

Владимир Липунов

ОТ БОЛЬШОГО
ВЗРЫВА
ДО ВЕЛИКОГО
МОЛЧАНИЯ



Издательство АСТ
Москва

УДК 524
ББК 22.632
Л61

Липунов, Владимир Михайлович.

Л61 От Большого Взрыва до Великого Молчания / В.М. Липунов; — Москва : Издательство АСТ, 2018. — 464 с. : — (Лекторий: как устроен мир).

ISBN 978-5-17-109903-9

«Нас не много, тех, кто однажды вышел в степь широкую и увидел на небосклоне Вселенную. Небосвод, будто старинный театральный занавес перед началом спектакля ещё не поднялся и скрывает великую тайну бытия. Мы с тревогой ждём начала этого прекрасного спектакля, яркого, блистающего наполненного фантастическими событиями. Иначе, отчего сквозь продырявленное звёздами бездонное чёрное полотно, оттуда, с той неизведанной, скрытой стороны, прорывается к нам таинственный мерцающий её отблеск»

В. Липунов

Как возникла наша Вселенная? Почему наша Вселенная горячая? Зачем нужны темная энергия и темная материя? Что такое Великое Молчание и почему нам никто не пишет из глубин Вселенной? Вот круг вопросов, по которому движется авторская мысль.

УДК 524
ББК 22.632

ISBN 978-5-17-109903-9

© Оформление.
ООО «Издательство АСТ», 2018

Предисловие

*Посвящается моей жене,
которая малого того, что терпит
мой несносный характер, так ещё подгоняла
последние 3 года к написанию этой книги.*

В. М. Липунов

Банальным штампом популярной литературы по астрономии стало сравнение науки о звёздах с археологией. Дескать, глядя на далёкие звёзды и тем более галактики, из-за конечности скорости света мы видим их такими, какими они были тысячи, миллионы и миллиарды лет назад. Конечно, это столь же верно, сколь и избито. Лейтмотивом настоящей книги станет совсем другая мысль, мысль о том, чему человечество может научиться у Вселенной. А именно как, изучая Вселенную, можно узнать будущее нашей Земли, нашей Солнечной системы, Галактики, самой Вселенной и, наконец, человеческой цивилизации. Ведь именно будущее человека и человечества является самой волнующей загадкой, которая мучает человека с момента осознания им своего **Мы**.

Эта книга написана астрофизиком¹. А астрофизик — это физик с задранной кверху головой. А вверху-то мир, управляемый законами физики, причём всеми извест-

¹ Автор скромничает. Под псевдонимом Владимир Хлумов он написал несколько рассказов, повестей и романов, впрочем, малоизвестных широкой публике и узким литературным кругам.

ными и всеми неизвестными. Поэтому, рассказывая об устройстве Вселенной, мне пришлось использовать сведения из различных областей физики (практически всех): Механики, Теории относительности (специальной и общей), Квантовой механики, Термодинамики, Электродинамики, теории колебаний, Оптики и т. д. Поскольку я старался написать так, чтобы всё было понятно даже школьнику (но, конечно, старших классов), то мне пришлось попутно объяснять и многие физические законы. Делал это я только по необходимости.

Хочу отметить моих коллег, которые не только позволяли мне предаваться моим графоманским слабостям, но и помогали с иллюстративным материалом. В частности, все фотографии были приготовлены Евгением Горбовским. Но кроме того...

Помогал мне велосипедист Петя, который во всей книге путешествует из пункта *А* в пункт *Б*. Петя поспорил с своей девушкой в пункте *А* и отправился в долгое путешествие в пункт *Б*, помогая читателям разобраться с тем переворотом в понимании окружающего мира, который учёные-физики совершили за последние сто лет.

По ходу повествования мне помогал ещё один герой моей книги. Зовут его *Ууффф*. Нет, он не инопланетянин. Это такое мыслимое устройство, помогающее понять сложные вещи, изложенные на простом человеческом языке. Вообще-то *Ууффф*, такой молодящийся старикан, который постоянно ворчит и пыхтит когда работает. У него отвратительный характер, но без него никак не обойтись в популярной книге. Ведь *Ууффф* — это Универсальный упрости́тель физических формул. Вот как упростишь что-нибудь совсем «неподъёмное», тут и радостно вздохнёшь: *Ууффф!*

Глава 1

Вселенная, которой не могло быть

От печки

Итак, глядя вдаль, астрономы видят вчерашнюю Вселенную. Просто это «вчера» тем дальше во времени, чем глубже в пространство заглядывает человек. На самом деле это стало ясно ещё в 1676 году, когда датский астроном Оле Рёмер впервые установил, что скорость света не бесконечна. Он нашел её числовое значение, которое оказалось достаточно близко к современному значению — 300 000 км/с. На рисунке 1 приведена иллюстрация из статьи Рёмера 1676 г. Рёмер наблюдал моменты затмений спутника Юпитера Ио при разных положениях Земли на орбите в точках *F*, *G*, *L*, *K*. Если бы Земля стояла на месте, то затмения спутников Юпитера случались бы строго периодически (с периодом обращения спутника). Однако из-за годичного вращения Земли изменяется расстояние до Юпитера и изменяется время путешествия света по маршруту Юпитер—Земля, поэтому момент затмения спутников тоже изменится. Причём тем больше, чем меньше скорость распространения света.

Мир, который мы видим вокруг нас — это мир, которого уже нет! Правда, в обыденной жизни мы этого не замечаем. За модную ныне наносекунду свет проходит 30 см. Расстояние от Санкт-Петербурга до Москвы свет преодолевает за 2,5 мс — время, не регистрируемое человеческими органами. Например, глаз реагирует на временные интервалы более 0,1 с, за это время свет практически обогнёт всю Землю. Но, например, Луна видна такой, какой она была 1,5 с назад, солнце 8 мин, а ближайшие звёзды — несколько лет назад. Как мы видим, предельная скорость распространения сигналов в нашей Вселенной вполне себе не ахти какая с точки зрения человека. Ведь человек видит простым глазом объекты, до которых он никогда не доберётся.

Но самым удивительным открытием XX в. стало то, что вчерашняя Вселенная отличается от сегодняшней. Как мы увидим, это совершенно нетривиально и никак не связано с открытием Рёмера.

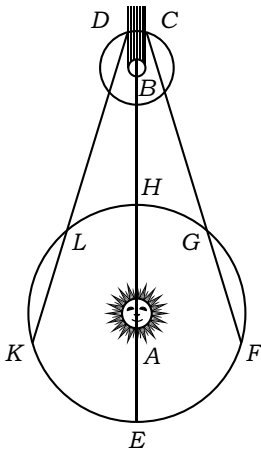


Рис. 1

Действительно, представьте себе, что мы живём в бесконечной (и в пространстве и во времени) Вселенной, не имеющей ни начала, ни конца. Глядя на далёкие объекты, мы должны были бы видеть их примерно такими же, как и в настоящее время. Однако наша Вселенная устроена не так. Сейчас мы уверены, что далёкие галактики нашей Вселенной

действительно другие! Они моложе! На научном языке это означает, что Вселенная эволюционирует. Многие думают, что доказательством эволюции Вселенной является разбегание Галактик, которое обнаружил американский астроном Весто Мелвин Слайфер ещё до начала Первой мировой войны (1913–1914 гг.). Действительно, Слайфер обнаружил, что все далёкие галактики убегают друг от друга, и следовательно наша Вселенная становится всё больше и больше. Но это совсем не так. Представьте себе вечную Вселенную, в которой непрерывно рождаются частицы, например те, из которых построены атомы — протоны и электроны. Для простоты будем считать, что эти частицы при рождении уже объединены в атомы водорода. Пусть гравитационное поле Вселенной обладает таким чуждым свойством, что любые атомы, постоянно появляющиеся из пустоты, тут же начинают разбегаться в разные стороны, оставляя плотность Вселенной неизменной. Вы скажете, что же это за гравитация? Да, не похоже. Скорее это напоминает антигравитацию. Но её нет, сказали бы вы, и я с вами бы согласилась... лет 30 назад. Кстати, компьютерная программа Word, в которой я писал эту книгу, даже сейчас не знает слово «антигравитация»!

Что же увидят жители этой чуждой Вселенной? Они увидят Вселенную, в которой частицы разбегаются в разные стороны с ускорением, а плотность её все время остаётся одной и той же! И как глубоко вы бы не заглядывали — Вселенная там была бы ничуть не более молодой! Такую Вселенную придумал замечательный английский астрофизик Фрэд Хойл в 1948 г. и назвал её стационарной Вселенной. Ровно через

60 лет, в 1998 г., ускоренное расширение Вселенной было открыто экспериментально (Нобелевская премия по физике за 2011 г.)!

Но наблюдения показали, что далёкие галактики оказываются более молодыми, чем нынешние, и это противоречит модели Хойла. Так что наша Вселенная действительно была когда-то моложе, а когда-то её не было вовсе.

Мир, в котором мы живём

Где мы живём? Где ты живешь, дорогой читатель? Выйдя с этим вопросом на людную улицу в каком-нибудь мегаполисе типа Москвы, Рима, Нью-Йорка или Пекина, ты услышишь тысячи разных ответов. И не потому, что у всех разные квартиры, дома и машины, а потому, что у всех разный кругозор. Да, мир одного человека заканчивается забором приусадебного участка, а другого — океанской яхтой. Но ведь не это делает разными их Вселенные. Конечно, Вселенная человека определяется его знаниями. Одна из задач этой книги — расширить ваш мир до размеров в миллиарды световых лет.

Представьте, что на улице Москвы вам случайно встретился астроном, а точнее астрофизик. Что он ответит о своем мире? Вообще-то ответ ещё будет зависеть от того, когда случилась ваша встреча. Например, в начале прошлого века, в году эдак 1905, его мир был бесконечен и во времени, и в пространстве. Через четверть века мир скукожился до одного миллиарда световых лет, а в конце XX в. раздулся в 10 раз. На самом деле, конечно, это не

Вселенная менялась, а менялись наши знания о ней. Что знает астрофизик XXI в. о мире, в котором мы живём?

Прежде всего, наука — это числа. Поэтому важнее всего для учёного описать нашу Вселенную в числах. Но чисел много и даже очень много. Попробуем выделить главные. Одно из чисел, мы уже упомянули — скорость света. Когда Рёмер впервые определил её значение, он и не подозревал, что открывает одну из важнейших физических величин нашего мира — максимальную, универсальную скорость распространения сигнала в нём. Впервые это осознал в том самом 1905 г. Альберт Эйнштейн. Тогда ещё Вселенная была бесконечна и безгранична, но в ней поселилась некая сущность, даже я бы сказал некий запрет — Вселенная попала под иго тоталитаризма, если не сказать хуже — авторитаризма. Как же так, воскликнет образованный читатель, ведь Альберт Эйнштейн в 1905 г. создал специальную теорию относительности! Теорию релятивизма! Теорию равноправия и равноценности так называемых физических наблюдателей. Он дал каждому свою систему отсчёта и сказал: вы все равны! Куда ж демократичнее?! Но, я вам скажу, что сам Эйнштейн называл свою теорию — теорией абсолюта. Ведь до него любое тело, в том числе и тело либерала, могло двигаться с любой скоростью, и никакого ему дела до скорости световых сигналов Рёмера не было! Даже в теории электромагнитного поля Максвелла уже содержалась идея постоянства скорости света. Но только скорости света! Скорости распространения колебаний электромагнитного поля.

Что же нового сказал Эйнштейн в своей знаменитой статье «К электродинамике движущихся тел» 1905 г. Здесь впервые проявилось замечательное качество Эйнштейна — увидеть в известном нечто большее, а иногда и просто великое. Он предположил, что пространство и время связаны неким абсолютом.

Так вот Эйнштейн постулировал, что скорость света не только не зависит от системы отсчёта, но и является максимально возможной скоростью передачи любого материального объекта в нашем Мире. А свет — это только один из возможных переносчиков материальной энергии. Причём же здесь пространство и время, или как мы после 1905 г. пишем через дефис: пространство-время? Так ведь скорость — это пройденный светом в пространстве путь, делённый на затраченное время. Если их отношение неизменно, то получается, что числитель и знаменатель этой дроби связаны друг с другом намертво. Я написал, что Эйнштейн «постулировал» постоянство скорости света. Некоторые из нас ещё из школьной программы помнят, что в математике есть понятие постулата — недоказуемого, неоспоримого, фактически принятого «на веру» утверждения. Например, в геометрии Эвклида в качестве постулата выдвигается пятый постулат о параллельных прямых: через точку вне данной прямой проходит одна и только одна прямая, не пересекающаяся с данной. (*«Да, удачный пример. Ничего не скажешь — взять постулат, который Лобачевский опроверг!» — Ууффф²»). Оказывается, это-*

² Здесь впервые появляется Ууффф. Читатель поначалу может не обращать на него внимания. Но я не могу его изгнать из повествования. Ведь это он сам внезапно появляется со своими едкими замечаниями, как чёрт и табакерки.

го постулата достаточно, чтобы доказать утверждение, что сумма углов треугольника равна 180 градусам. Это утверждение, уже будет называться теоремой. Теорема вещь хорошая, она понятна, её можно объяснить. Постулат объяснить нельзя. Но неожиданным является тот факт, что постулат и теорема могут меняться местами! Например, для построения геометрии Эвклида можно положить в качестве постулата утверждение о равенстве сумм углов любых треугольников. А уже из него доказать теорему о параллельных прямых и все другие теоремы.

Физика похожа на математику, поскольку физики пишут математические формулы. Здесь тоже можно менять местами некоторые постулаты и теоремы. Например, в специальной теории относительности можно постулировать постоянство скорости света, а можно постулировать совсем другое утверждение, которое, по моему мнению, более понятно. Хотя сам Эйнштейн, рассказывая о том, как он пришёл к идее постоянства скорости света, приводил следующий мысленный эксперимент. Представьте себе, что вы погнались за светом и догоняете его, как обычного велосипедиста. Но ведь свет — это колебания электромагнитного поля. Однако если вы догнали фотон, то никаких колебаний не будет и фотон пропадёт! Значит, свет догнать нельзя, подумал Эйнштейн, а мы можем только удивиться, откуда он мог знать в 1905 г. о том, что рождение и исчезновение элементарных частиц не зависит от того движется наблюдатель или покоится!

До Эйнштейна всякие физические явления разгрызались в трёхмерном пространстве. Например, из пункта *A* в пункт *B* выехал велосипедист Петя. Пусть

ради объективности, в пункте *A* осталась Маша, потому что Петя и Маша поссорились. Пусть Петя едет, а мы пока посмотрим с Машей на эти пункты внимательнее. В классической физике считалось, что расстояние между ними (отрезок *AB*) не зависит от того, едет Петя на велосипеде или стоит рядом, например, подкачивая сдутую шину. Другое дело в теории относительности. Там нет никаких пунктов *A* и *B*, пусть хоть они — Москва и Петербург. Вернее пункты все-таки есть, но есть они не в пространстве, а в пространстве-времени. Добавим к трем осям: высота, длина, ширина, четвертую — время! Для нашего мысленного эксперимента удобно одну из осей пустить вдоль дороги, которая пусть будет совершенно прямая, ведь это мысленная дорога. Все, кто хранит зимой велосипеды, подвешивая их на стены, знают, двухколесный велосипед — вещь плоская, да и Петя не толстяк, поэтому от ширины и высоты можно избавиться. Так у нас останется только два измерения — длина пути и время в дороге. Время — часть геометрии пространства-времени. Но время не совсем пространство — оно в чем-то другое, его не отгородишь забором, и не обойдешь на яхте. Чтобы сделать время похожим на пространство, давайте умножим время t на скорость света — длина ct , которую можно измерять в сантиметрах, метрах, а ещё удобно использовать астрономические единицы — световое расстояние. Например, время 1 год, соответствует длине 1 световой год (примерно 10^{18} см), 1 ч — один световой час, 1 с — одна световая секунда и т. д. Теперь можно складывать сантиметры и секунды, предварительно умножив последние на скорость света. А вот и нельзя! Ведь

что такое пространство? В пространство можно ступить ногой, можно в нем побегать туда-сюда, можно там потерять кошелек или кредитную карточку, потом вернуться и поискать (*«Под фонарём» — Ууфф*), в общем, пространство вещь полезная и удобная. Но вот время совсем другое и в него так просто не вернёшься.

Время — мнимое пространство?

Во-первых, времени всегда не хватает. Во-вторых, время — это мнимое пространство. А что значит слово мнимое? Слово «мнимое» дословно означает мыслимое, придуманное, воображаемое. Согласитесь, звучит довольно размыто. Ведь мы говорим о физическом времени, о времени, которое можно измерить. И здесь на помощь приходит язык математики. Да, да, именно язык. Ведь математические формулы, это суть некие высказывания, т. е. просто предложения, записанные к тому же с помощью своеобразных иероглифов — математических символов. Но в отличие от обычных высказываний, математические высказывания всегда подчинены строгой, её называют формальной, логике. Конечно, и математическое высказывание может быть верным или ошибочным. Иногда математики говорят истинными или не истинными высказываниями. Вы скажете, что и наши разговорные высказывания то же бывают правдивыми и ложными. Да, но отличие наших высказываний от математических состоит в том, что установить правдивость обычных высказываний практически невозможно или очень трудно. Вспомните, напри-

мер, судебные процессы. А ведь в них используется наиболее строгий вариант логики обыденного языка, опирающегося на строгие, правда придуманные человеком, законы. А, тем не менее, мы часто видим, как осуждают невиновного и наоборот оправдывают преступника. В математике установление истины гораздо более строгое дело. Правда, истина эта будет математическая. Физика дает много послаблений, физика, например, не рассматривает математические модели, противоречащие устройству нашего мира. Учёному-физику важно понять физический смысл происходящего. А математика для физика — это часто костыли, которые помогают ходить в дебрях нового и неизвестного. Костыли, конечно, звучит немного грубо, но в сущности это часто так. Конечно, есть разные учёные-физики. Я встречал учёных с абсолютно гениальной интуицией, которые могли, не решая математических уравнений, предсказать ответ сложной задачи просто пользуясь своим ясным пониманием физических процессов. Один из ярчайших физиков такого склада ума в XX в. был мой учитель академик Яков Борисович Зельдович — физик-универсал — один из создателей атомного оружия в СССР и целого научного направления релятивистской астрофизики. Встречал и других людей, так называемого математического склада ума, которые умели великолепно решать математические уравнения, но никогда не могли на пальцах объяснить получаемый ответ. Помню, как на докладе в Москве выступал нобелевский лауреат — американский астрофизик индийского происхождения — Субраманьян Чандрасекар. Дело происходило на семинаре

Зельдовича³. Чандрасекар рассказывал об одной работе по математической теории чёрных дыр. Речь шла, кажется, о гравитационно-волновом излучении вращающейся несимметричной чёрной дырой. Доклад Чандрасекара выглядел очень сухо, как это обычно бывает на семинаре по математической теории гравитации. Надо было видеть ЯБ⁴ (он в свое время решал подобную задачу, но для электромагнитных волн), который на правах ведущего пытался все время вставить свое понимание происходящего, но долго терпел — поскольку время у докладчика отбирал ещё перевод с английского. И наконец, после аплодисментов, ЯБ выскочил к доске (знаменитая вращающаяся доска ГАИШ из натуральной черной кожи, с двумя предательскими ручками — одна чтобы вращать доску, другая — чтобы опускать белый экран для показа слайдов⁵). Так вот ЯБ лихорадочно путая штурвалы, нашел место какое-то на доске и очень быстро написал пару

³ Знаменитый ОАС — Объединенный астрофизический семинар. Одно время мне — тогда аспиранту — посчастливилось быть его секретарем. Это была небезопасная должность. Каждые две недели мне приходилось рассылать более сотни конвертов по всем московским институтам, имеющим отношение к релятивистской астрофизике и космологии. Конверты заклеивались канцелярским клеем, который приходилось смачивать языком. После сотни заклеенных конвертов можно было не думать о завтраке.

⁴ ЯБ — так за глаза звали Зельдовича его ученики.

⁵ Предательская конструкция этой доски постоянно ставила в тупик докладчиков, которые то и дело путали ручки и вместо того, чтобы вернуть какую-то важную формулу, сверху на докладчика съезжал (иногда под смех зала) белый матерчатый экран, закрывая доску с формулами. Среди таких мучеников попадались и нобелевские лауреаты как Андрей Дмитриевич Сахаров и Виталий Лазаревич Гинзбург и другие, всемирно известные учёные.