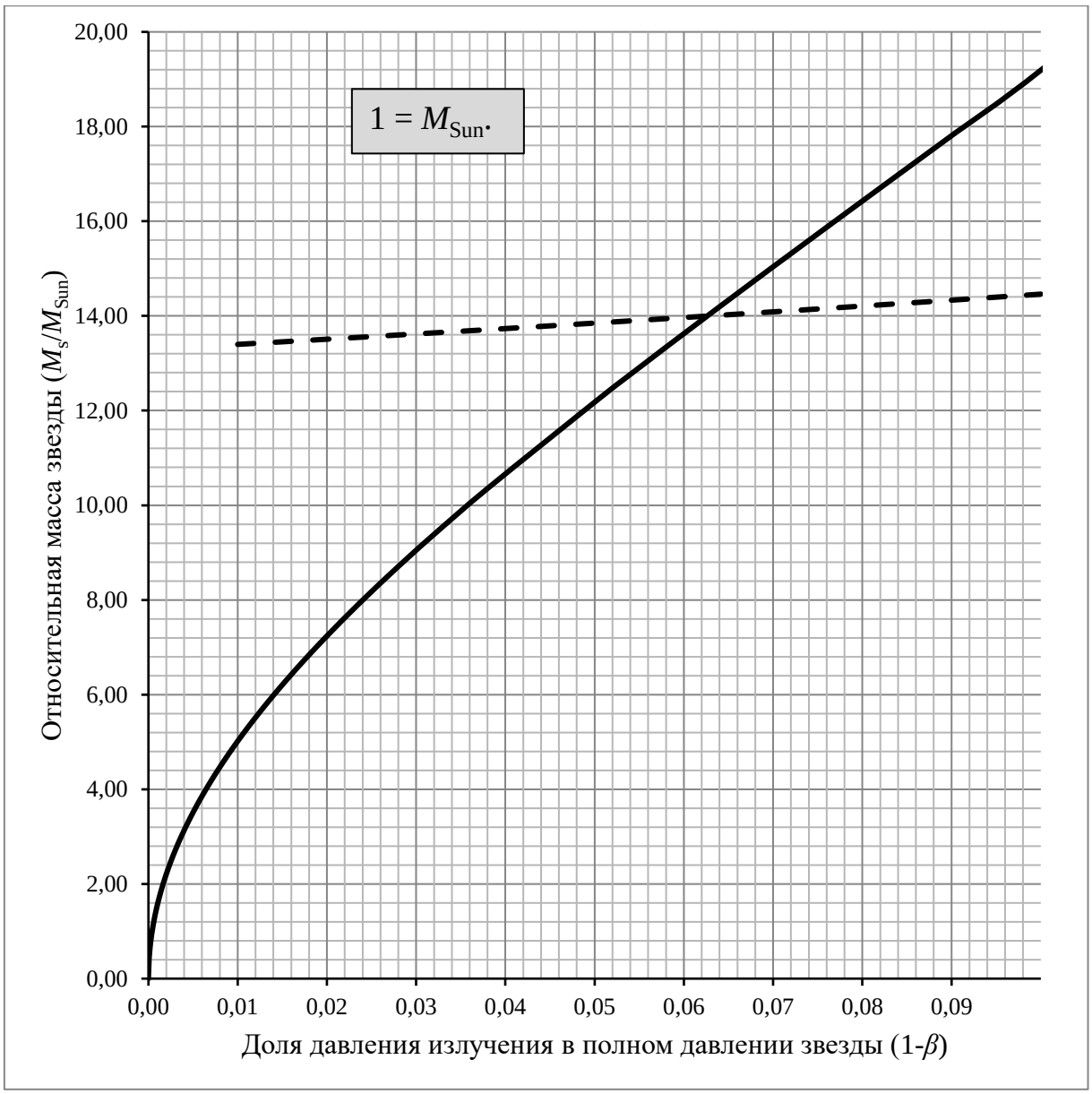


Рис. 8.8. Графический способ определения относительной массы звезды Дзета Возничего B и доли давления излучения в её полном давлении.

Пунктирной линией представлен график изменения относительной массы звезды, в том числе и такой, как Дзета Возничего B, от доли давления излучения в её полном давлении в соответствии с зависимостью (8.57), вытекающей из стандартной модели Эддингтона:

$$\bar{M}_s = \bar{M}_{\xi_B} = \frac{{\beta_{Sun}}^2}{{\beta_s}^2} \cdot \sqrt{\frac{1-\beta_s}{1-\beta_{Sun}}}. \qquad (8.64)$$

Точка пересечения представленных на рисунке 8.8 зависимостей определяет относительную массу звезды Дзета Возничего B и долю давления излучения в её полном давлении.

Таким образом, определённые на стандартной модели звезды Эддингтона в соответствии с гипотезой о световом источнике её энергии, относительная масса звезды Дзета Возничего B и доля давления излучения в её полном давлении составили:

$$\bar{M}_{\xi_B} \approx 13{,}997;\ 1-\beta_{\xi_B} \approx 0{,}06257. \qquad (8.65)$$

Доля мощности светового источника энергии звезды Дзета Возничего B, которая расходуется на её возрастные изменения, в соответствии с зависимостью (8.58) равна:

$$\bar{L}_{я_{\xi_B}} = \frac{\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}} \cdot \bar{R}_{\xi_B}^3}{k_{\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}}} \cdot \bar{M}_{\xi_B}} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta_{\xi_B} + 31 \cdot {\beta_{\xi_B}}^2}{(1-\beta_{\xi_B}) \cdot (4 - 3 \cdot \beta_{\xi_B})} + \frac{5 \cdot \beta_{\xi_B}}{3 \cdot (1-\beta_{\xi_B})} \right) \approx 3{,}04 \cdot 10^{-4}. \qquad (8.66)$$

Поскольку значение $\bar{L}_{я_{\xi_B}} < 0{,}05$, то в уточнении массы звезды Дзета Возничего B с использованием зависимостей (8.57), (8.58) и (8.59) нет необходимости.

Результаты исследований по определению основных характеристик звёзд-сверхгигантов типа Ia на стандартной модели звёзды Эддингтона со световым источником её энергии представлены на рисунках 8.9÷8.11.

Для звёзд-сверхгигантов типа Ia уменьшение эффективной температуры их поверхности с 20000 [K] до 3000 [K] соответствует:

- росту их относительной массы более чем в триста шестьдесят раз, от 111,8 до 40400;
- росту их относительных радиусов в семьдесят два раза, от 14,85 до 1069,4;
- уменьшению доли газового давления в полном давлении более чем в пятнадцать раз, с 0,5447 до 0,03458;
- росту доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения, примерно в восемьсот раз, от $3{,}74 \cdot 10^{-4}$ до 0,2991;

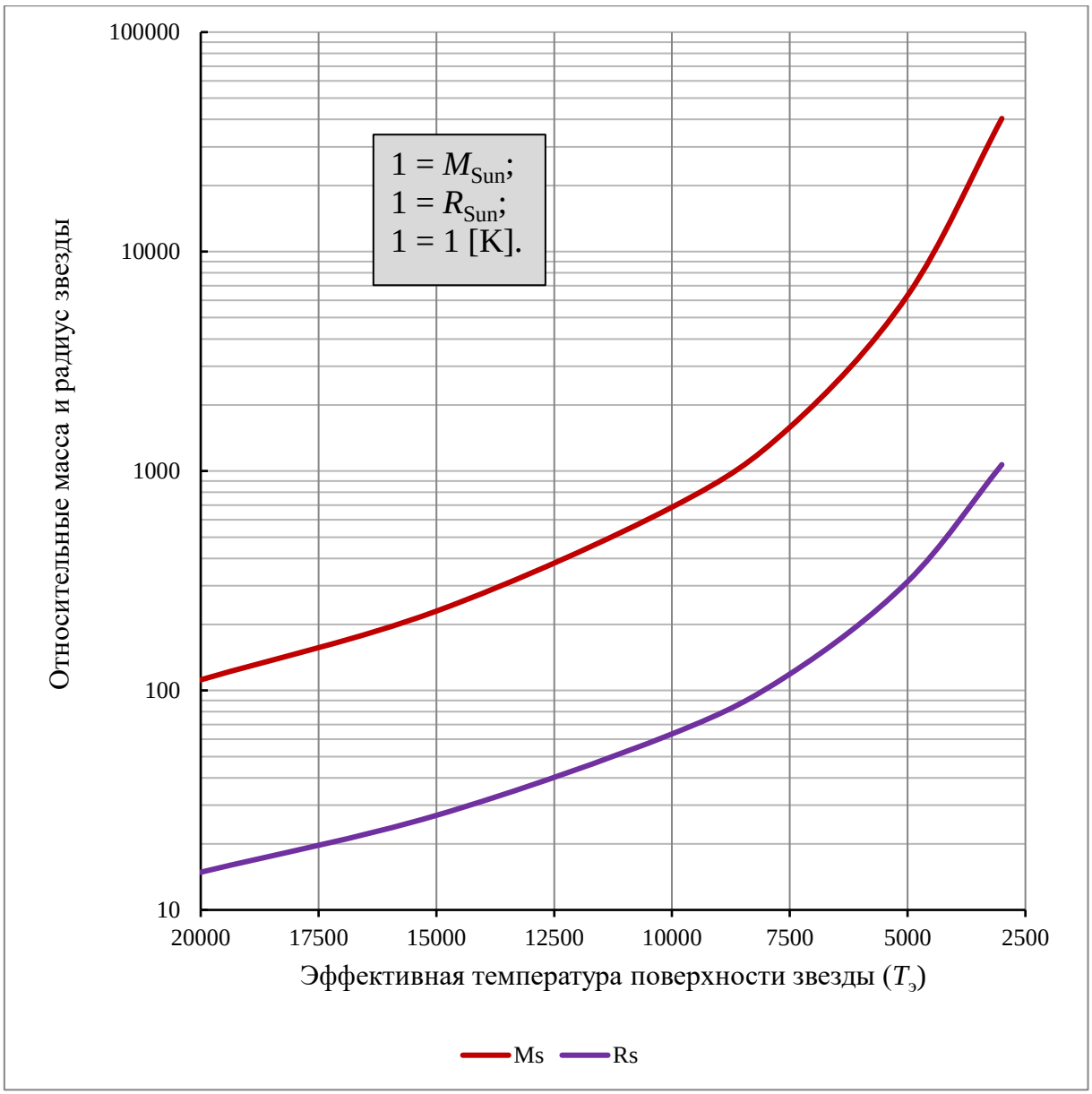


Рис. 8.9. Зависимости относительных масс и радиусов звёзд-сверхгигантов типа Ia от эффективной температуры их поверхности.

- уменьшению относительной температуры в центре звезды в 3,14 раза, с 4,101 до 1,306;
- уменьшению относительной плотности в центре звезды в 1033 раза, с 0,0341 до $3{,}303 \cdot 10^{-5}$;
- уменьшению относительного давления в центре звезды примерно в 206 раз, с 0,2569 до $1{,}248 \cdot 10^{-3}$.

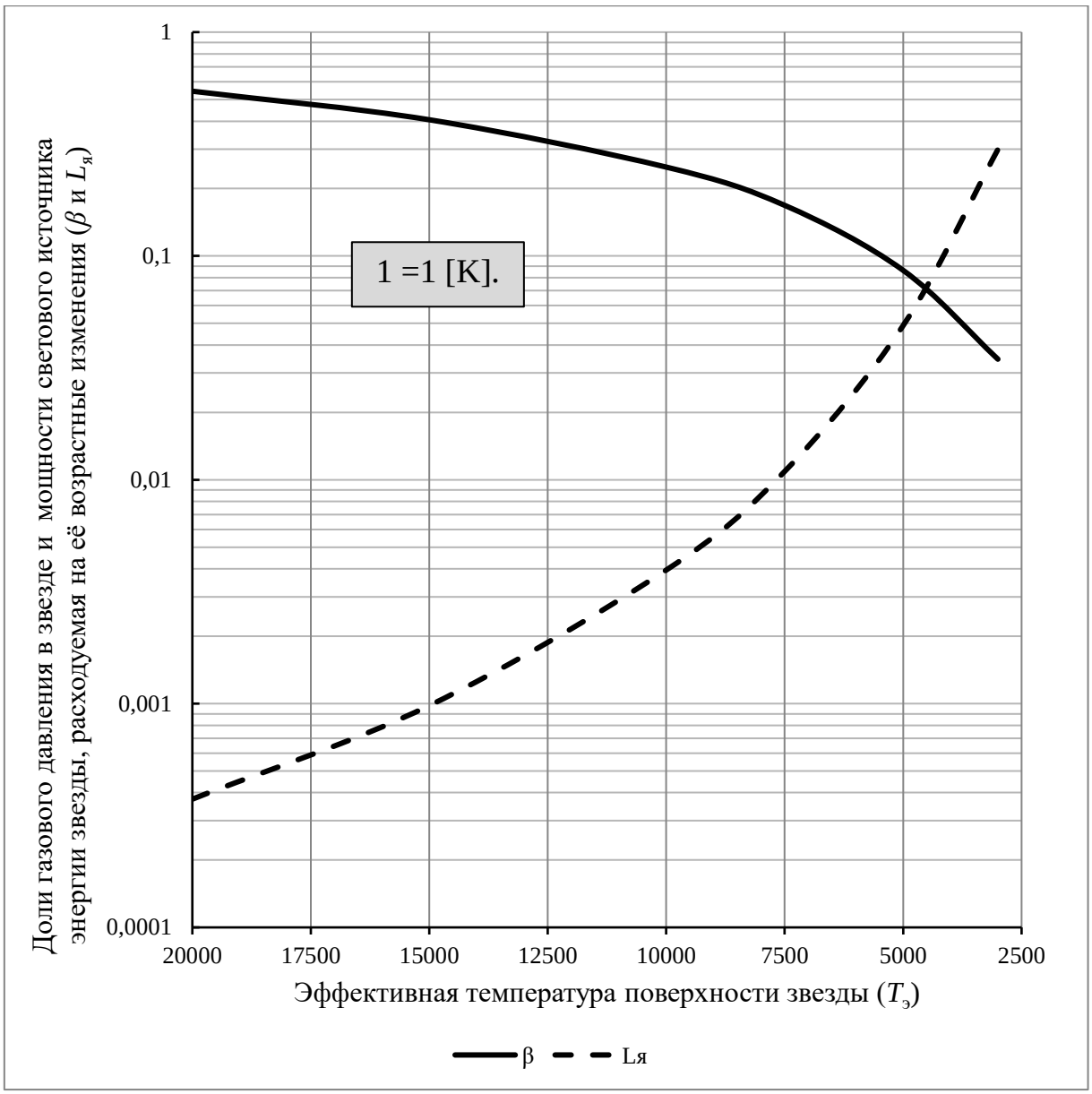


Рис. 8.10. Зависимости доли газового давления в полном давлении звезды и доли мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, от эффективной температуры поверхности звезды, определённые для звёзд-сверхгигантов типа Ia.

Интересно отметить, что увеличение радиуса рассмотренной нами звезды-сверхгиганта типа Ia, имеющей массу равную 40400 масс Солнца, примерно в полтора раза, превратит её в так называемую “чёрную дыру”. Действительно, в этом случае практически вся мощность светового источника энергии звезды, которая согласно (8.21) сократиться примерно в пять раз, будет использована в соответствии с (8.58) на возрастные её изменения.

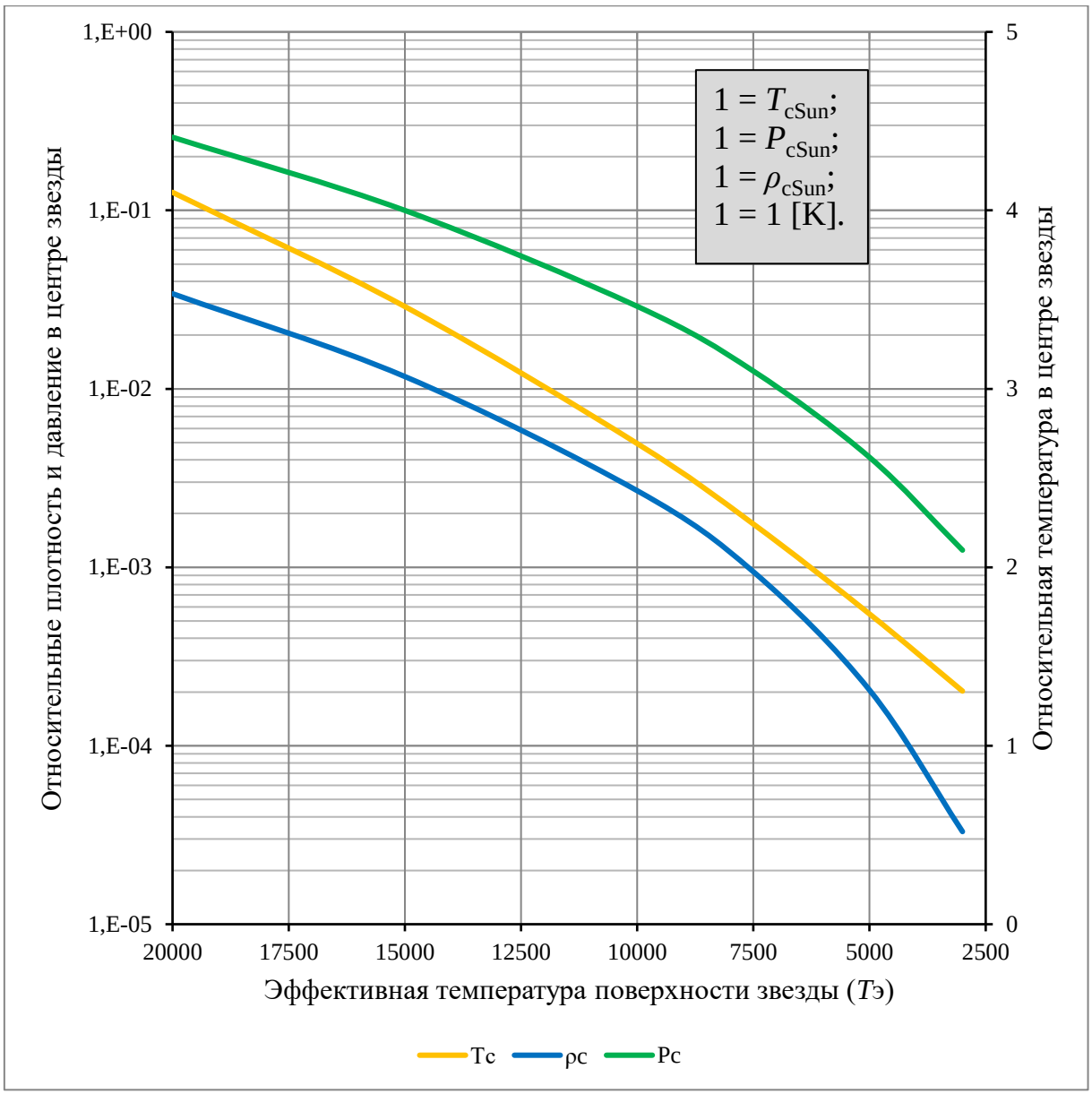


Рис. 8.11. Зависимости относительных температур, плотностей и давлений в центрах звёзд-сверхгигантов типа Ia от эффективной температуры их поверхности.

Результаты исследований по определению основных характеристик звёзд-сверхгигантов типа Ib представлены на рисунках 8.12÷8.14.

Для звёзд-сверхгигантов типа Ib уменьшение эффективной температуры их поверхности с 12500 [K] до 3000 [K] соответствует:

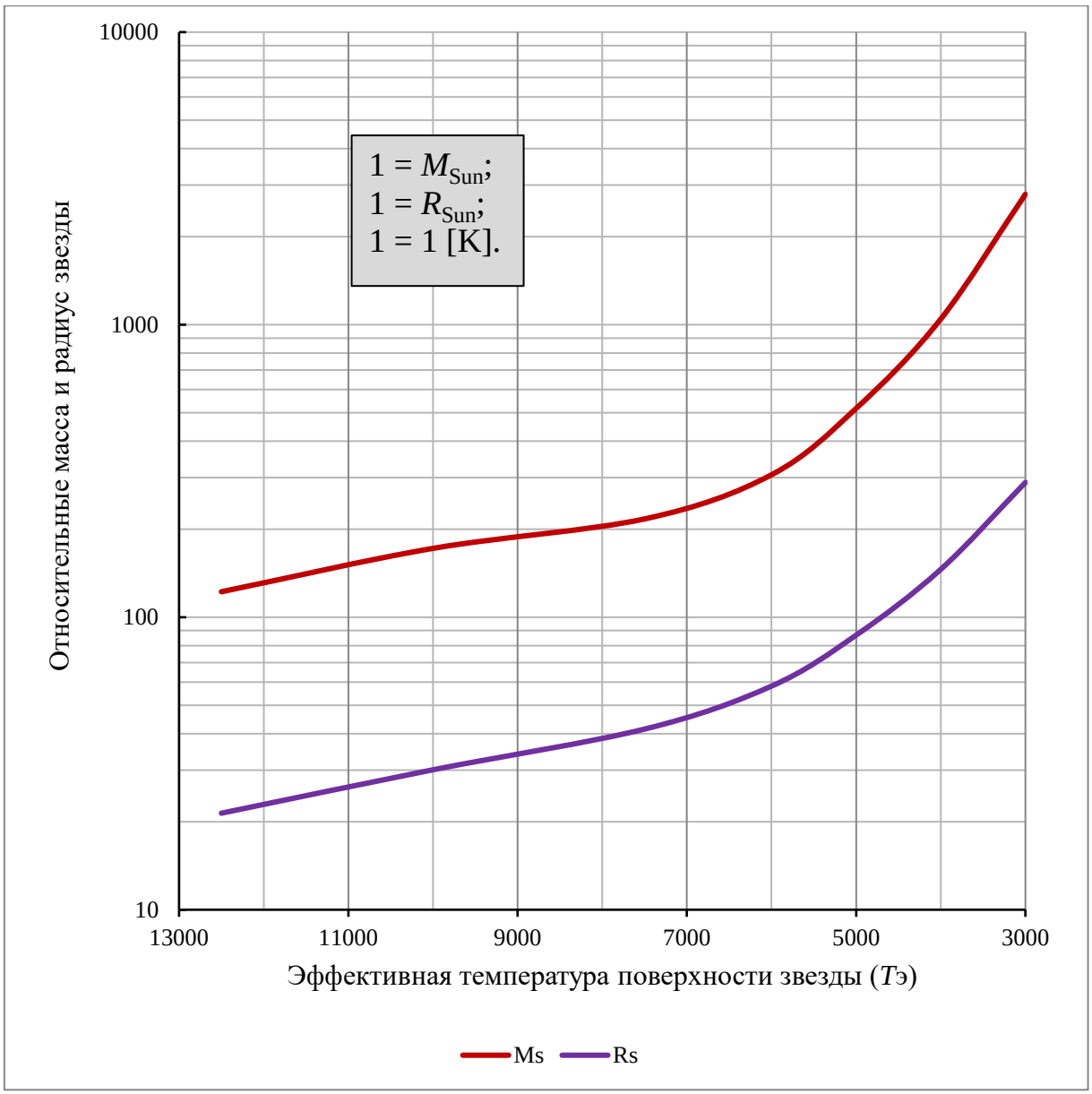


Рис. 8.12. Зависимости относительных масс и радиусов звёзд-сверхгигантов типа Ib от эффективной температуры их поверхности.

- росту их относительной массы примерно в двадцать три раза, от 122,2 до 2790,5;
- росту их относительных радиусов в тринадцать с половиною раз, от 21,38 до 288,7;
- уменьшению доли газового давления в полном давлении более чем в четыре раза, с 0,5263 до 0,01283;

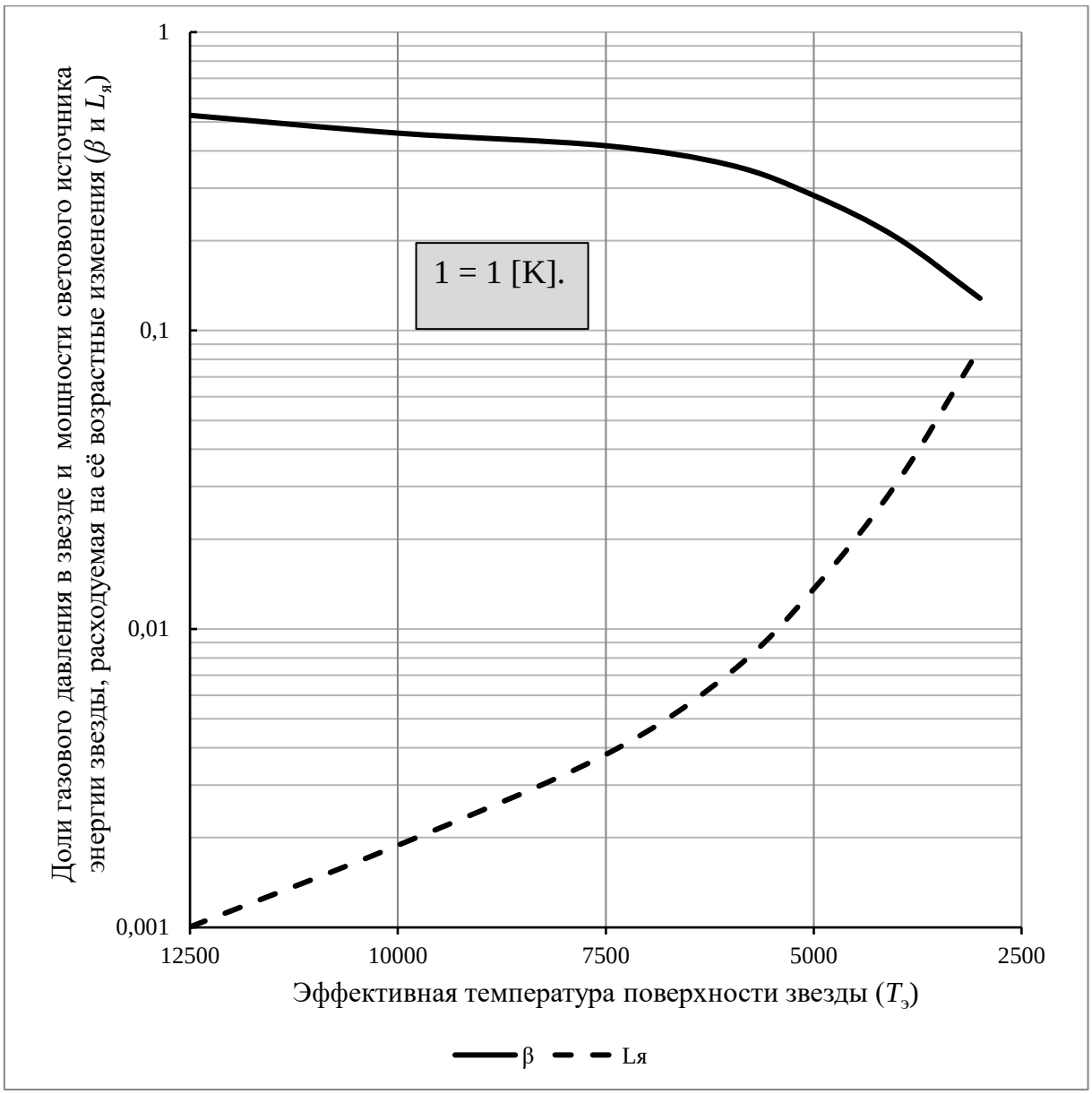


Рис. 8.13. Зависимости доли газового давления в полном давлении звезды и доли мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, от эффективной температуры поверхности звезды, определённые для звёзд-сверхгигантов типа Ib.

- росту доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения, в восемьдесят семь раз, от $1{,}004 \cdot 10^{-3}$ до $8{,}7568 \cdot 10^{-2}$;
- уменьшению относительной температуры в центре звезды в 2,43 раза, с 3,008 до 1,240;

- уменьшению относительной плотности в центре звезды примерно в 108 раз, с 0,0125 до $1{,}16 \cdot 10^{-4}$;
- уменьшению относительного давления в центре звезды примерно в 64 раза, с 0,0714 до $1{,}12 \cdot 10^{-3}$.

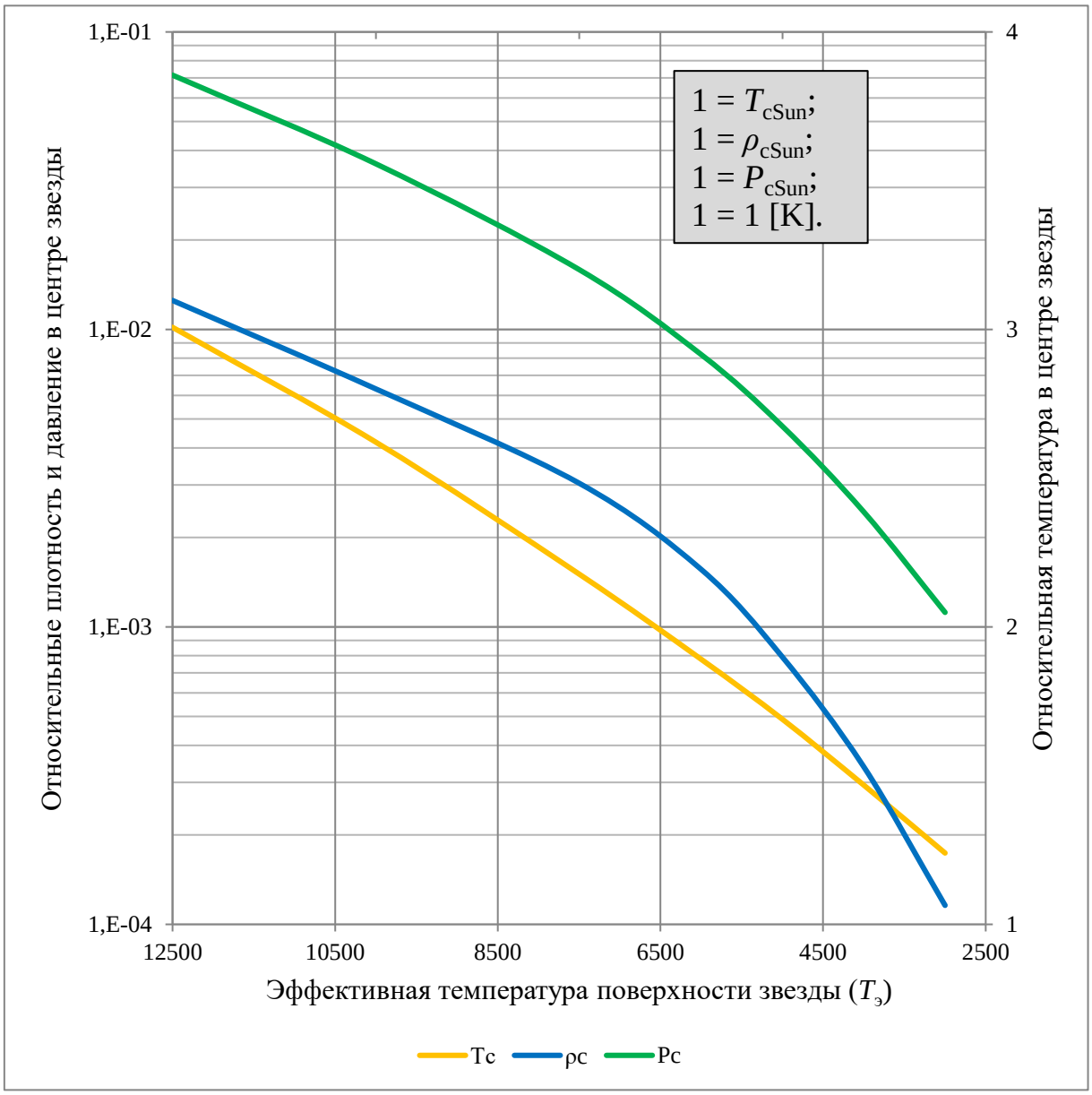


Рис. 8.14. Зависимости относительных температур, плотностей и давлений в центрах звёзд-сверхгигантов типа Ib от эффективной температуры их поверхности.

Заметим, что увеличение радиуса рассмотренной нами звезды-сверхгиганта типа Ib, имеющей массу равную 2790,5 масс Солнца, примерно в два

с четвертью раза превратит её в так называемую “чёрную дыру”. В этом случае практически вся мощность светового источника энергии звезды, которая сократиться примерно в двадцать пять раз, будет использована на возрастные её изменения. При этом температура, плотность и давление в центре звезды уменьшатся в два с четвертью раза, в одиннадцать целых и четыре десятых раза и в двадцать пять целых и семь десятых раза соответственно.

Результаты исследований по определению основных характеристик ярких гигантов представлены на рисунках 8.15÷8.17.

Для ярких гигантов изменению эффективной температуры их поверхности в диапазоне от 3000 [K] до 10000 [K] соответствует:

- изменение их относительной массы в диапазоне от 40,0 до 551,8; минимальное значение относительной массы звезды достигается при эффективной температуре её поверхности примерно равной 7000 [K], а максимальное значение – достигается при 3000 [K];
- изменение их относительных радиусов в диапазоне от 15,69 до 126,1; минимальное значение относительного радиуса звезды достигается при эффективной температуре её поверхности примерно равной 7500 [K], а максимальное значение – достигается при 3000 [K];
- изменение доли газового давления в полном давлении в диапазоне от 0,275 до 0,769; максимальное значение доли газового давления в полном давлении звезды достигается при эффективной температуре её поверхности равной примерно 7000 [K], а минимальное значение – достигается при 3000 [K];
- уменьшение доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения, в тридцать три раза, с $3{,}903 \cdot 10^{-2}$ до $1{,}182 \cdot 10^{-3}$;
- рост относительной температуры в центре звезды в 2,1 раза, от 1,203 до 2,531;

- рост относительной плотности в центре звезды примерно в 44 раза, от $2{,}75 \cdot 10^{-4}$ до 0,01205;
- рост относительного давления в центре звезды примерно в 40 раз, от $1{,}202 \cdot 10^{-3}$ до 0,04766.

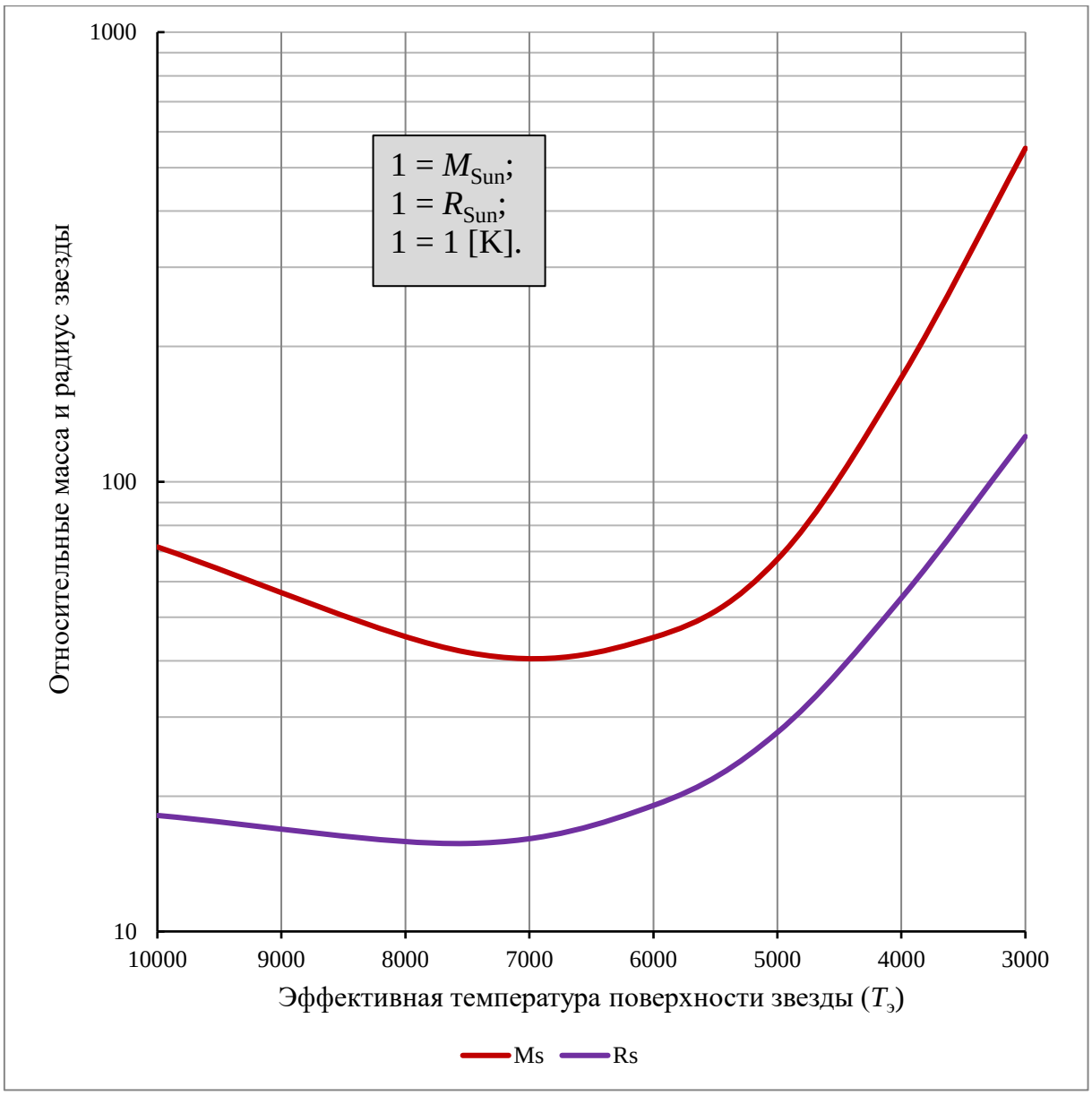


Рис. 8.15. Зависимости относительных масс и радиусов ярких гигантов от эффективной температуры их поверхности.

Увеличение радиуса рассмотренного нами яркого гиганта, имеющего массу равную 551,8 масс Солнца, в две целых и девяносто пять сотых раза превратит его в так называемую “чёрную дыру”. В этом случае практически вся мощность светового источника энергии звезды, которая сократится

примерно в семьдесят пять раз, будет использована на возрастные её изменения. При этом температура, плотность и давление в центре звезды уменьшатся в две целых и девяносто пять сотых раза, в двадцать пять целых и шесть десятых раза и в семьдесят пять целых и пять десятых раза соответственно.

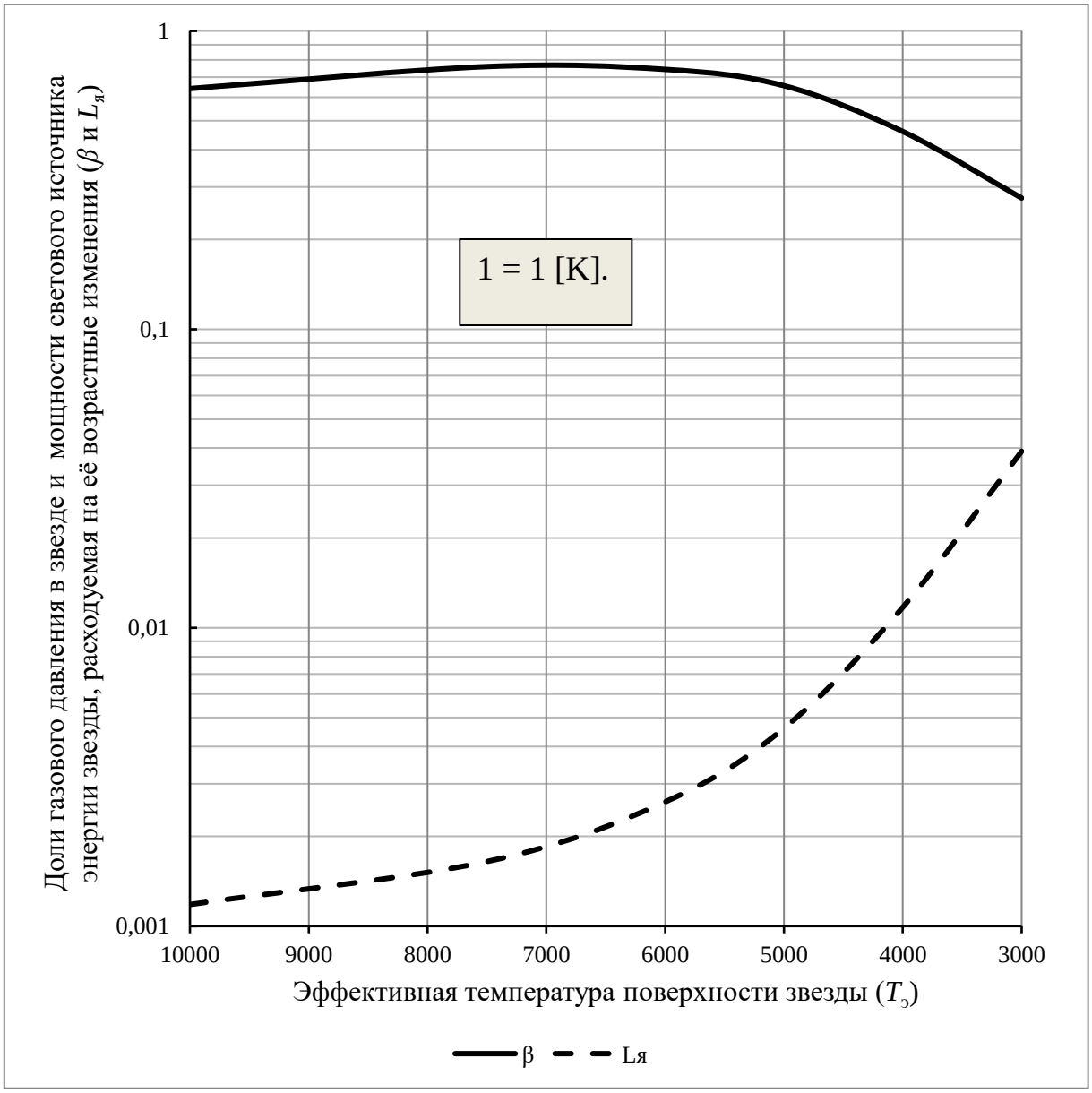


Рис. 8.16. Зависимости доли газового давления в полном давлении звезды и доли мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, от эффективной температуры поверхности звезды, определённые для ярких гигантов.

Результаты исследований по определению основных характеристик звёзд-гигантов представлены на рисунках 8.18÷8.20.

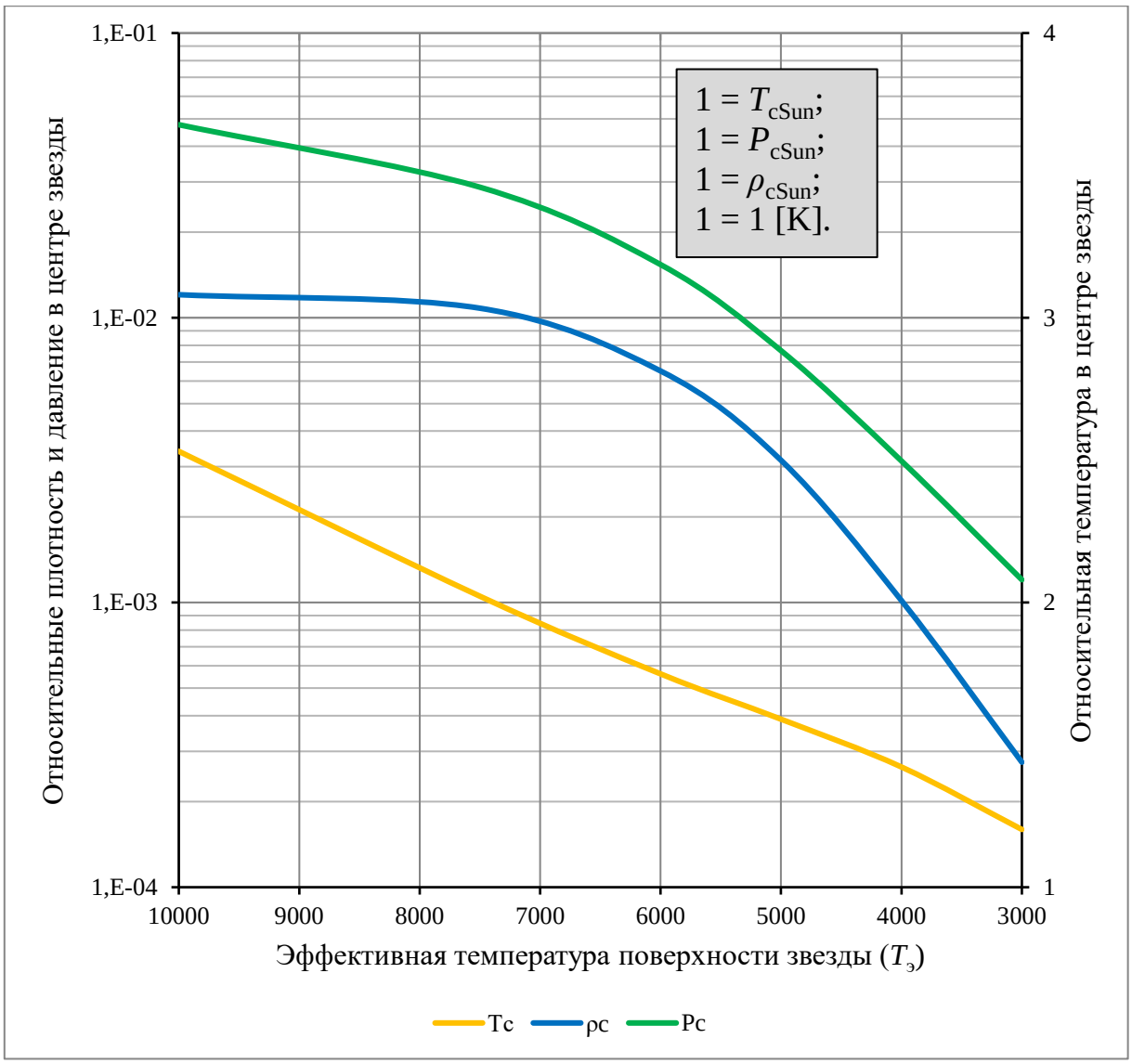


Рис. 8.17. Зависимости относительных температур, плотностей и давлений в центрах ярких гигантов от эффективной температуры их поверхности.

Для звёзд-гигантов изменению эффективной температуры их поверхности в диапазоне от 3000 [K] до 12500 [K] соответствует:

- изменение их относительной массы в диапазоне от 7,0 до 100,2; минимальное значение относительной массы звезды достигается при эффективной температуре её поверхности примерно равной 6800 [K], а максимальное значение – достигается при 3000 [K];
- изменение их относительных радиусов в диапазоне от 4,44 до 49,4; минимальное значение относительного радиуса звезды достигается при

эффективной температуре её поверхности примерно равной 7500 [K], а максимальное значение – достигается при 3000 [K];

- изменение доли газового давления в полном давлении в диапазоне от 0,5680 до 0,9812; максимальное значение доли газового давления в полном давлении звезды достигается при эффективной температуре её поверхности равной примерно 6800 [K], а минимальное значение – достигается при 3000 [K];

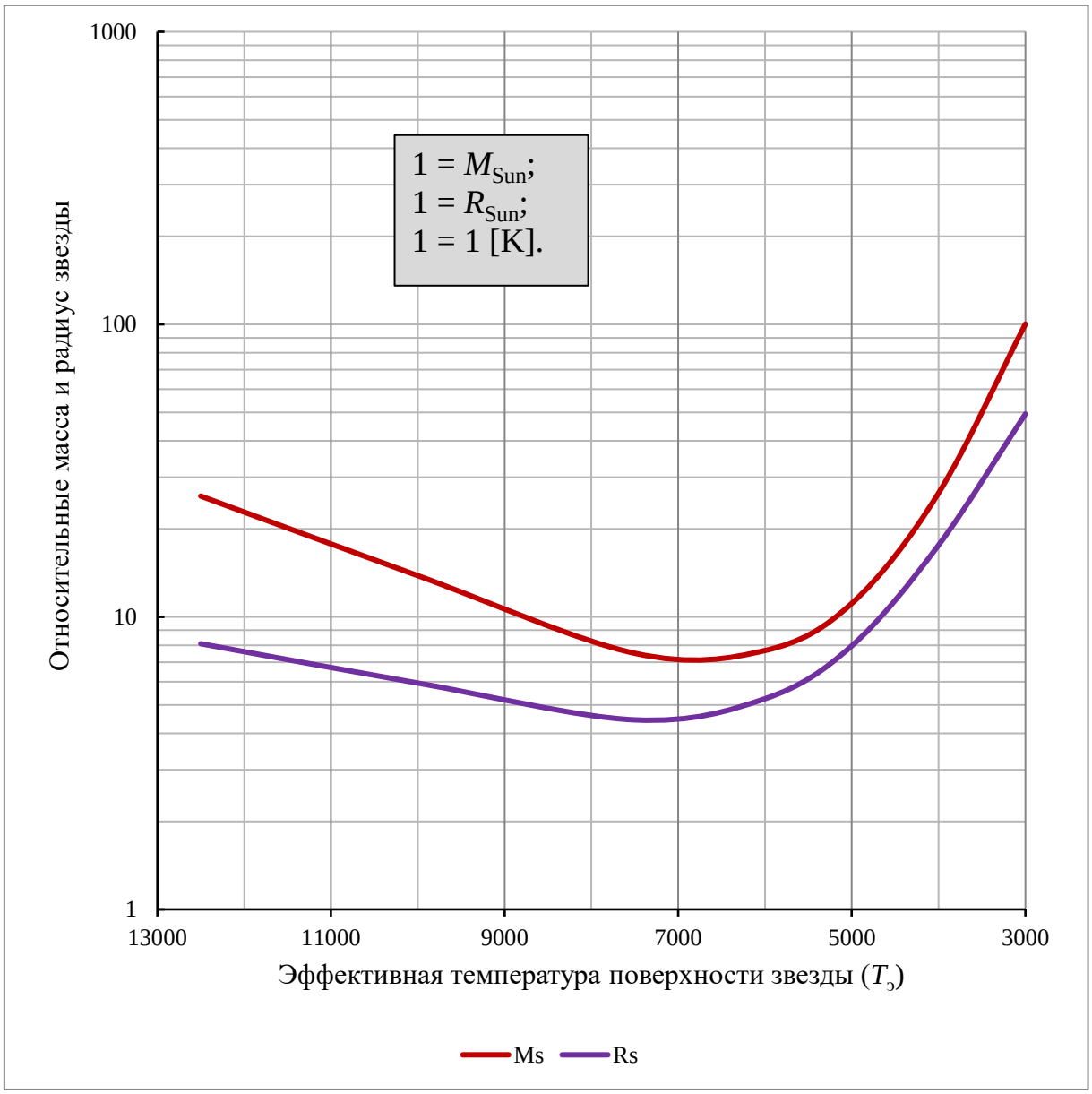


Рис. 8.18. Зависимости относительных масс и радиусов звёзд-гигантов от эффективной температуры их поверхности.

- уменьшение доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения примерно в тридцать один раз, с $1{,}5704 \cdot 10^{-2}$ до $5{,}06 \cdot 10^{-4}$;

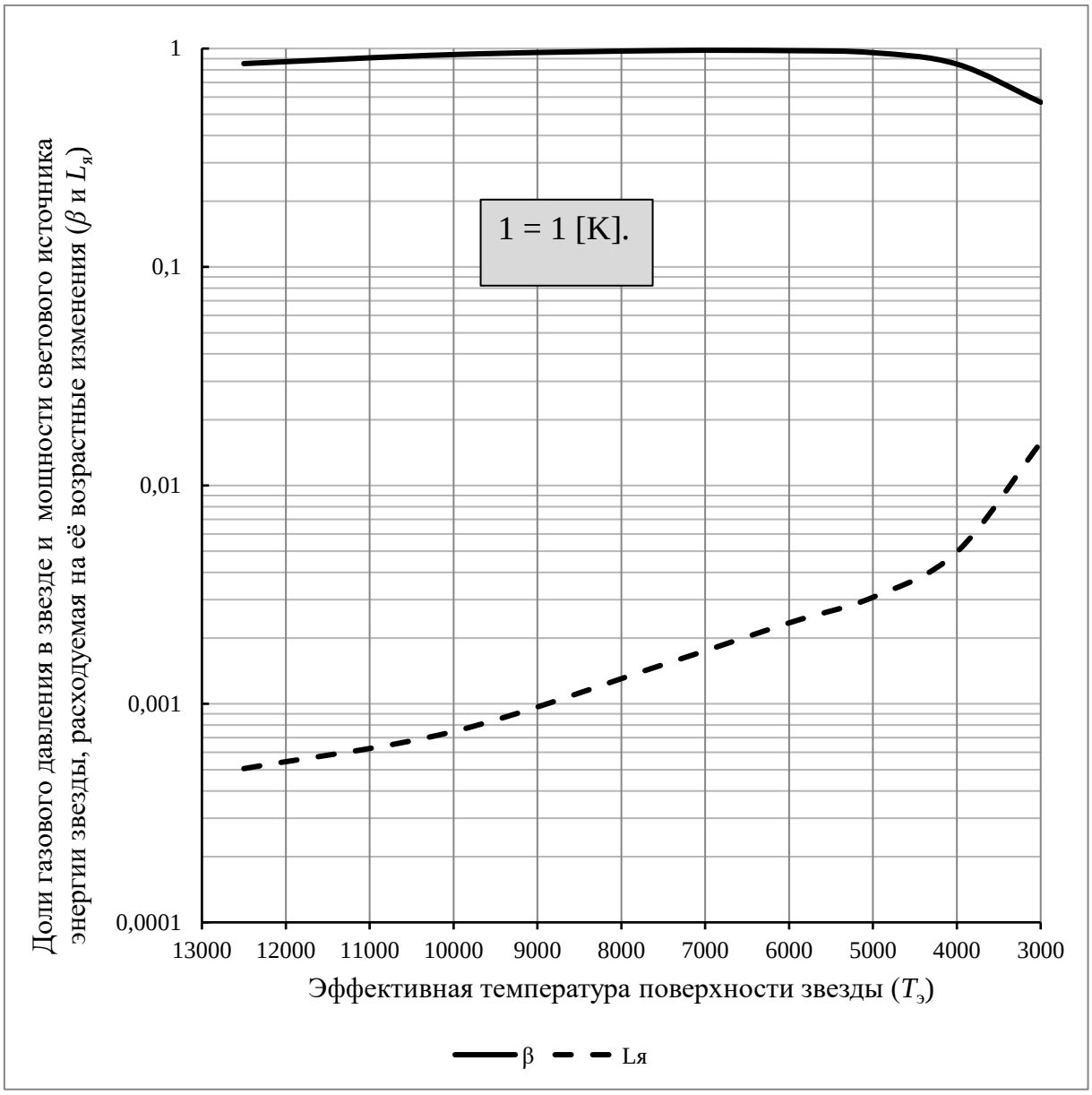


Рис. 8.19. Зависимости доли газового давления в полном давлении звезды и доли мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, от эффективной температуры поверхности звезды, определённые для звёзд-гигантов.

- рост относительной температуры в центре звезды от 1,153 до 2,728;
- изменение относительной плотности в центре звезды в диапазоне от $8{,}32 \cdot 10^{-4}$ до 0,088; максимальное значение относительной плотности

в центре звезды достигается при эффективной температуре её поверхности равной примерно 7700 [K], а минимальное значение – достигается при 3000 [K];

- рост относительного давления в центре звезды от $1{,}689 \cdot 10^{-3}$ до 0,1559.

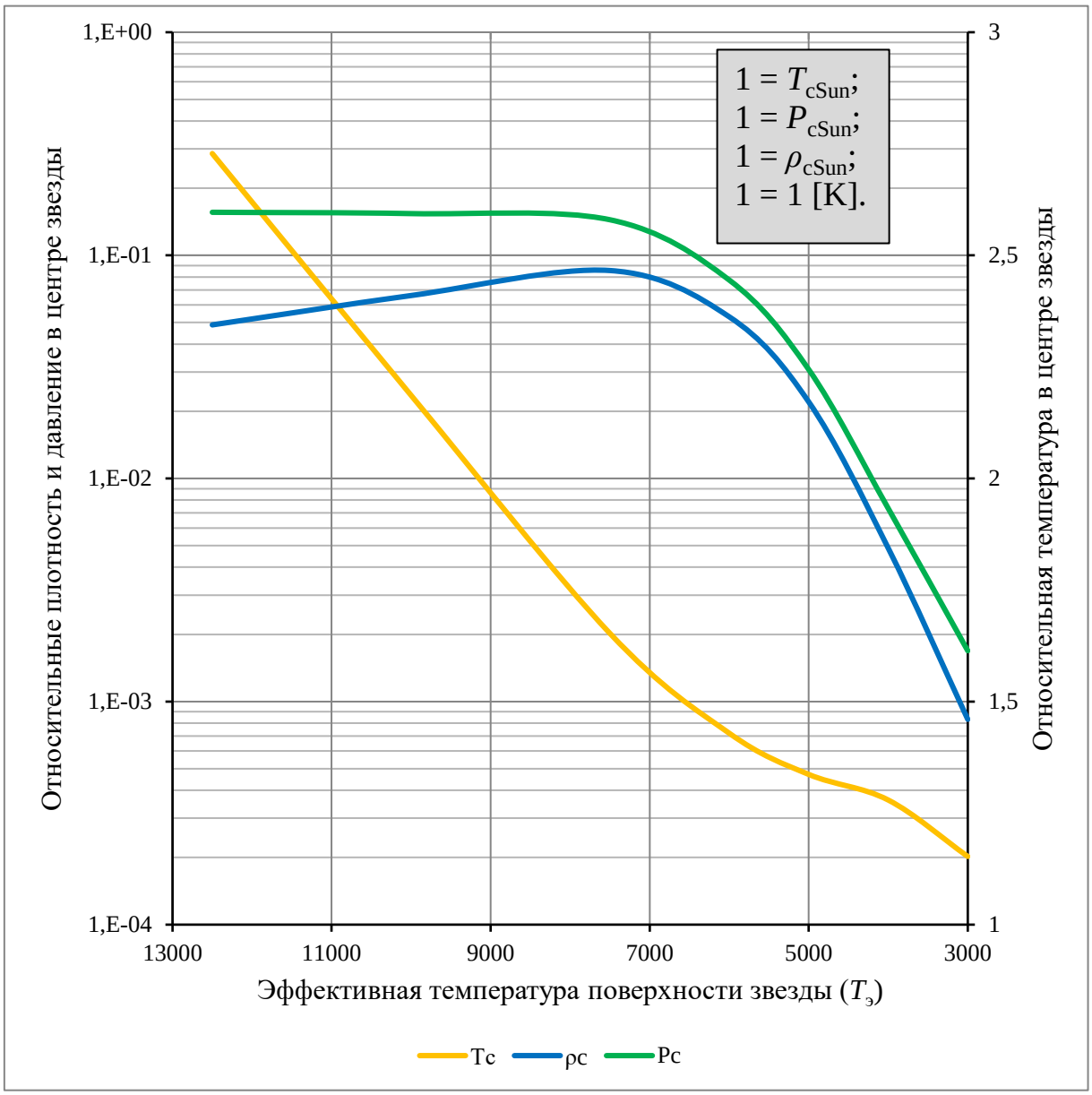


Рис. 8.20. Зависимости относительных температур, плотностей и давлений в центрах звёзд-гигантов от эффективной температуры их поверхности.

Увеличение радиуса рассмотренной нами звезды-гиганта, имеющей массу равную 100,2 масс Солнца, в три целых и девяносто девять сотых раза превратит её в так называемую чёрную дыру. В этом случае практически вся

мощность светового источника энергии звезды, которая сократится примерно в двести пятьдесят четыре раза, будет использована на возрастные её изменения. При этом температура, плотность и давление в центре звезды уменьшаться в три целых и девяносто девять сотых раза, в шестьдесят три целых и семь десятых раза и в двести пятьдесят четыре целых и три десятых раза соответственно.

Результаты исследований по определению основных характеристик звёзд-субгигантов представлены на рисунках 8.21÷8.23.

Для звёзд-субгигантов изменение эффективной температуры их поверхности в диапазоне от 4500 [K] до 15000 [K] соответствует изменению их относительной массы в диапазоне от 3,0 до 18,4; и изменению их относительных радиусов в диапазоне от 2,54 до 5,62. Причём минимальные относительные значения масс и радиусов субгигантов достигаются при значениях эффективной температуры их поверхности равных примерно 5600 [K] и 6000 [K] соответственно.

Наибольшие значения относительных масс и радиусов звёзд-субгигантов достигаются при эффективной температуре их поверхности равной 15000 [K], которая является наибольшей из рассматриваемых значений эффективных температур. Заметим, что у звёзд-сверхгигантов, ярких гигантов и гигантов наибольшие значения их относительных масс и радиусов соответствовали наименьшим из рассматриваемых значений эффективных температур их поверхности.

Изменение доли газового давления в полном давлении звёзд-субгигантов находится в интервале от 0,9057 до 0,9963, а изменение доли мощности светового источника энергии звёзд-субгигантов, расходуемой на их возрастные изменения, находится в интервале от $3{,}32 \cdot 10^{-4}$ до $5{,}171 \cdot 10^{-3}$, о чём свидетельствуют результаты исследований, представленные на рисунке 8.22. Причём максимальное значение доли газового давления в полном давлении звёзд-субгигантов достигается при эффективной температуре их поверхности равной примерно 5600 [K].

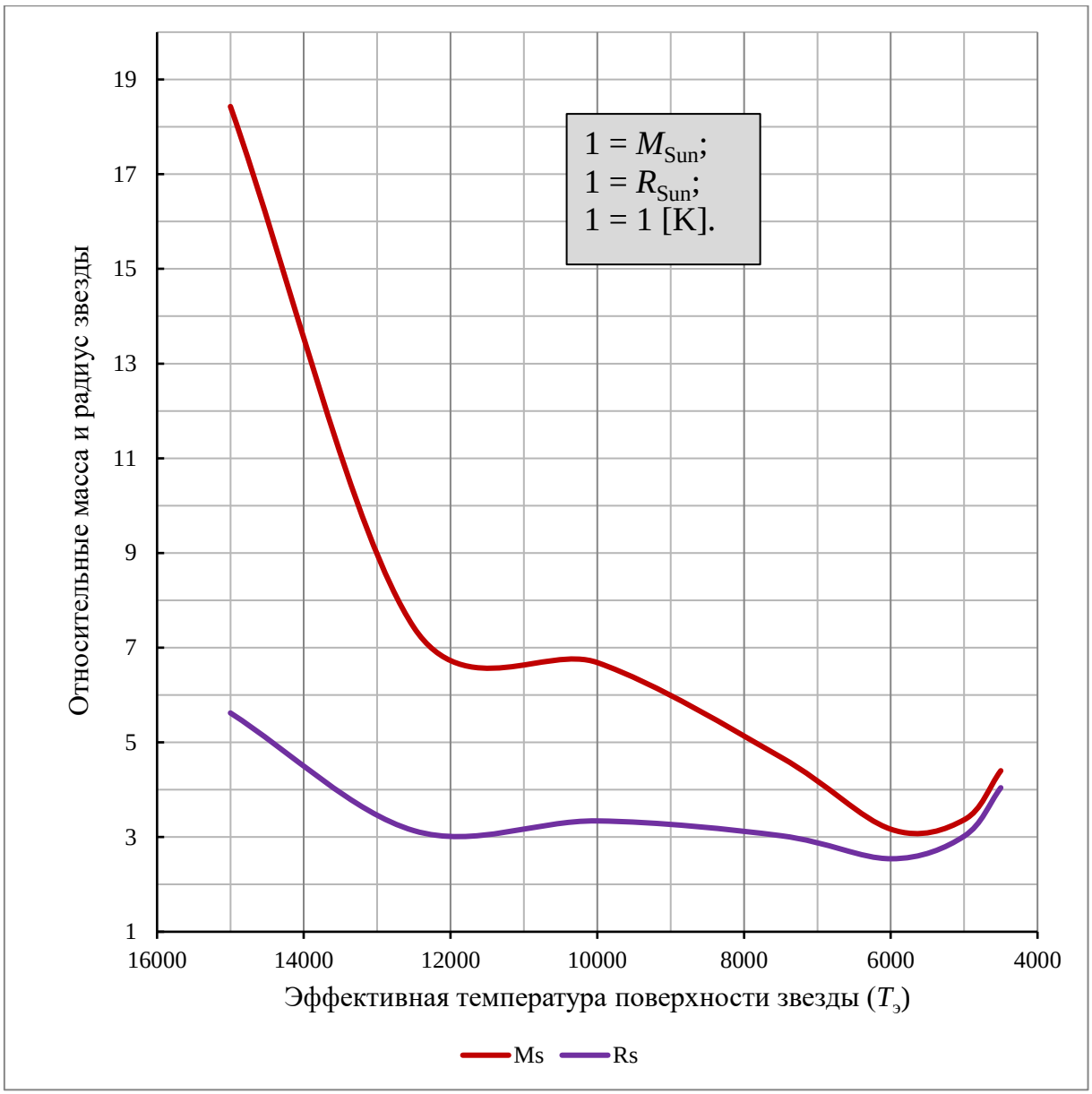


Рис. 8.21. Зависимости относительных масс и радиусов звёзд-субгигантов от эффективной температуры их поверхности.

Зависимости относительных температур, плотностей и давлений в центрах звёзд-субгигантов от эффективной температуры их поверхности представлены на рисунке 8.23.

Изменение эффективной температуры поверхности звёзд-субгигантов в диапазоне от 4500 [K] до 15000 [K] приводит к соответствующим изменениям относительных температур, плотностей и давлений в их центрах. При этом относительная температура в центре звезд-субгигантов изменяется в диапазоне от 1,0806 до 2,969; относительная центральная плотность –

в диапазоне от $6{,}668 \cdot 10^{-2}$ до 0,10378; а относительное центральное давление – в диапазоне от $7{,}262 \cdot 10^{-2}$ до 0,3403.

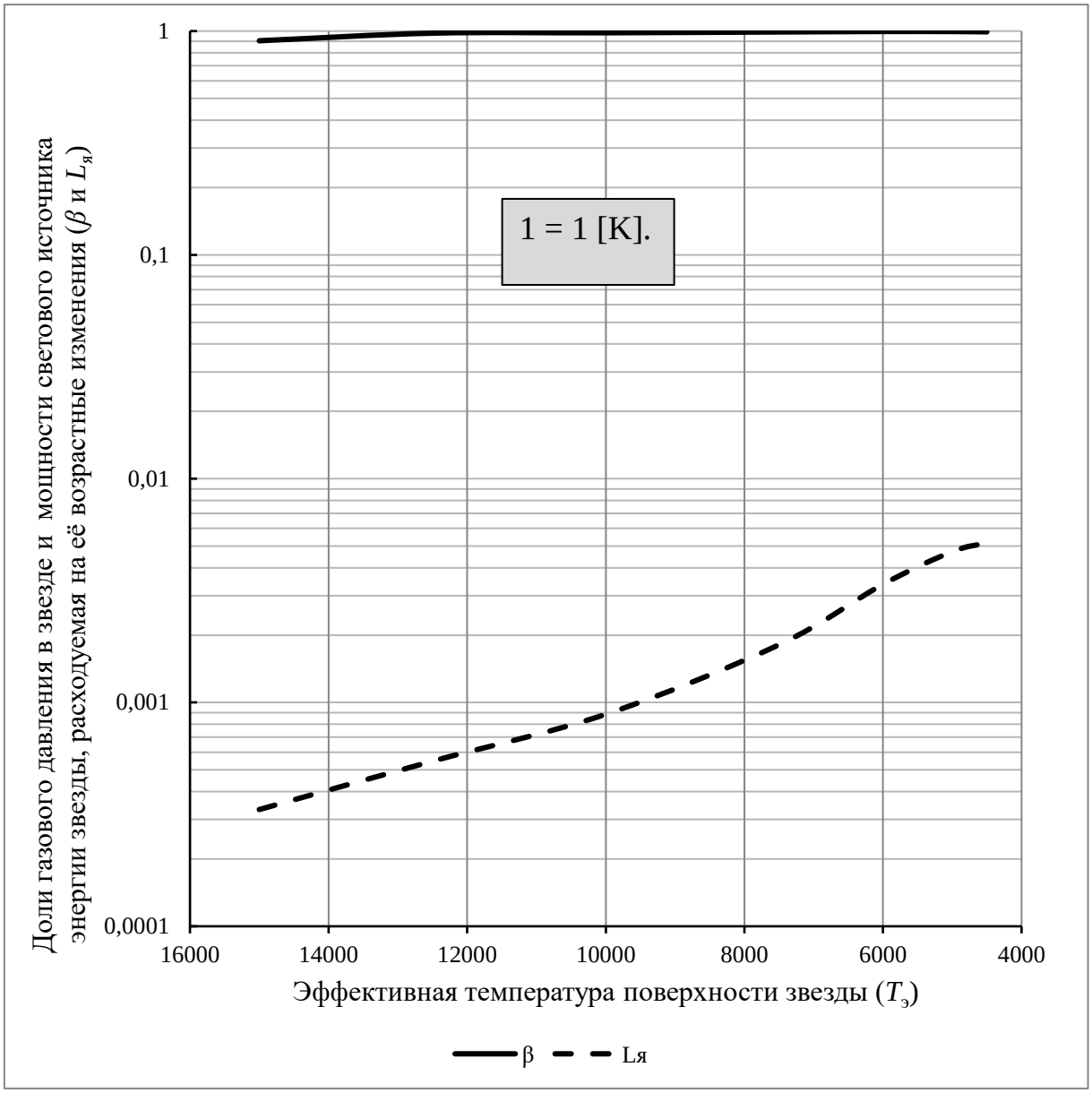


Рис. 8.22. Зависимости доли газового давления в полном давлении звезды и доли мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, от эффективной температуры поверхности звезды, определённые для звёзд-субгигантов.

Причём максимальная относительная плотность звёзд-субгигантов достигается при эффективной температуре их поверхности приблизительно равной 12200 [K], а максимальное относительное давление звёзд-субгигантов

достигается при эффективной температуре их поверхности приблизительно равной 12400 [K].

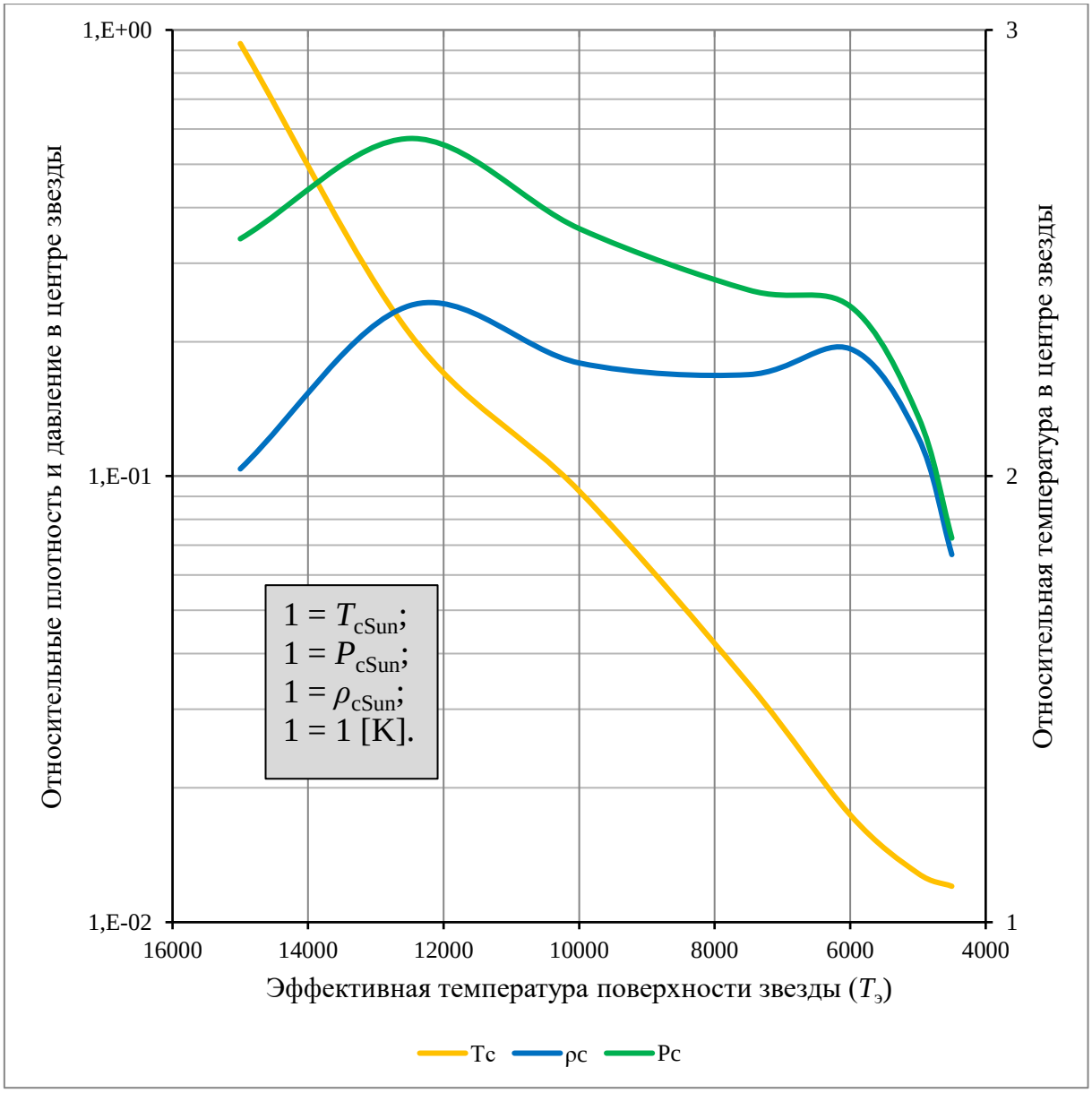


Рис. 8.23. Зависимости относительных температур, плотностей и давлений в центрах звёзд-субгигантов от эффективной температуры их поверхности.

Результаты исследований по определению основных характеристик звёзд главной последовательности представлены на рисунках 8.24÷8.26.

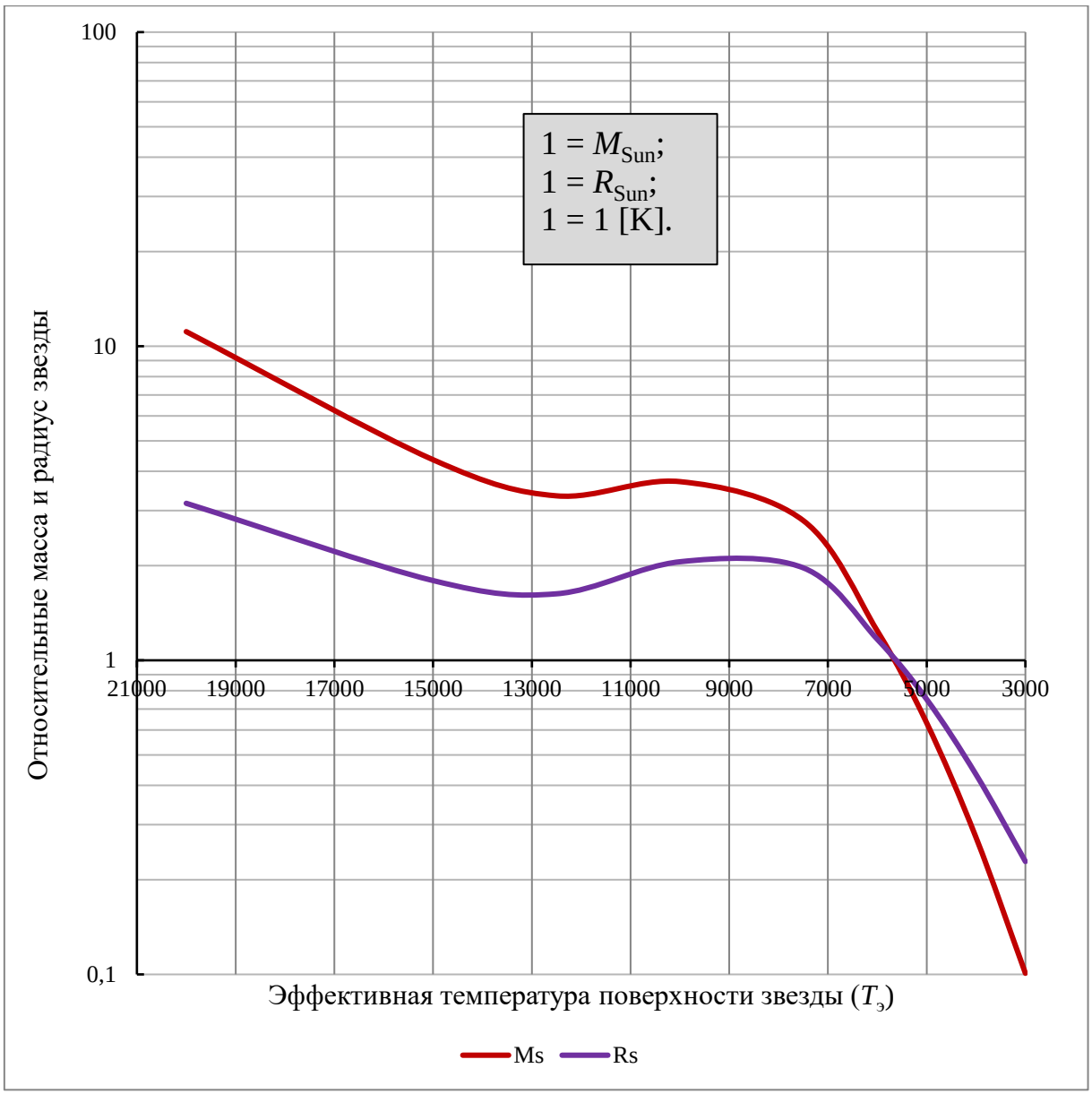


Рис. 8.24. Зависимости относительных масс и радиусов звёзд главной последовательности от эффективной температуры их поверхности.

Для звёзд главной последовательности изменению эффективной температуры их поверхности в диапазоне от 3000 [K] до 20000 [K] соответствует:

- рост их относительной массы от 0,101 до 11,13;
- рост их относительных радиусов от 0,2288 до 3,162;
- уменьшение доли газового давления в полном давлении с 0,9999958 до 0,95702;
- уменьшение доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения, с 0,074248 до $1{,}92 \cdot 10^{-4}$;

- рост относительной температуры в центре звезды от 0,4406 до 3,3686;
- уменьшение относительной плотности в центре звезды с 8,415 до 0,35212;
- изменение относительного давления в центре звезды в диапазоне от 0,515 до 3,708; минимальное значение относительного давления в центре звезды достигается при эффективной температуре её поверхности равной примерно 7500 [K], а максимальное значение – достигается при 3000 [K].

Сравнение основных характеристики звёзд, определённых исходя из диаграммы Герцшпрунга – Рассела на стандартной модели звезды Эддингтона со световым источником её энергии, с существующими в настоящее время их оценками, полученными на модели, основанной на гипотезе о термоядерном источнике энергии звёзд, показывает:

- Оценки размеров звёзд совпадают, что свидетельствует о том, что их определение основывалось на одних и тех же данных, представленных на диаграмме Герцшпрунга – Рассела, и производилось с использованием одной и той же зависимости (8.55);
- Оценки масс звёзд, а, следовательно, оценки долей газового давления в их полном давлении, как и оценки температур, плотностей и давлений в центре звёзд, которые напрямую зависят от значений их масс, существенно различаются.

Оценки масс звёзд, полученные нами на модели, основанной на гипотезе о световом источнике энергии звёзд, на несколько порядков могут отличаться от существующих в настоящее время оценок, полученных на модели, основанной на гипотезе о термоядерном источнике энергии звезд. Причём при сравнительной оценке масс звёзд, может получиться так, что на порядок более тяжёлые звёзды, по существующим в настоящее время оценкам, окажутся на два порядка более лёгкими, при сравнительной оценке их масс на модели звезды со световым источником её энергии. Покажем это на примере оценки масс затменной двойной звезды спектрального класса

WN6h NGC 3603 – A1 из созвездия Киль и яркого красного гипергиганта спектрального класса M41a UY Щита.

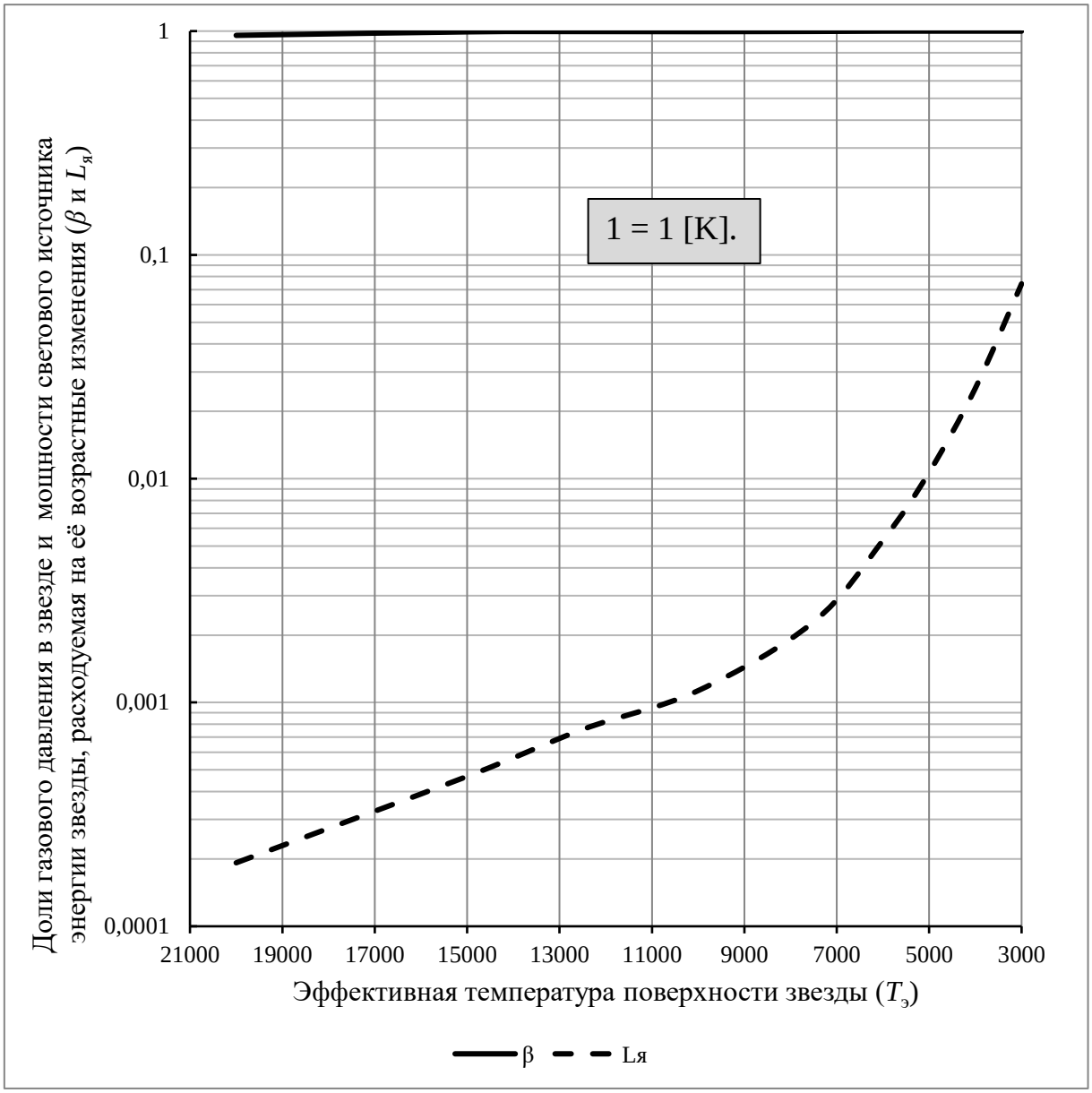


Рис. 8.25. Зависимости доли газового давления в полном давлении звезды и доли мощности светового источника энергии звезды, которая расходуется на её возрастные изменения, от эффективной температуры поверхности звезды, определённые для звёзд главной последовательности.

Согласно существующим в настоящее время оценкам масс, полученных на моделях, использующих гипотезу о термоядерном источнике энергии звёзд, массы звёзд A1a и A1b, образующих затменную двойную звезду NGC 3603 – A1 из созвездия Киль, равны ста двадцати и девяноста двум массам Солнца

соответственно [54]. При этом считается, что относительные мощности излучения звёзд равны $\bar{L}_{\mathrm{A1a}} = 2500000$ и $\bar{L}_{\mathrm{A1b}} = 1500000$; а эффективные температуры их поверхностей равны $T_{\mathrm{э_{A1a}}} = 42000$ [K] и $T_{\mathrm{э_{A1b}}} = 40000$ [K]. Масса же яркого красного гипергиганта UY Щита, имеющего относительную мощность излучения равную $\bar{L}_{\mathrm{UY}} = 340000$ и эффективную температуру поверхности равную $T_{\mathrm{э_{UY}}} = 3365$ [K], оценивается в диапазоне от семи до десяти масс Солнца [55].

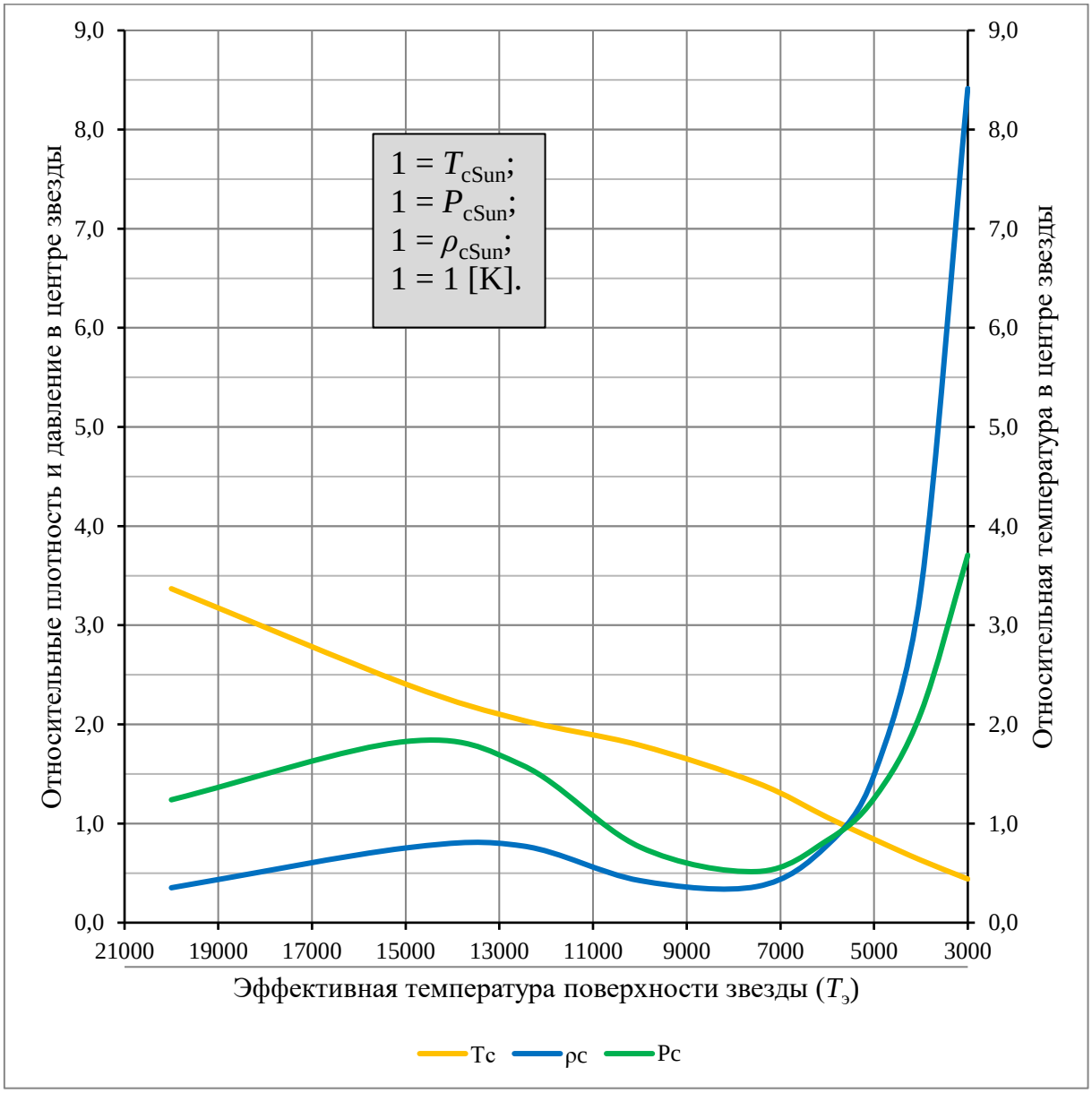


Рис. 8.26. Зависимости относительных температур, плотностей и давлений в центрах звёзд главной последовательности от эффективной температуры их поверхности.

Таким образом, сравнительная оценка масс компонентов затменной двойной звезды NGC 3603 – A1 и яркого красного гипергиганта UY Щита, полученная на модели, использующей гипотезу о термоядерном источнике энергии звёзд, показывает, что компоненты звезды NGC 3603 – A1 на порядок тяжелее гипергиганта UY Щита.

Осуществим оценку масс звёзд NGC 3603 – A1 и UY Щита на модели, использующей гипотезу о световом источнике их энергии. Во-первых, определим относительные радиусы звёзд с использованием зависимости (8.55):

$$\bar{R}_{\text{A1a}} = \frac{\sqrt{\bar{L}_{\text{A1a}}}}{\bar{T}_{\text{э}_{\text{A1a}}}^{\ 2}} \approx 29{,}945;\ \bar{R}_{\text{A1b}} = \frac{\sqrt{\bar{L}_{\text{A1b}}}}{\bar{T}_{\text{э}_{\text{A1b}}}^{\ 2}} \approx 25{,}573;\ \bar{R}_{\text{UY}} = \frac{\sqrt{\bar{L}_{\text{UY}}}}{\bar{T}_{\text{э}_{\text{UY}}}^{\ 2}} \approx 1720{,}38, \qquad (8.67)$$

где $\bar{T}_{\text{э}_{\text{A1a}}}, \bar{T}_{\text{э}_{\text{A1b}}}$ и $\bar{T}_{\text{э}_{\text{UY}}}$ – относительные эффективные температуры поверхностей компонент A1a и A1b затменной двойной звезды NGC 3603 – A1 и гипергиганта UY Щита соответственно.

Совместным решением уравнений (8.68) и (8.69), определим относительную массу компоненты A1a и долю газового давления в полном её давлении:

$$\bar{M}_{\text{A1a}} = \sqrt[5]{\frac{\bar{L}_{\text{A1a}} \cdot \bar{R}_{\text{A1a}}^{\ 4} \cdot \beta_{\text{Sun}}^{\ 4}}{\beta_s^{\ 4}}}. \qquad (8.68)$$

$$\bar{M}_{\text{s}} = \bar{M}_{\text{A1a}} = \frac{\beta_{\text{Sun}}^{\ 2}}{\beta_{\text{s}}^{\ 2}} \cdot \sqrt{\frac{1-\beta_{\text{s}}}{1-\beta_{\text{Sun}}}}. \qquad (8.69)$$

Численные значения относительной массы компоненты A1a и доли давления излучения в её полном давлении составили:

$$\bar{M}_{\text{A1a}} \approx 1015{,}67; \quad \beta_{\text{A1a}} \approx 0{,}207594. \qquad (8.70)$$

Доля мощности светового источника энергии компоненты A1a, которая расходуется на её возрастные изменения, в соответствии с зависимостью (8.58), равна:

$$\bar{L}_{я_{\text{A1a}}} = \frac{\bar{L}_{я_{\text{Sun}}} \cdot \bar{R}_{\text{A1a}}^{3}}{k_{\bar{L}_{я_{\text{Sun}}}} \cdot \bar{M}_{\text{A1a}}} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta_{\text{A1a}} + 31 \cdot \beta_{\text{A1a}}^{\ 2}}{(1-\beta_{\text{A1a}}) \cdot (4 - 3 \cdot \beta_{\text{A1a}})} + \frac{5}{3 \cdot (1-\beta_{\text{A1a}})} \right) \approx 2{,}699 \cdot 10^{-4}. \qquad (8.71)$$

Поскольку значение $\bar{L}_{я_{\text{A1a}}} < 0{,}05$, то в уточнении массы компоненты A1a с использованием зависимостей (8.57), (8.58) и (8.59) нет необходимости.

Аналогичным образом были получены количественные оценки относительной массы компоненты A1b, доли давления излучения в её полном давлении и доли мощности светового источника энергии компоненты A1b, которая расходуется на её возрастные изменения, численные значения которых составили:

$$\bar{M}_{\mathrm{A1b}} \approx 705{,}66; \quad \beta_{\mathrm{A1b}} \approx 0{,}245981; \; \bar{L}_{я_{\mathrm{A1b}}} \approx 2{,}456 \cdot 10^{-4}. \tag{8.72}$$

Определение относительной массы гипергиганта UY Щита, доли давления излучения в его полном давлении и доли мощности светового источника энергии гипергиганта UY Щита, которая расходуется на его возрастные изменения, осуществлялось совместным решением следующих трёх уравнений:

$$\bar{M}_{\mathrm{UY}} = \sqrt[5]{\frac{\bar{L}_{\mathrm{UY}} \cdot (1 - \bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}}) \cdot \bar{R}_{\mathrm{UY}}{}^4 \cdot \beta_{\mathrm{Sun}}{}^4}{(1 - \bar{L}_{я_{\mathrm{UY}}}) \cdot \beta_s{}^4}}. \tag{8.73}$$

$$\bar{M}_s = \bar{M}_{\mathrm{UY}} = \frac{\beta_{\mathrm{Sun}}{}^2}{\beta_s{}^2} \cdot \sqrt{\frac{1 - \beta_s}{1 - \beta_{\mathrm{Sun}}}}. \tag{8.74}$$

$$\bar{L}_{я_{\mathrm{UY}}} = \frac{\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}} \cdot \bar{R}_{\mathrm{UY}}^3}{k_{\bar{L}_{я_{\mathrm{Sun}}}} \cdot \bar{M}_{\mathrm{UY}}} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta_s + 31 \cdot \beta_s{}^2}{(1 - \beta_s) \cdot (4 - 3 \cdot \beta_s)} + \frac{5}{3 \cdot (1 - \beta_s)} \right). \tag{8.75}$$

Численные значения относительной массы гипергиганта UY Щита, доли давления излучения в его полном давлении и доли мощности светового источника энергии гипергиганта UY Щита, которая расходуется на его возрастные изменения, составили:

$$\bar{M}_{\mathrm{UY}} \approx 126687{,}93; \quad \beta_{\mathrm{UY}} \approx 0{,}01960366; \; \bar{L}_{я_{\mathrm{UY}}} \approx 0{,}3869107. \tag{8.76}$$

Численные значения относительных температур, плотностей и давлений в центрах звёзд A1a, A1b и UY, определённые в соответствии с зависимостями (8.60)÷(8.62), составили:

$$\bar{T}_{c_{\mathrm{A1a}}} = \frac{\beta_{\mathrm{A1a}} \cdot \bar{M}_{\mathrm{A1a}}}{\beta_{\mathrm{Sun}} \cdot \bar{R}_{\mathrm{A1a}}} \approx 7{,}044; \; \bar{\rho}_{c_{\mathrm{A1a}}} = \frac{\bar{M}_{\mathrm{A1a}}}{\bar{R}_{\mathrm{A1a}}{}^3} \approx 0{,}0378; \; \bar{P}_{c_{\mathrm{A1a}}} = \frac{\bar{M}_{\mathrm{A1a}}{}^2}{\bar{R}_{\mathrm{A1a}}{}^4} \approx 1{,}283. \tag{8.77}$$

$$\bar{T}_{c_{\mathrm{A1b}}} = \frac{\beta_{\mathrm{A1b}} \cdot \bar{M}_{\mathrm{A1b}}}{\beta_{\mathrm{Sun}} \cdot \bar{R}_{\mathrm{A1b}}} \approx 6{,}790; \; \bar{\rho}_{c_{\mathrm{A1b}}} = \frac{\bar{M}_{\mathrm{A1b}}}{\bar{R}_{\mathrm{A1b}}{}^3} \approx 0{,}0422; \; \bar{P}_{c_{\mathrm{A1b}}} = \frac{\bar{M}_{\mathrm{A1b}}{}^2}{\bar{R}_{\mathrm{A1b}}{}^4} \approx 1{,}164. \tag{8.78}$$

$$\bar{T}_{c_{\mathrm{UY}}} = \frac{\beta_{\mathrm{UY}} \cdot \bar{M}_{\mathrm{UY}}}{\beta_{\mathrm{Sun}} \cdot \bar{R}_{\mathrm{UY}}} \approx 1{,}444; \; \bar{\rho}_{c_{\mathrm{UY}}} = \frac{\bar{M}_{\mathrm{UY}}}{\bar{R}_{\mathrm{UY}}{}^3} \approx 2{,}49 \cdot 10^{-5}; \; \bar{P}_{c_{\mathrm{UY}}} = \frac{\bar{M}_{\mathrm{UY}}{}^2}{\bar{R}_{\mathrm{UY}}{}^4} \approx 1{,}832 \cdot 10^{-3}. \tag{8.79}$$

Анализ результатов расчётов показывает, что оценки масс звёзд A1a, A1b и UY на модели, основанной на гипотезе о световом источнике энергии звёзд, превышают существующие в настоящее время их оценки на модели, основанной на гипотезе о термоядерном источнике энергии звезд, примерно в восемь с половиною раз, в семь с половиною раз и более чем в двенадцать с половиною тысяч раз соответственно. Получается так, что по существующим в настоящее время оценкам на порядок более тяжёлые звёзды A1a и A1b по отношению к звезде UY, оказываются на два порядка более лёгкими по отношению к той же звезде UY, если оценку их масс производить на модели звезды со световым источником её энергии.

Напомним, что необходимость рассмотрения гипотезы о световом источнике энергии звёзд возникла из потребности получить естественное объяснение результатам наблюдений сверхмассивных космическими объектов низкой светимости, к числу которых относится Стрелец A^*, и сверхмощных маяков Вселенной – квазаров. С этой точки зрения, полученное нами расхождение в оценке масс звёзд является очень обнадёживающим. Действительно, полученная нами оценка массы яркого красного гипергиганта UY Щита выступает в качестве своеобразного “мостика” на пути к пониманию того, что так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” и квазары являются обычными звёздами, пусть и обладающими гигантскими массами. Это означает, что определение основных их характеристик может быть осуществлено на модели звезды Эддингтона со световым источником её энергии.

Заметим, что если бы радиус звезды UY Щита был бы равен двум тысячам трестам шестидесяти одному радиусу Солнца, что всего лишь примерно на тридцать семь процентов больше её текущего радиуса, то, согласно зависимости (8.75), практически вся мощность, генерируемая световым источником энергии звезды, расходовалась бы на её возрастные изменения. В этом случае, вместо яркого красного гипергиганта UY Щита мы наблюдали бы массивную чёрную дыру, массой равной примерно ста двадцати шести тысячам шестистам восьмидесяти восьми масс Солнца. Это всего лишь в тридцать

четыре раза меньше массы сверхмассивной чёрной дыры, обнаруженной в центре Млечного Пути.

В то же время, если бы радиус звезды UY Щита был примерно в девять целых и три десятых раза меньше её текущего радиуса, то мощность светового источника энергии звезды, согласно зависимости (8.21), увеличилась бы примерно в семь тысяч четыреста сорок один раз. При этом доля мощности, расходуемая на возрастные изменения звезды, согласно зависимости (8.75), уменьшилась бы более чем в восемьсот раз и составила бы менее пяти сотых процента. Мощность излучения звезды возросла бы более чем в двенадцать тысяч раз и более чем в четыре миллиарда раз превысила бы солнечную. Это была бы звезда с Эддингтоновской светимостью, мощность излучения которой являлась бы “мостиком” к объяснению невероятной мощности излучения квазаров.

Существующие оценки масс звёзд, полученные на моделях, основанных на гипотезе о термоядерном источнике их энергии, там, где это представляется возможным, согласованы с результатами их наблюдений. Означает ли это, что полученные оценки масс звёзд на модели, основанной на гипотезе о световом источнике их энергии, которые, как это мы видели выше, могут значительно отличаться от их существующих оценок, не соответствуют результатам наблюдений за звёздами? Нет, не означает. Дело в том, что, как правило, результаты наблюдений за звёздами могут быть согласованы с различными оценками их масс, в том числе и значительно различающимися.

Так, например, утверждается, что массы звёзд A1a и A1b, образующих затменную двойную звезду NGC 3603 – A1 из созвездия Киль, “определены напрямую из наблюдений” [54]. Так ли это на самом деле? Звезда NGC 3603 – A1 является спектрально – двойной звездой. В результате спектральных наблюдений было установлено, что звёзды A1a и A1b вращаются друг вокруг друга с периодом, равным $P_{A1} = 3{,}7724$ земных суток. Полуамплитуды изменения лучевых скоростей звезд составили [56]:

$$v_{\mathrm{A1a}_i} = 330 \pm 20 \left[\frac{\text{км}}{\text{с}}\right];\ \ v_{\mathrm{A1b}_i} = 433 \pm 53 \left[\frac{\text{км}}{\text{с}}\right], \tag{8.80}$$

При определении массы звёзд A1a и A1b авторы исследования [56] предположили, что эксцентриситет орбиты звёзд равен нулю, а угол наклона орбиты к лучу зрения с Земли равен $i_{A1} = 71^{\text{o}}$.

Исходя из принятых предположений, удаления звёзд A1a и A1b от центра их масс составили:

$$a_{\mathrm{A1a}} = \frac{v_{\mathrm{A1a}_i} \cdot P_{A1}}{2 \cdot \pi \cdot \sin i} \approx (1{,}81 \pm 0{,}11) \cdot 10^{10} [\text{м}] \approx 26{,}01 \mp 1{,}58\ [R_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.81}$$

$$a_{\mathrm{A1b}} = \frac{v_{\mathrm{A1b}_i} \cdot P_{A1}}{2 \cdot \pi \cdot \sin i} \approx (2{,}38 \pm 0{,}29) \cdot 10^{10} [\text{м}] \approx 34{,}13 \mp 4{,}18\ [R_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.82}$$

Расстояние между звёздами A1a и A1b составило:

$$a_{\mathrm{A1}} = a_{\mathrm{A1a}} + a_{\mathrm{A1b}} \approx (4{,}19 \pm 0{,}40) \cdot 10^{10} [\text{м}] \approx 60{,}14 \mp 5{,}75\ [R_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.83}$$

Суммарная масса звёзд A1a и A1b, согласно третьему закону Кеплера, равна:

$$M_{\mathrm{A1a}} + M_{\mathrm{A1b}} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot {a_{\mathrm{A1}}}^3}{G \cdot {P_{A1}}^2} \approx \left(4{,}087 \pm \frac{1{,}29}{1{,}06}\right) \cdot 10^{32}\ [\text{кг}] \approx 205{,}37 \pm \frac{64{,}8}{53{,}5}\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.84}$$

Учитывая, что отношение масс звёзд A1a и A1b обратно пропорционально отношению их удалений от центра масс, получаем:

$$M_{\mathrm{A1a}} = (M_{\mathrm{A1a}} + M_{\mathrm{A1b}}) \cdot \frac{a_{\mathrm{A1b}}}{a_{\mathrm{A1}}} \approx 116{,}55 \pm \frac{40{,}49}{32{,}90}\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.85}$$

$$M_{\mathrm{A1b}} = (M_{\mathrm{A1a}} + M_{\mathrm{A1b}}) \cdot \frac{a_{\mathrm{A1a}}}{a_{\mathrm{A1}}} \approx 88{,}82 \pm \frac{24{,}27}{20{,}59}\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.86}$$

В работе [56] авторы исследования приводят следующие оценки масс звёзд A1a и A1b:

$$M_{\mathrm{A1a}} = 116 \pm 31 [M_{\mathrm{Sun}}];\ \ M_{\mathrm{A1b}} = 89 \pm 16 [M_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.87}$$

Произведём оценку массы звёзд A1a и A1b при предположении, что угол наклона орбиты к лучу зрения с Земли равен $i_{A1} = 27{,}71^{\text{o}}$.

Удаления звёзд A1a и A1b от центра их масс составят:

$$a_{\mathrm{A1a}} = \frac{v_{\mathrm{A1a}_i} \cdot P_{A1}}{2 \cdot \pi \cdot \sin i} \approx (3{,}68 \pm 0{,}22) \cdot 10^{10} [\text{м}] \approx 52{,}89 \mp 3{,}21\ [R_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.88}$$

$$a_{\mathrm{A1b}} = \frac{v_{\mathrm{A1b}_i} \cdot P_{A1}}{2 \cdot \pi \cdot \sin i} \approx (4{,}83 \pm 0{,}59) \cdot 10^{10} [\text{м}] \approx 69{,}40 \mp 8{,}50\ [R_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.89}$$

Расстояние между звёздами A1a и A1b равно:

$$a_{\mathrm{A1}} = a_{\mathrm{A1a}} + a_{\mathrm{A1b}} \approx (8{,}51 \pm 0{,}81) \cdot 10^{10} [\text{м}] \approx 122{,}30 \mp 11{,}70\ [R_{\mathrm{Sun}}]. \tag{8.90}$$

Суммарная масса звёзд A1a и A1b, согласно третьему закону Кеплера, равна:

$$M_{\mathrm{A1a}} + M_{\mathrm{A1b}} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot {a_{\mathrm{A1}}}^3}{G \cdot {P_{A1}}^2} \approx \left(3{,}436 \pm \frac{1{,}07}{0{,}89}\right) \cdot 10^{33}\ [\text{кг}] \approx 1726{,}62 \pm \frac{544{,}5}{449{,}7}\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \quad (8.91)$$

Массы звёзд A1a и A1b, полученные с учётом их удаления от центра масс, составят:

$$M_{\mathrm{A1a}} = (M_{\mathrm{A1a}} + M_{\mathrm{A1b}}) \cdot \frac{a_{\mathrm{A1b}}}{a_{\mathrm{A1}}} \approx 979{,}85 \pm \frac{340{,}45}{276{,}61}\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \quad (8.92)$$

$$M_{\mathrm{A1b}} = (M_{\mathrm{A1a}} + M_{\mathrm{A1b}}) \cdot \frac{a_{\mathrm{A1a}}}{a_{\mathrm{A1}}} \approx 746{,}77 \pm \frac{204{,}06}{173{,}07}\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \quad (8.93)$$

Легко убедиться, что приведённые выше оценки масс звёзд A1a и A1b на стандартной модели звезды Эддингтона со световым источником её энергии согласуются с результатами их наблюдений, если угол наклона их орбиты к лучу зрения с Земли примерно равен двадцати восьми градусам. Заметим, что оценки масс звёзд основывались на предположении, что суммарная мощность их излучения делится между звёздами в пропорции 5 к 3. Согласие результатов оценок масс звёзд A1a и A1b на стандартной модели звезды Эддингтона со световым источником её энергии с результатами их наблюдений может быть улучшено, если предположить, что отношение мощностей их излучения находится в пропорции 3 к 2. Так, при $\bar{L}_{\mathrm{A1a}} \approx 2400000$ и $\bar{L}_{\mathrm{A1b}} \approx 1600000$, получим следующие оценки радиусов и масс звёзд:

$$\bar{R}_{\mathrm{A1a}} = \frac{\sqrt{\bar{L}_{\mathrm{A1a}}}}{{\bar{T}_{\text{э}_{\mathrm{A1a}}}}^2} \approx 29{,}34\ ;\ \bar{R}_{\mathrm{A1b}} = \frac{\sqrt{\bar{L}_{\mathrm{A1b}}}}{{\bar{T}_{\text{э}_{\mathrm{A1b}}}}^2} \approx 26{,}41\ . \quad (8.94)$$

$$M_{\mathrm{A1a}} \approx 976{,}62\ [M_{\mathrm{Sun}}];\quad M_{\mathrm{A1b}} \approx 750{,}42\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \quad (8.95)$$

Таким образом, результаты оценок масс звёзд A1a и A1b на стандартной модели звезды Эддингтона со световым источником её энергии хорошо согласуются с результатами их наблюдений. Действительно, средние оценки масс звёзд, основанные на результатах наблюдений их радиальных скоростей, когда угол наклона орбиты звёзд к лучу зрения с Земли равен $i_{A1} = 27{,}71^{\mathrm{o}}$, менее чем на шесть десятых процента отличаются от оценок масс звёзд, полученных на стандартной модели звезды Эддингтона со

световым источником ее энергии. При этом отношение мощностей излучения звёзд находится в пропорции трёх к двум.

Следует отметить, что различие в оценках масс звёзд A1a и A1b привносит особенности в характер их орбитального взаимодействия. Так, оценки масс звёзд A1a и A1b, основанные на гипотезе о термоядерном источнике их энергии, указывают на то, что обе звёзды полностью заполняют свои полости Роша, их поверхности соприкасаются, что делает возможным между ними обмен веществом. Это позволяет образованную ими двойную звезду NGC 3603 – A1 из созвездия Киль классифицировать как контактную. В этом случае двойная контактная звезда NGC 3603 – A1 во многом будет подобна тесной двойной системе VFTS 352 в туманности Тарантул созвездия Золотая рыба [57], изображённой художником на рисунке 8.27. Необычную форму звёзд некоторые средства массовой информации назвали “поцелуем смерти” [57, 58].

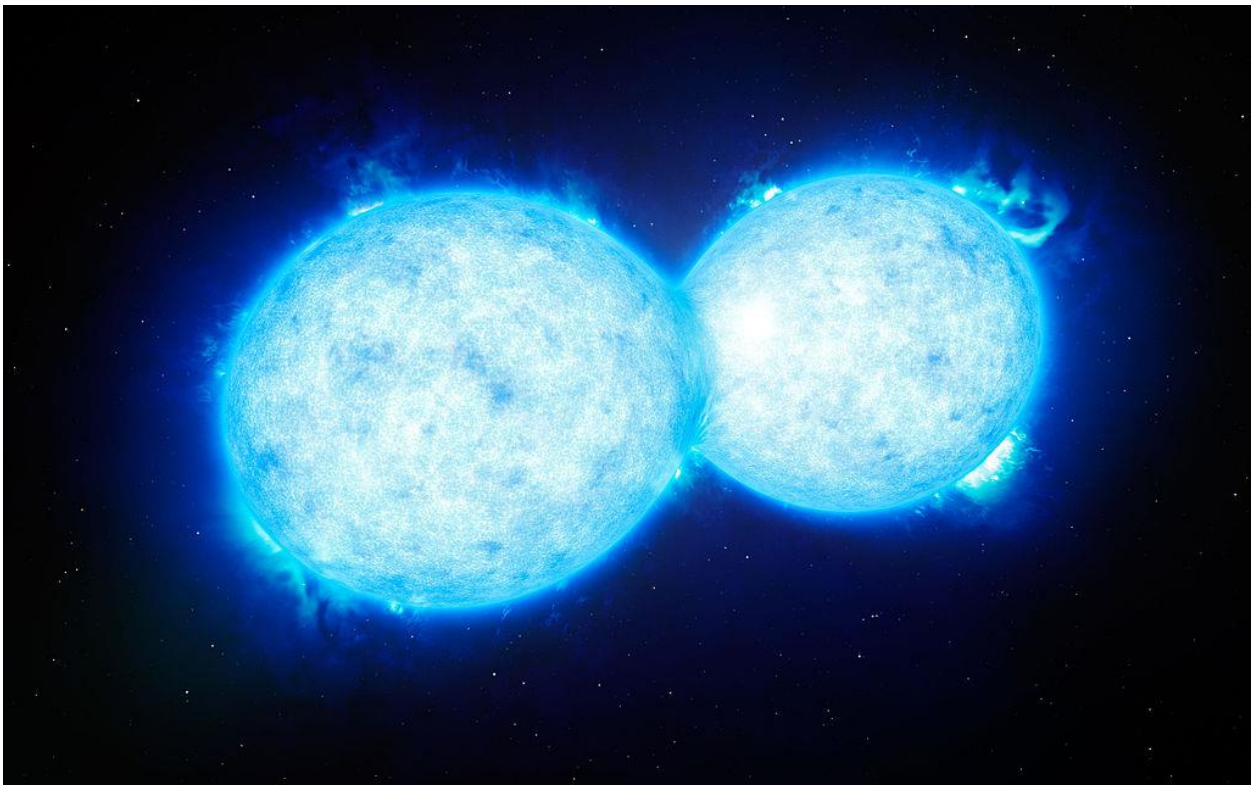


Рис. 8.27. Тесная двойная звезда VFTS 352 в представлении художника.

Если же исходить из оценки масс звёзд A1a и A1b, основанной на гипотезе о световом источнике их энергии, то получается, что заполнение их полостей

Роша составляет менее одной трети и одной шестой соответственно. Обмена веществом между звёздами не происходит. Расстояние между их центрами примерно в две целых и две десятых раза превышает сумму их радиусов.

Заметим, что если исходить из гипотезы о световом источнике энергии звёзд, то говорить о каком-либо “смертельном поцелуе” звёзд, образующих двойную систему VFTS 352, преждевременно.

Расчёты показывают, что наилучшее соответствие результатам наблюдений за двойной VFTS 352, достигается, когда угол наклона орбиты звёзд к лучу зрения с Земли равен $i_{VFTS\,352} = 34{,}33^{\text{o}}$, а мощности излучения звёзд – в сто шестьдесят девять тысяч шестьсот тридцать и сто шестьдесят тысяч триста семьдесят раз превышают мощность излучения Солнца. В этом случае массы этих звёзд примерно в три целых и тринадцать сотых раза будут больше, чем существующие их оценки, основанные на гипотезе о термоядерном источнике энергии звёзд. Заполнение полости Роша для более яркой, но менее массивной звезды не превысит пятидесяти процентов. Для её компаньона заполнение полости Роша не превысит шестидесяти процентов. Расстояние между центрами звёзд составит двадцать пять целых и двадцать две сотых солнечных радиусов, что примерно в одну целых и шестьдесят три сотых раза будет больше, чем сумма их радиусов.

Нахождение звёзд на орбитах двойных систем NGC 3603 – A1 из созвездия Киль и VFTS 352 из туманности Тарантул созвездия Золотая рыба, полученных на основании гипотезы о световом источнике энергии звёзд, можно считать более вероятным событием, чем их нахождение на орбитах, определённых на основе гипотезы о термоядерном источнике энергии звёзд. Однако, этого явно недостаточно, чтобы вынести вердикт о достоверности лишь одной из рассмотренных гипотез.

В следующем подразделе мы определим основные характеристики массивных звёзд максимальных размеров на модели со световым источником их энергии. Это создаст необходимые предпосылки для ответа на вопрос: космический объект Стрелец A^* – массивная звезда максимального размера?!

8.4. Определение основных характеристик массивных звёзд максимальных размеров на модели звезды со световым источником её энергии

Если исходить из гипотезы о световом источнике энергии звёзд, то увеличение размеров звезды, согласно полученной нами зависимости (8.21), будет сопровождаться резким падением мощности светового источника её энергии. При этом доля мощности светового источника энергии звезды, расходуемая на её возрастные изменения, согласно полученной нами зависимости (8.48), будет возрастать. Доля мощности светового источника энергии звезды, расходуемая на её возрастные изменения, имеет естественный предел. Она не может быть больше единицы. Это свидетельствует о том, что увеличению размеров звезды заданной массы также существует естественный предел, превзойти который за счёт светового источника её энергии не представляется возможным.

Определение максимальных размеров массивных звёзд на модели звезды со световым источником её энергии будем производить исходя из условия достижения доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения, предельных значений:

$$\bar{L}_{я\max} = \frac{3 \cdot G \cdot R_{s\max}^3}{8 \cdot t \cdot И \cdot (1-\beta) \cdot M_s} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta + 31 \cdot \beta^2}{4 - 3 \cdot \beta} + 2 \cdot \beta \cdot x \right) = 1, \qquad (8.96)$$

где $\bar{L}_{я\max}$ – предельное значение доли мощности светового источника энергии массивной звезды, расходуемой на её возрастные изменения; $R_{s\max}$ – максимальный радиус массивной звезды.

Учитывая, что для массивных звёзд при расчёте их максимального радиуса, исходя из равенства (8.96), без потери точности определения долю газового давления в общем давлении можно положить равной нулю, закон изменения максимального радиуса звезды во времени примет следующее выражение:

$$R_{s_{max}} \approx \sqrt[3]{\frac{2 \cdot t \cdot И \cdot M_s}{9 \cdot G}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot t_0 \cdot \frac{t}{t_0} \cdot И_0 \cdot \sqrt{\frac{t_0^3}{t^3}} \cdot M_{s_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^2}{9 \cdot G_0 \cdot \frac{t_0}{t}}} = R_{s_{max_0}} \cdot \sqrt[6]{\left(\frac{t}{t_0}\right)^5}, \quad (8.97)$$

где $R_{s_{max_0}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot t_0 \cdot И_0 \cdot M_{s_0}}{9 \cdot G_0}}$ – максимальный радиус звезды, когда время существования Вселенной равнялось t_0; $И_0, G_0$ и M_{s_0} – значения звёздной постоянной, гравитационной постоянной и массы звезды, определённые в момент t_0 соответственно.

Если радиус звезды измерять в радиусах Солнца, а массу звезды – в солнечных массах, то при текущем времени существования Вселенной зависимость максимального радиуса звезды от её массы примет следующий вид:

$$\bar{R}_{s_{max_0}} = k_{\bar{R}_{max_0}} \cdot \sqrt[3]{\bar{M}_{s_0}}, \quad (8.98)$$

где $\bar{R}_{s_{max_0}}$ – максимальный текущий радиус звезды, измеренный в радиусах Солнца; $\bar{M}_{s_0}$ – текущая масса звезды, измеренная в солнечных массах; $k_{\bar{R}_{max_0}}$ – коэффициент, текущее значение которого равно:

$$k_{\bar{R}_{max_0}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot t_0 \cdot И_0 \cdot M_{Sun_0}}{9 \cdot G_0 \cdot R_{Sun_0}^3}} \approx 49{,}18 \left[\frac{R_{Sun}}{\sqrt[3]{M_{Sun}}}\right]. \quad (8.99)$$

Текущая зависимость максимального радиуса звезды, измеренного в радиусах Солнца, от её массы, измеренной в солнечных массах, представлена на рисунке 8.28.

Исходя из (8.98) и основываясь на (8.60), (8.61) и (8.62), определим зависимости минимальных давлений, плотностей и температур в центре массивной звезды от её массы, представленные в соответствующих характеристиках Солнца:

$$\bar{P}_{c_{min}} = \frac{\bar{M}_s^{\,2}}{\bar{R}_{s_{max}}^4} = \frac{\sqrt[3]{\bar{M}_s^{\,2}}}{k_{\bar{R}_{max}}^4}. \quad (8.100)$$

$$\bar{\rho}_{c_{min}} = \frac{\bar{M}_s}{\bar{R}_{s_{max}}^3} = \frac{1}{k_{\bar{R}_{max}}^3}. \quad (8.101)$$

$$\bar{T}_{c_{\min}} = \frac{\beta_s \cdot \bar{M}_s}{\beta_{\text{Sun}} \cdot \bar{R}_{s_{\max}}} = \frac{\beta_s \cdot \sqrt[3]{\bar{M}_s^{\,2}}}{\beta_{\text{Sun}} \cdot k_{\bar{R}_{\max}}}. \tag{8.102}$$

Текущие зависимости температуры, давления и плотности в центре звезды максимального размера от её массы, измеренные в соответствующих характеристиках Солнца, представлены на рисунке 8.29.

Заметим, что плотность в центре массивной звезды максимальных размеров не зависит от её массы, а текущее её значение составляет примерно $\rho_{c_{\min}} \approx 8{,}414 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{c_{\text{Sun}}} \approx 0{,}642 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$.

Если в рассматриваемом диапазоне изменения массы звезды, от десяти тысяч масс Солнца до десяти миллиардов солнечных масс, минимальное давление в центре звезды возрастает на четыре порядка, то минимальная температура в центре звезды увеличивается лишь на один порядок. Данный результат, на наш взгляд, требует некоторых пояснений, поскольку выражения (8.100) и (8.102), определяющие зависимости минимального давления и минимальной температуры в центре звезды от её массы в явном виде идентичны. Для объяснения полученного результата в рассматриваемом диапазоне массы звезды, определим зависимость доли газового давления в звезде от её массы в явном виде.

Специально выполненные исследования показали, что при $10^4 \leq \bar{M}_s \leq 10^{10}$ зависимость доли газового давления в полном давлении звезды от её массы с достаточной для практических расчётов точностью может быть аппроксимирована следующим выражением:

$$\beta \approx \frac{7}{\sqrt{\bar{M}_s}}. \tag{8.57.2}$$

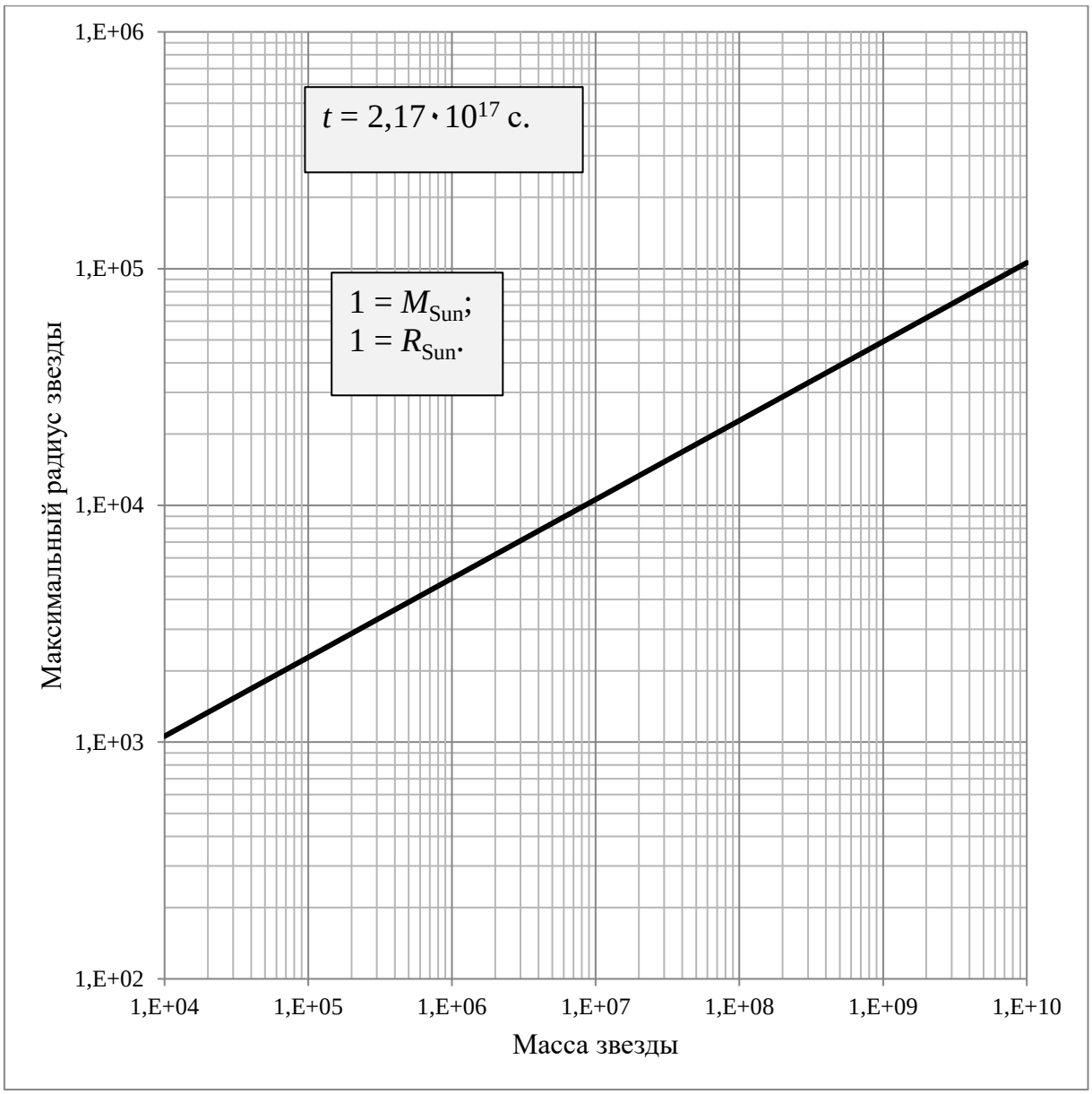


Рис. 8.28. Текущая зависимость максимального радиуса звезды от её массы.

На рисунке 8.30 чёрным цветом представлена зависимость доли газового давления в полном давлении звезды от её относительной массы, определяемая выражением (8.57), а пунктирной линией красного цвета представлен график аппроксимирующей её зависимости (8.57.2).

Подставляя (8.57.2) в (8.102), получаем зависимость минимальной температуры в центре звезды от её относительной массы в явном виде:

$$\bar{T}_{c_{\min}} \approx \frac{7 \cdot \sqrt[6]{\bar{M}_s}}{\beta_{\text{Sun}} \cdot k_{\bar{R}_{\max}}}. \qquad (8.102.2)$$

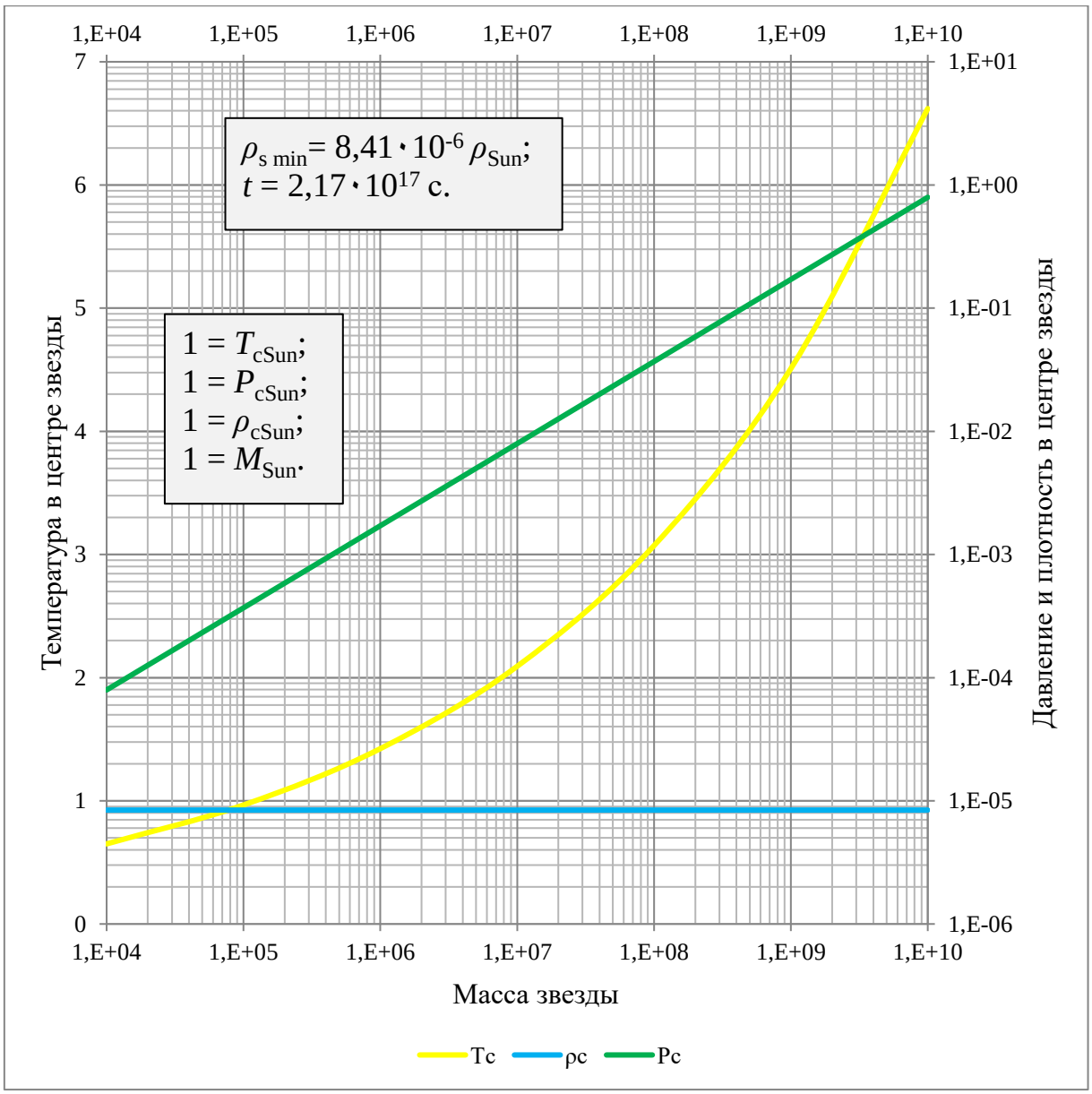


Рис. 8.29. Текущие зависимости температуры, давления и плотности в центре звезды максимального размера от её массы.

Совместное рассмотрение зависимостей (8.100) и (8.102.2) позволяет понять, почему увеличение массы звезды в миллион раз приводит к росту минимального давления в центре звезды на четыре порядка, а рост минимальной температуры в центре звезды составляет при этом лишь один порядок.

Заметим, что у звезды рекордной массы, в десять миллиардов масс Солнца, её центральная температура, по крайней мере, в шесть целых и девять десятых раза будет превышать температуру в центре Солнца,

а центральное давление не может быть меньше центрального солнечного давления больше чем на шесть процентов.

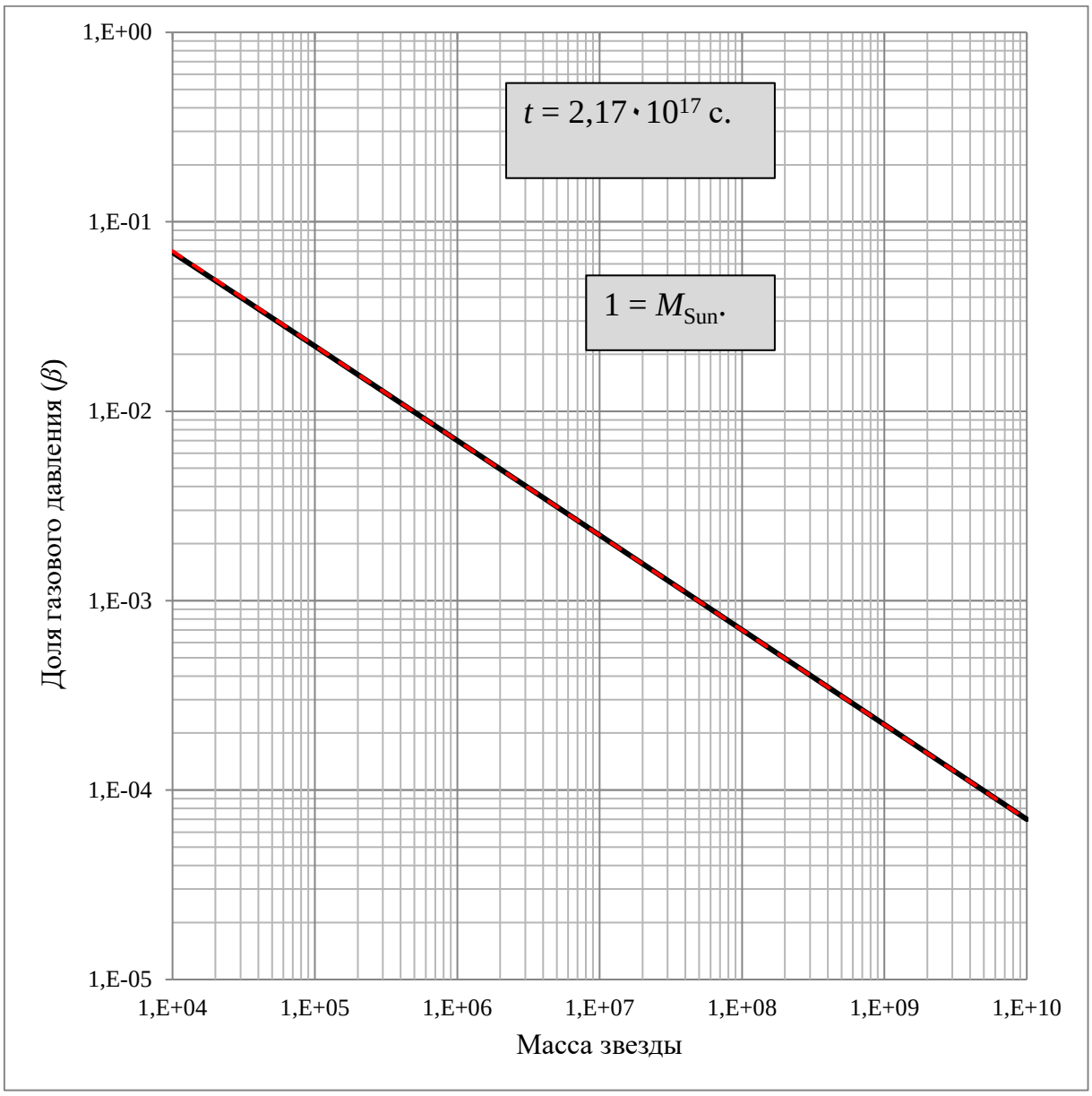


Рис. 8.30. Зависимость доли газового давления в полном давлении звезды от её относительной массы (чёрный цвет) и график аппроксимирующей её зависимости (пунктирная линия красного цвета).

Исходя из законов изменения гравитационной постоянной, массы и максимального радиуса звезды во времени, определим возрастные законы изменения минимального давления и минимальной плотности в центре звезды:

$$P_{c_{\min}} = p_c \cdot \frac{G \cdot M_s^2}{4 \cdot \pi \cdot R_{s_{\max}}^4} = p_c \cdot \frac{G_0 \cdot \frac{t_0}{t} \cdot M_{s_0}^2 \cdot \frac{t^4}{t_0^4}}{4 \cdot \pi \cdot R_{s_{\max_0}}^4 \cdot \sqrt[3]{\frac{t^{10}}{t_0^{10}}}} = P_{c_{\min_0}} \cdot \sqrt[3]{\frac{t_0}{t}} = \frac{P_{c_{\min_0}}}{\sqrt[3]{2^{\delta я}}}, \quad (8.103)$$

где $P_{c_{\min}}$ и $P_{c_{\min_0}}$ – минимальные давления в центре массивной звезды, когда время существования Вселенной составляло t и t_0 соответственно; $\delta я$ – изменение возраста звезды с момента, когда время существования Вселенной равнялось t_0, до момента, когда время существования Вселенной равнялось t.

$$\rho_{c_{\min}} = \sigma_c \cdot \frac{M_s}{4 \cdot \pi \cdot R_{s_{\max}}^3} = \sigma_c \cdot \frac{M_{s_0} \cdot \frac{t^2}{t_0^2}}{4 \cdot \pi \cdot R_{s_{\max_0}}^3 \sqrt{\frac{t^5}{t_0^5}}} = \rho_{c_{\min_0}} \cdot \sqrt{\frac{t_0}{t}} = \frac{\rho_{c_{\min_0}}}{\sqrt{2^{\delta я}}}, \quad (8.104)$$

где $\rho_{c_{\min}}$ и $\rho_{c_{\min_0}}$ – минимальные плотности в центре массивной звезды, когда время существования Вселенной составляло t и t_0 соответственно.

Изменение возраста звезды равно:

$$\delta я = я - я_0, \quad (8.105)$$

где $я$ и $я_0$ – возраст Вселенной, когда время её существования равнялось t и t_0 соответственно.

Выражение (8.45) позволяет нам определить возрастной закон изменения доли газового давления массивной звезды. Поскольку у массивной звезды доля её газового давления в полном давлении значительно меньше единицы, то в выражении (8.45) с достаточной для практических расчетов точностью определения можно произвести замену $\frac{\sqrt{1-\beta}}{\sqrt{1-\beta_0}} \approx 1$. После этой замены выражение (8.45) примет следующий вид:

$$\frac{\beta_0^2}{\beta^2} \approx \sqrt[4]{\frac{t}{t_0}}. \quad (8.106)$$

Возрастной закон изменения доли газового давления массивной звезды, исходя из выражения (8.106), будет определяться следующей зависимостью:

$$\beta = \beta_0 \cdot \sqrt[8]{\frac{t_0}{t}} = \frac{\beta_0}{\sqrt[8]{2^{\delta я}}}. \quad (8.107)$$

Зависимость (8.107) необходима нам для определения возрастного закона изменения минимальной температуры в центре массивной звезды:

$$T_{c_{\min}} = \frac{t_c \cdot \beta_s}{k \cdot N_A} \cdot \frac{G \cdot M_s}{R_{s_{\max}}} = \frac{t_c \cdot \beta_{s_0} \cdot \sqrt[8]{\frac{t_0}{t}}}{k \cdot N_A} \cdot \frac{G_0 \cdot \frac{t_0}{t} \cdot M_{s_0} \cdot \frac{t^2}{t_0^2}}{R_{s_{\max_0}} \cdot \sqrt[6]{\frac{t^5}{t_0^5}}} = T_{c_{\min_0}} \cdot \sqrt[24]{\frac{t}{t_0}} = T_{c_{\min_0}} \cdot \sqrt[24]{2^{\delta я}} \quad (8.108)$$

Возрастные законы изменения доли газового давления в полном давлении звезды и максимального радиуса звезды с текущей массой в миллиард масс Солнца представлены на рисунке 8.31.

Возрастные законы изменения температуры, давления и плотности в центре звезды максимальных размеров с текущей массой в миллиард масс Солнца представлены на рисунке 8.32.

На рисунках 8.31 и 8.32 возрастные законы изменения представлены за период равный шестнадцати поколениям. Нулевой отсчёт принят равным текущему возрасту Вселенной ($я_0 = 276{,}9573883$♥). Изменение возраста Вселенной рассмотрено в диапазоне $[-12♥ \leq \delta я \leq 4♥]$, что во временном представлении соответствует периоду с момента, когда время существования Вселенной равнялось примерно одному миллиону шестисот восьмидесяти одной тысячи лет, до момента, когда время существования Вселенной превысит сто десять миллиардов лет. Расчёты возрастных законов изменения произведены в системе измерения АСЯ. В качестве единиц измерения радиуса, температуры, давления и плотности использовались текущий радиус Солнца, а также, текущие значения температуры, давления и плотности в её центре.

В следующем подразделе мы сделаем первый шаг в формировании представления о космическом объекте Стрелец A*, как о звезде со световым источником энергии, имеющей размеры близкие к максимально возможным.

После того как основные результаты исследований, представленные в данном разделе, были сформированы, появились сенсационные изображения космического объекта M87*, полученные в ходе его наблюдений в апреле 2017

года. Данные изображения рассматривались как прямые свидетельства того, что космический объект M87* является сверхмассивной чёрной дырой.

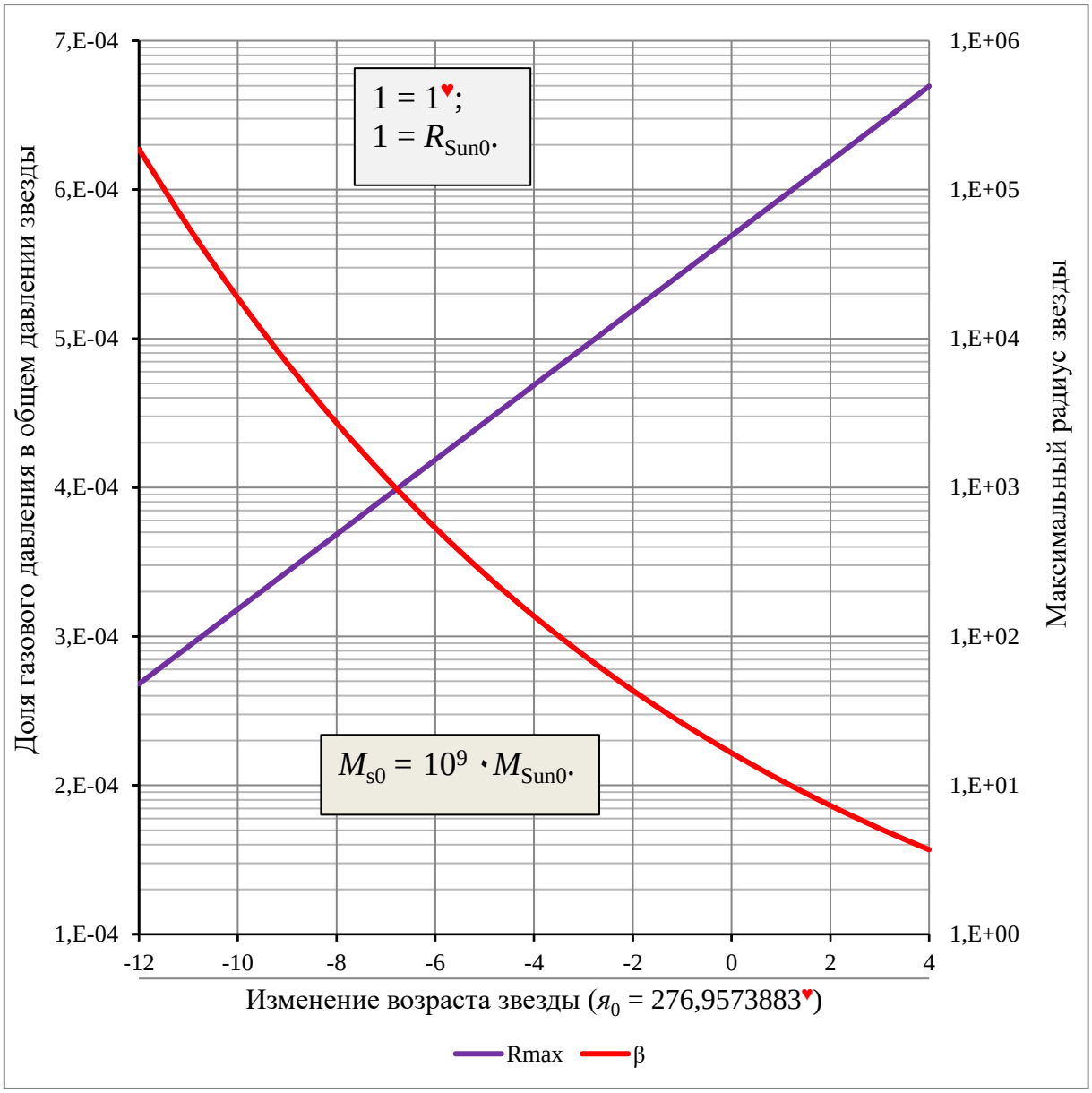


Рис. 8.31. Возрастные законы изменения доли газового давления в полном давлении звезды и максимального радиуса звезды с текущей массой в миллиард масс Солнца.

Важно было сформировать альтернативный взгляд на представленные изображения космического объекта M87*, что нами было сделано в последнем подразделе данного раздела.

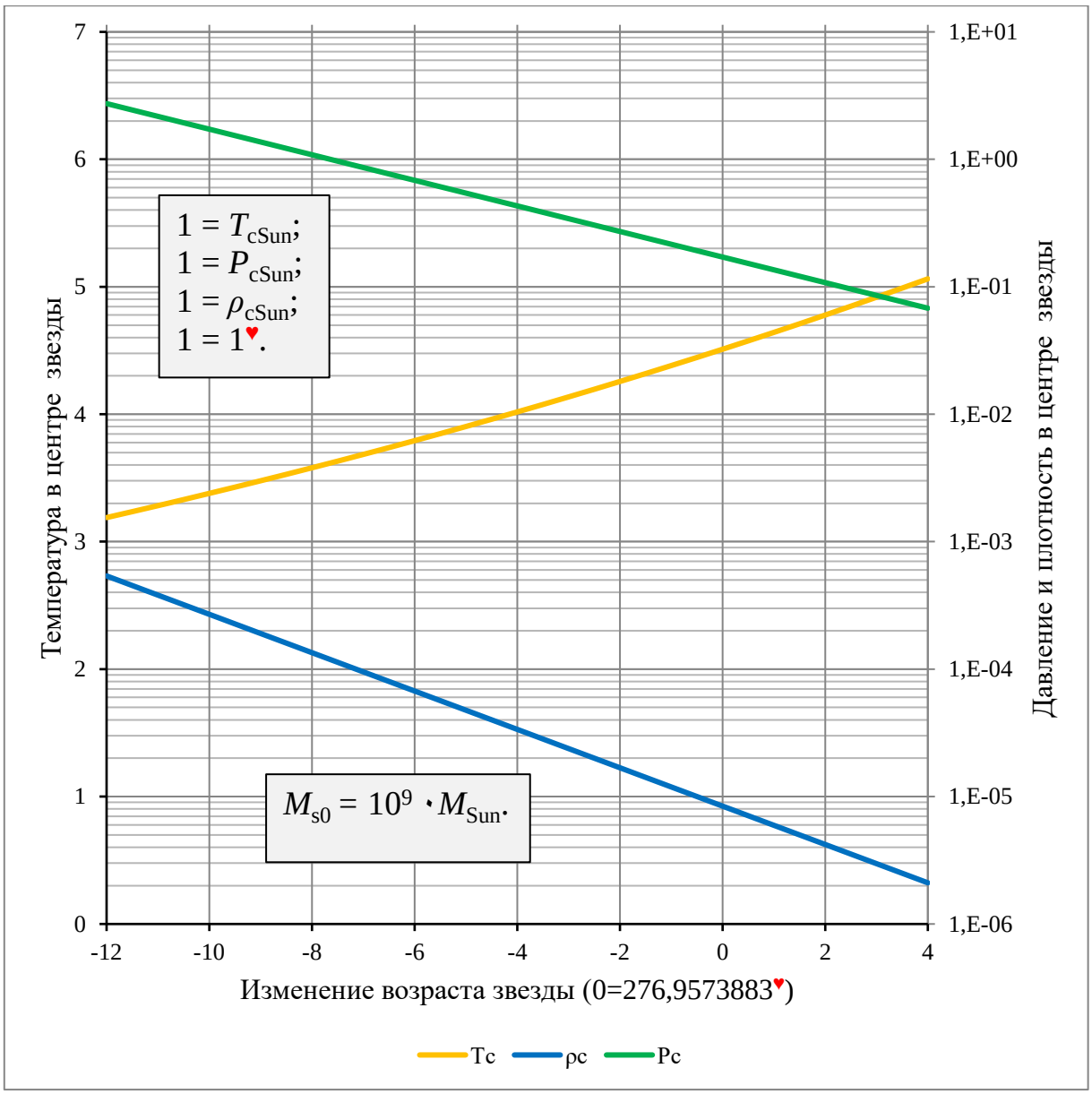


Рис. 8.32. Возрастные законы изменения температуры, давления и плотности в центре звезды максимальных размеров с текущей массой в миллиард масс Солнца.

8.5. Стрелец A – массивная звезда максимального размера?!*

Орбиты звёзд, ближайших к космическому объекту Стрелец A*, полученные в ходе шестнадцатилетних наблюдений, позволили с хорошей точностью определить его массу и ограничения на его максимальные размеры [59]. Графическое изображение орбит звёзд представлено на рисунке 8.33, который взят нами из работы [59].

Оказалось, что масса космического объекта Стрелец А* примерно в четыре миллиона триста десять тысяч раз больше, чем масса Солнца, а его радиус не должен превышать сорока пяти астрономических единиц.

Важный вклад в оценку массы объекта внесли наблюдения за орбитой звезды S2, которая за период с 1992 года по 2007 год совершила полный оборот вокруг космического объекта Стрелец А*. Графическое изображение орбиты звезды S2 представлено на рисунке 8.34, который взят нами из работы [59].

Ограничения на размеры объекта были получены из наблюдений за орбитой звезды S14, исходя из условия её не столкновения с объектом. Представления о звёздах, основанные на гипотезе о термоядерном источнике их энергии, не позволили объяснить эти результаты наблюдений. Именно эти обстоятельства привели к заключению, что космический объект Стрелец А* является сверхмассивной чёрной дырой (ЧД), а результаты шестнадцатилетних наблюдений за звёздами, ближайшими к космическому объекту Стрелец А*, стали рассматриваться “самым сильным свидетельством наличия в центре Галактики сверхмассивной ЧД” [60].

Заметим, что наблюдения, содержащие прямые свидетельства наличия в центре Млечного Пути сверхмассивной ЧД, к которым можно было бы отнести обнаружение её горизонта событий, в настоящее время отсутствуют. При отсутствии прямых свидетельств, однозначно утверждать, что космический объект Стрелец А* является сверхмассивной чёрной дырой нельзя.

В данном подразделе мы совершим первый шаг в формировании альтернативного взгляда на природу космического объекта Стрелец А*, согласно которому близ центра Млечного Пути находится не ЧД, а сверхмассивная звезда со световым источником энергии, имеющая размеры близкие к максимально возможным.

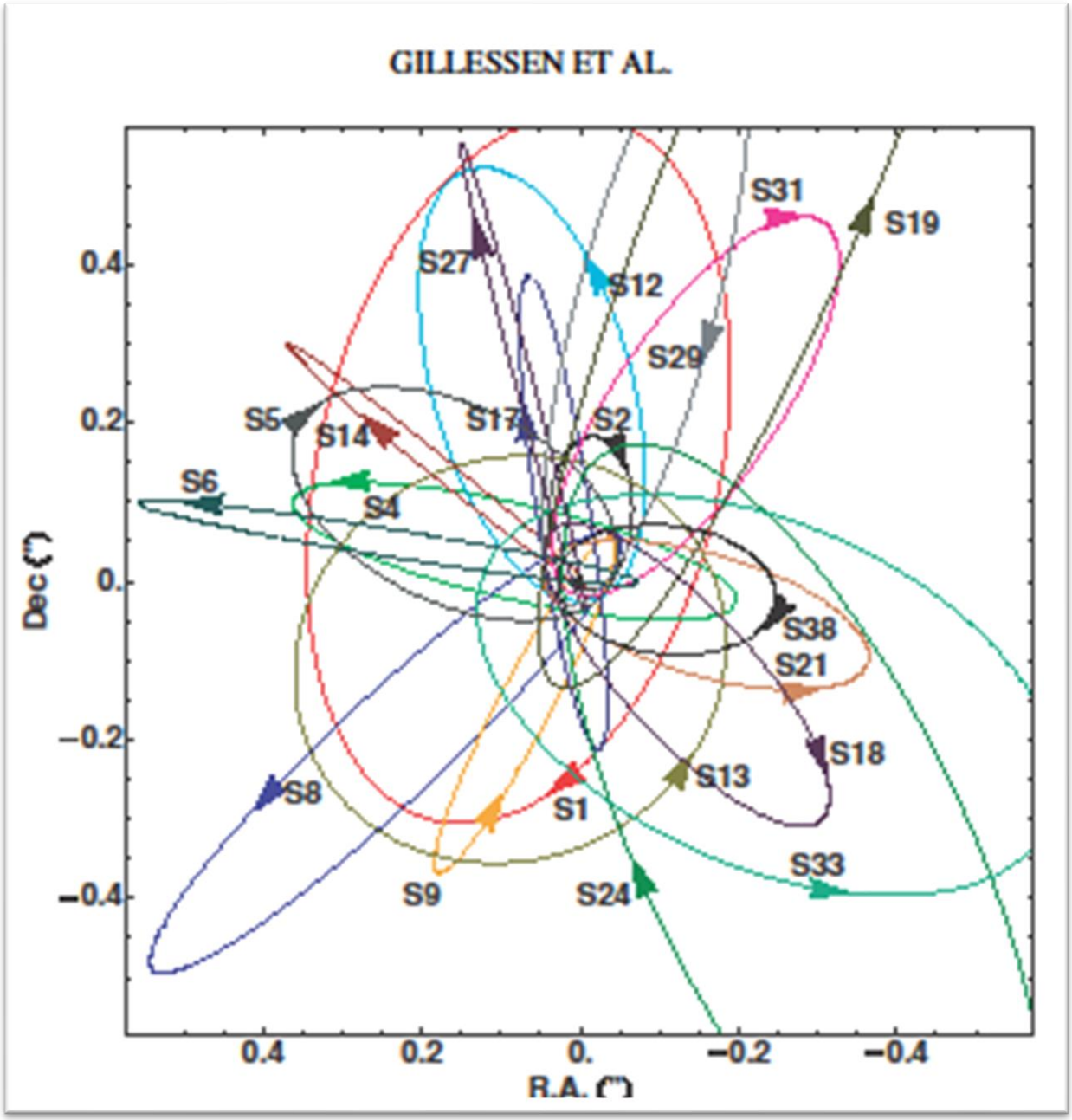


Рис. 8.33 Орбиты звёзд, ближайших к космическому объекту Sgr A*, построенные по результатам 16-летних наблюдений.

С этой целью на модели звезды со световым источником её энергии были выполнены специальные исследования. В ходе этих исследований для звезды, масса которой равна массе Стрельца A*, были определены зависимости её основных характеристик от размеров её радиуса.

Для упрощения дальнейшего изложения договоримся звезду, масса которой равна массе Стрельца A*, называть Стрелец A^*, а для её подстрочного обозначения использовать следующий набор символов – Sgr A^*.

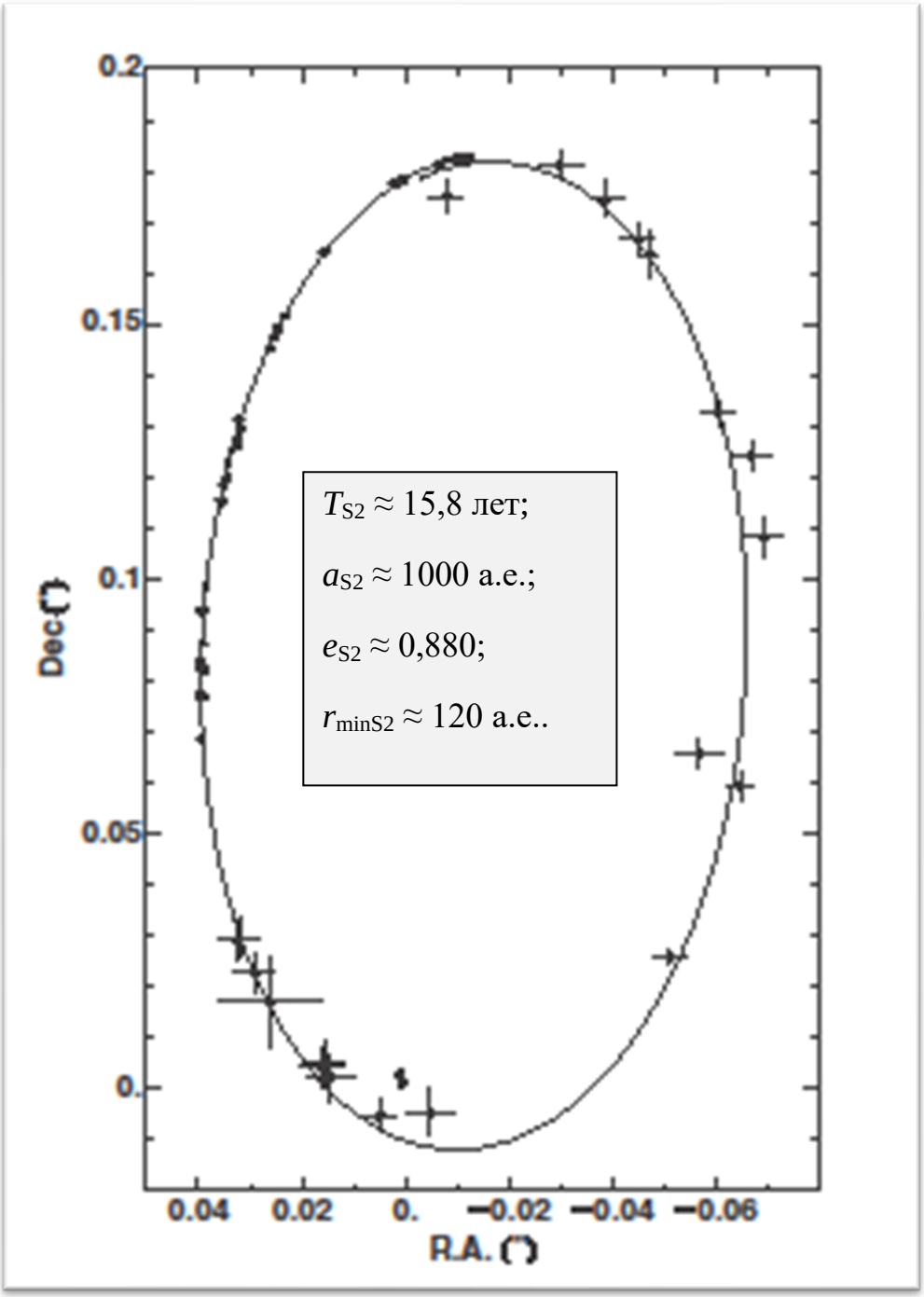


Рис. 8.34 Орбита звезды S2, совершившей полный оборот относительно космического объекта Sgr A* за период 16-летних наблюдений.

Используя зависимость (8.57) легко установить, что доля газового давления в общем давлении звезды Стрелец A^* составляет:

$$\beta_{\text{Sgr A}^*} \approx 0{,}0033748. \tag{8.109}$$

Исходя из (8.48) получаем, что зависимость доли мощности светового источника энергии звезды Стрелец A^*, расходуемой на её возрастные

изменения, от размеров её радиуса, измеренного в радиусах Солнца, определяется следующим выражением:

$$\bar{L}_{я_{\text{Sgr A}^*}} = \frac{3 \cdot G \cdot R_{\text{Sun}}^3 \cdot \bar{R}_{\text{Sgr A}^*}^3}{8 \cdot t \cdot И \cdot \left(1 - \beta_{\text{Sgr A}^*}\right) \cdot M_{\text{Sgr A}^*}} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta_{\text{Sgr A}^*} + 31 \cdot \beta_{\text{Sgr A}^*}^2}{4 - 3 \cdot \beta_{\text{Sgr A}^*}} + \frac{5}{3} \cdot \beta_{\text{Sgr A}^*}\right) \approx$$

$$\approx 1{,}95227 \cdot 10^{-12} \cdot \bar{R}_{\text{Sgr A}^*}^3 \ . \qquad (8.110)$$

Изменение мощности излучения звезды Стрелец A*, измеренной в мощности излучения Солнца, от размеров её радиуса, измеренного в радиусах Солнца, определяется следующей зависимостью:

$$\bar{L}_{\text{Sgr A}^*} = \frac{\left(1 - \bar{L}_{я_{\text{Sgr A}^*}}\right)}{\left(1 - \bar{L}_{я_{\text{Sun}}}\right)} \cdot \bar{L}_{\gamma_{\text{Sgr A}^*}} = \frac{\left(1 - \bar{L}_{я_{\text{Sgr A}^*}}\right)}{\left(1 - \bar{L}_{я_{\text{Sun}}}\right)} \cdot \frac{\left(1 - \beta_{\text{Sgr A}^*}\right) \cdot \bar{M}_{\text{Sgr A}^*}^3}{\left(1 - \beta_{\text{Sun}}\right) \cdot \bar{R}_{\text{Sgr A}^*}^4}. \qquad (8.111)$$

Графические изображения данной зависимости в двух диапазонах изменения радиуса звезды представлены на рисунках 8.35 и 8.36.

На этих же рисунках представлены графические изображения зависимостей эффективной температуры поверхности звезды Стрелец A* от её радиуса, измеренного в радиусах Солнца, определение которых производилось с использованием следующего выражения:

$$T_{э_{\text{Sgr A}^*}} = T_{э_{\text{Sun}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\bar{L}_{\text{Sgr A}^*}}{\bar{R}_{\text{Sgr A}^*}^2}} = T_{э_{\text{Sun}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\left(1 - \bar{L}_{я_{\text{Sgr A}^*}}\right)}{\left(1 - \bar{L}_{я_{\text{Sun}}}\right)} \cdot \frac{\left(1 - \beta_{\text{Sgr A}^*}\right) \cdot \bar{M}_{\text{Sgr A}^*}^3}{\left(1 - \beta_{\text{Sun}}\right) \cdot \bar{R}_{\text{Sgr A}^*}^6}}. \qquad (8.112)$$

Зависимости относительных давления, плотности и температуры в центре звезды Стрелец A* от её радиуса, измеренного в радиусах Солнца, определялись с использованием выражений (8.113), (8.114) и (8.115) соответственно:

$$\bar{P}_{c_{\text{Sgr A}^*}} = \frac{\bar{M}_{\text{Sgr A}^*}^2}{\bar{R}_{\text{Sgr A}^*}^4}. \qquad (8.113)$$

$$\bar{\rho}_{c_{\text{Sgr A}^*}} = \frac{\bar{M}_{\text{Sgr A}^*}}{\bar{R}_{\text{Sgr A}^*}^3}. \qquad (8.114)$$

$$\bar{T}_{c_{\text{Sgr A}^*}} = \frac{\beta_{\text{Sgr A}^*} \cdot \bar{M}_{\text{Sgr A}^*}}{\beta_{\text{Sun}} \cdot \bar{R}_{\text{Sgr A}^*}}. \qquad (8.115)$$

Графические изображения этих зависимостей в двух диапазонах изменения радиуса звезды представлены на рисунках 8.37 и 8.38.

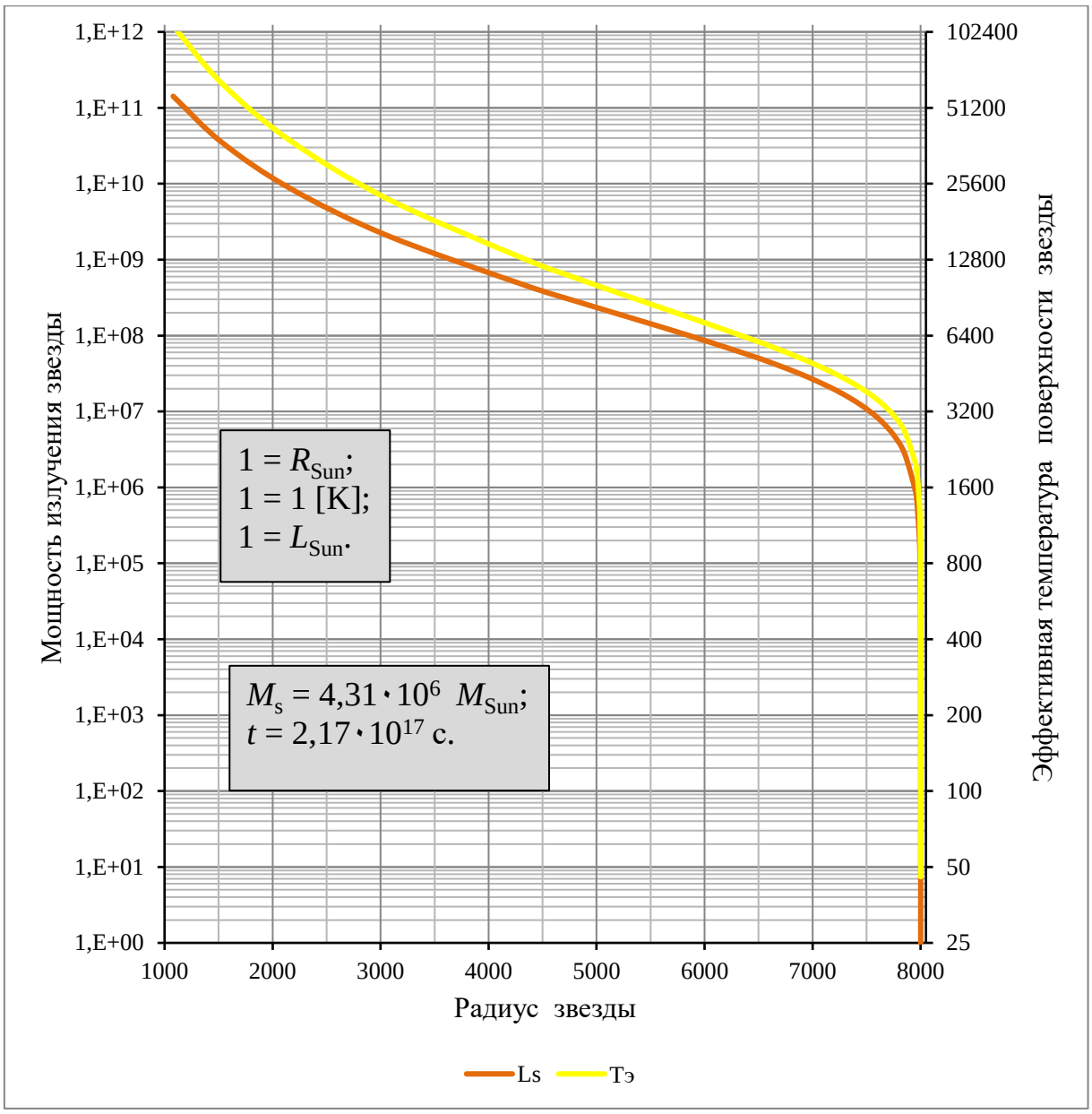


Рис. 8.35. Зависимости мощности излучения и эффективной температуры поверхности звезды, масса которой равна массе Стрельца A*, от размеров её радиуса.

Согласно данным, представленным в статье [60], “средняя болометрическая светимость Sgr A* $\leq 10^{36}$ эрг·с$^{-1}$”. Это означает, что $\bar{L}_{\text{Sgr A}^*} \leq$ $\leq 260\ [L_{\text{Sun}}]$. При данном ограничении на максимальное значение мощности излучения звезды Стрелец A* и для определённости полагая, что её минимальное значение меньше мощности излучения Солнца не более, чем

в 25 раз, найдём диапазоны возможных значений её основных характеристик исходя из зависимостей (8.110) ÷ (8.115).

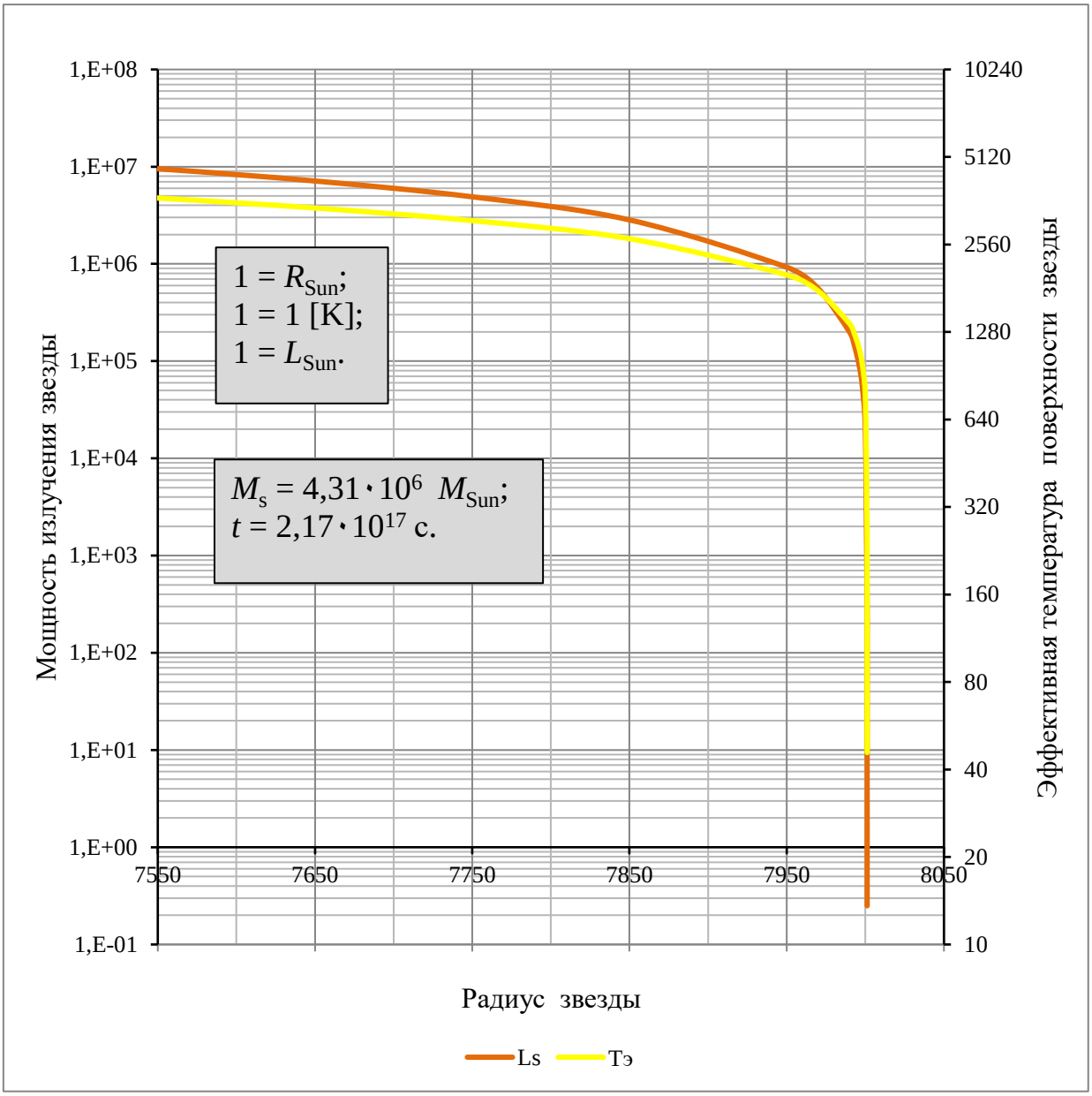


Рис. 8.36. Зависимости мощности излучения и эффективной температуры поверхности звезды, масса которой равна массе Стрельца A*, от размеров её радиуса, близких к максимальному радиусу звезды.

Исходя из зависимости (8.111), графическое изображение которой представлено на рисунках 8.35 и 8.36, находим, что принятому нами к рассмотрению диапазону мощностей излучения звезды Стрелец A*

$0{,}04 \leq L_{\mathrm{Sgr\,A^*}} \leq 260$ соответствует очень узкий диапазон возможных значений величин её радиуса:

$$8001{,}15640 \leq \bar{R}_{\mathrm{Sgr\,A^*}} \leq 8001{,}17031. \qquad (8.116)$$

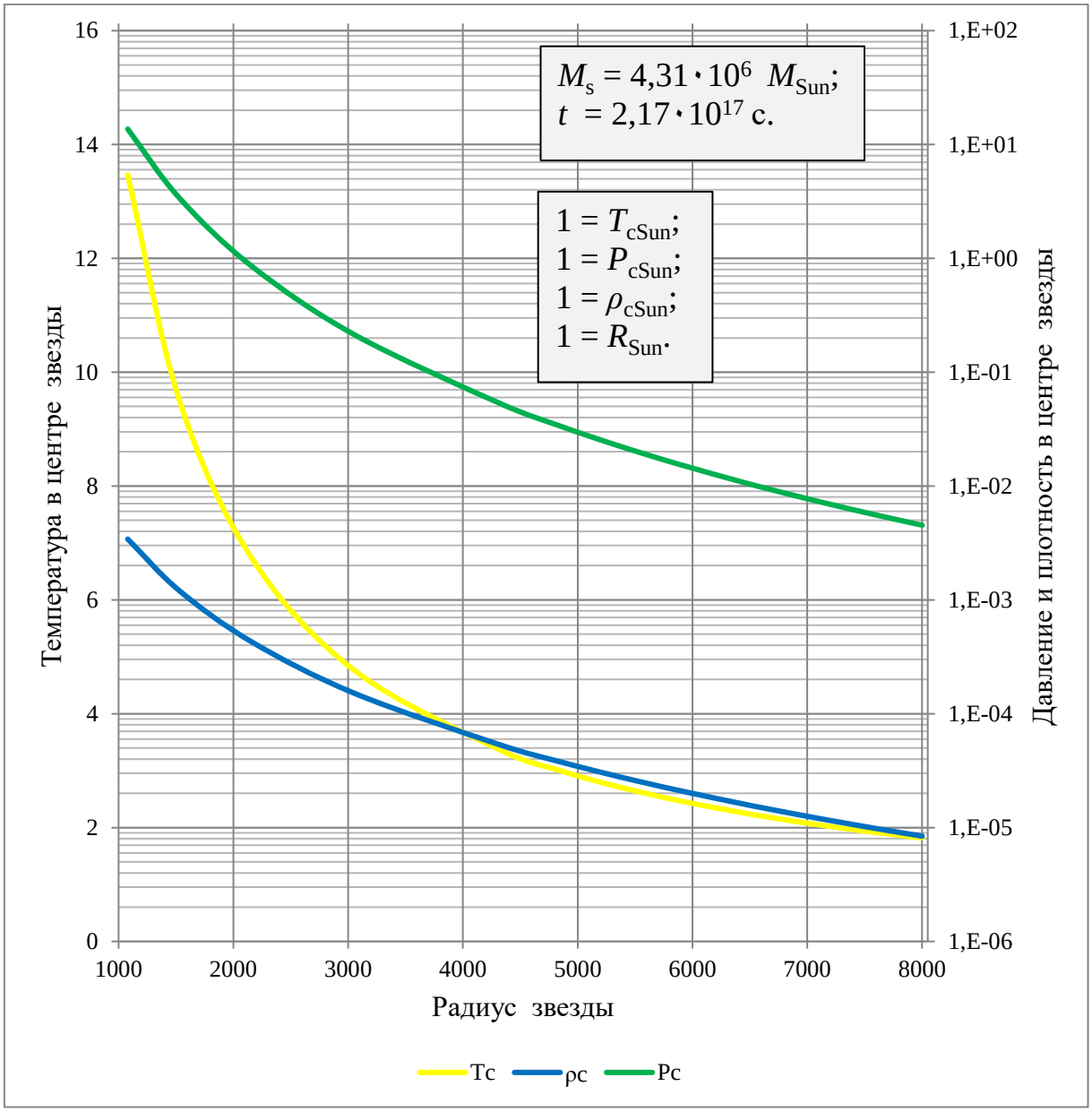


Рис. 8.37. Зависимости температуры, давления и плотности в центре звезды, масса которой равна массе Стрельца A*, от размеров её радиуса.

Относительное различие между максимальным и минимальным значениями радиуса звезды составляет менее двух десятитысячных процента. Однако, учитывая, что найденные нами размеры звезды Стрелец A* огромны, её радиус более чем в 37 раз превышает расстояние от Земли до Солнца, то размер найденного нами диапазона возможных значений радиуса звезды,

измеренный в абсолютных величинах, не столь уж мал. Он оказывается более десяти тысяч километров.

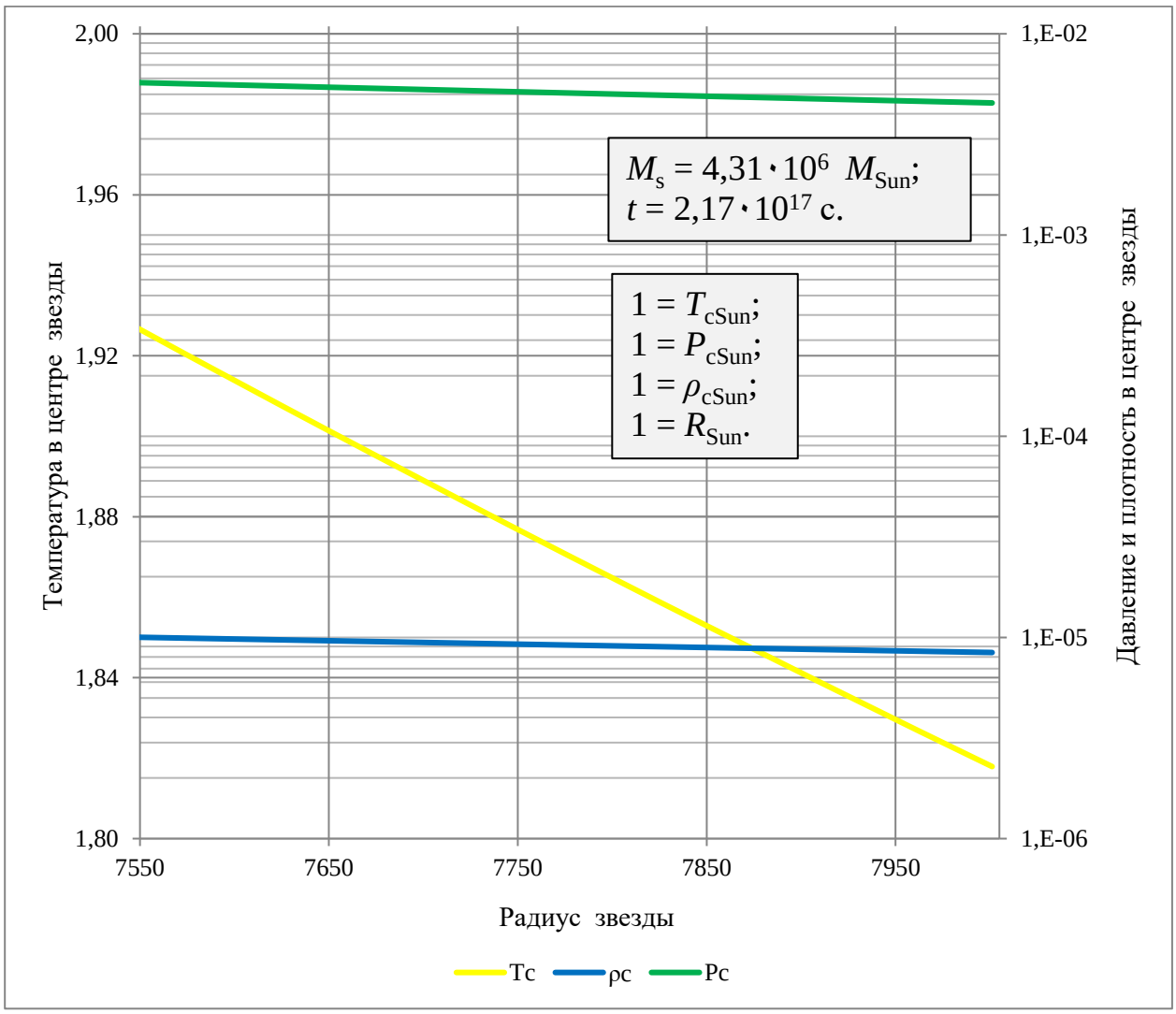


Рис. 8.38. Зависимости температуры, давления и плотности в центре звезды, масса которой равна массе Стрельца A*, от размеров её радиуса, близких к максимальному радиусу звезды.

Найденный нами диапазон возможных значений радиуса звезды Стрелец A* позволяет определиться с диапазонами возможных значений её прочих основных характеристик:

- Мощность светового источника звезды более чем в сорок семь миллионов раз превышает мощность излучения

Солнца и находится в достаточно узком диапазоне значений $47{,}237960 \cdot 10^6 \leq \bar{L}_{\gamma_{\text{Sgr A}^*}} \leq 47{,}238306 \cdot 10^6$;

- Практически вся мощность светового источника звезды расходуется на её возрастные изменения $1 - 10^{-9} \geq \bar{L}_{\text{я}_{\text{Sgr A}^*}} \geq 1 - 5{,}487 \cdot 10^{-6}$;
- Температура в центре звезды примерно в одну целую и восемьдесят три сотых раза больше температуры в центре Солнца и находится в достаточно узком диапазоне значений $21{,}730015 \cdot 10^6$ [К] $\leq T_{c_{\text{Sgr A}^*}} \leq 21{,}730055 \cdot 10^6$ [К];
- Плотность в центре звезды находится в очень узком диапазоне значений и практически не отличается от плотности в центре звёзд максимальных размеров $0{,}6422228 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right] \leq \rho_{c_{\text{Sgr A}^*}} \leq 0{,}6422263 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$;
- Полное давление в центре звезды составляет не более сорока шести сотых процента от полного давления в центре Солнца и находится в очень узком диапазоне значений $56{,}371376 \cdot 10^{12}$ [Па] $\leq P_{c_{\text{Sgr A}^*}} \leq 56{,}371789 \cdot 10^{12}$ [Па];
- Эффективная температура поверхности звезды, по крайней мере, в двадцать два раза меньше эффективной температуры Солнца и её значение находится в интервале $29{,}0$ [К] $\leq T_{c_{\text{Sgr A}^*}} \leq 259{,}50$ [К].

Интересно отметить, что ускорение свободного падения на поверхности звезды примерно в два раза превышает ускорение сводного падения на поверхности Земли:

$$g_{\text{Sgr A}^*} = \frac{G \cdot M_{\text{Sgr A}^*}}{R^2_{\text{Sgr A}^*}} \approx 18{,}46 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right]. \quad (8.117)$$

Средняя плотность звезды Стрелец A* примерно в сто двадцать тысяч раз меньше средней плотности Солнца:

$$\bar{\rho}_{c\text{р}_{\text{Sgr A}^*}} = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{M_{\text{Sgr A}^*}}{R^3_{\text{Sgr A}^*}} \approx 0{,}0119 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]. \quad (8.118)$$

В результате икраткого взаимодействия текущий ежегодный прирост массы звезды Стрелец A*, измеренный в системе АСЯ, составляет:

$$\frac{dM_{\text{Sgr A}^*}}{dt} = \frac{2 \cdot M_{\text{Sgr A}^*} \cdot t_{\text{год}}}{t} \approx 2{,}49 \cdot 10^{27} \left[\frac{\text{кг}}{\text{год}}\right]. \quad (8.119)$$

Это больше текущих масс Юпитера и Сатурна вместе взятых.

Ежегодный прирост радиуса звезды Стрелец A^*, измеренный в системе АСЯ, составляет:

$$\frac{dR_{\text{Sgr A}^*}}{dt} = \frac{5 \cdot R_{\text{Sgr A}^*} \cdot t_{\text{год}}}{6 \cdot t} \approx 674 \left[\frac{\text{м}}{\text{год}}\right]. \quad (8.120)$$

Поскольку определённый нами радиус звезды Стрелец A^* отличается от максимально возможного менее чем на две десятитысячных процента, то возрастные законы изменения давления, плотности и температуры в её центре можно определять используя зависимости (8.103), (8.104) и (8.108) соответственно.

В завершении данного подраздела важно ответить на следующие вопросы:

- Какие результаты наблюдений космического объекта Стрелец A^* могут быть признаны как прямые свидетельства того, что он является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным? И насколько мы близки к получению этих свидетельств, а, может быть, мы ими уже располагаем?
- Вступают ли имеющиеся к настоящему времени результаты наблюдений космического объекта Стрелец A^* в явное противоречие с представлением о нём, как о сверхмассивной звезде со световым источником энергии, имеющей размеры близкие к максимально возможным?

Будем считать, что результаты наблюдений космического объекта содержат прямые свидетельства того, что он является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, если удаётся подтвердить зависимость (8.98) между массой звезды и её радиусом. Зависимость (8.98) будет подтверждена, если в ходе наблюдений удастся определить, что радиус объекта, измеренный в угловых

миллисекундах, близок к значению, которое рассчитывается следующим образом:

$$\beta_{R_{\mathrm{s}\max}} = \frac{0{,}229}{D_s} \cdot \sqrt[3]{\bar{M}_{\mathrm{s}}}, \tag{8.121}$$

где $\beta_{R_{\mathrm{s}\max}}$ – радиус космического объекта, измеренный в угловых миллисекундах; D_{s} – расстояние от Земли до космического объекта, измеренное в килопарсеках; $\bar{M}_{\mathrm{s}}$ – масса объекта, измеренная в массах Солнца.

Используя уточнённые данные по массе космического объекта Стрелец A* $\bar{M}_{\mathrm{Sgr\,A^*}} \approx 4{,}28 \cdot 10^6$ [$\mathrm{M_{Sun}}$] и удалению его от Земли $D_{\mathrm{Sgr\,A^*}} \approx$ $\approx 8{,}32$ [kpc], представленные в работе [61], прямым свидетельством того, что космический объект Стрелец A* является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, будут результаты наблюдений, в ходе которых измеренный в угловых миллисекундах радиус космического объекта окажется близким к следующему значению:

$$\beta_{R_{\mathrm{Sgr\,A^*}\max}} = \frac{0{,}229}{D_{\mathrm{Sgr\,A^*}}} \cdot \sqrt[3]{\bar{M}_{\mathrm{Sgr\,A^*}}} \approx 4{,}47\ [\mathrm{mas}]. \tag{8.122}$$

Прежде чем определить, насколько мы близки к получению прямых свидетельств, ответим на вопрос: вступают ли имеющиеся к настоящему времени результаты наблюдений космического объекта Стрелец A* в явное противоречие с представлением о нём, как о сверхмассивной звезде со световым источником энергии, имеющей размеры близкие к максимально возможным?

Будем считать, что результаты наблюдений космического объекта Стрелец A* вступают в явное противоречие с представлением о нём, как о сверхмассивной звезде со световым источником энергии, имеющей размеры близкие к максимально возможным, если в ходе этих наблюдений однозначно установлено, что величина его радиуса, измеренная в угловых миллисекундах, существенно отличается от четырёх с половиною угловых миллисекунд.

Результаты наблюдений за звёздами, ближайшими к космическому объекту Стрелец A*, представленные в работах [59] и [61], не содержат явных

противоречий с представлениями о нём, как о сверхмассивной звезде со световым источником энергии, имеющей размеры близкие к максимально возможным. Величина определённого нами радиуса звезды Стрелец A*, которая, основываясь на данных работы [59], не превышает 37,225 а.е., вполне укладывается в величину ограничения на её радиус, полученную из условия её не столкновения с ближайшими к ней звёздами, которая составила 45 а.е.. Заметим, что определить размеры космического объекта Стрелец A*, основываясь на результатах наблюдений, представленных в работе [59], не представлялось возможным. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно взглянуть на результаты наблюдений S-звёздного кластера от 20 июля 2007 года, приведённых в работе [59] и представленных нами на рисунке 8.39. Очевидно, что определить размер объекта, который по нашим оценкам составляет менее девяти угловых миллисекунд, в результате наблюдений с разрешающей способностью в двадцать две угловых миллисекунды нельзя.

Таким образом, результаты шестнадцатилетних наблюдений за звёздами, ближайшими к космическому объекту Стрелец A^*, потеряли статус самого сильного свидетельства наличия в центре Галактики сверхмассивной ЧД. Необходимы не только новые свидетельства, подтверждающие гипотезу о том, что космический объект Стрелец A* является сверхмассивной чёрной дырой, но, что очень важно, при интерпретации результатов наблюдений за космическим объектом Sgr A* следует также исходить из гипотезы наличия в центре Галактики сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным.

Может показаться, что результаты двухдневных наблюдений (10 и 11 апреля 2007 года) космического объекта Стрелец A^* с высоким угловым разрешением на длине волны 1,3 мм, представленные в работе [62], вступают в явное противоречие с гипотезой сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным.

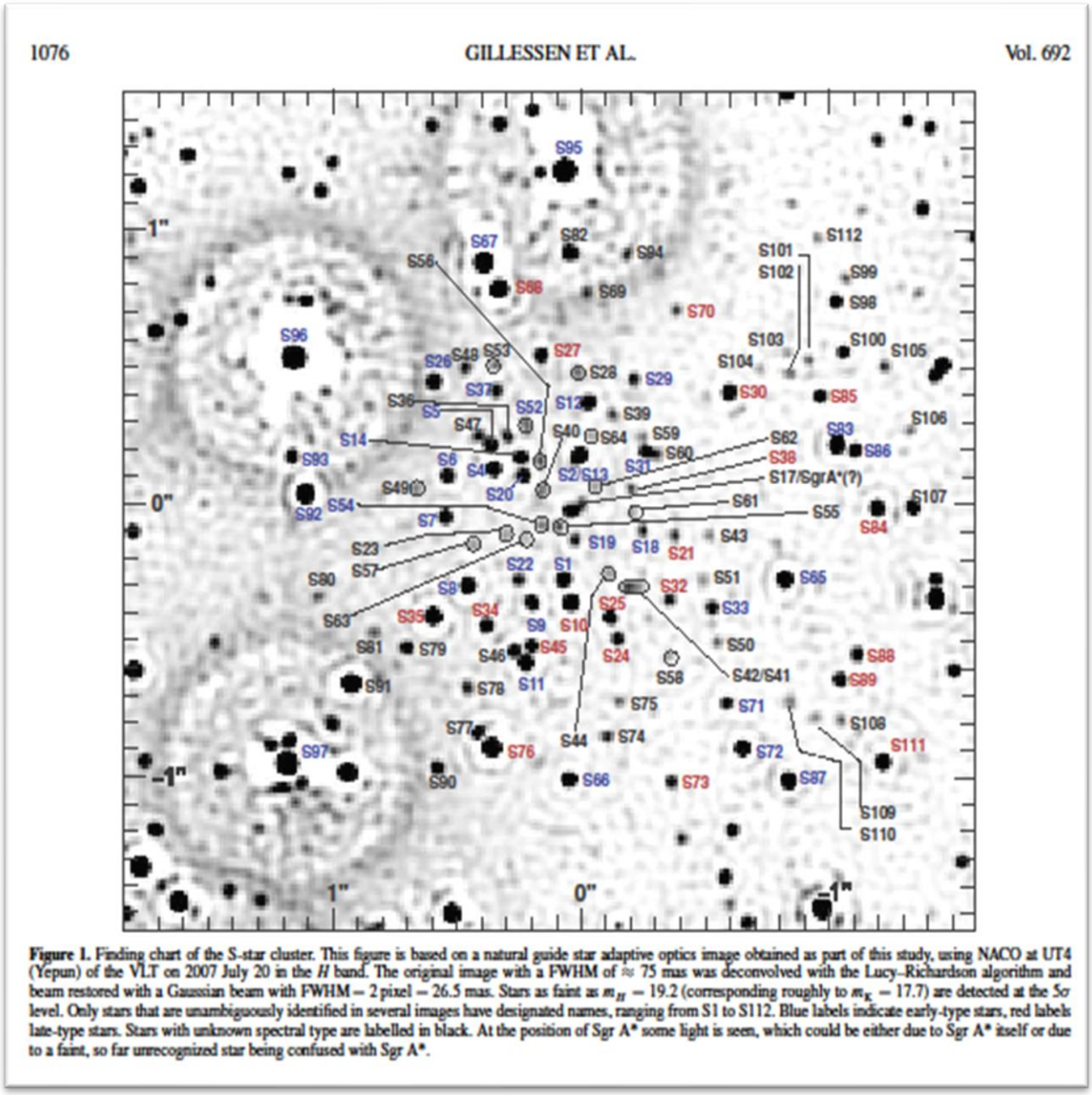


Figure 1. Finding chart of the S-star cluster. This figure is based on a natural guide star adaptive optics image obtained as part of this study, using NACO at UT4 (Yepun) of the VLT on 2007 July 20 in the *H* band. The original image with a FWHM of ≈ 75 mas was deconvolved with the Lucy–Richardson algorithm and beam restored with a Gaussian beam with FWHM = 2 pixel = 26.5 mas. Stars as faint as $m_H = 19.2$ (corresponding roughly to $m_K = 17.7$) are detected at the 5σ level. Only stars that are unambiguously identified in several images have designated names, ranging from S1 to S112. Blue labels indicate early-type stars, red labels late-type stars. Stars with unknown spectral type are labelled in black. At the position of Sgr A* some light is seen, which could be either due to Sgr A* itself or due to a faint, so far unrecognized star being confused with Sgr A*.

Рис. 8.39 Результаты наблюдений S-звёздного кластера от 20 июля 2007 года.

Действительно, в ходе наблюдений в направлении возможного местоположения космического объекта Стрелец A* надёжно обнаружена область повышенной интенсивности излучения на длине волны 1,3 мм с угловым диаметром, равным 37^{+16}_{-10} микросекундам. Определённый в результате наблюдений радиус области, с одной стороны, в одну целую и восемь десятых раза больше радиуса Шварцшильда, рассчитанного для массы Стрельца A*, а с другой стороны, в двести сорок два раза меньше радиуса

сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным и массу, равную массе космического объекта Sgr A*. Важно понять, содержат ли эти результаты наблюдений явные противоречия с принятыми нами к рассмотрению гипотезами о природе космического объекта Стрелец A*?

Если исходить из гипотезы, что космический объект Стрелец A* является сверхмассивной чёрной дырой, то результаты наблюдений могут быть объяснены существованием излучающего аккреционного диска вокруг чёрной дыры. Однако расчёты показывают, что наблюдаемый на Земле минимальный диаметр аккреционного диска, центрированного вокруг чёрной дыры, масса и удаление от Земли которой равны массе и удалению космического объекта Стрелец A*, с учётом эффектов гравитационного линзирования не может быть меньше пяти целых и двух десятых её радиуса Шварцшильда [62]. Поскольку диаметр области повышенной интенсивности излучения на длине волны 1,3 мм, измеренный в ходе наблюдений, оказался меньше пяти целых и двух десятых радиусов Шварцшильда космического объекта Стрелец A*, то авторы статьи [62] пришли к заключению, что данная область не является сферически-симметричной фотосферой относительно его центра масс. Это означает, что размеры области, измеренные в ходе наблюдений, не могут выступать в качестве ограничения на возможные размеры космического объекта Стрелец A*.

Если исходить из гипотезы, что космический объект Стрелец A* является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, то результаты наблюдений могут быть объяснены наличием на её поверхности области повышенной интенсивности излучения на длине волны 1,3 мм. Эта область составляет примерно четыре миллионных поверхности звезды. Возможно, если звезда вращается, наблюдаемая область повышенной интенсивности излучения располагается на одном из её полюсов. Трудно однозначно определить, чем обусловлена повышенная интенсивность излучения на длине волны 1,3 мм обнаруженной области,

поскольку теория излучения подобных звёзд по понятным причинам отсутствует, а опыт наблюдений ограничивается единственным объектом – Стрелец А*. Одно ясно, что возможность появление подобной области на звезде Стрелец А*, несомненно обладающей большим разнообразием проявлений в широком спектре электромагнитного излучения, исключать нельзя. Это означает, что результаты наблюдений, представленные в [62], не вступают в явное противоречие с гипотезой наличия в центре Галактики сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным.

После проведения наблюдений с высоким разрешением космического объекта Стрелец А* на длинах волн в диапазоне от 17,4 см до 23,8 см, результаты которых представлены в работе [63], и основываясь на данных ранее проведённых наблюдений на длинах волн в диапазоне от 0,35 см до 6 см, опубликованных в статьях [64] и [65], была получена зависимость измеренного в ходе наблюдений размера космического объекта Стрелец А* от длины волны, на которой осуществлялись эти наблюдения, в диапазоне от 0,35 см до 23,8 см. Данная зависимость, нормированная квадратом длины волны, представлена на рисунке 8.40, позаимствованному нами из статьи [63]. Анализ данной зависимости, выполненный в работе [63], позволил определить:

- Зависимость имеет слом, меняющий характер её изменения, при длине волны равной 6 см.
- Закон рассеяния электромагнитного излучения космического объекта Стрелец А* при наблюдении его с Земли, определяющий изменение углового размера источника излучения от длины волны, на которой осуществляется его наблюдение:

$$\beta_{\mathrm{p}_\lambda} = b_{sc} \cdot \lambda^2, \tag{8.123}$$

где $\beta_{\mathrm{p}_\lambda}$ – изменение углового размера источника электромагнитного излучения космического объекта Стрелец А* при наблюдении его с Земли на длине волны λ, измеренного в угловых миллисекундах;

$b_{sc} = 1{,}32\ \left[\frac{\text{mas}}{\text{см}^2}\right]$; λ – длина волны, на которой осуществляется наблюдение объекта, измеренная в сантиметрах.

- Собственный угловой размер области излучения космического объекта Стрелец A* при наблюдении его с Земли в диапазоне длин волн от 0,35 см до 6 см пропорционален длине волны, на которой осуществляется наблюдение, в степени три вторых (центральная диаграмма, которая соответствует закону рассеяния с $b_{sc} = 1{,}32\ \left[\frac{\text{mas}}{\text{см}^2}\right]$, представленная на рис. 8.41, позаимствованному нами из статьи [63]).

Естественное объяснение результатам наблюдений по измерению размера космического объекта Стрелец A*, представленным на рисунке 8.40, основанное на гипотезе, что в центре Млечного Пути находится сверхмассивная звезда со световым источником энергии, имеющая размеры близкие максимально возможным, состоит в следующем:

- Размеры областей повышенной интенсивности излучения звезды в миллиметровом диапазоне длин волн очень малы по отношению к её размерам. Так, например, при наблюдении звезды на длине волны, равной 3,5 мм, размер области повышенной интенсивности излучения составляет менее одного процента диаметра звезды. По мере увеличения длины волны, на которой осуществляется наблюдение звезды, размеры областей повышенной интенсивности излучения возрастают пропорционально отношению длин волн в степени три вторых. Это означает, что роль собственного размера области повышенной интенсивности излучения в формировании её видимого углового размера с Земли с ростом длины волны, на которой осуществляется наблюдение звезды, падает, а роль рассеяния электромагнитного излучения возрастает, поскольку угол его рассеяния возрастает пропорционально квадрату длины волны.
- Рост собственных размеров области повышенной интенсивности излучения с увеличением длины волны, на которой происходит

наблюдение звезды, имеет естественный предел, который равен диаметру звезды. При достижении этого предела дальнейшее увеличение длины волны не приводит к росту собственных размеров области повышенной интенсивности излучения, а дальнейшее увеличение видимых угловых размеров звезды с Земли происходит в соответствии с законом рассеяния электромагнитного излучения. Минимальному значению длины волны, при которой собственный размер области повышенной интенсивности излучения становится равным диаметру звезды, соответствует слом, меняющий характер изменения видимого с Земли углового размера звезды от длины волны. Такой слом, как показывают результаты наблюдений радиоисточника Sgr A*, происходит при длине волны равной 6 см. Это означает, что определённый при этой длине волны собственный угловой размер области повышенной интенсивности излучения по существу является собственным угловым размером звезды.

У нас появилась реальная возможность определить собственный угловой размер сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, которая находится в центре Млечного Пути, непосредственно из результатов её наблюдений. Воспользуемся ею. Это позволит сравнить размеры звезды, полученные в ходе её наблюдений, с её размерами, определёнными нами на модели сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным.

Видимый угловой размер звезды Стрелец A*, измеренный на длине волны равной 6 см, согласно обобщённых результатов наблюдений, представленых в работе [64], равен:

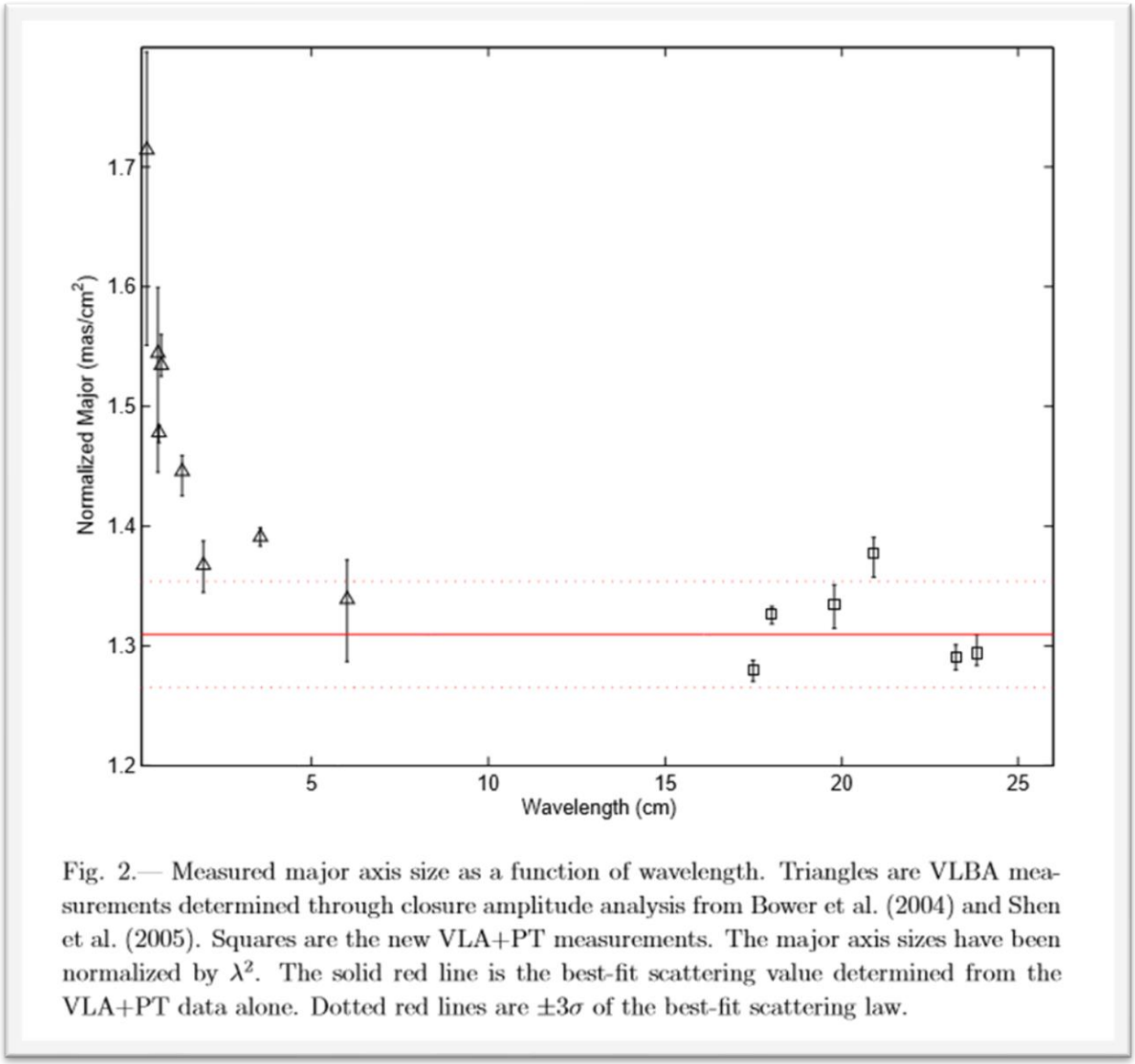


Fig. 2.— Measured major axis size as a function of wavelength. Triangles are VLBA measurements determined through closure amplitude analysis from Bower et al. (2004) and Shen et al. (2005). Squares are the new VLA+PT measurements. The major axis sizes have been normalized by λ^2. The solid red line is the best-fit scattering value determined from the VLA+PT data alone. Dotted red lines are $\pm 3\sigma$ of the best-fit scattering law.

Рис. 8.40. Зависимость размера космического объекта Стрелец А*, измеренного вдоль его большой оси, от длины волны, на которой осуществлялись его наблюдения (зависимость нормирована квадратом длины волны).

$$\beta_{\text{BSgr A*}_{\lambda=6\text{ см}}} = 48{,}359\ [\text{mas}], \tag{8.124}$$

где $\beta_{\text{BSgr A*}_{\lambda=6\text{ см}}}$ – видимый угловой размер звезды Стрелец А*, измеренный на длине волны равной 6 см, значение которого взято из обобщённых результатов наблюдений, представленных в таблице 2 работы [65].

Видимые угловые размеры радиоисточника Sgr A*, измеренные в ходе его наблюдений в диапазоне длин волн от 0,67 см до 6 см, представлены на рисунке 8.42.

Собственный угловой размер звезды Стрелец A*, установленный в ходе наблюдений с Земли на длине волны 6 см, равен:

$$\beta_{\text{Sgr A}^*} = \sqrt{\beta^2_{\text{в}\,\text{Sgr A}^*\lambda=6\text{ см}} - \beta^2_{\text{р}\lambda=6\text{ см}}} \approx \sqrt{48{,}359^{\,2} - (1{,}32 \cdot 6^2)^2}\ [\text{mas}] \approx 8{,}969\ [\text{mas}]. \quad (8.125)$$

Относительная погрешность измерения собственного углового размера звезды Стрелец A*, установленного в ходе наблюдений, при его сравнении с угловым размером, определённым на модели сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, составляет менее четырёх десятых процента:

$$\delta_{\beta_{\text{Sgr A}^*}} = \frac{2 \cdot \beta_{R_{\text{Sgr A}^*\text{max}}} - \beta_{\text{Sgr A}^*}}{2 \cdot \beta_{R_{\text{Sgr A}^*\text{max}}}} \cdot 100\ \% \approx -0{,}324\ \%. \quad (8.126)$$

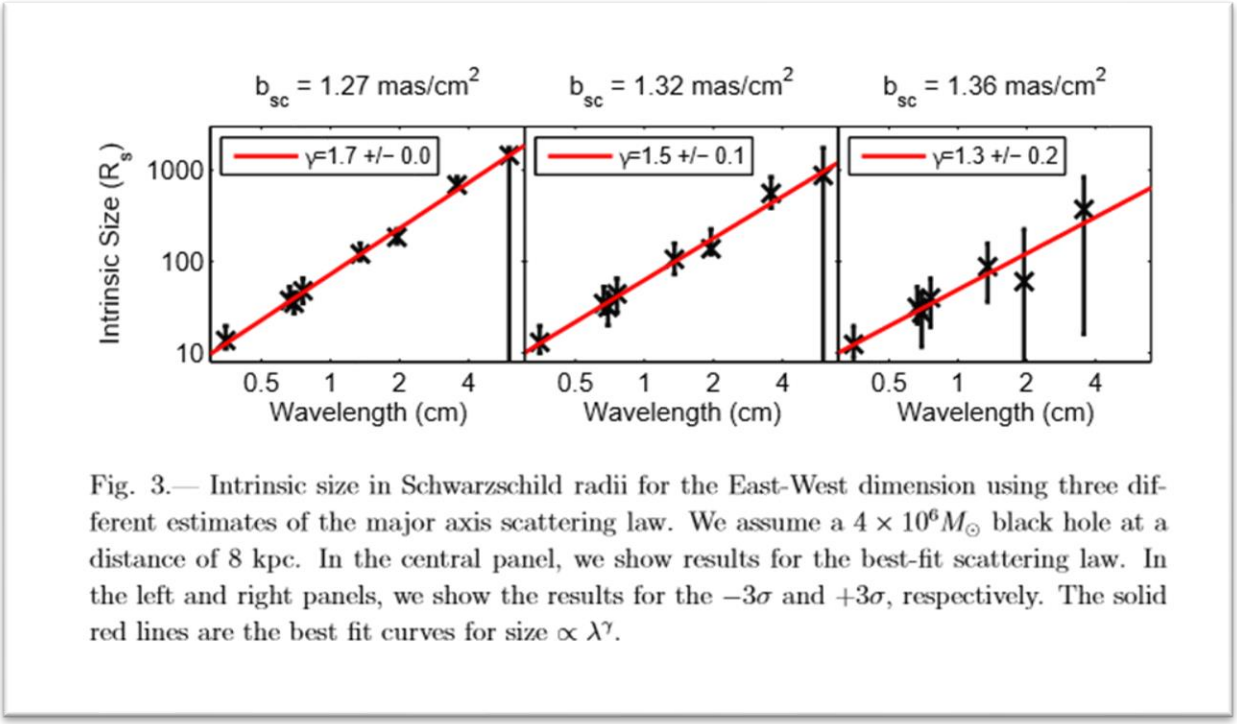


Fig. 3.— Intrinsic size in Schwarzschild radii for the East-West dimension using three different estimates of the major axis scattering law. We assume a $4 \times 10^6 M_\odot$ black hole at a distance of 8 kpc. In the central panel, we show results for the best-fit scattering law. In the left and right panels, we show the results for the -3σ and $+3\sigma$, respectively. The solid red lines are the best fit curves for size $\propto \lambda^\gamma$.

Рис. 8.41. Законы изменения собственных размеров радиоисточника Sgr A* от длины волны, на которой происходит его наблюдение, в диапазоне волн от 0,35 см до 6 см, определённые для различных уровней рассеяния электромагнитного излучения (рисунок взят из статьи [63]).

Основной вывод, который мы вправе сделать, состоит в том, что установленный в ходе наблюдений с Земли собственный угловой размер радиоисточника Sgr A* является прямым свидетельством наличия в центре галактики

Млечный Путь сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным.

Table 2. Closure Amplitude and Closure Phase Modeling Results

Code	ν (GHz)	x (μas)	y (μas)	ϕ (deg)	χ^2_A	χ^2_ϕ	F_2
			5.0 GHz				
BS055A	5.0	48638^{+6562}_{-4838}	15381^{+17619}_{-15381}	$87.1^{+10.9}_{-15.2}$	2.0	1.7	0.31
BB113	5.0	47850^{+10950}_{-5250}	24950^{+17650}_{-9950}	73^{+28}_{-15}	2.2	1.0	0.02
ALL	5.0	48359^{+5628}_{-3559}	21189^{+12468}_{-8356}	$83.2^{+10.2}_{-10.6}$	...	...	...
			8.4 GHz				
BS055A	8.4	17697^{+303}_{-297}	7804^{+1596}_{-2204}	$81.8^{+4.5}_{-4.5}$	0.9	3.3	0.03
BB113	8.4	16840^{+960}_{-1040}	10150^{+2050}_{-3950}	83^{+13}_{-18}	2.1	1.3	0.17
ALL	8.4	17626^{+289}_{-286}	8514^{+1260}_{-1925}	$81.9^{+4.3}_{-4.4}$	...	...	...
			15 GHz				
BS055B	15.3	5198^{+262}_{-228}	1963^{+2027}_{-1963}	$84.0^{+11.3}_{-11.2}$	1.4	1.1	0.03
			22 GHz				
BB130A	22.2	2817^{+683}_{-317}	1732^{+468}_{-1732}	$70.9^{+21.7}_{-23.3}$	2.7	1.3	0.11
BB130B	22.2	2655^{+345}_{-155}	1736^{+464}_{-922}	$74.2^{+13.9}_{-21.2}$	2.0	0.9	0.09
BB130C	22.2	2852^{+518}_{-312}	1721^{+435}_{-929}	$63.0^{+17.0}_{-18.1}$	2.2	1.2	0.15
BS055B	22.2	2607^{+123}_{-87}	1164^{+552}_{-1164}	$77.8^{+6.7}_{-10.4}$	0.6	1.8	0.01
ALL	22.2	2635^{+112}_{-72}	1613^{+237}_{-542}	$74.6^{+5.6}_{-7.8}$	...	...	...
			39 GHz				
BL070C	39.1	884^{+16}_{-44}	610^{+140}_{-340}	$70.4^{+13.2}_{-20.1}$	1.7	1.0	0.03
			43 GHz				
BB130A	43.2	725^{+65}_{-35}	498^{+139}_{-296}	$75.7^{+13.3}_{-26.3}$	1.3	1.1	0.03
BB130B	43.2	770^{+90}_{-55}	465^{+180}_{-465}	$69.6^{+14.0}_{-26.5}$	1.0	1.1	0.06
BB130C	43.2	704^{+191}_{-129}	323^{+427}_{-323}	$76.2^{+48.8}_{-41.2}$	1.7	0.9	0.07
BB130D	43.2	708^{+52}_{-38}	364^{+221}_{-364}	$81.2^{+12.3}_{-12.9}$	0.8	1.3	0.04
BB130F	43.2	708^{+17}_{-13}	360^{+120}_{-218}	$81.4^{+4.9}_{-6.8}$	0.9	1.2	0.03
BB130G	43.2	709^{+26}_{-19}	350^{+153}_{-350}	$81.4^{+5.8}_{-9.5}$	0.7	1.3	0.03
BL070B	43.1	713^{+37}_{-28}	434^{+129}_{-246}	$76.6^{+8.8}_{-15.5}$	0.9	1.0	0.02
BS055C	43.2	728^{+47}_{-33}	428^{+157}_{-428}	$75.8^{+9.6}_{-17.4}$	0.5	1.9	0.03
ALL	43.2	712^{+12}_{-9}	407^{+56}_{-109}	$79.8^{+3.0}_{-4.5}$	...	...	...
			45 GHz				
BL070C5	45.1	683^{+132}_{-73}	458^{+292}_{-458}	$76.5^{+8.5}_{-41.5}$	1.2	1.3	0.03

Рис. 8.42. Видимые угловые размеры радиоисточника Sgr A*, измеренные в ходе его наблюдений в диапазоне длин волн от 0,67 см до 6 см (таблица взята из статьи [65]).

Заметим, то, что собственный угловой размер звезды Стрелец A*, установленный исходя из усреднённых данных её видимого размера и усреднённого

закона рассеяния электромагнитного излучения на длине волны 6 см, которые были получены в ходе наблюдений, практически совпал с её угловым размером, определённым на модели сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, содержит элемент случайности. Действительно, на длине волны 6 см вклад собственного размера звезды в формировании её видимого размера с Земли очень мал. Он составляет менее трёх с половиной процента. В этом случае, как показывают расчёты, ошибка в определении усреднённого видимого углового размера звезды с Земли в один процент приводит к относительной ошибке при определении её углового собственного размера не менее чем на двадцать пять процентов. Примерно к тем же последствиям приводит ошибка в один процент при определении усреднённого закона рассеяния электромагнитного излучения. Данное замечание не ставит под сомнение вывод о наличии в центре галактики Млечный Путь сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным. Оно призвано подчеркнуть важность осуществления новых наблюдений радиоисточника Sgr A* в диапазоне длин волн от 5 см до 24 см с повышенной точностью.

Последние наблюдения радиоисточника Sgr A* были осуществлены на меньших длинах волн, позволяющих наблюдать лишь отдельные участки поверхности звезды, что не даёт возможность определить её размеры. Так, например, 11 сентября 2014 года были опубликованы данные наблюдений радиоисточника Sgr A* на длине волны равной 1,3 см, осуществлённые 7 марта 2014 года с использованием Very Long Baseline Array (VLBA) совместно с Green Bank Telescope (GBT) [66]. Результаты наблюдений представлены на рисунке 8.43, который позаимствован нами из статьи [66]. Собственный угловой размер области повышенной интенсивности излучения на длине волны равной 1,3 см, согласно оценкам авторов работы [66], составляет примерно одну угловую миллисекунду. Это примерно в девять раз меньше собственного углового размера звезды.

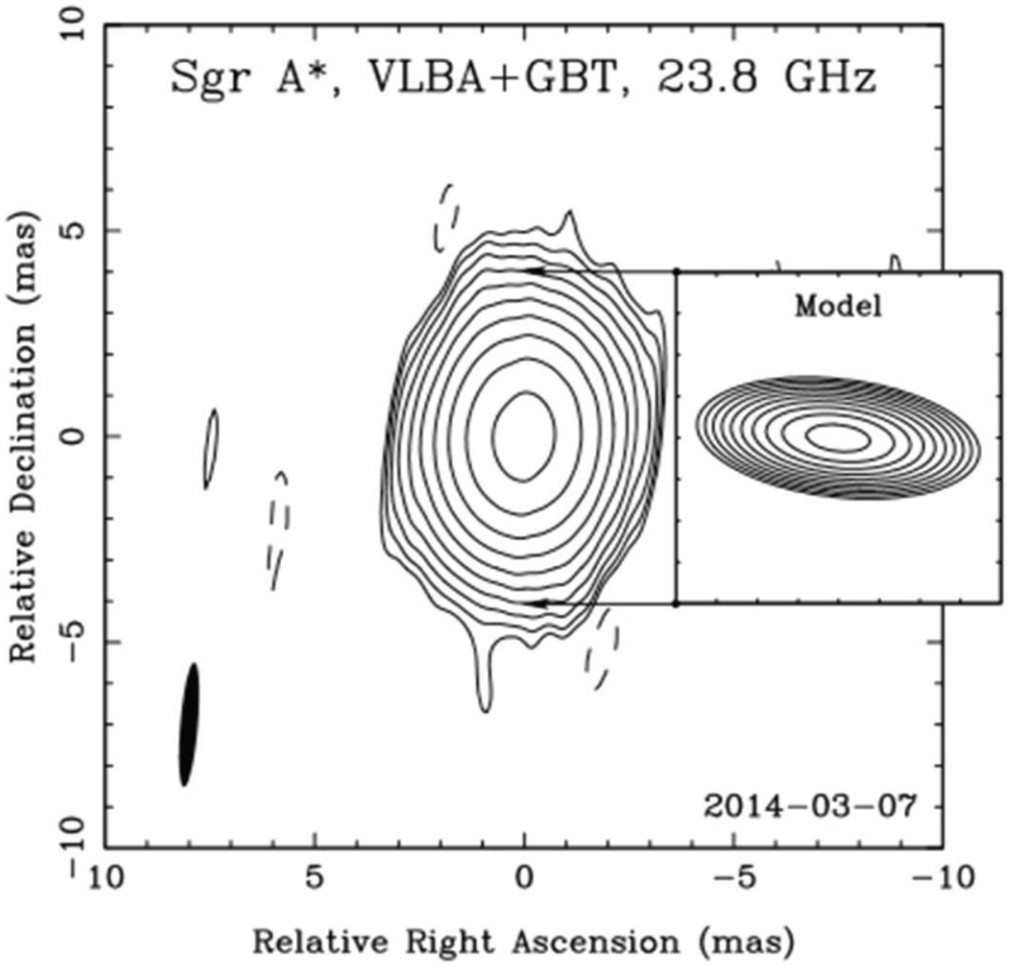


Figure 1. Hybrid image of SgrA* from our naturally-weighted data at 1.3 cm, showing the scattering disk extended east-west. Substructure would appear as slight variations within the scattering disk. The contours of equal intensity are plotted starting from 0.14% of the peak value of 190 mJy/beam with $\sqrt{2}$ steps. The restoring beam for the image, shown at lower left, is extended north-south because of the east-west extension of the array which provided detections; the beam has dimensions at half power level (3.04 × 0.42) mas. Nearly all of the north-south extension of the image arises from our elliptical beam. The best-fitting model for the elliptical scattered image is shown as an inset.

Рис.8.43. Результаты наблюдений радиоисточника Sgr A* на длине волны равной 1,3 см, осуществлённые 7 марта 2014 года с использованием Very Long Baseline Array (VLBA) совместно с Green Bank Telescope (GBT), представленные в статье [66].

Данные наблюдений радиоисточника Sgr A* на длине волны равной 1,3 мм, осуществлённые в марте 2013 года с использованием шести станций

Very Long Baseline Array (VLBA) на Гавайях, в Калифорнии, Аризоне и Чили совместно с телескопом APEX в Чили, были опубликованы 23 мая 2018 года [67]. Результаты этих наблюдений и простые геометрические модели, интерпретирующие наблюдаемые данные, представлены на рисунке 8.44, который позаимствован нами из статьи [67].

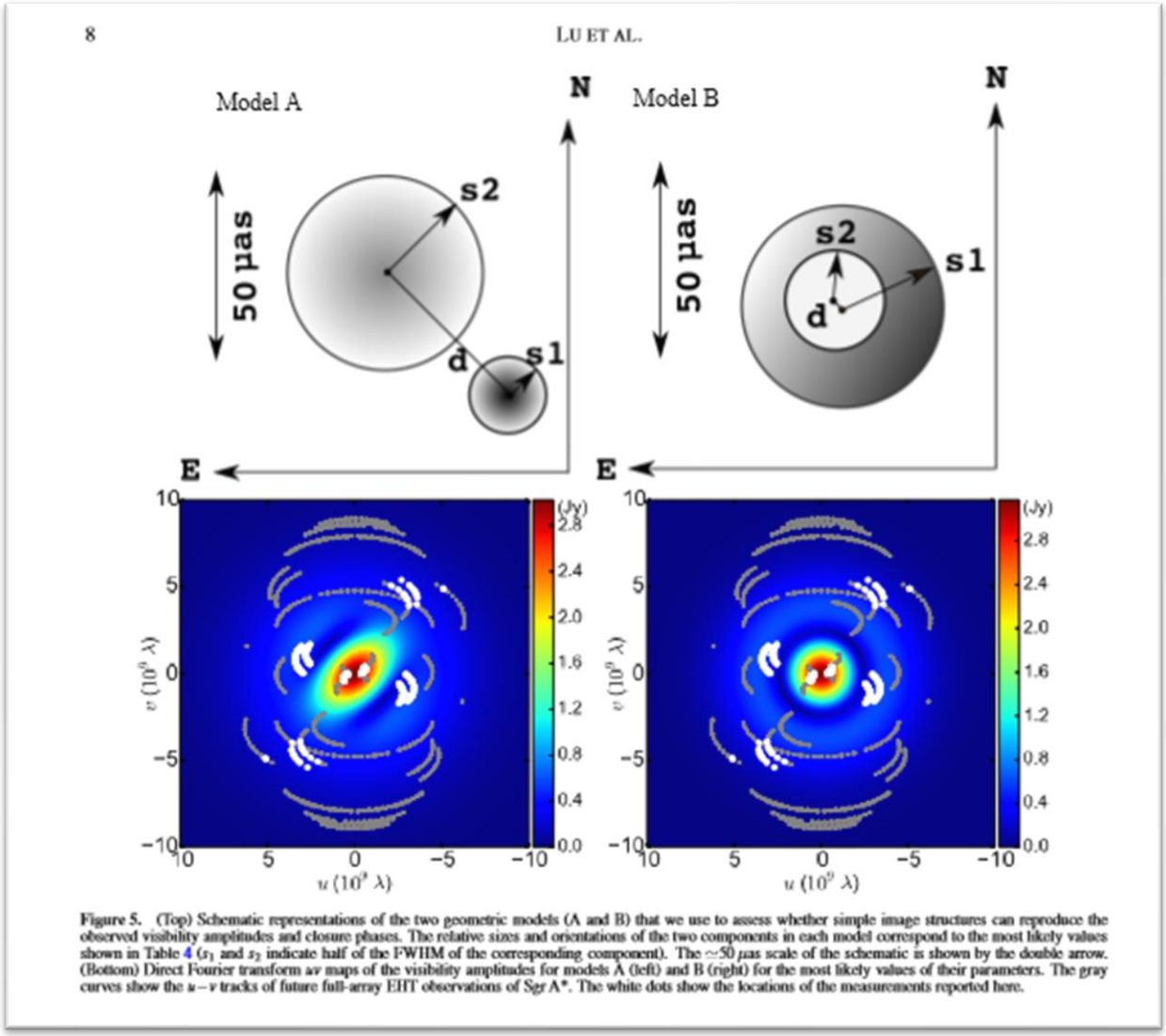


Figure 5. (Top) Schematic representations of the two geometric models (A and B) that we use to assess whether simple image structures can reproduce the observed visibility amplitudes and closure phases. The relative sizes and orientations of the two components in each model correspond to the most likely values shown in Table 4 (s_1 and s_2 indicate half of the FWHM of the corresponding component). The ≃50 μas scale of the schematic is shown by the double arrow. (Bottom) Direct Fourier transform *uv* maps of the visibility amplitudes for models A (left) and B (right) for the most likely values of their parameters. The gray curves show the $u-v$ tracks of future full-array EHT observations of *Sgr* A*. The white dots show the locations of the measurements reported here.

Рис.8.44. Результаты наблюдений радиоисточника Sgr A* на длине волны равной 1,3 мм, осуществлённые в марте 2013 года с использованием шести станций Very Long Baseline Array (VLBA) на Гавайях, в Калифорнии, Аризоне и Чили совместно с телескопом APEX в Чили, и простые геометрические модели, интерпретирующие наблюдаемые данные, опубликованные в статье [67].

В данном случае размер наблюдаемой области поверхности звезды примерно в сто раз меньше её диаметра.

Отметим, что результаты наблюдений, представленные в работах [66] и [67], не вступают в явное противоречие с представлением о том, что космический объект Стрелец A* является сверхмассивной звездой со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным.

Все осуществлённые и планируемые наблюдения космического объекта Стрелец A*, а также интерпретация полученных результатов наблюдений основаны на безальтернативном предположении, что он является сверхмассивной чёрной дырой. Очевидно, что необходимо рассмотреть альтернативную гипотезу о наличии в центре нашей Галактики сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным. Это потребует дополнительных исследований по интерпретации данных, полученных в ходе уже проведённых наблюдений космического объекта Стрелец A*, а также планирования и осуществления новых наблюдений, призванных подтвердить новую гипотезу.

В заключении данного подраздела дополним наши представления о космическом объекте Стрелец A*, как сверхмассивной звезде со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, следующими данными:

- Звезда Стрелец A* является крупнейшим “хранилищем” энергии излучения в галактике Млечный Путь. Его текущая ёмкость составляет:

$$E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}_0^*}} = \frac{3}{2}\cdot\left(1-\beta_{\mathrm{SgrA}_0^*}\right)\cdot\frac{G_0\cdot M_{\mathrm{SgrA}_0^*}^2}{R_{\mathrm{SgrA}_0^*}} \approx 1{,}32\cdot 10^{51}\ [\text{Дж}], \qquad (8.127)$$

  где индекс 0 используется для обозначения текущих значений параметров.

  Заметим, что для получения такого огромного количества энергии потребовалось бы полностью аннигилировать семь тысяч триста шестьдесят пять звезд, масса каждой из которых равнялась солнечной.

- Возрастные законы изменения энергии излучения в звезде в системах АСЯ и СИ определяются зависимостями (8.128) и (8.129) соответственно:

$$E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}^*}} = E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}_0^*}} \cdot 2^{13\cdot(\text{я}-\text{я}_0)/6} = E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}_0^*}} \sqrt[6]{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{13}}. \quad (8.128)$$

$$E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}^*}} = E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}_0^*}} \cdot 2^{7\cdot(\text{я}-\text{я}_0)/6} = E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}_0^*}} \sqrt[6]{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{7}}. \quad (8.129)$$

- Звезда Стрелец A* является естественным воплощением сферы Дайсона. Основная часть энергии, генерируемой её световым источником, не покидает пределов звезды. Текущие скорости пополнения энергии излучения в звезде, определяемые в системах АСЯ и СИ зависимостями (8.130) и (8.131) соответственно, составляют:

$$\frac{\mathrm{d}E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}^*}}}{\mathrm{d}t} = \frac{13}{6} \cdot \frac{E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}_0^*}}}{t} = 1{,}31 \cdot 10^{34}\ [\text{Вт}]. \quad (8.130)$$

$$\frac{\mathrm{d}E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}^*}}}{\mathrm{d}t} \approx \frac{5}{3} \cdot \frac{E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}_0^*}}}{t} = 1{,}01 \cdot 10^{34}\ [\text{Вт}]. \quad (8.131)$$

В настоящее время примерно семьдесят два процента всей генерируемой световым источником энергии звезды идёт на пополнение “хранилища” её энергии излучения.

- Доля давления излучения в звезде Стрелец A* более чем в двести девяносто пять раз превышает долю её газового давления. Заметим, что на Солнце доля газового давления превышает долю давления её излучения более чем в две тысячи четыреста двадцать раз. Соотношение количеств квантов электромагнитного излучения, приходящихся на одну частицу в Стрельце A* и в Солнце, в настоящее время равно:

$$\frac{n1_{\gamma_{\mathrm{SgrA}^*}}}{n1_{\gamma_{\mathrm{Sun}}}} = \frac{\left(1-\beta_{\mathrm{SgrA}^*}\right)\cdot\beta_{\mathrm{Sun}}}{\beta_{\mathrm{SgrA}^*}\cdot\left(1-\beta_{\mathrm{Sun}}\right)} \approx 7{,}15\cdot 10^5. \quad (8.132)$$

Всё это призвано объяснить, почему излучение звезды Стрелец A*, фиксируемое в ходе её наблюдений, обладает высокой яркостной температурой [62].

- Текущая полная энергия звезды Стрелец А*, согласно модели Эддингтона, равна [8.11]:

$$E_{\mathrm{SgrA}_0^*} = \frac{\beta_{\mathrm{SgrA}_0^*}}{2} \cdot E_{\mathrm{G}_{\mathrm{SgrA}^*}} = -\frac{3}{4} \cdot \beta_{\mathrm{SgrA}_0^*} \cdot \frac{G_0 \cdot M_{\mathrm{SgrA}_0^*}^2}{R_{\mathrm{SgrA}_0^*}} \approx -2{,}23 \cdot 10^{48} \text{ [Дж]}. \quad (8.133)$$

Очевидно, что звезда Стрелец А* устойчива относительно радиальных колебаний.

- Возрастные законы изменения полной энергии звезды в системах АСЯ и СИ определяются зависимостями (8.134) и (8.135) соответственно:

$$E_{\mathrm{SgrA}^*} = -\frac{3}{4} \cdot \beta_{\mathrm{SgrA}_0^*} \cdot \sqrt[8]{\frac{t_0}{t}} \cdot \frac{G_0 \cdot \left(\frac{t_0}{t}\right) M_{\mathrm{SgrA}_0^*}^2 \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^4}{R_{\mathrm{SgrA}_0^*} \cdot \sqrt[6]{\left(\frac{t}{t_0}\right)^5}} = E_{\mathrm{SgrA}_0^*} \cdot \sqrt[24]{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{49}}. \quad (8.134)$$

$$E_{\mathrm{SgrA}^*} = E_{\mathrm{SgrA}_0^*} \cdot \sqrt[24]{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{25}}. \quad (8.135)$$

Определение основных характеристик космического объекта М87*, как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, представлены в последнем подразделе данного раздела. Это связано с тем, что сенсационные изображения космического объекта М87*, которые были положены нами в основу определения его характеристик, появились после того, как основные результаты исследований, представленные в данном подразделе, были сформированы. Оставить без должного анализа полученные сенсационные изображения не представлялось возможным, поскольку они рассматривались как прямые свидетельства, что космический объект М87* является сверхмассивной чёрной дырой.

В следующем подразделе на модели звезды со световым источником энергии мы определим основные характеристики массивных звёзд минимальных размеров обладающих Эддингтоновской светимостью. Это позволит нам понять, способна ли гипотеза о световом источнике энергии звёзд дать естественное объяснение энергетике сверхмощных маяков Вселенной – квазаров.

8.6. Определение основных характеристик звёзд Эддингтоновской светимости на модели звезды со световым источником её энергии

Мощность светового источника энергии звезды заданной массы в основном определяется её размерами. Чем меньше радиус звезды, тем больше, согласно зависимости (8.21), мощность её светового источника энергии и тем меньшая доля, генерируемой в звезде энергии, согласно зависимости (8.48), расходуется на её возрастные изменения. Это означает, что чем меньше радиус звезды, тем больше мощность её излучения. Мощность излучения звезды, не приводящая к значимой потере её массы, ограничена пределом Эддингтона. Эддингтоновская светимость звезды определяется условием равновесия на поверхности звезды сил тяготения и давления электромагнитного излучения, действующих на водородную плазму. Если мощность излучения звезды превосходит предел Эддингтона, то происходит интенсивное истечение вещества с поверхности звезды, что приводит к значимой потере её массы.

Эддингтоновская светимость звезды определяется следующим выражением [68]:

$$L_{\mathrm{Edd}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot G \cdot M_{\mathrm{s}} \cdot m_{\mathrm{p}} \cdot c}{\sigma_{\mathrm{Te}}}, \tag{8.136}$$

где σ_{Te} – томсоновское сечение рассеяния фотона на электроне.

Томсоновское сечение рассеяния фотона на электроне определяется следующей зависимостью [69]:

$$\sigma_{Te} = \frac{8 \cdot \pi}{3} \cdot \left(\frac{q_{\mathrm{e}}^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot m_{\mathrm{e}} \cdot c^2} \right)^2. \tag{8.137}$$

Для звёзд с Эддингтоновской светимостью отношение их мощности излучения к массе является инвариантом, определяемым исключительно посредством фундаментальных физических постоянных, текущее значение которого равно:

$$\text{И}_{\text{Edd}} = \frac{L_{\text{Edd}}}{M_{\text{s}}} = \frac{24 \cdot \pi^2 \cdot \varepsilon_0^2 \cdot G \cdot m_{\text{e}}^2 \cdot m_{\text{p}} \cdot c^5}{q_{\text{e}}^4} \approx 6{,}318 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{кг}}\right], \quad (8.138)$$

где $И_{\text{Edd}}$ – удельная мощность излучения звёзд с Эддингтоновской светимостью.

Возрастной закон изменения удельной мощности излучения звёзд с Эддингтоновской светимостью, полученный исходя из возрастных законов фундаментальных физических постоянных, представленных в выражении (8.138), в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$И_{\text{Edd}} = И_{\text{Edd}_0} \cdot \frac{\left(1 + \frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}\right)^2}{2^{\delta я}}. \quad (8.139)$$

Возрастной закон изменения Эддингтоновской светимости звезды в системе АСЯ определяется следующим выражением:

$$L_{\text{Edd}} = L_{\text{Edd}_0} \cdot 2^{\delta я} \cdot \left(1 + \frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}\right)^2. \quad (8.140)$$

Для звёзд с Эддингтоновской светимостью расходы энергии на их возрастные изменения крайне малы по отношению к энергии, генерируемой их световым источником. Это справедливо даже для сверхмассивных звёзд, что позволяет определение мощности излучения звёзд с Эддингтоновской светимостью на модели звезды со световым источником её энергии производить с использованием зависимости (8.21):

$$L_{\text{Edd}} = И_{\text{Edd}} \cdot M_{\text{s}} = И \cdot \frac{(1 - \beta) \cdot M_s^3}{R_s^4}. \quad (8.141)$$

Зависимость (8.141) важна тем, что позволяет определить радиус звёзды с Эддингтоновской светимостью в зависимости от её массы. Заметим, что для звёзд, излучение которых не приводит к значимой потере их массы, а только рассмотрением таких звёзд мы ограничиваемся в данном разделе, радиус звезды Эддингтоновской светимости выступает как минимально возможный для всех звёзд той же массы. Естественно, что для всех звезд заданной массы звезда с минимальным радиусом будет иметь максимальные значения плотности, давления и температуры.

Исходя из выражения (8.141), получаем зависимость минимального радиуса звезды от её массы:

$$R_{\min} = \sqrt[4]{\frac{И \cdot (1-\beta) \cdot M_s^2}{И_{\text{Edd}}}}. \tag{8.142}$$

Возрастной закон изменения радиуса звезды Эддингтоновской светимости в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$R_{\min} = \sqrt[4]{\frac{И \cdot (1-\beta) \cdot M_s^2}{И_{\text{Edd}}}} = R_{\min_0} \cdot \sqrt[8]{\frac{2^{7 \cdot \delta я} \cdot (1-\beta)^2}{\left(1+\frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}\right)^4 \cdot (1-\beta_0)^2}}. \tag{8.143}$$

Графические изображения зависимостей мощности излучения, удельной мощности излучения и радиуса звёзд Эддингтоновской светимости от их массы представлены на рисунке 8.45. В качестве единиц измерения массы, радиуса, мощности и удельной мощности были приняты масса Солнца, радиус Солнца, мощность излучения Солнца и удельная мощность излучения Солнца соответственно.

Текущая удельная мощность излучения звёзд Эддингтоновской светимости более чем в тридцать две тысячи пятьсот семьдесят раз больше текущей удельной мощности излучения Солнца.

Заметим, что если бы текущий радиус звезды Стрелец A* был равен примерно одной тысячи восьмидесяти текущим радиусам Солнца, что примерно в семь целых и четыре десятых раза меньше текущего её радиуса, то светимость звезды достигла бы предела Эддингтона. В этом случае мощность излучения звезды Стрелец A* примерно в сто сорок миллиардов раз превысила бы мощность излучения Солнца, её абсолютная звёздная величина была бы равной $M_{\text{SrgA}^*} \approx -23{,}2^{\text{m}}$, а видимая звёздная величина достигла бы $m_{\text{SrgA}^*} \approx -8{,}6^{\text{m}}$. На ночном небе Земли звезда Стрелец A* была бы самым ярким объектом после Луны.

Для сверхмассивных звёзд Эддингтоновской светимости, для которых доля газового давления в полном давлении звезды становится незначительной,

изменение радиуса звезды происходит пропорционально корню квадратному из массы звезды.

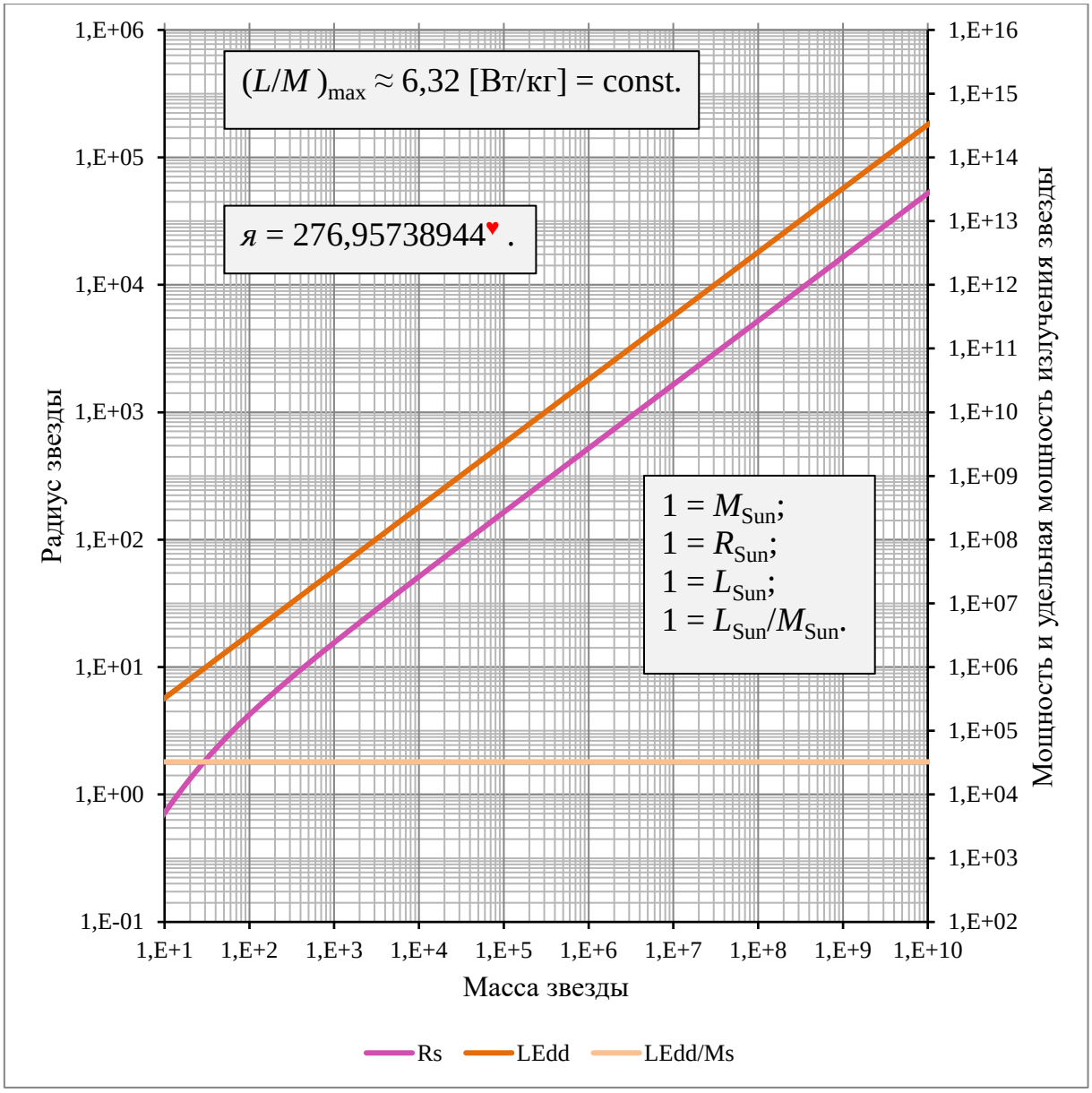


Рис. 8.45. Зависимости мощности излучения, удельной мощности излучения и радиуса звёзд Эддингтоновской светимости от их масс.

Давление в центре звезды Эддингтоновской светимости в соответствии с зависимостью (8.60), где в качестве единицы измерения принято давление в центре Солнца, определяется следующим выражением:

$$\bar{P}_{c\max} = \frac{\bar{M}_s^{\,2}}{\bar{R}_{\min}^4} = \frac{И_{\text{Edd}}}{И\cdot(1-\beta)} \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^4}{M_{\text{Sun}}^2} \left[P_{c_{\text{Sun}}}\right] = \frac{C_{\bar{P}_{c\max}}}{(1-\beta)} \left[P_{c_{\text{Sun}}}\right], \qquad (8.144)$$

где $C_{\bar{P}_{c\max}}$ – безразмерный коэффициент, значение которого не зависит от массы звезды Эддингтоновской светимости.

Текущее значение безразмерного коэффициента $C_{\bar{P}_{c\max}}$ равно:

$$C_{\bar{P}_{c\max_0}} = \frac{И_{\mathrm{Edd}_0}}{И_0} \cdot \frac{R_{\mathrm{Sun}_0}^4}{M_{\mathrm{Sun}_0}^2} \approx 13{,}467, \quad (8.145)$$

где индекс “0” используется для обозначения текущих значений параметров.

Возрастной закон изменения давления в центре звезды Эддингтоновской светимости в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$P_{c\max} = p_c \cdot \frac{G \cdot M_s^2}{4 \cdot \pi \cdot R_{\mathrm{s}\min}^4} = p_c \cdot \frac{G \cdot И_{\mathrm{Edd}}}{4 \cdot \pi \cdot И \cdot (1-\beta)} = P_{c\max_0} \cdot \frac{\left(1+\frac{\delta я}{я_{ю_0}}\right)^2}{\sqrt{2^{\delta я}}} \cdot \frac{(1-\beta_0)}{(1-\beta)}. \quad (8.146)$$

Плотность в центре звезды Эддингтоновской светимости в соответствии с зависимостью (8.61), где в качестве единицы измерения принята плотность в центре Солнца, определяется следующим выражением:

$$\bar{\rho}_{\mathrm{c}\max} = \frac{\bar{M}_s}{\bar{R}_{\min}^3} = C_{\bar{\rho}_{\mathrm{c}\max}} \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{(1-\beta)^3 \cdot M_s^2}} \left[\rho_{\mathrm{c}_{\mathrm{Sun}}}\right], \quad (8.147)$$

где $C_{\bar{\rho}_{\mathrm{c}\max}}$ – размерный коэффициент, значение которого не зависит от массы звезды Эддингтоновской светимости.

Текущее значение размерного коэффициента $C_{\bar{\rho}_{\mathrm{c}\max}}$ равно:

$$C_{\bar{\rho}_{\mathrm{c}\max}} = \sqrt[4]{\frac{И_{\mathrm{Edd}_0}^3}{И_0^3}} \cdot \frac{R_{\mathrm{Sun}_0}^4}{M_{\mathrm{Sun}_0}} \approx 9{,}917 \cdot 10^{15} \left[\sqrt{\mathrm{кг}}\right]. \quad (8.148)$$

Возрастной закон изменения плотности в центре звезды Эддингтоновской светимости в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$\rho_{\mathrm{c}\max} = \rho_{\mathrm{c}\max_0} \cdot \frac{\sqrt{\left(1+\frac{\delta я}{я_{ю_0}}\right)^3}}{\sqrt[8]{2^{5 \cdot \delta я}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{(1-\beta_0)^3}{(1-\beta)^3}}. \quad (8.149)$$

Температура в центре звезды Эддингтоновской светимости в соответствии с зависимостью (8.62), где в качестве единицы измерения принята температура в центре Солнца, определяется следующим выражением:

$$\bar{T}_{\mathrm{c}_{\max}} = \frac{\beta \cdot \bar{M}_s}{\beta_{\mathrm{Sun}} \cdot \bar{R}_{\min}} = \frac{\beta}{\sqrt[4]{1-\beta}} \cdot \sqrt[4]{\frac{И_{\mathrm{Edd}} \cdot M_s^2}{И}} \cdot \frac{R_{\mathrm{Sun}}}{\beta_{\mathrm{Sun}} \cdot M_{\mathrm{Sun}}} \left[T_{c_{Sun}}\right]. \quad (8.150)$$

Выражение (8.150) можно упростить. Для этого определим отношение $\frac{\beta}{\sqrt[4]{1-\beta}}$, используя зависимость (8.43):

$$\frac{\beta}{\sqrt[4]{1-\beta}} = \sqrt{\frac{C_\beta}{M_{\mathrm{s}}}}, \quad (8.151)$$

где C_β – размерный коэффициент, значение которого не зависит от массы звезды.

Текущее значение размерного коэффициента C_β, в соответствии с зависимостью (8.43), равно:

$$C_{\beta_0} = \frac{\mu_1 \cdot \sqrt{\frac{5}{\pi}} \cdot \frac{12}{\pi} \cdot M_{*_0}}{\mu_s^2} \approx 9{,}78 \cdot 10^{31} \text{ [кг]}. \quad (8.152)$$

Осуществив подстановку (8.151) в (8.150), получим:

$$\bar{T}_{\mathrm{c}_{\max}} = \sqrt[4]{\frac{И_{\mathrm{Edd}} \cdot C_\beta^2}{И}} \cdot \frac{R_{\mathrm{Sun}}}{\beta_{\mathrm{Sun}} \cdot M_{\mathrm{Sun}}} \left[T_{c_{\mathrm{Sun}}}\right] = C_{\bar{T}_{\mathrm{c}_{\max}}} \left[T_{c_{\mathrm{Sun}}}\right] = \mathrm{const}, \quad (8.153)$$

где $C_{\bar{T}_{\mathrm{c}_{\max}}}$ – безразмерный коэффициент, не зависящий от массы звезды.

Текущее значение безразмерного коэффициента $C_{\bar{T}_{\mathrm{c}_{\max}}}$ равно:

$$C_{\bar{T}_{\mathrm{c}_{\max_0}}} = \sqrt[4]{\frac{И_{\mathrm{Edd}_0} \cdot C_{\beta_0}^2}{И_0}} \cdot \frac{R_{\mathrm{Sun}_0}}{\beta_{\mathrm{Sun}_0} \cdot M_{\mathrm{Sun}_0}} \approx 13{,}4. \quad (8.154)$$

Возрастной закон изменения температуры в центре звезды Эддингтоновской светимости в системе АСЯ определяется следующей зависимостью:

$$T_{\mathrm{c}_{\max}} = T_{\mathrm{c}_{\max_0}} \cdot \frac{\beta}{\beta_0} \cdot \sqrt[8]{2^{\delta я}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\delta я}{я_{\mathrm{ю}_0}}}. \quad (8.155)$$

Графические изображения зависимостей температуры, давления и плотности в центре звёзд Эддингтоновской светимости от их массы представлены на рисунке 8.46. В качестве единиц измерения массы, температуры, давления и плотности были приняты масса Солнца, температура, давление и плотность в центре Солнца соответственно.

Текущая температура в центре звезд Эддингтоновской светимости является инвариантом. Она не зависит от массы звезды и в настоящее время примерно в тринадцать целых и четыре десятых раза превышает температуру в центре Солнца, что эквивалентно примерно ста шестидесяти миллионам градусам Кельвина.

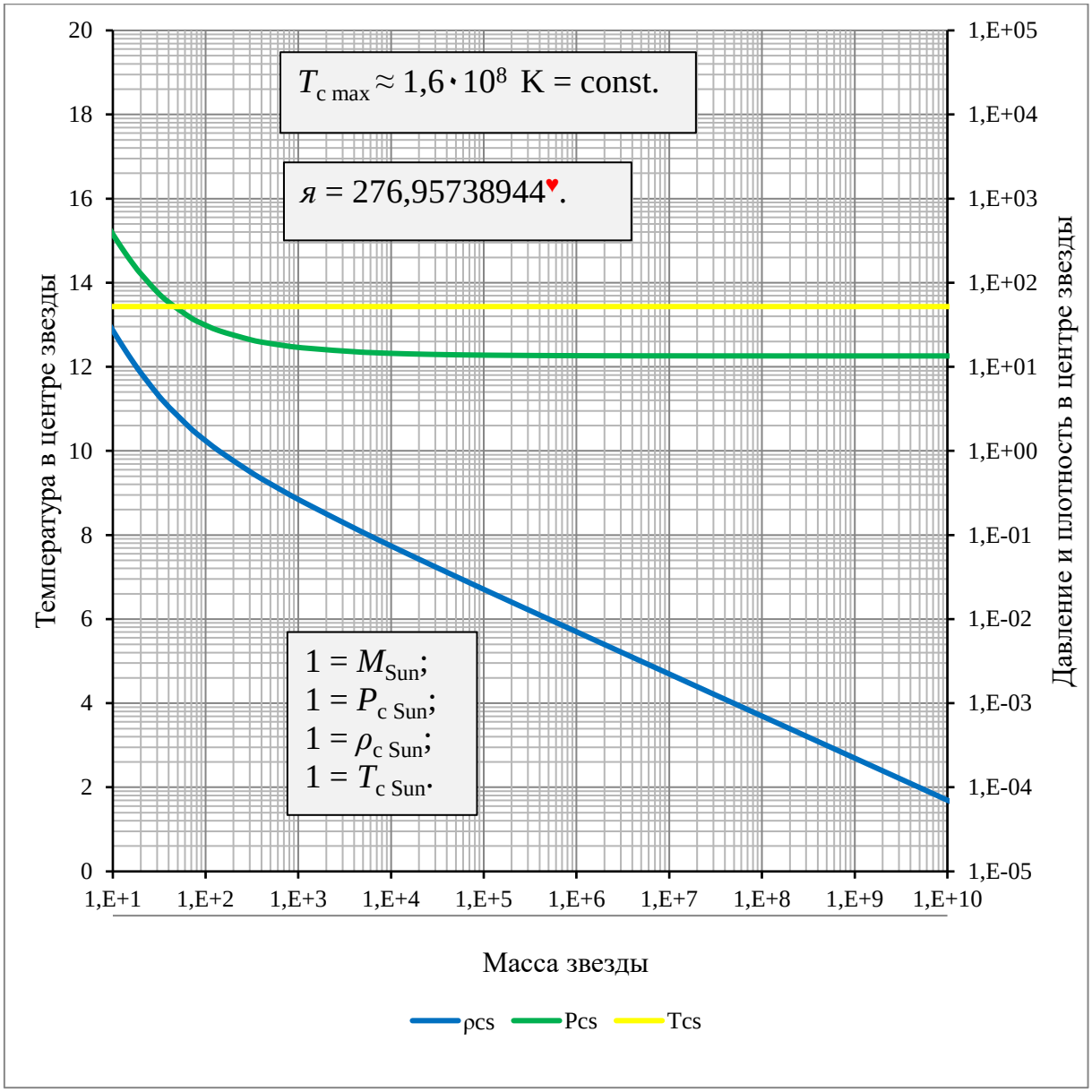


Рис. 8.46. Зависимости температуры, давления и плотности в центре звёзд Эддингтоновской светимости от их масс.

Текущее давление в центре звезд Эддингтоновской светимости изменяется обратно пропорционально доле давления излучения в полном давлении звезды. Для сверхмассивных звёзд, в которых доля давления излучения

незначительно отличается от полного давления, изменение давления в центре звёзд Эддингтоновской светимости незначительно и с ростом массы звезды стремится к предельному значению, которое примерно в тринадцать целых и четыреста шестьдесят семь тысячных раза превосходит давление в центре Солнца.

Графические изображения возрастных законов изменения массы, радиуса, мощности излучения и удельной мощности излучения сверхмассивной звёзды Эддингтоновской светимости представлены на рисунке 8.47.

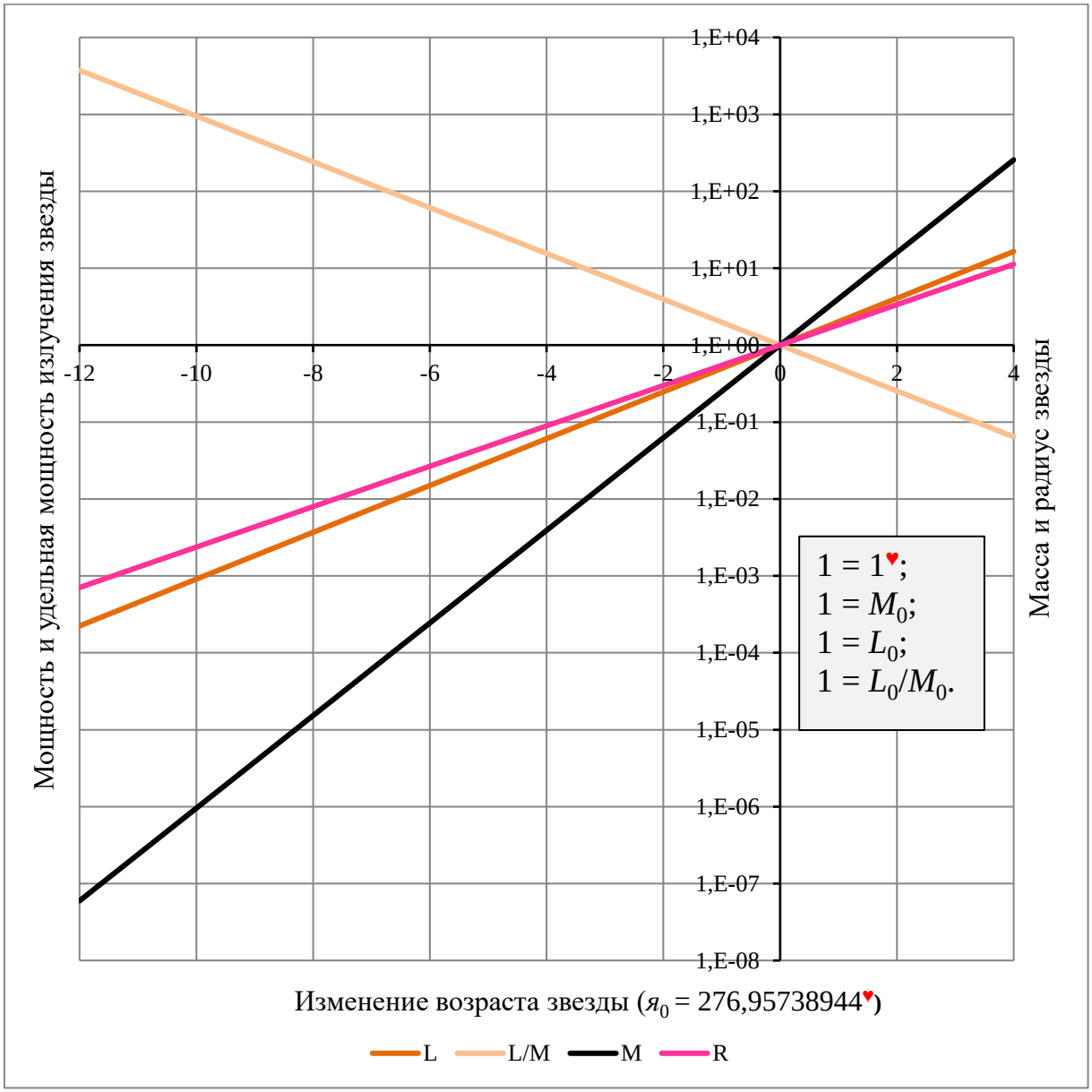


Рис. 8.47. Возрастные законы изменения в системе АСЯ массы, радиуса, мощности излучения и удельной мощности излучения сверхмассивной звёзды Эддингтоновской светимости.

Графические изображения возрастных законов изменения давления, плотности и температуры в центре сверхмассивной звёзды Эддингтоновской светимости представлены на рисунке 8.48.

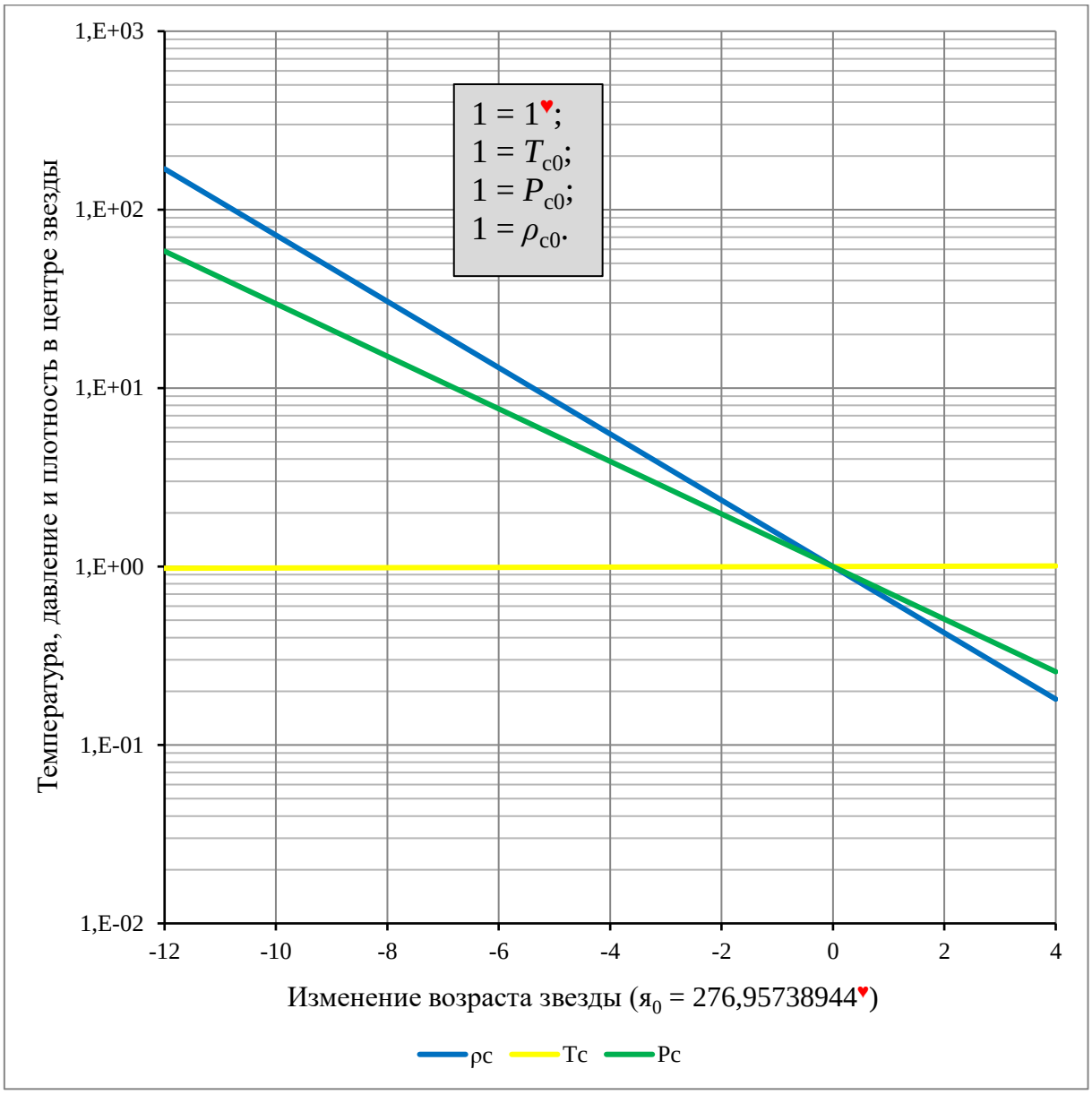


Рис. 8.48. Возрастные законы изменения давления, плотности и температуры в центре сверхмассивной звёзды Эддингтоновской светимости.

Расчёты возрастных законов изменения, представленных на рисунках 8.47 и 8.48, произведены в системе измерения АСЯ.

Заметим, что для сверхмассивной звезды Эддингтоновской светимости возрастной закон изменения доли газового давления в полном давлении звезды определяется зависимостью (8.107). Осуществив подстановку (8.107)

в (8.155), получим, что для сверхмассивной звезды возрастной закон изменения температуры в центре звезды Эддингтоновской светимости примет следующий вид:

$$T_{c_{max}} = T_{c_{max_0}} \cdot \frac{\beta_0}{\sqrt[8]{2^{\delta я}} \cdot \beta_0} \cdot \sqrt[8]{2^{\delta я}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\delta я}{я_{ю_0}}} = T_{c_{max_0}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\delta я}{я_{ю_0}}}. \quad (8.156)$$

Это объясняет, почему изменение температуры в центре сверхмассивной звезды Эддингтоновской светимости составляет всего лишь три процента при изменении её возраста на шестнадцать поколений.

Заметим, что при определении возрастных законов изменения в системе СИ картина качественно поменяется. Температура в центре сверхмассивной звезды Эддингтоновской светимости при изменении её возраста будет претерпевать большие изменения, чем её центральные давления и плотность. Действительно, в системе СИ возрастные законы изменения плотности, давления и температуры в центре сверхмассивной звезды Эддингтоновской светимости будут определяться зависимостями (8.157), (8.158) и (8.159) соответственно:

$$P_{c_{max}} = P_{c_{max_0}} \cdot \left(1 + \frac{\delta я}{я_{ю_0}}\right)^8. \quad (8.157)$$

$$\rho_{c_{max}} = \frac{\rho_{c_{max_0}}}{\sqrt[8]{2^{\delta я}}} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{\delta я}{я_{ю_0}}\right)^{15}}. \quad (8.158)$$

$$T_{c_{max}} = \frac{T_{c_{max_0}}}{2^{\delta я}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\delta я}{я_{ю_0}}}. \quad (8.159)$$

Возрастные законы изменения плотности, давления и температуры в центре сверхмассивной звезды Эддингтоновской светимости, расчёт которых был произведён в системе СИ, представлены на рисунке 8.49.

На рисунках 8.47, 8.48 и 8.49 возрастные законы изменения представлены за период равный шестнадцати поколениям. Нулевой отсчёт принят равным текущему возрасту Вселенной ($я_0 = 276{,}9573883$♥). Изменение возраста Вселенной рассмотрено в диапазоне $[-12♥ \leq \delta я \leq 4♥]$, что во временном представлении соответствует периоду с момента, когда время существования

Вселенной равнялось примерно одному миллиону шестисот восьмидесяти одной тысячи лет, до момента, когда время существования Вселенной превысит сто десять миллиардов лет. В качестве единиц измерения характеристик звезды использовались их текущие значения.

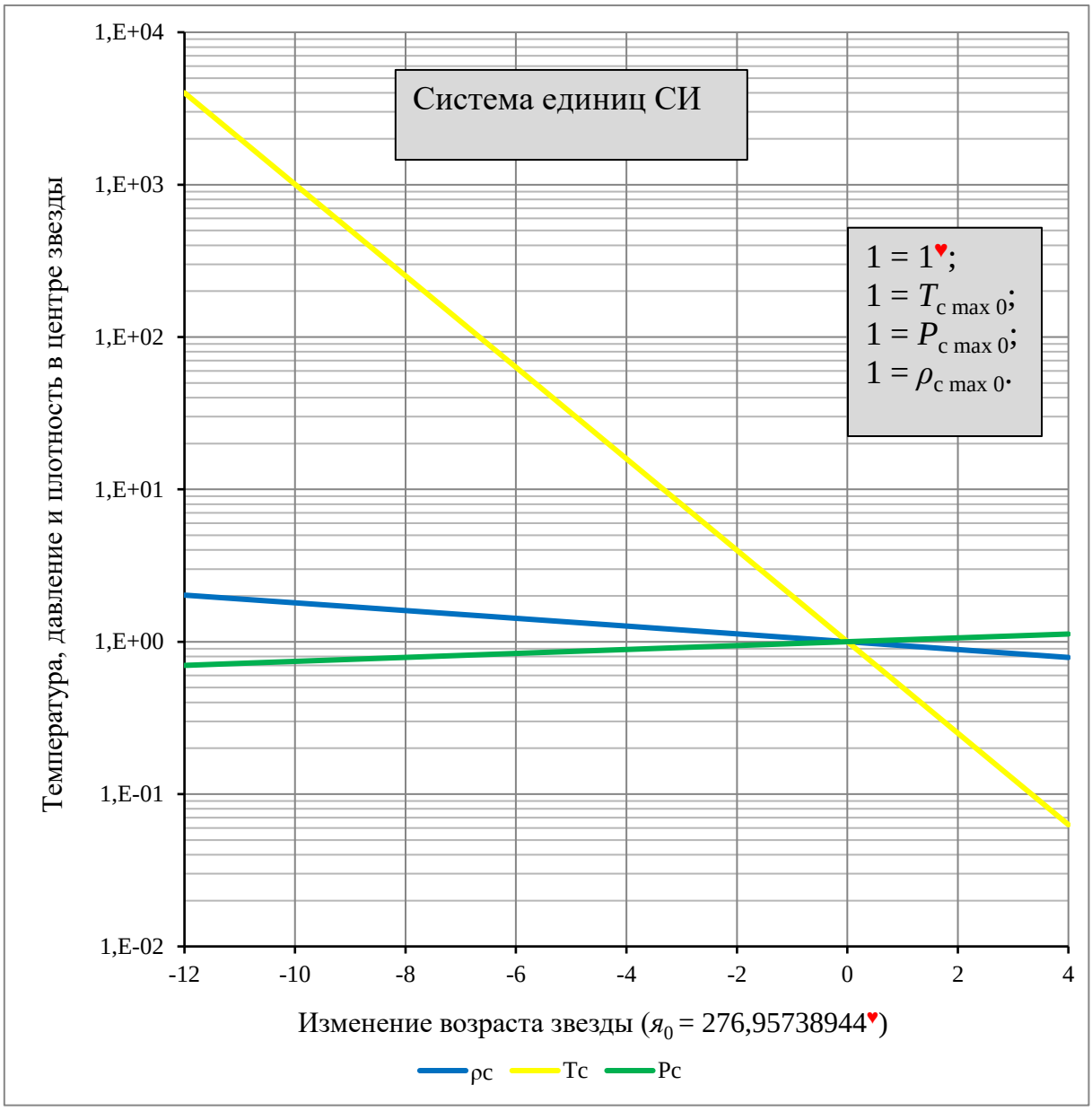


Рис. 8.49. Возрастные законы изменения давления, плотности и температуры в центре сверхмассивной звёзды Эддингтоновской светимости.

Эффективная температура поверхности звезды Эддингтоновской светимости определяется следующей зависимостью:

$$T_{\text{э}\max} = \sqrt[4]{\frac{L_{\text{Edd}}}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot R_{\min}^2}} = \sqrt[8]{\frac{И_{\text{Edd}}^3}{16 \cdot \pi^2 \cdot \sigma^2 \cdot И \cdot (1-\beta)}} = \frac{C_{\text{T}_{\text{э}\max}}}{\sqrt[8]{1-\beta}}, \quad (8.160)$$

где $C_{\text{T}_{\text{э}\max}}$ – размерный коэффициент, не зависящий от массы звезды.

Текущее значение размерного коэффициента $C_{\text{T}_{\text{э}\max}}$ равно:

$$C_{\text{T}_{\text{э}\max_0}} = \sqrt[8]{\frac{И_{\text{Edd}_0}^3}{16 \cdot \pi^2 \cdot \sigma^2 \cdot И_0}} \approx 1{,}075 \cdot 10^5 \text{ [K]}. \quad (8.161)$$

Возрастной закон изменения эффективной температуры поверхности сверхмассивной звезды Эддингтоновской светимости определяется следующей зависимостью:

$$T_{\text{э}\max} = \sqrt[8]{\frac{И_{\text{Edd}_0}^3 \cdot \frac{\left(1+\frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}\right)^6}{2^{3 \cdot \delta я}}}{16 \cdot \pi^2 \cdot \frac{\sigma_0^2}{2^{9 \cdot \delta я}} \cdot \frac{И_0}{\sqrt{2^{3 \cdot \delta я}}} \cdot (1-\beta)}} = T_{\text{э}\max_0} \cdot \sqrt[4]{\left(1+\frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}\right)^3} \cdot \sqrt[16]{2^{15 \cdot \delta я}}. \quad (8.162)$$

Гравитационное красное смещение излучения звёзд Эддингтоновской светимости определяется следующей зависимостью [70]:

$$z_{\text{G}\max} = \frac{G \cdot M_{\text{Edd}}}{c^2 \cdot R_{\min}}. \quad (8.163)$$

Возрастной закон изменения гравитационного красного смещения излучения сверхмассивных звёзд Эддингтоновской светимости имеет следующий вид:

$$z_{\text{G}\max} = \frac{\frac{G_0}{2^{\delta я}} \cdot M_{\text{Edd}_0} \cdot 2^{2 \cdot \delta я}}{c^2 \cdot R_{\min_0} \cdot \sqrt[8]{\frac{2^{7 \cdot \delta я}}{\left(1+\frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}\right)^4}}} = z_{\text{G}\max_0} \cdot \sqrt{1+\frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}} \cdot \sqrt[8]{2^{\delta я}}. \quad (8.164)$$

Графические изображения зависимостей эффективной температуры поверхности звезды, гравитационного красного смещения её излучения и радиуса, измеренного в световых часах, от массы сверхмассивных звёзд Эддингтоновской светимости представлены на рисунке 8.50.

Изменение эффективной температуры поверхности звезд Эддингтоновской светимости от их массы происходит обратно пропорционально доле давления излучения в полном давлении звезды в степени одна восьмая. Это

объясняет, почему при изменении массы звезды в диапазоне от одного миллиона до примерно тридцати миллиардов масс Солнца эффективная температура поверхности звезды остаётся практически постоянной и составляет примерно сто семь тысяч шестьсот градусов Кельвина.

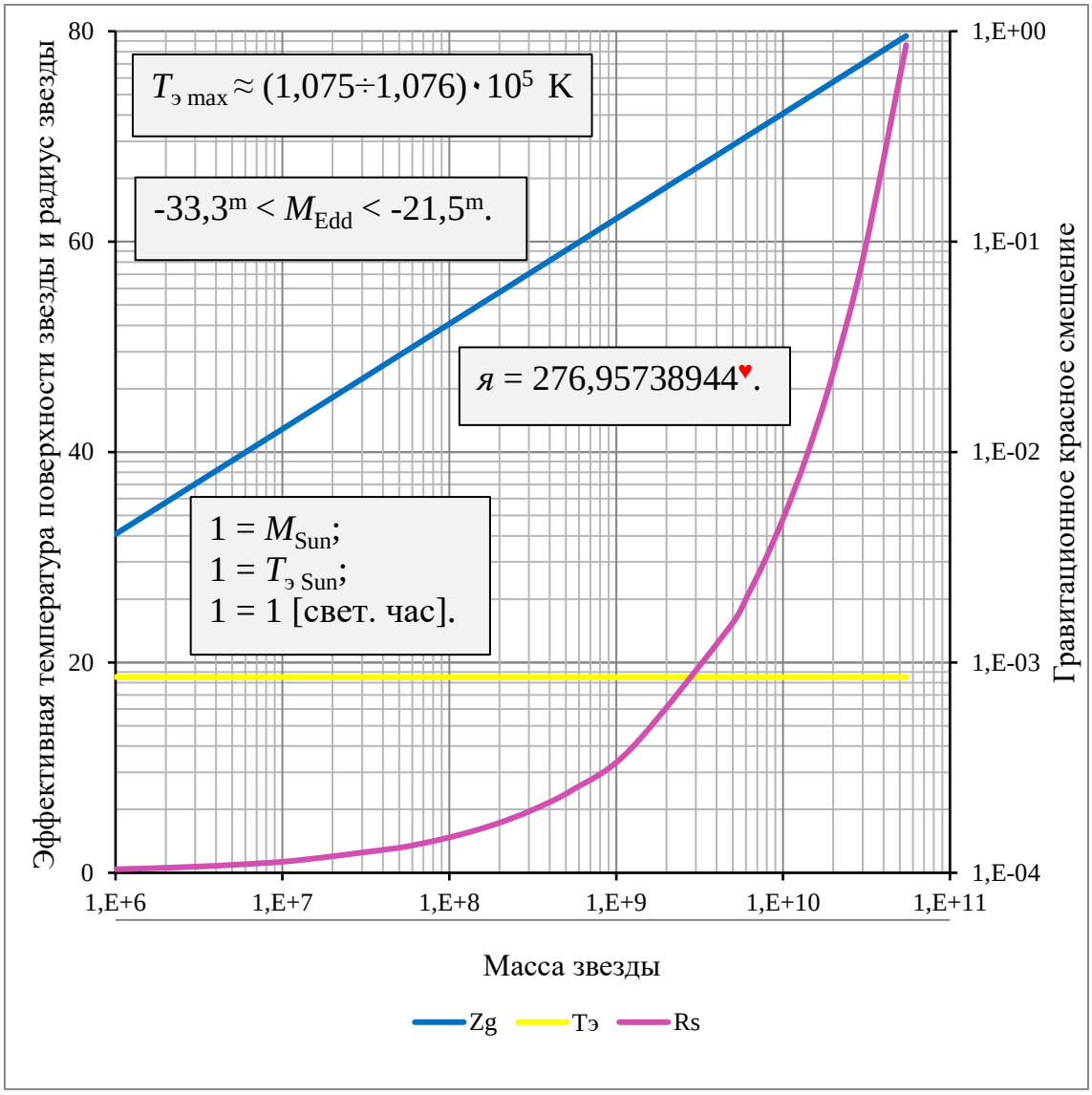


Рис. 8.50. Зависимости эффективной температуры поверхности, гравитационного красного смещения излучения и радиуса, измеренного в световых часах, от массы звезды Эддингтоновской светимости.

При этом величина гравитационного красного смещения излучения звезды возрастает в сто семьдесят пять раз, от нуля целых четырёх тысячных до нуля целых семьсот тринадцать тысячных.

Рассмотрение гипотезы о световом источнике энергии звёзд во многом обусловлено желанием получить естественное объяснение такому

удивительному астрофизическому феномену, как квазары. С момента обнаружения первых квазаров было установлено, что их электромагнитное излучение обладает большим красным смещением, а их угловые размеры были настолько малы, что их не удавалось отличить от звёзд. “Английский термин *quasar* образован от слов ***quas****i-stell****ar*** (‘похожий на звезду’) и ***r****adiosource* (‘радиоисточник’) и дословно означает ‘похожий на звезду радиоисточник’” [71]. Большая величина красного смещения квазаров (рекордсменом на 2017 год является квазар ULAS J1342+0928 с $z_{\mathrm{G_{ULAS\,J1342+0928}}} = 7{,}54$ [72]) означает, что они удалены от нас на огромные расстояния. Так, по современным оценкам свет, который в настоящее время регистрируется от квазара ULAS J1342+0928, находился в пути 13,1 миллиардов лет [73]. Современная оценка светимости квазаров, основанная на их видимых звёздных величинах и величинах красного смещения их излучения, показывает, что в среднем их мощность излучения в десятки триллионов раз превосходит мощность излучения Солнца [70]. “По современным представлениям, квазары представляют собой активные ядра галактик на начальном этапе развития, в которых сверхмассивная чёрная дыра поглощает окружающее вещество, формируя аккреционный диск. Он и является источником излучения, исключительно мощного (иногда в десятки и сотни раз превышающего суммарную мощность всех звёзд таких галактик, как наша)” [70]. Считается, что с квазаром TON 618 связана сверхмассивная чёрная дыра с рекордной на 2017 год массой равной 66 миллиардам масс Солнца. Светимость квазара в 140 триллионов раз превышает солнечную [74]. Дополнительным свидетельством ограниченных размеров квазаров служит нерегулярная переменность их блеска на временных масштабах менее суток [70].

Естественное объяснение природы квазаров, основанное на гипотезе о световом источнике энергии звёзд, состоит в том, что квазар является сверхмассивной звездой, светимость которой близка к Эддингтоновской.

Действительно, уже при массе звезды Эддингтоновской светимости равной миллиону масс Солнца её мощность излучения более чем в тридцать

миллиардов раз превосходит мощность излучения Солнца, абсолютная звёздная величина составляет $M_{Edd_{10^6}} = -21{,}5^m$, а радиус звезды равняется примерно трети светового часа. Мощность излучения такой звезды близка к нижнему пределу мощности излучения квазаров.

Звезда Эддингтоновской светимости с массой равной трёмстам семи миллионам масс Солнца будет иметь мощность излучения, которая в десять триллионов раз превысит солнечную, что в среднем соответствует мощности излучения квазаров. Абсолютная звёздная величина такой звезды будет равна $M_{Edd_{307\cdot 10^6}} = -27{,}67^m$. Радиус звезды будет близок к шести световым часам, что допускает возможность переменности её блеска на временных масштабах менее суток. Гравитационное красное смещение излучения звезды составит $z_{\mathrm{G}\max_{307\cdot 10^6}} = 0{,}071$, что указывает на необходимость его учёта при определении расстояния до звезды по величине красного смещения её излучения.

Если увеличить массу звезды Эддингтоновской светимости ещё в сто раз, её мощность излучения будет примерно в полтора раза больше, чем у самого яркого на 2017 год квазара SMSS J215728.21-360215.1 [75]. Абсолютная звёздная величина такой звезды будет равна $M_{Edd_{30{,}7\cdot 10^9}} = -32{,}67^m$, её радиус будет равен пятидесяти девяти световым часам, а гравитационное красное смещение излучения звезды достигнет $z_{\mathrm{G}\max_{30{,}7\cdot 10^9}} = 0{,}713$.

Очевидно, что гипотеза о световом источнике энергии звёзд даёт естественное объяснение существующим представлениям, как о чудовищной мощности излучения квазаров, так и об их размерах, ограничение на которые формируются переменностью блеска квазаров на временных масштабах менее суток.

Заметим, что существующие представления о мощности излучения квазаров, их массе, удалении их от Земли не получены в ходе прямых наблюдений за квазарами. Результатами прямых наблюдений за квазарами являются, прежде всего, данные измерений их видимых звёздных величин и величин красных смещений их излучения.

Данные о мощности излучения квазаров, их массе, удалении от Земли появляются в ходе оценок на моделях и зависят как от результатов прямых наблюдений за квазарами, так и от гипотез, предположений и допущений, положенных в основу используемой для оценок модели. Очевидно, что используемые в настоящее время модели не учитывают эффектов, обусловленных икратким взаимодействием, исходят из гипотез и предположений, не совместимых с икратким взаимодействием, примером, которых является гипотеза о тёмной энергии, а, также не предназначены для оценки сверхмассивных звёзд со световым источником их энергии.

Для того чтобы убедиться, что представление о квазарах, как о сверхмассивных звёздах со световым источником их энергии и светимостью близкой к пределу Эддингтона, не вступают в явное противоречие с результатами измерений, полученных в ходе наблюдений за квазарами, необходимо:

- разработать модель изменения видимой звёздной величины сверхмассивных звёзд со световым источником их энергии и светимостью близкой к пределу Эддингтона от величины красного смещения их излучения;
- выполнить ряд исследований на разработанных моделях, учитывающих эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, с целью определения видимых звёздных величин сверхмассивных звёзд со световым источником их энергии и светимостью близкой к пределу Эддингтона, расположенных на различных удалениях от Земли;
- произвести сравнительный анализ данных, полученных в ходе исследований на моделях, с результатами наблюдений за десятками тысяч, а в последнее время за сотнями тысяч квазаров, которые представлены в работах [14], [15] и [16].

8.7. Квазар – сверхмассивная звезда, с близким к минимальному размером?!

В данном подразделе мы представим модель определения видимой звёздной величины сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей светимость близкую к пределу Эддингтона, от величины красного смещения её излучения. В модели учтены изменения основных параметров звезды, а также её излучения во времени, которые обусловлены икратким взаимодействием.

С целью удобства, договоримся в этом подразделе сверхмассивную звезду со световым источником её энергии, имеющей светимость близкую к пределу Эддингтона, называть квазаром.

Договоримся все расчёты и преобразования в этом подразделе, кроме специально оговорённых случаев, производить в системе измерения АСЯ.

Учитывая большие удаления квазаров от Земли, можно принять допущение, что относительное удаление квазара от земного наблюдателя является временным инвариантом:

$$\bar{r}_{\mathrm{q}} = \frac{r_{\mathrm{q}_t}}{R_t} = \mathrm{const}, \tag{8.165}$$

где $\bar{r}_{\mathrm{q}}$ – относительное удаление квазара от Земли; r_{q_t} – удаление квазара от Земли в момент времени t; R_t – радиус луча (Метагалактики) в момент времени t.

Для того чтобы излучение от квазара, расположенного на относительном удалении $\bar{r}_q$ от Земли, достигло земного наблюдателя потребуется $\delta я$ поколений. В соответствии с (7.4.17), значение $\delta я$ равно:

$$\delta я = -2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \log_2\left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right). \tag{8.166}$$

Это означает, что квазар с текущей массой M_{q_0} в момент излучения, принимаемого в настоящее время на Земле, в соответствии с возрастным законом изменения массы звезды, имел массу равную:

$$M_{\mathrm{q}_{\delta я}} = 2^{-2 \cdot \delta я} \cdot M_{\mathrm{q}_0} = \left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{4 \cdot (\text{ю}-1)} \cdot M_{\mathrm{q}_0}. \tag{8.167}$$

Полагая, что возрастной закон изменения радиуса квазара совпадает с возрастным законом изменения минимального радиуса сверхмассивной звезды, квазар, с текущим радиусом R_{q_0} в момент излучения, принимаемого в настоящее время на Земле, имел радиус равный:

$$R_{\mathrm{q}_{\delta я}} = \sqrt[8]{\frac{2^{-7\cdot \delta я}}{\left(1-\frac{\delta я}{я_{\text{ю}}}\right)^4}}\cdot R_{\mathrm{q}_0} = \sqrt[4]{\frac{\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{7\cdot(\text{ю}-1)}}{\left(1-\frac{\delta я}{я_{\text{ю}}}\right)^2}}\cdot R_{\mathrm{q}_0}. \tag{8.168}$$

Гравитационная постоянная в соответствии с возрастным законом её изменения в момент излучения квазара, принимаемого в настоящее время на Земле, равна:

$$G_{\delta я} = 2^{\delta я}\cdot G_0 = \frac{G_0}{\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{2\cdot(\text{ю}-1)}}, \tag{8.169}$$

где G_0 – текущее значение гравитационной постоянной.

Гравитационное красное смещения излучения, которое в настоящее время принимается от квазара на Земле, равно:

$$z_{G_{q_{\delta я}}} = \frac{G_{\delta я}\cdot M_{\mathrm{q}_{\delta я}}}{c^2\cdot R_{\mathrm{q}_{\delta я}}} = \sqrt[4]{\left(1-\frac{\delta я}{я_{\text{ю}}}\right)^2\cdot\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{(\text{ю}-1)}}\cdot z_{G_{\mathrm{q}_0}}, \tag{8.170}$$

где $z_{G_{\mathrm{q}_0}}$ – текущее гравитационное красное смещения излучения квазара.

Красное смещение излучения квазара, расположенного на относительном удалении $\bar{r}_{\mathrm{q}}$ от Земли, определяется следующей зависимостью:

$$z_{\mathrm{q}_{\delta я}} = \left(1+z_{G_{q_{\delta я}}}\right)\cdot\left(1+z_{v_{\delta я}}\right)\cdot\left(1+z_{t_{\delta я}}\right)-1, \tag{8.171}$$

где $z_{v_{\delta я}}$ – фиолетовое смещение излучения квазара, вызванное эффектом Доплера; $z_{t_{\delta я}}$ – красное смещение излучения квазара, вызванное возрастным законом изменения числа юонов в элементарном заряде.

Согласно зависимости (7.4.7), фиолетовое смещение излучения квазара, вызванное эффектом Доплера, равно:

$$z_{v_{\delta я}} = \frac{1-\bar{r}_{\mathrm{q}}}{\sqrt{1-\bar{r}_{\mathrm{q}}^2}}-1. \tag{8.172}$$

Согласно зависимости (7.4.18), красное смещение излучения квазара, вызванное возрастным законом изменения числа юонов в элементарном заряде, равно:

$$z_{t_{\delta я}} = \frac{1}{\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{2\cdot(\text{ю}-1)}} - 1. \tag{8.173}$$

Подставляя (8.170), (8.172) и (8.173) в (8.171), получаем, что величина красного смещения излучения квазара, расположенного на относительном удалении $\bar{r}_{\mathrm{q}}$ от Земли, равна:

$$z_{\mathrm{q}_{\delta я}} = \frac{1 + \sqrt[4]{\left(1 + \frac{2\cdot(\text{ю}-1)\cdot\log_2\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)}{я_{\text{ю}}}\right)^2 \cdot \left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{(\text{ю}-1)}} \cdot z_{G_{\mathrm{q}_0}}}{\sqrt{1-\bar{r}_{\mathrm{q}}^2}\cdot\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{2\cdot\text{ю}-3}} - 1. \tag{8.174}$$

Для квазаров, масса которых в миллиарды раз превосходит массу Солнца, и радиус которых превосходит минимальный радиус для звёзд той же массы, при определении мощности их излучения возникает необходимость учитывать долю энергии, расходуемую на возрастные изменения квазара. В соответствии с зависимостью (8.96), доля мощности светового источника энергии квазара, расходуемая на его возрастные изменения, определяемая исходя из максимального значения радиуса звезды той же массы, равна:

$$\bar{L}_{я_q} = \left(\frac{R_{\mathrm{q}}}{R_{\mathrm{q}\max}}\right)^3. \tag{8.175}$$

Исходя из возрастных законов изменения максимального и минимального радиуса звёзды, определяемых зависимостями (8.97) и (8.143) соответственно, а также учитывая, что для сверхмассивных квазаров, величина красного смещения излучения которых не превосходит десяти, значение выражения $\frac{(1-\beta)^2}{\left(1+\frac{\delta я}{я_{\text{ю}_0}}\right)^4\cdot(1-\beta_0)^2}$, входящего в зависимость (8.143), может быть принято равным единице, получаем возрастной закон изменения отношения максимального радиуса квазара к его минимальному радиусу:

$$\frac{R_{\text{q}_{\max}}}{R_{\text{q}_{\min}}}=\frac{R_{\text{q}_{\max_0}}}{R_{\text{q}_{\min_0}}}\cdot\frac{\sqrt[6]{2^{5\cdot\delta\text{я}}}}{\sqrt[8]{\dfrac{2^{7\cdot\delta\text{я}}\cdot(1-\beta)^2}{\left(1+\dfrac{\delta\text{я}}{\text{я}_{\text{ю}_0}}\right)^4\cdot(1-\beta_0)^2}}}\approx\frac{R_{\text{q}_{\max_0}}}{R_{\text{q}_{\min_0}}}\cdot\frac{1}{\sqrt[12]{\left(1-\bar{r}_{\text{q}}\right)^{\text{ю}-1}}}. \quad (8.176)$$

Текущее значение отношения максимального радиуса квазара к его минимальному радиусу определяется текущим значением массы квазара:

$$\frac{R_{\text{q}_{\max_0}}}{R_{\text{q}_{\min_0}}}=\frac{\bar{R}_{\text{q}_{\max_0}}}{\bar{R}_{\text{q}_{\min_0}}}=\frac{k_{\bar{R}_{\max_0}}\cdot\sqrt[3]{\bar{M}_{\text{q}_0}}}{k_{\bar{R}_{\min_0}}\cdot\sqrt{\bar{M}_{\text{q}_0}}}=\frac{k_{\bar{R}_{\max/\min_0}}}{\sqrt[6]{\bar{M}_{\text{q}_0}}}, \quad (8.177)$$

где $\bar{M}_{\text{q}_0}$ – текущее значение массы квазара, измеренной в текущих значениях массы Солнца; $k_{\bar{R}_{\max_0}}$ – коэффициент, текущее значение которого определено ранее в (8.99); $k_{\bar{R}_{\min_0}}$ и $k_{\bar{R}_{\max/\min_0}}$ – коэффициенты, текущие значения которых определены выражениями (8.178) и (8.179) соответственно.

$$k_{\bar{R}_{\min_0}}=\frac{\sqrt{M_{\text{Sun}_0}}}{R_{\text{Sun}_0}}\cdot\sqrt[4]{\frac{И_0}{И_{\text{Edd}_0}}}\approx 0{,}522\ \left[\frac{R_{\text{Sun}}}{\sqrt{M_{\text{Sun}}}}\right]. \quad (8.178)$$

$$k_{\bar{R}_{\max/\min_0}}=\frac{k_{\bar{R}_{\max_0}}}{k_{\bar{R}_{\min_0}}}\approx 94{,}21\ \left[\sqrt[6]{M_{\text{Sun}}}\right]. \quad (8.179)$$

Естественно предположить, что возрастной закон изменения радиуса квазара, как правило, совпадает с возрастным законом изменения его минимального радиуса. Исходя из данного предположения и основываясь на зависимостях (8.175)÷(8.177), получим возрастной закон изменения доли мощности светового источника энергии квазара, расходуемой на его возрастные преобразования:

$$\bar{L}_{\text{я}_q}=\left(\frac{R_{\text{q}}}{R_{\text{q}_{\max}}}\right)^3=\left(\frac{k_{\text{R}}\cdot R_{\text{q}_{\min}}}{R_{\text{q}_{\max}}}\right)^3=\frac{k_R^3\cdot\sqrt{\bar{M}_{\text{q}_0}}}{k^3_{\bar{R}_{\max/\min_0}}}\cdot\sqrt[4]{\left(1-\bar{r}_{\text{q}}\right)^{\text{ю}-1}}=\bar{L}_{\text{я}_{q_0}}\cdot\sqrt[4]{\left(1-\bar{r}_{\text{q}}\right)^{\text{ю}-1}}, \quad (8.180)$$

где k_{R} – отношение радиуса квазара к его минимальному радиусу, $\bar{L}_{\text{я}_{q_0}}$ – текущее значение доли мощности светового источника энергии квазара, расходуемой на его возрастные изменения.

Для квазара, текущее значение массы которого, измеренное в текущих значениях массы Солнца, составляет $\bar{M}_{\mathrm{q}_0}$, и радиус которого в k_{R} раз превышает его минимальный радиус, текущее значение доли мощности светового источника его энергии, расходуемой на возрастные изменения, будет равно:

$$\bar{L}_{\text{я}q_0} = \frac{k_R^3 \cdot \sqrt{\bar{M}_{\mathrm{q}_0}}}{k^3_{\bar{R}_{\max/\min_0}}}. \tag{8.181}$$

Звёздная постоянная в соответствии с возрастным законом её изменения, определяемым выражением (8.30), в момент излучения квазара, принимаемого в настоящее время на Земле, равна:

$$И_{\delta\text{я}} = \sqrt{2^{3\cdot\delta\text{я}}} \cdot И_0 = \frac{\text{И}_0}{\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{3\cdot(\text{ю}-1)}}, \tag{8.182}$$

где $И_0$ – текущее значение звёздной постоянной.

Мощность излучения квазара в момент его излучения, принимаемого в настоящее время на Земле, равна:

$$L_{\mathrm{q}_{\delta\text{я}}} = \left(1-\bar{L}_{\text{я}q}\right)\cdot И_{\delta\text{я}} \cdot \frac{M^3_{\mathrm{q}_{\delta\text{я}}}}{R^4_{\mathrm{q}_{\delta\text{я}}}} \approx \left(1-\bar{L}_{\text{я}q_0}\cdot\sqrt[4]{\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{\text{ю}-1}}\right)\cdot\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{2\cdot(\text{ю}-1)}\cdot L_{\mathrm{q}_0}, \tag{8.183}$$

где L_{q_0} – текущее значение мощности светового источника энергии квазара.

Текущее значение мощности светового источника энергии квазара, измеренное в текущих значениях мощности излучения Солнца, равно:

$$\bar{L}_{\mathrm{q}_0} = \frac{\bar{M}^3_{\mathrm{q}_0}}{\bar{R}^4_{\mathrm{q}_0}} \cdot \frac{1-\beta_{\mathrm{q}_0}}{1-\beta_{\mathrm{Sun}_0}} \approx \frac{\bar{M}^3_{\mathrm{q}_0}}{\bar{R}^4_{\mathrm{q}_0}\cdot\left(1-\beta_{\mathrm{Sun}_0}\right)}, \tag{8.184}$$

где $\bar{M}_{\mathrm{q}_0}$ и $\bar{R}_{\mathrm{q}_0}$ – текущие значения массы и радиуса квазара, измеренные в текущих значениях массы и радиуса Солнца соответственно; β_{Sun_0} – текущее значение доли газового давления в полном давлении Солнца.

Поскольку на удалении десять парсек от Земли, на котором определяется абсолютная звёздная величина, эффекты, вызванные икратким взаимодействием, крайне малы, расчёт абсолютной звёздной величины квазара, исходя из абсолютной звёздной величины Солнца, можно произвести с использованием следующей зависимости:

$$\boldsymbol{M}_{\mathrm{q}_0} = \boldsymbol{M}_{\mathrm{Sun}_0} - 7{,}5 \cdot \log_{10} \bar{M}_{\mathrm{q}_0} + 10 \cdot \log_{10} \bar{R}_{\mathrm{q}_0} - 2{,}5 \cdot \log_{10} \left(\frac{1 - \bar{L}_{\text{я}q_0}}{1 - \beta_{\mathrm{Sun}_0}} \right), \qquad (8.185)$$

где $\boldsymbol{M}_{\mathrm{q}_0}$ и $\boldsymbol{M}_{\mathrm{Sun}_0}$ – текущие абсолютные звёздные величины квазара и Солнца соответственно.

Для обозначения абсолютной звёздной величины звезды использован жирный шрифт. Это связано с тем, чтобы отличить его от обозначения массы звезды, для которой используется та же буква, исполненная обычным шрифтом.

Расчёт видимой звёздной величины квазара, учитывающий эффект Доплера и эффекты, связанные с изменением характеристик луча под воздействием икраткого взаимодействия за период “транспортировки” им излучения от квазара до Земли, можно произвести с использованием следующей зависимости:

$$m_{\mathrm{q}} = \boldsymbol{M}_{\mathrm{q}_0} - 5 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \log_{10}\left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right) - 2{,}5 \cdot \log_{10} \left[\frac{1 - \bar{L}_{\text{я}q_0} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{\text{ю}-1}}}{1 - \bar{L}_{\text{я}q_0}} \right] +$$

$$+5 \cdot \log_{10} \left(\frac{\bar{r}_{\mathrm{q}} \cdot R}{10} \right) - 2{,}5 \cdot \log_{10} k_{D_{\bar{r}_{\mathrm{q}}}} + 2{,}5 \cdot \log_{10} \left(k_{\updownarrow_{\bar{r}_{\mathrm{q}}}} \cdot k_{v_{\text{Д}_{\bar{r}_{\mathrm{q}}}}} \right), \qquad (8.186)$$

где m_{q} – видимая звёздная величина квазара; R – текущий радиус луча (Метагалактики), измеренный в парсеках; $k_{D_{\bar{r}_{\mathrm{q}}}}$ – коэффициент, учитывающий эффект Доплера; $k_{\updownarrow_{\bar{r}_{\mathrm{q}}}}$ – коэффициент, учитывающий изменение характеристик луча под воздействием икраткого взаимодействия за период “транспортировки” им излучения от квазара до Земли; $k_{v_{\text{Д}_{\bar{r}_{\mathrm{q}}}}}$ – коэффициент, учитывающий соотношение скоростей йонов – “транспортёров” излучения относительно квазара в момент излучения и относительно приёмника излучения в момент наблюдения его на Земле, при относительном удалении квазара от Земли равном $\bar{r}_{\mathrm{q}}$.

Коэффициент, учитывающий влияние эффекта Доплера на светимость квазара, относительное удаление которого от Земли составляет $\bar{r}_{\mathrm{q}}$, равен:

$$k_{D_{\bar{r}_{\text{q}}}} = \frac{1}{\left(1 + z_{v_{\delta я}}\right)^2} = \frac{1 + \bar{r}_{\text{q}}}{1 - \bar{r}_{\text{q}}}. \quad (8.187)$$

Любой участок луча, осуществляющий транспортировку излучения квазара к Земле, за период транспортировки в результате икраткого взаимодействия удлиняется. Относительное удлинение, обусловленное точечным размножением йонов и изменением их длины, за период транспортировки составляет:

$$k_{\updownarrow_{\bar{r}_{\text{q}}}} = \frac{1}{\left(1 - \bar{r}_{\text{q}}\right)^{2 \cdot ю - 1}}. \quad (8.188)$$

Относительное удлинение участка луча, осуществляющего транспортировку излучения квазара к Земле, приводит к соответствующему относительному увеличению промежутка времени, в течение которого транспортируемое излучение прибывает на Землю. Это означает, что относительное изменение участка луча, осуществляющего транспортировку излучения квазара к Земле, обратно пропорционально относительному изменению светимости квазара на Земле.

Учитывая, что скорость йонов в лучах относительно квазара на относительном удалении $\bar{r}_{\text{q}}$ от Земли равна $(1 - \bar{r}_Z) \cdot c$, а скорость йонов в лучах на приёмнике излучения равна скорости света в вакууме, находим, что значение коэффициента, определяющего их соотношение, равно:

$$k_{v_{Д_{\bar{r}_{\text{q}}}}} = 1 - \bar{r}_Z. \quad (8.189)$$

Заметим, что значение коэффициента $k_{v_{Д_{\bar{r}_{\text{q}}}}}$ указывает также соотношение интервалов времени, необходимых, при прочих равных условиях, для приёма на Земле и для излучения на квазаре одной и той же порции электромагнитного излучения. Это означает, что относительное изменение значения коэффициента $k_{v_{Д_{\bar{r}_{\text{q}}}}}$ обратно пропорционально относительному изменению светимости квазара на Земле.

Осуществив подстановку (8.185), (8.187), (8.188) и (8.189) в (8.186), получаем, что видимая звёздная величина квазара текущей массой $\bar{M}_{\text{q}}$ масс

Солнца, текущий радиус которого составляет $\bar{R}_{\mathrm{q}}$ радиусов Солнца и удалённый от Земли на относительное расстояние $\bar{r}_{\mathrm{q}}$, равна:

$$m_{\mathrm{q}} = \boldsymbol{M}_{\mathrm{Sun_0}} - 5 + 5 \cdot \log_{10} R - 7{,}5 \cdot \log_{10} \bar{M}_{\mathrm{q_0}} + 10 \cdot \log_{10} \bar{R}_{\mathrm{q_0}} - 2{,}5 \cdot \log_{10}\left(\frac{1+\bar{r}_{\mathrm{q}}}{1-\bar{r}_{\mathrm{q}}}\right) +$$

$$+5 \cdot \log_{10} \bar{r}_{\mathrm{q}} - 2{,}5 \cdot \log_{10}\left[\frac{1-\bar{L}_{\text{я}_{\mathrm{q_0}}} \cdot \sqrt[4]{\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{\text{ю}-1}}}{1-\beta_{\mathrm{Sun_0}}}\right] - 10 \cdot (\text{ю}-1) \cdot \log_{10}\left(1-\bar{r}_{\mathrm{q}}\right). \quad (8.190)$$

Заметим, что данных о видимой звёздной величине квазара и о величине красного смещения его излучения, измеренных в ходе его наблюдений, недостаточно для однозначного определения, как его характеристик, так и удаления квазара от Земли. Дело в том, что двух уравнений (8.174) и (8.190), в общем случае, недостаточно для однозначного определения трёх входящих в эти уравнения неизвестных: $\bar{M}_{\mathrm{q_0}}$, $\bar{R}_{\mathrm{q_0}}$ и $\bar{r}_{\mathrm{q}}$. Исключением является случай, когда радиус квазара является минимальным и однозначно определяется его массой. Это означает, что видимой звёздной величине квазара и величине красного смещения его излучения, установленных в ходе его наблюдений, соответствует множество квазаров, которые отличаются друг от друга, как массой, так и радиусом, а также их удалением от Земли.

Определение данных о множествах квазаров, имеющих заданные значения видимых звёздных величин и величин красного смещения их излучения, будем производить в следующей последовательности:

- Выразим радиус квазара, измеренный в радиусах Солнца, через массу квазара, измеренную в массах Солнца, и отношение радиуса квазара к его минимальному радиусу:

$$\bar{R}_{\mathrm{q_0}} = k_R \cdot \bar{R}_{\mathrm{q_{0min}}} = k_R \cdot k_{\bar{R}_{\mathrm{min_0}}} \cdot \sqrt{\bar{M}_{\mathrm{q_0}}}. \quad (8.191)$$

- Совместным решением уравнений (8.174), (8.190) и (8.191), полагая, что $k_R = 1$, находим значения $\bar{M}_{\mathrm{q_0}}(1)$, $\bar{R}_{\mathrm{q_0}}(1)$ и $\bar{r}_{\mathrm{q}}(1)$, при которых видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения принимают заданные значения.

- Варьируя $k_{R_i} = \sqrt[16]{2} \cdot k_{R_{i-1}}$, совместным решением уравнений (8.174), (8.190) и (8.191), находим зависимости $\bar{M}_{\mathrm{q}_0}(k_R)$, $\bar{R}_{\mathrm{q}_0}(k_R)$ и $\bar{r}_{\mathrm{q}}(k_R)$, при которых видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения принимают заданные значения. Максимальное значения отношения радиуса квазара к его минимальному радиусу $\left(k_{R_{\max}}\right)$ определяется в тот момент, когда при очередном его увеличении не удаётся найти характеристики квазара, при которых видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения принимали бы заданные значения.
- Исходя из найденных зависимостей $\bar{M}_{\mathrm{q}_0}(k_R)$, $\bar{R}_{\mathrm{q}_0}(k_R)$ и $\bar{r}_{\mathrm{q}}(k_R)$, где $k_R = 1, k_{R_{\max}}$, получим зависимости $\bar{R}_{\mathrm{q}_0}\left(\bar{M}_{\mathrm{q}_0}\right)$ и $\bar{r}_{\mathrm{q}}\left(\bar{M}_{\mathrm{q}_0}\right)$, при которых видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения принимают заданные значения, где $\bar{M}_{\mathrm{q}_0} \in \left[\bar{M}_{\mathrm{q}_0}(1), \bar{M}_{\mathrm{q}_0}\left(k_{R_{\max}}\right)\right]$.

Прежде, чем преступить к рассмотрению обзорных статей, содержащих результаты наблюдений десятков тысяч, а в последнее время даже сотен тысяч квазаров, определим, какие множества квазаров будут иметь те же видимые звёздные величины и величины красного смещения их излучения, которые установлены в результате наблюдений следующих известных квазаров:

- Первый обнаруженный квазар 3C 48, видимая звёздная величина которого составляет $m_{3\mathrm{C}\,48} = 16{,}2^{\mathrm{m}}$, а величина красного смещения излучения равна $z_{3\mathrm{C}\,48} = 0{,}367$ [76];
- Самый яркий на звёздном небе Земли квазар 3C 273, видимая звёздная величина которого составляет $m_{3\mathrm{C}\,273} = 12{,}83^{\mathrm{m}}$, а величина красного смещения излучения равна $z_{3\mathrm{C}\,283} = 0{,}158339$ [77];
- Очень яркий квазар SDSS J085543.40-001517.7, видимая звёздная величина которого составляет $m_{\mathrm{J085543.40-001517.7}} = 16{,}44^{\mathrm{m}}$, а величина красного смещения излучения равна $z_{\mathrm{J085543.40-001517.7}} = 2{,}427$ [78];

- Удалённый на очень большое расстояние от Земли квазар SDSS J0100+2802, видимая звёздная величина которого составляет $m_{\mathrm{J0100+2802}} = 20{,}84^{\mathrm{m}}$, а величина красного смещения излучения равна $z_{\mathrm{J0100+2802}} = 6{,}3$ [79];
- Самый массивный на 2019 год квазар TON 618, видимая звёздная величина которого составляет $m_{\mathrm{TON\,618}} = 15{,}9^{\mathrm{m}}$, а величина красного смещения излучения равна $z_{\mathrm{TON\,618}} = 2{,}219$ [74].

Договоримся для краткости, момент времени, когда произошло излучение квазара, которое в настоящее время достигло Земли, называть моментом излучения.

Результаты исследований по определению характеристик квазаров и их удаления от Земли, видимая звёздная величина которых и величина красного смещения их излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром 3C 48, представлены на рисунках 8.51 и 8.52.

Из представленных результатов следует, что текущее удаление квазара 3C 48 от Земли находится в интервале от 679 до 742 [Мпк], его текущая масса составляет от 9 до 657 миллионов масс Солнца, а текущий радиус находится в диапазоне от 1,5 до 35 тысяч радиусов Солнца. В момент излучения удаление квазара от Земли находилось в интервале от 486 до 514 [Мпк], его масса составляла от 4,3 до 337 миллионов текущих масс Солнца, а радиус находился в диапазоне от 1,1 до 25,9 тысяч текущих радиусов Солнца.

Текущая доля мощности светового источника энергии квазара 3C 48, которая расходуется на его возрастные изменения, может находиться в широком диапазоне значений, от 0,36 %, когда текущая масса квазара равна 9 миллионам масс Солнца, до 53,5 %, когда текущая масса квазара равняется 657 миллионам масс Солнца. Величина текущего гравитационного красного смещения излучения квазара 3C 48 может составлять от 0,012 до 0,040. Текущая мощность излучения квазара 3C 48 составляет от 220 до 290 милли-ардов мощностей излучения Солнца. В момент излучения доля мощности

светового источника энергии квазара 3С 48, которая расходуется на его возрастные изменения, составляла от 0,34 % до 51,3 %.

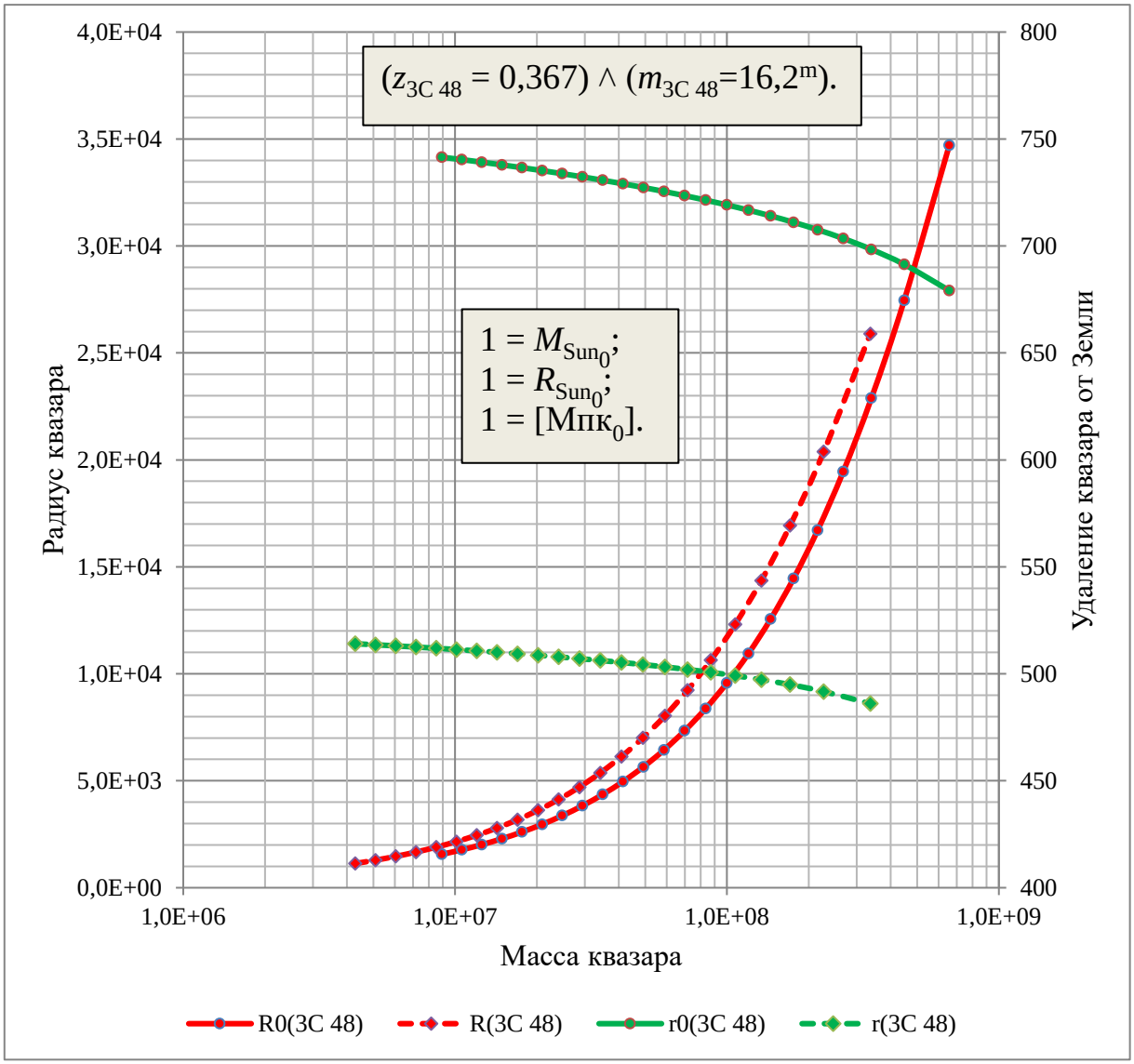


Рис. 8.51. Зависимости удаления квазара от Земли и размера его радиуса от массы квазара, определённые из условия, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром 3С 48. (удаление квазара от Земли отмечена зелёным цветом; радиус квазара – красным; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

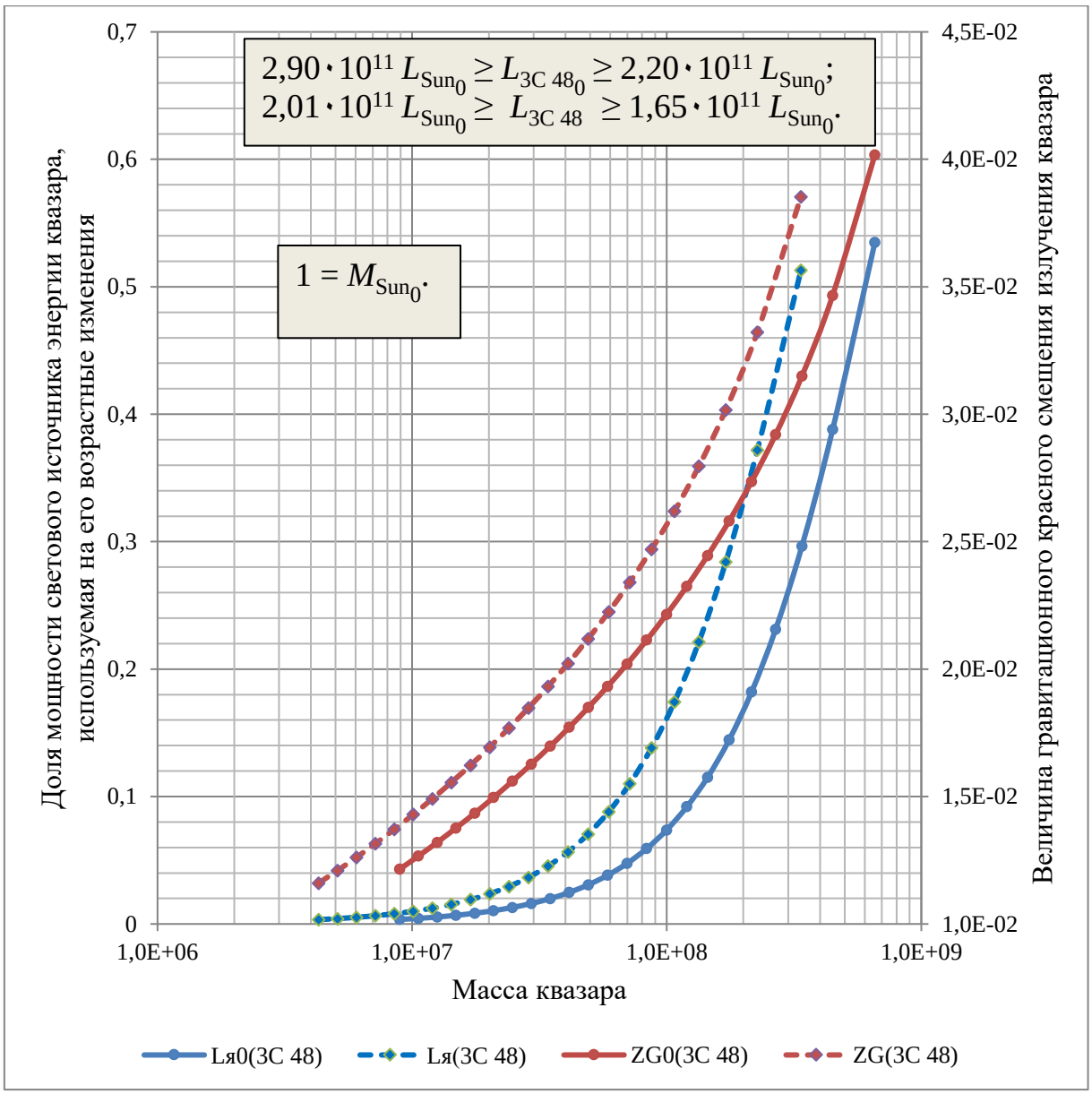


Рис. 8.52. Зависимости доли мощности светового источника энергии квазара, используемой на его возрастные изменения, и величины гравитационного красного смещения излучения квазара от его массы, определённые при условии, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром 3C 48 (доля мощности светового источника энергии квазара отмечена синим цветом; величина гравитационного красного смещения излучения квазара – коричневым; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

В этот момент величина гравитационного красного смещения излучения квазара 3С 48 находилась в диапазоне от 0,012 до 0,039. При этом мощность излучения квазара составляла от 165 до 201 миллиарда текущих мощностей излучения Солнца.

Заметим, что полученная нами оценка удаления квазара 3С 48 от Земли, учитывающая эффекты, вызванные икратким взаимодействием, существенно отличается от оценки, осуществлённой с использованием современной космологической модели, основанной на общей теории относительности. Так, согласно современным представлением, удаление квазара 3С 48 от Земли составляет три миллиарда восемьсот шестьдесят шесть миллионов световых лет, что эквивалентно 1185 [Мпк] [76]. Это более чем в полтора раза превышает полученную нами оценку максимального текущего удаления квазара 3С 48 от Земли.

Результаты исследований по определению характеристик квазаров и их удаления от Земли, видимая звёздная величина которых и величина красного смещения их излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром 3С 273, представлены на рисунках 8.53 и 8.54.

Из представленных результатов следует, что текущее удаление квазара 3С 273 от Земли находится в интервале от 248 до 320 [Мпк], его текущая масса составляет от 26 до 895 миллионов масс Солнца, а текущий радиус находится в диапазоне от 2,7 до 37 тысяч радиусов Солнца. В момент излучения удаление квазара от Земли находилось в интервале от 220 до 274 [Мпк], его масса составляла от 19 до 705 миллионов текущих масс Солнца, а радиус находился в диапазоне от 2,3 до 33,5 тысяч текущих радиусов Солнца.

Текущая доля мощности светового источника энергии квазара 3С 273, которая расходуется на его возрастные изменения, может находиться в широком диапазоне значений, от 0,61 %, когда текущая масса квазара равна 26 миллионам масс Солнца, до 48,1 %, когда текущая масса квазара равняется 895 миллионам масс Солнца. Величина текущего гравитационного красного

смещения излучения квазара 3C 273 может составлять от 0,021 до 0,051. Текущая мощность излучения квазара 3C 273 составляет от 473 до 846 миллиардов мощностей излучения Солнца.

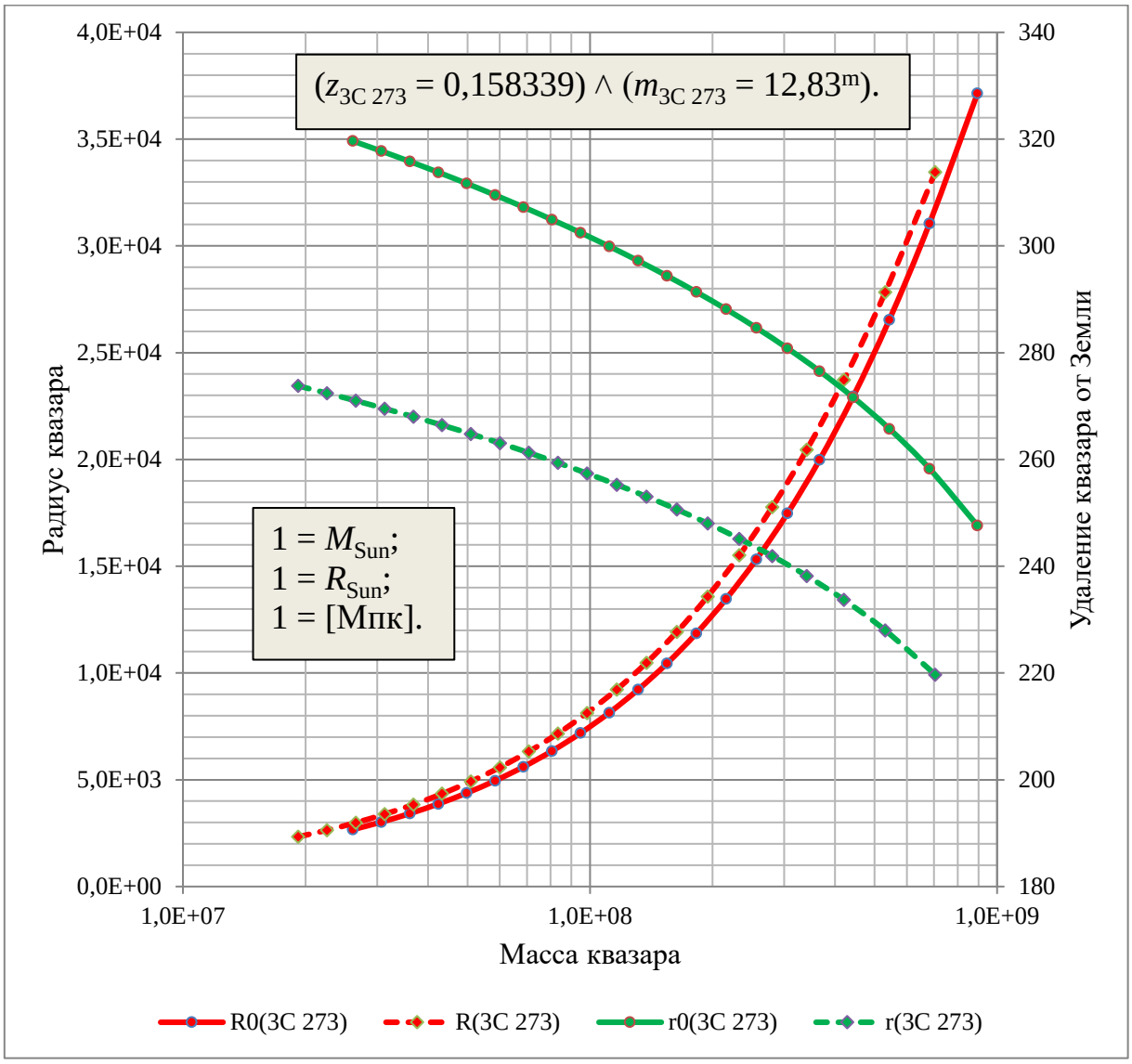


Рис. 8.53. Зависимости удаления квазара от Земли и размера его радиуса от массы квазара, определённые из условия, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром 3C 273. (Зависимость удаления квазара от Земли отмечена зелёным цветом; зависимость радиуса квазара – красным; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

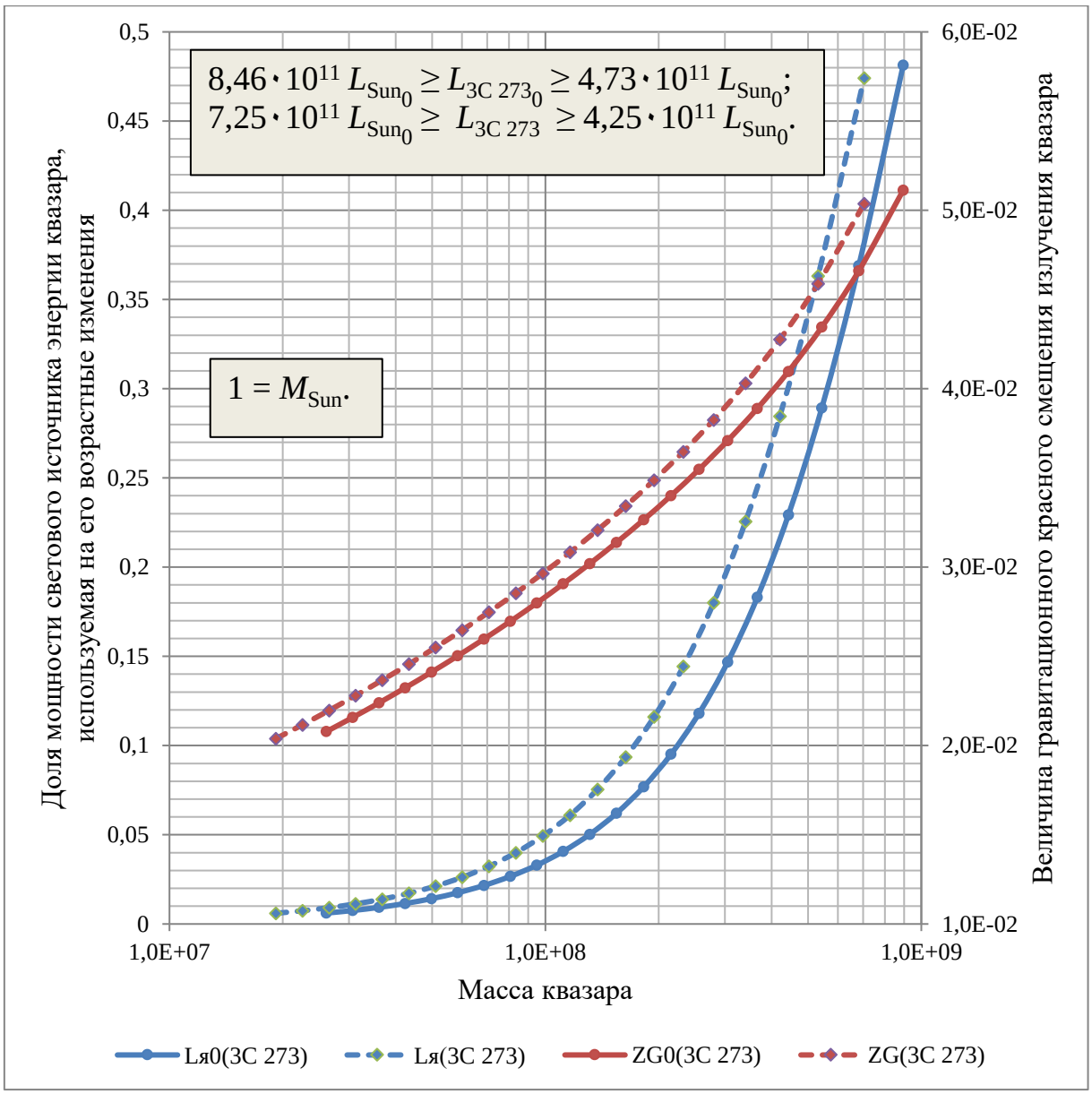


Рис. 8.54. Зависимости доли мощности светового источника энергии квазара, используемой на его возрастные изменения, и величины гравитационного красного смещения излучения квазара от его массы, определённые при условии, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром 3С 273. (доля мощности светового источника энергии квазара отмечена синим цветом; величина гравитационного красного смещения излучения квазара – коричневым; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

В момент излучения доля мощности светового источника энергии квазара 3С 273, которая расходуется на его возрастные изменения, составляла от 0,60 % до 47,4 %. В этот момент величина гравитационного красного смещения излучения квазара 3С 273 находилась в диапазоне от 0,020 до 0,050. При этом мощность излучения квазара составляла от 425 до 725 миллиардов текущих мощностей излучения Солнца.

Заметим, что полученные нами оценки удаления квазара 3С 273 от Земли и мощности его излучения существенно отличается от оценок, осуществлённых с использованием современной космологической модели, основанной на общей теории относительности. Так, согласно современным представлением, удаление квазара 3С 273 от Земли составляет 735 [Мпк] [77]. Это, примерно в 2,3 раза превышает полученную нами оценку максимального текущего удаления квазара 3С 273 от Земли. Согласно современным представлениям, мощность излучения квазара 3С 273 равна $L_{3C\,735} \approx 1{,}1538 \cdot 10^{40}$ [Вт] [77], что более чем в 35 раз превышает полученную нами оценку его мощности излучения.

Результаты исследований по определению характеристик квазаров и их удаления от Земли, видимая звёздная величина которых и величина красного смещения их излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром SDSS J085543.40-001517.7, представлены на рисунках 8.55 и 8.56.

Из представленных результатов следует, что текущее удаление квазара SDSS J085543.40-001517.7 от Земли находится в интервале от 2366 до 2565 [Мпк], его текущая масса составляет от 485 до 10260 миллионов масс Солнца, а текущий радиус находится в диапазоне от 11,5 до 97 тысяч радиусов Солнца. В момент излучения удаление квазара от Земли находилось в интервале от 640 до 666 Мпк, его масса составляла от 30 до 813 миллионов текущих масс Солнца, а радиус находился в диапазоне от 3,4 до 32 тысяч текущих радиусов Солнца.

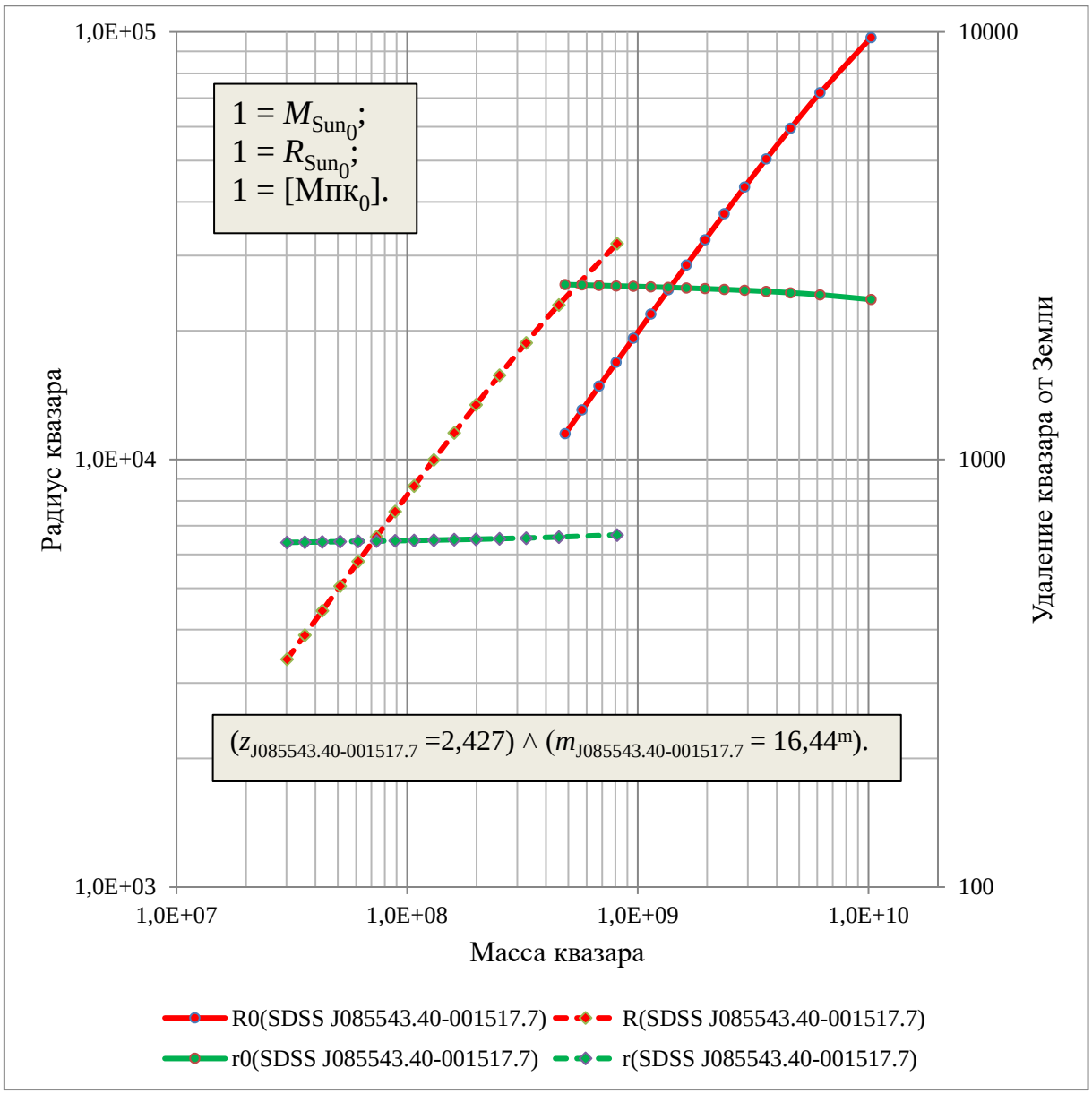


Рис. 8.55. Зависимости удаления квазара от Земли и размера его радиуса от массы квазара, определённые из условия, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром SDSS J085543.40-001517.7 (удаление квазара от Земли отмечено зелёным цветом; радиус квазара – красным; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

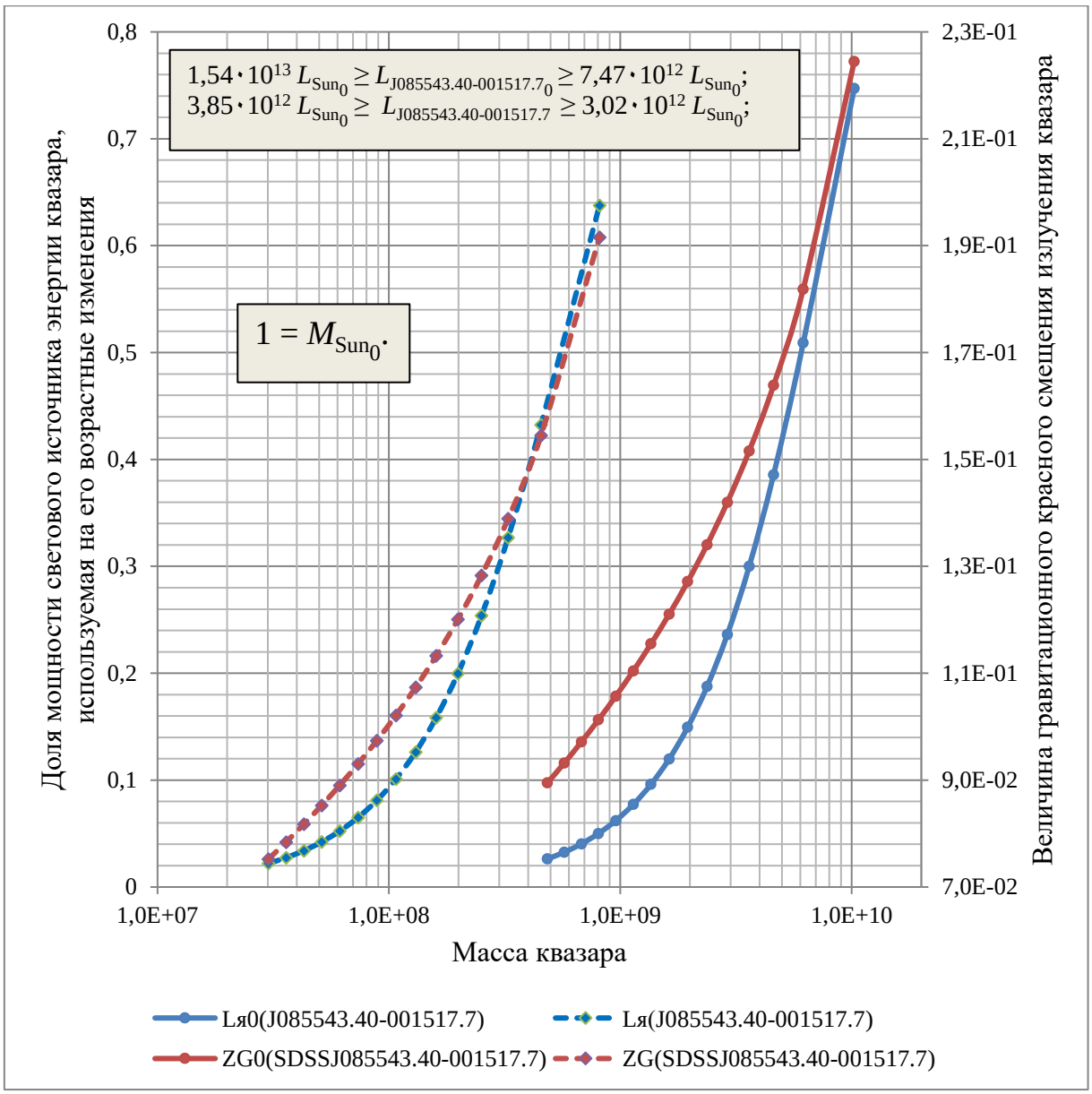


Рис. 8.56. Зависимости доли мощности светового источника энергии квазара, используемой на его возрастные изменения, и величины гравитационного красного смещения излучения квазара от его массы, определённые при условии, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром SDSS J085543.40-001517.7 (доля мощности светового источника энергии квазара отмечена синим цветом; величина гравитационного красного смещения излучения квазара – коричневым; сплошные линии соответствуют текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

Текущая доля мощности светового источника энергии квазара SDSS J085543.40-001517.7, которая расходуется на его возрастные изменения, может находиться в широком диапазоне значений, от 2,6 %, когда текущая масса квазара равна 485 миллионам масс Солнца, до 74,7 %, когда текущая масса квазара равняется 10,26 миллиардам масс Солнца.

Величина текущего гравитационного красного смещения излучения квазара SDSS J085543.40-001517.7 может составлять от 0,089 до 0,224. Текущая мощность излучения квазара SDSS J085543.40-001517.7 составляет от 7,47 до 15,4 триллионов мощностей излучения Солнца.

В момент излучения доля мощности светового источника энергии квазара SDSS J085543.40-001517.7, которая расходуется на его возрастные изменения, составляла от 0,60 % до 47,4 %. В этот момент величина гравитационного красного смещения излучения квазара SDSS J085543.40-001517.7 находилась в диапазоне от 0,075 до 0,192. При этом мощность излучения квазара составляла от 3,02 до 3,85 триллионов текущих мощностей излучения Солнца.

Заметим, что полученные нами оценки мощности излучения квазара SDSS J085543.40-001517.7 существенно отличается от оценок, осуществлённых с использованием современной космологической модели, основанной на общей теории относительности. Согласно современным представлениям, мощность излучения квазара SDSS J085543.40-001517.7 превышает мощность излучения Солнца в девятьсот пятьдесят восемь триллионов раз [78], что более чем в 60 раз превышает полученную нами оценку его мощности излучения. По современным представлениям, масса чёрной дыры, связанной с квазаром SDSS J085543.40-001517.7, находится в пределах от 14 до 39 миллиардов масс Солнца [78], что, по крайней мере, в 1,36 раза превышает полученную нами оценку максимальной текущей массы квазара.

Результаты исследований по определению характеристик квазаров и их удаления от Земли, видимая звёздная величина которых и величина красного смещения их излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром SDSS J0100+2802, представлены на рисунках 8.57 и 8.58.

Из представленных результатов следует, что текущее удаление квазара SDSS J0100+2802 от Земли находится в интервале от 3880 до 3954 [Мпк], его текущая масса составляет от 97,7 до 2895 миллионов масс Солнца, а текущий радиус находится в диапазоне от 5,2 до 58,7 тысяч радиусов Солнца. В момент излучения удаление квазара от Земли находилось в интервале от 388 до 402 [Мпк], его масса составляла от 0,9 до 31 миллиона текущих масс Солнца, а радиус находился в диапазоне от 677 до 8069 текущих радиусов Солнца. Текущая доля мощности светового источника энергии квазара SDSS J0100+2802, которая расходуется на его возрастные изменения, может находиться в широком диапазоне значений, от 1,18 %, когда текущая масса квазара равна 97,7 миллионам масс Солнца, до 58,6 %, когда текущая масса квазара равняется 2895 миллионам масс Солнца.

Величина текущего гравитационного красного смещения излучения квазара SDSS J0100+2802 может составлять от 0,04 до 0,105. Текущая мощность излучения квазара SDSS J0100+2802 составляет от 473 до 846 миллиардов мощностей излучения Солнца. В момент излучения доля мощности светового источника энергии квазара SDSS J0100+2802, расходуемая на его возрастные изменения, составляла от 0,88 % до 44,16 %. В этот момент величина гравитационного красного смещения излучения квазара SDSS J0100+2802 находилась в диапазоне от 0,030 до 0,079. При этом мощность излучения квазара составляла от 287 до 310 миллиардов текущих мощностей излучения Солнца.

Заметим, что полученные нами оценки массы и мощности излучения квазара SDSS J0100+2802 существенно отличается от оценок, осуществлённых с использованием современной космологической модели, основанной на общей теории относительности. Так, согласно современным представлениям, масса квазара SDSS J0100+2802 примерно равна двенадцати миллиардам масс Солнца [79]. Это, более чем в 4 раза превышает полученную нами оценку его максимальной массы. Согласно современным представлениям, мощность излучения квазара SDSS J0100+2802 превышает мощность

излучения Солнца в сорок два триллиона раз [79], что более чем в 13 раз превышает полученную нами оценку его мощности излучения.

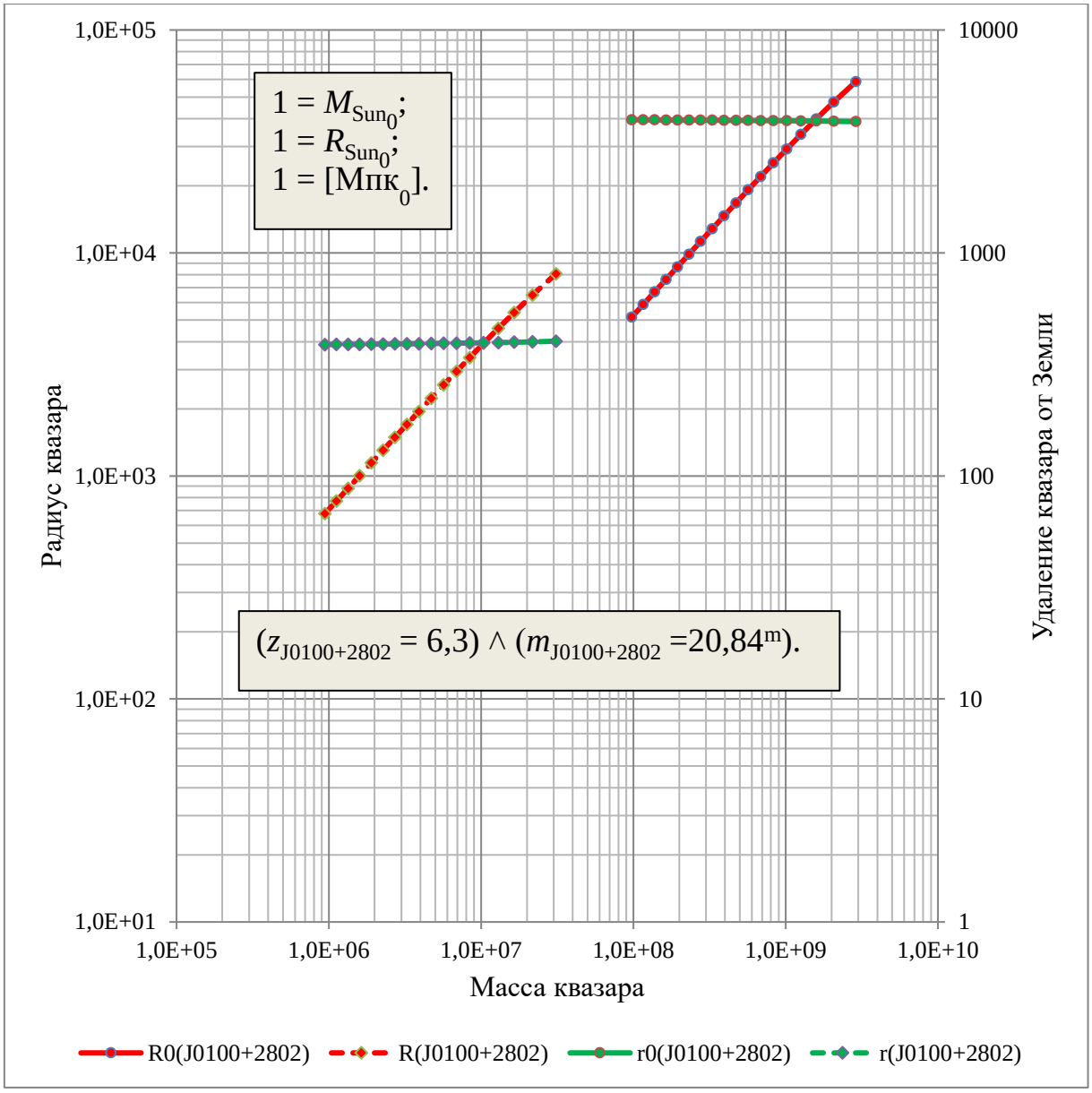


Рис. 8.57. Зависимости удаления квазара от Земли и размера его радиуса от массы квазара, определённые из условия, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром SDSS J0100+2802. (Зависимость удаления квазара от Земли отмечена зелёным цветом; зависимость радиуса квазара – красным; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

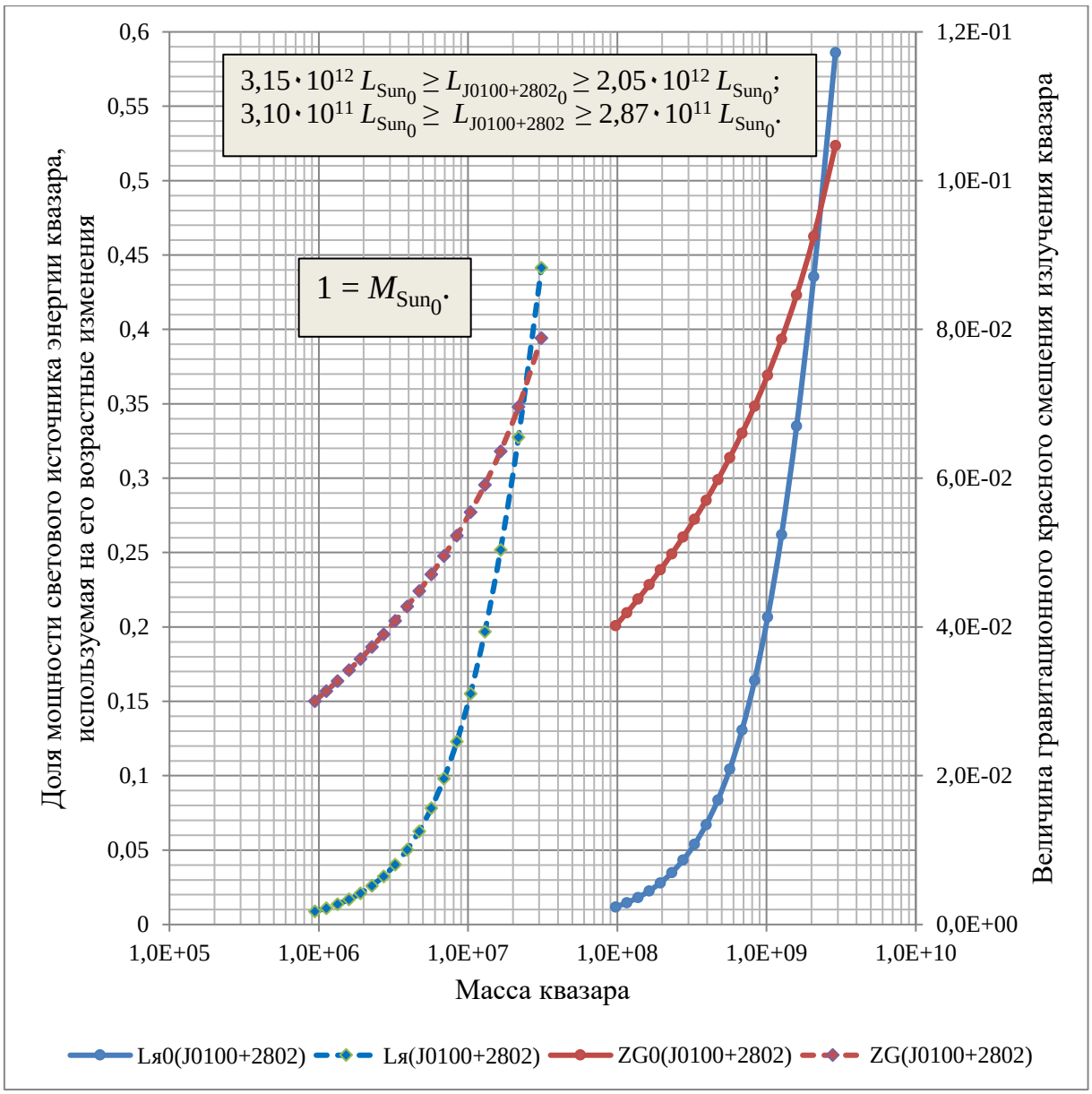


Рис. 8.58. Зависимости доли мощности светового источника энергии квазара, используемой на его возрастные изменения, и величины гравитационного красного смещения излучения квазара от его массы, определённые при условии, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром SDSS J0100+2802 (доля мощности светового источника энергии квазара отмечена синим цветом; величина гравитационного красного смещения излучения квазара – коричневым; сплошные линии соответствуют текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

Результаты исследований по определению характеристик квазаров и их удаления от Земли, видимая звёздная величина которых и величина красного смещения их излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром TON 618, представлены на рисунках 8.59 и 8.60.

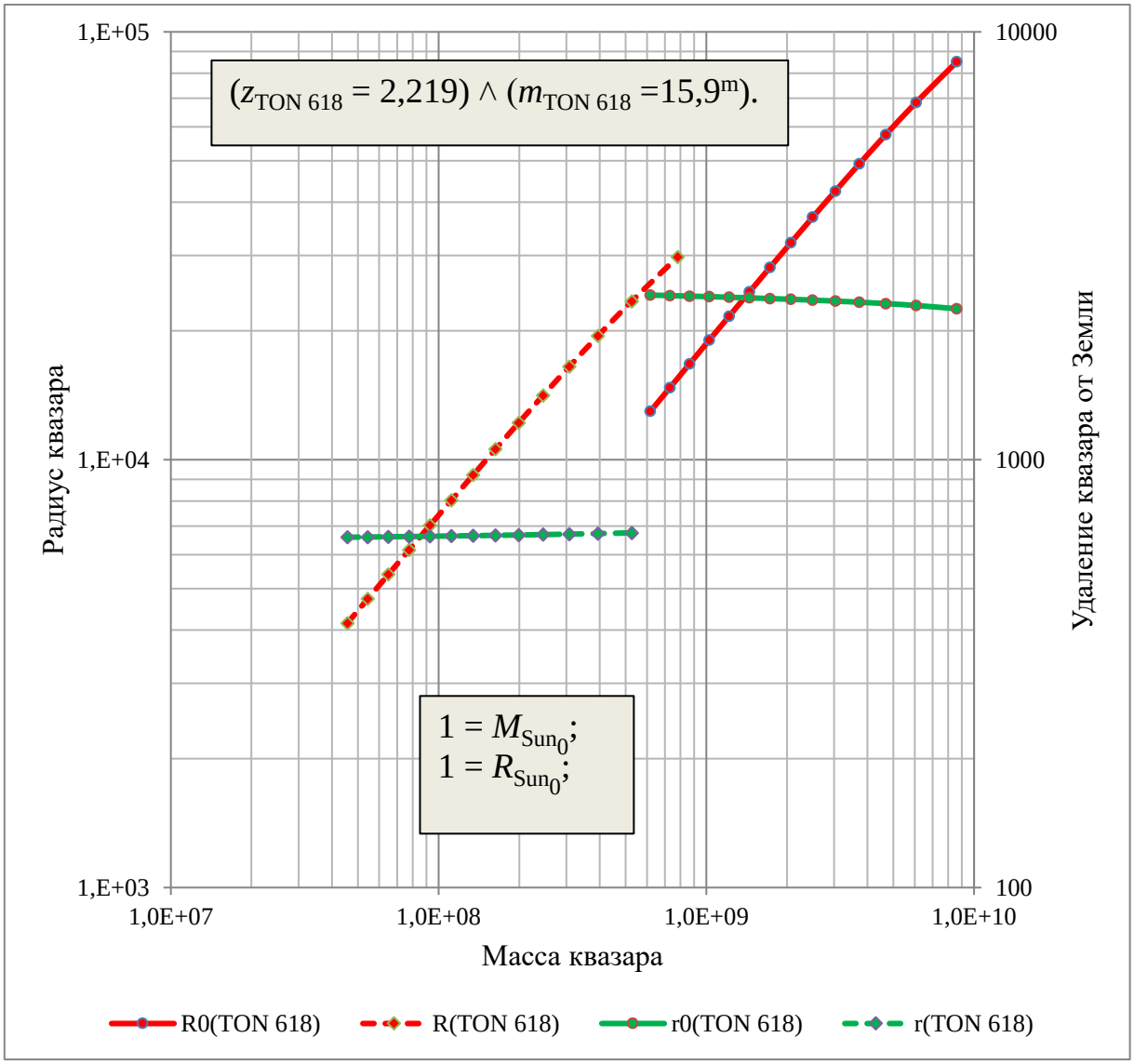


Рис. 8.59. Зависимости удаления квазара от Земли и размера его радиуса от массы квазара, определённые из условия, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром TON 618. (Зависимость удаления квазара от Земли отмечена зелёным цветом; зависимость радиуса квазара – красным; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

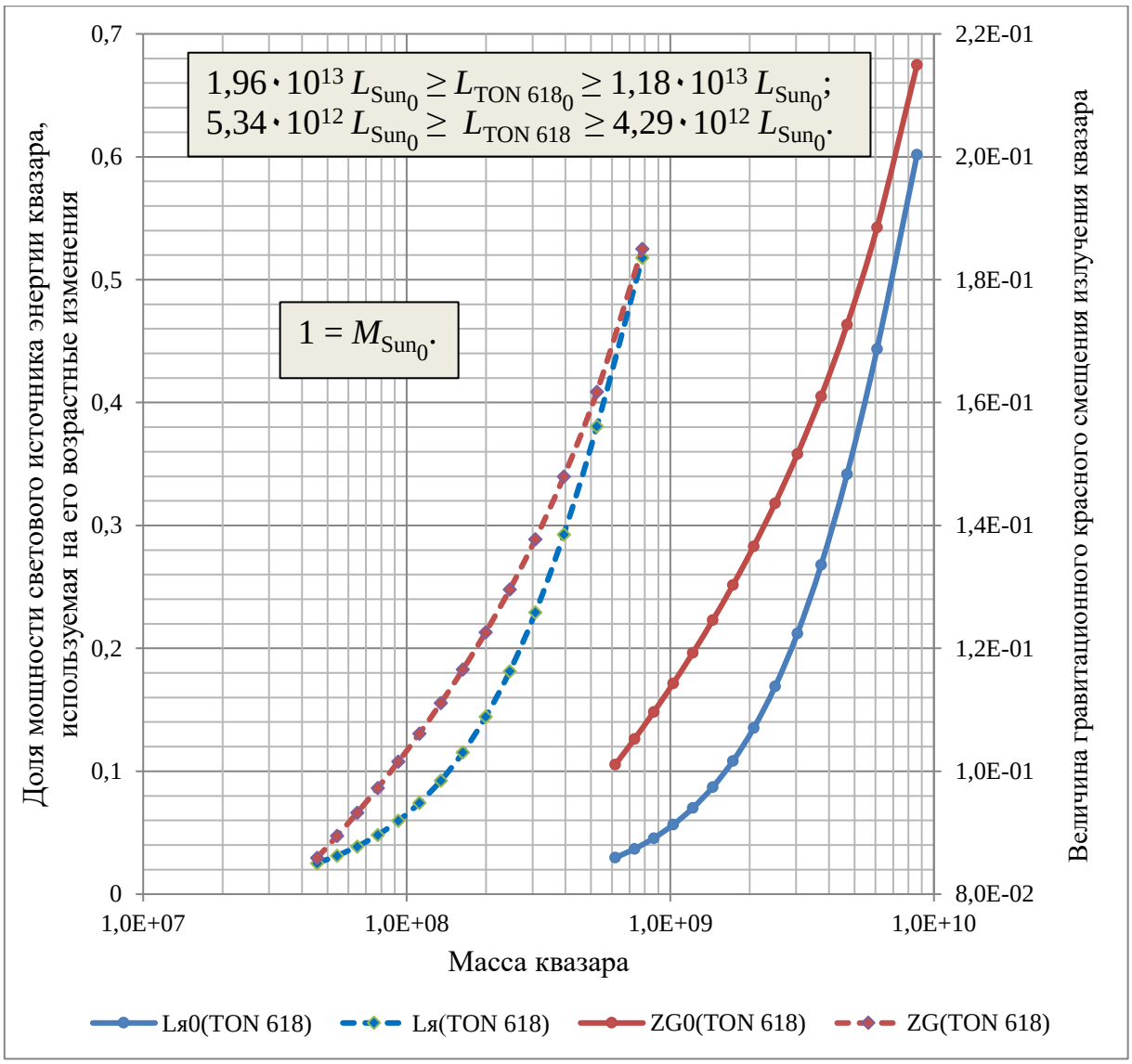


Рис. 8.60. Зависимости доли мощности светового источника энергии квазара, используемой на его возрастные изменения, и величины гравитационного красного смещения излучения квазара от его массы, определённые при условии, что видимая звёздная величина квазара и величина красного смещения его излучения соответствуют результатам наблюдений за квазаром TON 618 (доля мощности светового источника энергии квазара отмечена синим цветом; величина гравитационного красного смещения излучения квазара – коричневым; сплошными линиями показаны зависимости, соответствующие текущему моменту времени; пунктирными линиями показаны зависимости, определённые в момент излучения).

Из представленных результатов следует, что текущее удаление квазара TON 618 от Земли находится в интервале от 2254 до 2425 Мпк, его текущая

масса составляет от 619 до 8630 миллионов масс Солнца, а текущий радиус находится в диапазоне от 13 до 85 тысяч радиусов Солнца. В момент излучения удаление квазара от Земли находилось в интервале от 659 до 679 [Мпк], его масса составляла от 46 до 783 миллионов текущих масс Солнца, а радиус находился в диапазоне от 4,2 до 29,8 тысяч текущих радиусов Солнца.

Текущая доля мощности светового источника энергии квазара TON 618, которая расходуется на его возрастные изменения, может находиться в широком диапазоне значений, от 2,97 %, когда текущая масса квазара равна 619 миллионам масс Солнца, до 60,17 %, когда текущая масса квазара равняется 8630 миллионам масс Солнца.

Величина текущего гравитационного красного смещения излучения квазара TON 618 может составлять от 0,101 до 0,215. Текущая мощность излучения квазара TON 618 составляет от 11,8 до 19,6 триллионов мощностей излучения Солнца.

В момент излучения доля мощности светового источника энергии квазара TON 618, расходуемая на его возрастные изменения, составляла от 2,53 % до 51,79 %. В этот момент величина гравитационного красного смещения излучения квазара TON 618 находилась в диапазоне от 0,086 до 0,185. При этом мощность излучения квазара составляла от 287 до 310 миллиардов текущих мощностей излучения Солнца.

Заметим, что полученные нами оценки массы и мощности излучения квазара TON 618 существенно отличается от оценок, осуществлённых с использованием современной космологической модели, основанной на общей теории относительности. Так, согласно современным представлением, масса чёрной дыры, связанной с квазаром TON 618, примерно равна 66 миллиардам масс Солнца [74]. Это, более чем в 7 раза превышает полученную нами оценку его возможной максимальной массы. Согласно современным представлениям, мощность излучения квазара TON 618 превышает мощность излучения Солнца в сто три триллиона раз [74], что более чем в 5 раз превышает полученную нами оценку его мощности излучения. По современным

представлениям удаление квазара TON 618 от Земли составляет 3180 [Мпк] [74], что в 1,3 раза превышает полученную нами оценку максимального текущего его удаления от Земли.

Зависимости времени транспортировки излучения от квазара до Земли и времени существования Вселенной в момент излучения квазара от относительного удаления квазара от Земли представлены на рисунке 8.61. На этом же рисунке для пяти рассмотренных нами квазаров разными цветами нанесены пометки. На графике жёлтого цвета пометки показывают, в какие промежутки времени существования Вселенной могло происходить излучение квазаров, которое в настоящее время достигло Земли. На графике голубого цвета пометки определяют размеры интервалов времени транспортировки этого излучения до Земли. Для двух наиболее удалённых от Земли квазаров ULAS J1120+0641 и ULAS J1342+0928, имеющих величины красного смещения излучения более семи, на графике жёлтого цвета показаны ограничения на минимальное время существования Вселенной, когда могло произойти излучение квазаров, которое в настоящее время достигло Земли. На графике голубого цвета для этих квазаров показаны ограничения на максимальное значение времени транспортировки их излучения до Земли.

Заметим, что полученные нами оценки времени существование Вселенной, когда произошло излучение квазаров, которое достигло в настоящее время Земли, и времени транспортировки этого излучения до Земли, существенно отличаются от оценок, осуществлённых с использованием современной космологической модели, основанной на общей теории относительности. Так, например, согласно современным представлениям, время доставки излучения от наиболее удалённых квазаров ULAS J1120+0641 и ULAS J1342+0928 составляет примерно тринадцать миллиардов и тринадцать миллиардов сто миллионов лет соответственно [73], [80]. Это, более чем в два раза больше полученного нами ограничения на максимальное время доставки излучения от этих квазаров.

Представленные исследования по определению основных характеристик пяти рассмотренных нами квазаров, свидетельствуют, что принятая нами гипотеза, согласно которой квазар является сверхмассивной звездой со световым источником энергии и светимостью близкой к пределу Эддингтона, не только не вступает в явное противоречие с результатами их наблюдений, но и предоставляет широкие возможности для их объяснения.

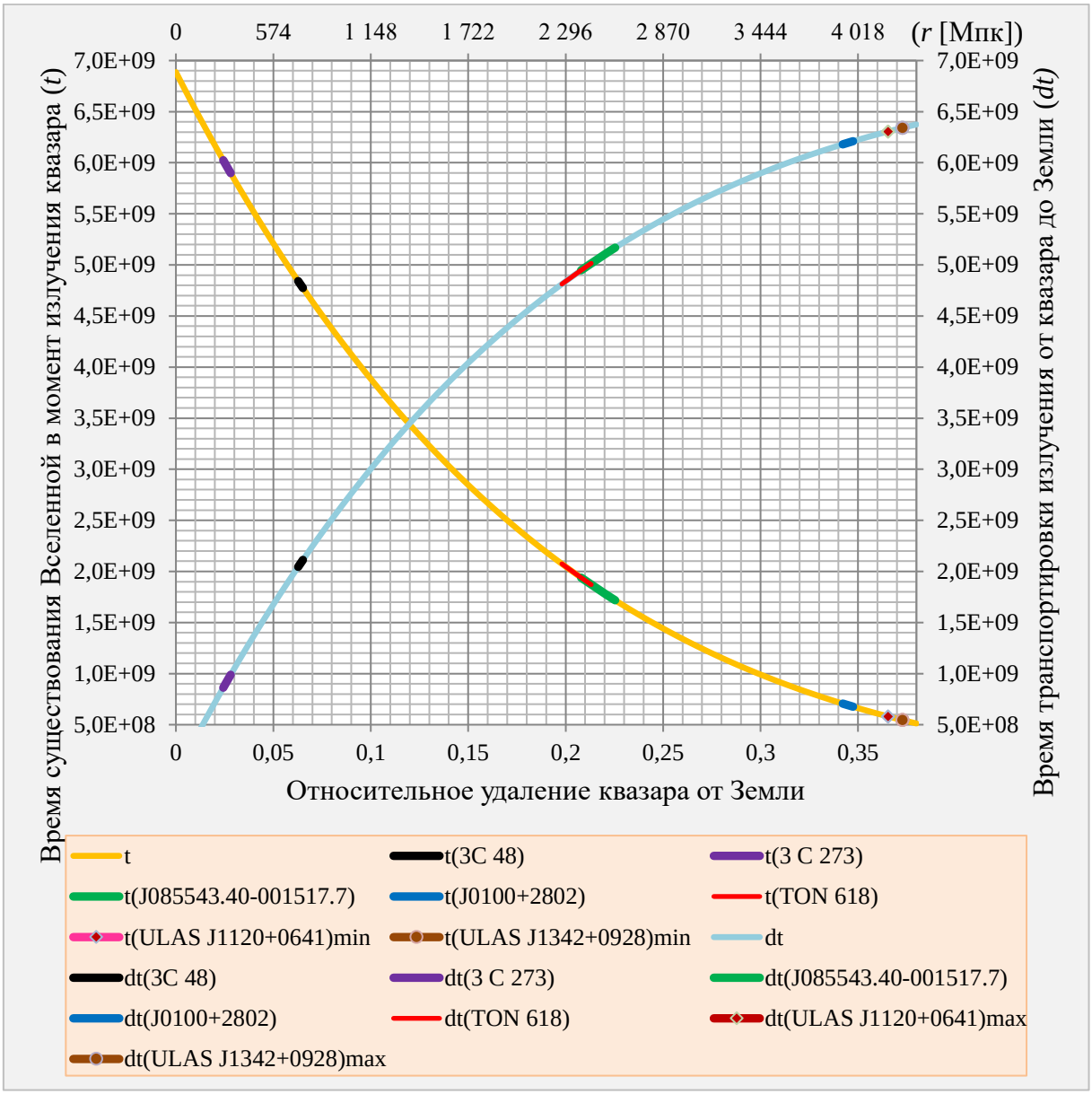


Рис. 8.61. Зависимости времени транспортировки излучения от квазара до Земли и времени существования Вселенной в момент излучения квазара от относительного удаления квазара от Земли.

Важно отметить, что определённые в ходе исследований характеристики квазаров и их удаления от Земли имеют существенные отличия во всём диапазоне возможных значений от их современных оценок, полученных на космологических моделях, основанных на общей теории относительности.

Близость квазара к сверхмассивной звезде Эддингтоновской светимости будем определять через отношение радиуса квазара к его минимальному радиусу. Из рассмотренных пяти квазаров наибольший диапазон изменения k_R имеет квазар 3C 48, у которого $k_{R_{\max_{3C\,48}}} = \sqrt[8]{2^{11}}$. Среднее геометрическое отношения радиуса квазара 3C 48 к его минимальному радиусу равно $\bar{k}_{\mathrm{R}_{3C\,48}} = \sqrt[16]{2^{11}}$. Наименьший диапазон изменения k_R имеет квазар TON 618, у которого $k_{R_{\max_{\mathrm{TON}\,618}}} = \sqrt[16]{2^{13}}$. Среднее геометрическое отношения радиуса квазара TON 618 к его минимальному радиусу равно $\bar{k}_{\mathrm{R}_{\mathrm{TON}\,618}} = \sqrt[32]{2^{13}}$. С целью упрощения дальнейших исследований, где предстоит рассмотрение сотен тысяч квазаров, будем считать, что отношение радиуса квазара к его минимальному радиусу равно корню квадратному из двух. Это значение больше $\bar{k}_{\mathrm{R}_{\mathrm{TON}\,618}}$, меньше $\bar{k}_{\mathrm{R}_{3C\,48}}$ и практически совпадает с их средним геометрическим значением.

В 2007 году была опубликована работа, обобщающая результаты наблюдений 77429 квазаров [14].

Плотность распределения величины красного смещения излучения 77429 квазаров представлена на рисунке 8.62.

Плотность распределения видимой звёздной величины 77429 квазаров представлена на рисунке 8.63.

Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения 77403 квазаров представлена на рисунке 8.64.

Рисунки 8.62, 8.63 и 8.64 взяты нами из работы [14]. Плотности распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучений квазаров представлены в виде гистограмм. Шаг изменения видимой звёздной

величины принят равным 0,108^{m}, шаг изменения величины красного смещения излучения равен 0,05.

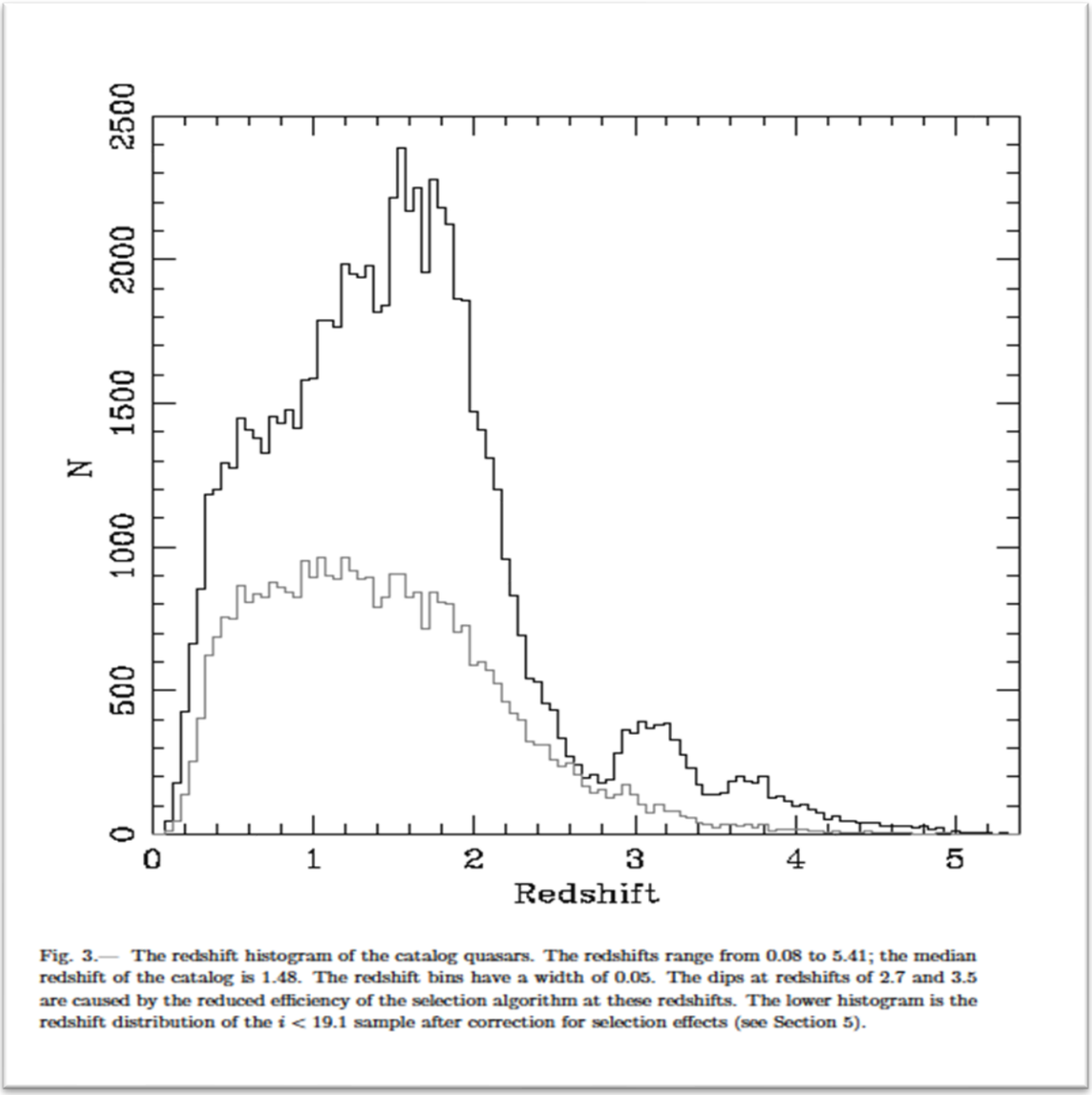


Fig. 3.— The redshift histogram of the catalog quasars. The redshifts range from 0.08 to 5.41; the median redshift of the catalog is 1.48. The redshift bins have a width of 0.05. The dips at redshifts of 2.7 and 3.5 are caused by the reduced efficiency of the selection algorithm at these redshifts. The lower histogram is the redshift distribution of the $i < 19.1$ sample after correction for selection effects (see Section 5).

8.62. Плотность распределения величины красного смещения излучения 77429 квазаров.

Величина красного смещения излучения квазаров меняется в диапазоне от 0,078 до 5,414. Математическое ожидание величины красного смещения излучения квазаров равно 1,48. 841 квазар имеют красное смещение излучения более четырёх, из которых 36 с красным смещением более 5. Видимая звёздная величина квазаров находится в диапазоне от 14,94^{m} до 22,36^{m}. 506 квазаров

имеют видимую звёздную величину более $20{,}5^{m}$, лишь 26 квазаров имеют видимую звёздную величину больше 21^{m}.

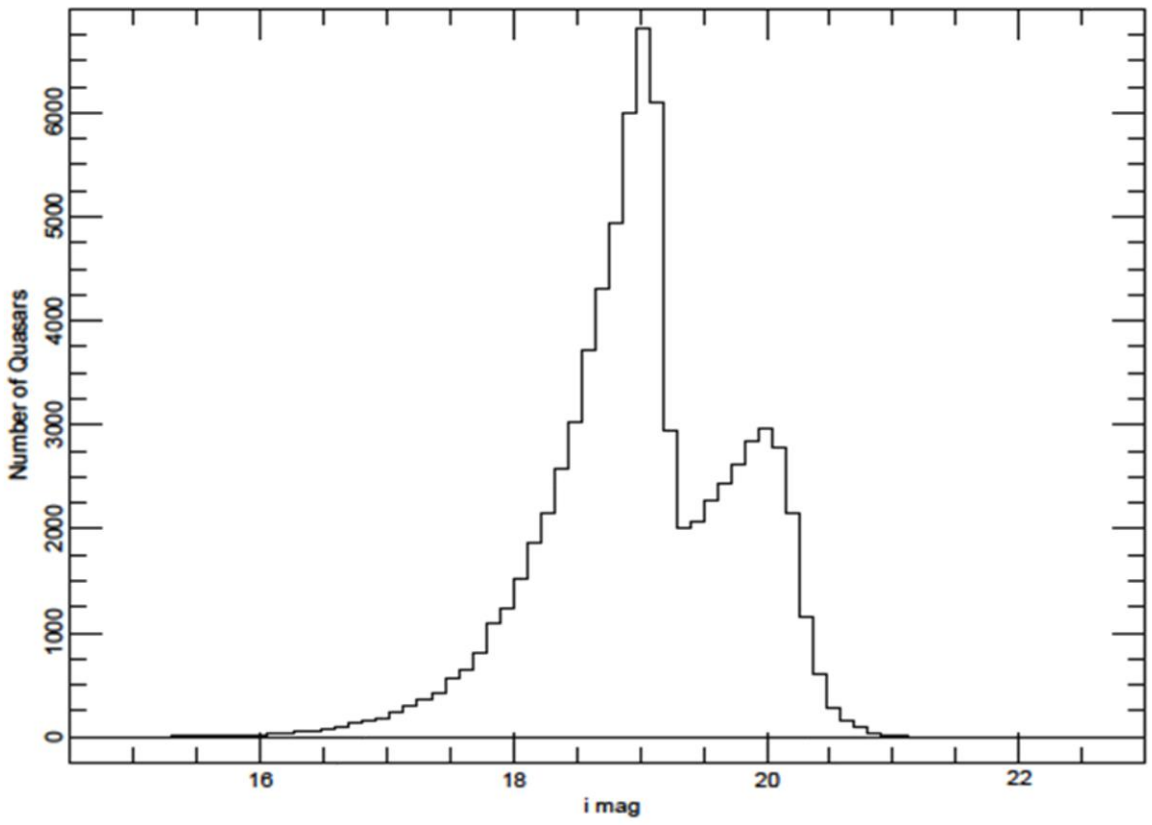


Fig. 4.— The i magnitude (not corrected for Galactic absorption) histogram of the 77,429 catalog quasars. The magnitude bins have a width of 0.108. The sharp drop that occurs at magnitudes slightly fainter than 19 is due to the flux limit for the low-redshift targeted part of the survey. Quasars fainter than the $i = 20.2$ high-redshift selection limit were found via other selection algorithms, primarily serendipity. The SDSS Quasar survey has a bright limit of $i \approx 15.0$ imposed by the need to avoid saturation in the spectroscopic observations.

8.63. Плотность распределения видимой звёздной величины 77429 квазаров.

Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения квазаров представлена в виде изолиний, с шагом равным двум.

Телесный угол площади, на которой распределяются представленные в работе [14] квазары, составляет 5740 квадратных градусов, что составляет примерно 14 % от телесного угла сферы.

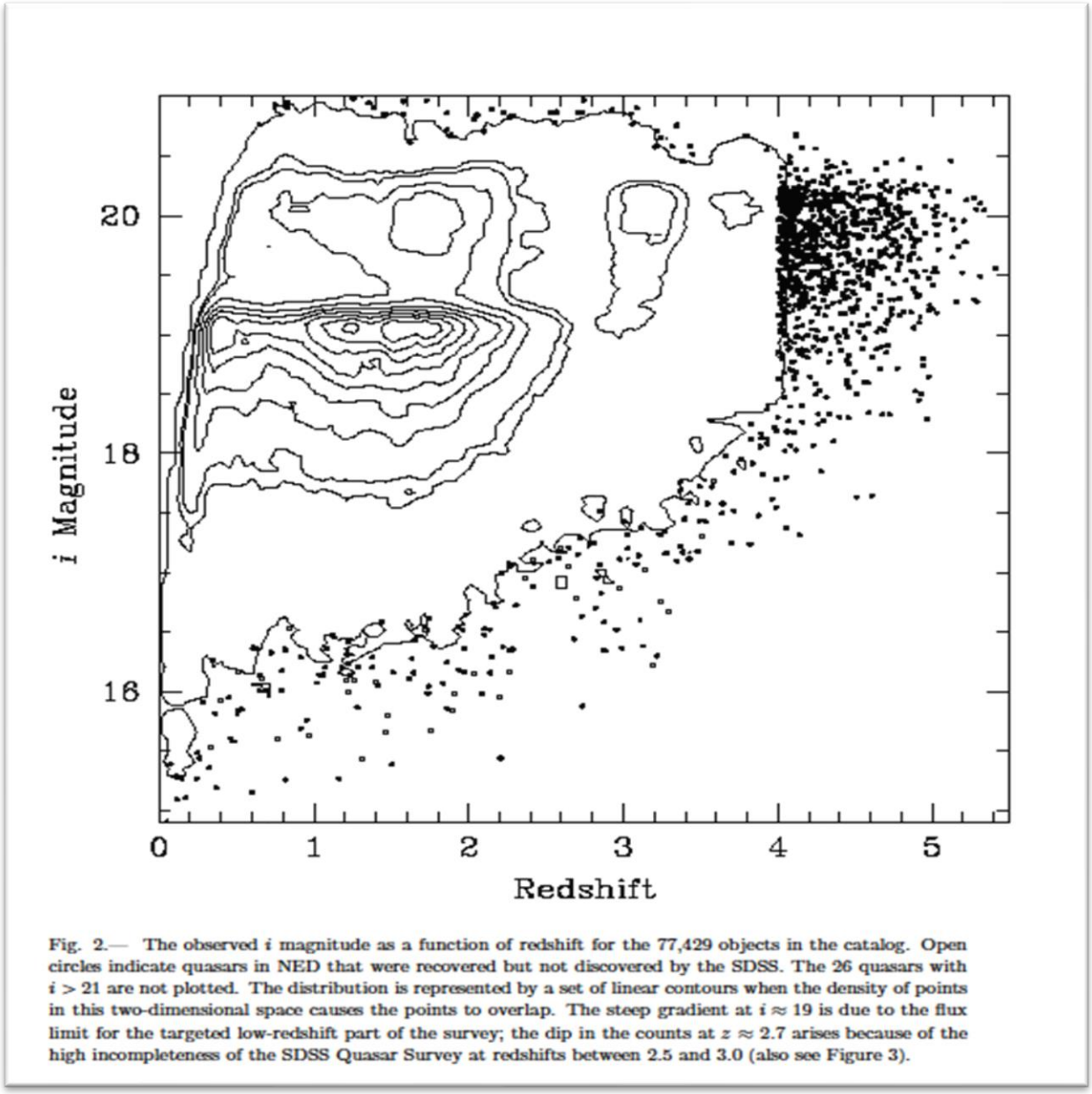


Fig. 2.— The observed i magnitude as a function of redshift for the 77,429 objects in the catalog. Open circles indicate quasars in NED that were recovered but not discovered by the SDSS. The 26 quasars with $i > 21$ are not plotted. The distribution is represented by a set of linear contours when the density of points in this two-dimensional space causes the points to overlap. The steep gradient at $i \approx 19$ is due to the flux limit for the targeted low-redshift part of the survey; the dip in the counts at $z \approx 2.7$ arises because of the high incompleteness of the SDSS Quasar Survey at redshifts between 2.5 and 3.0 (also see Figure 3).

Рис. 8.64. Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения 77403 квазаров.

В 2010 году была опубликована работа, обобщающая результаты наблюдений 105783 квазаров [15].

Плотность распределения величины красного смещения излучения 105783 квазаров представлена на верхней левой панели рисунка 8.65.

Плотность распределения видимой звёздной величины 105783 квазаров представлена на верхней правой панели рисунка 8.65.

Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения 105783 квазаров представлена на рисунке 8.66.

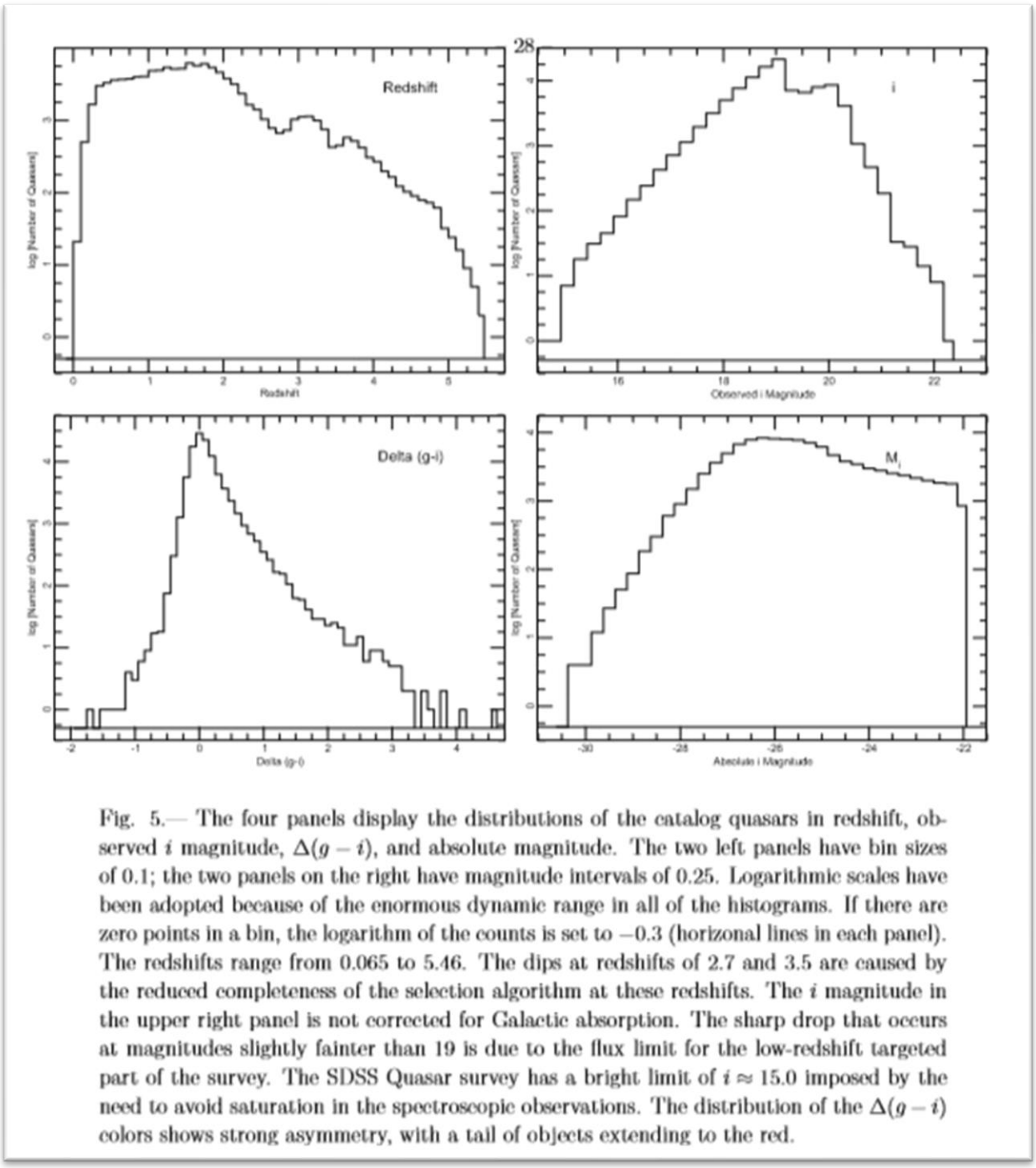


Fig. 5.— The four panels display the distributions of the catalog quasars in redshift, observed i magnitude, $\Delta(g-i)$, and absolute magnitude. The two left panels have bin sizes of 0.1; the two panels on the right have magnitude intervals of 0.25. Logarithmic scales have been adopted because of the enormous dynamic range in all of the histograms. If there are zero points in a bin, the logarithm of the counts is set to −0.3 (horizonal lines in each panel). The redshifts range from 0.065 to 5.46. The dips at redshifts of 2.7 and 3.5 are caused by the reduced completeness of the selection algorithm at these redshifts. The i magnitude in the upper right panel is not corrected for Galactic absorption. The sharp drop that occurs at magnitudes slightly fainter than 19 is due to the flux limit for the low-redshift targeted part of the survey. The SDSS Quasar survey has a bright limit of $i \approx 15.0$ imposed by the need to avoid saturation in the spectroscopic observations. The distribution of the $\Delta(g-i)$ colors shows strong asymmetry, with a tail of objects extending to the red.

Рис. 8.65. Плотности распределения величины красного смещения излучения (представлена на верхней левой панели) и видимой звёздной величины (представлена на верхней правой панели) 105783 квазаров.

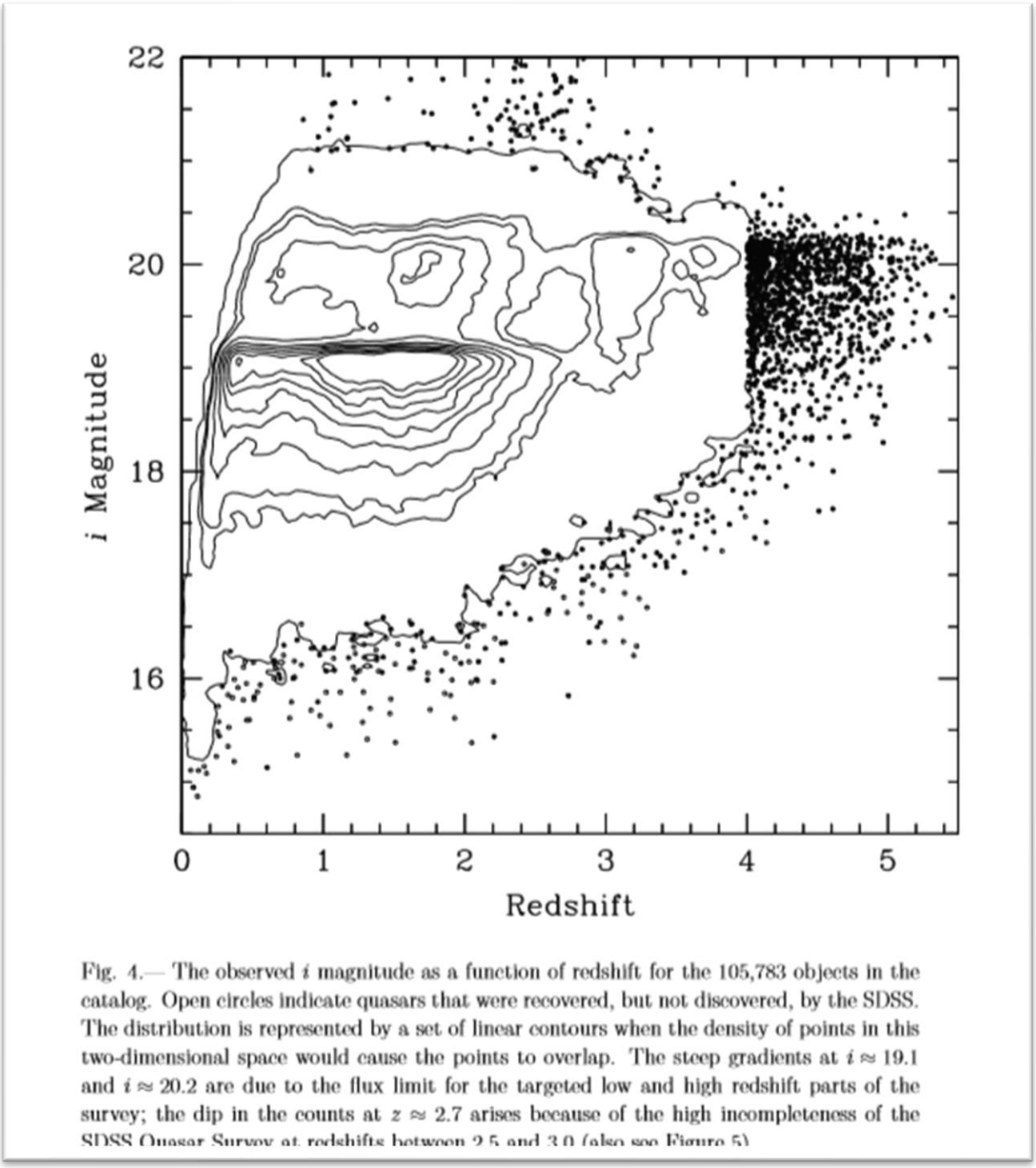


Fig. 4.— The observed i magnitude as a function of redshift for the 105,783 objects in the catalog. Open circles indicate quasars that were recovered, but not discovered, by the SDSS. The distribution is represented by a set of linear contours when the density of points in this two-dimensional space would cause the points to overlap. The steep gradients at $i \approx 19.1$ and $i \approx 20.2$ are due to the flux limit for the targeted low and high redshift parts of the survey; the dip in the counts at $z \approx 2.7$ arises because of the high incompleteness of the SDSS Quasar Survey at redshifts between 2.5 and 3.0 (also see Figure 5)

Рис. 8.66. Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения 105783 квазаров.

Рисунки 8.65 и 8.66 взяты нами из работы [15]. Плотности распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучений квазаров представлены в виде гистограмм. Шаг изменения видимой звёздной величины принят равным $0{,}25^{m}$, шаг изменения величины красного смещения излучения равен 0,1. Величина красного смещения излучения квазаров меняется в диапазоне от 0,065 до 5,46. Математическое ожидание величины

красного смещения излучения квазаров равно 1,49. 1248 квазаров имеют красное смещение излучения более четырёх, из которых 56 с красным смещением более 5. Видимая звёздная величина квазаров находится в диапазоне от $14{,}86^{m}$ до $22{,}36^{m}$. 1341 квазар имеют видимую звёздную величину более $20{,}5^{m}$, лишь 183 квазара имеют видимую звёздную величину больше 21^{m}.

Телесный угол площади, на которой распределяются представленные в работе [15] квазары, составляет примерно 9380 квадратных градусов, что составляет примерно 22,7 % от телесного угла сферы.

В 2018 году была опубликована работа, обобщающая результаты наблюдений 526356 квазаров [16].

Плотность распределения величины красного смещения излучения 526356 квазаров представлена на рисунке 8.67.

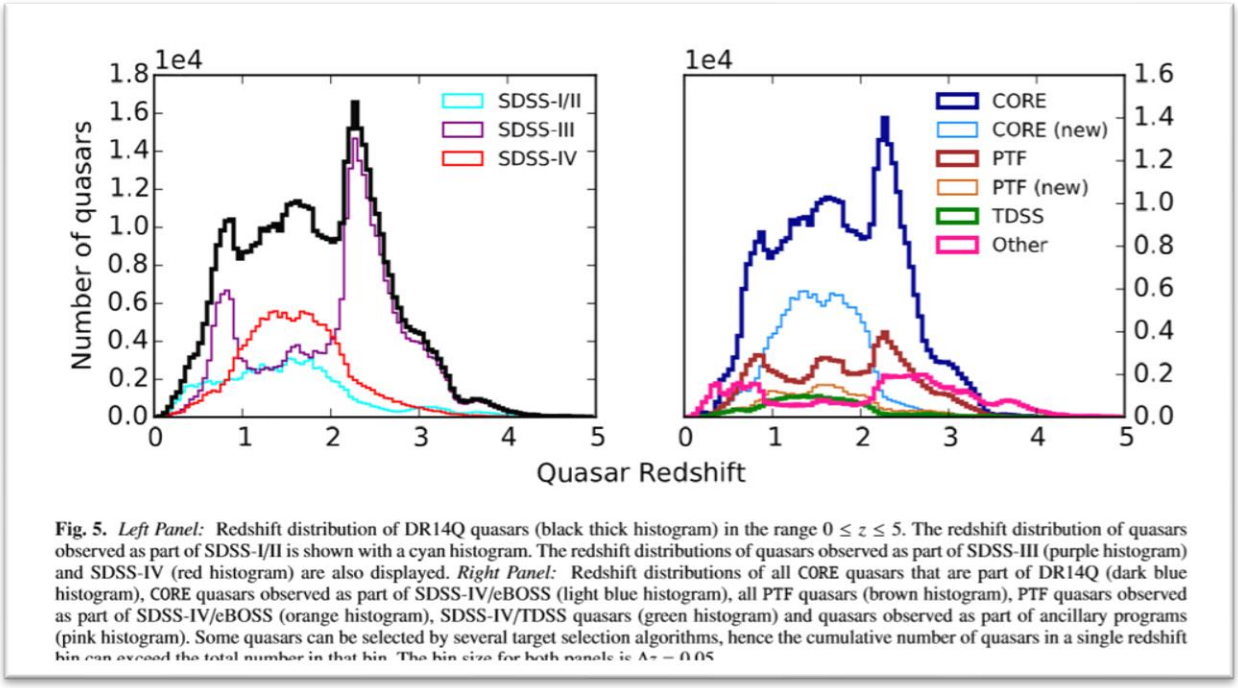


Fig. 5. *Left Panel:* Redshift distribution of DR14Q quasars (black thick histogram) in the range $0 \leq z \leq 5$. The redshift distribution of quasars observed as part of SDSS-I/II is shown with a cyan histogram. The redshift distributions of quasars observed as part of SDSS-III (purple histogram) and SDSS-IV (red histogram) are also displayed. *Right Panel:* Redshift distributions of all CORE quasars that are part of DR14Q (dark blue histogram), CORE quasars observed as part of SDSS-IV/eBOSS (light blue histogram), all PTF quasars (brown histogram), PTF quasars observed as part of SDSS-IV/eBOSS (orange histogram), SDSS-IV/TDSS quasars (green histogram) and quasars observed as part of ancillary programs (pink histogram). Some quasars can be selected by several target selection algorithms, hence the cumulative number of quasars in a single redshift bin can exceed the total number in that bin. The bin size for both panels is $\Delta z = 0.05$.

Рис. 8.67. Плотность распределения величины красного смещения излучения 526356 квазаров.

Плотность распределения видимой звёздной величины 526356 квазаров представлена на рисунке 8.68.

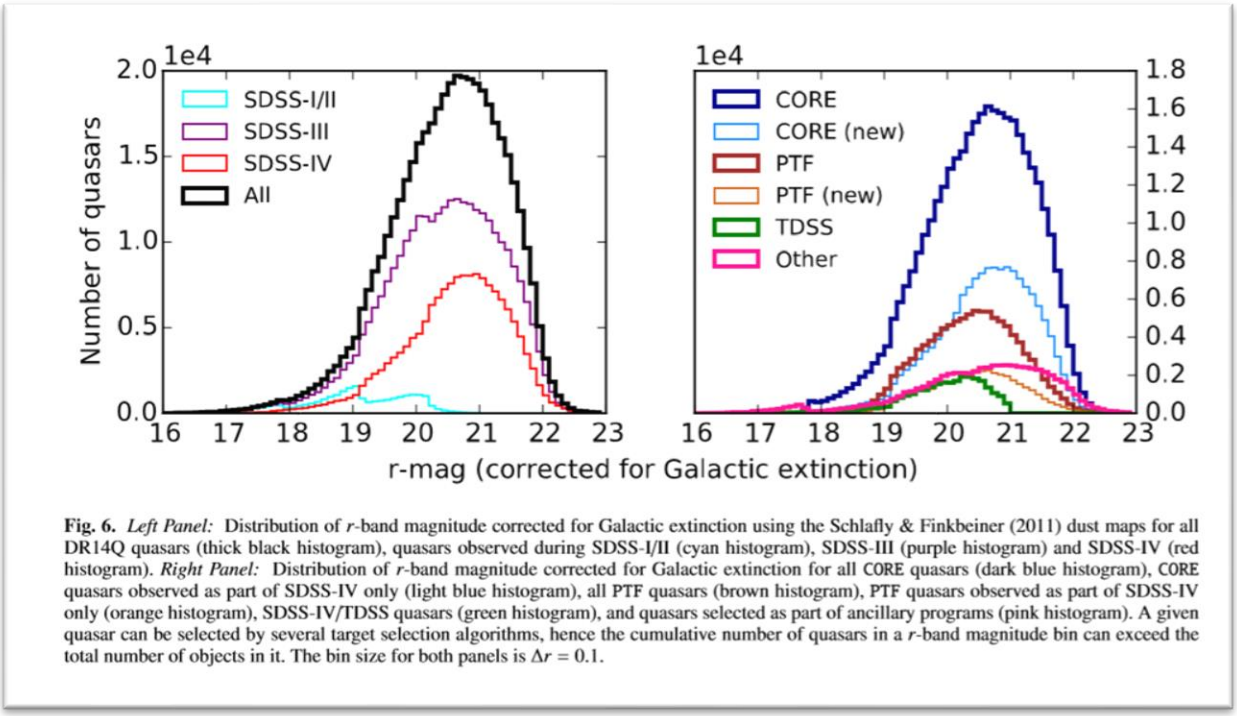


Fig. 6. *Left Panel:* Distribution of r-band magnitude corrected for Galactic extinction using the Schlafly & Finkbeiner (2011) dust maps for all DR14Q quasars (thick black histogram), quasars observed during SDSS-I/II (cyan histogram), SDSS-III (purple histogram) and SDSS-IV (red histogram). *Right Panel:* Distribution of r-band magnitude corrected for Galactic extinction for all CORE quasars (dark blue histogram), CORE quasars observed as part of SDSS-IV only (light blue histogram), all PTF quasars (brown histogram), PTF quasars observed as part of SDSS-IV only (orange histogram), SDSS-IV/TDSS quasars (green histogram), and quasars selected as part of ancillary programs (pink histogram). A given quasar can be selected by several target selection algorithms, hence the cumulative number of quasars in a r-band magnitude bin can exceed the total number of objects in it. The bin size for both panels is $\Delta r = 0.1$.

8.68. Плотность распределения видимой звёздной величины 526356 квазаров.

Совместная плотность распределения абсолютной звёздной величины и величины красного смещения излучения 526356 квазаров представлена на рисунке 8.69.

К сожалению, совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения 526356 квазаров в работе [16] не представлена.

Замена видимой звёздной величины квазара на его абсолютную звёздную величину, при определении совместной плотности распределения с величиной красного смещения излучения, нельзя признать равноценным. Дело в том, что абсолютная звёздная величина квазара модельно зависима. Её значение определяется не только результатами измерений, полученных в ходе наблюдений за квазаром, но и зависит от того, какая космологическая модель и принятые в ней допущения и предположения используются при её расчёте. В то время как видимая звёздная величина квазара определяется лишь результатами измерений, полученных в ходе прямых наблюдений за квазарами. Если видимая звёздная величина квазара может быть

использована для проверки различных космологических моделей на их соответствие результатам наблюдений, то абсолютная звёздная величина квазара для этих целей не годится.

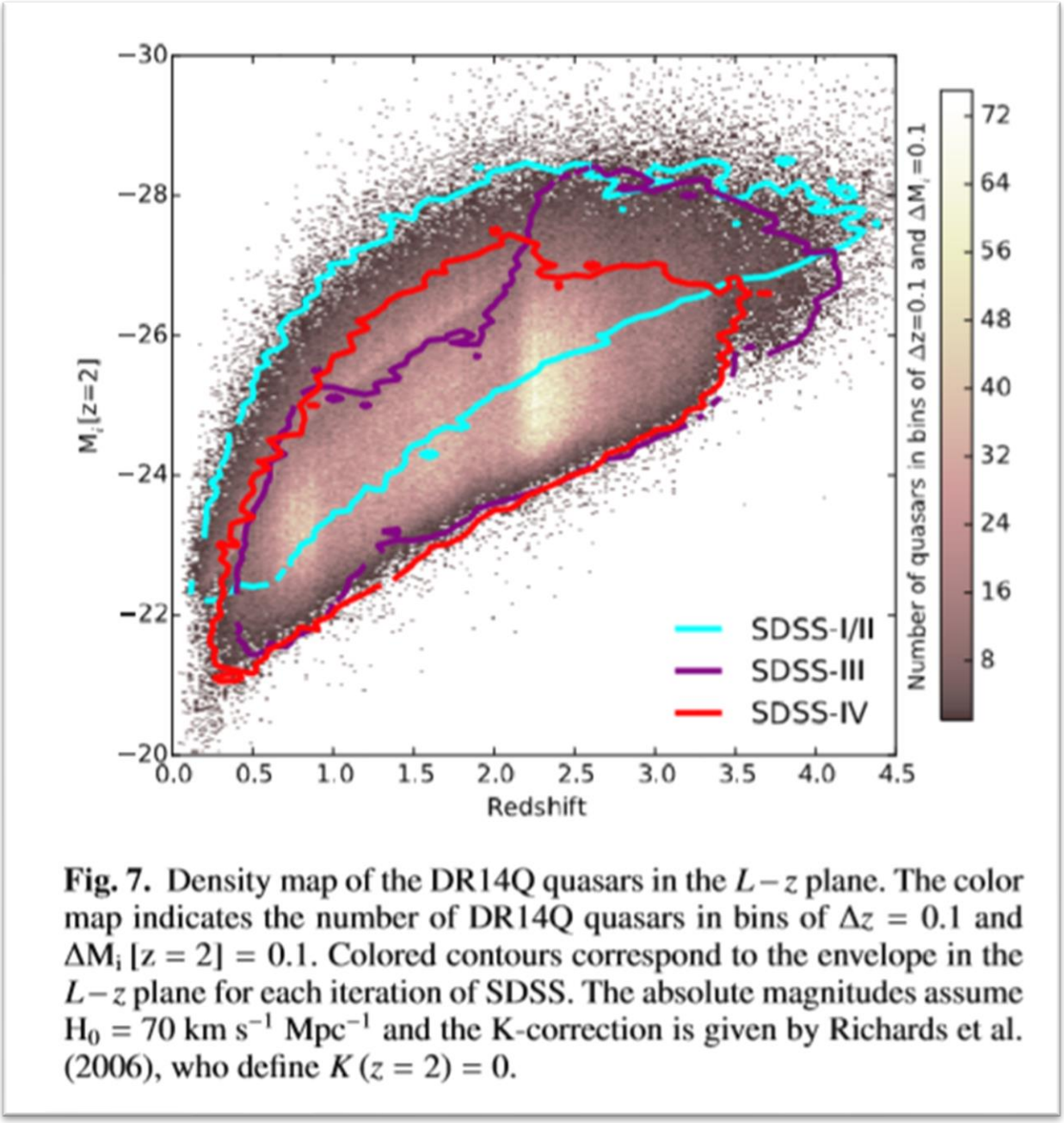


Fig. 7. Density map of the DR14Q quasars in the $L-z$ plane. The color map indicates the number of DR14Q quasars in bins of $\Delta z = 0.1$ and $\Delta M_i\,[z = 2] = 0.1$. Colored contours correspond to the envelope in the $L-z$ plane for each iteration of SDSS. The absolute magnitudes assume $H_0 = 70$ km s^{-1} Mpc^{-1} and the K-correction is given by Richards et al. (2006), who define $K\,(z = 2) = 0$.

Рис. 8.69. Совместная плотность распределения абсолютной звёздной величины и величины красного смещения излучения 526356 квазаров.

Рисунки 8.67, 8.68 и 8.69 взяты нами из работы [16]. Плотности распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучений квазаров представлены в виде гистограмм. Шаг изменения видимой звёздной величины принят равным $0{,}1^{m}$, шаг изменения величины красного смещения

излучения равен 0,05. Величина красного смещения излучения квазаров меняется в диапазоне от 0 до 5.

Максимальное значение плотности красного смещения излучения квазаров принимает при $z_{\mathrm{mod}} = 2{,}25$. На левой панели рисунка 8.63 голубым цветом показана плотность величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных в ходе осуществления программы наблюдений SDSS-I/II [14]. Фиолетовым цветом – в ходе осуществления SDSS-III [15]. Красным – в ходе осуществления SDSS-IV [16]. Чёрным цветом представлена плотность распределения величины красного смещения излучения всех 526356 обнаруженных квазаров.

На левой панели рисунка 8.68 чёрным цветом представлена плотность распределения видимой звёздной величины квазаров, обнаруженных на всех этапах осуществления программы SDSS в диапазоне от 16^{m} до 23^{m}. Здесь же разными цветами представлены плотности распределения видимой звёздной величины квазаров, обнаруженных на каждом из этапов осуществления программы SDSS в отдельности. На правых панелях рисунков 8.67 и 8.68 представлены данные, позволяющие оценить вклад различных критериев идентификации квазаров при формировании данных о видимой звёздной величине квазаров и величине красного смещения их излучения.

При определении совместной плотности распределения абсолютной звёздной величины и величины красного смещения излучения квазаров, представленной на рисунке 8.69, шаг изменения видимой звёздной величины принят равным $0{,}1^{\mathrm{m}}$, шаг изменения величины красного смещения излучения равен 0,1. Изменения совместной плотности распределения представлены в виде изменения цветовой насыщенности рисунка в соответствии с приведённой шкалой.

На рисунке 8.69 также отображены области, в формировании которых использовались результаты наблюдений квазаров, полученные на различных этапах осуществления SDSS. На этапе SDSS-I/II, помеченном голубым контуром, были обнаружены наиболее яркие квазары на всех красных

смещениях. На этапе SDSS-III, помеченном пурпурным контуром, возможности обнаружения квазаров возросли, что позволило осуществить наблюдение примерно на две звёздные величины менее ярких квазаров, чем это было доступно на этапе SDSS-I/II, в основном при величине красного смещения излучения квазаров больше двух. На этапе SDSS-IV, контур которого помечен красным цветом, при тех же возможностях обнаружения квазаров, которые были достигнуты на этапе SDSS-III, с фокусировкой на диапазоне величины красного смещения излучения квазаров от 0,8 до 2,2.

Изменение числа обнаруженных квазаров по мере осуществления этапов наблюдений квазаров SDSS во времени представлено на рисунке 8.70.

Карты наблюдений квазаров, осуществлённые на различных этапах реализации программы SDSS, представлены на рисунке 8.71.

Рисунки 8.70 и 8.71 взяты нами из работы [16]. Эти рисунки важны для понимания результатов наблюдений 526356 квазаров, представленных на рисунке 8.67.

Плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров важна для определения плотности их удаления от Земли. Плотности удаления квазаров от Земли, определённые на основе различных космологических моделей, могут выступать в качестве теста на соответствие этих моделей результатам наблюдений за квазарами.

Очевидно, что плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, представленная на левой панели рисунка 8.67, мало пригодна для этих целей, во многом из-за того, что программа наблюдений SDSS-IV ещё не завершена. Площадь наблюдений на этапе SDSS-IV, на момент представления результатов в работе [16], примерно в пять раз меньше, чем на этапе SDSS-III (см. рис.8.71). А это означает, что после завершения программы наблюдений SDSS-IV число квазаров, величина красного смещения излучения которых находится в диапазоне от 0.8 до 2.2, многократно возрастёт. Так, оценки, представленные в работе [16], показывают, что в диапазоне красного смещения излучения от 0.9 до 2.2, наблюдения,

выполняемые на этапе SDSS-IV, позволяют увеличить число обнаруженных квазаров, приходящихся на единицу площади, в 2,4 раза по отношению к числу квазаров, обнаруженных на единичной площади на этапах SDSS-I/II/III. В работе [16] полагают, что число обнаруженных квазаров летом 2019 года превысит семьсот тысяч. Всё это приведёт к соответствующему изменению плотности распределения величины красного смещения излучения обнаруженных квазаров, что сделает её более пригодной для тестирования различных космологических моделей на соответствие результатам наблюдений за квазарами.

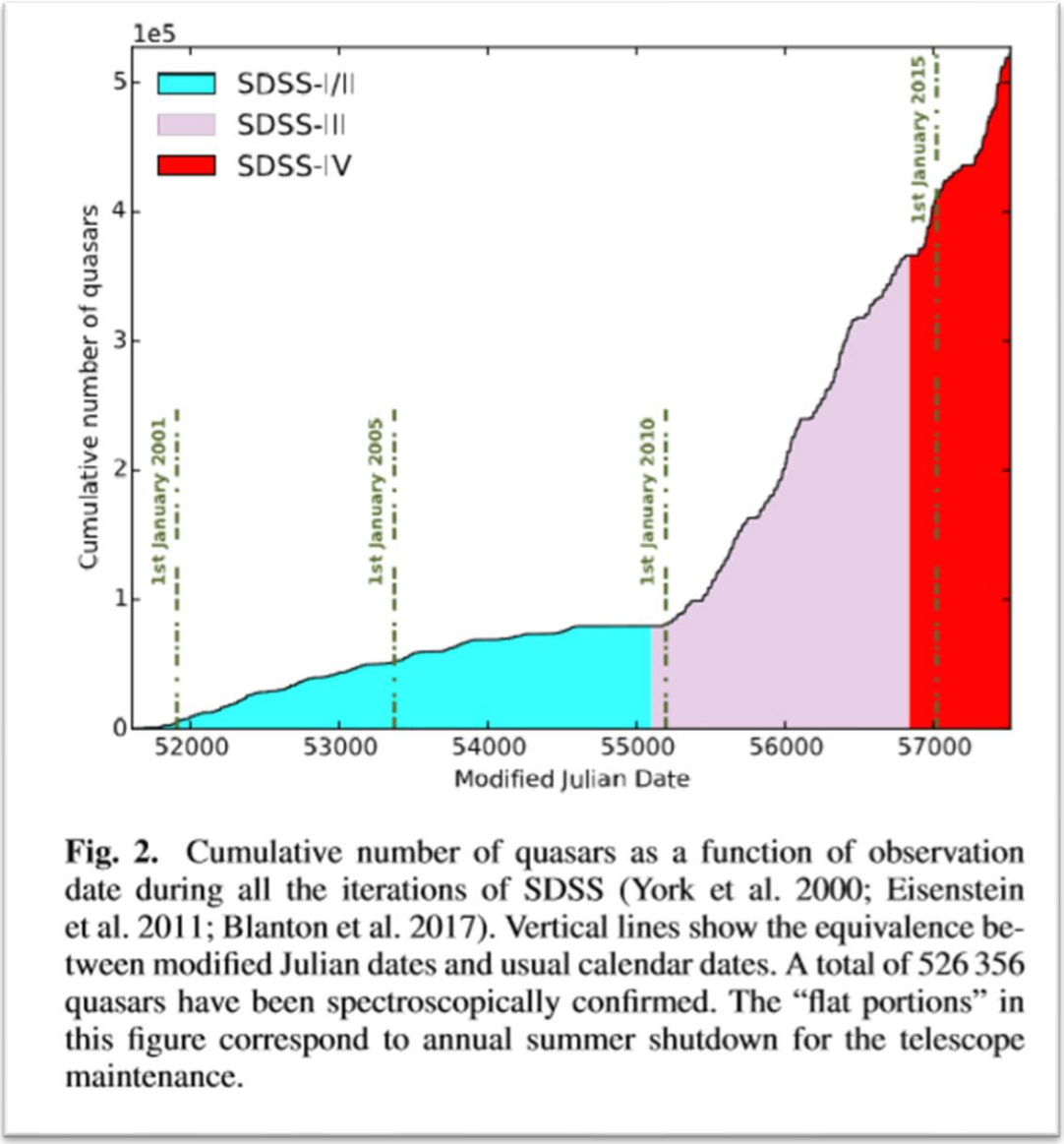


Fig. 2. Cumulative number of quasars as a function of observation date during all the iterations of SDSS (York et al. 2000; Eisenstein et al. 2011; Blanton et al. 2017). Vertical lines show the equivalence between modified Julian dates and usual calendar dates. A total of 526 356 quasars have been spectroscopically confirmed. The "flat portions" in this figure correspond to annual summer shutdown for the telescope maintenance.

Рис. 8.70. Изменение числа обнаруженных квазаров по мере осуществления этапов наблюдений квазаров SDSS во времени.

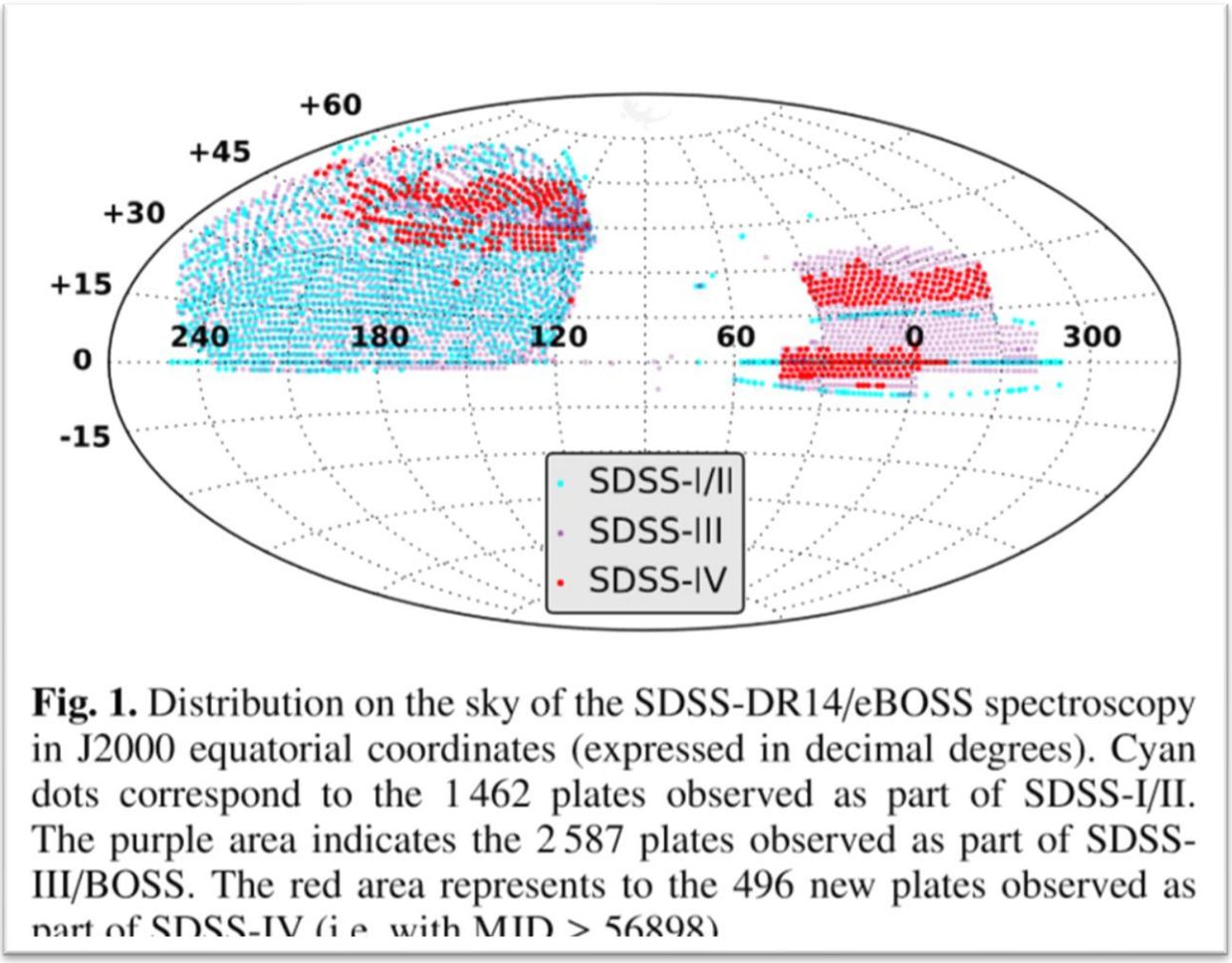


Fig. 1. Distribution on the sky of the SDSS-DR14/eBOSS spectroscopy in J2000 equatorial coordinates (expressed in decimal degrees). Cyan dots correspond to the 1 462 plates observed as part of SDSS-I/II. The purple area indicates the 2 587 plates observed as part of SDSS-III/BOSS. The red area represents to the 496 new plates observed as part of SDSS-IV (i.e. with MJD > 56898)

Рис. 8.71. Карты наблюдений квазаров на различных этапах осуществления программы SDSS в экваториальных координатах.

Для того чтобы понять, насколько представление о квазарах, как о сверхмассивных звёздах со световым источником их энергии и светимостью близкой к Эддингтоновской, соответствует результатам наблюдений за сотнями тысяч квазаров, опубликованных в работах [14], [15] и [16], были выполнены дополнительные исследования.

Во-первых, были выполнены исследования, которые показали, что масса квазара находится в диапазоне от одного миллиона до примерно четырёх миллиардов масс Солнца. То, что это так, легко убедиться, рассмотрев зависимости видимых звёздных величин квазаров от величины красного смещения их излучения, представленные на рисунке 8.72.

Действительно, зависимости, приведённые на рисунке 8.72, полностью перекрывают области изменения видимой звёздной величины квазара

от величины красного смещения его излучения, установленные при наблюдении десятков тысяч квазаров и опубликованных в работах [14] и [15], результаты которых представлены нами на рисунках 8.64 и 8.66. К сожалению, как мы уже отмечали ранее, в работе [16] отсутствует диаграмма совместной плотности распределения видимой звёздной величины квазаров и величины красного смещения их излучения. Однако есть веские основания полагать, что определённый нами диапазон изменения массы квазара не претерпит серьёзных изменений и после опубликования данной диаграммы.

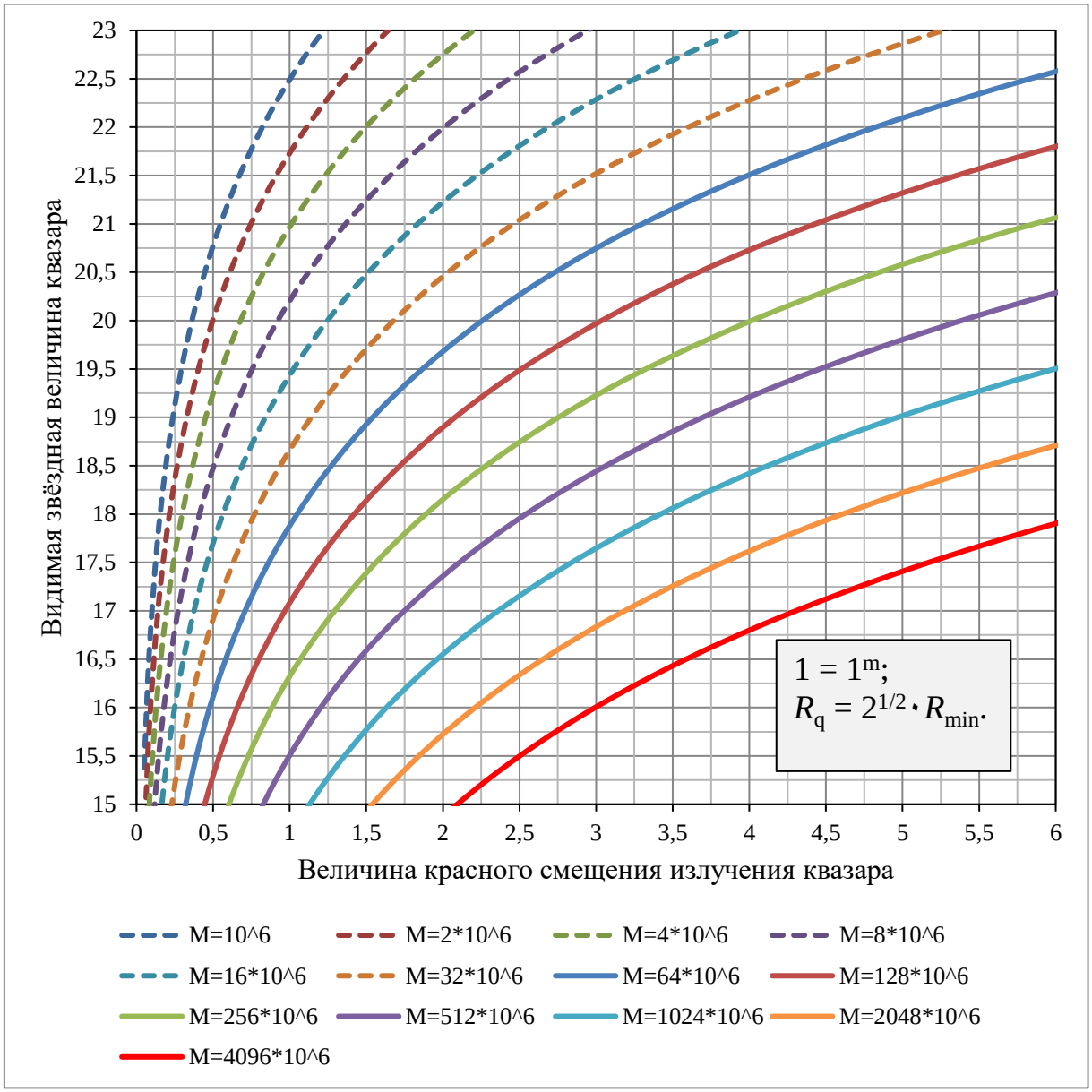


Рис. 8.72. Зависимости видимых звёздных величин квазаров различных масс от величины красного смещения их излучения.

Во-вторых, была разработана модель, которая позволяла, используя законы изменения видимой звёздной величины квазара и величины красного смещения его излучения от его относительного удаления до Земли, определять:

- Плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, расположенных в заданном диапазоне относительных удалений от Земли;
- Плотность распределения видимой звёздной величины квазаров, расположенных в заданном диапазоне относительных удалений от Земли;
- Совместную плотность распределения видимой звёздной величины квазаров и величины красного смещения их излучения, расположенных в заданном диапазоне относительных удалений от Земли.

В качестве исходных данных в модели используются:

- Плотность распределения квазаров в пространстве, ограниченном заданным диапазоном относительных удалений от Земли;
- Плотность распределения текущей массы квазаров, находящихся в пространстве, ограниченном заданным диапазоном относительных удалений от Земли;
- Зависимость вероятности обнаружения квазара от его видимой звёздной величины.

В-третьих, на модели были выполнены исследования, основная цель которых состояла в том, чтобы показать, что представление о квазарах, как о сверхмассивных звёздах со световым источником их энергии и светимостью близкой к Эддингтоновской, соответствует результатам наблюдений за сотнями тысяч квазаров, опубликованных в работах [14], [15] и [16].

При формировании исходных данных для проведения исследований были приняты следующие допущения и предположения:

- Относительное удаление квазаров от Земли находится в диапазоне от одной сотой до тридцати трёх сотых радиуса Метагалактики, что соответствует текущему удалению от Земли от 115 Мпк до 3788 Мпк.

Заметим, что при $\bar{r}_{\mathrm{q}} = 0{,}33$ минимальное значение величины красного смещения излучения квазара превышает $z_{\mathrm{q}_{\min}} \geq 5{,}26$.

- Текущая объёмная плотность распределения квазаров в пространстве, ограниченном заданным диапазоном относительных удалений квазаров от Земли, есть величина постоянная.
- Функция распределения текущей массы квазаров, находящихся в пространстве, ограниченном заданным диапазоном относительных удалений от Земли, определяется следующим выражением:

$$F_{(\log_{10} M6_{\mathrm{q}})} = 1 - e^{-\left(\frac{2}{3}\cdot \log_{10} M6_{\mathrm{q}}\right)^3} \qquad (8.192)$$

где $M6_{\mathrm{q}}$ – текущее отношение массы квазара к одному миллиону масс Солнца.

Заметим, что функция распределения $F_{(\log_{10} M6_{\mathrm{q}})}$ является распределением Вейбулла, где коэффициент масштаба принят равным трём вторым, а коэффициент формы трём. Важно, что диапазон изменения текущей массы квазара, определённый в соответствии с распределением (8.192), совпадает с тем, который был установлен нами ранее исходя из зависимостей, представленных на рисунке 8.72.

- Отношение радиуса квазара к его минимальному радиусу равно корню квадратному из двух, что, как показано нами ранее, близко к среднему геометрическому этого отношения, определённого для возможного диапазона изменения радиуса квазара.
- Вероятность обнаружения квазара определяется следующим выражением:

$$\begin{aligned} p_{m_{\mathrm{q}}} &= 1, && \text{если } 15^{\mathrm{m}} \leq m_{\mathrm{q}} \leq 20{,}5^{\mathrm{m}}; \\ p_{m_{\mathrm{q}}} &= e^{-\left(m_q - 20{,}5^{\mathrm{m}}\right)^2}, && \text{если } 20{,}5^{\mathrm{m}} < m_{\mathrm{q}} \leq 23^{\mathrm{m}}; \\ p_{m_{\mathrm{q}}} &= 0, && \text{если } \left(m_{\mathrm{q}} < 15^{\mathrm{m}}\right) \wedge \left(m_{\mathrm{q}} > 23^{\mathrm{m}}\right), \end{aligned} \qquad (8.193)$$

где $p_{m_{\mathrm{q}}}$ – вероятность обнаружения квазара, когда его видимая звёздная величина равна m_{q}.

Поскольку разработанная нами модель основана на использовании метода Монте-Карло, то получаемые в ней результаты образуются в ходе осуществления и статистической обработки большого числа экспериментов. Каждый эксперимент связан с рассмотрением одного квазара и осуществляется в следующей последовательности:

- Определяем относительное удаление квазара от Земли:

$$\bar{r}_{\text{q}} = \sqrt[3]{ч} \cdot \bar{r}_{\text{q}_{\max}}, \tag{8.194}$$

где $ч$ – случайное число, равномерно распределённое в интервале [0,1]. Если $\bar{r}_{\text{q}} < \bar{r}_{\text{q}_{\min}}$, то определяем новое значение относительного удаления квазара от Земли.

- Определяем текущую массу квазара, измеренную в массах Солнца:

$$M_{\text{q}_0} = 10^{6+\frac{3}{2}\cdot\sqrt[3]{-\ln(1-ч)}}. \tag{8.195}$$

- Определяем текущий радиус квазара, измеренный в радиусах Солнца:

$$R_{\text{q}_0} = 0{,}522 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{\text{q}_0}}. \tag{8.196}$$

- Определяем текущую величину гравитационного красного смещения излучения квазара:

$$z_{G_{\text{q}_0}} = \frac{G_0 \cdot M_{\text{q}_0}}{c^2 \cdot R_{\text{q}_0}}. \tag{8.197}$$

- Определяем величину красного смещения излучения квазара:

$$z_q = \frac{1 + \sqrt[4]{\left(1-\bar{r}_{\text{q}}\right)^{(ю-1)}} \cdot z_{G_{\text{q}_0}}}{\sqrt{1-\bar{r}_{\text{q}}^2} \cdot \left(1-\bar{r}_{\text{q}}\right)^{2\cdot ю-3}} - 1. \tag{8.198}$$

- Определяем текущую долю мощности светового источника энергии квазара, расходуемую на его возрастные изменения:

$$\bar{L}_{я_{q_0}} = \frac{k_R^3 \cdot \sqrt{\bar{M}_{\text{q}_0}}}{k_{\bar{R}_{\max/\min_0}}^3} \approx 3{,}38 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\bar{M}_{\text{q}_0}}. \tag{8.199}$$

- Исходя из зависимости (8.185) определяем текущую абсолютную звёздную величину квазара:

$$\boldsymbol{M}_{\text{q}_0} = -3{,}63 - 7{,}5 \cdot \log_{10} \bar{M}_{\text{q}_0} + 10 \cdot \log_{10} \bar{R}_{\text{q}_0} - 2{,}5 \cdot \log_{10}\left(1 - \bar{L}_{я_{q_0}}\right), \tag{8.200}$$

где учтено, что $\boldsymbol{M}_{\mathrm{Sun}} + 2{,}5 \cdot \log_{10}\left(1 - \beta_{\mathrm{Sun}_0}\right) \approx -3{,}63$.

- Исходя из зависимости (8.190) определяем видимую звёздную величину квазара:

$$m_{\mathrm{q}} = 41{,}67 - 7{,}5 \cdot \log_{10} \bar{M}_{\mathrm{q}_0} + 10 \cdot \log_{10} \bar{R}_{\mathrm{q}_0} - 2{,}5 \cdot \log_{10}\left(\frac{1 + \bar{r}_{\mathrm{q}}}{1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}}\right) + 5 \cdot \log_{10} \bar{r}_{\mathrm{q}} -$$

$$-2{,}5 \cdot \log_{10}\left[1 - \bar{L}_{\text{я}_{q_0}} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{\text{ю}-1}}\right] - 10 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \log_{10}\left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right), \qquad (8.201)$$

где учтено, что $\boldsymbol{M}_{\mathrm{Sun}} + 2{,}5 \cdot \log_{10}\left(1 - \beta_{\mathrm{Sun}_0}\right) - 5 + 5 \cdot \log_{10} R \approx 41{,}67$.

- Осуществляем исполнение условных операторов:

1. Если $m_{\mathrm{q}} > 23^{\mathrm{m}}$, то $N_{(m_{\mathrm{q}} > 23^{\mathrm{m}}) \wedge (\bar{r}_{\mathrm{q}} < \bar{r}_{\mathrm{q\,max}})} = N_{(m_{\mathrm{q}} > 23^{\mathrm{m}}) \wedge (\bar{r}_{\mathrm{q}} < \bar{r}_{\mathrm{q\,max}})} + 1$, (8.202)

при этом после сбора статистических данных о массе квазара и удалению его от Земли, осуществляем переход к следующему эксперименту.

2. Если $m_{\mathrm{q}} < 15^{\mathrm{m}}$, то $N_{(m_{\mathrm{q}} < 15^{\mathrm{m}})} = N_{(m_{\mathrm{q}} < 15^{\mathrm{m}})} + 1$, (8.203)

при этом после сбора статистических данных о массе квазара и удалению его от Земли, осуществляем переход к следующему эксперименту.

3. Если $\left(20{,}5^{\mathrm{m}} < m_{\mathrm{q}} < 23^{\mathrm{m}}\right) \wedge \left(\text{ч} > e^{-\left(m_{\mathrm{q}} - 20{,}5^{\mathrm{m}}\right)^2}\right)$, $N_{\text{но}} = N_{\text{но}} + 1$, (8.204)

при этом после сбора статистических данных о массе квазара и удалению его от Земли, осуществляем переход к следующему эксперименту.

4. Если переход к следующему эксперименту не состоялся, то это означает, что произошло обнаружение очередного квазара, то есть $N_{\mathrm{q}} = N_{\mathrm{q}} + 1$, (8.205)

при этом после сбора полного объёма статистических данных о квазаре и при условии, что $N_{\mathrm{q}} < 526356$, переходим к следующему эксперименту.

Если $N_{\mathrm{q}} = 526356$, то осуществляем переход к обработке статистических данных и формированию результатов исследования.

Заметим, что при моделировании кроме основных результатов исследований, указанных нами ранее, определяются:

- Плотность распределения текущей массы квазаров и её составляющие в заданном диапазоне относительных удалений от Земли.
- Плотность распределения текущих расстояний до квазаров и её составляющие в заданном диапазоне относительных удалений от Земли.

- Совместная плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины квазаров и величины красного смещения их излучения, расположенных в заданном диапазоне относительных удалений от Земли.

Плотности распределения текущей массы квазаров и их текущих удалений от Земли определяются не только для обнаруженных квазаров, но для всех, расположенных в заданном диапазоне относительных удалений от Земли, с соответствующей градацией на составляющие. Это важно для объяснения результатов наблюдений за квазарами.

Рассмотрим результаты исследований по обнаружению 526356 квазаров на модели, учитывающей основные эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, и в которой квазар является сверхмассивной звездой со световым источником энергии и светимостью близкой к Эддингтоновской.

Исходя из принятых допущений и предположений, в ходе моделирования было установлено, что для обнаружения 526356 квазаров потребовалось провести 1351757 экспериментов. Это означает, что на текущем удалении от 115 [Мпк] до 3788 [Мпк] от Земли в обследуемом пространстве, оценку телесного угла которого мы дадим несколько позже, находится 1351757 квазаров. Из них 3493 квазара, что составляет менее 0,26 %, не были отнесены к числу обнаруженных, поскольку их видимая звёздная величина была менее 15^{m}. 371857 квазаров, что составляет примерно 27,51 % от общего их числа, не были обнаружены, поскольку их видимая звёздная величина превышала 23^{m}. Ещё 450047 квазаров, что составляет около трети от их общего числа, не реализовали свой шанс быть обнаруженными, поскольку их видимая звёздная величина находилась в диапазоне от $20{,}5^{m}$ до 23^{m} и допускала такую возможность. Таким образом, доля обнаруженных квазаров составила 38,94 % от их общего числа.

Плотность распределения текущей массы квазаров и её составляющие в заданном диапазоне удалений от Земли представлены на рисунке 8.73.

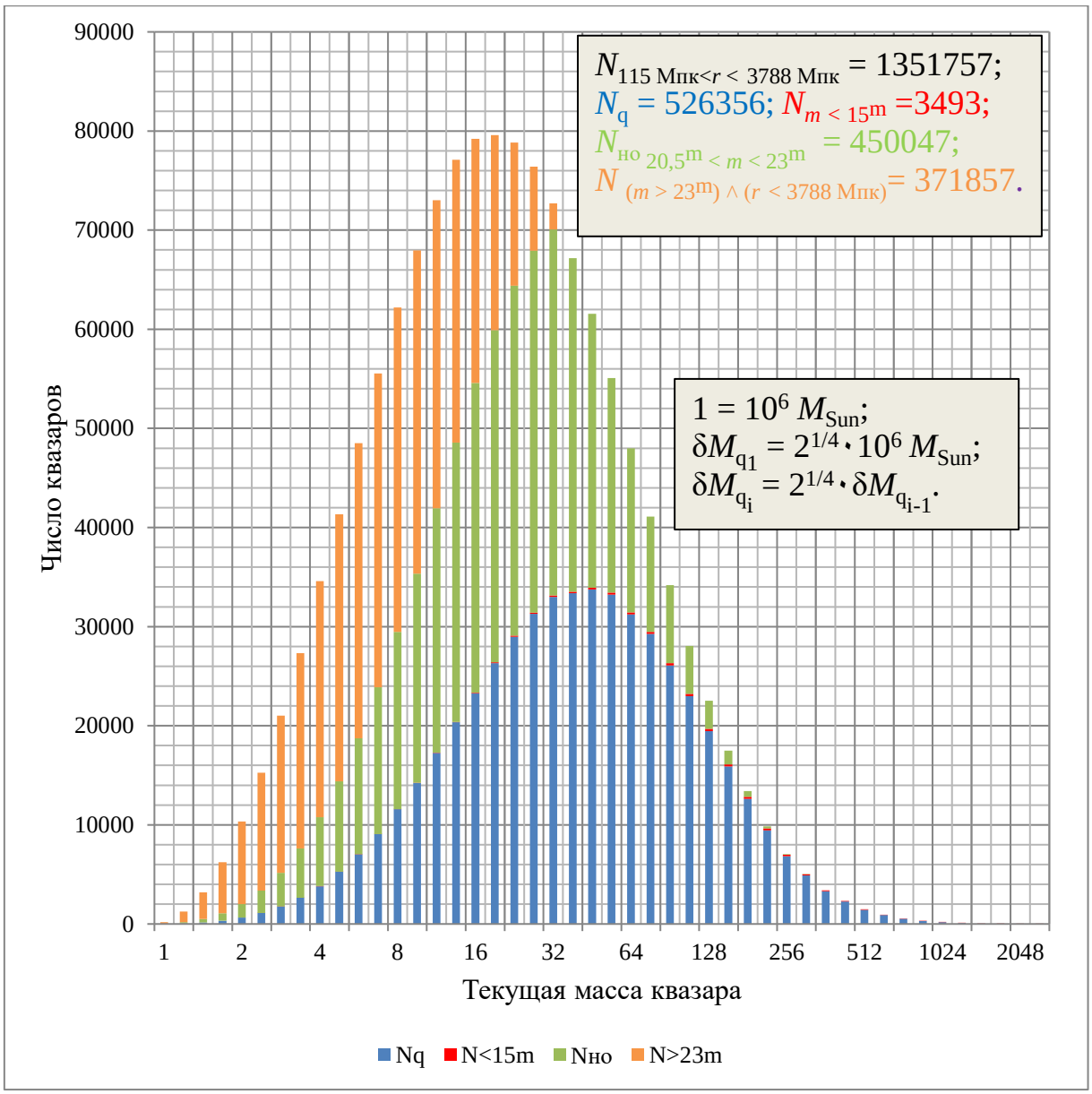


Рис. 8.73. Плотность распределения текущей массы квазаров и её составляющие на текущем удалении от 115 Мпк до 3788 Мпк от Земли.

Плотность распределения текущей массы квазаров представлена в виде гистограммы. За единицу измерения массы квазара принята масса равная одному миллиону масс Солнца. Для измерения текущей массы квазара используется логарифмическая шкала по основанию равному двум. При формировании гистограммы шаг изменения массы был принят равным одной четвёртой.

Формирование плотности распределения текущей массы квазаров происходит нарастающим итогом. Плотность распределения текущей массы

квазаров, которые были обнаружены в ходе проведения экспериментов на модели, представлена на рисунке синим цветом. К ней добавлена плотность распределения текущей массы квазаров, видимая звёздная величина которых меньше 15^m, помеченная на рисунке красным цветом. К полученной плотности добавлена плотность распределения текущей массы квазаров, чья видимая звёздная величина находится в диапазоне от $20{,}5^m$ до 23^m и которые не реализовали свой шанс быть обнаруженными, помеченная на рисунке зелёным цветом. Последним слагаемым при формировании плотности является плотность распределения текущей массы квазаров, которые находятся в заданном диапазоне относительных удалений от Земли и их видимая звёздная величина больше 23^m, помеченная на рисунке оранжевым цветом.

Расчёты показывают, что средняя текущая масса квазаров, расположенных в заданном диапазоне удалений от Земли, составляет сорок один миллион девятьсот двадцать три тысячи масс Солнца. Средняя же текущая масса обнаруженных квазаров примерно на семьдесят три процента больше и составляет семьдесят два миллиона четыреста сорок девять тысяч масс Солнца. Средняя текущая масса необнаруженных квазаров составляет двадцать два миллиона четыреста пятьдесят семь тысяч масс Солнца, что более чем в три раза меньше средней текущей массы обнаруженных квазаров. Из рассматриваемых групп квазаров наибольшей средней текущей массой обладают квазары, видимая звёздная величина которых меньше 15^m. Она составляет сто шестьдесят два миллиона пятьсот сорок две тысячи масс Солнца. Но доля этих квазаров очень мала. Заметим, что к этой группе, например, относится рассмотренный нами ранее квазар 3C 273, видимая звёздная величина которого равна $12{,}83^m$, а величина красного смещения его излучения составляет 0,158339. При радиусе квазара в корень квадратный из двух раз большем его минимального радиуса, его масса составит девяносто четыре миллиона восемьсот двадцать три тысячи масс Солнца, а текущее удаление от Земли будет равно 302 [Мпк].

Наименьшей средней текущей массой обладают квазары, чья видимая звёздная величина превышает 23^m. Она составляет десять миллионов двести тридцать пять тысяч масс Солнца. Текущая масса квазаров этой группы находится в узком диапазоне от одного до тридцати двух миллионов масс Солнца. Малые размеры диапазона имеют простое объяснение. Дело в том, что в заданном диапазоне удалений от Земли, видимая звёздная величина квазаров, с текущей массой превышающей тридцать два миллиона масс Солнца, всегда меньше 23^m. Это хорошо видно на рисунке 8.72. Средняя текущая масса квазаров, чья видимая звёздная величина находится в диапазоне от $20{,}5^m$ до 23^m и которые не реализовали свой шанс быть обнаруженными, составляет тридцать один миллион четыреста шестьдесят девять тысяч масс Солнца. Расчёты показывают, что масса 99 % всех рассматриваемых квазаров не превышает трёхсот миллионов масс Солнца. Доля квазаров из числа обнаруженных с текущей массой более миллиарда масс Солнца составляет всего лишь три сотых процента. Единственный квазар – рекордсмен имеет текущую массу в диапазоне от трёх миллиардов четырёхсот сорока четырёх миллионов до четырёх миллиардов девяноста шести миллионов масс Солнца.

Плотность распределения текущих расстояний до квазаров и её составляющие в заданном диапазоне удалений от Земли представлена в виде гистограммы на рисунке 8.74. За единицу измерения расстояний принят один мегапарсек. При формировании гистограммы шаг изменения расстояния принят равным 28,698 [Мпк]. Формирование плотности распределения текущих удалений квазаров от Земли происходит нарастающим итогом. Плотность распределения текущих удалений квазаров от Земли, которые были обнаружены в ходе проведения экспериментов на модели, представлена на рисунке синим цветом. К ней добавлена плотность распределения текущих удалений квазаров от Земли, видимая звёздная величина которых меньше 15^m, помеченная на рисунке красным цветом. К полученной плотности добавлена плотность распределения текущих удалений квазаров от Земли, чья видимая звёздная величина находится в диапазоне от $20{,}5^m$ до 23^m и которые не реализовали

свой шанс быть обнаруженными, помеченная на рисунке зелёным цветом. Последним слагаемым при формировании плотности является плотность распределения текущих удалений квазаров от Земли, которые находятся в заданном диапазоне относительных удалений от Земли и их видимая звёздная величина больше 23^m, помеченная на рисунке оранжевым цветом.

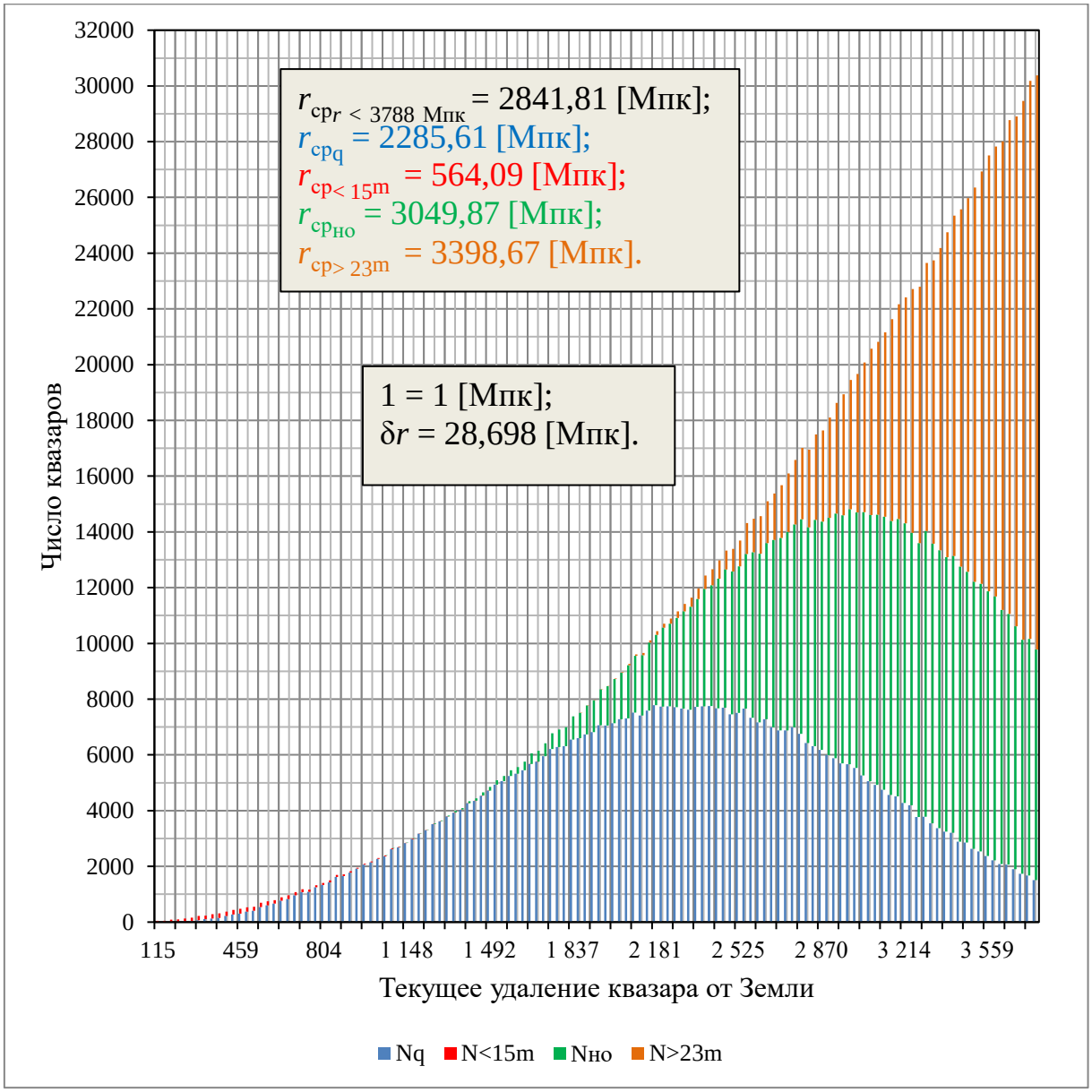


Рис. 8.74. Плотность распределения текущих расстояний до квазаров и её составляющие на текущем удалении до 3788 мегапарсек от Земли.

Расчёты показывают, что среднее текущее расстояние до квазаров, расположенных в заданном диапазоне удалений от Земли, составляет 2841,81 [Мпк]. Это статистически полученное значение отличается от

теоретически рассчитанного для равномерного распределения квазаров менее чем на три тысячных процента. Среднее текущее расстояние до обнаруженных квазаров примерно на двадцать процентов меньше и составляет 2285,61 [Мпк]. Из рассматриваемых групп квазаров наименьшим средним текущим удалением от Земли обладают квазары, видимая звёздная величина которых меньше 15^{m}. Оно составляет 564,09 [Мпк]. Наибольшим средним текущим удалением от Земли обладают квазары, чья видимая звёздная величина превышает 23^{m}. Оно составляет 3398,67 [Мпк]. Среднее текущее удаление квазаров, чья видимая звёздная величина находится в диапазоне от $20{,}5^{m}$ до 23^{m} и которые не реализовали свой шанс быть обнаруженными, составляет 3049,87 [Мпк].

Представленные на рисунках 8.73 и 8.74 результаты моделирования важны, поскольку они дают естественное объяснение, с одной стороны, установленному в результате наблюдений росту средней текущей светимости квазаров по мере их удаления от Земли, а, с другой стороны, наблюдаемой неравномерности распределения квазаров на различных удалениях от Земли.

Плотность распределения величины красного смещения излучения 526356 квазаров, обнаруженных в ходе моделирования в заданном диапазоне удалений от Земли, представлена на рисунке 8.75 в виде гистограммы. При формировании гистограммы шаг изменения величины красного смещения излучения был принят равным 0,05. Математическое ожидание величины красного смещения излучения обнаруженных квазаров составила $z_{\text{ср}} = 2{,}08$. Примерно 50 % обнаруженных на модели квазаров имеют величину красного смещения излучения менее 1,8. Доля обнаруженных квазаров, величина красного смещения излучения которых менее 5, составляет 98,45 %. Наибольшее значение величины красного смещения излучения установлено у трёх квазаров. Оно находится в диапазоне от 5,95 до 6,0.

Очевидно, что плотность распределения величины красного смещения излучения 526356 квазаров, полученная в ходе их наблюдений и представленная на рисунке 8.67, является очень плохим примером для подражания.

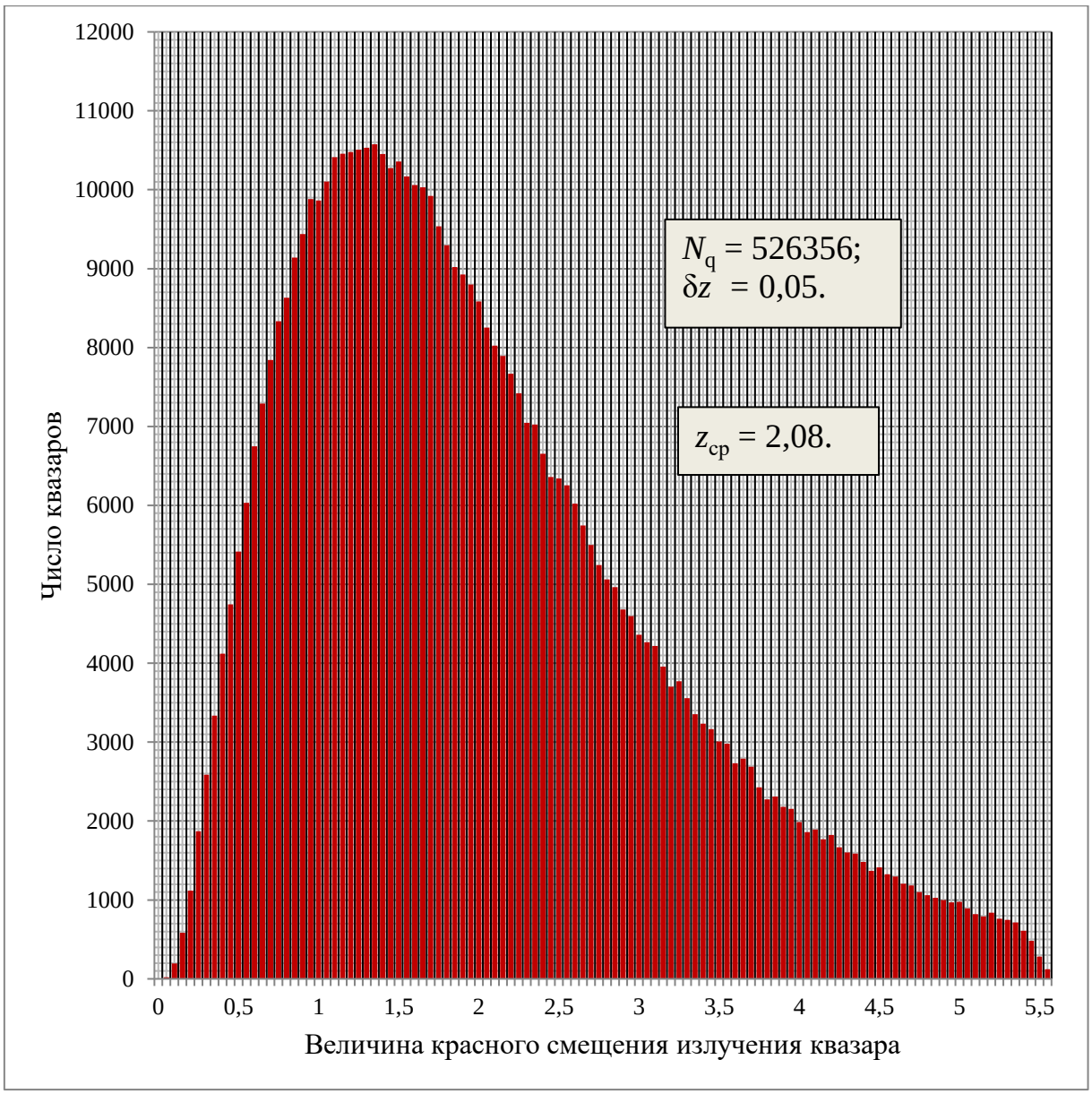


Рис. 8.75. Плотность распределения величины красного смещения излучения 526356 квазаров.

Дело в том, что результаты, полученные в ходе наблюдений при осуществлении программ SDSS-I/II, SDSS-III и SDSS-IV имеют очевидный флюс, ярко выраженный на рисунке 8.67. Действительно, на формирование результатов наблюдений, представленных в работе [16], данные наблюдений квазаров, полученные на этапе SDSS-III, оказывают непропорционально большее влияние, чем данные наблюдений квазаров, полученные на этапах SDSS-I/II и SDSS-IV. При доведении объёмов наблюдений квазаров на этапах SDSS-I/II и SDSS-IV, до тех, которые были осуществлены на этапе SDSS-III, число

обнаруженных квазаров на этих этапах возрастёт в одну целую и семьдесят семь сотых раза и в пять целых и двадцать две сотых раза соответственно. Это следует из объёмов наблюдений, осуществлённых на каждом из этапов, которые представлены на рисунке 8.71.

Специально выполненные расчёты показывают, что при увеличении чувствительности обнаружения квазаров на этапе SDSS-I/II на две звёздные величины, т.е. до уровня этапа SDSS-III, число обнаруженных на этом этапе квазаров станет больше примерно в три целых и двадцать две сотых раза. Предварительно выполненные оценки показали, что число обнаруженных квазаров на всех этапах наблюдений, результаты которых представлены в работе [16], составляют не менее чем 25,2 % от числа обнаруженных квазаров на модели, если телесный угол поиска квазаров на модели равен 9376 квадратных градусов, что соответствует объёму наблюдений, выполненных на этапе SDSS-III. Для того чтобы понять, как мы пришли к такой оценке, прикинем, какой могла бы быть плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, определённая в ходе их наблюдения, если возможности по обнаружению квазаров и объёмы выполненных наблюдений на каждом из этапов SDSS-I/II, SDSS-III и SDSS-IV были бы равны. Это уравняет вклад данных, полученных на различных этапах наблюдений, в формирование плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров, что устранит очевидные флюсы и создаст предпосылки для сравнения данных наблюдений с результатами моделирования.

Результаты прикидки по определению плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров, полученная на основе их наблюдений при условии, что возможности по обнаружению квазаров и объёмы выполненных наблюдений на каждом из этапов SDSS-I/II, SDSS-III и SDSS-IV были бы равны, представлены на рисунке 8.76.

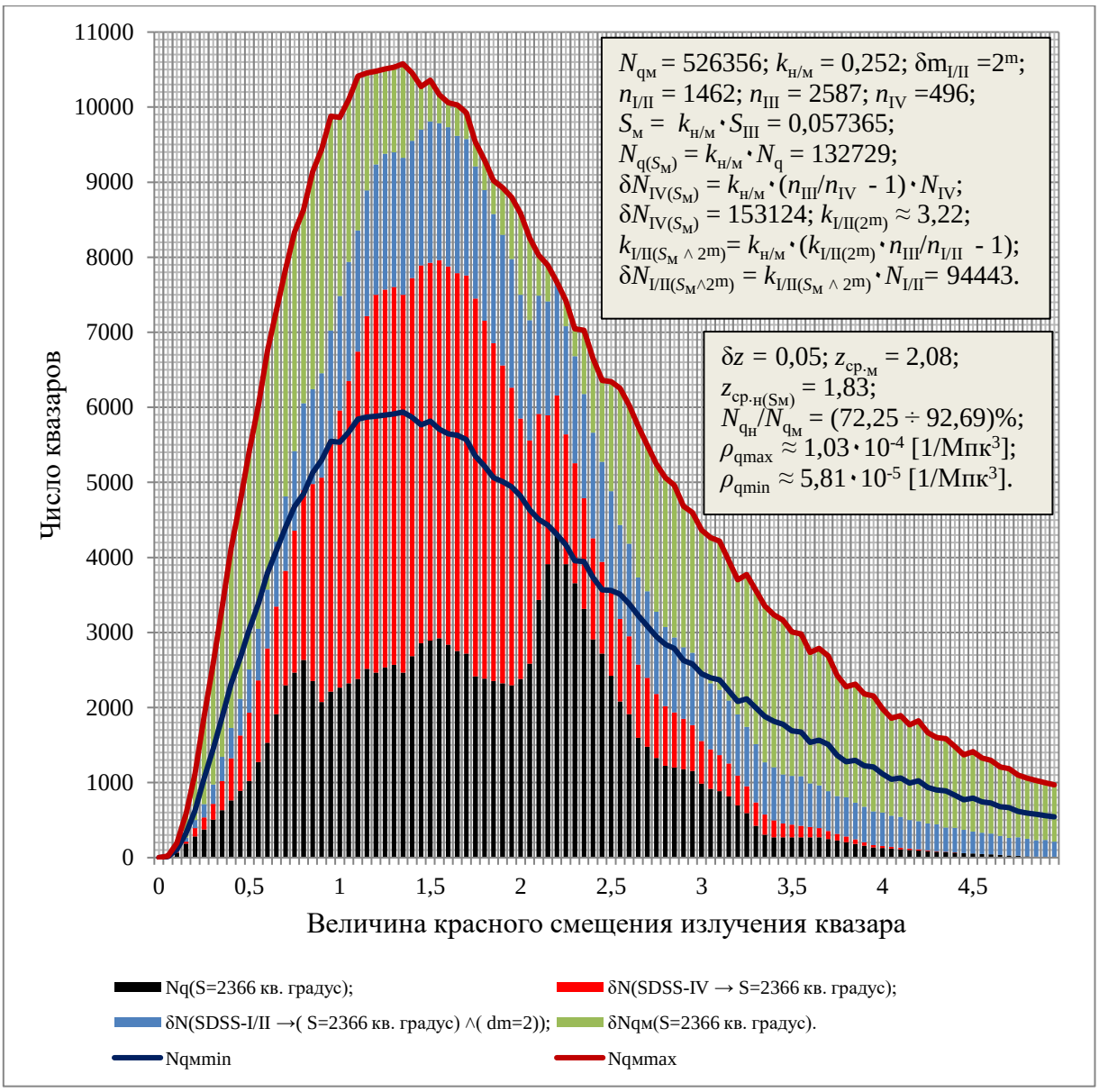


Рис. 8.76. Сравнение плотности распределения величины красного смещения излучения 526356 квазаров, определённой в ходе моделирования, с плотностью распределения величины красного смещения излучения квазаров, определённой на основе их наблюдений, исходя из предположения о равном вкладе в её формирование данных, полученных на каждом этапе наблюдений SDSS-I/II, SDSS-III и SDSS-IV.

С целью упрощения сравнения с результатами моделирования определение плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров осуществлялось при телесном угле площади наблюдений квазаров, равном:

$$S_{\text{м}} = S_{\text{III}} \cdot k_{\text{н/м}} = 2366 \text{ [кв. градусов]}, \quad (8.206)$$

где S_{III} – телесный угол суммарной площади наблюдений квазаров на этапе SDSS-III; $k_{\text{н/м}}$ – минимальное значение отношения суммарного числа квазаров, обнаруженных на всех этапах их наблюдений, к числу квазаров, обнаруженных на модели, если телесный угол площади наблюдений на модели равен S_{III}; $S_{\text{м}}$ – телесный угол площади наблюдений, при котором число обнаруженных на модели квазаров равно суммарному числу квазаров, обнаруженных на всех этапах их наблюдений.

Гистограмма, помеченная чёрным цветом на рисунке 8.76, представляет собой плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, полученная в ходе их наблюдения на всех этапах SDSS-I/II/III/IV при предположении, что телесные углы площадей наблюдений на каждом из этапов уменьшены в $\frac{1}{k_{\text{н/м}}}$ раз. По сути, эта гистограмма является уменьшенной примерно в четыре раза копией плотности, помеченной чёрным цветом на левой панели рисунка 8.67. Естественно, что уменьшение телесных углов площадей наблюдения на всех этапах приводит к пропорциональному уменьшению числа обнаруженных при этом квазаров:

$$N_{\text{q}(\text{S}_{\text{м}})} = N_{\text{q}} \cdot k_{\text{н/м}} = 132729, \quad (8.207)$$

где N_{q} – число квазаров, обнаруженных в ходе наблюдений на всех этапах SDSS-I/II/III/IV за период, представленный в работе [16].

Формирование плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров, полученная на основе их наблюдений при условии, что возможности по обнаружению квазаров и объёмы выполненных наблюдений на каждом из этапов SDSS-I/II, SDSS-III и SDSS-IV были бы равны, производится на рисунке 8.76 нарастающем итогом. Гистограмма, помеченная красным цветом на рисунке 8.76, представляет собой изменение плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров, обусловленное увеличением телесного угла площади наблюдений на этапе SDSS-IV до $S_{\text{м}}$. Величина изменения плотности распределения определяется путём

умножения гистограммы, помеченной красным цветом на левой панели рисунка 8.67, на коэффициент равный:

$$k_{\mathrm{IV}(\mathrm{S_м})} = k_{\mathrm{н/м}} \cdot \left(\frac{n_{\mathrm{III}}}{n_{\mathrm{IV}}} - 1\right), \tag{8.208}$$

где согласно данным, представленным на рисунке 8.71, $n_{\mathrm{III}} = 2567$ plates; $n_{\mathrm{IV}} = 496$ plates.

Дополнительное число обнаруженных квазаров при увеличении телесного угла площади наблюдений на этапе SDSS-IV до $S_{\mathrm{м}}$ составит:

$$\delta N_{\mathrm{IV}(\mathrm{S_м})} = N_{\mathrm{IV}} \cdot k_{\mathrm{IV}(\mathrm{S_м})} = 153124, \tag{8.209}$$

где N_{IV} – число квазаров, обнаруженных в ходе наблюдений на этапе SDSS-IV за период, представленный в работе [16].

Гистограмма, помеченная голубым цветом на рисунке 8.76, представляет собой изменение плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров, обусловленное, с одной стороны, изменением телесного угла площади наблюдений на этапе SDSS-I/II до $S_{\mathrm{м}}$, а, с другой стороны, увеличением возможностей по обнаружению квазаров на две звёздные величины. Специально проведённые расчёты с использованием модели позволили определить изменение плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров при увеличении возможностей по их обнаружению на 2^{m} на этапе SDSS-I/II. При этом было установлено, что число обнаруженных квазаров возросло в три целых и двадцать две сотых раза. Совокупное изменение плотности распределения, обусловленное не только увеличением возможностей по обнаружению квазаров, но и изменением телесного угла площади наблюдений, определяется следующей зависимостью:

$$\left\{\delta N_{\mathrm{I/II}(\mathrm{S_м}\wedge 2^{\mathrm{m}})_{\mathrm{i}}} = k_{\mathrm{н/м}} \cdot \left[\frac{n_{\mathrm{III}}}{n_{\mathrm{I/II}}} \cdot \delta N_{\mathrm{I/II}(2^{\mathrm{m}})_{\mathrm{i}}} + \left(\frac{n_{\mathrm{III}}}{n_{\mathrm{I/II}}} - 1\right) \cdot N_{\mathrm{I/II}_{\mathrm{i}}}\right]\right\}_{\mathrm{i}=1,\mathrm{I}_{\max}}, \tag{8.210}$$

где $\left\{\delta N_{\mathrm{I/II}(2^{\mathrm{m}})_{\mathrm{i}}}\right\}_{\mathrm{i}=1,\mathrm{I}_{\max}}$ – изменение плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров при увеличении возможностей по их обнаружению на 2^{m} на этапе SDSS-I/II; $\left\{\delta N_{\mathrm{I/II}(\mathrm{S_м}\wedge 2^{\mathrm{m}})_{\mathrm{i}}}\right\}_{\mathrm{i}=1,\mathrm{I}_{\max}}$ – совокупное изменение плотности распределения величины красного смещения излучения

на этапе SDSS-I/II, обусловленное увеличением возможностей по обнаружению квазаров на 2^{m} и изменением телесного угла площади наблюдений до $S_{\text{м}}$; $\left\{N_{\mathrm{I/II_i}}\right\}_{\mathrm{i=1,I_{max}}}$ – плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных в ходе наблюдений на этапе SDSS-I/II; $n_{\mathrm{I/II}} = 1462$ plates (см. рис. 8.71).

Дополнительное число обнаруженных квазаров, при увеличении телесного угла площади наблюдений до $S_{\text{м}}$ и возможностей их обнаружения на 2^{m}, составит:

$$\delta N_{\mathrm{I/II(S_м\wedge 2^m)}} = k_{\text{н/м}} \cdot \left(\frac{n_{\mathrm{III}}}{n_{\mathrm{I/II}}} \cdot k_{\mathrm{I/II(2^m)}} - 1\right) \cdot N_{\mathrm{I/II}} = 94443, \qquad (8.211)$$

где $N_{\mathrm{I/II}}$ – число квазаров, обнаруженных в ходе наблюдений на этапе SDSS-I/II; $k_{\mathrm{I/II(2^m)}}$ – коэффициент, численное значение которого показывает, во сколько раз увеличится число обнаруженных квазаров, если возможности по их обнаружению на этапе SDSS-I/II возрастут на две звёздные величины.

Сумма трёх гистограмм, помеченных чёрным, красным и голубым цветом на рисунке 8.76, образуют искомую нами гистограмму плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров, определённую на основе их наблюдений, исходя из предположения о равном вкладе в её формирование данных, полученных на каждом этапе наблюдений SDSS-I/II, SDSS-III и SDSS-IV. Данная гистограмма получена при предположении, что наблюдения на всех этапах осуществлялись в одном и том же объёме пространства, телесный угол которого составляет 5,7365 % от полного угла сферы, и обнаруженные квазары, представленные её тремя составляющими, являются взаимно дополнительными. Полученную гистограмму результатов наблюдений сравним с гистограммой плотности распределения величины красного смещения излучения 526356 квазаров, определённой в результате моделирования. Зелёным цветом на рисунке 8.76 помечена гистограмма распределения разности между результатами, которые определены в ходе моделирования и получены на основе наблюдений квазаров. При прочих равных условиях плотность распределения величины красного смещения излучения

квазаров, полученная в ходе их наблюдений, если число обнаруженных квазаров велико, не может превышать плотность распределения, которая определена на модели. Дело в том, что в данном случае плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, которая определена в ходе моделирования, можно рассматривать, как плотность распределения, полученную в ходе наблюдения квазаров, если при этом использованы все возможные алгоритмы и способы их выявления и обнаружения. Если исходить из предположения, что обнаруженные квазары, представленные гистограммами чёрного, красного и голубого цвета на рисунке 8.76, являются взаимно дополнительными и при прочих равных условиях число обнаруженных квазаров на модели и в ходе наблюдений при $2{,}20 < z \leq 2{,}25$ практически совпадают, то наша интерпретация данных, представленных на рисунке 8.76, состоит в следующем:

- Величина телесного угла пространства, в котором на модели осуществлено обнаружение 526356 квазаров, составляет 5,7365 % от полного угла сферы.
- Гистограмма, помеченная на рисунке 8.76 зелёным цветом, представляет собой плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, которая будет формироваться в ходе их дальнейших наблюдений по мере расширения и совершенствования алгоритмов и способов выявления квазаров.
- Доля квазаров, обнаруженных в ходе их наблюдений, составляет 72,25 % от числа квазаров, обнаруженных на модели.
- Текущая плотность квазаров в окружающем Землю пространстве составляет:

$$\rho_{\mathrm{q_{max}}} = \frac{N_{115\ \text{Мпк}<r<3788\ \text{Мпк}}}{\frac{4\cdot\pi}{3}\cdot(r_{\max}^3 - r_{min}^3)\cdot\bar{S}_{\text{м}}} \approx 1{,}03\cdot 10^{-4}\ \left[\frac{1}{\text{Мпк}^3}\right], \qquad (8.212)$$

где $\bar{S}_{\text{м}}$ – доля величины телесного угла пространства, в котором на модели осуществлено обнаружение 526356 квазаров, от полного угла сферы.

Предположение о том, что обнаруженные квазары, представленные гистограммами чёрного, красного и голубого цвета на рисунке 8.76, являются взаимно дополнительными, завышает оценку текущей плотности квазаров в окружающем Землю пространстве. Пределы этого завышения можно определить, если предположить, что при прочих равных условиях число обнаруженных квазаров на модели и в ходе наблюдений в интервале $2{,}20 < z \leq 2{,}25$ практически совпадают и равны числу квазаров данного интервала гистограммы, помеченной на рисунке 8.76 чёрным цветом. Плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, определённая на модели, исходя из данного предположения, представлена на рисунке 8.76 графиком тёмно синего цвета. При данном предположении интерпретация данных, представленных на рисунке 8.76, состоит в следующем:

- Суммарное число квазаров, представленных гистограммами чёрного, красного и голубого цвета на рисунке 8.76, определённое с учётом их пересечений, в каждом интервале значений z не может превышать числа квазаров, помеченных на рисунке 8.76 графиком тёмно синего цвета. В интервале $2{,}20 < z \leq 2{,}25$ пересечение является 100 %, то есть, все обнаруженные квазары, представленные гистограммами красного и голубого цвета на рисунке 8.76, ранее были обнаружены и представлены гистограммой чёрного цвета. При этом число квазаров в этом интервале стало меньше примерно в одну целую и семьдесят восемь сотых раза по отношению к их числу, определённому при условии, что пересечение квазаров всех трёх гистограмм в данном интервале является нулевым.
- Доля квазаров, обнаруженных в ходе их наблюдений, не превышает 92,69 % от числа квазаров, обнаруженных на модели.

- Величина телесного угла пространства, в котором на модели осуществлено обнаружение 526356 квазаров, составляет 10,2195 % от полного угла сферы. Заметим, что данная оценка величины телесного угла является максимально возможной, которая может быть получена исходя из результатов наблюдений квазаров, представленных в работе [16], и при допущениях и предположениях, принятых нами в качестве исходных данных для проведения исследований на модели.
- Текущая минимальная плотность квазаров в окружающем Землю пространстве составляет:

$$\rho_{\mathrm{q}_{min}} = \frac{N_{115\ \text{Мпк}<r<3788\ \text{Мпк}}}{\frac{4\cdot\pi}{3}\cdot(r_{\max}^3 - r_{\min}^3)\cdot\bar{S}_{\mathrm{м}_{\max}}} \approx 5{,}81\cdot10^{-5}\ \left[\frac{1}{\text{Мпк}^3}\right], \qquad (8.213)$$

где $\bar{S}_{\mathrm{м}_{\max}}$ – максимальная доля величины телесного угла пространства, в котором на модели осуществлено обнаружение 526356 квазаров, от полного угла сферы.

Таким образом, предположение о том, что обнаруженные квазары, представленные гистограммами чёрного, красного и голубого цвета на рисунке 8.76, являются взаимно дополнительными, завышает оценку текущей плотности квазаров в окружающем Землю пространстве не более чем одну целую и семьдесят восемь сотых раза.

Напротив, предположение о том, что при прочих равных условиях число обнаруженных квазаров на модели и в ходе наблюдений при $2{,}20 < z \leq 2{,}25$ практически совпадают, занижают оценку текущей плотности квазаров в окружающем Землю пространстве. Определить степень этого занижения станет возможным лишь после осуществления дополнительных наблюдений за квазарами по мере совершенствования алгоритмов и способов их выявления и обнаружения. Данное обстоятельство указывает на различный статус определённых нами плотностей $\rho_{\mathrm{q}_{\max}}$ и $\rho_{\mathrm{q}_{\min}}$. Так, например, дополнительные наблюдения за квазарами могут привести к увеличению значения $\rho_{\mathrm{q}_{\max}}$, что может потребовать уменьшенной оценки значения телесного угла обследуемого на модели пространства, но не будет означать каких-либо изменений

в допущениях и предположениях, принятых в качестве исходных данных при проведении исследований на модели. Однако если в ходе дополнительных наблюдений за квазарами будет установлено, что средняя текущая плотность квазаров в окружающем Землю пространстве меньше определённой нами $\rho_{\mathrm{q}\mathrm{m}in}$, то это обязательно вызовет изменения в допущениях и предположениях, принятых в качестве исходных для модели, и потребует проведения дополнительных исследований.

Плотность распределения видимой звёздной величины 526356 квазаров, обнаруженных в ходе моделирования в заданном диапазоне удалений от Земли, представлена на рисунке 8.77 в виде гистограммы.

При формировании гистограммы шаг изменения звёздной величины был принят равным 0,1$^{\mathrm{m}}$. Математическое ожидание видимой звёздной величины обнаруженных квазаров составила $m_{q_{\mathrm{ср}}} = 19{,}890^{\mathrm{m}}$. Примерно 4,5 % обнаруженных на модели квазаров имеют видимую звёздную величину менее 17$^{\mathrm{m}}$. Видимая звёздная величина каждого четвёртого из обнаруженных на модели квазаров менее 19$^{\mathrm{m}}$. Около половины всех обнаруженных квазаров имеют видимую звёздную величину менее 20$^{\mathrm{m}}$. Наибольшее значение плотности видимой звёздной величины квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, находится в интервале от 20,6$^{\mathrm{m}}$ до 20,7$^{\mathrm{m}}$. Видимая звёздная величина 19726 квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, находится в этом интервале. Менее 18 % обнаруженных на модели квазаров имеют видимую звёздную величину более 21$^{\mathrm{m}}$. Доля квазаров, чья видимая звёздная величина превышает 22$^{\mathrm{m}}$, составляет 1,16 % от числа обнаруженных на модели.

Сравним результаты моделирования с результатами наблюдений. Плотность распределения видимой звёздной величины 526356 квазаров, которая была получена в ходе их наблюдений, представлена графиком чёрного цвета на левой панели рисунка 8.68. Её сравнение с плотностью распределения, которая была определена на модели и представлена на рисунке 8.77, показывает:

- Результаты моделирования и наблюдений 526356 квазаров в определённой мере сходны. Так, например, для сравниваемых распределений не только интервалы изменения видимой звёздной величины, где плотности её распределения достигают набольших значений, совпадают, но и числа квазаров, принадлежащих этим интервалам, практически равны.

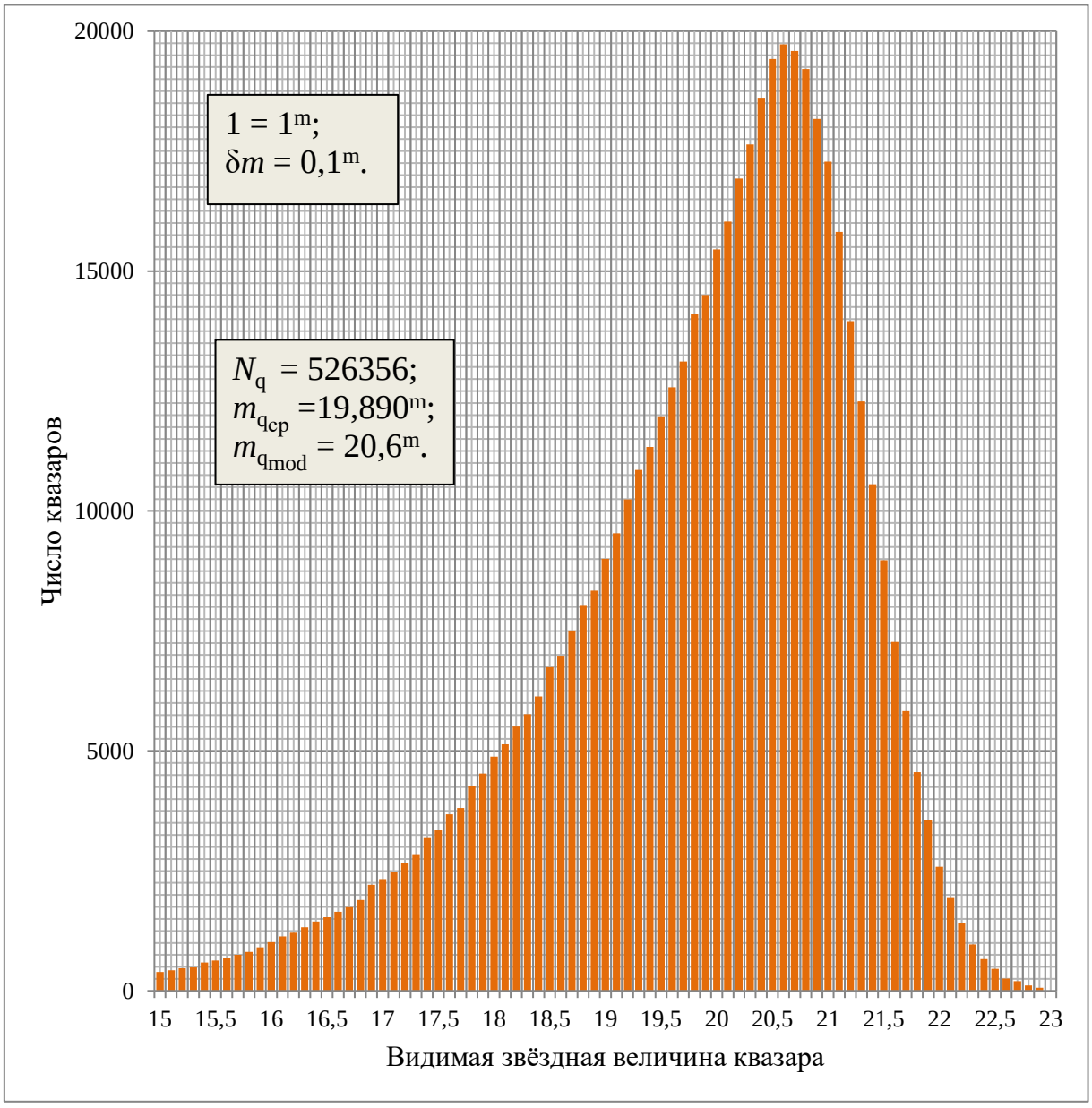


Рис. 8.77. Плотность распределения видимой звёздной величины 526356 квазаров.

- Сравниваемые плотности распределения видимой звёздной величины квазаров имеют существенные различия. Так, например, в интервале изменения видимой звёздной величины $15^{\mathrm{m}} \leq m_{\mathrm{q}} < 19^{\mathrm{m}}$ плотность распределения, определённая на модели, значительно превосходит плотность, установленную в ходе наблюдений.

После сравнения результатов наблюдений квазаров с результатами, полученными в ходе моделирования, возникают естественные вопросы:

- Чем обусловлены существенные различия плотности распределения видимой звёздной величины квазаров, определённой на модели, от плотности, установленной в ходе их наблюдений?
- Должны ли мы, с целью устранения этих существенных различий, пересмотреть допущения и предположения, принятые в качестве исходных данных для модели, и осуществить дополнительные исследования, или спешить это делать не следует?

Заметим, что подспудно данные вопросы возникали ранее, при сравнении плотности распределения величины красного смещения излучения квазаров, определённой на модели, с плотностью, установленной в ходе их наблюдений. Ответы на них были очевидны, поскольку сама плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, установленная в ходе наблюдений, являла собой плохой пример для подражания и указывала на необходимость дополнительных наблюдений, которые позволят в равной степени осуществить обнаружение квазаров во всём рассматриваемом диапазоне величин их красного смещения. В целом, сравнение плотности распределения видимой звёздной величины квазаров, установленной в ходе их наблюдений, с плотностью, определённой на модели, также подтверждает необходимость осуществления таких наблюдений. Для того чтобы в этом убедиться, достаточно сравнить между собой плотности распределения видимой звёздной величины квазаров, из числа обнаруженных на модели, величина красного смещения излучения которых находится в интервалах

$0{,}50 \leq z < 0{,}55$ и $2{,}25 \leq z < 2{,}30$. Данные плотности распределения представлены на рисунке 8.78.

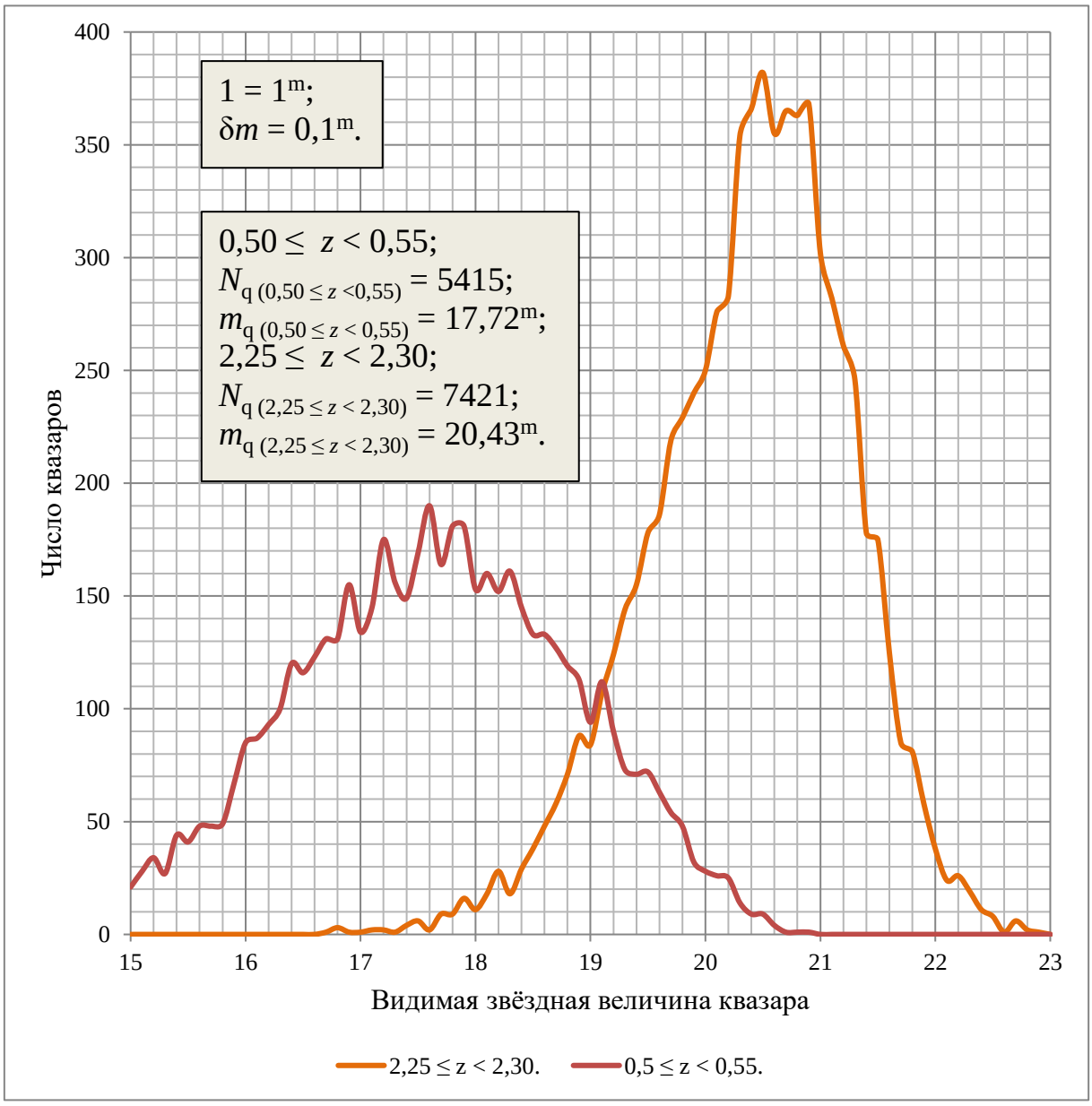


Рис. 8.78. Плотности распределения видимой звёздной величины квазаров, из числа обнаруженных на модели, величины красного смещения которых находятся в различных интервалах красного смещения их излучения.

Хорошо видно, что представленные плотности распределения существенно отличаются друг от друга. Так, средняя видимая звёздная величина 5415 квазаров, из числа обнаруженных на модели, величина красного смещения излучения которых находится в интервале

$0{,}50 \leq z < 0{,}55$, составляет $\overline{m}_{\mathrm{q}\,(0{,}50 \leq z < 0{,}55)} = 17{,}72^{\mathrm{m}}$. При этом видимая звёздная величина 7,5 % квазаров не превышает 16^{m}, доля квазаров, чья видимая звёздная величина меньше 17^{m}, составляет 28,6 %, примерно 30,4 % квазаров имеют видимую звёздную величину в интервале от 17^{m} до 18^{m}, примерно 15,3 % квазаров имеют видимую звёздную величину, превышающую 19^{m}, видимая звёздная величина лишь 2,2 % превысила 20^{m}, видимая звёздная величина всех 5415 квазаров была меньше 21^{m}.

Средняя видимая звёздная величина 7421 квазара, из числа обнаруженных на модели, величина красного смещения излучения которых находится в интервале $2{,}25 \leq z < 2{,}30$, составляет $\overline{m}_{\mathrm{q}\,(2{,}25 \leq z < 2{,}30)} = 20{,}43^{m}$. При этом видимая звёздная величина лишь 0,77 % квазаров не превышает 18^{m}, доля квазаров, чья видимая звёздная величина меньше 19^{m}, составляет 6,3 %, примерно 28,7 % квазаров имеют видимую звёздную величину меньше 20^{m}, видимая звёздная величина более 45 % квазаров находится в интервале от 20^{m} до 21^{m}, примерно 26 % квазаров имеют видимую звёздную величину, превышающую 21^{m}, видимая звёздная величина лишь 1,8 % превысила 22^{m}, видимая звёздная величина всех 7421 квазаров была меньше 23^{m}.

Объём наблюдений квазаров, результаты которых представлены в работе [16], при $z \geq 2{,}15$, именно на таких квазарах были сфокусированы наблюдения на этапе SDSS-III, многократно превосходит объём наблюдений квазаров при $z < 2{,}15$. Исходя из данных, представленных на рисунке 8.78, следует ожидать, что плотность распределения видимой звёздной величины в интервале $15^{\mathrm{m}} \leq m_{\mathrm{q}} < 19^{\mathrm{m}}$, установленная в ходе этих наблюдений, будет существенно меньше той, которая была бы получена, если объём наблюдений квазаров равномерно распределялся бы во всём рассматриваемом интервале их красных смещений. На наш взгляд, именно неравномерность объёмов наблюдений квазаров в различных интервалах величин их красного смещения во многом обуславливает существенные различия плотности распределения видимой звёздной величины квазаров, определённой на модели, от плотности,

установленной в ходе их наблюдений. Так, что спешить с пересмотром допущений и предположений, принятых в качестве исходных данных для модели, не следует.

Плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины 526356 квазаров, обнаруженных на модели, представлена в виде гистограммы с шагом $0{,}1^{m}$ на рисунке 8.79.

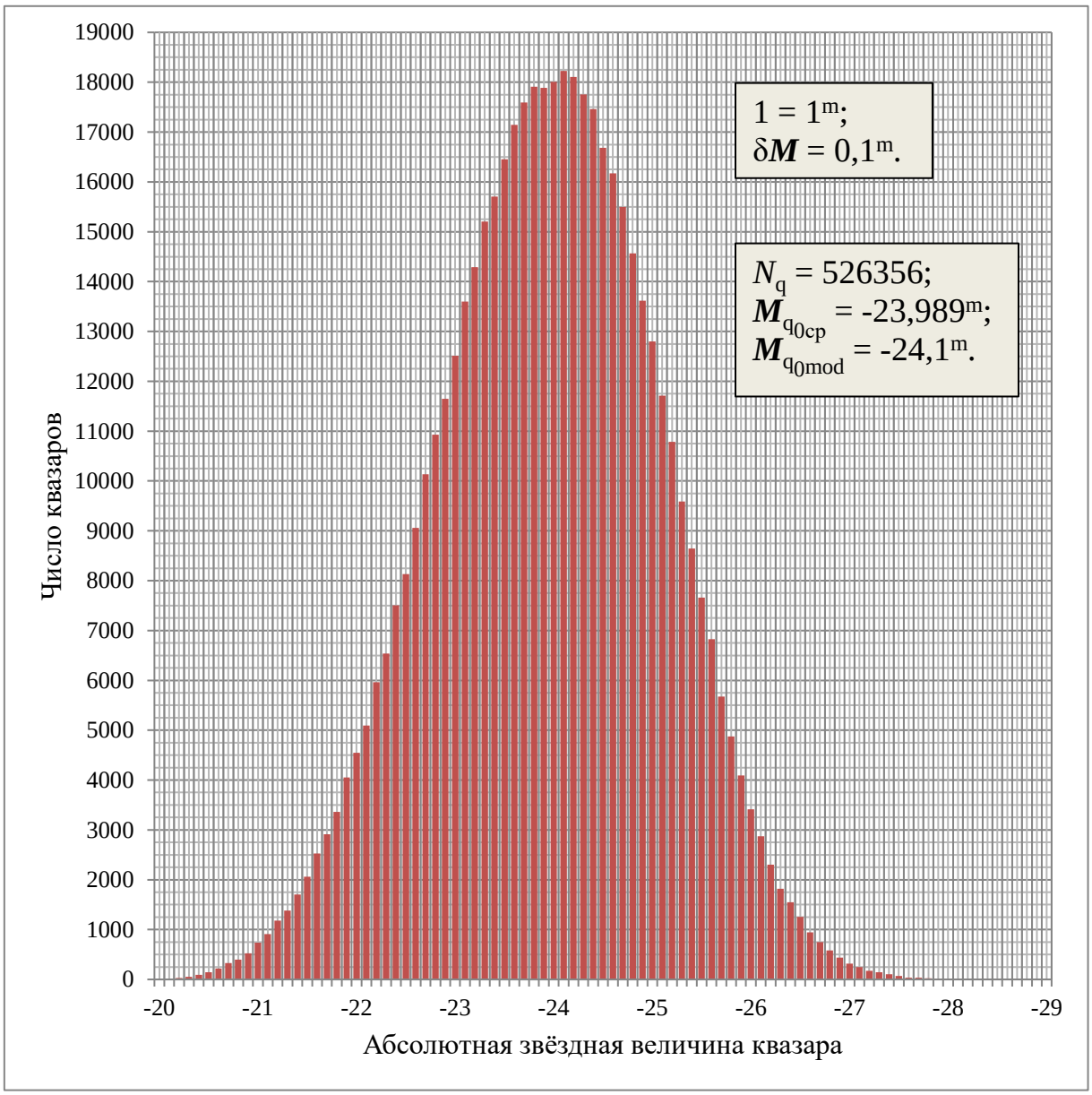


Рис. 8.79. Плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины 526356 квазаров.

Среднее значение текущей абсолютной звёздной величины 526356 квазаров, обнаруженных на модели, составляет $\boldsymbol{M}_{\mathrm{q_{0ср}}} = -23{,}989^{\mathrm{m}}$. Доля квазаров, чья текущая абсолютная звёздная величина отличается от среднего значения более чем на $2{,}5^{\mathrm{m}}$, составляет лишь 2,2 % от числа обнаруженных на модели. Примерно 6,9 % квазаров, обнаруженных на модели, имеют текущую абсолютную звёздную величину, отличающуюся от среднего значения более чем на 2^{m}. Доля квазаров, чья текущая абсолютная звёздная величина находится в интервале от $-22{,}5^{\mathrm{m}}$ до $-25{,}5^{\mathrm{m}}$, составляет 82,7 % от числа обнаруженных на модели. 64 % квазаров, обнаруженных на модели, имеют текущую абсолютную звёздную величину в интервале от -23^{m} до -25^{m}. Наибольшее значение плотности текущей абсолютной звёздной величины квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, находится в интервале от $-24{,}2^{\mathrm{m}}$ до $-24{,}1^{\mathrm{m}}$. Текущая абсолютная звёздная величина 18228 квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, находится в этом интервале.

Плотность распределения абсолютной звёздной величины 526356 квазаров в момент излучения представлена в виде гистограммы с шагом $0{,}1^{\mathrm{m}}$ на рисунке 8.80.

Среднее значение абсолютной звёздной величины 526356 квазаров в момент излучения составляет $\boldsymbol{M}_{\mathrm{q_{0ср}}} = -22{,}665^{\mathrm{m}}$. Это означает, что в среднем текущая мощность излучения квазаров, обнаруженных на модели, примерно в 3,39 раза больше, чем их мощность в момент излучения. Доля квазаров, чья абсолютная звёздная величина в момент излучения отличается от её среднего значения менее чем на 1^{m}, составляет более 72 % от числа обнаруженных на модели. Наибольшее значение плотности абсолютной звёздной величины квазаров в момент излучения находится в интервале от $-22{,}7^{\mathrm{m}}$ до $-22{,}6^{\mathrm{m}}$. Абсолютная звёздная величина 22329 квазаров в момент излучения, согласно результатам моделирования, находится в этом интервале.

Важно отметить, что плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины 1351753 квазаров, находящихся в обследуемом на модели

объёме пространства, существенно отличается от плотности распределения 526356 квазаров, которые в ходе моделирования были там обнаружены.

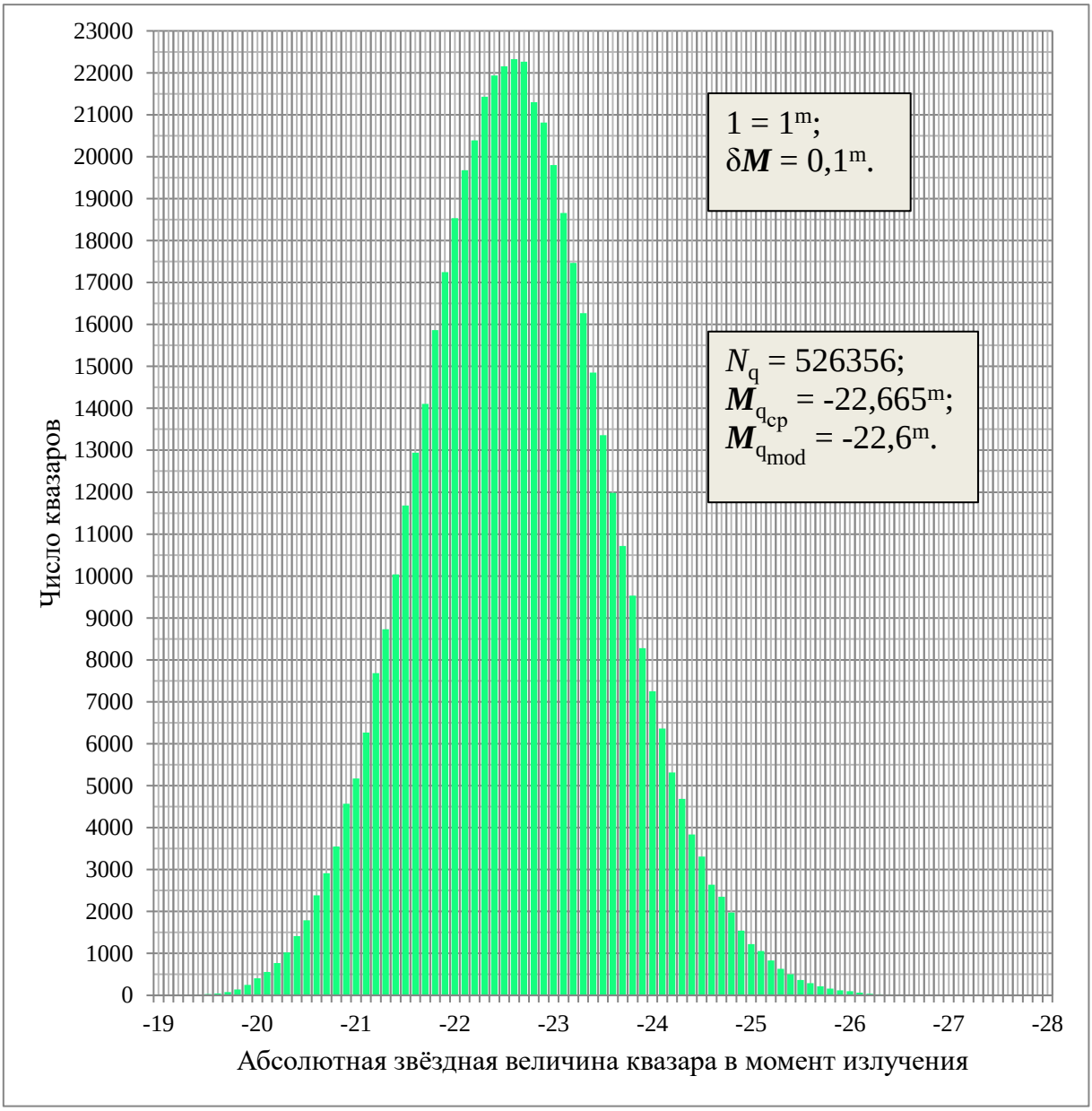


Рис. 8.80. Плотность распределения абсолютной звёздной величины 526356 квазаров в момент излучения.

Плотности и функции распределения, выраженные не в числе квазаров, а в долях от общих их количеств, представлены на рисунке 8.81.

На рисунке пунктирными линиями представлены плотности распределения, а сплошными – функции распределения. Чёрным цветом отмечены графики плотности и функции распределения текущей абсолютной звёздной величины 1351753 квазаров, находящихся в обследуемом на модели объёме

пространства, синим цветом – графики плотности и функции распределения 526356 квазаров, которые в ходе моделирования были обнаружены.

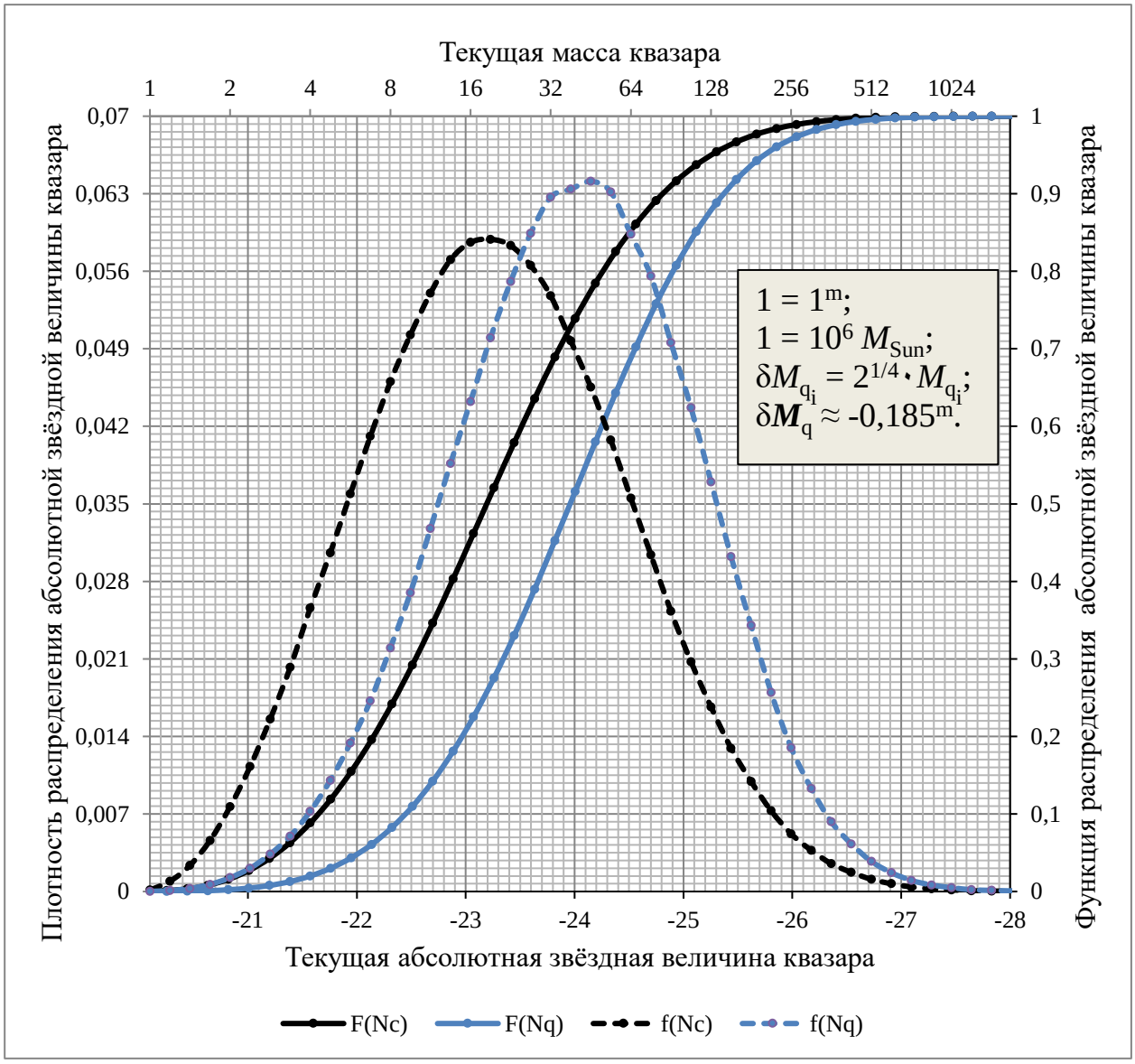


Рис. 8.81. Плотности и функции распределения текущих абсолютных звёздных величин 1351753 квазаров, находящихся в обследуемом на модели объёме пространства, и 526356 квазаров, которые были там обнаружены.

Представленные на рисунке 8.81 данные были получены исходя из результатов моделирования, приведённых на рисунке 8.73. Шаг изменения абсолютной звёздной величины квазара примерно равен $\boldsymbol{\delta M}_{\mathrm{q}} \approx 0{,}185^{\mathrm{m}}$, что соответствует шагу изменения массы квазара, принятому при формировании

гистограмм, представленных на рисунке 8.73. Изменение текущей массы квазара показано на вспомогательной горизонтальной оси.

Из представленных данных следует, что максимальное значение плотности распределения текущей абсолютной звёздной величины 1351753 квазаров находится в интервале от -23,26^{m} до -23,45^{m}. Доля квазаров, текущее значение абсолютной звёздной величины которых находится в этом интервале, составляет примерно 5,9 % от числа квазаров, находящихся в обследуемом на модели объёме пространства. Максимальное значение плотности распределения обнаруженных на модели квазаров находится в интервале от -24,19^{m} до -24,38^{m}. Доля квазаров, принадлежащих этому интервалу, составляет 6,4 % от числа обнаруженных на модели. Доля квазаров, у которых текущее значение абсолютной звёздной величины больше -22^{m}, составляет 15,5 % от числа находящихся в обследуемом на модели объёме пространства. Из числа обнаруженных доля таких квазаров составляет всего лишь 4,3 %.

Текущее значение абсолютной звёздной величины больше -23^{m} имеют квазары, чья доля от числа находящихся в обследуемом на модели объёме пространства составляет 43 %, что более чем в два раза превышает долю таких квазаров в числе обнаруженных. Чуть более половины всех квазаров, из числа обнаруженных на модели, имеют текущую абсолютную звёздную величину более -24^{m}. В то время как доля таких квазаров от числа находящихся в обследуемом на модели объёме пространства приближается к трём четвёртым. 93 % квазаров, находящихся в обследуемом на модели объёме пространства, имеют текущую абсолютную звёздную величину более -25^{m}. Из обнаруженных доля таких квазаров составляет 82 %. Чуть более 1 % квазаров, находящихся в обследуемом на модели объёме пространства, имеют текущую абсолютную звёздную величину менее -26^{m}. Их доля в обнаруженных квазарах не превышает 3 %. Лишь 27 квазаров из числа обнаруженных имеют текущую абсолютную звёздную величину менее -28^{m}. Текущая звёздная величина квазара-рекордсмена, обнаруженного в ходе моделирования,

находится в интервале от -28,6^{m} до -28,7^{m}, его масса превышает 3 миллиарда 444 миллиона масс Солнца.

Полученные нами оценки текущих абсолютных звёздных величин квазаров на модели, в которой учтены основные эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, а квазары являются сверхмассивными звёздами со световым источником их энергии, существенно отличается от оценок, осуществлённых с использованием современной космологической модели, основанной на общей теории относительности. Так, современная оценка мощности излучения квазаров, основанная на общей теории относительности, превышает полученную нами оценку, как это уже было показано ранее при определении характеристик известных квазаров, от четырёх до десяти раз. Это приводит к соответствующему отличию в оценке текущей абсолютной звёздной величины квазаров на 1,5^{m}÷2,5^{m}. Отличие в оценках возрастёт до 2,8^{m}÷3,8^{m}, если сравнение производить с абсолютной звёздной величиной квазара в момент излучения.

При формировании совместной плотности распределения шаг изменения видимой звёздной величины принимался равным $\delta m = 0{,}1^{\mathrm{m}}$, а шаг изменения величины красного смещения излучения равным $\delta z = 0{,}05$. Видимая звёздная величина квазара изменялась в интервале от 15,0^{m} до 23,0^{m}, а величина красного смещения излучения квазара в интервале от 0,0 до 6,0. Таким образом, поле построения диаграммы было разбито на 9600 ячеек, площадь каждой из которых равнялась произведению $\delta s = \delta m \cdot \delta z$. В ходе моделирования для каждого обнаруженного квазара, исходя из его видимой звёздной величины и величины красного смещения его излучения, определялось его принадлежность одной из 9600 ячеек. При этом число обнаруженных квазаров в этой ячейке возрастало на единицу. На диаграмме с использованием цветовой идентификации показано число обнаруженных квазаров в каждой из 9600 ячеек. Шаг изменения цвета был принят равным 40. Синими крестиками помечены ячейки, где число обнаруженных квазаров равно единице. Максимальное число обнаруженных на модели квазаров принадлежат ячейке, видимая

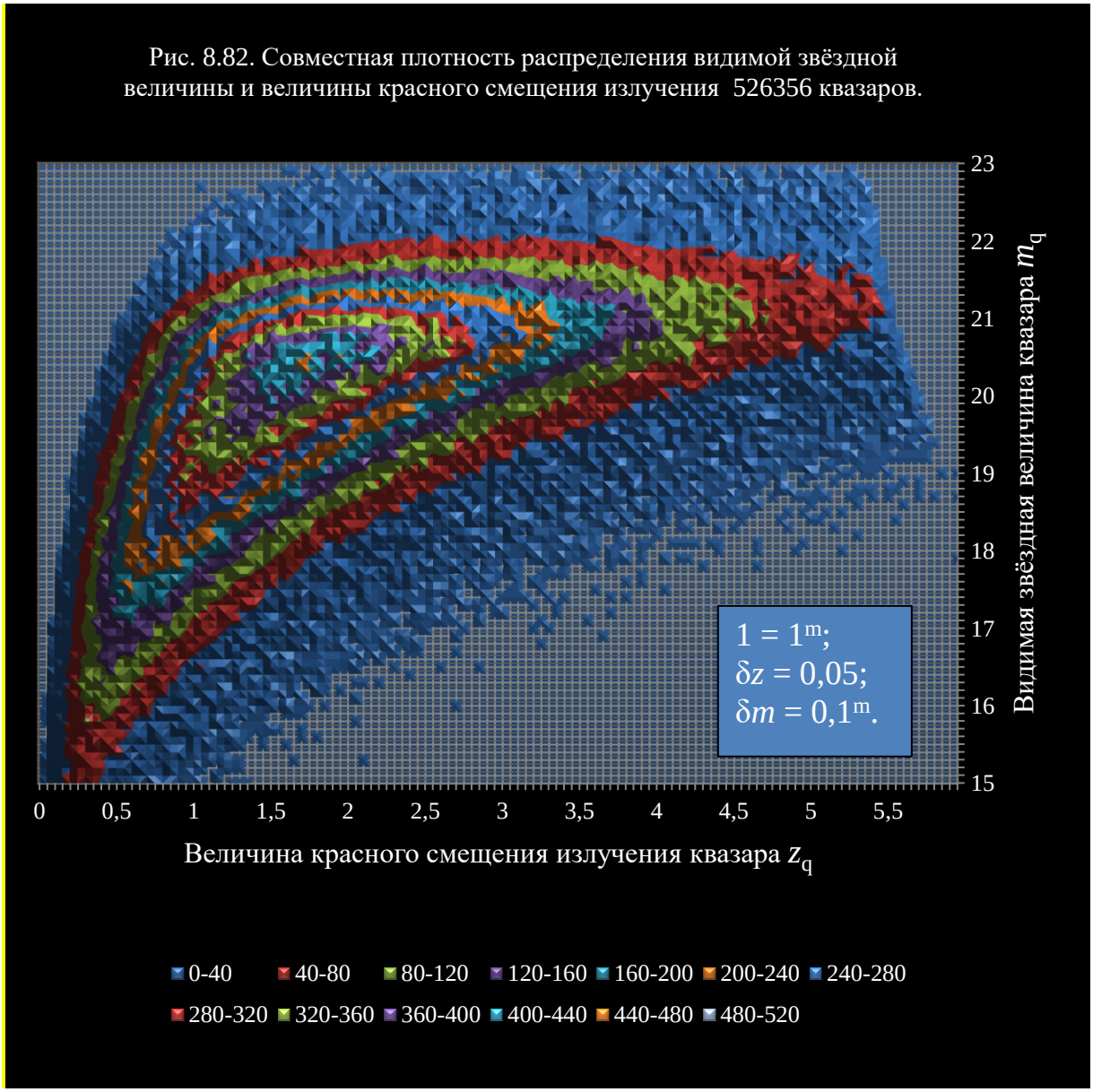
звёздная величина в которой находится в интервале $20{,}4^{\mathrm{m}} \leq m < 20{,}5^{m}$, а величина красного смещения излучения в интервале $1{,}70 \leq z < 1{,}75$. Этой ячейке принадлежат 485 квазаров. Отсутствие квазаров в правом верхнем углу диаграммы объясняется допущениями, принятыми в качестве исходных данных при проведении исследований. Дело в том, что квазары, которые могли бы принадлежать ячейкам в правом верхнем углу диаграммы, находятся на удалениях, превышающих 3788 [Мпк] от Земли. К сожалению, сравнить результаты моделирования с данными, установленными в ходе наблюдений, в виду их отсутствия в работе [16], не представляется возможным. Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения 526356 квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, представлена на рисунке 8.82.

Совместная плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины и величины красного смещения излучения 526356 квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, представлена на рисунке 8.83.

При формировании совместной плотности распределения шаг изменения абсолютной звёздной величины был равен $\delta m = 0{,}1^{\mathrm{m}}$, а шаг изменения величины красного смещения излучения равен $\delta z = 0{,}05$. Текущая абсолютная звёздная величина квазара изменялась в интервале от -20,0$^{\mathrm{m}}$ до -29,0$^{\mathrm{m}}$, а величина красного смещения излучения квазара в интервале от 0,0 до 6,0. Таким образом, поле построения диаграммы было разбито на 10800 ячеек, площадь каждой из которых равнялась произведению $\delta s = \delta m \cdot \delta z$. В ходе моделирования для каждого обнаруженного квазара, исходя из его текущей абсолютной звёздной величины и величины красного смещения его излучения, определялось его принадлежность одной из 10800 ячеек. При этом число обнаруженных квазаров в этой ячейке возрастало на единицу.

На диаграмме с использованием цветовой идентификации показано число обнаруженных квазаров в каждой из 10800 ячеек. Шаг изменения цвета был принят равным 40. Синими крестиками помечены ячейки, где число обнаруженных квазаров равно единице.

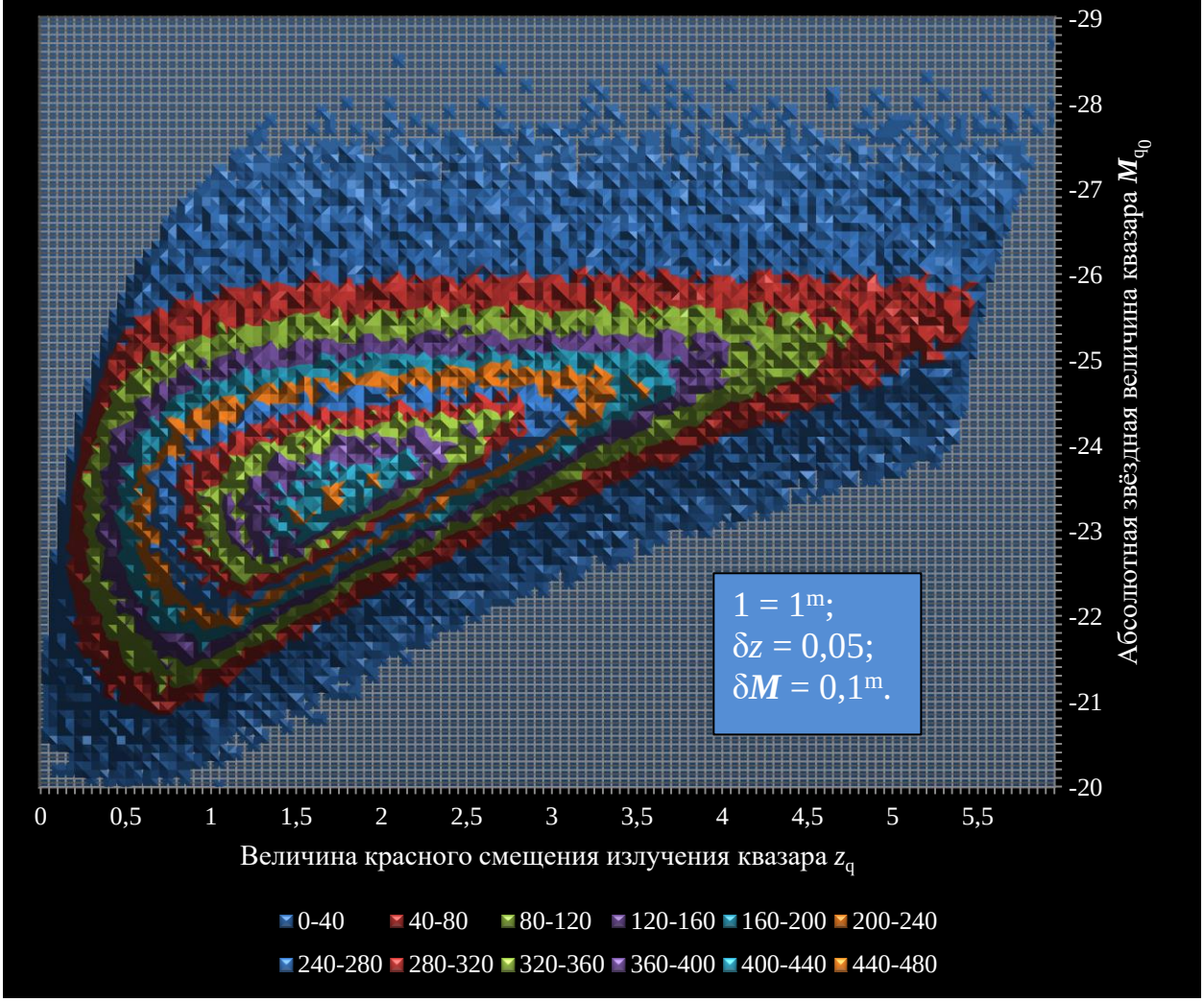
Рис. 8.82. Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения 526356 квазаров.



Максимальное число квазаров, обнаруженных на модели, принадлежат ячейке, текущая абсолютная звёздная величина в которой находится в интервале $-23{,}4^{\mathrm{m}} \geq \boldsymbol{M}_{\mathrm{q0}} > -23{,}5^{\mathrm{m}}$, а величина красного смещения излучения в интервале $1{,}70 \leq z < 1{,}75$. Этой ячейке принадлежат 478 квазаров. Обратим внимание на область диаграммы, в первом приближении определяемой треугольником с вершинами: $\left(z = 1; \boldsymbol{M}_{\mathrm{q0}} = -20^{\mathrm{m}}\right)$; $\left(z = 6; \boldsymbol{M}_{\mathrm{q0}} = -20^{\mathrm{m}}\right)$; $\left(z = 6; \boldsymbol{M}_{\mathrm{q0}} = -24{,}5^{\mathrm{m}}\right)$. В этой области диаграммы ячейки пусты. Это не означает отсутствия квазаров с соответствующими характеристиками в обследуемом на модели объёме пространства, а обусловлено тем, что

видимая звёздная величина квазаров с этими характеристиками превышает 23^{m} и они в настоящее время не могут быть обнаружены.

Рис. 8.83. Совместная плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины и величины красного смещения излучения 526356 квазаров.



Напротив, пустые ячейки в области диаграммы, определяемой треугольником с вершинами: $\left(z = 5{,}4; \boldsymbol{M}_{\mathbf{q_0}} = -24^{\mathrm{m}}\right)$; $\left(z = 6; \boldsymbol{M}_{\mathbf{q_0}} = -27{,}7^{\mathrm{m}}\right)$; $\left(z = 6; \boldsymbol{M}_{\mathbf{q_0}} = -24{,}5^{\mathrm{m}}\right)$, связаны с тем, что квазары с соответствующими характеристиками находятся за пределами обследуемого на модели объёма пространства, т.е. их удаление от Земли превышает 3788 [Мпк]. Пустые ячейки на диаграмме в интервале $0{,}0 \leq z < 0{,}05$ обусловлены тем, что минимальное удаление квазаров от Земли, принятое в качестве исходных данных для модели, составляет 115 [Мпк]. Дело в том, что на удалениях превышающих 115 [Мпк], величина красного смещения излучения квазаров

превышает 0.05. Пустые ячейки на диаграмме в треугольнике с вершинами: $\left(z = 0{,}1; \boldsymbol{M}_{\mathbf{q0}} = -22^{\mathrm{m}}\right)$; $\left(z = 0{,}1; \boldsymbol{M}_{\mathbf{q0}} = -28{,}0^{\mathrm{m}}\right)$; $\left(z = 1{,}5; \boldsymbol{M}_{\mathbf{q0}} = -28{,}0^{\mathrm{m}}\right)$, обусловлены тем, что видимая звёздная величина квазаров, с соответствующими этим ячейкам характеристиками, становится меньше 15^{m}. Поскольку в ходе моделирования интервал изменения видимой звёздной величины был принят равным $15^{\mathrm{m}} \leq m_{\mathrm{q}} \leq 23^{\mathrm{m}}$, то эти квазары исключаются из рассмотрения. Заметим, что в работах [14] и [15], представлены результаты наблюдений квазаров, видимая звёздная величина которых превышала 15^{m}. В работе [16], обобщены результаты наблюдений 526356 квазаров, видимая звёздная величина которых находится в интервале $16^{\mathrm{m}} \leq m_{\mathrm{q}} \leq 23^{\mathrm{m}}$.

Представленные на диаграмме данные ясно свидетельствуют, что с ростом красного смещения излучения квазаров происходит смещение их средней текущей абсолютной звёздной величины в направлении более ярких квазаров. График зависимости средней текущей абсолютной звёздной величины 526356 квазаров, обнаруженных на модели, представлена на рисунке 8.84. При изменении величины красного смещения излучения обнаруженных на модели квазаров от 0,05 до 5,0 значение их средней текущей абсолютной звёздной величины меняется более чем на 4^{m}, от $-21{,}32^{\mathrm{m}}$ до $-25{,}56^{\mathrm{m}}$.

Значение средней текущей абсолютной звёздной величины квазаров находящихся в обследуемом на модели объёме пространства не зависит от величины красного смещения их излучения и находится в интервале от $-23{,}3^{\mathrm{m}}$ до $-23{,}4^{\mathrm{m}}$. Смещение от этих значений в направлении менее ярких квазаров средней текущей абсолютной звёздной величины тех, которые обнаружены на модели в интервале $0{,}05 \leq z \leq 0{,}60$, обусловлено исключением из числа обнаруженных наиболее ярких квазаров, чья видимая звёздная величина меньше 15^{m}. Поскольку при изменении величины красного смещения излучения от 0,05 до 0,60 доля квазаров, чья видимая звёздная величина меньше 15^{m}, резко сокращается от 95 % до 0,6 %, то это приводит к значительному росту средней текущей абсолютной звёздной величины обнаруженных

квазаров. При $0{,}6 < z \leq 0{,}9$ среднее текущее значение абсолютной звёздной величины обнаруженных квазаров находится в интервале от -23,3^{m} до -23,4^{m}, что соответствует среднему значению текущей абсолютной звёздной величины квазаров, находящихся в обследуемом на модели объёме пространства.

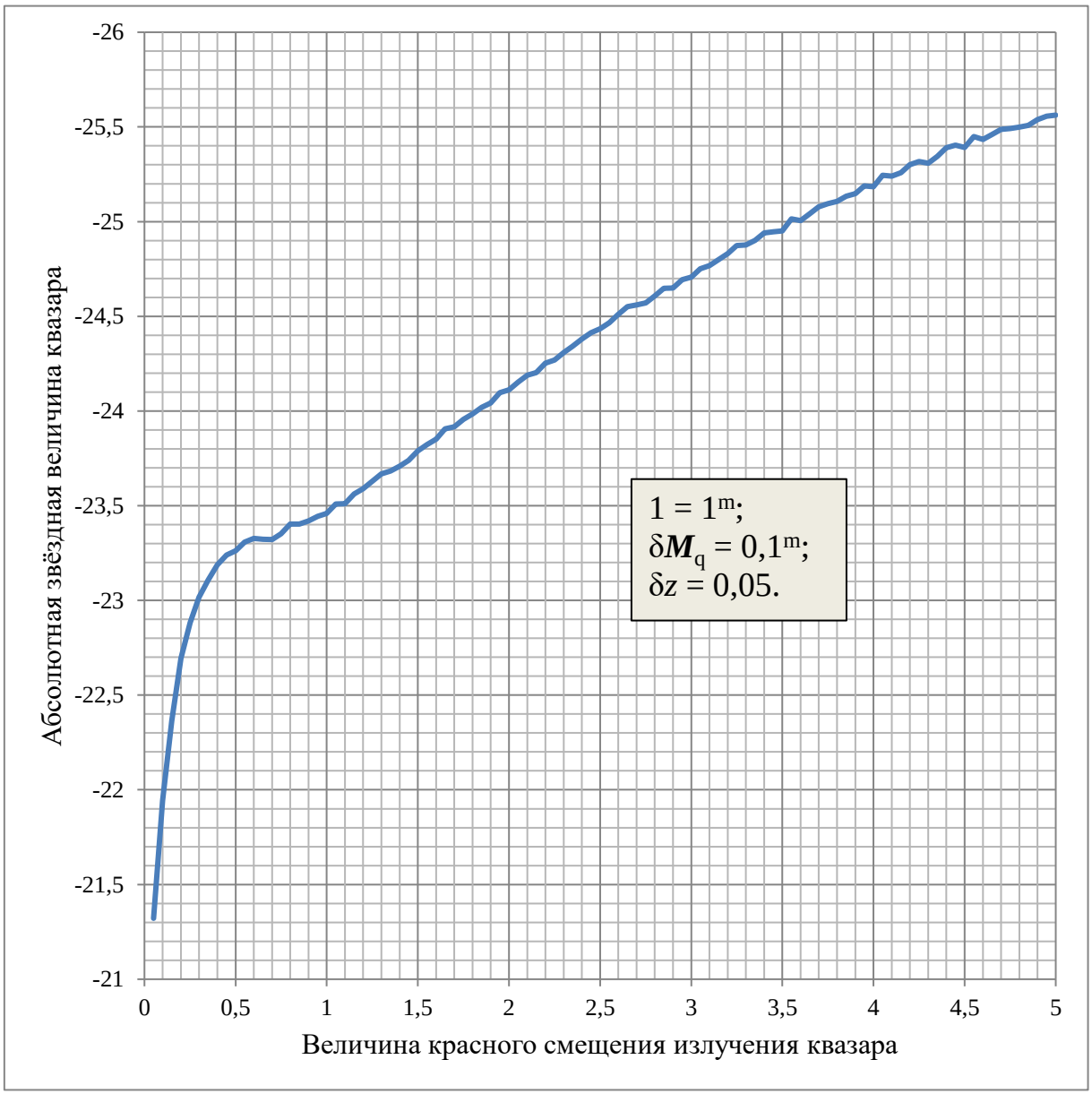


Рис. 8.84. Зависимость средней текущей абсолютной звёздной величины 526356 квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, от величины красного смещения их излучения.

По мере роста от 0,9 до 5,0 величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных на модели, их средняя текущая абсолютная звёздная величина изменяется от -23,4^{m} до -25,56^{m}. Это обусловлено тем, что с ростом z доля ярких квазаров, в числе обнаруженных на модели, возрастает, а доля менее ярких квазаров сокращается, поскольку всё большая их часть становится недоступной для обнаружения.

В работе [16] представлена совместная плотность распределения абсолютной звёздной величины и величины красного смещения излучения, определённая на космологической модели, основанной на общей теории относительности, исходя из результатов наблюдений 526356 квазаров, обнаруженных на всех этапах осуществления программы SDSS-I/II/III/IV. Данная совместная плотность распределения, позаимствованная нами из работы [16], представлена на рисунке 8.69. Её сравнение с совместной плотностью распределения, которая была определена на модели и представлена на рисунке 8.83, показывает:

- Сравниваемые совместные плотности распределения в определённой мере сходны. Так, например, сравниваемые диаграммы ясно свидетельствуют, что с ростом красного смещения излучения квазаров происходит смещение их средней абсолютной звёздной величины в направлении более ярких квазаров. Пустые ячейки на сравниваемых диаграммах в левом верхнем углу и в правом нижнем указывают на то, что факторы, которые обусловили это смещения, одни и те же.
- Сравниваемые совместные плотности распределения имеют существенные различия. Во-первых, диаграмма совместной плотности распределения, полученная исходя из результатов наблюдений 526356 квазаров, имеет очевидные флюсы, которые были рассмотрены нами ранее при сравнении плотностей распределения видимой звёздной величины квазаров и величины красного смещения их излучения, установленных в ходе наблюдений и полученных в результате моделирования. Во-вторых, как это было показано нами ранее, оценка

абсолютной звёздной величины квазаров с использованием космологической модели, основанной на общей теории относительности, существенно отличается от оценок, полученных на модели с учётом эффектов вызванных икратким взаимодействием. Этим обусловлено наблюдаемое значительное смещение диаграммы, полученной с использованием общей теории относительности, в направлении более ярких квазаров.

Для того чтобы избежать лишних вопросов от тех, кто самостоятельно решит сравнить рассматриваемые диаграммы, заметим, что яркостная линейка, представленная справа на рисунке 8.69 содержит неточность. Деления, указывающие число квазаров в ячейке, размером $\delta z = 0{,}1$ и $\delta \boldsymbol{M} = 0{,}1^{\mathrm{m}}$, должны быть увеличены примерно в 10 раз.

Совместная плотность распределения абсолютной звёздной величины в момент излучения и величины красного смещения излучения 526356 квазаров, обнаруженных на модели, представлена на рисунке 8.85.

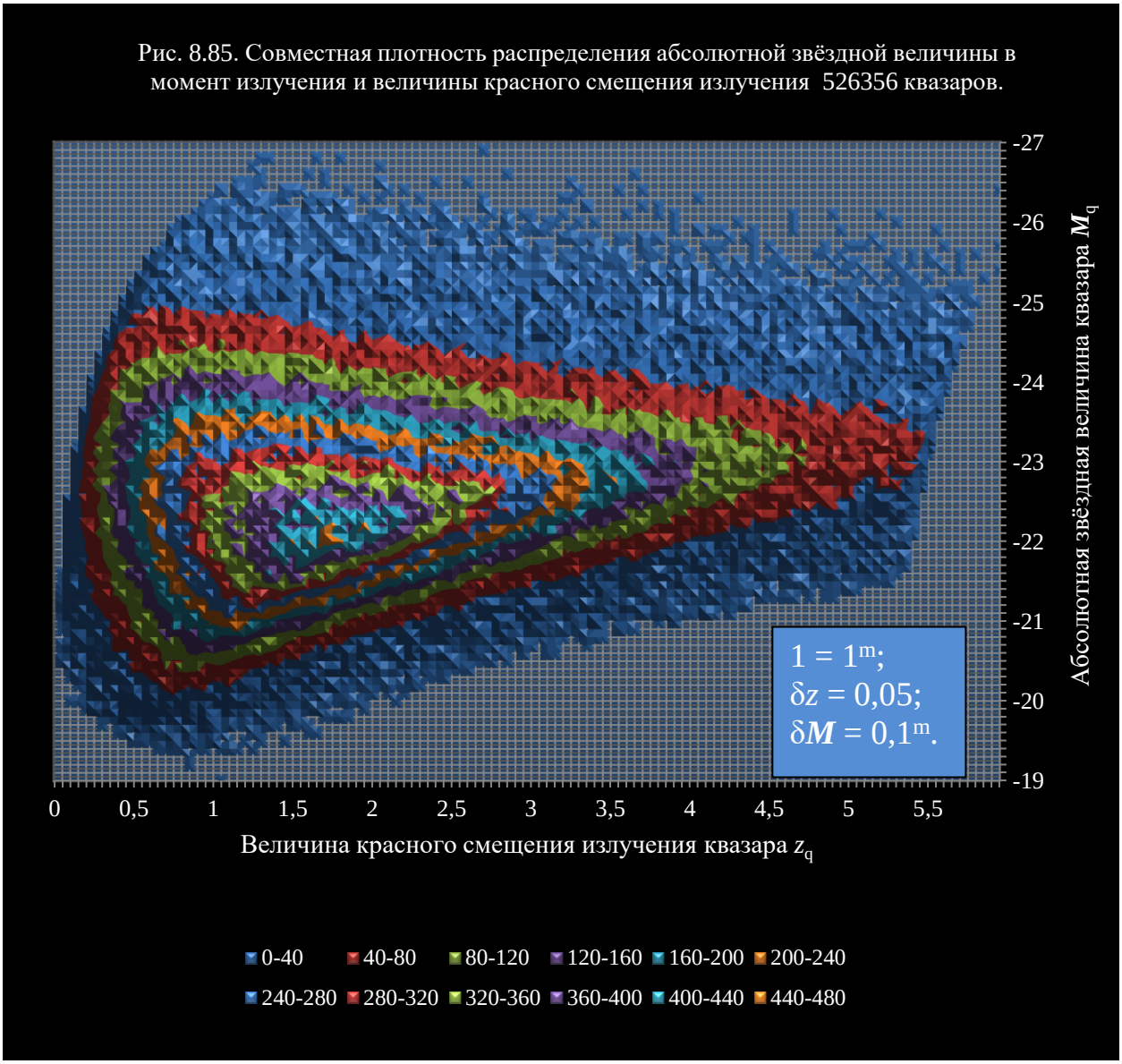
Разность между абсолютной звёздной величиной квазара в момент излучения и её текущим значением, определяемая его относительным удалением от Земли, в соответствии с зависимостями (8.183) и (8.186) равна:

$$\boldsymbol{M}_{\mathrm{q}} - \boldsymbol{M}_{\mathrm{q_0}} = -5 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot \log_{10}\left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right) - 2{,}5 \cdot \log_{10}\left[\frac{1 - \bar{L}_{\text{я}_{q_0}} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \bar{r}_{\mathrm{q}}\right)^{\text{ю}-1}}}{1 - \bar{L}_{\text{я}_{q_0}}}\right]. \quad (8.214)$$

Эффект от снижения мощности светового источника энергии квазара в момент излучения по отношению к её текущему значению определяется первым слагаемым зависимости (8.214). Он существенно превосходит эффект от увеличения доли светового источника энергии квазара, расходуемой на его излучение, в момент излучения по отношению к её текущему значению, который определяется вторым слагаемым зависимости (8.214). Таким образом, для любого квазара, принятого для исследования на модели, значение разности между его звёздной величиной в момент излучения и её текущим значением возрастает по мере увеличения относительного

удаления квазара от Земли, а, следовательно, и по мере увеличения величины красного смещения его излучения. Заметим, что для сверхмассивных звёзд малой светимости, где доля светового источника её энергии, расходуемая на возрастные изменения звезды, близка к единице, значение разности будет падать.

Рис. 8.85. Совместная плотность распределения абсолютной звёздной величины в момент излучения и величины красного смещения излучения 526356 квазаров.



Максимальное число квазаров, обнаруженных на модели, принадлежат ячейке, величина красного смещения излучения в которой находится в интервале $1{,}70 \leq z < 1{,}75$, а абсолютная звёздная величина в момент излучения в интервале $-22{,}1^{\mathrm{m}} \geq \boldsymbol{M}_{\mathbf{q_0}} > -22{,}2^{m}$. Этой ячейке принадлежат 476 квазаров.

При изменении величины красного смещения излучения обнаруженных на модели квазаров от 0,05 до 0,90 значение их средней абсолютной звёздной величины в момент излучения меняется от -21,10^{m} до -22,48^{m}. По мере роста величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных на модели, до 5,0 их средняя абсолютная звёздная величина в момент излучения возрастает до -23,21^{m}. Таким образом, в интервале значений $0{,}05 \leq z \leq 5$ изменение средней абсолютной звёздной величины квазаров в момент излучения примерно в два раза меньше изменения их средней текущей абсолютной звёздной величины.

Интересно отметить, что в момент излучения рекордсменом является квазар, чья абсолютная звёздная величина находится в интервале от -27,2^{m} до -27,3^{m}, а величина красного смещения его излучения составляет $2{,}1 \leq z < 2{,}15$. Это единственный обнаруженный на модели квазар, у которого абсолютная звёздная величина в момент излучения меньше -27^{m}. Его текущая абсолютная звёздная величина находится в интервале от -28,5^{m} до -28,6^{m}, видимая звёздная величина составляет от 15,3^{m} до 15,4^{m}, а текущая масса равняется примерно трём миллиардам масс Солнца. Пожалуй, что данный квазар не уступил бы пальму первенства при сравнении с известным рекордсменом, рассмотренным нами ранее, квазаром TON 618, видимая звёздная величина которого составляет 15,9^{m}, а величина красного смещения излучения равна $z_{\mathrm{TON\ 618}} = 2{,}219$ [74].

Основной вывод, который мы вправе сделать по результатам исследований, полученных на модели, учитывающей эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, состоит в том, что представление о квазарах, как о сверхмассивных звёздах со световым источником их энергии, не вступает в явное противоречие с результатами наблюдений 526356 квазаров [16]. Более того, проведённые исследования позволили получить естественное объяснение установленному в результате наблюдений росту средней текущей светимости квазаров по мере их удаления от Земли, а также наблюдаемой неравномерности их распределения на различных удалениях от Земли.

8.8. О чём свидетельствует изображение M87?*

Современная космологическая модель, основанная на общей теории относительности, предполагает, что в нашей Вселенной существуют сверхмассивные чёрные дыры. До последнего времени результаты наблюдений за космическими объектами предоставляли лишь косвенные свидетельства их существования. Действительно, гипотеза о термоядерном источнике энергии звёзд не способна объяснить невероятную мощность излучения квазаров, а предположение о наличии в центре квазаров сверхмассивных чёрных дыр даёт необходимые ответы. То, что обнаруженные во многих галактиках, в том числе и в галактике Млечный Путь, компактные космические объекты малой светимости, массы которых в миллионы и даже в миллиарды раз превосходят массу Солнца, именуются не иначе, как сверхмассивные чёрные дыры, не является прямым свидетельством их существования. Это лишь указывает на невозможность гипотезы о термоядерном источнике энергии звёзд дать иное приемлемое объяснение результатам их наблюдений.

Для получения прямых свидетельств существования чёрных дыр была создана международная коллаборация Телескопа горизонта событий (Event Horizon Telescope, EHT) [81]. Телескоп горизонта событий является глобальной сетью радиотелескопов по всей Земле, позволяющей наблюдать непосредственное окружение сверхмассивных чёрных дыр, таких как Стрелец A* и M87* с угловым разрешением, сопоставимым с их горизонтом событий.

Международная коллаборация Телескопа горизонта событий 10 апреля 2019 года представила первое изображение тени горизонта событий сверхмассивной чёрной дыры M87*, расположенной в сверхгигантской эллиптической галактике Мессье 87 (Messier 87) [82].

На важность и сенсационность результатов наблюдений, выполненных в апреле 2017 года, указывало то, что впервые полученное изображение тени горизонта событий чёрной дыры M87* было представлено на скоординированных пресс-конференциях по всему миру, в Брюсселе [83], Сантьяго [84],

Тайбэе [85], Токио [86] и Вашингтоне [87]. Результаты исследований, связанных с получением изображения тени горизонта событий M87*, были опубликованы в шести статьях специального выпуска The Astrophysical Journal Letters [5], [6], [7], [8], [9], [10]. Изображение тени горизонта событий чёрной дыры M87*, полученное в ходе наблюдений в апреле 2017 года, представлено на рисунке 8.86, которое было позаимствовано нами из [5]. В настоящее время данное изображение рассматривается как прямое свидетельство существования сверхмассивных чёрных дыр. Означает ли это, что все выполненные нами исследования, результаты которых представлены в разделе 8, были пустой тратой времени? Забегая вперёд, ответим: нет, не означает. Напротив, выполнение данных исследований было своевременным, что позволило, как мы это покажем в конце данного подраздела, дать альтернативное объяснение результатам наблюдений M87*, осуществлённых на ENT в апреле 2017 года.

Рассмотренная нами в данном разделе гипотеза о световом источнике энергии звёзд даёт естественное объяснение, как невероятной мощности излучения квазаров, так и малой светимости так называемых “сверхмассивных чёрных дыр”.

Действительно, и квазары и так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” являются такими же звёздами, пусть и очень массивными, как наше Солнце и большая часть наблюдаемых нами звёзд. Одна и та же модель звезды Эддингтона со световым источником энергии использовалась нами для описания и определения основных характеристик как звёзд, представленных на диаграмме Герцшпрунга – Рассела и рассмотренных нами в подразделе 8.3, так и сверхмассивных чёрных дыр, а также квазаров. И, что важно, результаты, полученные на этой модели, не вступают в явное противоречие как с наблюдениями за так называемыми “сверхмассивными чёрными дырами”, так и с наблюдениями за квазарами. Различие между квазаром и сверхмассивной чёрной дырой одной массы определяется их размерами.

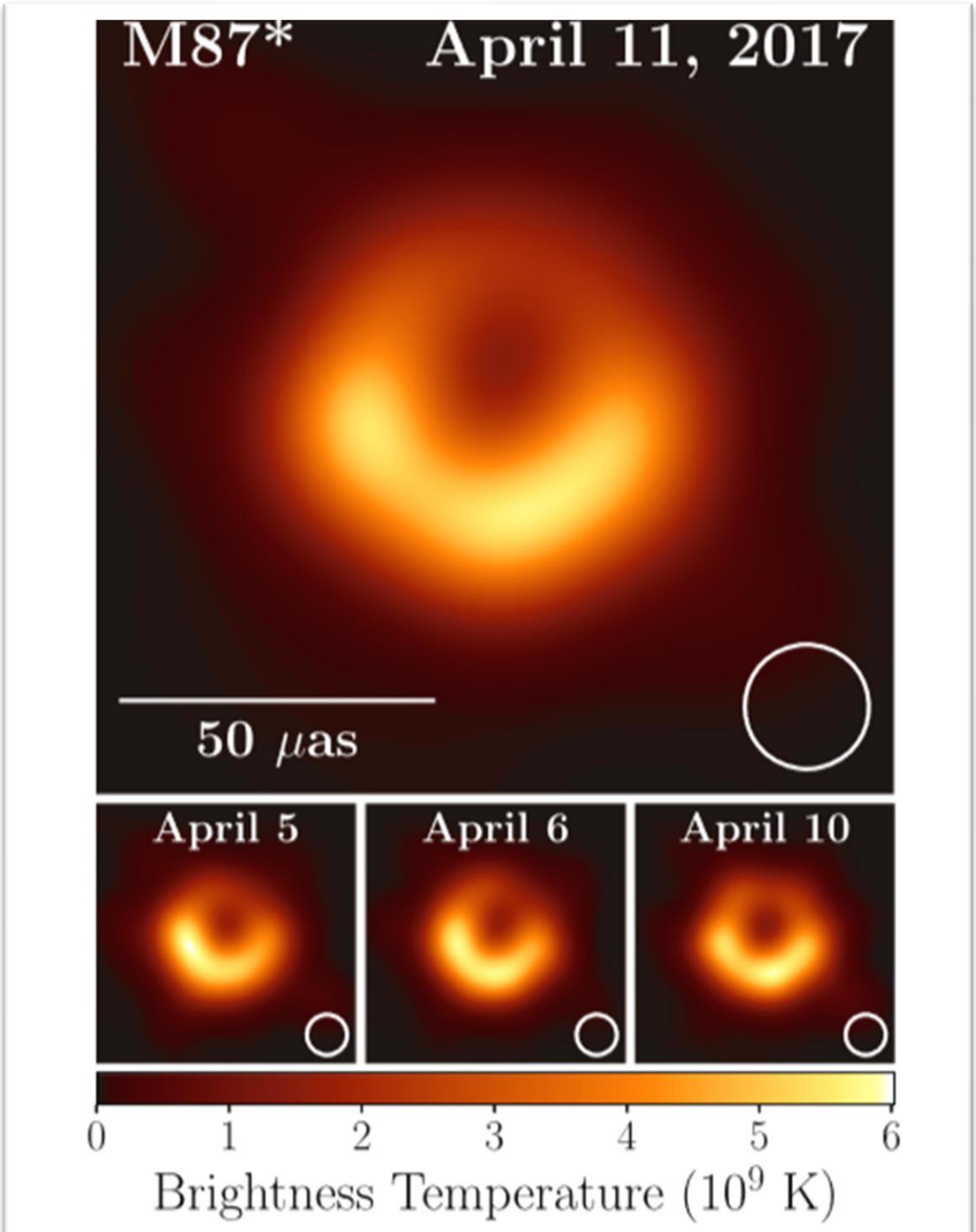


Figure 3. Top: EHT image of M87* from observations on 2017 April 11 as a representative example of the images collected in the 2017 campaign. The image is the average of three different imaging methods after convolving each with a circular Gaussian kernel to give matched resolutions. The largest of the three kernels (20 μas FWHM) is shown in the lower right. The image is shown in units of brightness temperature, $T_b = S\lambda^2/2k_B\Omega$, where S is the flux density, λ is the observing wavelength, k_B is the Boltzmann constant, and Ω is the solid angle of the resolution element. Bottom: similar images taken over different days showing the stability of the basic image structure and the equivalence among different days. North is up and east is to the left.

Рис. 8.86. Изображение тени горизонта событий сверхмассивной чёрной дыры M87* [5].

Радиус сверхмассивной чёрной дыры близок к максимальному радиусу, при котором доля светового источника энергии звезды, расходуемая на её возрастные изменения, близка к единице. Радиус квазара близок к минимальному радиусу, при котором мощность излучения звезды близка к пределу Эддингтона.

Зависимости максимальных и минимальных радиусов массивных звёзд со световым источником энергии представлены на рисунке 8.87.

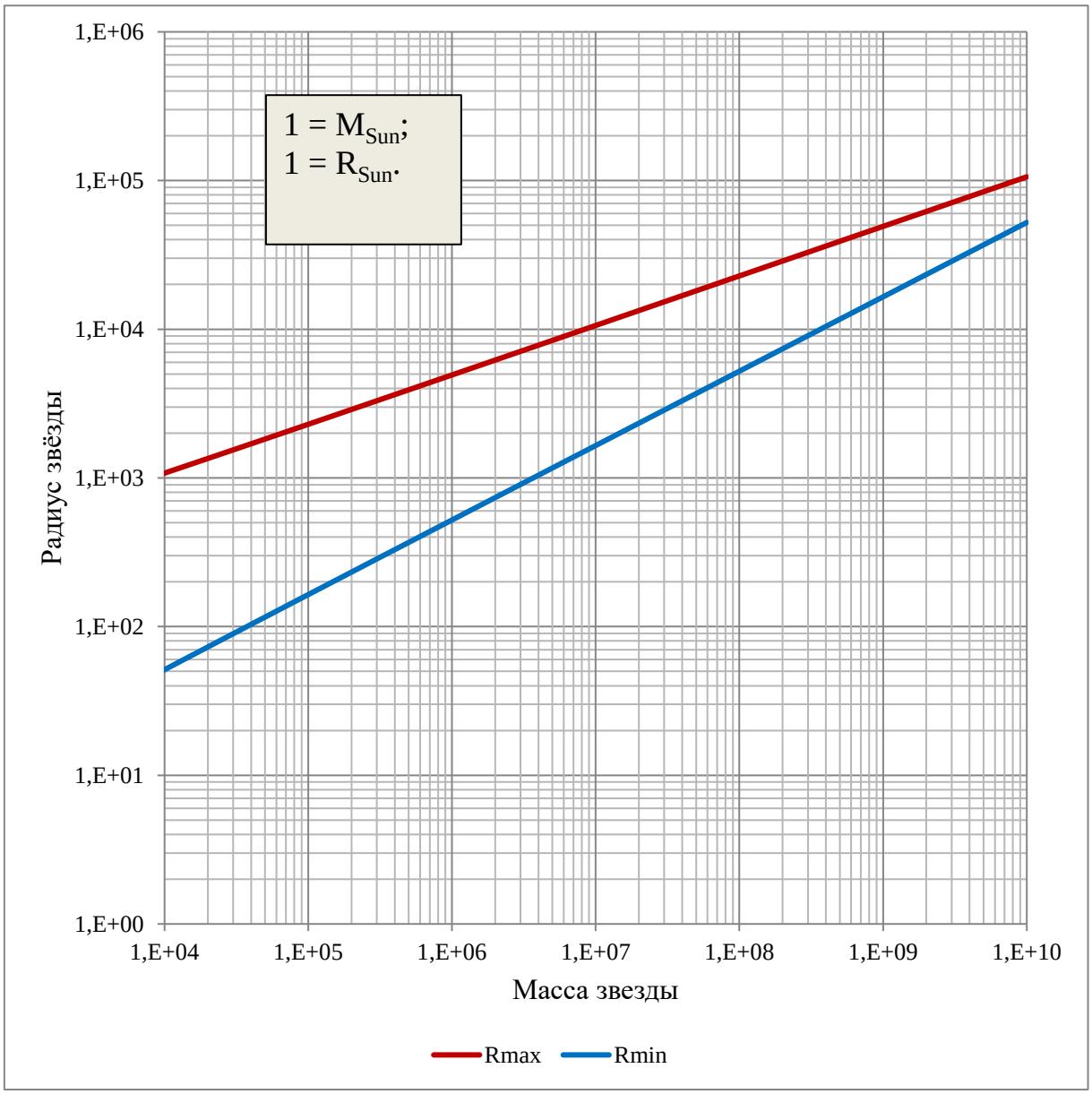


Рис. 8.87. Зависимости максимальных и минимальных радиусов массивных звёзд со световым источником энергии от их массы.

По мере роста массы звезды со световым источником энергии диапазон изменения её радиуса уменьшается. Используя зависимость (8.177), легко определить текущую массу звезды со световым источником энергии, при которой минимальный радиус звезды сравняется с её максимальным радиусом:

$$\bar{M}_{\mathrm{q}_0(R_{\mathrm{s}\max_0}=R_{\mathrm{s}\min_0})} = k^6_{\bar{R}_{\max/\min_0}} \approx 699 \cdot 10^9\ [M_{\mathrm{Sun}}]. \qquad (8.215)$$

Означает ли это, что звезда со световым источником энергии с текущей массой равной примерно семистам миллиардам масс Солнца одновременно будет являться и квазаром, и так называемой “сверхмассивной чёрной дырой”?

Очевидно, что такого быть не может. А, следовательно, минимальный радиус звезды со световым источником энергии не может быть равен её максимальному радиусу. Дело в том, что при определении минимального радиуса звезды мы исходили из предположения, что доля светового источника энергии звезды с Эддингтоновской светимостью, расходуемая на её возрастные изменения, мала. Данное предположение позволяло считать, что мощность излучения звезды равна мощности её светового источника. Это упрощало выражение для определения минимального радиуса звезды со световым источником энергии. При этом ошибка в определении минимального радиуса звезды даже с массой равной десяти миллиардам масс Солнца не превышала трёх процентов. При массах звёзд с Эддингтоновской светимостью, превышающих десять миллиардов масс Солнца, определение минимального радиуса звезды необходимо производить с учётом доли светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения. Поскольку массы реально наблюдаемых звёзд, как это было показано нами ранее, менее десяти миллиардов масс Солнца, то определение характеристик звёзд больших масс в данной работе мы исключили из рассмотрения.

Гипотеза о световом источнике энергии звёзд накладывает определённые ограничения на диапазоны изменения их основных характеристик. Зависимости отношений максимальных значений основных характеристик звёзд со световым источником энергии к их минимальным значениям от массы

звёзд, определённые в диапазоне от десяти тысяч до десяти миллиардов масс Солнца, представлены на рисунке 8.88

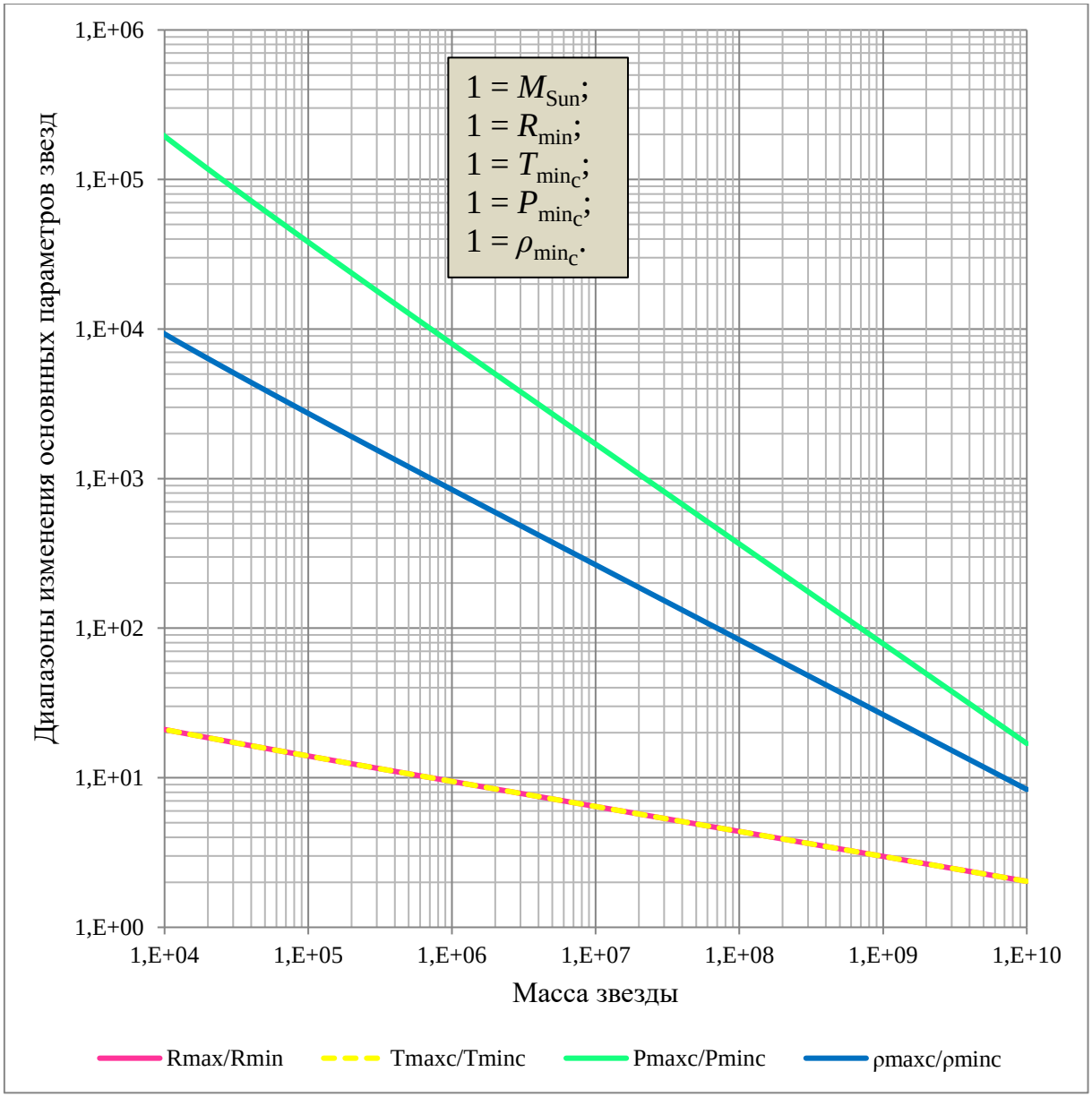


Рис. 8.88. Зависимости отношений максимальных значений основных характеристик звёзд со световым источником энергии к их минимальным значениям от массы звёзд, определённые в диапазоне от десяти тысяч до десяти миллиардов масс Солнца.

Представленные зависимости свидетельствуют, что с ростом массы звезды со световым источником энергии диапазоны изменения её основных характеристик, измеренные в их минимальных значениях, уменьшаются. Так, при изменении массы звезды от десяти тысяч до десяти миллиардов масс

Солнца диапазон изменения её радиуса и центральной температуры уменьшился более чем на один порядок, диапазон изменения её центральной плотности уменьшился более чем на три порядка, а диапазон изменения центрального давления уменьшился более чем на четыре порядка.

Зависимости мощности излучения звезд со световым источником энергии от их массы, определённые для различных эффективных температур их поверхности, представлены на рисунке 8.89.

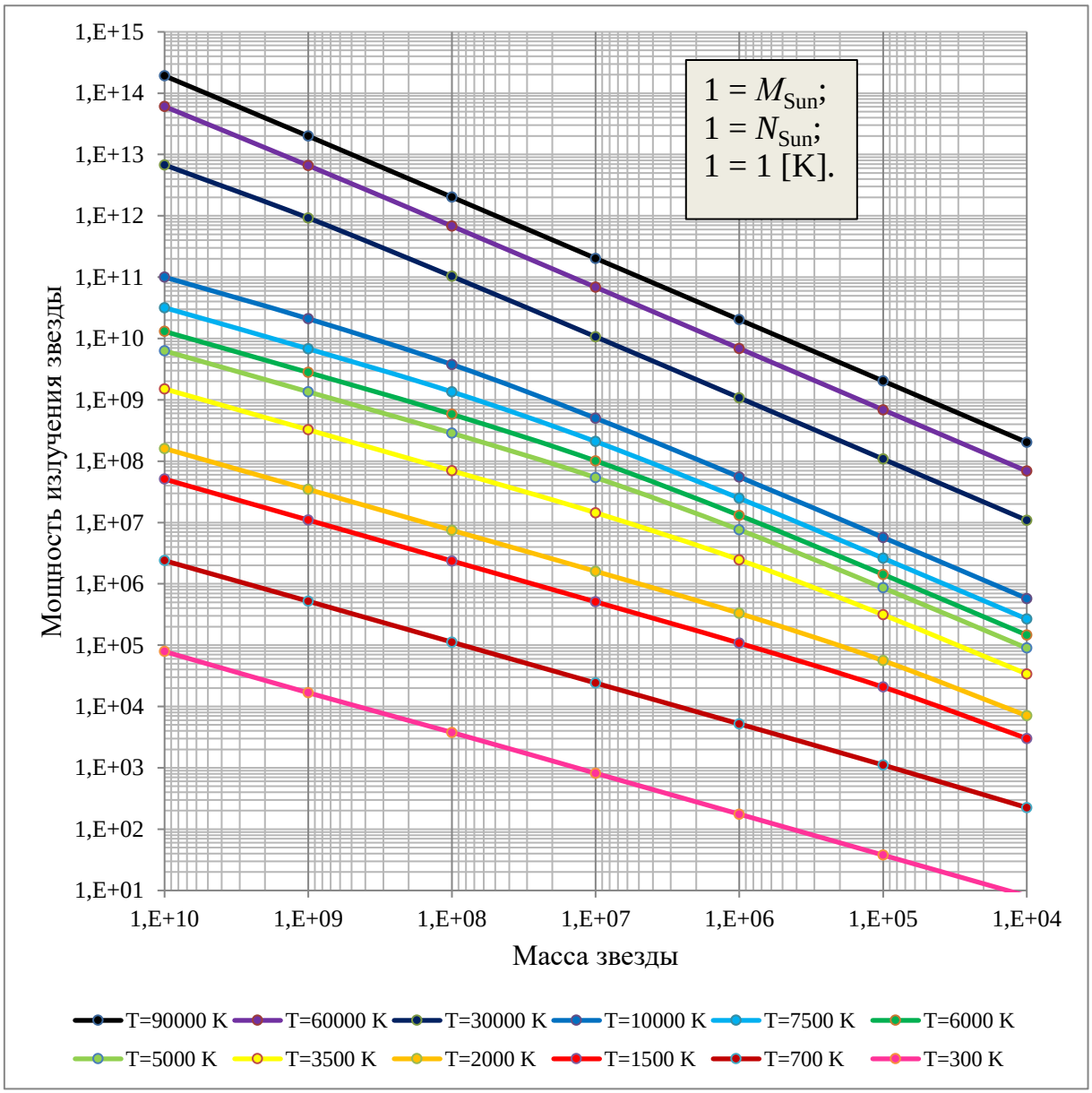


Рис. 8.89. Зависимости мощности излучения звезд со световым источником энергии от их массы, определённые для различных эффективных температур их поверхности.

Во всём рассмотренном диапазоне эффективных температур поверхности звёзд показатель степени изменения мощности излучения звезды от её массы находится в интервале от двух третей до единицы.

При эффективной температуре поверхности звезды равной 90000 [K] показатель степени изменения мощности излучения звезды от её массы близок к единице во всём рассмотренном диапазоне изменения масс. При эффективной температуре поверхности звезды равной 5000 [K] показатель степени изменения мощности излучения звезды от её массы уменьшается от значения близкого к единице до значения близкого к двум третям по мере роста массы от десяти тысяч до десяти миллиардов масс Солнца. При эффективной температуре поверхности звезды равной 300 [K] показатель степени изменения мощности излучения звезды от её массы близок к двум третям во всём рассмотренном диапазоне изменения масс.

Зависимости мощности излучения звезд со световым источником энергии от эффективных температур их поверхности, определённые для различных масс звёзд, представлены на рисунке 8.90. На этом же рисунке показаны ветви звёзд, относящихся к различным классам светимости: сверхгиганты Ia; сверхгиганты Ib; яркие гиганты; гиганты; субгиганты и звёзды главной последовательности, взятые нами из диаграммы Герцшпрунга – Рассела.

Используя зависимости, представленные на рисунке 8.90, легко определить, что масса голубого гипергиганта R136a1, эффективная температура поверхности которого составляет примерно 53000 [K], а мощность излучения, по высшим оценкам, в десять миллионов раз превышает мощность излучения Солнца, явно меньше десяти тысяч масс Солнца. Масса же гипергиганта UY Щита, эффективная температура поверхности которого составляет примерно 3365 K, а мощность излучения примерно в триста сорок тысяч раз превышает мощность излучения Солнца, более чем в сто тысяч раз превосходит массу Солнца.

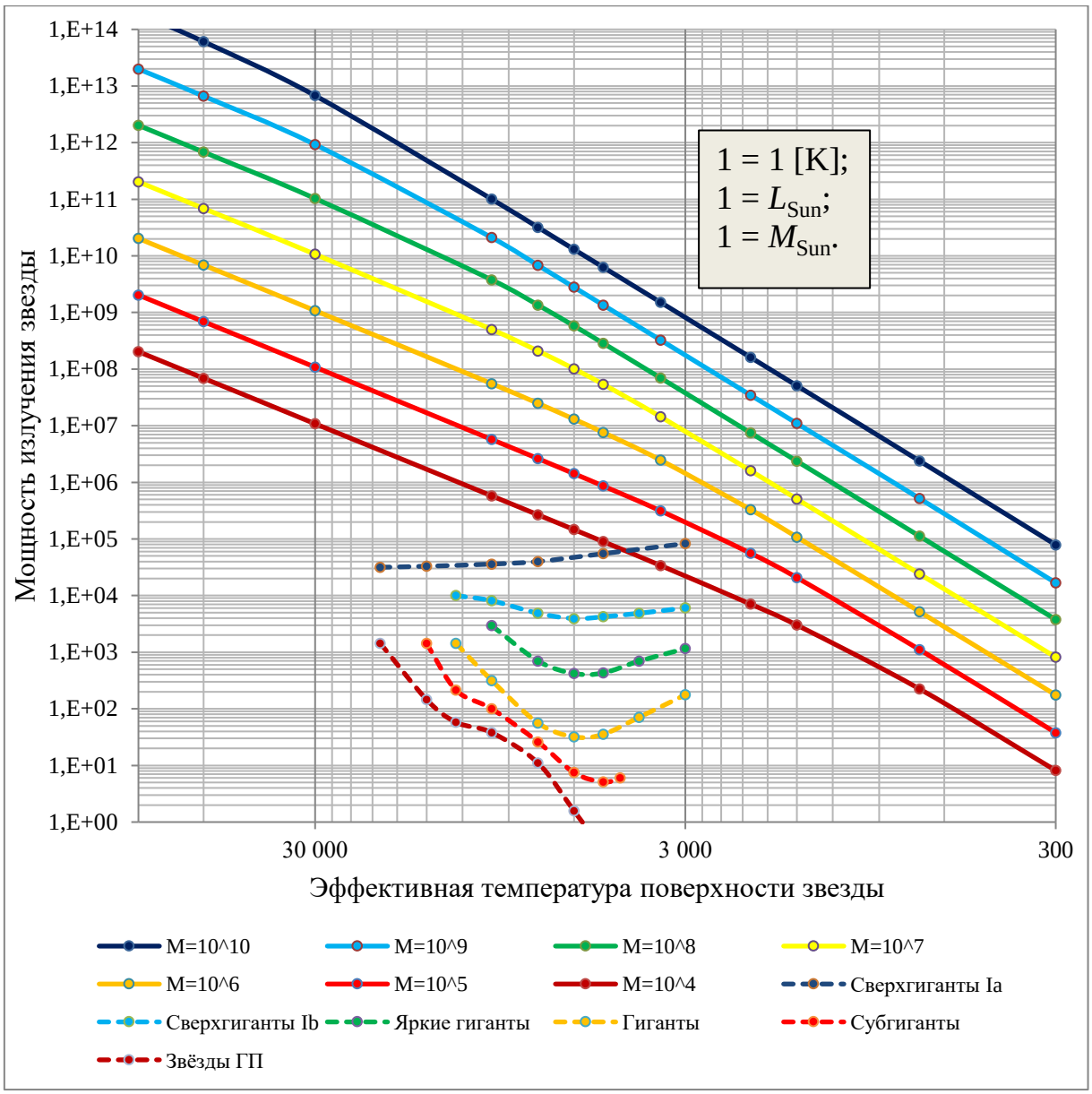


Рис. 8.90. Зависимости мощности излучения звезд со световым источником энергии от эффективных температур их поверхности, определённые для различных масс звёзд.

Зависимости радиуса и абсолютной звёздной величины звёзд со световым источником энергии от эффективной температуры их поверхности, определённые для различных масс звёзд в интервале от десяти тысяч до десяти миллиардов масс Солнца, представлены на рисунке 8.91. Зависимости радиуса звёзд помечены сплошной линией. Зависимости абсолютных звёздных величин – пунктирной.

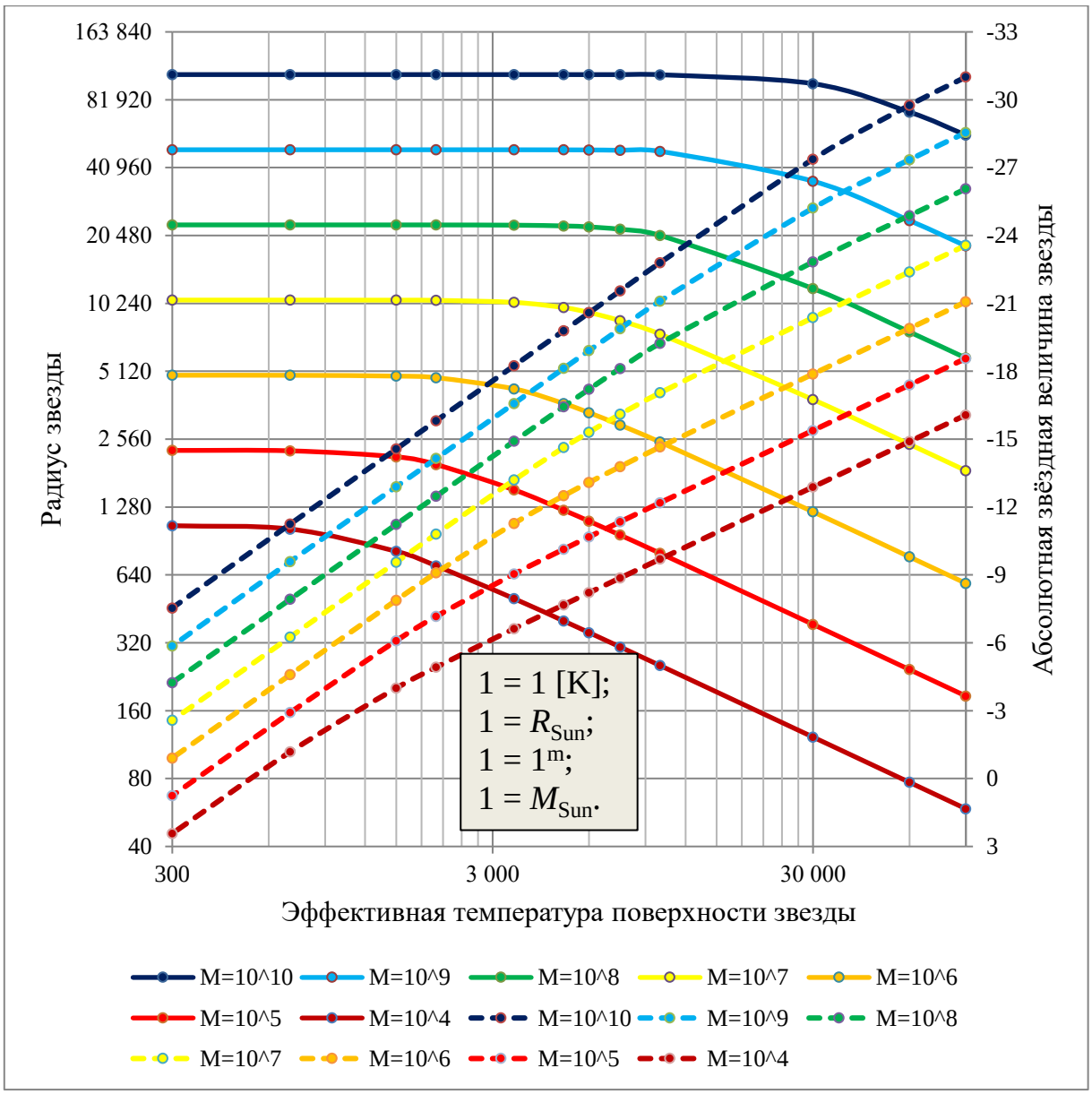


Рис. 8.91. Зависимости радиуса и абсолютной звёздной величины звёзд со световым источником энергии от эффективной температуры их поверхности, определённые для различных масс звёзд в интервале от десяти тысяч до десяти миллиардов масс Солнца.

В соответствии с гипотезой о световом источнике энергии звёзд абсолютная звёздная величина звезды в основном определяется двумя факторами: во-первых, мощностью её светового источника энергии, а во-вторых, долей мощности этого источника, которая расходуется на возрастные изменения звезды. Исходя из представленных на рисунке 8.91 зависимостей, легко определить диапазоны эффективной температуры поверхности звезды,

в которых каждый из указанных факторов оказывает основное влияние на изменение её абсолютной звёздной величины. Там, где изменения радиуса звезды с ростом эффективной температуры её поверхности являются незначительными, изменение абсолютной звёздной величины обусловлено в основном уменьшением доли светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения. Заметим, что с ростом массы звезды происходит расширение диапазона изменения эффективной температуры её поверхности, где изменение её абсолютной звёздной величины обусловлено в основном уменьшением доли светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные преобразования.

В более крупном масштабе зависимости радиуса и абсолютной звёздной величины звёзд со световым источником энергии от эффективной температуры их поверхности, определённые для различных масс звёзд в интервале от ста миллионов до десяти миллиардов масс Солнца, представлены на рисунке 8.92.

При изменении эффективной температуры поверхности звезд от 300 [K] до 10000 [K], массы которых равны ста миллионам, миллиарду и десяти миллиардам масс Солнца, их радиусы уменьшаться незначительно, всего лишь на 10 %, на 1,8 % и на 0,2 % соответственно. А это означает, что мощности световых источников энергии этих звёзд возрастут всего лишь на 54 %, на 6,7 % и на 0,7 % соответственно. В тоже время абсолютная их звёздная величина изменится очень значительно – примерно на 15^{m}.

Из представленных на рисунках 8.91 и 8.92 данных следует, что незначительные колебания размеров массивных звёзд со световым источником энергии могут приводить к очень большим изменениям их блеска в короткие промежутки времени. Так, например, согласно оценкам, представленным на рисунке 8.93, для звезды с эффективной температурой поверхности равной 300 [K] и массой в десять миллиардов масс Солнца её радиус будет превышать радиус Солнца примерно в сто пять тысяч девятьсот пятьдесят раз.

Ускорение свободного падения на её поверхности будет равно $g \approx 244\ [\text{м}/\text{с}^2]$.

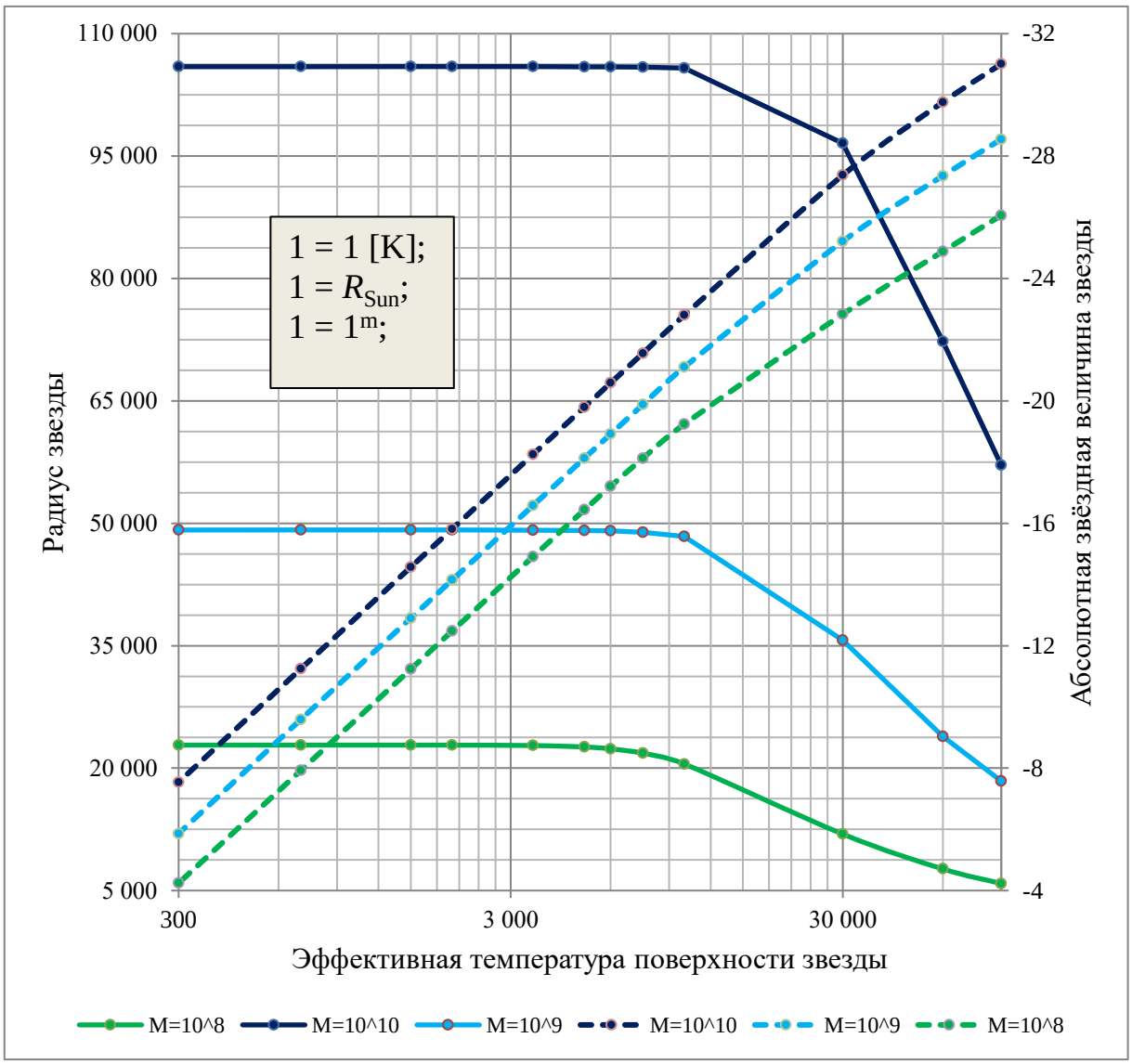


Рис. 8.92. Зависимости радиуса и абсолютной звёздной величины звёзд со световым источником энергии от эффективной температуры их поверхности, определённые для различных масс звёзд в интервале от ста миллионов до десяти миллиардов масс Солнца.

Уменьшение радиуса звезды всего лишь на двести тысяч километров, что составляет менее трёх десятитысячных процента от её радиуса, приведёт к увеличению эффективной температуры её поверхности до 2000 [K] и увеличению её блеска примерно на восемь целых и три десятых звёздных величин. Заметим, что частица с нулевой начальной скоростью

на поверхности звезды под действием ускорения свободного падения преодолеет расстояние в двести тысяч километров менее чем за двадцать две минуты.

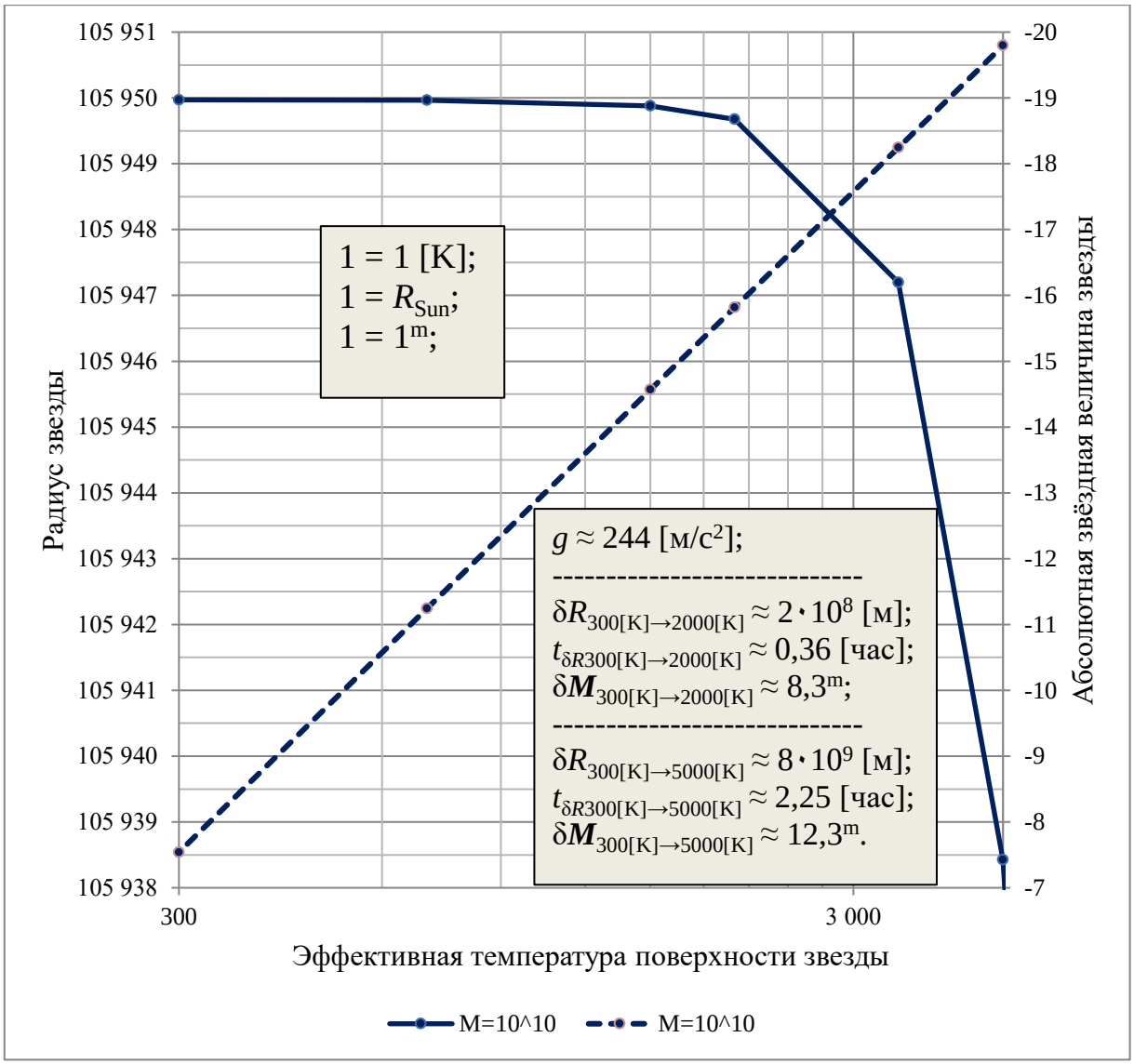


Рис. 8.93. Зависимость радиуса и абсолютной звёздной величины звёзды со световым источником энергии от эффективной температуры её поверхности в интервале от 300 [K] до 5000 [K], имеющей массу равную десяти миллиардам масс Солнца.

Если же уменьшение радиуса звезды составит примерно восемь миллионов километров, то это приведёт к увеличению эффективной температуры её поверхности до 5000 K и увеличению её блеска примерно на двенадцать целых и три десятых звёздных величин. При этом частица с нулевой начальной

скоростью на поверхности звезды под действием ускорения свободного падения преодолеет расстояние в восемь миллионов километров примерно за два часа и пятнадцать минут.

В заключении данного подраздела и главы в целом, рассмотрим сенсационные изображения космического объекта M87*, полученные в ходе его наблюдений в апреле 2017 года и представленные научной общественности после тщательной обработки полученной информации в апреле 2019 года. В 1994 году были опубликованы результаты наблюдений за ионизированным газом в центре галактики M87, выполненные с использованием спектрографа FOS (Faint Object Spectrograph) космического телескопа “Хаббл”, которые позволили определить, что масса космического объекта M87* примерно в два миллиарда четыреста миллионов раз превосходит массу Солнца [89]. До опубликования снимков космического объекта M87* его масса составляла $M_{\mathrm{M87*(gas)}} = 3{,}5^{+0{,}9}_{-0{,}3} \cdot 10^9\, M_{\mathrm{Sun}}$ по газодинамической оценке [90] и $M_{\mathrm{M87*(star)}} = 6{,}6^{+0{,}4}_{-0{,}4} \cdot 10^9\, M_{\mathrm{Sun}}$ согласно оценке методом звёздной динамики [10]. Обе эти оценки массы космического объекта M87* были получены при предположении, что удаление его от Земли составляет 17,9 [Мпк] [90], [10]. Параметры космического объекта M87*, установленные на основе анализа полученных изображений в ходе его наблюдений в апреле 2017 года, основанные на предположении, что он является сверхмассивной чёрной дырой, представлены в таблице на рисунке 8.94. Данная таблица позаимствована нами из работы [5].

Определение характеристик космического объекта M87*, представленных в таблице на рисунке 8.94, осуществлялось в предположении, что его удаление от Земли равно $D_{M87*} = 16{,}8^{+0{,}8}_{-0{,}8}$ [Мпк]. Масса космического объекта M87*, пересчитанная на данное удаление его от Земли, составит $M_{\mathrm{M87*(gas)}} = 3{,}3^{+0{,}9}_{-0{,}3} \cdot 10^9\, M_{\mathrm{Sun}}$ – по газодинамической оценке и $M_{\mathrm{M87*(star)}} = 6{,}2^{+0{,}4}_{-0{,}4} \cdot 10^9\, M_{\mathrm{Sun}}$ – согласно оценке методом звёздной динамики.

The Astrophysical Journal Letters, 875:L1 (17pp), 2019 April 10

Table 1
Parameters of M87*

Parameter	Estimate
Ring diameter [a] d	42 ± 3 μas
Ring width [a]	<20 μas
Crescent contrast [b]	>10:1
Axial ratio [a]	<4:3
Orientation PA	150°–200° east of north
$\theta_g = GM/Dc^2$ [c]	3.8 ± 0.4 μas
$\alpha = d/\theta_g$ [d]	$11^{+0.5}_{-0.3}$
M [c]	$(6.5 \pm 0.7) \times 10^9\ M_\odot$
Parameter	**Prior Estimate**
D [e]	(16.8 ± 0.8) Mpc
M(stars) [e]	$6.2^{+1.1}_{-0.6} \times 10^9\ M_\odot$
M(gas) [e]	$3.5^{+0.9}_{-0.3} \times 10^9\ M_\odot$

Notes.
[a] Derived from the image domain.
[b] Derived from crescent model fitting.
[c] The mass and systematic errors are averages of the three methods (geometric models, GRMHD models, and image domain ring extraction).
[d] The exact value depends on the method used to extract d, which is reflected in the range given.
[e] Rederived from likelihood distributions (Paper VI).

Рис. 8.94. Параметры космического объекта M87* как сверхмассивной чёрной дыры, установленные из анализа изображений, которые были получены в ходе его наблюдений в апреле 2017 года [5].

В таблице представлены характеристики аккреционного диска, которые мы не будем рассматривать, и оценка массы космического объекта M87*.

Оценка массы космического объекта M87* как сверхмассивной чёрной дыры, полученная исходя из размеров тени её горизонта событий, составила $M_{\mathrm{M87*(image)}} = 6{,}5^{+0{,}7}_{-0{,}7} \cdot 10^9\ M_{\mathrm{Sun}}$.

Данная оценка массы космического объекта M87* почти в два раза превышает её газодинамическую оценку и незначительно, всего лишь на три процента, превышает оценку, полученную методами звёздной динамики. Означает ли это, что оценка массы космического объекта M87* методом звёздной динамики оказалась более точной, чем её газодинамическая оценка?

Прежде, чем дать ответ, рассмотрим для нас более важный вопрос: являются ли изображения космического объекта M87*, полученные в ходе его наблюдений в апреле 2017 года, прямым свидетельством существования в нашей Вселенной сверхмассивных чёрных дыр?

Для ответа на этот вопрос, рассмотрим альтернативный вариант, согласно которому космический объект M87* является сверхмассивной звездой со световым источником энергии.

Прежде всего, используя закон ПИ, определённый выражением (7.4.20), найдём относительное удаление космического объекта M87* от Земли, исходя из величины красного смещения излучения галактики M87. Величина красного смещения излучения галактики M87 равна [82]:

$$z_{\mathrm{M87}} = 0{,}004283. \tag{8.216}$$

Согласно закону ПИ, относительное удаление галактики M87 от Земли равно:

$$\bar{r}_{\mathrm{M87}} = \mathrm{ПИ}^{-1}(z_{\mathrm{M87}}) \approx 9{,}6276 \cdot 10^{-4}. \tag{8.217}$$

Поскольку текущий радиус Метагалактики равен 11479,14 [Мпк], то текущее удаление космического объекта M87* составляет:

$$D_{M87*} = \bar{r}_{\mathrm{M87}} \cdot R \approx 11{,}05\ [\mathrm{Мпк}]. \tag{8.218}$$

Масса космического объекта M87*, пересчитанная на данное удаление его от Земли, составит $M_{\mathrm{M87*(gas)}} = 2{,}16^{+0{,}56}_{-0{,}19} \cdot 10^9\, M_{\mathrm{Sun}}$ по газодинамической оценке и $M_{\mathrm{M87*(star)}} = 4{,}08^{+0{,}25}_{-0{,}25} \cdot 10^9\, M_{\mathrm{Sun}}$ согласно оценке методом звёздной динамики.

Исходя из изображений космического объекта M87*, полученных в ходе его наблюдений в апреле 2017 года (рисунок 8.95), находим минимальное

и максимальное значения видимого размера звезды на длине волны равной $\lambda = 1{,}33$ [мм], измеренного в угловых микросекундах:

$$\beta_{\text{в}\max_{(\lambda=1{,}33\text{ мм})}} \approx 70{,}83\ [\mu\text{as}];\ \beta_{\text{в}\min_{(\lambda=1{,}33\text{ мм})}} \approx 60{,}42\ [\mu\text{as}]. \quad (8.219)$$

Максимальный размер звезды помечен на рисунке 8.95 большей окружностью оранжевого цвета, наименьший – меньшей окружностью.

Исходя из закона рассеяния электромагнитного излучения космических объектов при наблюдении их с Земли, представленного зависимостью (8.123), находим величину рассеяния электромагнитного излучения на длине волны равной $\lambda = 1{,}33$ [мм], на которой были осуществлены наблюдения космического объекта M87* в апреле 2017 года:

$$\beta_{\text{р}_{(\lambda=1{,}33\text{ мм})}} = b_{sc} \cdot \lambda^2 \approx 23{,}35\ [\mu\text{as}]. \quad (8.220)$$

Исходя из видимых угловых размеров космического объекта M87* и величины рассеяния электромагнитного излучения на длине волны равной $\lambda = 1{,}33$ [мм], находим его собственные угловые размеры:

$$\beta_{\text{M87*max}} = \sqrt{\beta^2_{\text{в}\max_{(\lambda=1{,}33\text{ мм})}} - \beta^2_{\text{р}_{(\lambda=1{,}33\text{ мм})}}} \approx 66{,}87\ [\mu\text{as}]. \quad (8.221)$$

$$\beta_{\text{M87*min}} = \sqrt{\beta^2_{\text{в}\min_{(\lambda=1{,}33\text{ мм})}} - \beta^2_{\text{р}_{(\lambda=1{,}33\text{ мм})}}} \approx 55{,}72\ [\mu\text{as}]. \quad (8.222)$$

Исходя из полученных собственных угловых размеров космического объекта и удаления его от Земли, определим максимальное и минимальное значения его радиуса как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры, близкие максимально возможным:

$$R_{\text{M87*max}} = \frac{\pi \cdot D_{M87*} \cdot \beta_{\text{M87*max}}}{360 \cdot 60 \cdot 60} \approx 5.527 \cdot 10^{13}\ [\text{м}] \approx 79416\ R_{\text{Sun}} \approx 369{,}5\ [\text{AU}]. \quad (8.223)$$

$$R_{\text{M87*min}} = \frac{\pi \cdot D_{M87*} \cdot \beta_{\text{M87*min}}}{360 \cdot 60 \cdot 60} \approx 4.606 \cdot 10^{13}\ [\text{м}] \approx 66172\ R_{\text{Sun}} \approx 307{,}9\ [\text{AU}]. \quad (8.224)$$

Результаты наблюдений за космическим объектом содержат прямые свидетельства, что он является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры, близкие максимально возможным, если они подтверждают зависимость (8.98) между массой звезды и её радиусом. Об этом мы договорились ранее в подразделе 8.5.

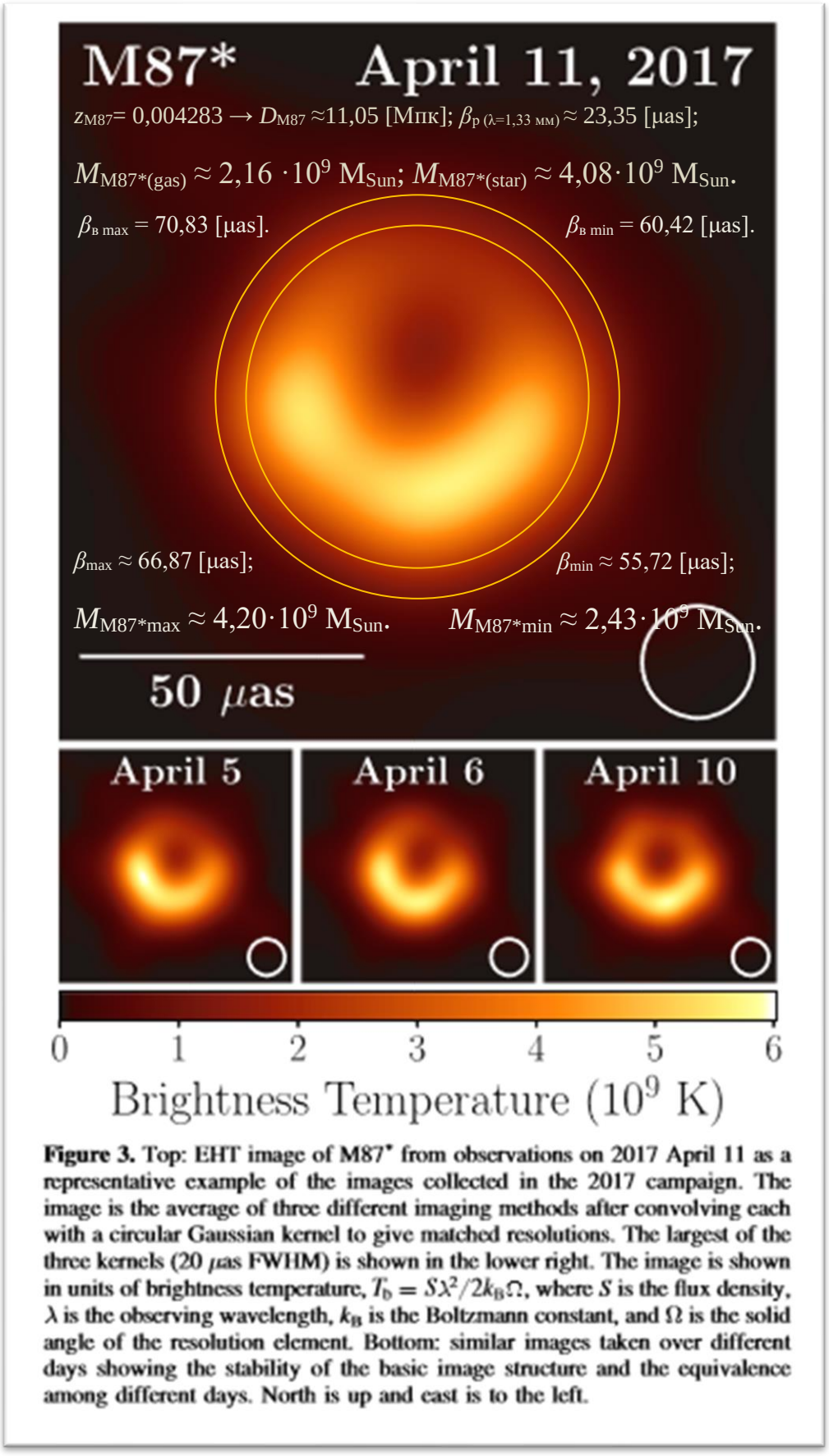


Figure 3. Top: EHT image of M87* from observations on 2017 April 11 as a representative example of the images collected in the 2017 campaign. The image is the average of three different imaging methods after convolving each with a circular Gaussian kernel to give matched resolutions. The largest of the three kernels (20 μas FWHM) is shown in the lower right. The image is shown in units of brightness temperature, $T_b = S\lambda^2/2k_B\Omega$, where S is the flux density, λ is the observing wavelength, k_B is the Boltzmann constant, and Ω is the solid angle of the resolution element. Bottom: similar images taken over different days showing the stability of the basic image structure and the equivalence among different days. North is up and east is to the left.

Рис. 8.95. Определение характеристик космического объекта M87* как сверхмассивной звезды со световым источником энергии.

При рассмотрении космического объекта Стрелец А*, значение массы которого было с достаточной точностью установлено в ходе наблюдений траекторий ближайших к нему звёзд, мы определили, что зависимость (8.98) будет подтверждена, если в ходе наблюдений будет установлено, что радиус объекта, измеренный в угловых миллисекундах, близок к значению, которое рассчитывается по формуле (8.121).

Для космического объекта М87*, исходя из его угловых размеров, установленных в ходе наблюдений в апреле 2017 года, прямым свидетельством, что он является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, будет подтверждение того, что его масса, измеренная в массах Солнца, близка к значению, которое определяется следующей зависимостью:

$$\bar{M}_{\mathrm{M87*}} = 10{,}41 \cdot (\beta_{\mathrm{M87*}} \cdot D_{\mathrm{M87*}})^3, \tag{8.225}$$

где $\beta_{\mathrm{M87*}}$ – собственный угловой размер космического объекта М87*, измеренный в угловых микросекундах; $D_{\mathrm{M87*}}$ – расстояние от Земли до космического объекта М87*, измеренное в мегопарсеках; $\bar{M}_{\mathrm{M87*}}$ – масса космического объекта М87*, измеренная в массах Солнца.

Заметим, что зависимость (8.225) получена из зависимости (8.121) и так же, как и последняя, подтверждает зависимость (8.98) между массой звезды и её радиусом.

Исходя из установленных собственных максимальных и минимальных угловых размеров космического объекта М87* и его удаления от Земли по формуле (8.225) находим максимальное и минимальное значения его массы как сверхмассивной звезды со световым источником энергии имеющей близкие максимально возможным размеры:

$$\bar{M}_{\mathrm{M87*max}} = 10{,}41 \cdot \left(\beta_{\mathrm{M87*max}} \cdot D_{\mathrm{M87*}}\right)^3 \approx 4{,}20 \cdot 10^9\ \mathrm{M_{Sun}}. \tag{8.226}$$

$$\bar{M}_{\mathrm{M87*min}} = 10{,}41 \cdot \left(\beta_{\mathrm{M87*min}} \cdot D_{\mathrm{M87*}}\right)^3 \approx 2{,}43 \cdot 10^9\ \mathrm{M_{Sun}}. \tag{8.227}$$

Полученная нами максимальная оценка массы космического объекта М87*, как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, лишь на 3 % превышает оценку

его массы, полученную методом звёздной динамики. Минимальная оценка массы космического объекта M87*, как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, примерно на 12 % превышает газодинамическую оценку его массы.

Прежде, чем делать выводы по результатам полученных оценок массы космического объекта M87*, как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, убедимся, что расчёты по формуле (8.225) не сопряжены с большими погрешностями. Дело в том, что в зависимости (8.121), из которой мы получили формулу (8.225), в качестве радиуса звезды используется его максимальное значение, при котором мощность излучения звезды очень мала. Согласно данным, представленным в работе [91], болометрическая мощность излучения космического объекта M87*, удаление которого от Земли принято равным 14,9 [Мпк], составляет $9{,}8 \cdot 10^{41}$ [эрг/с], что примерно в двести пятьдесят четыре миллиона раз превышает мощность излучения Солнца. Перерасчёт на удаление равное 11,05 [Мпк], определённое исходя из величины красного смещения излучения галактики M87, показывает, что его болометрическая мощность излучения примерно в сто сорок миллионов раз превосходит мощность излучения Солнца. Исходя из определённых ограничений на значения масс (8.226), (8.227) и радиусов (8.223), (8.224) космического объекта M87*, находим диапазон изменения мощности светового источника его энергии, в качестве единицы измерения которой принята мощность излучения Солнца:

$$1{,}81 \cdot 10^{12}\, L_{\mathrm{Sun}} \approx \frac{\bar{M}^3_{\mathrm{M87*min}}}{(1-\beta_{\mathrm{Sun}})\bar{R}^4_{\mathrm{M87*min}}} \leq \bar{L}_{\gamma_{\mathrm{M87*}}} \leq \frac{\bar{M}^3_{\mathrm{M87*max}}}{(1-\beta_{Sun})\cdot\bar{R}^4_{\mathrm{M87*max}}} \approx 4{,}51 \cdot 10^{12}\, L_{\mathrm{Sun}}. \quad (8.228)$$

Исходя из полученной оценки болометрической мощности излучения космического объекта M87*, находим диапазон изменения доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения:

$$1 - 7{,}73 \cdot 10^{-5} \geq \bar{L}_{\text{я}_{\mathrm{M87*}}} = 1 - \frac{\bar{L}_{\mathrm{bol}_{\mathrm{M87*}}}}{\bar{L}_{\gamma_{\mathrm{M87*}}}} = \left(\frac{R_{\mathrm{M87*}}}{R_{\max}}\right)^3 \geq 1 - 3{,}10 \cdot 10^{-5}, \quad (8.229)$$

где $R_{\max}$ – максимальный радиус звезды, при котором вся мощность светового источника её энергии расходуется на возрастные изменения.

Из (8.229) находим, что диапазон изменения отношения радиуса космического объекта M87* к максимальному радиусу звезды той же массы составляет:

$$1 - 2{,}58 \cdot 10^{-5} \geq \frac{R_{\text{M87}*}}{R_{\max}} \geq 1 - 1{,}03 \cdot 10^{-5}. \qquad (8.230)$$

Из определённого нами диапазона изменения отношения радиуса космического объекта M87* к максимальному радиусу звезды той же массы следует, что погрешность, обусловленная отличием $R_{\text{M87}*}$ от $R_{\max}$, при определении массы космического объекта M87*, как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры, близкие максимально возможным, по формуле (8.225) не превышает восьми тысячных процента.

Из сравнения оценок массы звезды, полученных на основе её изображения в ходе наблюдений в апреле 2017 года, с массами, полученными методом газодинамической оценки и методом звёздной динамики, мы вправе заключить, что зависимость (8.98) подтверждена в ходе наблюдений космического объекта M87*.

Таким образом, в результате наблюдений космического объекта M87* получены прямые свидетельства, что он является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным!

Звезда M87* невероятно больших размеров. Если её центр совместить с центром солнечной системы, то максимальное удаление Плутона от центра составит примерно 16 % её радиуса. Значение ускорения свободного падения на поверхности звезды находится в интервале от 152 [м/с^2] до 182 [м/с^2]. Эффективная температура поверхности звезды находится в диапазоне $2444\ [\text{K}] \geq T_{\text{Э}_{\text{M87}*}} \geq 2231\ [\text{K}]$. Именно у таких звёзд, как это мы показали ранее (рис. 8.92 и 8.93), незначительные колебания их размеров могут приводить к очень большим изменениям их блеска в короткие промежутки времени.

Очевидно, что и локальные колебания размеров звезды будут сопряжены с большими изменениями интенсивности излучения тех участков поверхности звезды, где они происходят. Так что есть веские основания полагать, что при незначительных локальных колебаниях размеров звезды, отдельные участки её поверхности будут значительно отличаться интенсивностью излучения. Причём, изменение интенсивности излучения отдельных участков поверхности звезды может происходить в короткие промежутки времени. Именно такую картину нам демонстрируют изображения поверхности звезды M87*, полученные в ходе её наблюдения в апреле 2017 года. Действительно, на изображениях звезды, исполненных в единицах яркостной температуры в соответствии с представленной шкалой, видно, что интенсивность излучения отдельных участков её поверхности на длине волны 1,33 [мм] может отличаться более чем в десять раз (см. рис. 8.95). Кроме того, как это хорошо видно на рисунке 8.96, который взят нами из работы [8], изменения яркостной температуры отдельных участков поверхности звезды, представленные в соответствии с приведённой цветовой шкалой за период наблюдений с 5 апреля по 11 апреля, могут составлять до 20 % от её максимальных значений. Если в ходе очередных наблюдений звезды M87* будет установлено, что так называемая тень чёрной дыры не только изменилась в размерах, но и поменяла своё местоположение, то это, на наш взгляд, не должно вызывать особого удивления. Напротив, если местоположение и размеры области поверхности звезды с пониженной интенсивностью излучения сохранятся, то это у нас вызовет удивление и потребует дополнительных разъяснений.

У звезды M87* имеется джет. На рисунках 8.97 представлено изображение джета звезды M87*, полученное VLBA (Very Long Baseline Array) на частоте 43 ГГц 12 января 2013 года. На рисунке 8.98 представлено изображение джета звезды M87* с высоким разрешением, полученное на длине волны 3мм. Оба рисунка с изображениями джета звезды M87* взяты нами из работы [91]. Полная мощность излучения джета по данным наблюдений находится в интервале от 10^{36} до 10^{37} [Вт] [91], что в пересчёте на

удаление галактики M87, полученного исходя из величины красного смещения её излучения, составит от $5{,}5 \cdot 10^{35}$ до $5{,}5 \cdot 10^{36}$ [Вт]. Таким образом, полная мощность излучения джета звезды M87* превышает её болометрическую мощность излучения от 10 до 100 раз.

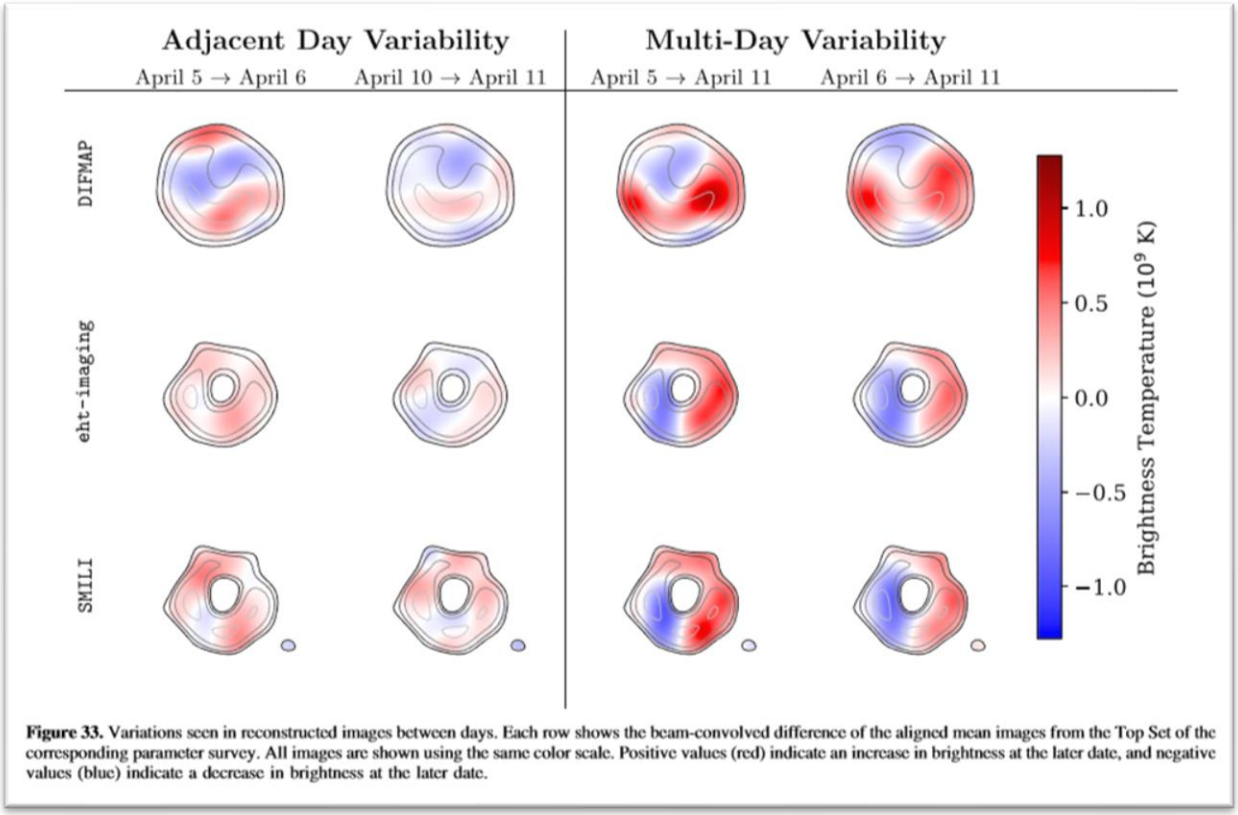


Figure 33. Variations seen in reconstructed images between days. Each row shows the beam-convolved difference of the aligned mean images from the Top Set of the corresponding parameter survey. All images are shown using the same color scale. Positive values (red) indicate an increase in brightness at the later date, and negative values (blue) indicate a decrease in brightness at the later date.

Рис. 8.96. Изменения яркостной температуры отдельных участков поверхности звезды M87*, определённые в ходе её наблюдений в апреле 2017 года на длине волны 1,33 [мм] за период равный одному дню (с 5 апреля по 6 апреля и с 10 апреля по 11 апреля) и за периоды равные шести и пяти дням (с 5 апреля по 11 апреля и с 6 апреля по 11 апреля) [8].

Заметим, что максимальная оценка полной мощности излучения джета звезды M87* не превышает восьми десятых процента от мощности её светового источника энергии. Согласно оценкам, представленным в работе [91], поток массы в джете звезды M87* составляет:

$$\dot{M}_{\mathrm{jet}_{\mathrm{M87*}}} = (5 \div 6) \cdot 10^{-8}\, \dot{M}_{\mathrm{Edd}_{\mathrm{M87*}}},$$

где $\dot{M}_{\mathrm{Edd}_{\mathrm{M87*}}}$ – Эддингтоновский поток массы, определяемый исходя из массы звезды, измеренной в миллионах массах Солнца.

$$\dot{M}_{\mathrm{Edd}_{\mathrm{M87*}}} = 1{,}39 \cdot 10^{21} \cdot M_{6_{\mathrm{M87*}}} = (3{,}4 \div 5{,}8) \cdot 10^{24} \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right].$$

Таким образом, оценка потока массы в джете звезды M87* находится в интервале $\dot{M}_{\mathrm{jet}_{\mathrm{M87*}}} = (1{,}7 \div 3{,}5) \cdot 10^{17} \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right]$. Из представленных сравнительных оценок полной мощности излучения джета звезды M87* и потока массы в нём с мощностью светового источника энергии звезды и её массой следует, что в первом приближении при определении основных характеристик звезды M87* наличием у неё джета можно пренебречь.

Разработка моделей джетов у сверхмассивных звёзд со световым источником энергии и определение их характеристик далеко выходит за рамки данной работы и заслуживает специального рассмотрения. В работе [91] утверждается, что “в настоящее время не существует ни одной аналитической или численной теории, которая могла бы объяснить основные свойства джетов самосогласованным образом”. Возможно, такое положение дел объясняется тем, что при построении теории джетов сверхмассивные космические объекты безальтернативно рассматривались как чёрные дыры? Выразим надежду, что в ближайшее время теория, объясняющая основные свойства джетов у сверхмассивных звёзд со световым источником энергии, появится.

Найденный нами диапазон возможных значений массы и радиуса звезды M87*, позволяет в первом приближении определиться с диапазонами возможных значений её прочих основных характеристик:

- Мощность светового источника звезды, как мы уже определили ранее, в несколько триллионов раз превышает мощность излучения Солнца и находится в диапазоне $1{,}81 \cdot 10^{12}\ L_{\mathrm{Sun}} \leq \bar{L}_{\gamma_{\mathrm{M87*}}} \leq 4{,}51 \cdot 10^{12}\ L_{\mathrm{Sun}}$.
- Практически вся мощность светового источника звезды, как мы уже определили ранее, расходуется на её возрастные изменения $1 - 7{,}73 \cdot 10^{-5} \geq \bar{L}_{я_{\mathrm{M87*}}} \geq 1 - 3{,}10 \cdot 10^{-5}$.

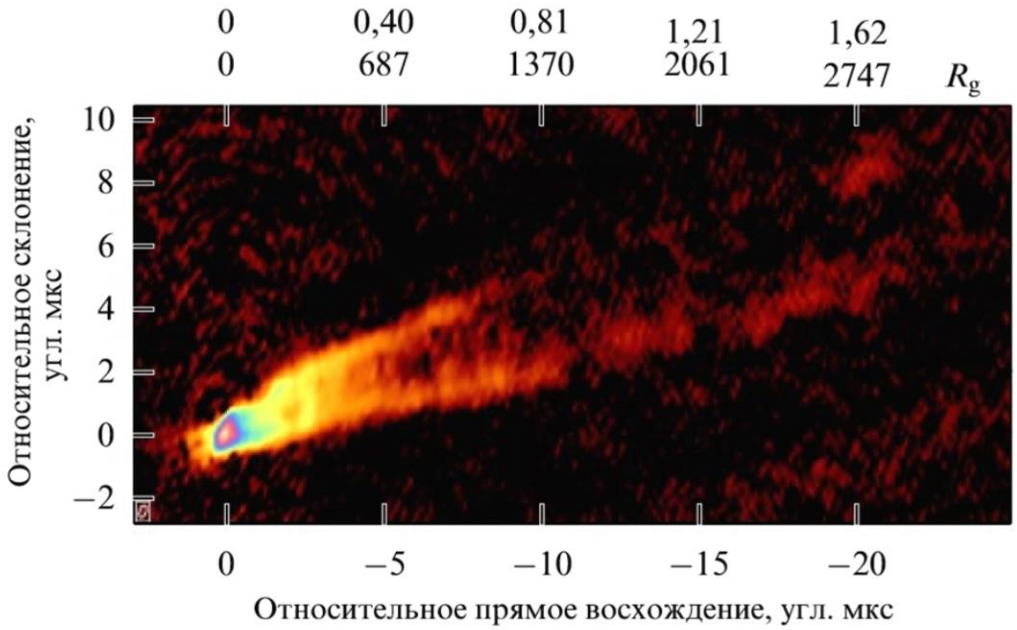


Рис. 31. Изображение M 87, полученное VLBA на частоте 43 ГГц 12.01.2013.

Рис. 8.97. Изображение джета звезды M87*, полученное VLBA на частоте 43 [ГГц] [91].

- Температура в центре звезды более чем в пять раз превышает температуру в центре Солнца и находится в следующем диапазоне значений $62{,}465 \cdot 10^6$ [К] $\leq T_{c_{\text{M87*}}} \leq 68{,}427 \cdot 10^6$ [К].
- Плотность в центре звезды находится в очень узком диапазоне значений и мало отличается от плотности в центре звёзд максимальных размеров $0{,}6401 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right] \geq \rho_{c_{\text{M87*}}} \geq 0{,}6400 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$.
- Полное давление в центре звезды составляет не более сорока пяти процентов от полного давления в центре Солнца и находится в достаточно узком диапазоне значений $3{,}83 \cdot 10^{15}$ [Па] $\leq P_{c_{\text{M87*}}} \leq$ $\leq 5{,}52 \cdot 10^{15}$ [Па].
- Эффективная температура поверхности звезды примерно в два с половиной раза меньше эффективной температуры поверхности Солнца и её возможное значение находится в интервале 2444 [К] $\geq T_{\text{э}_{\text{M87*}}} \geq 2231$ [К].

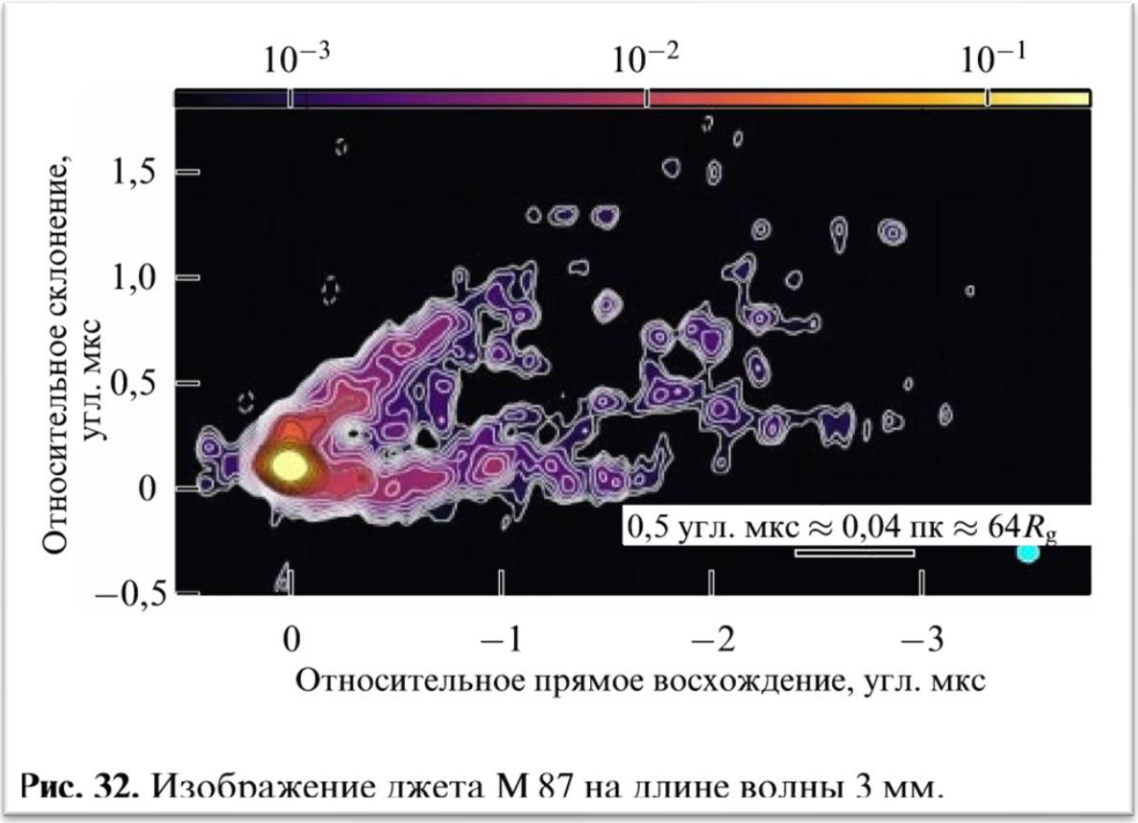


Рис. 32. Изображение джета M 87 на длине волны 3 мм.

Рис. 8.98. Изображение джета звезды M87* на длине волны 3 [мм].

- Ускорение свободного падения на поверхности звезды, как это было показано ранее, более чем в пятнадцать раз превышает ускорение сводного падения на поверхности Земли и находится в интервале $152\ \left[\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right] \leq g_{\text{M87*}} \leq 182\ \left[\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right]$.
- Средняя плотность звезды примерно в сто девятнадцать тысяч раз меньше средней плотности Солнца и находится в очень узком интервале значений $0{,}011817\ \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right] \geq \rho_{\text{ср}_{M87*}} \geq 0{,}011816\ \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$.
- Ежегодный прирост массы звезды в результате икраткого взаимодействия, измеренный в системе АСЯ, близок к массе Солнца и находится в интервале $1{,}40 \cdot 10^{30}\ \left[\frac{\text{кг}}{\text{год}}\right] \leq \frac{dM_{\text{M87*}}}{dt} \cdot t_{\text{год}} \leq 2{,}43 \cdot 10^{30}\ \left[\frac{\text{кг}}{\text{год}}\right]$.
- Ежегодный прирост радиуса звезды, измеренный в системе АСЯ, находится в интервале $5573\ \left[\frac{\text{м}}{\text{год}}\right] \leq \frac{dR_{\text{M87*}}}{dt} \cdot t_{\text{год}} \leq 6688\ \left[\frac{\text{м}}{\text{год}}\right]$.

- Возрастные законы изменения давления, плотности и температуры в центре звезды определяются зависимостями (8.103), (8.104) и (8.108) соответственно.
- Ёмкость “хранилища” энергии излучения звезды более чем в тридцать девять тысяч раз превышает ёмкость “хранилища” звезды Стрелец A*, которое является крупнейшим в галактике Млечный путь, и в настоящее время находится в интервале $5{,}08 \cdot 10^{55}$ [Дж] $\leq E_{\gamma_{M87*}} \leq$ $\leq 1{,}26 \cdot 10^{56}$ [Дж]. Это невероятно большое количество энергии излучения. Для его получения потребовалось бы полностью аннигилировать от 66 до 164 звёзд, масса каждой из которых равнялась бы массе звезды Стрелец A*.
- Возрастные законы изменения энергии излучения в звезде в системах АСЯ и СИ определяются зависимостями (8.128) и (8.129) соответственно.
- Основная часть энергии, генерируемой световым источником звезды, не покидает её пределов. Диапазон скорости пополнения энергии излучения в звезде, определяемой в системе АСЯ, составляет $5{,}06 \cdot 10^{38}$[Вт] $\leq \frac{\mathrm{d}E_{\gamma_{\mathrm{SgrA}^*}}}{\mathrm{d}t} \leq 1{,}26 \cdot 10^{39}$[Вт]. Солнцу с его текущей мощностью излучения для формирования секундного прироста энергии излучения в звезде, потребовалось бы от 40 до 100 тысяч лет. В настоящее время более семидесяти двух процентов всей генерируемой световым источником энергии звезды идёт на пополнение “хранилища” её энергии излучения.
- Диапазон отношения давления излучения в звезде к её газовому давлению в настоящее время составляет $7029 \leq \frac{1-\beta_{M87*}}{\beta_{M87*}} \leq 9241$. Число квантов излучения, приходящихся на одну частицу в звезде, примерно в 20 миллионов раз превосходит оное на Солнце. Диапазон отношения числа квантов излучения, приходящихся на одну частицу в

звезде, к оному в звезде Стрелец А* составляет $23{,}8 \leq \frac{n1_{\gamma_{M87*}}}{n1_{\gamma_{SgrA^*}}} \leq 31{,}3$.

Большое число квантов излучения, приходящихся на одну частицу в сверхмассивных звёздах, позволяет понять, почему излучение, фиксируемое в ходе их наблюдений, обладает высокой яркостной температурой.

- Текущая полная энергия звезды, согласно модели Эддингтона, находится в диапазоне $-3{,}61 \cdot 10^{51}$ [Дж] $\geq E_{M87*} \geq -6{,}84 \cdot 10^{51}$ [Дж]. Очевидно, что звезда M87* устойчива относительно радиальных колебаний.
- Возрастные законы изменения полной энергии звезды в системах АСЯ и СИ определяются зависимостями (8.134) и (8.135) соответственно. По мере взросления звезды её устойчивость к возмущениям возрастает.

Завершая рассмотрение результатов наблюдения космического объекта M87*, осуществлённых в апреле 2017 года, ответим на два ранее поставленных вопроса. Основной вопрос состоял в следующем: являются ли изображения космического объекта M87*, полученные в ходе его наблюдений в апреле 2017 годя, прямым свидетельством того, что этот объект есть сверхмассивная чёрная дыра? После рассмотрения альтернативного взгляда на изображения космического объекта M87, полученные в ходе его наблюдений в апреле 2017 года, мы вправе заявить, что прямых свидетельств о существовании в центре галактики M87 сверхмассивной чёрной дыры эти изображения не содержат. Более того, данные изображения, на наш взгляд, являются прямым свидетельством, что космический объект M87* это сверхмассивная звезда со световым источником энергии, размеры которой близки к максимальным. Напомним, что второй вопрос состоял в следующем: означают ли результаты оценки массы космического объекта M87* как сверхмассивной чёрной дыры, определённые на основе анализа его изображений, полученных в ходе его наблюдений в апреле 2017 года, что оценка его массы методом звёздной динамики оказалась более точной, чем её газодинамическая оценка? После того как

мы ответили на основной вопрос, ответ на второй становится очевидным. Нет, не означает. Выразим своё отношение к результатам оценки массы космического объекта рассматриваемыми методами. Несмотря на то, что результаты оценки массы космического объекта M87* методом звёздной динамики получены с использованием самых быстродействующих вычислительных систем на модели, учитывающей большое число факторов, влияющих на динамику звёзд, и на основе большого объёма данных о галактике M87, полагаться на эти оценки надо с большой осторожностью. Дело в том, что эти оценки являются модельно зависимыми и в определённой мере субъективными. В этих оценках содержатся как все допущения и предположения, которые были приняты при разработке модели, так и предпочтения тех, кто проводит исследования, при формировании исходных данных в условиях, когда достоверная информация о численных значениях этих данных отсутствует. До тех пор, пока независимые группы исследователей при оценке массы космических объектов методом звёздной динамики не получат близкие результаты, достоверность этих оценок будет вызывать определённые сомнения. Напротив, газодинамическая оценка массы космического объекта M87* основана на результатах наблюдений единственного объекта – дисковой структуры из ионизированного газа, вращающегося вокруг M87* на небольшом, по космическим меркам, удалении. Данные для определения скорости вращения газовой структуры устанавливаются в ходе её наблюдений. Основная трудность при оценке массы космического объекта M87* состоит в определении угла между осью вращения газовой структуры и направлением, связывающем M87* с Землёй. То, что разные группы исследователей при газодинамической оценке массы космического объекта M87* получили близкие результаты, свидетельствует в пользу данного метода [89], [90]. Таким образом, на момент написания данного подраздела газодинамическая оценка массы космического объекта M87*, на наш взгляд, вызывает большее доверие. Если исходить из её результатов, то из двух рассматриваемых нами ранее размеров звезды следует предпочесть тот, который определяется на рисунке 8.95 окружностью

меньшего диаметра. А это означает, что M87* – сверхмассивная звезда со световым источником энергии, масса которой примерно в два миллиарда четыреста тридцать миллионов раз превосходит массу Солнца, а радиус которой примерно в триста семь целых и девять десятых раза превышает удаление Земли от Солнца. Основные характеристики звезды соответствуют значениям левой границе представленных нами ранее диапазонов их значений. Выразим надежду, что по мере совершенствования средств наблюдения за сверхмассивными звёздами малой светимости, повысится точность установления их размеров. В этом случае в основу самого точного метода определения их массы будет положена зависимость (8.98).

В начале данного раздела мы задавались вопросом: термоядерный источник энергии звёзд в настоящее время является гипотезой или экспериментально установленным фактом? После представления гипотезы о световом источнике энергии звёзд и выполненных исследований в её обоснование, результаты которых рассмотрены в этом разделе, мы вправе сформулировать вопрос в более радикальной форме: световой источник энергии звёзд является гипотезой или экспериментально установленным фактом? Действительно, постановка вопроса в такой форме назрела. Гипотеза о световом источнике энергии звёзд позволяет дать естественное объяснение энергетике более широкого круга наблюдаемых космических объектов, в число которых, что очень важно, входят и так называемые “сверхмассивные чёрные дыры”, и невероятно мощные источники излучения – квазары. Гипотеза о термоядерном источнике энергии звёзд на это не способна. Кроме того, изображения космического объекта M87*, полученные в ходе его наблюдений в апреле 2017 года, являются прямыми свидетельствами, что он является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, размеры которой близки к максимальным.

Важно отметить, что полученные в ходе исследований, представленных в 8 разделе, прямые свидетельства светового источника энергии звёзд являются доказательством достоверности того, что объёмное икраткое взаимодействие

частиц звезды инициирует размножение квантов света (электромагнитного излучения), которые находятся в непосредственной близости от них в этот момент. По существу, излучение звёзд – это яркое свидетельство текущего объёмного икраткого взаимодействия частиц, образующих звезду. Интересно, что скорость изменения энергии покоя частиц, например, образующих Солнце, обусловленная текущим их икратким взаимодействием, более чем в четыре тысячи раз превосходит мощность светового источника энергии Солнца. Однако, экспериментальное обнаружение текущей скорости изменения энергии покоя частиц, образующих Солнце, крайне затруднительно, в то время как обнаружение излучения Солнца не составляет труда.

Для того чтобы исключить всякие сомнения, что световой источник энергии звёзд является экспериментально установленным фактом, предстоит выполнить большой объём исследований. Эти исследования должны быть направлены, с одной стороны, на анализ данных, полученных в ходе уже проведённых наблюдений космических объектов, а с другой стороны, на осуществление новых наблюдений, призванных об этом экспериментально свидетельствовать.

В целом, исследования, представленные в данном разделе, с одной стороны, выступают дополнительным доказательством достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия, а с другой стороны, являются примером в формировании нового взгляда на нашу Вселенную, основанного на открытии йона и икраткого взаимодействия, вносящего фундаментальные изменения в уровень научного познания.

Заключение

Открытие йона и его икраткого взаимодействия случилось в ходе поиска решения “вечной загадки Эйнштейна”, которое призвано было дать ответы на следующие вопросы:

- Откуда родом Законы Природы?
- Почему все электроны (протоны, нейтроны), как близнецы братья?
- Чем объясняется эффективность математики в естественных науках?
- Чем обусловлена познаваемость Вселенной?
- Постижимость Мира непостижима?

Долгое время автор исходил из предположения, что ключом к решению “вечной загадки Эйнштейна” является естественный отбор в неживой природе. Однако ключ к решению оказался там, где первоначально не предполагалось его найти. Анализ динамической лучевой модели массы элементарной частицы, созданной в ходе исследований по поиску “вечной загадки Эйнштейна”, привёл к открытию йона и его икраткого взаимодействия. Суть открытия состояла в том, что в момент появления Вселенной, то есть в начале всех начал, был один, и тот один был йон. А характеристики и свойства йона, основным из которых является икраткое взаимодействие, в ходе которого йон творит себе подобного, определяют способ творения нашей Вселенной. Невероятно, но открытие йона и его икраткого взаимодействия явилось ключом к решению “вечной загадки Эйнштейна”. Йон творит познаваемую Вселенную, в которой он выступает гарантом научного знания.

Открытие йона и его икраткого взаимодействия позволили сформировать новые направления исследований. Главные цели этих исследований состояли, во-первых, в определении основных характеристик и свойств йона, как “зиготы” нашей Вселенной, во-вторых, в получении доказательств достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия и, в-третьих, в формировании нового взгляда на нашу Вселенную, основанного на открытии йона

и икраткого взаимодействия, вносящего фундаментальные изменения в уровень научного познания.

Йон, как “зигота” нашей Вселенной, является основополагающим физическим объектом, определяемым через свои характеристики и свойства. Характеристиками йона являются возраст, объём, длина, плотность, твёрдость, предел упругости и скорость передачи возмущений (скорость звука). Основным свойством йона является его способность к размножению. Определено три типа размножения йона:

- точечное размножение, в ходе которого йон творит себе подобного в продольном направлении и тем самым формирует луч;
- лучевое размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов луча и тем самым творится новый луч и формируется частица;
- объёмное размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов частицы и тем самым творится новая частица и формируется физический мир.

Определено понятие возраст. Понятие “возраст” тесно взаимосвязано с понятием “время”. Если в качестве единицы измерения времени принять момент явления, то есть тот момент, когда йон являл собой Вселенную, то возраст объекта – это логарифмическое время, а время есть показательный возраст объекта, где определение функций производится по основанию равному двум. Целесообразность использования понятия “возраст” во многом обусловлена тем, что интенсивности размножения йона и скорости изменения его относительных размеров постулируются как возрастные инварианты. Поэтому законы изменения основных характеристик объектов получают удобное и простое выражение в возрастном представлении. В качестве единицы измерения возраста принято поколение. Одно поколение (1♥) определено как относительное изменение времени существования Вселенной в два раза. Определение текущих значений характеристик и свойств йона основывается на ряде постулатов и гипотез. При этом выбор постулатов и гипотез

осуществлялся таким образом, чтобы йон мог выступать как “зигода” нашей Вселенной, а её гено́м, то есть характеристики и свойства йона, соответствовал наблюдаемой нами Вселенной. Исходя из текущих значений фундаментальных физических величин, характеризующих наблюдаемую нами Вселенную, таких как скорость света в вакууме, масса электрона, отношение массы протона к массе электрона, заряд электрона, постоянная Планка, постоянная тонкой структуры, и на основе принятых постулатов и гипотез определены текущие значения характеристик и свойств йона (таблица 2.2). Текущий возраст йона равен 276,95738944♥, а это означает, что время существования нашей Вселенной составляет примерно 6 миллиардов 886 миллионов лет. Текущая длина йона примерно равна диаметру ядра атома водорода. Объём йона очень мал. Он во столько же раз меньше объёма ядра атома водорода, во сколько объём ядра атома водорода меньше объёма Метагалактики. Плотность йона невероятно велика. Масса шара диаметром в 19 сантиметров из материала с такой плотностью равнялась бы текущей массе нашей Вселенной. Твёрдость йона столь велика, что взаимопроникновение йонов становится возможным лишь при давлении близком к $5{,}5 \cdot 10^{67}$ атмосфер. Текущая скорость распространения возмущений в йоне (скорость звука) примерно в $7 \cdot 10^{20}$ раз превышает скорость света. С такой скоростью время передачи сигнала на любые расстояния в Метагалактике ($r \leq 3{,}55 \cdot 10^{26}$ [м]) не будет превышать двухтысячных секунды.

Самым важным свойством йона является его способность к размножению. Именно это свойство сделало йон творцом нашей Вселенной. В третьем разделе работы рассмотрены процессы создания икратким взаимодействием луча, заряда, кванта заряда, электрона, протона и Вселенной. В процессе творения луча, которое происходит в результате точечного размножения йонов, его образующих, в центре луча возникает невероятно сильное давление, приводящее к взаимопроникновению йонов, ближайших к центру луча. Объект, образованный двумя взаимно проникшими йонами, назван юоном. Луч является “кузницей” юонов. Именно в центре луча происходит

взаимопроникновение йонов и их переход в юоны. При этом скорость йонов под действием силы, препятствующей взаимопроникновению, падает со скорости света до нуля. В третьем разделе работы, исходя из характеристик и свойств йона и принятых во втором разделе постулатов и гипотез, установлены:

- возрастной закон изменения числа йонов в луче

$$n_{\bullet\updownarrow} = \sqrt{2^{я}};$$

- возрастной закон изменения размеров луча

$$R = 2^{я-1} \cdot a;$$

- закон изменения скорости йона в луче относительно его центра

$$\vec{v}_{\vec{r}} = \vec{r} \cdot \left(2 \cdot ю - 1 - \frac{1}{\bar{r}}\right) \cdot c;$$

- средний модуль скорости йонов в луче

$$v_{\bullet\updownarrow} = \frac{4 \cdot (ю - 1)^2 + 1}{4 \cdot ю - 2} \cdot c = ё \cdot c;$$

- возрастной закон изменения числа лучей во Вселенной

$$N_{\updownarrow} = \sqrt{2^{3 \cdot я}};$$

- возрастной закон изменения числа йонов во Вселенной

$$N_{\bullet} = 2^{2 \cdot я};$$

- возрастной закон изменения числа лучей в электроне

$$n_{\updownarrow \mathrm{e}} = \sqrt{2^{я}};$$

- возрастной закон изменения числа йонов в электроне

$$n_{\bullet \mathrm{e}} = 2^{я};$$

- возрастной закон изменения числа лучей в протоне

$$n_{\updownarrow \mathrm{p}} = \bar{m}_{\mathrm{p}} \cdot \sqrt{2^{я}};$$

- возрастной закон изменения числа йонов в протоне

$$n_{\bullet \mathrm{p}} = \bar{m}_{\mathrm{p}} \cdot 2^{я};$$

- возрастной закон изменения числа юонов в заряде электрона

$$n_{ю q_{\mathrm{e}}} = 2^{я} \cdot \frac{\bar{m}_{\mathrm{p}} + 1}{2 \cdot (ю - 1)} - \frac{2^{2 \cdot я_*} + \sqrt{2^{3 \cdot я_*}}}{4 \cdot (ю - 1)};$$

- возрастной закон изменения числа юонов в заряде протона

$$n_{\text{юq}_\text{p}} = 2^{я} \cdot \frac{\bar{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)} - \frac{2^{2 \cdot я_*} + \sqrt{2^{3 \cdot я_*}}}{4 \cdot (\text{ю} - 1)};$$

- текущее число юонов в элементарном заряде

$$n_{\text{юq}} = 2^{я} \cdot \frac{\bar{m}_\text{p} + 1}{2 \cdot (\text{ю} - 1)};$$

- возрастной закон изменения числа электронов во Вселенной

$$N_\text{e} = \frac{2^{я}}{1 + \bar{m}_\text{p}};$$

- возрастной закон изменения числа протонов во Вселенной

$$N_\text{p} = \frac{2^{я}}{1 + \bar{m}_\text{p}};$$

- возрастной закон изменения времени существования Вселенной

$T = 2^{я}[1_♣]$, где один момент равен $1_♣ = \frac{a}{4 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot c}$;

- законы икраткого взаимодействия йона во временном представлении:

$$й_● = \frac{\text{ю}}{2 \cdot (\text{ю} - 1) \cdot T};\ й_↕ = \frac{1}{2 \cdot T};\ й_* = \frac{1}{T};\ l = \sqrt{\frac{T}{T_♣}} \cdot a.$$

- процессы создания икратким взаимодействием луча, заряда, кванта заряда, электрона, протона и Вселенной во временном представлении (таблица 3.1).

В момент своего появления ($T_♣ = 9{,}21792049 \times 10^{-67}$ [с]) наша Вселенная является в виде йона практически с точечным объёмом ($V = a^3 = 2{,}71284138 \cdot 10^{-170}$ [м^3]) и крайне малой массой ($M = ё \cdot ъ \cdot a^3 = 3{,}86373364 \cdot 10^{-114}$ [кг]). В современной Вселенной количества йонов, лучей, электронов (протонов), зарядов, юонов в зарядах, созданных икратким взаимодействием, достаточно для формирования более чем 10^{23} таких звёзд, как наше Солнце. В настоящее время объём лишь одного луча больше объёма всей Вселенной в момент явления примерно в $5 \cdot 10^{41}$ раз, а длина луча превосходит размер Вселенной в момент явления более чем в $2 \cdot 10^{83}$ раз. Творящая деятельность икраткого взаимодействия продолжается и в

настоящее время. Текущие скорости роста количеств йонов, лучей и электронов (протонов) во Вселенной, обусловленные икратким взаимодействием, эквивалентны ежесекундному появлению в ней около полумиллиона таких звёзд, как наше Солнце. Установлено, что скорости изменения числа йнов в электроне и протоне являются временными инвариантами: $\frac{dn_{\bullet \mathrm{e}}}{dt} = f_{\clubsuit} = \mathrm{const}$; $\frac{dn_{\bullet \mathrm{p}}}{dt} = \bar{m}_{\mathrm{p}} \cdot f_{\clubsuit} = \mathrm{const}$. Также временными инвариантами являются частота размножения электронов (протонов) и ускорение изменения числа йонов во Вселенной: $\text{Й}_{*} = \frac{f_{\clubsuit}}{1+\bar{m}_{\mathrm{p}}} = \mathrm{const}$; $\frac{d^2 N_{\bullet}}{dt^2} = 2 \cdot f_{\clubsuit}^2 = \mathrm{const}$. Несмотря на впечатляющие результаты творящей деятельности икраткого взаимодействия, экспериментальное обнаружение текущих его проявлений является не простой задачей.

В четвёртом разделе работы представлена система измерения физических величин, основанная на свойствах йона и луча. Новая система измерения основана на четырёх физических величинах. Определяющее требование, предъявляемое к единицам измерения первых трёх основных величин, состояло в том, чтобы они являлись характеристиками йона и луча, сохраняющими свои значения, как при изменении возраста Вселенной, так и при изменении времени её существования. В качестве первых трёх основных величин были приняты: длина, с единицей измерения равной [а]; скорость, с единицей измерения равной [с]; плотность, с единицей измерения равной [ъ]. Единица длины [а] определена как размер Вселенной (луча, йона) в момент явления. Единица скорости [с] определена как абсолютная величина модуля скорости йона в луче относительно его центра при его удалении от центра, равном $\sqrt{2^{я-2}} \cdot a$. При этом йон не должен находиться в процессе точечного размножения. В физике единица скорости [с] известна, как скорость света в вакууме. Единица плотности [ъ] определена как плотность йона. Основная трудность в применении новых единиц длины и плотности состоит в отсутствии их эталонов. Именно для преодоления этой трудности,

а также для установления однозначных соотношений с единицами измерения систем, используемых в настоящее время, введена четвёртая основная физическая величина. В качестве оной был принят возраст Вселенной (йона, луча), с единицей измерения равной [1♥]. Единицы измерения длины – [а] и скорости – [с], а также принятое ранее обозначение возраста Вселенной – *я*, определили название новой системы единиц – АСЯ. Для установления соотношения единиц измерения систем СИ и АСЯ были доопределены основные единицы измерения системы СИ в терминах фундаментальных физических постоянных. Фиксация значения массы электрона устранило из определений основных единиц измерения системы СИ последний материальный артефакт, а именно Международный прототип килограмма. Установлены соотношения основных единиц измерения систем СИ и АСЯ:

- $1[\text{м}] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{м}}\ [\text{а}]$, где $\text{о}_{\text{м}} = 9\ 124\ 764\ 38$;
- $1[\text{с}] = \sqrt{2^{я}} \cdot я_{\text{ю}}^{2} \cdot \text{о}_{\text{с}}\ \left[\frac{\text{а}}{\text{с}}\right]$, где $\text{о}_{\text{с}} = 2{,}735\ 535\ 54 \cdot 10^{18}$;
- $1\ [\text{кг}] = 2^{я} \cdot \text{о}_{\text{кг}}\ [\text{а}^{3} \cdot \text{ъ}]$, где $\text{о}_{\text{кг}} = 2{,}60571375 \cdot 10^{30}$.

Установлены соотношения единиц измерения физических величин систем СИ и АСЯ (таблица 4.1) и возрастные законы изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ (таблица 4.2). Основное достоинство системы АСЯ состоит в том, что все её единицы измерения физических величин, кроме поколения, являются временными инвариантами. В системе СИ большая часть единиц измерения физических величин (27 из 36 рассмотренных) меняют своё значение со временем. За период с момента образования первых электрона и протона по настоящее время значения метра и секунды выросли более чем в $1{,}34 \cdot 10^{43}$ раз, а значение килограмма возросло более чем в $1{,}28 \cdot 10^{80}$ раз. Несмотря на невероятно большие относительные изменения единиц измерения системы СИ в системе АСЯ за рассматриваемый период, текущие относительные изменения единиц измерения являются незначительными. Текущие относительные увеличения значений метра и секунды за период равный четырём годам составляют

примерно $2{,}965 \cdot 10^{-10}$, а текущий относительный рост килограмма за тот же период не превышает $5{,}81 \cdot 10^{-10}$.

В пятом разделе определены возрастные законы изменения фундаментальных физических постоянных в системах АСЯ (таблица 5.1) и СИ (таблица 5.2). Исходя из возрастных законов изменения фундаментальных физических постоянных, определены относительные изменения фундаментальных физических постоянных за период равный четырём годам (с 2006 года по 2010 год) в системах АСЯ (таблица 5.3) и СИ (таблица 5.4). Установлено, что относительные изменения фундаментальных физических постоянных за данный период в системе СИ существенно меньше относительной погрешности их определения. Это объясняет, почему принятые к рассмотрению фундаментальные физические величины в настоящее время считаются постоянными. На конкретном примере показано, что результаты исследований, в которых устанавливаются годовые пределы относительных изменений некоторых фундаментальных физических постоянных с точностью, на много порядков превышающей достигнутые в настоящее время погрешности их определения, являются модельно зависимыми. Используемые в ходе этих исследований модели не учитывают эффектов, вызванных икратким взаимодействием, которые способны существенным образом повлиять на результаты исследований. Поэтому установленные в ходе этих исследований годовые пределы относительных изменений фундаментальных физических постоянных не могут быть использованы ни для подтверждения, ни для опровержения законов их изменения, обусловленных икратким взаимодействием.

Главным проявлением икраткого взаимодействия является сама наша Вселенная. Основные этапы образования Вселенной с момента явления, когда весь занимаемый ею объём был равен объёму одного лишь йона, до зарождения звёзд и планет рассмотрены в шестом разделе. В подразделе 6.1 выделены и охарактеризованы следующие основные этапы образования Вселенной на ранней стадии её формирования: момент явления; момент образования первых юонов в лучах; момент образования первых электрона

и протона; зарождение сверхскоплений галактик; зарождение скоплений галактик; зарождение галактик; зарождение звёзд и зарождение планет. Для представления результатов исследований на ранней стадии формирования Вселенной в привычных для астрофизиков единицах измерения введены новые определения парсека и массы Солнца.

Процесс формирования пространства Вселенной рассмотрен в подразделе 6.2. В данном исследовании мы исходим из предположения о лучевой природе физического пространства Вселенной. Разработана модель размножения и вращения лучей. В ходе исследований на данной модели установлено:

- в момент появления первых электрона и протона лишь два из 78744 лучей имеют интегральный угол поворота близкий к 42 радианам, в то время, когда у 90 % всех лучей интегральный угол поворота составляет не более пяти радиан;
- значимое изменение интегрального угла поворота луча – ровесника первых электрона и протона произошло в ранний период его существования, когда его возраст достиг 30 поколений, и составило примерно 16,33 радиана. За последующий период равный примерно 236 поколениям, изменение интегрального угла поворота луча составило менее 7 градусов;
- текущая угловая скорость вращения луча равна $\omega_{\updownarrow} \approx 2{,}4 \cdot 10^{-37}\ \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}}\right]$, что примерно на 99 порядков меньше угловой скорости его вращения в момент образования первых электрона и протона;
- изменение интегрального угла поворота луча с момента, когда нашей Вселенной было меньше семи тысяч лет, по настоящее время составило примерно триллионную долю угловой секунды;
- лишь один из миллиона лучей с момента своего появления по настоящее время имеет интегральный угол поворота больше сорока четырёх триллионных угловой секунды;

- распределение лучей электрона и протона в пространстве приближается к равномерному распределению;
- плотности распределения проекций лучей электрона и протона по направлениям в пространстве приближаются к равномерному распределению;
- плотности распределения проекций осей вращения лучей в электроне и протоне по направлениям в пространстве также приближаются к равномерному распределению.

С момента образования первых электрона и протона по настоящее время суммарная энергия вращения лучей электрона и протона возросла более чем на сорок порядков. Суммарная энергия вращения лучей в момент образования первых электрона и протона примерно в 198 раз превышала энергию их покоя. При возрасте Вселенной равном 26 поколениям существовало примерное равенство суммарной энергии вращения лучей электрона и протона с энергией их покоя. В настоящее время суммарная энергия вращения лучей электрона и протона примерно на 38 порядков меньше энергии их покоя.

В настоящее время электрон и протон имеют вполне макроскопические значения центральных моментов инерции. Так, текущее значение центрального момента инерции электрона равно центральному моменту инерции железного шара массой $4{,}6 \cdot 10^{15}$ [кг] и радиусом 5194 метра, а текущее значение центрального момента инерции протона равно центральному моменту инерции железного шара массой $4{,}2 \cdot 10^{17}$ [кг] и радиусом 23349 метров.

Произведена оценка влияния вращения лучей на результаты наблюдений удалённых космических объектов в современную эпоху. Анализ результатов исследований показал, что эффекты, вызванные вращением лучей при наблюдении удалённых космических объектов, в настоящее время ничтожно малы.

Для определения крупномасштабного распределения массы во Вселенной, основанного на распределении в ней сверхскоплений галактик, была

разработана модель размножения и разлёта частиц. Анализ результатов исследований на модели показал:

- В настоящее время радиус Вселенной равен примерно 19953 Мпк, а среднее удаление сверхскоплений галактик от центра Вселенной составляет примерно 6971 Мпк. Масса современной Вселенной превышает массу Солнца более чем на 23 порядка.
- Радиус метагалактики равен примерно 57,53 % радиуса Вселенной. При этом масса центральной метагалактики, центр которой совпадает с центром Вселенной, равна примерно 93,51 % массы Вселенной.
- Удаление пятидесяти процентов сверхскоплений галактик Вселенной от её центра не превышает 6760 Мпк. Удаление лишь двух процентов сверхскоплений галактик Вселенной от её центра превышает 13520 Мпк.
- Максимальное значение крупномасштабной усреднённой плотности Вселенной наблюдается на удалении 1161 Мпк от её центра и равно $\rho_{Wmax} \approx 5{,}1 \cdot 10^{-27} \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$, что соответствует примерно трём атомам водорода на один кубический метр. Крупномасштабная усреднённая плотность Вселенной в её центре примерно на 12 % меньше максимального значения. На удалении 6335 Мпк от центра Вселенной, где плотность удалений ССГ максимальна, крупномасштабная усреднённая плотность Вселенной составляет примерно 117 атомов водорода на 100 кубических метров.
- Первые пустоты появляются во Вселенной на удалении 7813 Мпк от её центра. На удалении 9503 Мпк от центра Вселенной доля пустот не превышает трёх процентов. Начиная с удаления 12248 Мпк от центра Вселенной, доля пустот превышает долю её населённых объёмов. На удалении 15838 Мпк от центра Вселенной доля населённых объёмов составляет менее трёх процентов.

- Средняя крупномасштабная плотность Вселенной по объёму составляет примерно 45 атомов водорода на 100 кубических метров. При этом средняя крупномасштабная плотность Вселенной по массе составляет примерно 124 атома водорода на 100 кубических метров.

Заметим, что ряд полученных в подразделе 6.3 результатов представляют собой взгляд на Вселенную из её центра. Вероятность того, что Млечный путь принадлежит сверхскоплению галактик, имеющему наименьшее удаление от центра Вселенной, не превышает трёх стомиллионных. В подразделе 6.4 представлены результаты исследований по определению крупномасштабного распределения массы в Метагалактике, удаление которой от центра Вселенной составляет $r_{\text{Мг}} = 3{,}3 \cdot c \cdot t \approx 6969$ Мпк. Это удаление лишь на 2,5 Мпк меньше среднего удаления сверхскоплений галактик от центра Вселенной. Анализ результатов исследований показал:

- Рассматриваемой Метагалактике принадлежат 23805982 сверхскопления галактик, удаление которых от её центра не превышает радиуса луча. Заметим, что в Метагалактике, центр которой совпадает с центром Вселенной, число сверхскоплений галактик примерно на 32 % больше.
- Среднее удаление сверхскоплений галактик в Метагалактике от её центра составляет $r_{\text{ср}} \approx 7759$ Мпк. Интересно, что это примерно на 11 % больше среднего удаления сверхскоплений галактик во Вселенной от её центра притом, что радиус Вселенной на 74 % больше радиуса Метагалактики.
- На расстоянии до 3378 Мпк от центра Метагалактики, что в настоящее время определяет область, в которой возможно наблюдение галактик, находится менее 5 % массы Метагалактики.
- Средняя плотность массы Метагалактики примерно равна $\rho_{\text{Мг}} \approx 1{,}202 \cdot 10^{10} \left[\frac{M_{Sun}}{\text{Мпк}^3}\right]$, что соответствует в настоящее время 487 атомам водорода на 1000 кубических метров.

- На удалении, не превышающем 105,6 Мпк от центра Метагалактики, плотность массы примерно на 14 % меньше её средней плотности. В области, в которой величина красного смещения ССГ не превышает восьми, при наблюдении их из центра Метагалактики, плотность массы примерно на 72,5 % больше её средней плотности.
- Максимальная дифференциальная усреднённая плотность Метагалактики наблюдается на удалении в диапазоне от 3061,2 Мпк до 3167,2 Мпк от её центра. Её значение превышает среднюю плотность Метагалактики примерно на 79 %. Минимальная дифференциальная усреднённая плотность Метагалактики наблюдается на предельных удалениях от её центра. Минимальное значение примерно на 52 % меньше средней плотности Метагалактики.
- На удалении, не превышающем 1056 Мпк от центра Метагалактики, находится 28780 сверхскоплений галактик. Средняя плотность массы в этой области Метагалактики составляет $1{,}27 \cdot 10^{-27}$ кг/м^3, что примерно соответствует 756 атомам водорода на 1000 метров кубических.

В подразделе 6.5 определены зависимости основных характеристик скоплений космических объектов от момента их зарождения. Показано, что начиная с момента, когда возраст Вселенной превысил 31 поколение, получаемые на модели скопления обладают свойством самоподобия, то есть любая часть скопления подобна всему скоплению целиком. Получены выражения для определения соотношения размеров скоплений и их объёмов в зависимости от возраста их зарождения:

$$\frac{r_\text{j}}{r_\text{k}} = \frac{\sqrt{2^{я_\text{j}}}}{\sqrt{2^{я_\text{к}}}}; \quad \frac{V_\text{j}}{V_\text{k}} = \frac{\sqrt{2^{3 \cdot я_\text{j}}}}{\sqrt{2^{3 \cdot я_\text{к}}}},$$

где j и k – возраст зарождения j и k скоплений соответственно.

Определены отношения масс и плотностей скоплений в зависимости от возраста их зарождения:

$$\frac{M_\text{j}}{M_\text{k}} = \frac{2^{я_\text{j}}}{2^{я_\text{к}}}; \quad \frac{\rho_\text{j}}{\rho_\text{k}} = \frac{\sqrt{2^{я_\text{k}}}}{\sqrt{2^{я_\text{j}}}}.$$

В ходе исследований на модели размножения и разлёта частиц определены местоположения 16384 объектов, образующих скопление, относительно его центра (рис. 6.5.5÷6.5.8). Определены плотность и функция распределения относительных удалений объектов скопления от его центра (рис. 6.5.3 и 6.5.4). Анализ результатов исследований позволил определить основные характеристики скопления в зависимости от возраста его зарождения:

- Длина скопления равна – $L_{\text{с}} \approx \frac{4{,}647 \cdot K_{\text{с}}}{\sqrt{2^{я_{\text{с}}}}}$, где $я_{\text{с}}$ – возраст зарождения скопления; $K_{\text{с}}$ – постоянный коэффициент, зависящий от используемой единицы измерения длины. Если размер скопления определяется в парсеках, то его значение равно $K_{\text{с}} = \frac{1}{2 \cdot (\text{ю}-1) \cdot \text{о}_{\text{пс}} \cdot \sqrt{2 \cdot A}} \approx 6{,}178 \cdot 10^{12}$ [пс].
- Ширина скопления равна – $B_{\text{с}} \approx \frac{2{,}825 \cdot K_{\text{с}}}{\sqrt{2^{я_{\text{с}}}}}$.
- Высота скопления равна – $H_{\text{с}} \approx \frac{2{,}351 \cdot K_{\text{с}}}{\sqrt{2^{я_{\text{с}}}}}$.
- Объём скопления равен – $V_{\text{с}} \approx \frac{30{,}863 \cdot K_{\text{с}}^3}{\sqrt{2^{3 \cdot я_{\text{с}}}}}$.
- Масса скопления равна – $M_{\text{с}} = \frac{M_{\text{World}}}{2^{я_{\text{с}} - я_*}} = \frac{1}{2^{я_{\text{с}} - я_*} \cdot \text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}}}$ $[\text{M}_{\text{Sun}}]$.
- Плотность массы скопления равна – $P_{\text{с}} = \frac{M_{\text{с}}}{V_{\text{с}}} \approx \frac{\sqrt{2^{я_{\text{с}} + 2 \cdot я_*}}}{30{,}863 \cdot K_{\text{с}}^3 \cdot \text{о}_{\text{M}_{\text{Sun}}}}$ $\left[\frac{\text{M}_{Sun}}{\text{пк}^3}\right]$.

Определены зависимости плотности и объёма скопления от его массы (рис. 6.5.9). Из представленных результатов следует, что сверхскопление галактик массой равной $M_{\text{ССГ}} = 3{,}2 \cdot 10^{15}$ $[\text{M}_{Sun}]$ будет занимать объём примерно равный $V_{\text{ССГ}} \approx 4{,}75 \cdot 10^{23}$ $[\text{пс}^3]$, что соответствует средней плотности, примерно равной $P_{\text{ССГ}} \approx 6{,}73 \cdot 10^{-9}$ масс Солнца на один кубический парсек. Объём же галактики на ранней стадии её формирования массой равной $M_{\text{г}} \approx 1{,}56 \cdot 10^{12}$ $[\text{M}_{Sun}]$ составит примерно $V_{\text{г}} \approx 5{,}13 \cdot 10^{18}$ $[\text{пк}^3]$, что соответствует плотности, примерно равной $P_{\text{г}} \approx 3{,}05 \cdot 10^{-7}$ масс Солнца на один кубический парсек. Согласно плотности распределения удалений сверхскоплений галактик от центра Вселенной, на удалениях от 6863,4 Мпк до 7074,6 Мпк от центра Вселенной находятся 940064 сверхскопления галактик. А это означает, что на этих удалениях в объёме равном объёму одного

сверхскопления галактик в среднем располагается около трёх с половиной сверхскоплений галактик. Если же объектом рассмотрения принять галактику вышеозначенной массы, число которых на данных удалениях от центра Вселенной составляет более 1925 миллионов, то суммарный объём пустот в этой части Вселенной превысит суммарный объём всех галактик более чем в тринадцать раз. Таким образом, можно ожидать, что плотности сверхскоплений галактик на рассмотренных удалениях и на предельных от центра Вселенной будут в среднем отличаться в три с половиной раза. В то же время, плотности галактик одного и того же возраста на рассмотренных удалениях и на предельных от центра Вселенной будут примерно равными.

В подразделе 6.6 представлены результаты исследований по определению распределения галактик в Метагалактике на удалении до 105,6 Мпк от её центра. Анализ выполненных исследований показал:

- на удалениях до 50,67 Мпк от центра Метагалактики находится пять тысяч пятьсот сорок девять галактик;
- на удалениях от 50,67 Мпк до 105,6 Мпк от центра Метагалактики находится тридцать одна тысяча четыреста семьдесят девять галактик;
- средняя плотность массы в Метагалактике на удалениях до 105.6 Мпк от её центра составляет одиннадцать миллиардов семьсот сорок миллионов масс Солнца на один кубический мегапарсек.
- плотность распределения галактик на небольших объёмах усреднения может различаться многократно, а по мере увеличения объёмов усреднения различия в плотности уменьшаются.

По мере удаления от центра Метагалактики можно обнаружить огромные пустоты (войды) без галактик, объёмы которых составляют десятки миллионов кубических мегапарсек. В подразделе 6.7 представлены результаты исследований по определению местоположений и размеров войдов на удалениях от 2217 Мпк до 3801 Мпк от центра Метагалактики. Поиск войдов был осуществлён в областях, ограниченных значениями азимутального угла в диапазоне от -55^{o} до 55^{o} от направления противоположного направлению на

центр Вселенной. В результате исследований были установлены местоположения и объёмы войдов на различных удалениях от центра Метагалактики (рис. 6.7.1÷6.7.5). Анализ результатов исследований показал:

- На удалениях от 2217 Мпк до 2534 Мпк от центра Метагалактики, что соответствует величинам красного смещения от 1,64 до 2,10, нижние оценки объёмов наиболее значимых войдов не превышают трёх десятков миллионов кубических мегапарсек.
- Первые войды, нижняя оценка объёмов которых превышает сто миллионов мегапарсек, начинают появляться уже на удалениях от 3167 Мпк до 3484 Мпк от центра Метагалактики, что соответствует величинам красного смещения от 3,36 до 4,22.
- Войд с наибольшей нижней оценкой объёма, примерно равной ста восьмидесяти четырём миллионам кубических мегапарсек, находится на удалении от 3484 Мпк до 3801 Мпк от центра Метагалактики, что соответствует величинам красного смещения от 4,22 до 5,31.

В нашей Метагалактике обнаружены огромные войды. Наибольший из обнаруженных войдов находится в направлении на созвездие Эридана и получил название Сверхпустота Эридана (рисунок 6.7.6). Его объём более десяти миллионов кубических мегапарсек. Данная информация даёт некоторые основания полагать, что центр нашей Вселенной находится на удалении от 6800 Мпк до 8000 Мпк от нас в растворе телесного угла, образованного при вершине прямоугольного кругового конуса с углом раствора, равным 60^{o}, и осью, противоположной Сверхпустоте Эридана.

Из результатов исследований, представленных в шестом разделе, следует, что йон, характеристики и свойства которого определены во втором разделе, творит Вселенную во многом схожую с той, в которой мы живём. Текущие распределения лучей и осей вращения лучей по направлениям в пространстве в электроне и в протоне стремятся к равномерному распределению. В настоящее время эффекты, вызванные вращением лучей при наблюдении удалённых космических объектов, ничтожно малы. Распределения

сверхскоплений галактик во Вселенной и Метагалактике, распределение космических объектов в скоплении, распределение войдов в Метагалактике, полученные в ходе моделирования, не вступают в противоречие с результатами наблюдений за космическими объектами в нашей Метагалактике.

В седьмом разделе рассмотрены эффекты, экспериментально установленные в ходе наблюдений, естественное объяснение которых основывается на икратком взаимодействии. По существу, рассмотренные эффекты являются экспериментальным подтверждением икраткого взаимодействия. В подразделе 7.1 показано, что аномальное ускорение космических аппаратов, установленное в ходе анализа параметров движения зондов “Пионер-10” и “Пионер-11”, является эффектом, обусловленным икратким взаимодействием. Расчётная величина эффекта, обусловленного икратким взаимодействием, практически совпадает с оценкой величины аномального ускорения “Пионеров”, установленного в ходе их наблюдений. Отличие составляет менее трёх десятых процента от их абсолютного значения.

В подразделе 7.2 показано, что “систематическое удлинение земных суток на величину, крайне малую, – всего лишь на 0,0015 с за 100 лет” [12] является эффектом, обусловленным икратким взаимодействием. Расчётная величина увеличения продолжительности земных суток под воздействием икраткого взаимодействия в системе СИ составила $14{,}60 \cdot 10^{-6}\ \left[\frac{\text{с}}{\text{год}}\right]$, что хорошо согласуется с результатами наблюдений. Данный эффект, вызванный икратким взаимодействием, носит общий характер. Получена величина систематического замедления суточного вращения Марса под воздействием икраткого взаимодействия за период равный одному земному году, которая в системе СИ составила $15{,}02 \cdot 10^{-6}\ \left[\frac{\text{с}}{\text{год}}\right]$. Определены годовые изменения основных характеристик Земли в системах СИ и АСЯ (таблица 7.2.1). Показано, что плотность Земли в системе СИ является временным инвариантом.

В подразделе 7.3 показано, что увеличение радиуса лунной орбиты на 3,8 см в год, определённое в ходе многолетних наблюдений, осуществлённых

с использованием лазерной локации Луны [13], является эффектом, обусловленным особенностями гравитационного взаимодействия, основанного на икратком взаимодействии. Оценка изменения среднего радиуса лунной орбиты за период равный одному году в системе СИ, обусловленное икратким взаимодействием, составляет 0,03818 [м], что хорошо согласуется с результатами наблюдений. Данный эффект, вызванный икратким взаимодействием, носит общий характер. Так, например, определено изменение среднего радиуса орбиты Земли за период равный одному году, которое в системе СИ составляет 14,86 [м]. Принято считать, что замедление вращения Земли и увеличение среднего радиуса орбиты Луны являются взаимно обуславливающими эффектами, проистекающими из закона сохранения момента количества движения в системе Земля – Луна. Показано, что увеличение момента количества движения Луны, соответствующее росту среднего радиуса её орбиты на 3,8 см в год, не компенсируется уменьшением момента количества Земли, соответствующим удлинению земных суток на $15 \cdot 10^{-6}$ секунд в год.

В подразделе 7.4 показано, что результаты наблюдений за сверхновыми типа 1а являются экспериментальным свидетельством эффектов, обусловленных икратким взаимодействием. В подразделе 7.4.1 получен закон изменения величины красного смещения излучения от относительного расстояния между источником излучения света и его приёмником. Данный закон, известный как закон ПИ (Петросян-Ивановой), выполняет функции линейки и часов при наблюдении событий, происходящих в далёком прошлом на межгалактических удалениях. Действительно, измерив величину красного смещения излучения, например, вспышки сверхновой типа 1а, закон ПИ позволяет определить величину относительного удаления источника излучения от приёмника, то есть величину относительного удаления вспышки сверхновой от Земли. Величина относительного удаления источника излучения от приёмника $\bar{r}$ определяет:

- Текущее удаление источника излучения от приёмника –

$$r = 2^{я-1} \cdot a \cdot \bar{r}.$$

- Удаление источника излучения от приёмника в момент излучения –

$$r_0 = \frac{2^{я} \cdot a \cdot \bar{r}}{2 \cdot (1-\bar{r})^{2\cdot(ю-1)}}.$$

- Время существования Вселенной в момент излучения света источником –

$$T_0 = \frac{2^{я} \cdot a}{4 \cdot (ю-1) \cdot c \cdot (1-\bar{r})^{2\cdot(ю-1)}}.$$

- Промежуток времени между моментами излучения света и его регистрацией на приёмнике –

$$T - T_0 = \frac{2^{я} \cdot a}{4 \cdot (ю-1) \cdot c} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1-\bar{r})^{2\cdot(ю-1)}}\right).$$

В подразделе 7.4.2 установлен возрастной закон изменения предельной массы белого карлика. Рост массы белого карлика во времени, обусловленный икратким взаимодействием, превышает соответствующий рост предельной массы белого карлика. Это означает, что любой белый карлик со временем обязательно достигнет предельной массы, определённой Чандрасекаром, и в тот момент прекратит своё существование, например, в ходе термоядерного взрыва, который мы наблюдаем как вспышку сверхновой типа 1а. Таким образом, следует отказаться от принятого в настоящее время утверждения, что взрывы сверхновых типа 1а возможны только в кратных звёздных системах. В подразделе 7.4.3 получена зависимость видимой звёздной величины вспышки сверхновой типа 1а в пике её светимости от относительного удаления от Земли с учётом факторов, обусловленных икратким взаимодействием:

$$m_{1a_Z} = M_{1a} - \frac{45 \cdot ю - 35}{4} \cdot \log_{10}(1-\bar{r}_Z) + \frac{5}{2} \cdot \log_{10}(1+\bar{r}_Z) +$$
$$+5 \cdot \log_{10} \bar{r}_Z - 5 \cdot \log_{10}\left(\frac{r_{Z_0}}{R}\right),$$

где $M_{1a} \approx -18{,}141^{\mathrm{m}}$. – абсолютная звёздная величина сверхновой типа 1а в пике её светимости, которая была определена по результатам наблюдений, представленных в работе [2]; $5 \cdot \log_{10}\left(\frac{r_{Z_0}}{R}\right) = -45{,}300^{m}$.

Полученная зависимость видимой звёздной величины вспышки сверхновой типа 1а в пике её светимости от величины красного смещения её излучения хорошо согласуется с результатами наблюдений 307 сверхновых типа 1а (рис. 7.4.13 и 7.4.14) во всём рассмотренном диапазоне величин красных смещений их излучения от 0,015 до 1,55. Количественная оценка сравнения результатов наблюдений сверхновых типа 1а с предсказаниями модели, обусловленной икратким взаимодействием, подтвердила данное заключение (рис.7.4.15 и 7.4.16). Таким образом, космологическая модель, основанная на икратком взаимодействии, успешно прошла тест сверхновых типа 1а. При этом экспериментальное подтверждение получили:

- лучевая модель распространения света, позволяющая определять изменение возраста Вселенной за время транспортировки квантов света от источника к приёмнику (зависимость (7.4.17));
- закон ПИ, позволяющий определять относительное удаление космических объектов по величине красного смещения их излучения (зависимость (7.4.19));
- возрастной закон изменения массы белого карлика, определяемой пределом Чандрасекара (зависимость (7.4.29)).

Учёт факторов, обусловленных икратким взаимодействием, при анализе результатов наблюдений сверхновых типа 1а, представленных в работе [2], позволил установить, что в течение всего рассмотренного в исследовании интервала времени, составляющего более четырёх с половиной миллиардов лет, взаимное удаление сверхновых типа 1а происходило без каких-либо ускорений. Это означает, что тёмной энергии в нашей Вселенной нет.

В подразделе 7.5 представлен взгляд на природу массы, основанный на икратком взаимодействии. Согласно гипотезе, предложенной Энглером и Хиггсом, субатомные частицы приобретают массу при контакте с полем бозона Хиггса, которым заполнено всё пространство Вселенной [32], [33], [34] [35]. Икраткое взаимодействие позволяет сформировать иной взгляд на природу массы элементарных частиц. Элементарные частицы даже в состоянии

покоя обладают импульсом покоя, модуль которого равен арифметической сумме модулей импульсов йонов, образующих частицу, относительно центра её лучей. Важным свойством импульса покоя элементарной частицы является его ортогональность любому направлению в пространстве. Это означает, что импульс покоя элементарной частицы всегда ортогонален импульсу её движения. При этом, модуль суммарного импульса элементарной частицы, включающий в себя импульсы её покоя и движения, определяется следующим соотношением:

$$p_c^2 = p_0^2 + p^2,$$

где p_c – модуль суммарного импульса элементарной частицы; p_0 – модуль импульса покоя элементарной частицы; p – модуль импульса движения элементарной частицы.

Масса элементарной частицы определяется отношением модуля импульса её покоя к модулю скорости йонов в луче в непосредственной близости от его центра:

$$m = \frac{p_0}{c},$$

где m – масса элементарной частицы.

Таким образом, инерция элементарной частицы не приобретается при её контакте с полем бозона Хиггса, которым заполнено всё пространство Вселенной, а является внутреннем свойством элементарной частицы, определяемым арифметической суммой модулей импульсов йонов, образующих её. Изменение скорости элементарной частицы возможно лишь при изменении импульса её движения, что приводит к соответствующим изменениям импульсов йонов, образующих её. Взаимосвязь вектора скорости элементарной частицы с вектором импульса её движения в лабораторной системе отсчёта определяется следующим выражением:

$$\vec{v} = \frac{\vec{p}}{p_c} \cdot c$$

где $\vec{v}$ – вектор скорости элементарной частицы.

Это означает, что модуль суммарного импульса элементарной частицы, выраженный через модуль импульса её покоя и через скорость её движения, равен:

$$p_c = \frac{p_0}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}}.$$

А вектор импульса движения элементарной частицы, выраженный через модуль импульса её покоя и через вектор скорости её движения, равен:

$$\vec{p} = \frac{\vec{v} \cdot p_0}{c \cdot \sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}} = \frac{\vec{v} \cdot m}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}}.$$

Используя общепринятые обозначения $\vec{\beta} = \frac{\vec{v}}{c}$ и $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}}$, получаем, что $p_c = p_0 \cdot \gamma = m \cdot c \cdot \gamma$, а $\vec{p} = \vec{\beta} \cdot p_0 \cdot \gamma = \vec{v} \cdot m \cdot \gamma$. Получаем зависимость между силой, действующей на элементарную частицу, и её ускорением:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}}} - \frac{\vec{v} \cdot m \cdot \left(-\frac{2}{c^2}\right) \cdot \left(\vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}\right)}{2 \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(\vec{v} \cdot \vec{v})}{c^2}\right)^3}} =$$

$$= m \cdot \gamma \cdot \vec{g} + m \cdot \gamma^3 \cdot \left(\vec{\beta} \cdot \vec{g}\right) \cdot \vec{\beta},$$

где $\vec{g} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ – ускорение элементарной частицы.

Полученное уравнение, определяющее зависимость между силой и ускорением, совпадает с тем, которое используется в специальной теории относительности [3]. “С начала века оно многократно подвергалось экспериментальным проверкам в различных конфигурациях электрических и магнитных полей. Это уравнение является основой инженерных расчётов релятивистских ускорителей” [3]. Однако это уравнение получено без использования постулатов специальной теории относительности. Более того, постулаты специальной теории относительности и следующие из этих постулатов пространственно-временные отношения являются недопустимыми с точки

зрения икраткого взаимодействия. Согласно икраткому взаимодействию во Вселенной существует единое время, определяемое её возрастом. Относительные скорости объектов и расстояния между ними не зависят от того, в какой системе отсчёта происходит их измерение. Экспериментально фиксируемая независимость скорости распространения света от скоростей его источника и приёмника на небольших их взаимных удалениях находит естественное объяснение в лучевой модели распространения света и не требует для своего объяснения каких-либо пространственно-временных преобразований. При этом скорость света в вакууме не является предельной и постоянной. Принцип относительности Эйнштейна, утверждающий, что любое физическое явление протекает одинаково во всех инерциальных системах отсчёта, не учитывает лучевую природу физического пространства и поэтому, в общем случае, не выполняется. Показаны различия в физических интерпретациях одних и тех же экспериментальных данных, основанных на специальной теории относительности и икратком взаимодействии, на примере определения результирующей скорости частицы, образованной в ходе распада релятивистской частицы. Исходя из икраткого взаимодействия распады частицы, когда она покоится в лабораторной системе отсчёта и когда она движется с релятивисткой скоростью относительно её, происходят в пространствах, свойства которых отличаются. Действительно, пространство земной лаборатории, где проводятся эксперименты, в основном соткано из лучей объектов, образующих Землю. А это означает, что для частицы, которая покоится относительно лабораторной системы отсчёта, пространство будет изотропным, поскольку скорости йонов в лучах, его образующих, вне зависимости от направления в основном будут иметь относительно частицы одну и ту же скорость, близкую к скорости света в вакууме. В этом легко убедиться, если фиксировать скорости частиц, образованных при распаде частиц, которые покоятся относительно лабораторной системы отсчёта. Распределение скоростей по направлениям в пространстве будет стремиться к равномерному распределению, а их значение будет примерно одинаковым, что подтверждается экспериментом [37]. Если

же частица движется относительно лабораторной системы отсчёта с релятивистской скоростью, то пространство, в котором происходит её распад, будет анизотропным, поскольку скорости йонов в лучах, его образующих, в зависимости от направления будут иметь различные значения. Зависимость скорости частиц, образованных в ходе распада в анизотропном пространстве, от направления имеет экспериментальное подтверждение [37]. С позиции икраткого взаимодействия выражения, используемые в специальной теории относительности для определения результирующей скорости частицы, образованной при распаде релятивисткой частицы, нельзя рассматривать как закон сложения скоростей, поскольку используемые в этих выражениях скорости не являются слагаемыми. Действительно, скорость релятивисткой частицы в лабораторной системе отсчёта в момент её распада нельзя складывать со скоростью частицы, образованной при распаде частицы, которая покоится в лабораторной системе отсчёта. С позиций икраткого взаимодействия, выражения, используемые в специальной теории относительности, являются лишь экспериментально подтверждённым правилом определения результирующей скорости частицы, образованной при распаде релятивистской частицы. Из этого правила не следует, что распад частицы в изотропном и анизотропном пространствах идентичен. Скорость частицы, образовавшейся при распаде в анизотропном пространстве, в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, была установлена исходя из скорости частицы, образовавшейся при распаде в изотропном пространстве, и данных о результирующей скорости частицы, образовавшейся при распаде в анизотропном пространстве, определённых в лабораторной системе отсчёта. В соответствии с законом сложения векторов, составляющие вектора скорости частицы, образовавшейся при распаде в анизотропном пространстве, в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, равны:

$$v_{2\perp_*} = v_\perp = \frac{v_2 \cdot \sin\alpha_0 \cdot \sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}{1+\frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0},$$

где $v_{2\perp_*}$ – составляющая вектора скорости частицы, образованной при распаде в анизотропном пространстве, ортогональная вектору $\vec{v}_1$ в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится; v_1 – модуль скорости распавшейся частицы, измеренный в лабораторной системе отсчёта; v_2 – модуль скорости частицы, образованной при распаде в изотропном пространстве, измеренный в лабораторной системе отсчёта; α_0 – угол между вектором скорости $\vec{v}_2$ и осью, совпадающей с вектором скорости $\vec{v}_1$, измеренный в лабораторной системе отсчёта.

$$v_{2\parallel_*} = v_{\parallel} - v_1 = \frac{v_2 \cdot \cos\alpha_0 \cdot \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0},$$

где $v_{2\parallel_*}$ – составляющая вектора скорости частицы, образованной при распаде в анизотропном пространстве, параллельная вектору $\vec{v}_1$ в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится.

Модуль скорости частицы, образованной при распаде в анизотропном пространстве, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится, равен:

$$v_{2_*} = v_2 \cdot \frac{\sqrt{\left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2} \cdot \cos^2\alpha_0\right)}}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \cdot \cos\alpha_0},$$

где v_{2_*} – модуль скорости частицы, образованной при распаде в анизотропном пространстве, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится.

Если проследить множество распадов частиц, движущихся с определённой скоростью в лабораторной системе отсчёта, то концы векторов скоростей частиц, образованных в этих распадах, в системе отсчёта, где распадающиеся частицы покоятся, разместятся на поверхности эллипсоида, полученного путём вращения эллипса относительно его меньшей оси. При этом уравнение эллипса определяется следующей зависимостью:

$$\frac{v_{2\perp_*}^2}{b_\perp^2}+\frac{\left(v_{2\parallel_*}+v_2\cdot\frac{v_1}{c}\cdot b_\parallel\right)^2}{b_\parallel^2}=c^2$$

где $b_\perp$ – большая полуось эллипса, ортогональная вектору $\vec{v}_1$; $b_\parallel$ – малая полуось эллипса, параллельная вектору $\vec{v}_1$.

Полуоси эллипса определяются следующими зависимостями:

$$b_\perp=\frac{v_2}{c}\cdot\sqrt{\frac{1-\frac{v_1^2}{c^2}}{1-\frac{v_1^2\cdot v_2^2}{c^4}}};\quad b_\parallel=\frac{v_2}{c}\cdot\frac{1-\frac{v_1^2}{c^2}}{1-\frac{v_1^2\cdot v_2^2}{c^4}}.$$

Произведена оценка влияния анизотропии пространства на скорости частиц, образованных при распаде, в системе отсчёта, где распавшиеся частицы покоятся (рис. 7.5.1). Анизотропия пространства при распаде частицы приводит не только к изменению модуля скорости появившейся частицы, но и изменяет её направление. Для определения изменения направления скорости частицы, появившейся в ходе распада в анизотропном пространстве, можно воспользоваться любой из следующих трёх зависимостей:

$$\sin\alpha_*=\frac{v_{2\perp_*}}{v_{2\parallel_*}}=\frac{\sin\alpha_0}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}\cdot\cos^2\alpha_0}},$$

где α_* – угол между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$.

$$\cos\alpha_*=\frac{v_{2\parallel_*}}{v_{2\perp_*}}=\frac{\cos\alpha_0\cdot\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}\cdot\cos^2\alpha_0}}.$$

$$\operatorname{tg}\alpha_*=\frac{\operatorname{tg}\alpha_0}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}.$$

Распады частиц являются идентичными, если, случись они в одном и том же пространстве, векторы скорости образовавшихся в них частиц будут равны. Разность между углами α_0 и α_*, определяющая изменение направления

векторов скорости частиц, образовавшихся в ходе идентичных распадов в изотропном и анизотропном пространстве, равна:

$$\delta\alpha_{v_1} = \alpha_0 - \alpha_* = \alpha_0 - \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}(\alpha_0)}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}\right),$$

где $\delta\alpha_{v_1}$ – разность между углами α_0 и α_*, определённая для идентичных распадов частиц в изотропном и анизотропном пространствах.

Определены зависимости изменений направлений векторов скорости частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропном пространствах, от угла α_0 (рис.7.5.2). Произведена оценка влияния анизотропии пространства на плотность и функцию распределения угла между векторами $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2*}$ (рис. 7.5.3 и 7.5.4). Отношение модулей скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропных пространствах, равно:

$$\frac{v_{2_*}}{v_2} = \frac{\sqrt{\left(1-\frac{v_1^2}{c^2}\right)\cdot\left(1-\frac{v_1^2}{c^2}\cdot\cos^2\alpha_0\right)}}{1+\frac{v_1\cdot v_2}{c^2}\cdot\cos\alpha_0}.$$

Определены зависимости отношений модулей скоростей частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропном пространствах, от угла α_* (рис.7.5.5 и 7.5.6). В настоящее время в физике скорость света в вакууме является психологическим рубежом, своего рода красной чертой, пересекать которую строго запрещается. Однако расчёты показывают, что скорость частиц, образованных при распаде в анизотропном пространстве, в системе отсчёта, где распадающаяся частица покоится, при определённых условиях могут существенно превышать скорость света в вакууме (рис. 7.5.7). В то время как скорость частицы, в том числе и образовавшейся при распаде в изотропном пространстве, в лабораторной системе отсчёта не может превысить скорость света в вакууме, что имеет экспериментальное подтверждение. В связи с этим, возникают естественные вопросы:

- Почему в изотропном пространстве превышать скорость света в вакууме нельзя, а в анизотропном можно?
- Существуют ли предельные скорости для анизотропного пространства, и если существуют, то каковы их значения?

Ответы на поставленные вопросы даёт лучевая модель распространения света, согласно которой кванты электромагнитного излучения “транспортируются” йонами лучей. В лабораторной системе отсчёта, пространство которой можно считать изотропным, модули скоростей йонов в лучах, его образующих, относительно неподвижной в ней частицы примерно равны скорости света в вакууме вне зависимости от пространственных направлений лучей. В анизотропном пространстве, например, при распаде частицы, имеющей скорость $v_1 = 0{,}9 \cdot c$ относительно лабораторной системы отсчёта, это не так. Скорость йнов в лучах относительно распадающейся частицы зависит от пространственного направления лучей и определяется следующей зависимостью:

$$v_{\text{й}} = \sqrt{c^2 - v_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_*} - v_1 \cdot \cos \alpha_*,$$

где $v_{\text{й}}$ – модуль скорости йона луча, измеренный в системе отсчёта, где распадающаяся частица покоится; α_* – угол между направлением вектора скорости $\vec{v}_1$ и вектором скорости йона луча $\vec{v}_{\text{й}}$, измеренный в системе отсчёта, где распадающаяся частица покоится.

Определены распределения скоростей йнов лучей, формирующих пространство, относительно распадающейся частицы для различных значений скорости $\vec{v}_1$ (рис. 7.5.8). Полагая, что в анизотропном пространстве в системе отсчёта, где распадающаяся частица покоится, вектор импульса, образовавшейся при распаде частицы, совпадает по направлению с вектором скорости йона луча, осуществляющего его “транспортировку”, установлена зависимость скорости частицы от её импульса:

$$\vec{v}_{2_*} = \vec{v}_{\text{й}} \cdot \frac{P_{2_*}}{\sqrt{P_{2_*}^2 + P_{2_0}^2}},$$

где $\vec{v}_{\text{й}}$ – вектор скорости йона луча, осуществляющего “транспортировку” импульса $\vec{P}_{2_*}$; P_{2_*} – модуль импульса образовавшейся при распаде частицы, измеренный в системе отсчёта, где распавшаяся частица покоится; P_{2_0} – модуль импульса покоя образовавшейся при распаде частицы.

Для изотропного пространства, где модуль скорости для любого пространственного направления равен $v_{\text{й}} = \text{const} = c$, получаем знакомое выражение:

$$\vec{v}_{2_*} = c \cdot \frac{\vec{P}_{2_*}}{\sqrt{P_{2_*}^2 + P_{2_0}^2}}.$$

Для анизотропного пространства имеем:

$$\vec{v}_{2_*} = \left(\sqrt{c^2 - v_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_*} - v_1 \cdot \cos \alpha_*\right) \cdot \frac{\vec{P}_{2_*}}{\sqrt{P_{2_*}^2 + P_{2_0}^2}}.$$

В анизотропном пространстве, характеризуемом вектором скорости $\vec{v}_1$, каждое направление, составляющее с вектором скорости $\vec{v}_1$ угол α_*, имеет своё значение предельной скорости $v_{\text{й}}$, равное модулю скорости йона луча, формирующего пространство в данном направлении. Скорость частицы в данном направлении всегда будет меньше предельной, даже при очень больших значениях её импульса. Определены законы изменения величин предельных скоростей $v_{\text{й}}$ от угла α_* для различных значений скорости v_1 (рис. 7.5.9). Величины предельных скоростей находятся в диапазоне:

$$c - v_1 \le v_{\text{й}} \le c + v_1.$$

В изотропном пространстве, характеризуемом скоростью $v_1 = 0$, предельная скорость равна скорости света в вакууме. В анизотропном же пространстве, например, характеризуемом скоростью $v_1 = 0{,}9 \cdot c$, предельная скорость $v_{\text{й}}$ находится в диапазоне $0{,}1 \cdot c \le v_{\text{й}} \le 1{,}9 \cdot c$. Определено

отношение модулей импульсов частиц, образованных при идентичных распадах в анизотропном и изотропном пространствах:

$$\frac{P_{2_*}}{P_2} = \frac{1 + \frac{v_1}{c} \cdot \cos\alpha_0}{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot \frac{v_1}{c} \cdot \frac{v_2}{c}}{\left(1 + \frac{v_2}{c}\right)} \cdot \cos\alpha_0}}.$$

Отношения модулей импульсов частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропных пространствах, равны единице, если направления скоростей $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_{2_*}$ ортогональны. Следует ли из равенства модулей импульсов частиц, образованных при идентичных распадах в изотропном и анизотропных пространствах, равенство модулей их скоростей? Очевидно, что не следует. Для равенства модулей скоростей частицы, когда модули их импульсов равны, необходимо также, чтобы модули скоростей йонов лучей в направлениях, ортогональных вектору скорости $\vec{v}_1$, в изотропном и анизотропных пространствах были равны. А это не так. Модуль скорости йона луча в направлении, ортогональном вектору скорости $\vec{v}_1$, в анизотропном пространстве равен:

$$v_{\text{й}_{\alpha_*=\pi/2}} = \sqrt{c^2 - v_1^2},$$

где $v_{\text{й}_{\alpha_*=\pi/2}}$ – модуль скорости йона луча, формирующего анизотропное пространство, в направлении, ортогональном вектору скорости $\vec{v}_1$.

Определены изолинии модуля скорости частицы, вызванной приданным ей импульсом, в зависимости от модуля скорости йона – “транспортёра” импульса и доли импульса в суммарном импульсе частицы (рис. 7.5.12). В анизотропном пространстве для придания частице заданной скорости в одинаковой степени важны и модуль скорости йона – “транспортёра” импульса, и доля импульса в общем импульсе частицы.

Пространство лабораторной системы отсчёта лишь в первом приближении можно считать изотропным. Лучи каждого космического объекта нашей Метагалактики присутствуют в пространстве земной лаборатории, но их

доля, за исключением лучей ограниченного числа космических объектов, ничтожно мала, так, что их вкладом в формирование лабораторного пространства можно пренебречь. В основном лабораторное пространство соткано из лучей массы Земли, но определённый вклад вносят также лучи таких космических объектов, как Луна, Солнце и звёзды Млечного Пути. То, что такой вклад существует, доказывают результаты многолетних исследований, выполненных замечательным физиком – экспериментатором Симоном Эльевичем Шнолем [38], [39], [40]. В своих исследованиях, которые осуществлялись в течение многих десятилетий, Симону Шнолю удалось показать, что протекание биологических, химических и физических процессов зависит, в том числе и от того, какова текущая ориентация Луны, Солнца и звёзд Млечного Пути относительно лабораторной системы отсчёта.

В соответствии с икратким взаимодействием, йон является творцом и носителем пространства – времени. В момент явления всё пространство Вселенной заключено было в объёме одного лишь йона, а все процессы Вселенной определялись законами его изменения и размножения. В настоящее время пространство сформировано объектами Вселенной и “соткано” из лучей им принадлежащих. Для того чтобы подчеркнуть удивительную ажурность лучевого пространства, заметим, что суммарная площадь поперечных сечений всех лучей Вселенной равна $S_{\updownarrow c} = l^2 \approx 2{,}1 \cdot 10^{-30}\text{м}^2$, что примерно в миллиард триллионов раз меньше, чем площадь поперечного сечения человеческого волоса. Время является числовой характеристикой изменений основных объектов Вселенной, таких как йоны, лучи, электроны и протоны, а также Вселенной в целом. Время одномерно, неоднородно и необратимо. В соответствии с икратким взаимодействием, в ходе которого объекты творят себе подобных, время едино для всех объектов Вселенной, что однозначно определяет последовательность происходящих в ней событий. События являются одновременными, если характеристики и свойства основных объектов, принимающих в них участие, идентичны. Время неоднородно и чем на больший временной интервал разнесены рассматриваемые моменты

времени, тем в большей степени проявляется его неоднородность. Решающим экспериментальным фактом, говорящим в пользу икраткого взаимодействия, является познаваемость нашей Вселенной. Икраткое взаимодействие творит познаваемую Вселенную. В этой Вселенной:

- Число типов фундаментальных объектов мало (йон, луч, юон, заряд, электрон, протон).
- Объекты одного типа идентичны и их число огромно ($N_{\cdot} \approx 6 \cdot 10^{166}$; $N_{\updownarrow} \approx 1{,}1 \cdot 10^{125}$; $N_{\text{e}} = N_{\text{p}} \approx 1{,}3 \cdot 10^{80}$; $N_{\text{юq}} \approx 2{,}0 \cdot 10^{166}$).
- Объекты упорядочены (йоны в лучах, лучи в элементарных частицах, юоны в зарядах).
- Относительные изменения основных характеристик фундаментальных объектов во времени малы ($\mathrm{d}l/(l \cdot \mathrm{d}t) \approx 2{,}3 \cdot 10^{-18}$ с$^{-1}$; $\mathrm{d}R/(R \cdot \mathrm{d}t) \approx \approx 4{,}6 \cdot 10^{-18}$ с$^{-1}$; $\mathrm{d}m_{\text{e}}/(m_{\text{e}} \cdot \mathrm{d}t) \approx 4{,}6 \cdot 10^{-18}$ с$^{-1}$).

Всё это создаёт хорошие предпосылки для формирования научного знания о Вселенной. Основные характеристики и свойства йона в момент явления не содержат, например, знания об известных ныне фундаментальных взаимодействиях. Физика наука экспериментальная и эти знания могут быть получены из экспериментов. При этом икраткое взаимодействие гарантирует, что знания, полученные в ходе эксперимента, могут успешно использоваться для всех объектов и их взаимодействий, если типы объектов совпадают с экспериментальными, а условия взаимодействий идентичны. Так, например, закономерности, выявленные в ходе исследований по взаимодействию электрона и протона, скажем в атоме водорода, присущи всем атомам водорода во всей Вселенной. Этим определяется эффективность фундаментальной науки, которая, в конечном счёте, проистекает из икраткого взаимодействия. Если бы число типов фундаментальных объектов было огромно, а число объектов каждого типа мало, то в такой Вселенной ценность фундаментальных знаний была бы крайне низкой, да и возможность формирования научного знания была бы под большим вопросом. Согласно представлениям, основанным на икратком взаимодействии, в начале всех начал был один, и тот один

был йон, а масса Земли, Солнца, всех звёзд Млечного Пути, всей Вселенной создана его икратким взаимодействием, и само их существование является главным экспериментальным подтверждением его творящей деятельности. Созданного икратким взаимодействием к настоящему времени достаточно для формирования примерно ста миллиардов таких галактик, как Млечный Путь. Творящая деятельность икраткого взаимодействия продолжается и в настоящее время. Ежесекундно созданного им во Вселенной достаточно для формирования около полумиллиона таких звёзд, как наше Солнце. В результате икраткого взаимодействия масса Солнца ежесекундно возрастает на восемнадцать миллиардов тонн, а ежесекундный прирост массы Земли превышает пятьдесят пять тысяч тонн.

В целом, исследования, представленные в седьмом разделе, с одной стороны, выступают доказательством достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия, а с другой стороны, формируют новый взгляд на нашу Вселенную, основанный на открытии йона и икраткого взаимодействия, который вносит фундаментальные изменения в уровень научного познания.

В восьмом разделе представлены результаты исследований, выполненных в обоснование альтернативного взгляда на энергетику звёзд, основанного на икратком взаимодействии. В подразделе 8.1 представлена гипотеза о световом источнике энергии звёзд. Гипотеза гласит, что основной источник энергии звёзд формируется за счёт энергии квантов света, образовавшихся в ходе их размножения, инициируемого объёмным икратким взаимодействием частиц звезды.

В подразделе 8.2 представлена модель звезды Эддингтона со световым источником энергии. Установлена зависимость мощности светового источника звезды от её массы, радиуса и доли давления излучения в полном давлении звезды:

$$L_\gamma = И \cdot \frac{(1-\beta)\cdot M_s^3}{R_s^4},$$

где M_s – масса звезды; R_s – радиус звезды; β – доля газового давления в полном давлении звезды; $И$ – звёздная постоянная. Исходя из текущих характеристик Солнца, определено текущее численное значение звёздной постоянной:

$$И = \frac{L_{\text{Sun}} \cdot R_{\text{Sun}}^4}{(1-\beta_{\text{Sun}}) \cdot M_{\text{Sun}}^3} \approx 2{,}78 \cdot 10^{-26} \left[\frac{\text{м}^6}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^3}\right].$$

Установлен возрастной закон изменения звёздной постоянной (8.31). Определена зависимость доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения, от массы, радиуса и доли давления излучения в полном давлении звезды:

$$\bar{L}_я = \frac{3 \cdot G \cdot R_s^3}{8 \cdot t \cdot И \cdot (1-\beta) \cdot M_s} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta + 31 \cdot \beta^2}{4 - 3 \cdot \beta} + 2 \cdot \beta \cdot x\right).$$

Определена доля мощности светового источника энергии звезды, генерируемой на различных относительных удалениях от её центра (рис.8.3).

В подразделе 8.3, исходя из диаграммы Герцшпрунга – Рассела, на модели звезды со световым источником энергии для звёзд основных классов (сверхгигантов типа 1a, сверхгигантов типа 1b, ярких гигантов, гигантов, субгигантов и звёзд главной последовательности) определены зависимости от эффективной температуры их поверхности:

- относительных масс и радиусов звёзд (рисунки 8.9, 8.12, 8.15, 8.18, 8.21 и 8.22);
- доли газового давления в общем давлении звёзд и доли мощности светового источника энергии звёзд, расходуемой на её возрастные изменения (рисунки 8.10, 8.13, 8.16, 8.19, 8.22 и 8.25);
- относительных центральных температур, плотностей и давлений звёзд (рисунки 8.11, 8.14, 8.17, 8.20, 8.23 и 8.26).

Оценки масс звёзд, полученные на модели, основанной на гипотезе о световом источнике энергии звёзд, на несколько порядков могут отличаться от существующих в настоящее время оценок, полученных на модели, основанной на гипотезе о термоядерном источнике энергии звезд. Это выступает

в качестве своеобразного “мостика” на пути к пониманию того, что, так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” и квазары являются обычными звёздами, пусть и обладающими гигантскими массами.

В подразделе 8.4 на модели звезды со световым источником энергии определены основные характеристики массивных звёзд максимальных размеров. Условием для определения максимальных размеров массивных звёзд на модели звезды со световым источником энергии является достижения доли мощности светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные изменения, предельных значений:

$$\bar{L}_{я\max} = \frac{3 \cdot G \cdot R_{s\max}^3}{8 \cdot t \cdot И \cdot (1-\beta) \cdot M_s} \cdot \left(\frac{48 - 77 \cdot \beta + 31 \cdot \beta^2}{4 - 3 \cdot \beta} + 2 \cdot \beta \cdot x \right) = 1,$$

где $\bar{L}_{я\max}$ – предельное значение доли мощности светового источника энергии массивной звезды, расходуемой на её возрастные изменения; $R_{s\max}$ – максимальный радиус массивной звезды.

Установлен закон изменения максимального размера массивной звезды во времени:

$$R_{\mathrm{s}\max} \approx \sqrt[3]{\frac{2 \cdot t \cdot И \cdot M_{\mathrm{s}}}{9 \cdot G}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot t_0 \cdot \frac{t}{t_0} \cdot И_0 \cdot \sqrt{\frac{t_0^3}{t^3}} \cdot M_{\mathrm{s}_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^2}{9 \cdot G_0 \cdot \frac{t_0}{t}}} = R_{\mathrm{s}\max_0} \cdot \sqrt[6]{\left(\frac{t}{t_0}\right)^5},$$

где $R_{\mathrm{s}\max_0} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot t_0 \cdot И_0 \cdot M_{\mathrm{s}_0}}{9 \cdot G_0}}$ – максимальный радиус звезды, когда время существования Вселенной равнялось t_0; $И_0, G_0 \, и \, M_{s_0}$ – значения звёздной постоянной, гравитационной постоянной и массы звезды, определённые в момент t_0 соответственно.

Определена зависимость максимального размера массивной звезды от её массы (8.98). Определены зависимости текущих минимальных значений центральных давлений (8.100), плотностей (8.101) и температур (8.102) массивных звёзд со световым источником энергии от их массы. Установлены возрастные законы изменения минимальных центральных давлений (8.103),

плотностей (8.104) и температур (8.108) для массивных звёзд со световым источником их энергии. Сформулирована гипотеза, согласно которой сверхмассивные чёрные дыры являются массивными звёздами со световым источником энергии, радиус которых близок к максимальному.

В подразделе 8.5, исходя из массы космического объекта Стрелец А*, установленной в ходе наблюдений за траекториями ближайших к нему звёзд [59], и ограничения на мощность его излучения [60], определены основные его характеристики, как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, радиус которой близок к максимальному. Предложен критерий получения прямого свидетельства, что космический объект Стрелец А* является массивной звездой со световым источником энергии, радиус которой близок к максимальному, исходя из результатов его наблюдений (8.121, 8.122). Установленный в ходе наблюдений с Земли собственный угловой размер радиоисточника Стрелец А* на длине волны 6 см является прямым свидетельством наличия в центре галактики Млечный Путь сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным (8.124÷8.126). Показано, что точность определения собственного углового размера радиоисточника Стрелец А* на длине волны 6 см является низкой, что говорит о необходимости осуществления новых наблюдений радиоисточника Стрелец А* в диапазоне длин волн от 5 [см] до 24 [см] с повышенной точностью и потребует дополнительных исследований по интерпретации данных, полученных в ходе уже проведённых его наблюдений.

В подразделе 8.6 на модели звезды со световым источником энергии определены основные характеристики массивных звёзд Эддингтоновской светимости. Установлены возрастные законы изменения мощности излучения (8.140) и удельной мощности излучения (8.139) массивных звёзд Эддингтоновской светимости со световым источником энергии. Определена зависимость радиуса звезды Эддингтоновской светимости со световым источником энергии от её массы:

$$R_{\min} = \sqrt[4]{\frac{И \cdot (1-\beta) \cdot M_s^2}{И_{\mathrm{Edd}}}},$$

где $И_{\mathrm{Edd}}$ – удельная мощность излучения звёзд с Эддингтоновской светимостью.

Установлен возрастной закон изменения радиуса звезды Эддингтоновской светимости со световым источником энергии (8.143). Определены зависимости центральных давлений (8.144, 8.145), плотностей (8.147, 8.148) и температур (8.150÷8.152) массивных звёзд Эддингтоновской светимости со световым источником энергии от массы. Установлены возрастные законы изменения центральных давлений (8.146), плотностей (8.149) и температур (8.153) массивных звёзд Эддингтоновской светимости со световым источником энергии. Определена зависимость величины гравитационного красного смещения излучения массивных звёзд Эддингтоновской светимости со световым источником энергии от их массы (8.163). Установлен возрастной закон изменения гравитационного красного смещения излучения массивных звёзд Эддингтоновской светимости со световым источником энергии (8.164). Определена эффективная температура поверхности (8.160, 8.161) массивных звёзд Эддингтоновской светимости со световым источником энергии и установлен возрастной закон её изменения (8.162). Сформулирована гипотеза, согласно которой квазары являются сверхмассивными звёздами со световым источником энергии, светимость которых близка к Эддингтоновской.

В подразделе 8.7 разработана модель определения видимой звёздной величины сверхмассивной звезды со световым источником её энергии, имеющей светимость близкую к пределу Эддингтона, от величины красного смещения её излучения. В модели учтены изменения основных параметров звезды, а также её излучения во времени, которые обусловлены икратким взаимодействием. Показано, что видимой звёздной величине квазара и величине красного смещения его излучения, установленных в ходе его наблюдений,

соответствует множество квазаров, которые отличаются друг от друга, как массой, так и радиусом, а также их удалением от Земли. С использованием разработанной модели проведены специальные исследования по определению пяти множеств квазаров, видимые звёздные величины и величины красных смещений излучений которых соответствуют результатам наблюдений за пятью известными квазарами (3C 48, 3C 273, SDSS J085543.40-001517.7, SDSS J0100+2802 и TON 618). Результаты исследований представлены на рисунках 8.51÷8.60. Установлено, что полученные оценки масс квазаров и их удалений от Земли отличаются в меньшую сторону от их современных оценок, полученных на космологических моделях, основанных на общей теории относительности. На рисунках 8.62÷8.71 представлены результаты наблюдений квазаров, полученные на различных этапах осуществления программы их наблюдений SDSS-I/II/III/IV. Определены зависимости видимых звёздных величин квазаров различных масс от величины красного смещения их излучения (рис. 8.72). Для полноценного сравнения с результатами наблюдений квазаров разработана модель (8.192÷8.205), в ходе исследований на которой были определены:

- Плотность распределения текущей массы квазаров и её составляющие на удалении от 115 [Мпк] до 3788 [Мпк] от Земли (рис. 8.73).
- Плотность распределения текущих расстояний до квазаров и её составляющие на удалении до 3788 мегапарсек от Земли (рис. 8.74).
- Плотность распределения величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных в ходе моделирования (рис. 8.75).
- Плотность распределения видимой звёздной величины квазаров, обнаруженных в ходе моделирования (рис. 8.77).
- Плотности распределения видимой звёздной величины квазаров, из числа обнаруженных на модели, величины красного смещения которых находятся в различных интервалах красного смещения их излучения (рис. 8.78).

- Плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины квазаров, обнаруженных в ходе моделирования (рис. 8.79).
- Плотность распределения абсолютной звёздной величины квазаров, обнаруженных на модели, в момент излучения (рис.8.80).
- Плотности и функции распределения текущих абсолютных звёздных величин квазаров, находящихся в обследуемом на модели объёме пространства, и тех, которые были там обнаружены (рис. 8.81).
- Совместная плотность распределения видимой звёздной величины и величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных в ходе моделирования (рис. 8.82).
- Совместная плотность распределения текущей абсолютной звёздной величины и величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных в ходе моделирования (рис. 8.83).
- Зависимость средней текущей абсолютной звёздной величины квазаров, обнаруженных в ходе моделирования, от величины красного смещения их излучения (рис.8.84).
- Совместная плотность распределения абсолютной звёздной величины в момент излучения и величины красного смещения излучения квазаров, обнаруженных на модели (рис. 8.85).

Результаты моделирования показали, что представление о квазарах, как о сверхмассивных звёздах со световым источником энергии, не вступает в явное противоречие с результатами их наблюдений. Более того, проведённые исследования позволили получить естественное объяснение установленному в результате наблюдений росту средней текущей светимости квазаров по мере их удаления от Земли, а также наблюдаемой неравномерности их распределения на различных удалениях от Земли.

Различие между квазаром и сверхмассивной чёрной дырой одной массы определяется их размерами. Радиус сверхмассивной чёрной дыры близок к максимальному радиусу, при котором доля светового источника энергии звезды, расходуемая на её возрастные изменения, близка к единице. Радиус

квазара близок к минимальному радиусу, при котором мощность излучения звезды близка к пределу Эддингтона. В подразделе 8.8 представлены результаты исследований по определению диапазонов изменения основных характеристик массивных звёзд со световым источником энергии. Определены зависимости максимальных и минимальных радиусов массивных звёзд со световым источником энергии от их массы (рис. 8.87). Показано, что по мере роста массы звезды со световым источником энергии диапазон изменения её радиуса уменьшается. Определены зависимости отношений максимальных значений основных характеристик массивных звёзд к их минимальным значениям от массы звёзд (рис. 8.88). Показано, что с ростом массы звезды со световым источником энергии диапазоны изменения её основных характеристик, измеренные в их минимальных значениях, уменьшаются. Так, при изменении массы звезды от десяти тысяч до десяти миллиардов масс Солнца диапазон изменения её радиуса и центральной температуры уменьшился более чем на один порядок, диапазон изменения её центральной плотности уменьшился более чем на три порядка, а диапазон изменения центрального давления уменьшился более чем на четыре порядка. Определены зависимости мощности излучения звезд от массы для различных значений эффективных температур их поверхности в диапазоне от 300 [K] до 90000 [K] (рис. 8.89). Во всём рассмотренном диапазоне эффективных температур поверхности звёзд показатель степени изменения мощности излучения звезды от её массы находится в интервале от двух третей до единицы. Определены зависимости мощности излучения звезд от эффективных температур их поверхности для различных масс (рис. 8.90). Определены зависимости радиуса и абсолютной звёздной величины звёзд со световым источником энергии от эффективной температуры их поверхности для различных масс звёзд (рис. 8.91÷8.93). Абсолютная звёздная величина звезды в основном определяется двумя факторами, во-первых, мощностью её светового источника энергии, а во-вторых, долей мощности этого источника, которая расходуется на возрастные изменения звезды. Там, где изменения радиуса звезды

с ростом эффективной температуры её поверхности являются незначительными, изменение абсолютной звёздной величины обусловлено в основном уменьшением доли светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные преобразования. Показано, что с ростом массы звезды происходит расширение диапазона изменения эффективной температуры её поверхности, где изменение её абсолютной звёздной величины обусловлено в основном уменьшением доли светового источника энергии звезды, расходуемой на её возрастные преобразования. Из представленных данных следует, что незначительные колебания размеров массивных звёзд со световым источником энергии могут приводить к очень большим изменениям их блеска в короткие промежутки времени.

Международная коллаборация Телескопа горизонта событий полагает, что в ходе наблюдений, выполненных в апреле 2017 года, впервые получено изображение тени горизонта событий чёрной дыры M87*. В настоящее время данное изображение рассматривается как прямое свидетельство существования сверхмассивных чёрных дыр. Результаты исследований, основанные на гипотезе о световом источнике энергии звёзд, позволили дать альтернативное объяснение результатам наблюдений M87*, осуществлённых на ENT в апреле 2017 года. В ходе этих исследований были определены:

- Удаление космического объекта M87* от Земли, исходя из величины красного смещения излучения галактики M87 ($z_{\mathrm{M87}} = 0{,}004283$), в соответствии с законом ПИ (8.217) и (8.218) – $D_{M87*} \approx 11{,}05$ [Мпк].
- Масса космического объекта M87*, пересчитанная на данное удаление его от Земли, $M_{\mathrm{M87*(gas)}} = 2{,}16^{+0{,}56}_{-0{,}19} \cdot 10^9\ M_{\mathrm{Sun}}$ – по газодинамической оценке и $M_{\mathrm{M87*(star)}} = 4{,}08^{+0{,}25}_{-0{,}25} \cdot 10^9\ M_{\mathrm{Sun}}$ – по оценке методом звёздной динамики.
- Минимальное и максимальное значения видимых угловых размеров космического объекта M87* $\beta_{\mathrm{в}\max_{(\lambda=1{,}33\ \mathrm{мм})}} \approx 70{,}83$ [μas];

$\beta_{\text{B}\min(\lambda=1{,}33\text{ мм})} \approx 60{,}42$ [μas], исходя из его изображений, полученных в ходе наблюдений в апреле 2017 года (рисунок 8.95).

- Величина рассеяния электромагнитного излучения на длине волны равной $\lambda = 1{,}33$ [*мм*], на которой были осуществлены наблюдения космического объекта M87* в апреле 2017 года, $\beta_{p_{(\lambda=1{,}33\,мм)}} = b_{sc} \cdot \lambda^2 \approx$ $\approx 23{,}35$ [μas].
- Минимальное и максимальное значения собственных угловых размеров космического объекта $\beta_{\text{M87}*\max} \approx 66{,}87$ [μas]; $\beta_{\text{M87}*\min} \approx 55{,}72$ [μas], исходя из его видимых угловых размеров и величины рассеяния электромагнитного излучения на длине волны равной $\lambda = 1{,}33$ [мм].
- Максимальное и минимальное значения радиуса космического объекта M87* $R_{\text{M87}*\max} \approx 5.527 \cdot 10^{13}$ [м]; $R_{\text{M87}*\min} \approx 4.606 \cdot 10^{13}$ [*м*], исходя из его собственных угловых размеров и удаления его от Земли.
- Максимальное и минимальное значение массы космического объекта M87* как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, $\bar{M}_{\text{M87}*\max} \approx 4{,}20 \cdot 10^9\ \text{M}_{\text{Sun}}$; $\bar{M}_{\text{M87}*\min} \approx 2{,}43 \cdot 10^9\ \text{M}_{\text{Sun}}$, исходя из его собственных максимальных и минимальных угловых размеров и его удаления от Земли.

Полученное значение массы космического объекта M87* как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, хорошо согласуется с её оценками, полученными в ходе его наблюдений. Максимальная оценка массы космического объекта M87* как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным, лишь на 3 % превышает оценку его массы, полученную методом звёздной динамики. Минимальная оценка массы космического объекта M87* как сверхмассивной звезды со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально

возможным, примерно на 12 % превышает газодинамическую оценку его массы. Таким образом, масса и радиус космического объекта M87*, установленные в ходе его наблюдений [5], [8], [89], [90], соответствуют зависимости характерной для сверхмассивных звёзд со световым источником энергии, имеющих размеры близкие максимально возможным. Это означает, что в результате наблюдений космического объекта M87* получены прямые свидетельства, что он является сверхмассивной звездой со световым источником энергии, имеющей размеры близкие максимально возможным. Звезда M87* невероятно больших размеров. Если её центр совместить с центром солнечной системы, то максимальное удаление Плутона от центра составит примерно 16 % её радиуса. Значение ускорения свободного падения на поверхности звезды находится в интервале от 152 [м/с^2] до 182 [м/с^2]. Эффективная температура поверхности звезды находится в диапазоне $2444\ [\text{К}] \geq T_{\text{Э}_{\text{M87*}}} \geq 2231\ [\text{К}]$. Именно у таких звёзд (рис. 8.92 и 8.93) незначительные колебания их размеров могут приводить к очень большим изменениям их блеска в короткие промежутки времени. Очевидно, что и локальные колебания размеров звезды будут сопряжены с большими изменениями интенсивности излучения тех участков поверхности звезды, где они происходят. Именно такую картину нам демонстрируют изображения поверхности звезды M87*, полученные в ходе её наблюдения в апреле 2017 года. Действительно, на изображениях звезды, исполненных в единицах яркостной температуры в соответствии с представленной шкалой, видно, что интенсивность излучения отдельных участков её поверхности на длине волны 1,33 [мм] может отличаться более чем в десять раз (рис. 8.95). Кроме того, как это хорошо видно на рисунке 8.96, который взят нами из работы [8], изменения яркостной температуры отдельных участков поверхности звезды, представленные в соответствии с приведённой цветовой шкалой, за период наблюдений с 5 апреля по 11 апреля, могут составлять до 20 % от её максимальных значений. Исходя из интервала возможных значений радиуса космического

объекта M87*, на модели звезды со световым источником энергии определены диапазоны значений его основных характеристик.

Гипотеза о световом источнике энергии звёзд даёт естественное объяснение, как невероятной мощности излучения квазаров, так и малой светимости сверхмассивных компактных космических объектов, которые принято называть “сверхмассивными чёрными дырами”. Действительно, и квазары, и так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” являются такими же звёздами, пусть и очень массивными, как наше Солнце и большая часть наблюдаемых нами звёзд. Одна и та же модель звезды Эддингтона со световым источником энергии использовалась для описания и определения основных характеристик, как звёзд, представленных на диаграмме Герцшпрунга – Рассела, так и сверхмассивных чёрных дыр, а также квазаров. И, что важно, результаты, полученные на этой модели, не вступают в явное противоречие как с наблюдениями за так называемыми “сверхмассивными чёрными дырами”, так и с наблюдениями за квазарами.

Полученные в ходе исследований прямые свидетельства светового источника энергии звёзд являются доказательством достоверности того, что объёмное икраткое взаимодействие частиц звезды инициирует размножение квантов света (электромагнитного излучения), которые находятся в непосредственной близости от них в этот момент. По существу, излучение звёзд – это яркое свидетельство текущего объёмного икраткого взаимодействия частиц, образующих звезду.

В целом, исследования, представленные в восьмом разделе, с одной стороны, выступают дополнительным доказательством достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия, а с другой стороны, являются примером в формировании нового взгляда на нашу Вселенную, основанного на открытии йона и икраткого взаимодействия, вносящего фундаментальные изменения в уровень научного познания.

Основные выводы и предложения по перспективным направлениям исследований

По существу, данная монография является тем способом, который избрал автор для оповещения научного сообщества об открытии йона и икраткого взаимодействия.

Краткая формула открытия такова: йон – наша Вселенная в момент появления, характеристики и свойства йона – её “генóм”, а икраткое взаимодействие – основное (фундаментальное) свойство йона творить себе подобного.

Главные цели осуществлённых исследований, обусловленные открытием йона и икраткого взаимодействия, состояли:

1. В определении основных характеристик и свойств йона, как “зиготы” нашей Вселенной.
2. В получении доказательств достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия.
3. В формировании нового взгляда на нашу Вселенную, основанного на открытии йона и икраткого взаимодействия, вносящего фундаментальные изменения в уровень научного познания.

Все вышеобозначенные цели были достигнуты. Результаты исследований по определению основных характеристик и свойств йона, как “зиготы” нашей Вселенной, представлены во втором разделе работы. Результаты исследований, представленные в разделах 3÷6, показывают, что йон, характеристики и свойства которого определены во втором разделе, творит Вселенную во многом схожую с той, в которой мы живём. Текущие значения фундаментальных физических постоянных, изменение которых происходит в соответствии с законами, обусловленными йоном и икратким взаимодействием, соответствуют результатам их измерений в нашей Вселенной. Законы изменения и текущие характеристики сотворённых йоном объектов (луча, заряда, кванта заряда, электрона, протона и скоплений космических объектов)

не вступают в противоречие с результатами наблюдений за ними в нашей Вселенной. Результаты исследований, представленные в седьмом разделе, содержат экспериментальные свидетельства икраткого взаимодействия, что является доказательством достоверности открытия йона и икраткого взаимодействия. Новый взгляд на источник энергии звёзд, основанный на открытии йона и икраткого взаимодействия, рассмотрен в восьмом разделе. Исследования, представленные в восьмом разделе, показали, что и квазары, и так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” являются такими же звёздами, пусть и очень массивными, как наше Солнце и большая часть наблюдаемых нами звёзд. Полученные в ходе исследований прямые свидетельства светового источника энергии звёзд являются доказательством достоверности того, что объёмное икраткое взаимодействие частиц звезды инициирует размножение квантов света (электромагнитного излучения), которые находятся в непосредственной близости от них в этот момент. По существу, излучение звёзд – это яркое свидетельство текущего объёмного икраткого взаимодействия частиц, образующих звезду.

Исследования, основанные на открытии йона и икраткого взаимодействия, являются первым шагом в формировании новой физической парадигмы, согласно которой:

- В начале всех начал (в момент возникновения Вселенной) был один, один во всех лицах (йон, он же луч, он же электрон, он же Вселенная).
- Йон – “зигота” нашей Вселенной. Характеристики и свойства йона – её “генный код”.
- Йон является основополагающим физическим объектом, определяемым через свои характеристики и свойства. Определение текущих значений характеристик и свойств йона основывается на ряде постулатов и гипотез, выбор которых осуществляется таким образом, чтобы йон мог выступать как “зигота” нашей Вселенной.

- Основным свойством йона является икраткое взаимодействие, характеризующее его способность к размножению. У йона существуют три типа размножения: во-первых, точечное размножение, в ходе которого йон творит себе подобного в продольном направлении и тем самым формирует луч; во-вторых, лучевое размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов луча и тем самым творится новый луч и формируется частица; в-третьих, объёмное размножение, в ходе которого происходит одномоментное размножение всех йонов частицы и тем самым творится новая частица и формируется физический мир. Важным свойством йона, определяющим размеры объектов Вселенной и темп происходящих в ней процессов, является его способность к изменению своих размеров, выраженная в законе изменения его длины.
- В процессе творения луча в его центре возникает невероятно сильное давление, приводящее к взаимопроникновению йонов и их переход в юоны. Заряд частицы структурирован и формируется из юонов, образовавшихся в центрах лучей, ей принадлежащих. Фотон, как и заряд, структурирован и состоит из юонов. Чем больше размер фотона, тем меньшее число юонов его образует. Существует ограничение на максимальный размер фотона.
- Йон является творцом и носителем пространства и времени. В момент явления всё пространство Вселенной заключено было в объёме одного лишь йона, а все процессы Вселенной определялись законами его изменения и размножения. В настоящее время пространство сформировано объектами Вселенной и “соткано” из лучей им принадлежащих. Время одномерно, необратимо, неоднородно и едино для всех объектов Вселенной. Текущие расстояния между объектами, модули их относительных скоростей, временные интервалы между событиями и их последовательность являются абсолютными, то есть не зависят от того, в какой системе отсчёта происходит их измерение.

- Каждая элементарная частица обладает импульсом покоя, модуль которого определяется как арифметическая сумма модулей импульсов йонов, её образующих, относительно её центра. Суммарный вектор импульса элементарной частицы является векторной суммой вектора импульса её движения, с его тремя пространственными координатами, и вектора импульса её покоя, основное свойство которого состоит в ортогональности вектору импульса её движения. Масса элементарной частицы определяется как частное от деления модуля импульса её покоя на скорость света в вакууме.
- Гравитационное взаимодействие является силовым, возникающим в результате вынужденного размножения йонов в лучах там, где находятся объекты, обладающие энергией.
- Распространение квантов света в пространстве осуществляется лучами, его образующими. При этом фотон является “пассажиром”, а “транспортёром” выступают йоны луча. Скорость света относительно приёмника излучения определяется скоростью йонов луча, осуществляющего его “транспортировку”, и не является постоянной.
- Результаты взаимодействий элементарных частиц и происходящих с ними процессов зависят от того, в каком пространстве они происходят. Так, например, изменение вектора скорости частицы под воздействием импульса равно произведению вектора скорости йона относительно частицы, осуществляющего “транспортировку” к ней импульса, на долю импульса в суммарном импульсе частицы.
- Основной источник энергии звёзд, получивший название “световой”, формируется за счёт энергии квантов света, образовавшихся в ходе их размножения, инициируемого объёмным икратким взаимодействием частиц звезды.
- При определённых условиях, например, при тех, которые существуют на Земле, образование новых химических элементов может

происходить в результате нуклеосинтеза, обусловленного икратким взаимодействием.

Очевидно, что новая физическая парадигма, основанная на открытии икраткого взаимодействия, принципиально отличается от той, которая принята в настоящее время сообществом профессиональных физиков. Отметим несколько, на наш взгляд, важных отличий.

Во-первых, принципиальные отличия возникают уже в вопросе возникновения Вселенной. Согласно общепринятой космологической модели Большого взрыва “наблюдаемая нами сейчас Вселенная возникла 13,799±0,021 млрд. лет назад из некоторого сингулярного состояния…” “В период времени от нуля до 10^{-43} секунд после Большого взрыва происходили процессы рождения Вселенной из сингулярности. Считается, что при этом температура и плотность вещества Вселенной были близки к планковским значениям. Законченная физическая теория этого этапа отсутствует” [92]. Согласно новой физической парадигме, основанной на открытии икраткого взаимодействия, наша Вселенная возникла примерно 6 миллиардов 886 миллионов лет назад. В начале всех начал возраст Вселенной был равен нулю. Это соответствует времени по абсолютной шкале $T = 1_{\clubsuit} \approx 9{,}21792 \cdot 10^{-67}[\text{с}]$. Объём Вселенной был равен объёму йона $V_{\text{World}} = a^3 \approx 2{,}7128414 \cdot 10^{-170}$ [м^3], а плотность равнялась плотности йона $\rho_{\text{World}} = ъ \approx 6{,}00 \cdot 10^{55}$ [кг/м^3].

Во-вторых, согласно существующей физической парадигме значения основных характеристик элементарных частиц, таких, например, как масса и электрический заряд, значения фундаментальных констант, единицы измерения физических величин, таких систем, как СИ и СГС, не изменяются во времени. Считается, что в изолированной физической системе выполняются фундаментальные законы сохранения энергии, импульса, момента импульса, массы, заряда. Согласно новой физической парадигме, основанной на открытии икраткого взаимодействия, это не так. Значения основных характеристик элементарных частиц, значения большей части фундаментальных постоянных и большинства единиц измерения физических величин, в том числе

основных, систем СИ и СГС изменяются во времени по законам, определяемым икратким взаимодействием. В настоящее время относительные изменения значений очень малы. Это объясняет, почему они считаются неизменными во времени. Законы сохранения в изолированной физической системе в настоящее время исполняются приближённо и лишь на малых временных интервалах. Даже в изолированной физической системе происходит не только изменение значений основных характеристик элементарных частиц, её образующих, но и рост их числа, что является дополнительным фактором, приводящим к нарушению законов сохранения. На больших временных интервалах, а также на ранних этапах творения Вселенной, говорить о выполнении законов сохранения не приходится.

В-третьих, в новой парадигме, основанной на открытии икраткого взаимодействия, представления о пространстве и времени кардинально отличаются от тех, которые в настоящее время приняты сообществом профессиональных физиков. Согласно новым представлениям о пространстве и времени скорость света в вакууме не является постоянной, а зависит от скорости йона луча, осуществляющего его “транспортировку”. Принцип относительности Эйнштейна, утверждающий, что любое физическое явление протекает одинаково во всех инерциальных системах отсчёта, не учитывает лучевую природу физического пространства и поэтому, в общем случае, не выполняется. Это означает, что оба постулата, положенные в основу построения специальной теории относительности, исходя из новых представлений о пространстве и времени, являются ошибочными. Согласно икраткому взаимодействию гравитационное взаимодействие является силовым, возникающим в результате вынужденного размножения йонов в лучах там, где находятся объекты, обладающие энергией, а не является эффектом, обусловленным искривлением пространства-времени, как это полагает общая теория относительности. В современных космологических моделях пространство расширяется, причём на начальном этапе инфляционно. В космологической модели, основанной на икратком взаимодействии, необходимость в

использовании подобного рода гипотез отсутствует. Изменение расстояния между космическими объектами на межгалактических расстояниях полностью определяется их относительной скоростью. Согласно икраткому взаимодействию время одномерно, необратимо, неоднородно и абсолютно, что позволяет однозначно упорядочить последовательность всех происходящих во Вселенной событий. Увеличение размеров объектов Вселенной и уменьшение темпа происходящих в ней процессов во времени во многом обусловлены возрастным законом изменения длины йона. Результаты взаимодействий и происходящих процессов зависят от того, из каких лучей “соткано” пространство, в котором они происходят.

В-четвёртых, согласно существующей физической парадигме, субатомные частицы приобретают массу при контакте с полем бозона Хиггса, которым заполнено всё пространство Вселенной. Согласно новой физической парадигме, основанной на открытии икраткого взаимодействия, это не так. Элементарные частицы даже в состоянии покоя обладают импульсом покоя, модуль которого равен арифметической сумме модулей импульсов йонов, образующих частицу, относительно центра её лучей. Важным свойством импульса покоя элементарной частицы является его ортогональность любому направлению в пространстве. Это означает, что импульс покоя элементарной частицы всегда ортогонален импульсу её движения. Масса элементарной частицы определяется отношением модуля импульса её покоя к модулю скорости йонов в луче в непосредственной близости от его центра. Для того чтобы изменить скорость частицы, необходимо придать ей импульс движения, что вызовет соответствующие изменения импульсов всех йонов, её образующих, а следовательно соответствующие изменения их скоростей. Таким образом, инерция элементарной частицы не приобретается при её контакте с полем бозона Хиггса, которым заполнено всё пространство Вселенной, а является внутренним свойством элементарной частицы, определяемым арифметической суммой модулей импульсов йонов, образующих её.

В-пятых, согласно существующей физической парадигме, термоядерный синтез является основным источником энергии звёзд. Согласно новой физической парадигме, основанной на открытии икраткого взаимодействия, основной источник энергии звёзд формируется за счёт энергии квантов света, образовавшихся в ходе их размножения, инициируемого объёмным икратким взаимодействием частиц звезды.

В-шестых, согласно существующей физической парадигме, химические элементы, из которых образованы планеты, например наша Земля, произошли в звёздах предшествующего Солнцу поколения, которые прошли все этапы звёздного нуклеосинтеза и взорвались. Согласно новой физической парадигме, основанной на открытии икраткого взаимодействия, все химические элементы, обнаруженные на планетах, в том числе и на Земле, зародились в их недрах в результате нуклеосинтеза, обусловленного икратким взаимодействием.

Новая физическая парадигма, основанная на открытии икраткого взаимодействия, по отношению к той, которая в настоящее время принята сообществом профессиональных физиков, обладает рядом достоинств, основные из которых состоят в следующем:

- Отсутствует сингулярность в начале всех начал, что позволяет исследовать процесс творение Вселенной с момента её появления.
- Устраняет за ненадобностью такого “монстра”, каковым является пространство-время в современном его представлении, происхождение и природа которого не ясны, а свойства удивительны и парадоксальны, что позволяет отказаться от использования специальной и общей теорий относительности, этого “монстра” породивших.
- Даёт естественные объяснения наблюдениям за объектами Вселенной без привлечения гипотетических объектов и сущностей. Так, например, для объяснения инерции субатомных частиц, нет необходимости всё пространство Вселенной заполнять полем бозона Хиггса, поскольку инерция является внутренним свойством элементарной частицы,

определяемым арифметической суммой модулей импульсов йонов, её образующих. Также нет необходимости многократно увеличивать суммарную энергию Вселенной за счёт гипотетической тёмной энергии, поскольку вердикт, основанный на сравнении результатов наблюдений сверхновых типа 1а с предсказаниями модели, учитывающей эффекты, обусловленные икратким взаимодействием, однозначен – тёмной энергии в нашей Вселенной нет. Также в нашей Вселенной нет чёрных дыр в современном их представлении. Результаты исследований на космологической модели, основанной на открытии икраткого взаимодействия, показали, что и квазары и так называемые “сверхмассивные чёрные дыры” являются такими же звёздами, пусть и очень массивными, как наше Солнце и большая часть наблюдаемых нами звёзд. Одна и та же модель звезды Эддингтона со световым источником энергии оказалась пригодной для определения основных характеристик как звёзд, представленных на диаграмме Герцшпрунга – Рассела, так и космических объектов Стрелец А* и М87*, которые принято называть сверхмассивными чёрными дырами, а также квазаров.

- Икраткое взаимодействие творит познаваемую Вселенную, в которой число типов фундаментальных объектов мало (йон, луч, юон, заряд, электрон, протон), объекты одного типа идентичны и их число огромно, объекты упорядочены (йоны в лучах, лучи в элементарных частицах, юоны в зарядах), относительные изменения основных характеристик фундаментальных объектов во времени малы. Икраткое взаимодействие гарантирует, что знания, полученные в ходе эксперимента, могут успешно использоваться для всех объектов и их взаимодействий, если типы объектов совпадают с теми, которые участвовали в эксперименте, а условия взаимодействий идентичны.

Основной недостаток новой физической парадигмы, основанной на открытии икраткого взаимодействия, состоит в ограниченном круге рассмотренных в ней явлений.

Готово ли профессиональное сообщество физиков после ознакомления с новой физической парадигмой, основанной на открытии икраткого взаимодействия, принять её? Однозначного ответа дать нельзя. Рассчитывать на то, что профессиональные физики в одночасье откажутся от “священных коров”, каковыми в физике являются законы сохранения и существующие представления о пространстве-времени, сформированные СТО и ОТО, не представляется возможным. Профессиональные физики “вооружены” большим объёмом экспериментальных данных, которые, как они полагают, подтверждают существующую физическую парадигму. То, что экспериментальные данные не вступают в противоречие с новой физической парадигмой, основанной на открытии икраткого взаимодействия, не заставит их поменять существующие у них представления. Как с грустью замечал Макс Планк “новая научная истина прокладывает дорогу к триумфу не посредством убеждения оппонентов и принуждения их видеть мир в новом свете, но скорее потому, что её оппоненты рано или поздно умирают и вырастает новое поколение, которое привыкло к ней” [93], [94]. Есть надежда, что некоторые профессиональные физики примут новую физическую парадигму, поскольку польза от разработки “месторождения” новых знаний, вытекающих из открытия икраткого взаимодействия, может быть соизмерима с той, которая обусловлена знаниями о ныне известных фундаментальных взаимодействиях. Предсказать все возможные направления фундаментальных исследований открытого “месторождения” и область возможных применений новых знаний на данном этапе затруднительно. Она будет формироваться по мере осуществления фундаментальных исследований как известных, так и вновь обнаруженных явлений с позиций физической парадигмы, основанной на открытии икраткого взаимодействия.

Кратко представим лишь два, на наш взгляд, перспективных направления фундаментальных исследований открытого “месторождения” и обозначим области возможного применения знаний, полученных в ходе их осуществления. Первое, на наш взгляд, перспективное направление фундаментальных

исследований это изучение особенностей размножения элементарных частиц (электронов, протонов и нейтронов), обуславливаемого их объёмным икратким взаимодействием, когда они находятся в составе ядра, атома или молекулы. В ходе осуществления этих фундаментальных исследований предстоит установить, какие процессы происходят в ядре, атоме и молекуле при объёмном икратком взаимодействии частиц их образующих, и к каким результатам они приводят. При проведении исследований важно определить влияние внешних условий на объёмное икраткое взаимодействие частиц, находящихся в составе ядра, атома и молекулы. Результаты, полученные в ходе осуществления фундаментальных исследований в данном направлении, позволят понять, как происходит икраткий нуклеосинтез и икраткий ядерный распад, какие икраткие изменения происходят в атоме, молекуле, химическом соединении. Эти результаты будут важны не только для понимания процессов формирования химических элементов и их соединений на планетах, таких как Земля, но и для понимания процессов происходящих на других космических объектах, например, в нейтронных звёздах. Возможно, результаты наблюдений нейтронных звёзд, которые являются огромными ядрами, уже содержат важную информацию для данного направления фундаментальных исследований. Область возможного практического применения новых знаний, которые могут быть получены при проведении фундаментальных исследований в данном направлении, включает в себя разработку новых эффективных источников энергии, основанных на икратком нуклеосинтезе.

Вторым, на наш взгляд, перспективным направлением фундаментальных исследований является разработка средств и способов обнаружения (идентификации) лучей, принадлежащих различным космическим объектам. При выполнении исследований важно научиться определять изменение скорости йонов в лучах в зависимости от процессов, происходящих с объектами, которым они принадлежат. Любой космический объект нашей Метагалактики представлен в пространстве Земли лучами, ему принадлежащими. Скорость йонов в лучах, принадлежащих космическому объекту, и

направление лучей в пространстве позволяют определить его местоположение относительно Земли, а плотность его лучей – установить его массу. Характер изменения скоростей йнов в лучах, принадлежащих космическому объекту, могут многое рассказать о процессах в нём происходящих. Область возможного практического применения новых знаний, которые могут быть получены при проведении фундаментальных исследований в данном направлении, включает в себя разработку лучевых средств наблюдения космических объектов, которые позволят измерять текущие до них расстояния, устанавливать их текущие массы и определять основные текущие в них процессы. Совершенствование лучевых средств наблюдения создаст предпосылки для разработки лучевой технологии передачи и приёма информации, которая позволит осуществлять связь с братьями по Разуму, расположенными в самых отдалённых уголках Метагалактики в режиме реального времени, примерно так, как это сейчас происходит при связи абонентов, расположенных в Москве и Санкт-Петербурге. Если лучевые средства связи удастся создать, то это будет Великим достижением жителей Земли. В этом случае Человечество станет Метагалактической цивилизацией!

В целом, знания, проистекающие из открытия икраткого взаимодействия, являются важным недостающим вкладом в формирование единой физической картины нашей Вселенной.

Автор знает, что мечты сбываются! Не упускайте свой шанс – займитесь разработкой нового “месторождения” знаний. Время действовать!

Благодарности

Автор выражает особую благодарность и искреннюю признательность своей семье: жене, детям, внуку и внучкам. Без Вашей многолетней действенной поддержки, заботливого участия, ангельского терпения и безграничного доверия осуществить исследования, результаты которых представлены в данной монографии, было бы невозможно.

Список использованной литературы

1. *Freeman J. Dyson*, Innovation in Physics // Scientific American, September 1958.
2. *M. Kowalski et al*., IMPROVED COSMOLOGICAL CONSTRAINTS FROM NEW, OLD AND COMBINED SUPERNOVA DATASETS // The Supernova Cosmology Project, April 27, 2008.
3. *Л.Б. Окунь*, Понятие массы (масса, энергия, относительность) // УФН **158**, 1989.
4. Quasar // Wikipedia; URL. https://en.wikipedia.org/wiki/Quasar (2016).
5. *The Event Horizon Telescope Collaboration*, First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole // The Astrophysical Journal Letters, 10 April 2019.
6. *The Event Horizon Telescope Collaboration*, First M87 Event Horizon Telescope Results. II. Array and Instrumentation // The Astrophysical Journal Letters, 10 April 2019.
7. *The Event Horizon Telescope Collaboration*, First M87 Event Horizon Telescope Results. III. Data Processing and Calibration // The Astrophysical Journal Letters, 10 April 2019.
8. *The Event Horizon Telescope Collaboration*, First M87 Event Horizon Telescope Results. IV. Imaging the Central Supermassive Black Hole // The Astrophysical Journal Letters, 10 April 2019.
9. *The Event Horizon Telescope Collaboration*, First M87 Event Horizon Telescope Results. V. Physical Origin of the Asymmetric Ring // The Astrophysical Journal Letters, 10 April 2019.
10. *The Event Horizon Telescope Collaboration*, First M87 Event Horizon Telescope Results. VI. The Shadow and Mass of the Central Black Hole // The Astrophysical Journal Letters, 10 April 2019.
11. *John D. Anderson et al.*, Study of the anomalous acceleration of Pioneer 10 and 11 // arXiv:gr-qc/0104064v5 10 Mar 2005, (Dated: 11 April 2002).
12. *Сурдин В.Г.*, Пятая сила // Математическое просвещение, №17, Москва, 2002. URL. https://mccme.ru/free-books/mmmf-lectures/book.17.pdf
13. *Кокурин Ю.Л.*, Лазерная локация Луны. 40 лет исследований // Квантовая электродинамика, 33, №1, 2003. URL. http://www.mathnet.ru/rus/qe2363
14. *Donald P. Schneider et al.*, THE SLOAN DIGITAL SKY SURVEY QUASAR CATALOG. IV. FIFTH DATA RELEASE // The Astrophysical Journal, 134:102 – 117, 2007 July.

15. *Donald P. Schneider et al.*, THE SLOAN DIGITAL SKY SURVEY QUASAR CATALOG. V. SEVENTH DATA RELEASE // The Astrophysical Journal, 139:2360-2373, 2010 June.
16. Isabelle Paris *et al.*, THE SLOAN DIGITAL SKY SURVEY QUASAR CATALOG: FOURTEENTH DATA RELEASE // Astronomy & Astrophysics manuscript no. DR14Q_v1, January 16, 2018.
17. *В.Н. Лукаш, В.А. Рубаков*, Тёмная энергия: мифы и реальность // УФН **178** 267, 2008.
18. *Эйнштейн А.*, Собрание научных трудов // Наука, Москва, 1967, т.4, стр.567.
19. *Бусленко В.Н.*, Автоматизация имитационного моделирования сложных систем // Наука, 1977.
20. *Международный союз чистой и прикладной физики (I.U.P.A.P.)*, Обозначения, единицы измерения и терминология в физике // УФН **129**, 1979.
21. *Сивухин Д.В.*, О международной системе физических величин // УФН **129**, 1979.
22. *Каршенбойм С.Г.*, Фундаментальные физические константы: роль в физике и метрологии и рекомендованные значения // УФН **175**, 2005.
23. *Каршенбойм С.Г.*, Новые рекомендованные значения фундаментальных физических постоянных (КОДАТА 2006) // УФН **178**, 2008.
24. *Хэнш Т.В.*, Страсть к точности (Нобелевская лекция, Стокгольм, 8 декабря 2005 г.) // УФН **176**, 2006.
25. *Каршенбойм С.Г.*, Прогресс в уточнении фундаментальных физических констант: рекомендованные значения КОДАТА 2010 // УФН **183**, 2013.
26. *Williams J.D., Newhall X.X., Dickey J.D.*, Relativity parameters determined from lunar laser ranging // Phys. Rev. D, 53, 6730, 1996.
27. *P.A.M. Dirac*, The Cosmological Constants // Nature, February 20, 1937.
28. *S. PERLMUTTER et al.*, MEASUREMENTS OF Ω AND Λ FROM 42 HIGH-REDSHIFT SUPERNOVAE // arXiv:astro-ph/9812133v1 8 Dec 1998.
29. The Nobel Prize in Physics 2011 // URL. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2011/
30. *А.Д. Чернин,* Тёмная энергия и всемирное антитяготение // УФН **178**, 2008.
31. *Б.П. Шмидт,* Ускоренное расширение Вселенной по наблюдениям далёких сверхновых // УФН **183**, 2013.
32. The Nobel Prize in Physics 2013 // URL. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2013/

33. Наконец-то, открытие // УФН **185**, 2015.
34. *Ф. Энглер*, Механизм БЭХ и его скалярный бозон // УФН **185**, 2015.
35. *П.У. Хиггс*, Как удалось обойти теорему Голдстоуна // УФН **185**, 2015.
36. *А. Зоммерфельд*, О сложении скоростей в теории относительности // УФН **180**, 2010.
37. *Г.И. Копылов*, Всего лишь кинематика // Наука, 1981.
38. *С.Э. Шноль и др.*, О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах // УФН **168**, 1998.
39. *С.Э. Шноль и др.*, Закономерное изменение тонкой структуры статистических распределений как следствие космофизических причин// УФН **170**, 2000.
40. *Симон Шноль*, Космофизические факторы в случайных процессах // URL.http://www.tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/156393
41. *Ганс А. Бете*, Источники энергии звёзд // УФН **96**, 1968.
42. *С. Чандрасекхар*, О звёздах, их эволюции и устойчивости // УФН **145**, 1985.
43. *У.А. Фаулер*, Экспериментальная и теоретическая ядерная астрофизика, поиски происхождения элементов // УФН **145**, 1985.
44. *Р. Дэвис мл.*, Полвека с солнечными нейтрино // УФН **174**, 2004.
45. *М. Кошиба*, Рождение нейтринной астрофизики // УФН **174**, 2004.
46. *Р. Джиаккони*, У истоков рентгеновской астрономии // УФН **174**, 2004.
47. The Nobel Prize in Physics 2015 //
URL. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2015/
48. *И. Иванов*, Нобелевская премия по физике – 2015 // Элементы; URL. http://www.elementy.ru/novosti_nauki/432589/Nobelevskaya_premiya_po_fizike_2015/
49. Supermassive black hole // Wikipedia, 2016;
URL. https://en.wikipedia.org/wiki/Supermassive_black_hole
50. *В.В. Иванов*, Астрофизика звёзд // СПГУ, 2006.
51. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела // Википедия, 2010;
URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма_Герцшпрунга_—_Рассела
52. Солнце // Физика Космоса, 1986; URL. http://www.astronet.ru/db/FK86
53. Zeta Aurigae // Wikipedia, 2016; http://en.wikipedia.org/wiki/Zeta_Aurigae
54. NGC 3603-A1 // Wikipedia, 2016; http://en.wikipedia.org/wiki/NGC_3603-A1
55. UY Scuti // Wikipedia, 2016; https://en.wikipedia.org/wiki/UY_Scuti
56. *O. Schnurr, J. Casoli, A.-N. Chene, A.F.J. Moffat, N. St-Louis*, The very massive binary NGC 3603-A1 // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters **389**: L38. arXiv:0806.2815, 2008.
57. VFTS 352 // Wikipedia, 2016; http://en.wikipedia.org/wiki/VFTS_352

58. Астрономы нашли две “поцеловавшиеся” перед гибелью гигантские звезды // РИА НАУКА, 21.10.2015.
59. *S. Gillessen, F. Eisenhauer, S. Trippe, T. Alexander, R. Genzel, F. Martins and T. Ott*, MONITORING STELLAR ORBITS ARAUND THE MASSIVE BLACK HOLE IN THE GALACTIC CENTER // The Astrophysical Journal, 692: 1075-1109, 2009 February 20.
60. *В.И. Докучаев, Ю.Н. Ерошенко*, Физическая лаборатория в центре Галактики // УФН **185**, 2015.
61. *S. Gillessen et al.*, AN UPDATE ON MONITORING STELLAR ORBITS IN GALACTIC CENTER // arXiv:1611.09144v1, 28 Nov 2016.
62. *Sheperd S. Doeleman et al.*, Event-horizon-scale structure in Supermassive black hole candidate at the Galactic Centre // Bibcode:2008Natur.455…78D, 4 September 2008.
63. *Geoffrey C. Bower et al.*, The Intrinsic Size of Sagittarius A* from 0.35 cm to 6 cm // arXiv:astro-ph/0608004v1 31 Jul 2006.
64. *Geoffrey C. Bower et al.*, Detection of the Intrinsic Size of Sagittarius A* through Closure Amplitude Imaging // arXiv:astro-ph/0404001v1 31 Mar 2004.
65. *Zhi-Qiang Shen et al.*, A size of ~ 1 AU for the radio source Sgr A* at the centre of the Milky Way // arXiv:astro-ph/0512515v2 26 Dec 2005.
66. *C. R. Gwinn, Y. Y. Kovalev, M. D. Johnson and V. A. Soglasnov*, DISCOVERY OF SUBSTRUCTURE IN THE SCATTER-BROADENED IMAGE OF SGR A* // The Astrophysical Journal Letters, 2014 October 10.
67. *Ru-Sen Lu et al.*, DETECTIONOF INTRINSIC SOURCE STRUCTURE AT ~ 3 SCHWARZSCHILD RADII WITH MILIMETER-VLBI OBSERVATIONS OF SAGITTARIUS A* // arXiv:1805.09223v1 [austro-ph.GA] 23 May 2018.
68. Предел Эддингтона // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Предел_Эддингтона
69. Томсоновское рассеяние // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Томсоновское_рассеяние
70. Гравитационное красное смещение // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Гравитационное_красное_смещение
71. Квазар // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Квазар
72. Список квазаров // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_квазаров
73. ULAS J1342+0928 // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/ULAS_J1342%2B0928
74. TON 618 // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/TON_618

75. Список квазаров // Википедия, 2018;
URL. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_quasars
76. SMSS J215728.21-360215.1 // Википедия, 2018;
URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/SMSS_J215728.21-360215.1
77. 3C 48 // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/3C_48
78. 3C 273 // Википедия, 2018; URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/3C_273
79. *Xue-Bing Wu et al*., A very bright *i*=16.44 quasar in the 'redshift desert' discovered by LAMOST // arXiv:1005.5499v1 [astro-ph.CO] 30 May 2010.
80. SDSS J0100+2802 // Wikipedia, 2018;
URL. https://en.wikipedia.org/wiki/SDSS_J0100%2B2802
81. ULAS J1120+0641 // Wikipedia, 2018;
URL. https://en.wikipedia.org/wiki/ULAS_J1120%2B0641
82. Event Horizon Telescope // URL. http://eventhorizontelescope.org/
83. M87 // Википедия, 2018; URL. http://ru.wikipedia.org/wiki/M_87
84. Breakthrough discovery in astronomy: first ever image of black hole // 10.04.2019; URL. https://www.youtube.com/watch?v=Dr20f19czeE (Брюссель)
85. First ever image of black hole // 10.04.2019;
URL. https://www.youtube.com/watch?v=S4jLkHFojgo (Сантьяго)
86. First ever image of black hole // 10.04.2019;
URL. https://www.youtube.com/watch?v=_GsTBTenBZY (Тайбей)
87. First ever image of black hole // 10.04.2019;
URL. https://www.youtube.com/watch?v=_QBQMT5vrJo (Токио)
88. First ever image of black hole // 10.04.2019;
URL. https://www.youtube.com/watch?v=lnJi0Jy692w (Вашингтон)
89. *Richard J. Harms et al*., HST FOR SPECTROSCOPY OF M87: EVIDENCE FOR A DISK OF IONIZED GAS AROUND A MASSIVE BLACK HOLE // The Astrophysical Journal, November 1994.
90. *Jonelle L. Walsh, Aaron J. Barth, Luis C. Ho, Marc Sarzi*, THE M87 BLACK HOLE MASS FROM GAS-DYNAMICAL MODELS OF SPACE TELESCOPE IMAGING SPECTROGRAPH OBSERVATIONS // arXiv:1304.7273v1 [astro-ph.CO] 26 Apr 2013.
91. *П.Б. Иванов* и др., Интерферометрические наблюдения сверхмассивных чёрных дыр в миллиметровом диапазоне // УФН, **189**, май 2019.
92. Большой взрыв // Википедия, 2020;
URL. http://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_взрыв
93. *M. Planck*, Scientific Autobiography and Other Papers // N.Y., 1949, p. 33-34.
94. *T.S. Kuhn*, The Structure of Scientific Revolutions // Chicago, 1962; M., 1975, (Перевод с английского И.З. Налетова).

Иванов Сергей Алексеевич

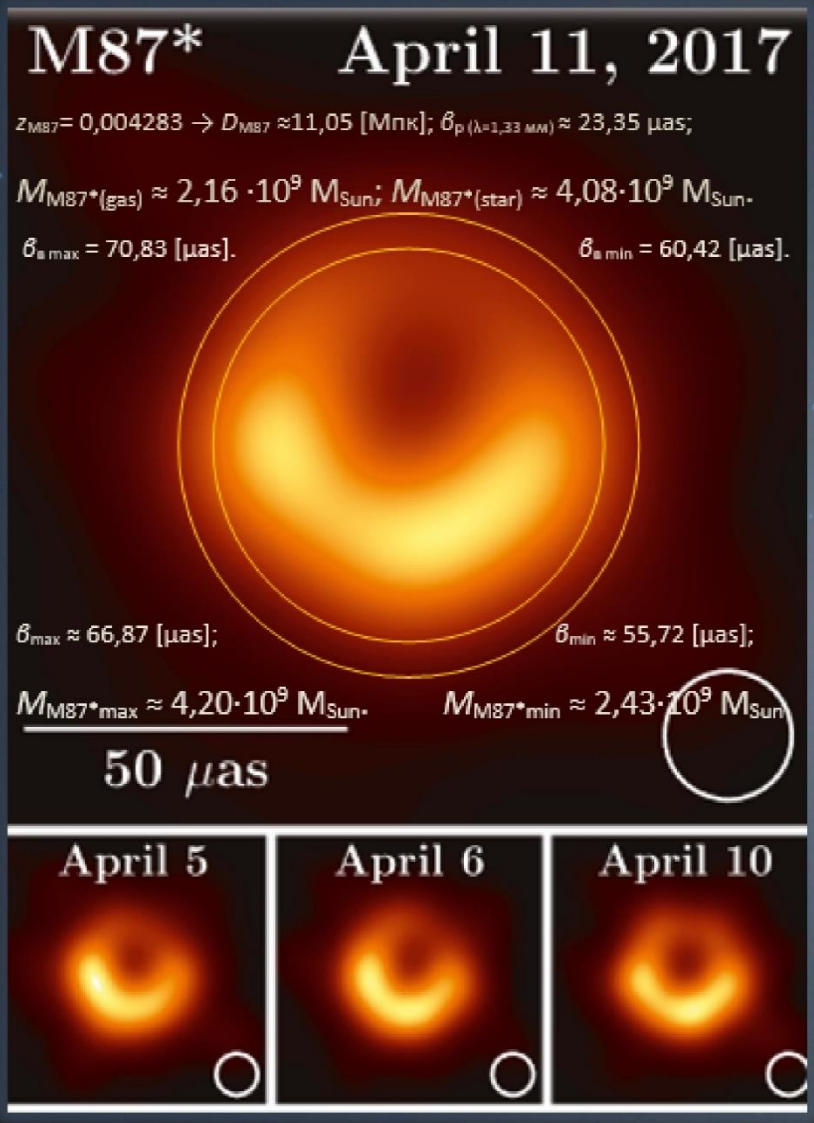
Икраткое взаимодействие

Подписано в печать 13.05.20.
Печать цифровая. Бумага мелованная.
Формат 620×90/8
Усл. печ. л. 75
Гарнитура Time New Roman
Тираж 50 экз. Заказ № 130520-01

Издательство «СИНЭЛ»
Отпечатано в типографии «СИНЭЛ»
194223, г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д. 10

600

Вердикт Й взаимодействия – чёрных дыр во Вселенной нет!



Изображения космического объекта M87*, полученные в ходе обработки результатов его наблюдений в апреле 2017 года [5].

M87* – сверхмассивная звезда со световым источником энергии.

Радиус звезды по результатам наблюдений (апрель 2017 г.):

$$R_{M87*} \approx 66172 \cdot R_{Sun}$$

Масса звезды исходя из наблюдений (апрель 2017 г.):

$$M_{M87*} = \frac{R^3_{M87*}}{k^3_{R_{max}}} \approx 2,43 \cdot 10^9 \cdot M_{Sun}.$$

(хорошо согласуется с газодинамической оценкой массы [90])

Мощность светового источника энергии звезды:

$$L_{\gamma M87*} = И \cdot \frac{(1-\beta_{M87*}) \cdot M^3_{M87*}}{R^4_{M87*}} \approx 1,81 \cdot 10^{12} \cdot L_{Sun}.$$

Мощность излучения звезды:

$$L_{M87*} = \left(1 - \bar{L}_{я M87*}\right) \cdot L_{\gamma M87*} \approx 7,73 \cdot 10^{-5} \cdot L_{\gamma M87*}.$$

Ежегодный прирост массы звезды:

$$\frac{dM_{M87*}}{dt} \cdot t_{год} = \frac{2 \cdot M_{M87*}}{t} \cdot t_{год} \approx 1,40 \cdot 10^{30} \left[\frac{кг}{год}\right].$$

Ежегодный прирост радиуса звезды:

$$\frac{dR_{M87*}}{dt} \cdot t_{год} = \frac{5 \cdot R_{M87*}}{6 \cdot t} \cdot t_{год} \approx 5573 \left[\frac{м}{год}\right].$$

Ёмкость "хранилища" энергии излучения звезды:

$$E_{\gamma M87*} = \frac{3}{2} \cdot (1-\beta_{M87*}) \cdot \frac{G \cdot M^2_{M87*}}{R_{M87*}} \approx 5,1 \cdot 10^{55}\ [Дж] \approx 66 \cdot M_{Sgr\,A*} \cdot c^2.$$

Отношение давления излучения в звезде к её газовому давлению:

$$\frac{1-\beta_{M87*}}{\beta_{M87*}} \approx 7029 \approx 20 \cdot 10^6 \cdot \frac{1-\beta_{Sun}}{\beta_{Sun}}.$$

Йон — наша Вселенная в начале всех начал. Характеристики йона — генóм нашей Вселенной.

Й взаимодействие — информация краткая по творению нашей Вселенной.

ISBN 978-5-6044414-9-7