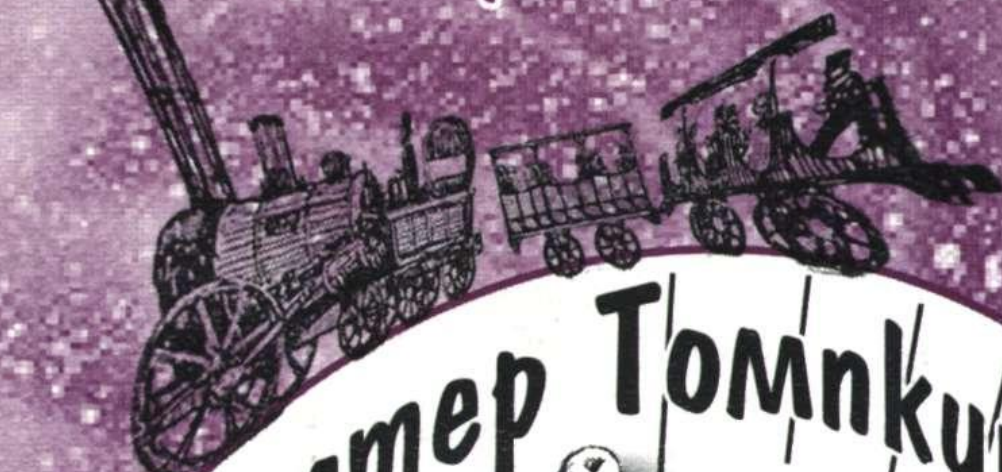


Георгий ГАМОВ



Мистер Томпкинс



в Стране Чудес,

или истории о

с, Г и н

Искривление  
пространства  
Теория  
относительности



Пульсирующая  
Вселенная



УРСС



**ГАМОВ ГЕОРГИЙ АНТОНОВИЧ**

**(1904 – 1968)**

Георгий ГАМОВ

Мистер Томпкинс



В Стране Чудес,

*или истории о*

**с, Г и н**

**George Gamow**

**Mr. Tompkins in Wonderland,  
or Stories of  
c, G and h**

Георгий ГАМОВ

Мистер Томпкинс



в Стране Чудес,

*или истории о*

*с, Г и h*

Издание второе, исправленное

Перевод с английского

*Ю. А. Данилова*



УРСС

Москва • 2003



**Гамов Георгий**

**Мистер Томпкинс в Стране Чудес, или истории о  $c$ ,  $G$  и  $h$ :** Пер. с англ. Изд. 2-е, испр. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 128 с.

ISBN 5-354-00356-3

Эту книгу написал выдающийся физик и популяризатор науки Георгий Антонович Гамов (1904–1968). Ее идея выросла из короткого, фантастического с точки зрения науки рассказа, в котором автор предпринял попытку объяснить доступно для неспециалиста основные идеи теории искривленного пространства и расширяющейся Вселенной. По его мнению, для этого нужно было сильно увеличить масштабы реально существующих релятивистских явлений и тем самым сделать их легко наблюдаемыми для героя — мистера Томпкинса, скромного банковского служащего, интересующегося современной наукой.

Книга предназначена для школьников, студентов и всех, кто интересуется современными научными представлениями.


*Иллюстрации автора и Джона Хукхэма*

Издательство «Едиториал УРСС». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9.

Лицензия ИД № 05175 от 25.06.2001 г. Подписано к печати 30.04.2003 г.

Формат 60×90/16. Тираж 2000 экз. Печ. л. 8. Зак. № 3-961/188.

Отпечатано в типографии ООО «Рохос». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9.

	<b>ИЗДАТЕЛЬСТВО</b>	<b>УРСС</b>
	НАУЧНОЙ И УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	
	E-mail: URSS@URSS.ru	
	Каталог изданий	
	в Internet: <a href="http://URSS.ru">http://URSS.ru</a>	
Тел./факс: 7 (095) 135-44-23		
Тел./факс: 7 (095) 135-42-46		

ISBN 5-354-00356-3

© Перевод с английского:  
Ю. А. Данилов, 1999, 2003  
© Едиториал УРСС, 2003

---

# Оглавление

---

<b>Предисловие к третьему русскому изданию</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>Введение</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>Глава 1</b> <b>Ограничение скорости</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>Глава 2</b> <b>Лекция профессора о теории относительности, на которой заснул мистер Томпкинс</b> . . . . .	<b>27</b>
<b>Глава 3</b> <b>Мистер Томпкинс берет отпуск</b> . . . . .	<b>45</b>
<b>Глава 4</b> <b>Лекция профессора об искривленном пространстве, гравитации и Вселенной</b> . . . . .	<b>67</b>

## Оглавление

---

### **Глава 5**

**Пульсирующая Вселенная . . . . . 87**

### **Глава 6**

**Космическая опера . . . . . 105**



---

## Предисловие к третьему русскому изданию

---

Мировая научно-популярная литература знает немало шедевров, принадлежащих перу выдающихся деятелей науки. Вспомним хотя бы «Историю свечи» М. Фарадея, «Жизнь растения» К. А. Тимирязева, фантастику Д. Габера, «Воспоминания о камне» А. Е. Ферсмана, «Апологию математика» Г. Харди, «В дебрях Центральной Азии» В. А. Обручева (список без особого труда можно было бы продолжить).

Трилогия Г. А. Гамова о мистере Томпкинсе остается заметным явлением даже в окружении самых замечательных произведений научно-популярного жанра. Для изложения лишенных наглядности понятий современной физики, возникших и развитых в XX в. и зачастую противоречащих интуиции, основанной на повседневном опыте, Г. А. Гамов нашел оригинальный прием: его «сквозной» герой банковский клерк мистер Томпкинс с огромным инте-

## Предисловие к третьему русскому изданию

ресом и энтузиазмом пытается разобраться в достижениях современной науки, но от усталости после напряженного рабочего дня или под влиянием каких-то расслабляющих обстоятельств засыпает, продолжая во сне постигать трудные для понимания научные истины в яркой образной форме.

В 1994 г. перевод первых двух частей трилогии Георгия Гамова о приключениях мистера Томпкинса был удостоен Литературной премии имени Александра Беляева.

*Ю. А. Данилов,*  
лауреат Беляевской премии

*Моему другу и издателю  
Рональду Мэнсбриджу*

## Предисловие

Зимой 1938 года я написал короткий фантастический с точки зрения науки (но не научно-фантастический) рассказ, в котором предпринял попытку объяснить доступно для неспециалиста основные идеи теории искривленного пространства и расширяющейся Вселенной. Я решил, что для этого лучше всего сильно увеличить масштабы реально существующих релятивистских явлений и тем самым сделать их легко наблюдаемыми для героя моего рассказа — некоего Ц. Г. Х. Томпкинса<sup>1</sup>, скромного банковского служащего, интересующегося современной наукой.

Рукопись я отослал в редакцию журнала «Harper's Magazine» и, как и все начинающие авторы, в скором времени получил ее обратно вместе с уведомлением об отказе. Попробовал было послать рукопись в редакции полдюжины других журналов — результат оказался таким же. Тогда я засунул рукопись в ящик своего письменного стола и забыл о ней.

Летом того же года мне довелось побывать на международном конгрессе по теоретической физике, происходившем в Варшаве под эгидой Лиги Наций. Как-то раз я разговорился там за стаканом превосходного потьского меда с моим давним приятелем сэром Чарлзом Дарвином, внуком того самого Чарлза Дарвина (автора «Происхождения видов»). Речь зашла о популяризации науки. Я поведал Дарвину о постигшей меня неудаче на поприще популяризации, и тот посоветовал мне в ответ:

— Знаете, что я вам скажу, Гамов? По возвращении в Соединенные Штаты разыщите свою рукопись и пошлите ее доктору Чарлзу Сноу. Он сейчас редактирует научно-популярный журнал «Discovery», выпускаемый издательством Кембриджского университета.

Так я и поступил. А через неделю пришла телеграмма от Сноу. В ней значилось: «Ваша статья будет опубликована в следующем номере. Присылайте еще». Вскоре в выпусках журнала «Discovery» одна за другой появились повести о мистере Томпкинсе, в которых популярно излагались теория относительности и квантовая механика. А затем я получил письмо от издательства Кембриджского университета, в котором мне предлагалось, дополнив уже вышедшие статьи несколькими новыми для большего объема, опубликовать повести о мистере Томпкинсе в виде отдельной книжки. Эта книжка под названием «Мистер Томпкинс в Стране Чудес» вышла в издательстве Кембриджского университета в 1940 г. и с тех пор выдержала 16 изданий. За первой книжкой последовало продолжение — «Мистер Томпкинс исследует атом». Вторая книжка вышла впервые в 1944 г. и с тех пор успела выдержать 10 изданий. Обе книжки были переведены на все европейские языки (кроме русского), а также — на китайский и хинди.

---

<sup>1</sup> Инициалы мистера Томпкинса (в английском оригинале) C. G. H. Tompkins обязаны своим происхождением трем фундаментальным физическим константам: скорости света  $c$ , гравитационной постоянной  $G$  и квантовой постоянной Планка  $h$ . Чтобы эти константы стали заметны человеку с улицы, их необходимо во много раз увеличить.

Недавно издательство Кембриджского университета решило выпустить обе книжки под одной обложкой и обратилось ко мне с просьбой обновить устаревший материал и добавить несколько историй о событиях, которые произошли в физике и смежных областях науки со времени выхода первых изданий моих повестей. Так, мне пришлось добавить истории о делении и синтезе ядер, стационарной Вселенной и увлекательных проблемах физики элементарных частиц. Весь материал вместе составил содержание этой книги.

Не могу не сказать несколько слов об иллюстрациях. Все иллюстрации к моим статьям, опубликованным в журнале «Discovery», и к первой книжке были выполнены художником Джоном Хукхэмом, наделившим Мистера Томпкинса определенными портретными чертами. Когда я написал вторую книжку, мистер Хукхэм удалился от дел и мне пришлось самому проиллюстрировать книжку в духе Хукхэма. Новые иллюстрации к предлагаемой читателю книге также выполнены мной. Стихи и песенки написаны моей женой Барбарой.

*Георгий Гамов*

*Университет Колорадо, Боулдер, штат Колорадо, США*

*Моему другу и издателю Рональду Мэнсбриджу*

## **Введение**

С детства мы привыкаем к окружающему миру, каким он воспринимается нашими пятью чувствами; именно в детстве у нас формируются фундаментальные представления о пространстве, времени и движении. Наш разум вскоре настолько осваивается с этими понятиями, что впоследствии мы склонны считать единственно возможным наше основанное на них представление о внешнем мире и любая мысль об изменении этих понятий кажется нам парадоксальной. Однако развитие точных физических методов наблюдения и более глубокий анализ наблюдаемых соотношений привели современную науку к вполне определенному выводу о том, что ее «классические» основы оказываются совершенно несостоятельными, когда их пытаются применить к подробному описанию явлений, обычно недоступных наблюдениям, и что для правильного и непротиворечивого описания нашего тонченного опыта совершенно необходимо внесение некоторых изменений в фундаментальные понятия — пространство, время и движение.

Вместе с тем расхождения между понятиями, основанными на обыденном здравом смысле, и понятиями, введенными современной физикой, пренебрежимо малы, пока речь идет о нашем повседневном житейском опыте. Но стоит лишь нам вообразить иные миры, в которых действуют такие же физические законы, как в нашем собственном мире, но с другими числовыми значениями физических констант, устанавливающих пределы применимости старых понятий, как новые (правильные) представления о пространстве, времени и движении, к которым современная наука пришла в результате долгих и кропотливых исследований, становятся достоянием обычного здравого смысла. Можно утверждать, что в таких мирах даже первобытный дикарь был бы знаком с принципами теории относительности и использовал бы их на охоте и для удовлетворения других повседневных потребностей.

Герой историй, с которыми вы познакомитесь в этой книге, переносится во сне в несколько таких миров, где явления, обычно недоступные нашим чувствам, усиливаются до такой степени, что их можно наблюдать как события повседневной жизни. В фантастических, но вполне реальных («правильных») с научной точки зрения снах нашему герою помогает старый профессор физики (на дочери которого по имени Мод наш герой в конце концов женится), просто и доходчиво объясняющий необычные явления, наблюдаемые героем в мире теории относительности, космологии, квантовой механики, атомной и ядерной физики, теории элементарных частиц и т. д.

Надеемся, что необычные путешествия мистера Томпкинса помогут интересующемуся читателю составить более ясное представление о том реальном физическом мире, в котором мы живем.

## **Глава 1**

### **Ограничение скорости**



*Вся эта голливудская дребедень!*

В тот день все банки были закрыты — выходной, и мистер Томпкинс, скромный служащий солидного городского банка, встал позже обычного и не спеша позавтракал. Пора было позаботиться о досуге, и мистер Томпкинс решил, что было бы неплохо сходить на дневной сеанс в кино. Развернув утреннюю газету на той полосе, где публиковалась информация о развлечениях, он углубился в изучение репертуара кинотеатров. Ни один из рекламируемых фильмов не показался мистеру Томпкинсу достаточно привлекательным. Он терпеть не мог всю эту голливудскую дребедень с нескончаемыми любовными историями, разыгрываемыми популярными кинозвездами. Вот если бы нашелся хотя бы один фильм с сюжетом, заимствованным из реальной жизни, быть может, с примесью чего-нибудь необычного или даже фантастического! Но таких фильмов — увы! — не было. Неожиданно внимание мистера Томпкинса привлекло небольшое объявление в



самом углу газетной полосы. Местный университет доводил до сведения всех желающих, что в его помещении будет прочитан цикл лекций по проблемам современной физики. Ближайшая лекция состоится сегодня вечером и будет посвящена теории относительности Эйнштейна. Вот это стоящее дело! Мистеру Томпкинсу частенько приходилось слышать, что во всем мире едва ли дюжина людей по-настоящему понимают теорию Эйнштейна! А что если он, мистер Томпкинс, станет тринадцатым? Ясное дело: он непременно отправится на лекцию. Это как раз то, что ему нужно! Когда мистер Томпкинс вошел в большую университетскую аудиторию, лекция уже началась. Все помещение было битком набито студентами (в основном это были молодые люди), с неподдельным интересом внимавшими высокому седобородому человеку у доски, который пытался объяснить аудитории основные идеи теории относительности. Из слов лектора мистер Томпкинс понял только, что основной пункт теории Эйнштейна — существование максимальной скорости — скорости света, которую не может превзойти ни одно движущееся материальное тело, и что это обстоятельство приводит к весьма странным и необычным следствиям. Правда, профессор заметил, что, поскольку скорость света составляет 300000 километров в секунду, релятивистские (т.е. связанные с теорией относительности) эффекты едва ли могут наблюдаться в явлениях повседневной жизни. Что же касается природы этих необычных эффектов, то понять ее было несравненно труднее, и мистеру Томпкинсу показалось, что все, о чем говорит лектор, противоречило здравому смыслу. Он попытался мысленно представить себе сокращение измерительных стержней и странное поведение часов — эффекты, которых следовало бы ожидать при движении со скоростью, близкой к скорости света, но тут голова его медленно склонилась на плечо.

Когда мистер Томпкинс снова открыл глаза, он обнаружил, что сидит не на скамье в университетской аудитории, а на скамейках, установленных городскими властями для удобства пассажиров, ожидающих автобус. Кругом простирался красивый старинный городок со средневековыми зданиями колледжей, выстроившимися вдоль улицы. Мистер Томпкинс заподозрил было, что видит все это во сне, но к его удивлению ничего необычного вокруг не происходило, даже полисмен, стоявший на противоположном углу, выглядел так, как обычно выглядят полисмены. Стрелки больших часов на башне в конце улицы показывали пять часов, и улицы были почти пустынными. Одинокий велосипедист показался вдали и стал медленно приближаться. Когда он подъехал поближе, мистер Томпкинс вытаращил глаза от изумления: и велосипед, и восседавший на нем молодой человек были невероятно сокращены в направлении движения, как будто их рассматривали через цилиндрическую линзу. Часы на башне пробили пять, и велосипедист, по-видимому, куда-то спешивший, приналег на педали. Мистер Томпкинс не заметил, чтобы скорость от этого прибавилась, но усилия велосипедиста не прошли бесследно: он сократился еще сильнее и отправился дальше, в точности напоминая картинку, вырезанную из картона. Тут мистер Томпкинс ощутил необычный прилив гордости, ибо ему было совершенно ясно, что происходило с велосипедистом — это было не

что иное, как сокращение движущихся тел в направлении движения, о котором только что рассказывал лектор.

— Должно быть, естественная предельная скорость здесь поменьше, чем у нас, — подумал мистер Томпкинс, — поэтому полицейский на углу выглядит таким ленивым: ему не нужно следить, чтобы никто не нарушал ограничений на скорость.

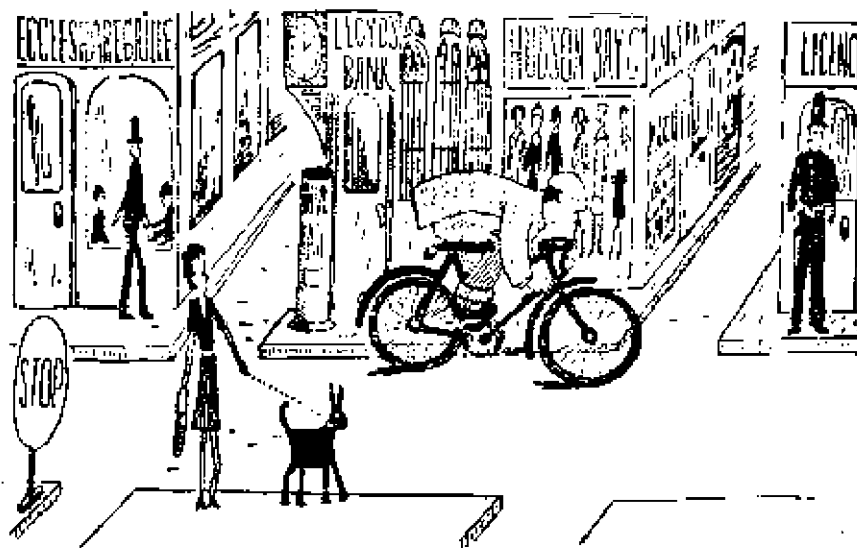


*Велосипед и молодой человек, восседавший на нем, были сильно сокращены в направлении движения*

Действительно, появившееся на улице такси производило грохот и скрежет, способные разбудить и мертвого, но продвигалось не намного быстрее, чем велосипедист, и, если сказать честно, ползло еле-еле. Мистер Томпкинс решил догнать велосипедиста, который на вид был симпатичным малым, и расспросить его обо всем. Убедившись, что полисмен отвернулся и смотрит в другую сторону, мистер Томпкинс воспользовался чьим-то велосипедом, стоявшим у края тротуара, и

помчался по улице. Он ожидал, что сразу же сократится в направлении движения и даже был очень рад этому, так как начавшая расползаться за последнее время фигура причиняла ему некоторые неприятности. Но к величайшему удивлению мистера Томпкина ни с ним самим, ни с велосипедом ничего не произошло. Сократились улицы, витрины лавок и магазинов превратились в узкие щели, а полисмен на углу стал самым тощим человеком, которого приходилось когда-нибудь видеть мистеру Томпкину.

— Клянусь Юпитером, — радостно воскликнул мистер Томпкинс, — я, кажется, понял, в чем дело! Вот где появляется словечко «относительность». Все, что движется относительно меня, кажется мне сокращенным, кто бы ни крутил педали!



### *Городские кварталы становились все короче*

Мистер Томпкинс был неплохим велосипедистом и изо всех сил старался догнать молодого человека. Однако он обнаружил, что развить приличную скорость на угнанном им велосипеде совсем нелегко. Хотя мистер Томпкинс крутил педали что было сил, скорость от этого прибавлялась едва заметно. Ноги у него уже начало сводить от напряжения, а ему никак не удавалось миновать фонарный столб на углу быстрее, чем когда он только пустился в путь. Казалось, все его усилия ехать быстрее тщетны. Теперь он отлично понял, почему велосипедист и встретившееся ему только что такси ползли с такой черепашьей скоростью. Вспомнились ему и слова профессора о том, что ни одно движущееся тело не может превзойти предельную скорость — скорость света. Правда, мистер Томпкинс заметил, что городские кварталы сокращались все больше и до ехавшего впереди велосипедиста теперь казалось не так далеко. У второго поворота мистеру Томпкину удалось догнать велосипедиста и в тот самый момент, когда они поровнялись, ехали рядом, мистер Томпкинс, взглянув на того, к своему удивлению увидел, что перед ним обычный молодой человек спортивного вида.

— Должно быть, это от того, что мы не движемся друг относительно друга,

— подумал мистер Томпкинс и обратился к молодому человеку:

— Прошу прощения, сэр! — сказал он. — Не находите ли вы, что жизнь в городе со столь низкой предельной скоростью сопряжена с некоторыми неудобствами?

— О какой предельной скорости вы говорите? — с недоумением спросил молодой человек. — У нас в городе нет никаких ограничений на скорость. Я могу ехать где угодно и куда угодно с любой скоростью, какая мне только заблагорассудится или по крайней мере с какой мог бы двигаться, будь у меня мотоцикл, а не эта допотопная развалина, из которой, как ни старайся, приличной скорости не выжмешь!

— Но когда вы недавно проезжали мимо меня, — продолжал мистер Томпкинс,

— то тащились еле-еле. Я обратил на это внимание.

— В самом деле? — молодой человек был явно задет подобным замечанием. — В таком случае вы, вероятно, заметили, что впервые обратились ко мне, когда мы были отсюда в пяти кварталах. Для вас это недостаточно быстро?

— Но с тех пор улицы значительно сократились, — продолжал настаивать мистер Томпкинс.

— А какая разница, движемся ли мы быстрее или улица становится короче? Мне нужно проехать десять кварталов, чтобы попасть на почту, и если я буду прилежнее крутить педали, то кварталы станут короче и я быстрее попаду на почту. Впрочем, вот мы и доехали.

С этими словами молодой человек соскочил с велосипеда.

Мистер Томпкинс взглянул на часы на здании почты: они показывали полшестого.

— Вот видите, — заметил он торжествуя, — чтобы проехать каких-нибудь десять кварталов, вам понадобилось полчаса. Ведь когда я впервые увидел вас, было ровно пять!

— И вы почувствовали, что прошло полчаса? — спросил его собеседник. Мистеру Томпкинсу пришлось признать, что по его ощущениям прошло всего несколько минут. Кроме того, взглянув на свои ручные часы, он увидел, что они показывают только пять минут шестого.

— О! — только и смог вымолвить он. — Часы на здании почты спешат?

— Разумеется, спешат или — ваши часы отстают, потому что вы двигаетесь слишком быстро. Да что с вами в самом деле? Вы что, с Луны свалились? — и молодой человек вошел в здание почты.

После этого разговора мистер Томпкинс пожалел, что рядом нет старого профессора, который бы объяснил ему эти странные события. Молодой человек, по-видимому, был местным жителем и привык к такому состоянию вещей прежде, чем научился

ходить. Мистеру Томпкинсу не оставалось ничего другого, как самому приняться за исследование окружавшего его странного мира. Он поставил свои часы по часам на здании почты и, чтобы убедиться в том, что его часы идут правильно, выждал минут десять. Его ручные часы не отставали. Продолжив свое путешествие по улице, мистер Томпкинс, наконец, добрался до вокзала и решил снова сверить свои часы. К его удивлению, часы снова немного отстали.

— Должно быть, это также какой-то релятивистский эффект, — решил мистер Томпкинс и подумал, что было бы недурно расспросить об этом кого-нибудь поумнее юного велосипедиста.

Удобный случай представился очень скоро. Джентльмен, на вид лет сорока, сошел с поезда и направился к выходу. Его встречала леди весьма преклонного возраста, которая, к удивлению мистера Томпкинса, называла его не иначе, как «мой дорогой дедушка». Для мистера Томпкинса это было уже чересчур. Под предлогом помочь поднести вещи он вмешался в разговор.

— Прошу извинить меня за то, что вмешиваюсь в ваши семейные дела, — начал он, — но действительно ли вы приходитеесь дедушкой этой милой пожилой леди? Видите ли, я в этих местах человек новый и не знаю местных обычаев, но мне никогда не доводилось...

— Понимаю ваше затруднение, — улыбнулся в усы джентльмен. — Должно быть, вы принимаете меня за Вечного Жида или кого-нибудь в том же духе. Но в действительности все обстоит очень просто. Моя профессия вынуждает меня много ездить, и большую часть своей жизни я провожу в поезде и поэтому, естественно, старею гораздо медленнее, чем мои родственники, проживающие в городе. Я так рад, что сумел вернуться вовремя и застал еще в живых мою любимую внучку! Но прошу меня извинить, мне нужно проводить ее до такси, — и джентльмен поспешил прочь, оставив мистера Томпкинса один на один с его проблемами. Пара бутербродов из вокзального буфета несколько подкрепили его умственные способности, и он зашел в своих рассуждениях так далеко, что заявил, будто ему удалось обнаружить противоречие в знаменитом принципе относительности.

— Если бы все было относительно, — размышлял он, отхлебывая кофе, — то путешественник казался бы своим оседлым родственникам очень старым, а они в свою очередь казались бы очень старыми ему, хотя в действительности обе стороны были бы достаточно молодыми. Но то, что я утверждаю теперь, кажется совершеннейшей чепухой: ни у кого не может быть «относительно седых волос!»

Тут мистер Томпкинс решил предпринять последнюю попытку разобраться в том, как обстоит дело в действительности, и обратился к человеку в железнодорожной форме, одиноко сидевшему в буфете.

— Не будете ли вы так любезны, — начал он, — не будете ли вы так добры сказать, кто виноват в том, что пассажиры в поезде стареют гораздо медленнее тех людей, которые остаются дома?

— Во всем виноват я, сэ, — очень спокойно ответил незнакомец.

— О! — воскликнул мистер Томпкинс. — Так вам удалось разрешить проблему философского камня, над которой в старину столько бились алхимики. Должно быть, вы очень знамениты в медицинском мире. Вы возглавляете где-нибудь кафедру?

— Нет, — ответил незнакомец, необычайно удивленный тем, что сказал мистер Томпкинс. — Я тормозной кондуктор и в мои обязанности входит вовремя тормозить.

— Тормозной кондуктор! — воскликнул мистер Томпкинс, чувствуя, что почва уходит у него из-под ног. — Так вы думаете, что вы ... Вы действительно только нажимаете на тормоз, когда поезд подходит к станции?

— Совершенно верно! Именно это я и делаю, и всякий раз, когда поезд замедляет свой ход, пассажиры становятся чуть старше других людей.

— Разумеется, — скромно добавил кондуктор, — машинист, который разгоняет поезд, также выполняет свою часть работы.

— А какое отношение торможение и разгон поезда имеют к тому, что одни остаются молодыми, а другие стареют? — в изумлении спросил мистер Томпкинс.

— Какая тут связь, мне доподлинно неизвестно, — сказал кондуктор, — знаю только, что она есть. Однажды среди пассажиров мне встретился профессор из университета, и я спросил у него, как это получается. Он пустился в длинные и маловразумительные объяснения, а под конец упомянул о каком-то «гравитационном красном смещении (кажется, он выразился именно так) на Солнце». Приходилось ли вам слышать о чем-нибудь подобном? Что это за зверь такой — красное смещение?

— Не-ет, — задумчиво протянул мистер Томпкинс, и кондуктор пошел своей дорогой, качая головой.

Вдруг чья-то тяжелая рука опустилась на плечо мистера Томпкинса, и, очнувшись, он обнаружил, что сидит не в вокзальном буфете, а на скамье в той самой университетской аудитории, где он слушал лекцию профессора. Свет уже был потушен, и аудитория опустела. Разбуживший его университетский служитель мягко заметил:

— Мы закрываемся, сэ! Если хотите спать, ступайте лучше к себе домой.

Мистер Томпкинс встал и направился к выходу.

## Глава 2

### Лекция профессора о теории относительности, на которой заснул мистер Томпкинс

Леди и джентльмены!

Человеческий разум сформировал определенные представления о пространстве и времени как о вместилище или арене, на которой происходят различные события. Эти представления без особых изменений передавались из поколения в поколение, а со времени зарождения точных наук были включены в самые основы математического описания окружающего нас мира. Великий Ньютон, по-видимому, первым дал четкую формулировку классических понятий пространства и времени, написав в своих «Математических началах»:

*«Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным» и «Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью»*<sup>2</sup>.

— Убеждение в абсолютной правильности этих классических представлений о пространстве и времени было столь сильным, что философы часто считали их априорными и ни одному ученому-естествоиспытателю даже в голову не приходило усомниться в них. Однако в начале XX века стало ясно, что ряд результатов, полученных с помощью чувствительных и тонких методов экспериментальной физики, приводят к противоречиям, если их интерпретировать в рамках классических представлений о пространстве и времени. Это обстоятельство привело одного из величайших современных физиков Альберта Эйнштейна к революционной идее: не существует никаких причин, кроме традиции, по которым классические представления о пространстве и времени следовало бы считать абсолютно правильными; в эти понятия можно и должно вносить изменения, чтобы они соответствовали нашему новому, более точному опыту. Действительно, классические понятия пространства и времени были сформулированы на основе человеческого опыта, почерпнутого из повседневной жизни. Нужно ли удивляться, что тонкие и точные современные методы наблюдения, основанные на использовании высокоразвитой экспериментальной техники, указывают на то, что старые понятия пространства и времени слишком грубы, неточны и могли использоваться в повседневной жизни и на более ранних стадиях развития физики только потому, что их отклонения от правильных понятий достаточно малы. Не следует удивляться и тому, что расширение области исследований современной науки рано или поздно должно было привести нас в такие области, где эти отклонения весьма велики и классические понятия вообще не применимы.

Самым важным экспериментальным результатом, приведшим к коренному пересмотру наших классических представлений, стало открытие того факта, что

---

<sup>2</sup> Ньютон И. Математические начала натуральной философии. — Пер. с латинского и комментарии А.Н. Крылова. Предисловие Л.С.Полака. — М.: Наука, 1989. — С. 30. (Прим. пер.)



скорость света в пустоте представляет собой верхний предел всех возможных физических скоростей. Такой важный и неожиданный вывод был сделан главным образом на основании экспериментов американского физика Майкельсона, который в конце прошлого века предпринял попытку наблюдать влияние движения Земли на скорость распространения света и к своему великому удивлению и к удивлению всего научного мира обнаружил, что никаких эффектов, свидетельствующих о влиянии скорости движения Земли на скорость света, не существует и что скорость света в пустоте оказывается всегда одной и той же, независимо от системы, в которой производится измерение, или от движения источника, испускающего свет. Нет необходимости объяснять, почему такой результат весьма необычен и противоречит нашим фундаментальным представлениям о движении. Действительно, если какой-то объект быстро движется в пространстве, а вы движетесь навстречу ему, то движущийся объект столкнется с вами с большей относительной скоростью, равной сумме скоростей объекта и наблюдателя. С другой стороны, если вы удаляетесь от объекта, то он, догнав вас сзади, столкнется с вами с меньшей относительной скоростью, равной разности скоростей.

Например, если вы движетесь, скажем, едете в автомашине, навстречу распространяющемуся в воздухе звуку, то измеренная из машины скорость звука будет больше на величину, равную скорости, развиваемой вашей машиной, или, соответственно, меньше, если звук догоняет вас. Мы называем это *теоремой сложения скоростей*. Всегда считалось, что эта теорема самоочевидна.

Однако, как показали самые тщательные эксперименты, в случае света теорема сложения скоростей нарушается: скорость света в пустоте всегда остается одной и той же и равна 300000 км/с (скорость света принято обозначать строчной латинской буквой  $c$ ) независимо от того, как быстро движется наблюдатель.

— Все это хорошо, — скажете вы, — но разве нельзя построить сверхсветовую скорость, складывая несколько меньших, физически достижимых скоростей?

Можем же мы представить себе движущийся очень быстро (например, со скоростью, равной  $3/4$  скорости света) поезд и бродягу, бегущего по крышам вагонов также со скоростью, равной  $3/4$  скорости света.

По теореме сложения скоростей, общая скорость бродяги была бы равна полутора скоростям света, и бродяга мог бы обогнать свет, испускаемый сигнальным фонарем. Однако истина состоит в том, что, поскольку постоянство скорости света есть экспериментальный факт, результирующая скорость в нашем случае должна быть меньше, чем мы ожидаем, — она не может превосходить критического значения  $c$ . Таким образом, мы приходим к выводу о том, что и при меньших скоростях классическая теорема сложения скоростей должна быть неверна.

Математический анализ проблемы, в который я не хочу здесь вдаваться, приводит к очень простой новой формуле для вычисления результирующей скорости двух складываемых движений.

Если  $u_1$  и  $u_2$  — две подлежащие сложению скорости, то результирующая скорость оказывается равной

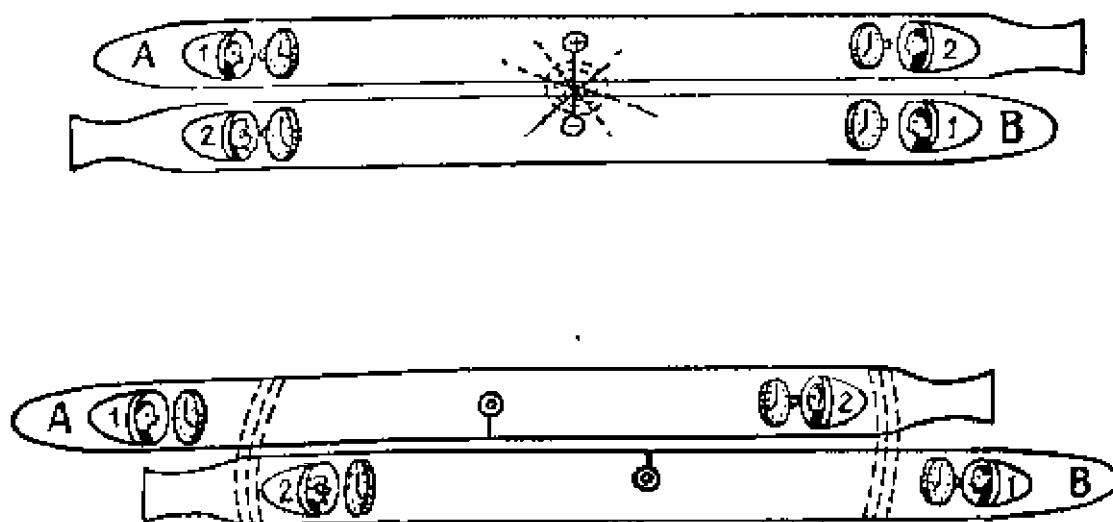
$$V = \frac{v_1 \pm v_2}{1 \pm \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

(1)

Вы видите из этой формулы, что если обе подлежащие сложению скорости малы (я имею в виду «малы по сравнению со скоростью света»), то вторым членом в знаменателе формулы (1) можно пренебречь по сравнению с единицей и вы получаете классическую теорему сложения скоростей. Если же скорости  $u_1$  и  $u_2$  не малы, то результат будет несколько меньше арифметической суммы скоростей. Так, в нашем примере с бродягой, бегущим по крышам вагонов мчащегося поезда,  $u_1 = (3/4)c$  и  $u_2 = (3/4)c$  и наша формула позволяет найти результирующую скорость  $F = (24/25)c$ , которая, как и складываемые скорости, меньше скорости света.

В частности, когда одна из исходных скоростей равна скорости света  $c$ , из формулы (1) следует, что результирующая скорость также равна  $c$ , независимо от того, какова вторая скорость. Поэтому, складывая любое число скоростей, мы никогда не можем превзойти скорость света.

Возможно, вам будет интересно узнать, что формула (1) была подтверждена экспериментально и действительно было обнаружено, что результирующая двух скоростей всегда несколько меньше их арифметической суммы.



*Две длинные платформы движутся в противоположных направлениях*

Признав существование верхнего предела скорости, мы можем приступить к анализу классических представлений о пространстве и времени. Свой первый удар

мы направим против понятия *одновременности*, основанном на этих классических представлениях. Когда вы заявляете:

— Взрыв на шахте неподалеку от Кейптауна произошел в тот самый момент, когда в моей лондонской квартире мне на завтрак подали яичницу с ветчиной, — вам кажется, будто вы высказываете вполне осмысленное утверждение. Однако я попытаюсь показать, что в действительности вы не знаете, о чем, собственно, идет речь и, более того, что ваше утверждение, строго говоря, не имеет точного смысла. В самом деле, как бы вы стали проверять одновременность двух событий, происходящих в двух различных местах? Возможно, вы скажете, что такие два события одновременны, если местные часы показывают одно и то же время, но тогда возникает вопрос, как установить часы, разнесенные в пространстве на большое расстояние друг от друга, так, чтобы они одновременно показывали одно и то же время, и мы снова возвращаемся к исходному вопросу.

Поскольку независимость скорости света в пустоте от движения источника или системы, в которой производится измерение, принадлежит к числу наиболее точно установленных экспериментальных фактов, следующий метод измерения расстояний и правильной установки часов на различных наблюдательных станциях следует признать наиболее разумным и, поразмыслив немного, вы согласитесь со мной, что это — единственно приемлемый способ.

Световой сигнал отправляется со станции А и, как только он принимается на станции В, посылается обратно на станцию А. Половина времени (по измерениям, производимым на станции А) между отправлением сигнала и его приемом на станции А, умноженная на скорость света, определяет расстояние между станциями А и В.

Условимся говорить, что часы на станциях А и В установлены правильно, если в момент приема сигнала на станции В местные часы показывали время, равное полусумме показаний часов на станции А в момент отправления и приема сигнала. Применяя этот способ правильной установки часов к двум различным наблюдательным станциям, сооруженным на одной платформе (одном и том же твердом теле), мы получаем столь желанную систему отсчета и обретаем возможность отвечать на вопросы об одновременности событий или временно м интервале между двумя событиями, происходящими в различных местах.

Но признают ли одновременными те же события и согласятся ли с оценкой временных интервалов наблюдатели в других системах отсчета? Чтобы ответить на этот вопрос, представим себе две системы отсчета, сооруженные на двух различных платформах (твердых телах), например на двух длинных космических ракетах, летящих в противоположных направлениях каждая со своей постоянной скоростью. Как результаты измерений, производимых в одной системе отсчета, будут соотноситься с результатами аналогичных измерений, производимых в другой системе отсчета? Предположим, что в носовой и кормовой части каждой ракеты находится по наблюдателю и что все четыре наблюдателя хотят прежде всего правильно установить свои часы. Каждая пара наблюдателей, находящихся на борту

одной и той же ракеты, может, несколько видоизменив описанный выше способ правильной установки часов, поставить ноль на своих часах в тот момент, когда световой сигнал, посланный из середины ракеты (середина ракеты может быть установлена с помощью мерного стержня), достигнет соответственно носа или кормы ракеты. Таким образом, каждая пара наших наблюдателей устанавливает в соответствии с принятым выше определением критерий одновременности в своей собственной системе отсчета и «правильно» (разумеется, со своей точки зрения) свои часы.

Предположим теперь, что наши наблюдатели решили выяснить, согласуются ли показания часов на борту их ракеты с показанием часов на борту другой ракеты. Например, будут ли часы двух наблюдателей, находящихся на борту различных ракет, показывать одно и то же время, когда ракетам случится пролетать мимо друг друга? Проверить это можно следующим способом. В центре (геометрической середине) каждой ракеты наблюдатели, устанавливают заряженный конденсатор с таким расчетом, что когда ракеты пролетают мимо друг друга, между конденсаторами проскакивает искра и из центра каждой платформы к ее концам (носу и корме) одновременно начинают распространяться световые сигналы. К тому времени, когда световые сигналы, распространяющиеся с конечной скоростью, достигнут наблюдателей, ракеты изменят свое относительное положение и наблюдатели 2А и 2В окажутся ближе к источнику света, чем наблюдатели 1А и 1В.

Ясно, что когда световой сигнал достигнет наблюдателя 2А, наблюдатель 1В будет позади него и, чтобы достигнуть наблюдателя 1В, световому сигналу понадобится некоторое дополнительное время. Следовательно, если часы наблюдателя 1В поставлены так, что показывают ноль часов ноль минут в момент прихода сигнала, то наблюдатель 2А будет настаивать на том, что часы его коллеги 1В отстают от правильного времени.

Точно так же другой наблюдатель 1А придет к заключению, что часы наблюдателя 2В, до которого световой сигнал дойдет раньше, чем до него, спешат. Поскольку согласно принятому определению одновременности каждый из наблюдателей считает, что его часы поставлены правильно, наблюдатели на борту ракеты А согласятся с тем, что между часами наблюдателей на борту ракеты В имеется различие. Не следует, однако, забывать о том, что наблюдатели на борту ракеты В по точно тем же причинам будут считать, что их часы поставлены правильно, а часы наблюдателей на борту ракеты А рассогласованы.

Поскольку обе ракеты совершенно эквивалентны, разногласия между двумя группами наблюдателей можно разрешить, только если признать, что правы обе группы — каждая со своей точки зрения, но что вопрос о том, кто из них прав, «абсолютно» не имеет физического смысла.

Боюсь что я утомил вас этими длинными рассуждениями, но если вы внимательно следили за ходом моей мысли, то вам должно быть ясно, что как только наш способ пространственно-временных измерений принят, *понятие абсолютной одновременности полностью утрачивает смысл и два события*, происходящие в

различных местах и одновременные с точки зрения одной системы отсчета, разделены конечным временным интервалом с точки зрения другой системы отсчета.

Это утверждение звучит весьма странно, в особенности для тех, кто слышит его впервые, но так ли странно покажется вам, если я скажу, что, обедая в вагоне-ресторане идущего поезда, вы съедаете свой суп и десерт в одной и той же точке вагона-ресторана, но в различных точках железнодорожного полотна, разделенных достаточно большим расстоянием? Между тем утверждение о вашей трапезе в поезде можно сформулировать и так: *два события*, происходящие в различное время в одной и той же точке одной системы отсчета, разделены конечным пространственным интервалом с точки зрения другой системы отсчета.

Сравнив это «тривиальное» утверждение с предыдущим «парадоксальным» утверждением, вы увидите, что они совершенно симметричны и переходят друг в друга, если слово «временной» заменить на «пространственный» (и наоборот).

В этом и состоит вся суть точки зрения Эйнштейна: если в классической физике время рассматривалось как нечто совершенно независимое от пространства и движения и считалось, что оно «по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно» (Ньютон), то в новой физике пространство и время тесно взаимосвязаны и представляют собой два различных сечения одного однородного «пространственно-временного континуума», в котором разыгрываются все наблюдаемые события. Разделение этого четырехмерного континуума на трехмерное пространство и одномерное время совершенно произвольно и зависит от системы отсчета, в которой производятся наблюдения.

Два события, разделенные в пространстве расстоянием  $l$  и во времени интервалом  $t$  по наблюдениям в одной системе отсчета, по наблюдениям в другой системе отсчета разделены другим расстоянием  $l'$  в пространстве и другим временным интервалом  $t'$  что позволяет в определенном смысле говорить о преобразовании пространства во время и наоборот. Нетрудно также понять, почему преобразование времени в пространство, как в примере с обедом в вагоне-ресторане, для нас обычное дело, тогда как преобразование пространства во время, порождающее относительность понятия одновременности, кажется весьма необычным. Дело в том, что если расстояния мы измеряем, например, в «сантиметрах», то соответствующей единицей времени должна быть не привычная «секунда», а «рациональная единица времени» — интервал времени, который необходим световому сигналу для того, чтобы преодолеть расстояние в один сантиметр, т.е. 0,0000000003 секунды.

Следовательно, в сфере нашего обычного опыта преобразование пространственных интервалов во временные интервалы приводит к практически ненаблюдаемым результатам, что, казалось бы, подкрепляет классический взгляд на природу вещей, согласно которому время есть нечто абсолютно независимое и неизменяемое.

Но при изучении движений с очень большими скоростями, например, движения электронов, испускаемых радиоактивными элементами, или движения электронов

внутри атома, где расстояния, покрываемые за определенный интервал времени, — величины того же порядка, как время, выраженное в рациональных единицах, мы непременно сталкиваемся с обоими эффектами, о которых шла речь выше, и теория относительности приобретает важное значение. Релятивистские эффекты могут наблюдаться даже в области сравнительно малых скоростей, например, при движении планет в нашей Солнечной системе из-за необычайно высокой точности астрономических измерений (однако наблюдение релятивистских эффектов в подобных случаях требует измерений изменений движения планеты, достигающих доли угловой секунды за год).

Как я пытался объяснить вам, критический анализ понятий пространства и времени приводит к заключению, что пространственные интервалы могут быть частично превращены во временные интервалы и наоборот. Это означает, что числовые значения данного расстояния или периода времени, измеряемые в различных движущихся системах отсчета, могут расходиться.

Сравнительно простой математический анализ этой проблемы, в который, однако, я не хотел бы входить на этих лекциях, приводит к вполне определенным формулам для изменения длин пространственных и временных интервалов. Из них следует, что любой объект длины  $l$ , движущийся относительно наблюдателя со скоростью  $u$ , сократится на величину, зависящую от скорости, и измеренная длина объекта окажется равной

$$l' = l \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}.$$

(2)

Аналогично, любой процесс, длящийся время  $t$ , при наблюдении из движущейся относительно него системы отсчета, будет длиться дольше — время  $t'$ , которое может быть вычислено по формуле

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}.$$

(3)

Это и есть знаменитое «сокращение пространства» и «замедление времени» в теории относительности.

Обычно, когда скорость  $u$  гораздо меньше скорости света  $c$ , эти эффекты очень малы, но при достаточно больших скоростях длины, наблюдаемые из движущейся системы отсчета, могут быть сделаны сколь угодно малыми, а временные интервалы — сколь угодно продолжительными.

Я хочу, чтобы вы не забывали, что оба эффекта — и сокращение пространственных интервалов, и замедление времени — совершенно симметричны и, если пассажиры быстро мчащегося поезда будут удивляться, почему пассажиры стоящего поезда такие тощие и движутся так медленно, пассажиры стоящего поезда будут размышлять о том же, глядя на пассажиров мчащегося поезда.

Еще одно следствие существования максимальной достижимой скорости относится к массе движущихся тел. Как явствует из общих основ механики, масса тела определяет, насколько трудно привести его в движение или, если оно уже движется, ускорить его: чем больше масса, тем труднее увеличить скорость тела на данную величину.

То, что ни одно тело ни при каких обстоятельствах не может двигаться со скоростью, большей скорости света, приводит нас непосредственно к выводу, что его сопротивление дальнейшему ускорению, или, иначе говоря, его масса, неограниченно возрастает, когда скорость тела приближается к скорости света. Математический анализ позволяет вывести формулу зависимости массы тела от его скорости, аналогичную формулам (2) и (3). Если  $m_0$  — масса тела при очень малых скоростях, то масса  $m$  тела при скорости  $u$  определяется по формуле

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

(4)

Мы видим, что сопротивление тела дальнейшему ускорению становится бесконечно большим, когда  $u$  стремится к  $c$ . Этот эффект релятивистского изменения массы может быть легко наблюдаем экспериментально на частицах, движущихся с очень большими скоростями. Например, масса электронов, испускаемых радиоактивными телами (со скоростью, составляющей 99 % скорости света), в несколько раз больше, чем в состоянии покоя, а массы электронов, образующих так называемые космические ливни и нередко движущихся со скоростью 99,98 % скорости света, в 1000 раз больше. К таким скоростям классическая механика становится абсолютно неприменимой, и мы вступаем в область чистой теории относительности.

### Глава 3

#### Мистер Томпкинс берет отпуск

Мистеру Томпкинсу очень понравились приключения в релятивистском городе, огорчало только, что с ним не было профессора, который мог бы объяснить необычные явления, которые ему, мистеру Томпкинсу, довелось там наблюдать, например, помочь разрешить загадку, особенно занимавшую его: каким образом тормозному кондуктору удавалось предупредить старение пассажиров? Много



ночей подряд мистер Томпкинс укладывался в постель с надеждой снова увидеть полюбившийся ему город, но сны мистер Томпкинс видел редко и, в основном, довольно неприятные. Например, в последний раз мистеру Томпкинсу приснилось, что управляющий банком уволил его за небрежность в ведении банковских счетов. Проснувшись, мистер Томпкинс счел за благо взять отпуск и отправиться на недельку куда-нибудь на море. Так мистер Томпкинс оказался в купе поезда, наблюдая в окно, как серые крыши пригорода постепенно уступают место зеленым лужайкам сельской местности. Мистер Томпкинс достал газету и попытался сосредоточиться на последних корреспонденциях с театра военных действий во Вьетнаме. Но все сообщения показались ему невыносимо скучными, а железнодорожный вагон так приятно покачивало...

Когда Томпкинс опустил газету и снова выглянул в окно, пейзаж сильно изменился. Телеграфные столбы стояли так близко друг от друга, что напоминали гигантскую изгородь, а кроны деревьев были такими узкими, что деревья напоминали итальянские кипарисы. Напротив мистера Томпкинса в купе сидел его старый знакомый — профессор и с живейшим интересом смотрел в окно. По-видимому, он вошел в купе, пока мистер Томпкинс был занят чтением газеты.

— Мы находимся в стране относительности, если я не ошибаюсь, — заметил мистер Томпкинс.

— О! — воскликнул профессор. — Не ожидал встретить попутчика, обладающего столь глубокими познаниями! А по какому учебнику вы изучали теорию относительности?

— Мне уже доводилось бывать здесь, хотя я не имел чести быть вашим попутчиком.

— На этот раз вам придется быть моим гидом, — сказал старый профессор.

— Боюсь, что мне придется отказаться от этой почетной роли, — отклонил лестное предложение мистер Томпкинс. — Я действительно видел множество необычных вещей, но местные жители, к которым я обращался за разъяснениями, никак не могли взять в толк, что меня смущает.

— Вполне естественно, — заметил профессор. — Ведь они родились в этом мире, и все происходящие вокруг них явления кажутся им самоочевидными. Представляю, как они удивились бы, если бы им довелось побывать в том мире, где привыкли жить вы. Думаю, он показался бы им весьма необычным.

— Позвольте задать вам один вопрос, — сказал мистер Томпкинс. — В прошлый раз, когда я был здесь, мне встретился тормозной кондуктор с железной дороги. Он утверждал, будто из-за того, что поезд останавливается и трогается в путь, пассажиры старятся быстрее, чем люди в городе. Что это — чудеса или явление, которое согласуется с современной наукой?

— Ссылаться на чудеса при объяснении чего угодно — прием запрещенный, — ответил профессор. — Явление, о котором говорил ваш кондуктор, следует из

законов физики. Анализируя новые (или, лучше сказать, старые, но лишь незадолго до того открытые) понятия пространства и времени, Эйнштейн показал, что все физические процессы замедляются, когда система, в которой они происходят, изменяет свою скорость. В нашем мире такие эффекты почти незаметны, но здесь из-за малой скорости света они становятся легко наблюдаемыми. Например, если вы попытаетесь здесь сварить себе на завтрак яйцо и вместо того, чтобы дать кастрюльке спокойно стоять на огне, начнете двигать ее то в одну, то в другую сторону, то сварить яйцо вкрутую вам удастся не за пять, а, скажем, за шесть минут. Все процессы в человеческом теле также замедляются, если, например, человек качается в кресле-качалке или сидит в купе поезда, который замедляет или ускоряет ход: в такого рода условиях мы живем медленнее. Но поскольку все процессы замедляются одинаково, физики предпочитают говорить, что в *неравномерно движущейся системе время течет медленнее*.

— А наблюдают ли такие явления ученые в нашем мире, так сказать, у нас дома?

— Наблюдают, хотя для этого им приходится проявлять недюжинное экспериментальное искусство. Технически очень трудно достичь необходимых ускорений, а физические условия в неравномерно движущейся системе аналогичны, я бы даже сказал «тождественны», результату воздействия очень большой силы тяжести. Вам, должно быть, приходилось замечать, что в кабине поднимающегося с ускорением лифта вам кажется, что вы становитесь тяжелее. Наоборот, если лифт опускается (например, если оборвался трос и лифт падает), то вы ощущаете как бы потерю веса. Объяснение изменений веса состоит в том, что создаваемое ускорением гравитационное поле добавляется или вычитается из силы тяжести Земли. Потенциал силы тяжести на Солнце во много раз больше, чем на поверхности Земли, и поэтому все процессы на Солнце немного замедляются. Астрономы наблюдают это.

— Но ведь они не могут отправиться на Солнце, чтобы наблюдать замедление всех процессов?

— Им и не нужно туда отправляться. Они наблюдают свет, приходящий к нам от Солнца. Этот свет порождается колебаниями различных атомов в солнечной атмосфере. Если все процессы на Солнце идут медленнее, то скорость атомных колебаний также убывает и, сравнивая свет, испускаемый Солнцем и земными источниками, астрономы могут заметить разницу.

— Кстати, вы не знаете, как называется небольшая станция, мимо которой мы сейчас проезжаем? — прервал себя профессор.

Поезд катился вдоль перрона маленькой захолустной станции. Перрон был совершенно пуст, если не считать начальника станции и молодого носильщика, сидевшего на багажной тележке и читавшего газету. Вдруг начальник станции как-то нелепо взмахнул руками и упал ничком. Мистер Томкинс не слышал звука выстрела, должно быть, заглушенного стуком колес поезда, но лужа крови у тела начальника станции не оставляла сомнений в том, что произошло убийство.

Профессор не медля дернул стоп-кран, и поезд рывком остановился. Когда мистер Томпкинс и профессор вышли из вагона, носильщик бежал к телу и на перроне появился местный полисмен.

— Убит выстрелом в сердце, — констатировал полисмен, осмотрев тело, и, положив тяжелую руку на плечо носильщика, продолжил:

— Вы арестованы за убийство начальника станции.

— Не убивал я его, — закричал несчастный носильщик. — Я читал газету, как вдруг услышал выстрел. Возможно, эти джентльмены с поезда видели, как все произошло и могут подтвердить, что я не виновен.

— Действительно, — подтвердил мистер Томпкинс, — я видел своими собственными глазами, как этот человек читал газету в тот момент, когда был застрелен начальник станции. Могу поклясться на Библии.

— Но вы находились в движущемся поезде, — заметил полисмен, обретая начальственный тон, — и поэтому ваши показания не имеют доказательной силы. С точки зрения наблюдателя на перроне этот человек мог быть застрелен в тот же самый момент. Разве вы не знаете, что одновременность событий зависит от системы отсчета, из которой вы ее наблюдаете? Пройдем без лишнего шума, — обратился он к носильщику.

— Прошу извинить меня, констебль, — прервал его профессор, — но вы совершенно не правы и я не думаю, что в полицейском управлении очень обрадуются, узнав о вашем невежестве. Никто не спорит: в вашей стране понятие одновременности в высшей степени относительно. Это правда. Верно и то, что два события, происходящих в различных местах, могут быть одновременными или не одновременными в зависимости от движения наблюдателя. Но даже в вашей стране ни один наблюдатель не может видеть следствие раньше, чем причину. Вам же никогда не случалось получать телеграмму до того, как та была отправлена, ведь верно? Не случалось и пить до того, как бутылку откупорили. Насколько я вас понимаю, вы полагаете, что из-за движения поезда мы, пассажиры, наблюдали выстрел гораздо *позже*, чем его следствие, поскольку, выскочив из вагона тотчас же после экстренной остановки поезда, мы увидели начальника станции лежащим на земле, но еще не видели самого выстрела. Я знаю, что в полиции вас учат верить только тому, что написано в ваших инструкциях. Взгляните в них и вы, вероятно, отыщете что-нибудь подходящее к случаю.

Тон профессора произвел неизгладимое впечатление на полисмена и, вытащив карманный свод инструкций, он принялся медленно, страница за страницей изучать их. Вскоре по его широкой красной физиономии разлилась улыбка облегчения.

— Вот, — сказал он, — раздел 37, часть 12, параграф е: «В качестве абсолютно надежного алиби следует считать любое авторитетное доказательство того, что из любой движущейся системы отсчета в момент совершения преступления или в

течение интервала времени  $+cd$  (где  $c$  — скорость света, а  $d$  — расстояние от места преступления) подозреваемого видели в другом месте».

— Вы свободны, мой милый, — обратился полисмен к носильщику и добавил, повернувшись к профессору:

— Очень признателен вам, сэр, что вы избавили меня от неприятностей с полицейским управлением. Я в полиции служу недавно и еще не выучил наизуток все правила. Но мне все равно необходимо доложить об убийстве. И полисмен поспешил к телефонной будке. Через минуту он закричал на весь перрон:

— Все в порядке! Они поймали настоящего убийцу, когда тот бежал со станции. Еще раз благодарю вас, сэр!

— Должно быть, я непроходимо глуп, — заметил мистер Томпкинс, когда поезд снова тронулся, — но что означает вся эта неразбериха с одновременностью? Имеет ли одновременность вообще какой-нибудь смысл в этой стране?

— Имеет, — гласил ответ профессора, — но лишь в определенной степени, иначе я не смог бы помочь бедняге-носильщику. Дело в том, что если существует естественный предел скорости для движения любого тела или распространения любого сигнала, то одновременность в обычном смысле этого слова утрачивает смысл. Вам, вероятно, будет легче понять суть дела на следующем примере. Предположим, что у вас есть друг, живущий в далеком городе, с которым вы переписываетесь, и почтовый поезд, который отправляется раз в сутки, — самое быстрое средство сообщения. Предположим теперь, что какое-то происшествие случилось с вами в воскресенье и вы узнали, что аналогичное происшествие должно произойти с вашим другом. Ясно, что вы не можете уведомить его об этом раньше вторника. С другой стороны, если бы он знал заранее о том, что произойдет с вами, то последний день, когда он мог предупредить вас о грядущем событии, был четверг на прошлой неделе. Таким образом, в течение шести дней — с четверга на прошлой неделе до вторника на будущей неделе — ваш друг не способен ни повлиять на вашу судьбу в воскресенье, ни узнать о том, что с вами произошло. С точки зрения причинности он изъят из общения с вами, или, так сказать, экскоммуницирован.

— А что если ему послать телеграмму? — предложил мистер Томпкинс.

— Но ведь я предположил, что скорость почтового поезда — максимально возможная. Примерно так и обстоит дело в этой стране. У нас на родине максимальной скоростью является скорость света, и вы не можете послать сигнал, которой распространялся бы быстрее, чем радиосигнал.

— Пусть так, — согласился мистер Томпкинс, — но даже если ничто не может превзойти скорость почтового поезда, я все равно не понимаю, какое это имеет отношение к одновременности. Мой друг и я по-прежнему обедаем по воскресеньям в одно и то же время. Разве не так?

— Нет, не так. Ваше утверждение вообще не имело бы смысла: один наблюдатель согласился бы с тем, что вы с приятелем обедаете одновременно, а другие наблюдатели, производившие свои наблюдения из других поездов, утверждали бы, что вы обедаете по воскресеньям в то самое время, когда ваш друг завтракает по пятницам или ужинает по вторникам. Но никто не может наблюдать вас и вашего друга за одновременной трапезой, если вас разделяет временной интервал более трех дней.

— Но как это может быть? — воскликнул недоверчиво мистер Томпкинс.

— Происходит все это точно так, как вы, возможно, уяснили себе из моих лекций. Верхний предел скорости должен оставаться одним и тем же при наблюдении из различных движущихся систем отсчета. Приняв такое предположение, мы с необходимостью приходим к заключению о том, что...

Тут разговор, к сожалению, прервался, так как поезд прибыл на ту станцию, где мистеру Томпкинсу нужно было сойти.

Когда мистер Томпкинс спустился к завтраку на длинную застекленную веранду отеля на следующее утро после своего прибытия на побережье, его ожидал приятный сюрприз: на противоположном конце стола против него восседал старый профессор с красивой молодой девушкой, которая оживленно что-то говорила ему, часто поглядывая в ту сторону, где сидел мистер Томпкинс.

— Должно быть, я совершил большую глупость, когда заснул в поезде, — подумал мистер Томпкинс, сердясь на себя все больше и больше, — а профессор все еще помнит тот глупый вопрос, который я задал ему о молодеющих пассажирах. Но по крайней мере это позволяет мне продолжить знакомство с профессором и расспросить его о том, что мне по-прежнему непонятно.

Даже самому себе мистер Томпкинс не хотел признаться, что думает не только о профессоре, но и о его хорошенькой спутнице.

— Да, да, конечно, я помню, что видел вас на своих лекциях, — сказал профессор, когда они выходили из обеденного зала. — Познакомьтесь, это моя дочь Мод. Она занимается живописью.

— Рад познакомиться с вами, мисс Мод, — ответил мистер Томпкинс и подумал, что никогда не слышал более красивого имени. — Думаю, что здешние красоты дадут вам немало материала для ваших этюдов.

— Мод непременно покажет их вам когда-нибудь, — пообещал профессор. — А сейчас скажите мне лучше, много ли вы почерпнули из моей лекции?

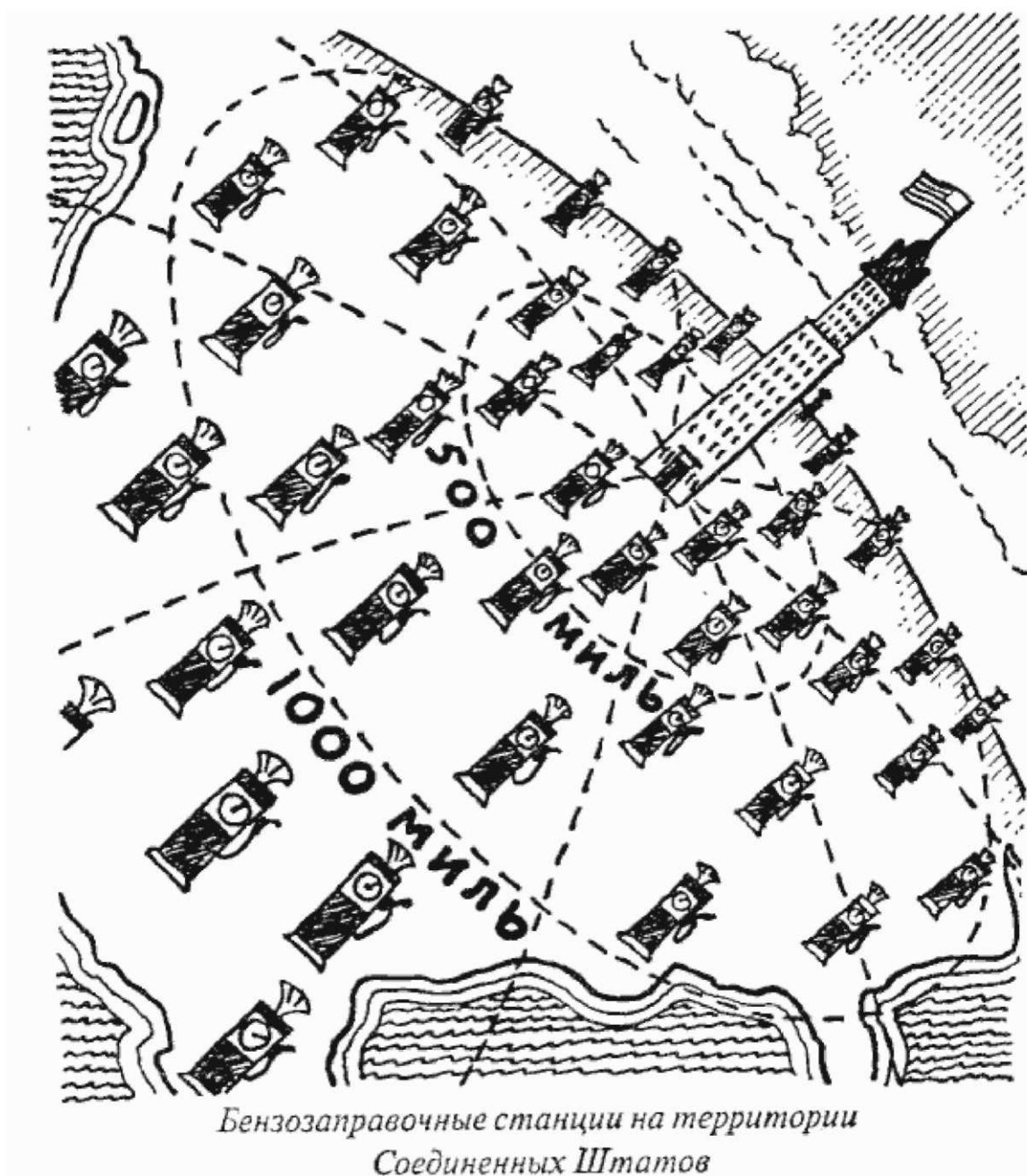
— О да, очень много! Более того, я на себе прочувствовал все эти релятивистские сокращения материальных объектов и сумасшедшее поведение часов, когда побывал в городе, где скорость света составляла только километров десять в час.

— Жаль, что вы пропустили мою следующую лекцию о кривизне пространства и ее связи с силами ньютоновской гравитации, — задумчиво произнес профессор.

— Но здесь, на побережье, у нас хватит времени, и я надеюсь объяснить вам все это. Например, понимаете ли вы, в чем разница между положительной и отрицательной кривизной пространства?

— Папочка, — вмешалась мисс Мод, капризно надув губы, — если вы собираетесь снова беседовать о физике, то я лучше займусь этюдами.

— Хорошо, девочка, иди, — согласился профессор, опускаясь в легкое кресло. — Я вижу, что вы молодой человек, не очень сведущи в математике, но думаю, что удастся объяснить вам все очень просто. Для большей наглядности я буду говорить о поверхности. Представьте себе, что мистер Шелл (вы знаете, о ком я говорю, — это тот самый господин, который владеет бензозаправочными станциями «Шелл Ойл») решил как-то раз проследить за тем, чтобы его заправочные станции были равномерно распределены по территории какой-нибудь страны, например, Америки. Для этого мистер Шелл отдал правлению своей фирмы, расположенному где-то в центре страны (если я не ошибаюсь, многие склонны думать, что сердце Америки находится в Канзас-Сити), распоряжение сосчитать число станций на расстоянии сто, двести, триста и т. д. миль от центра. Со школьной скамьи мистер Шелл вынес воспоминания о том, что площадь круга пропорциональна квадрату его радиуса, и ожидает, что в случае равномерного распределения заправочных станций число их в результате подсчетов будет возрастать, как последовательность чисел 1; 4; 9; 16 и т.д. Когда в правление «Шелл Ойл» стали поступать отчеты, глава фирмы к своему великому удивлению обнаружил, что число станций возрастает гораздо медленнее, например, как числа, образующие последовательность 1; 3,8; 8,5; 15,0 и т.д.



— Что за дьявольщина, — воскликнул мистер Шелл, — мои управляющие в Америке ничего не смыслят в своем деле! Ну скажите на милость, зачем им понадобилось сосредотачивать заправочные станции в окрестностях Канзас-Сити?

Прав ли мистер Шелл в своем заключении?

— В самом деле, прав ли он? — повторил мистер Томпкинс, мысли которого где-то витали.

— Мистер Шелл глубоко заблуждается, — мрачно изрек профессор. — Он упустил из виду, что поверхность Земли не плоская, а сферическая, а на сфере площадь, заключенная внутри круга данного радиуса, растет медленнее, чем на плоскости. Можете вы представить себе это наглядно? Нет? Тогда возьмите глобус и убедитесь сами в том, что я прав. Например, если вы находитесь на Северном полюсе, то окружность радиусом в половину меридиана есть не что иное, как экватор, а



заклученная внутри нее площадь поверхности Земли есть площадь северного полушария. С увеличением радиуса площадь на поверхности сферы возрастает только вдвое, а не вчетверо, как было бы на плоскости. Теперь, надеюсь, ясно?

— О, да, — кивнул мистер Томпкинс, делая вид, будто он внимательно следит за объяснениями. — А что такое положительная или отрицательная кривизна?

— У сферы кривизна считается положительной. Как вы видели на примере земного шара, положительная кривизна соответствует конечной поверхности, имеющей конечную площадь. Примером поверхности с отрицательной кривизной может служить седло.

— Седло? — переспросил мистер Томпкинс.

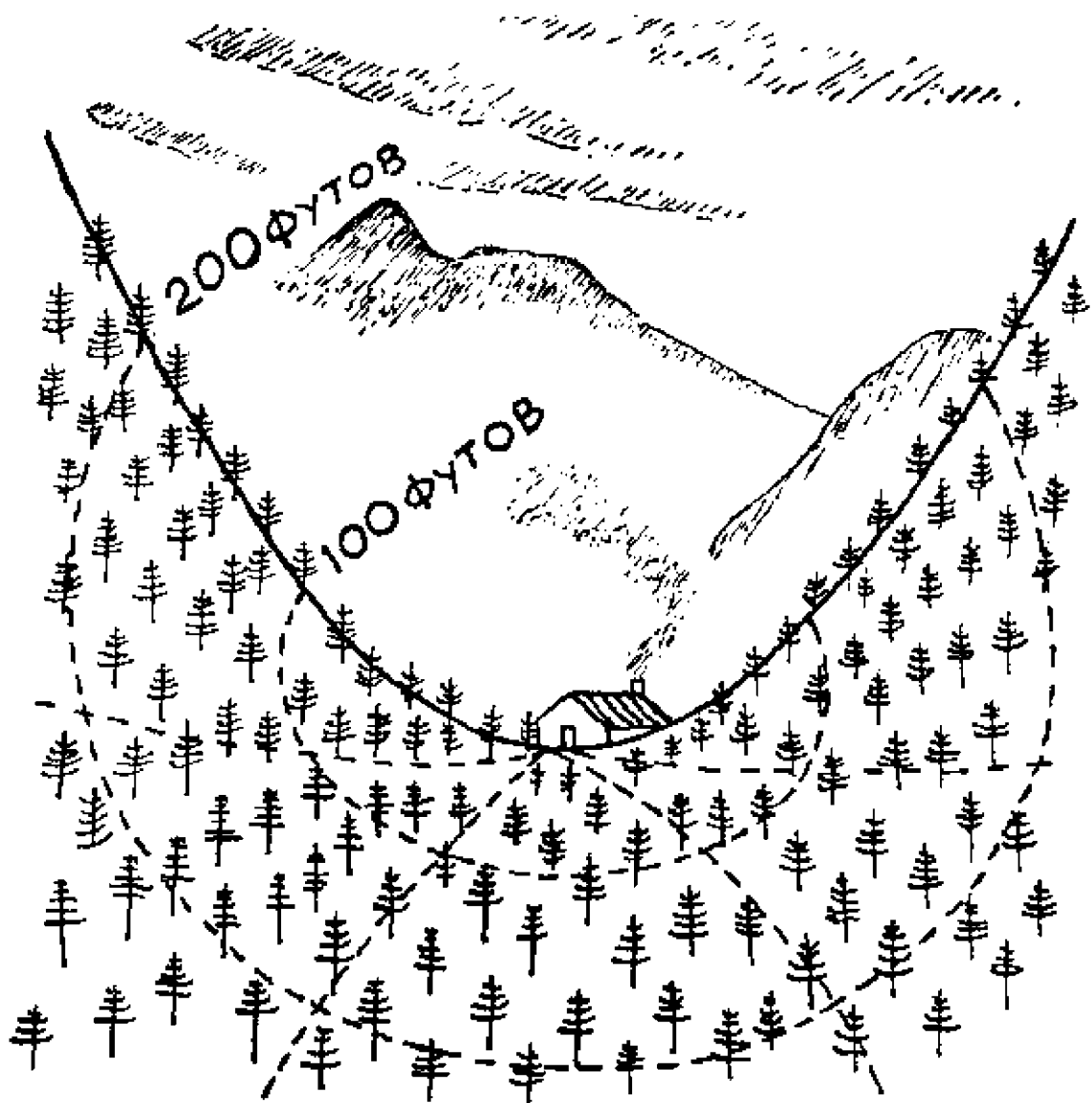
— Да, седло, или на поверхности Земли седлообразный перевал между двумя горными вершинами. Предположим, что некий ботаник обитает в горной хижине, расположенной на таком седловидном перевале, и занимается изучением плотности сосен, растущих вокруг его жилища. Подсчитав число сосен, растущих не далее ста, двухсот, трехсот и т. д. футов от хижины, он обнаружит, что число сосен возрастает быстрее, чем квадрат расстояния, поскольку на седловидной поверхности площадь, заключенная внутри данного радиуса, растет быстрее, чем на плоскости. О таких поверхностях говорят, что они обладают отрицательной кривизной. Если вы попытаетесь, растянув, наложить седловидную поверхность на плоскость, то вам придется сделать складки. Если же вы задумаете наложить на плоскость сферическую поверхность, то вам придется где-то проделать в ней дырочку.

— Кажется, я начинаю понимать, — задумчиво произнес мистер Томпкинс. — Вы хотите сказать, что седловидная поверхность бесконечная, хотя и искривленная.

— Вот именно! — одобритительно кивнул профессор. — Седловидная поверхность простирается во все стороны до бесконечности и нигде не замыкается. Разумеется, в моем примере с седловидным перевалом поверхность перестает быть поверхностью отрицательной кривизны, как только вы спускаетесь с гор, и переходит в искривленную поверхность земного шара с положительной кривизной. Но, разумеется, ничто не мешает вам вообразить поверхность, сохраняющую повсюду отрицательную кривизну.

— Но какое отношение имеет все это к искривленному трехмерному пространству?

— Самое непосредственное. Представьте себе, что какие-то ваши объекты равномерно распределены по всему пространству. Под равномерным я понимаю такое распределение, при котором расстояние между любыми соседними объектами всегда одно и то же. Предположим, что вы подсчитываете число объектов, расположенных не далее того или иного расстояния от вас. Если это число растет как квадрат расстояния, то пространство плоское. Если же число объектов растет медленнее или быстрее, то пространство обладает соответственно положительной или отрицательной кривизной.



*Горная хижина на седловидном перевале*

— Значит, в случае пространства положительной кривизны объем, заключенный в пределах данного расстояния, меньше, а в случае пространства отрицательной кривизны — больше, чем в случае плоского пространства? — с удивлением спросил мистер Томпкинс.

— Вот именно! — улыбнулся профессор. — Я вижу, что теперь вы поняли меня правильно. Чтобы определить знак кривизны той огромной Вселенной, в которой мы живем, необходимо лишь производить такие подсчеты удаленных объектов. Большие туманности, о которых вы, возможно, слышали, рассеяны равномерно в космическом пространстве, и их можно наблюдать вплоть до расстояний в несколько миллионов световых лет. Для исследования кривизны Вселенной это очень удобные объекты.

— И получается, что наша Вселенная конечна и замкнута?

— Видите ли, — ответил профессор, — в действительности эта проблема все еще не решена. В своих работах по космологии Эйнштейн утверждал, что наша Вселенная

имеет конечные размеры, замкнута и не изменяется во времени. Однако в более поздней работе русского математика Ал. Фридмана было показано, что фундаментальные уравнения Эйнштейна допускают такую возможность, как расширение или сжатие Вселенной на более позднем этапе развития. Это математическое заключение было подтверждено американским астрономом Э. Хабблом, который, используя стоюймовый телескоп обсерватории Маунт Вилсон, обнаружил, что галактики разлетаются, т.е. наша Вселенная расширяется. Существует, однако, все еще нерешенная проблема относительно того, будет ли это расширение продолжаться неограниченно или радиус Вселенной достигнет своего максимального значения, после чего в отдаленном будущем расширение сменится сжатием. Ответ на этот вопрос могут дать только более подробные астрономические наблюдения.

Пока профессор говорил, вокруг стали происходить весьма необычные изменения: один конец коридора сжался и стал крохотным, сдавив всю стоявшую там мебель, зато другой конец расширился и продолжал увеличиваться в размерах, хотя уже сейчас, как показалось мистеру Томпкинсу, он мог вместить всю Вселенную. Ужасная мысль пронеслась в голове мистера Томпкинса: что если кусочек пространства с пляжем, где мисс Мод рисовала свои этюды, оторвался от основной части Вселенной? — Тогда, — подумал мистер Томпкинс, — я никогда не увижу ее снова!

Мистер Томпкинс бросился к выходу. Последнее, что он услышал, был голос профессора, кричавшего ему вслед:

— Осторожнее! Квантовая постоянная также сходит с ума!

Когда мистер Томпкинс достиг пляжа, ему показалось, что он переполнен. Тысячи девушек носились по всем направлениям, создавая дикую неразбериху.

— Как же я смогу найти мою Мод в этой толпе? — растерянно подумал мистер Томпкинс. Но приглядевшись, он заметил, что все девушки выглядели точно так же, как дочь профессора, и понял, что это необычайное сходство было игрой принципа неопределенности. В следующий момент волна аномально большой квантовой постоянной прошла, и перед мистером Томпкинсом на пляже оказалась мисс Мод с испуганным выражением в глазах.

— Ах, это вы! — вздохнула она с облегчением. — А мне показалось, что огромная толпа затопчет меня. Должно быть, я перегрелась на солнце и это мне померещилось. Подождите, пожалуйста, меня здесь, я только на минутку сбегала в отель за шляпой.

— Нет-нет, мы не должны расставаться, — запротестовал мистер Томпкинс.

— Мне кажется, что скорость света также меняется. Вернувшись со шляпой, вы можете застать меня дряхлым стариком.

— Не говорите чепухи, — возразила девушка, но взяла мистера Томпкинса под руку. А на полпути к отелю новая волна неопределенности накрыла их, и мистер

Томпкинс и его спутница оказались размазанными по всему берегу. Одновременно с окрестных холмов начала распространяться складка пространства, причудливо искажая очертания прибрежных скал и рыбацких домиков. Лучи Солнца, отраженные от интенсивного гравитационного поля, полностью исчезли за горизонтом, и мистер Томпкинс погрузился в крошечную тьму.

Прошла целая вечность, прежде чем столь милый его сердцу голос не привел его в чувство.

— О, я вижу мой папочка совсем усыпил вас своими разговорами о физике,

— прошептала мисс Мод. — Не хотите ли вы пойти со мной поплавать? Вода сегодня просто великолепная.

Мистер Томпкинс подпрыгнул со своего легкого кресла, как на пружинах.

— Так это был только сон, — подумал он, когда они спускались к пляжу. — Или сон только теперь начинается?

## **Глава 4**

### **Лекция профессора об искривленном пространстве, гравитации и вселенной**

Леди и джентльмены!

Сегодня я намереваюсь рассмотреть проблему искривленного пространства и ее связь с явлениями гравитации. Не сомневаюсь, что каждый из вас без труда может представить себе искривленную линию (кривую) или искривленную поверхность, но при упоминании об искривленном трехмерном пространстве ваши лица вытягиваются и вы склонны думать, что это нечто весьма необычное и почти сверхъестественное. Почему искривленное пространство вызывает всеобщий «ужас»? Действительно ли понятие искривленного пространства труднее для понимания, чем понятие искривленной поверхности? Многие из вас, поразмыслив немного над этими вопросами, вероятно, скажут, что представить искривленное трехмерное пространство труднее по одной-единственной причине: мы не можем взглянуть на пространство «со стороны», как мы смотрим на искривленную поверхность шара, или, если обратиться к другому примеру, на такую особым образом изогнутую поверхность, как седло. Но те, кто так говорят, обрекают себя на незнание строго математического смысла кривизны, существенно отличающегося от общеупотребляемого значения этого слова. Мы, математики, называем поверхность искривленной, если свойства геометрических фигур, начерченных на ней, отличны от свойств фигур на плоскости, и измеряем кривизну отклонением от классических правил Евклида. Если вы начертите треугольник на плоском листе бумаги, то, как известно из элементарной геометрии, сумма его внутренних углов равна двум прямым. Вы можете изогнуть этот лист бумаги, придав ему форму цилиндра, конуса или какой-нибудь более сложной фигуры, но сумма углов

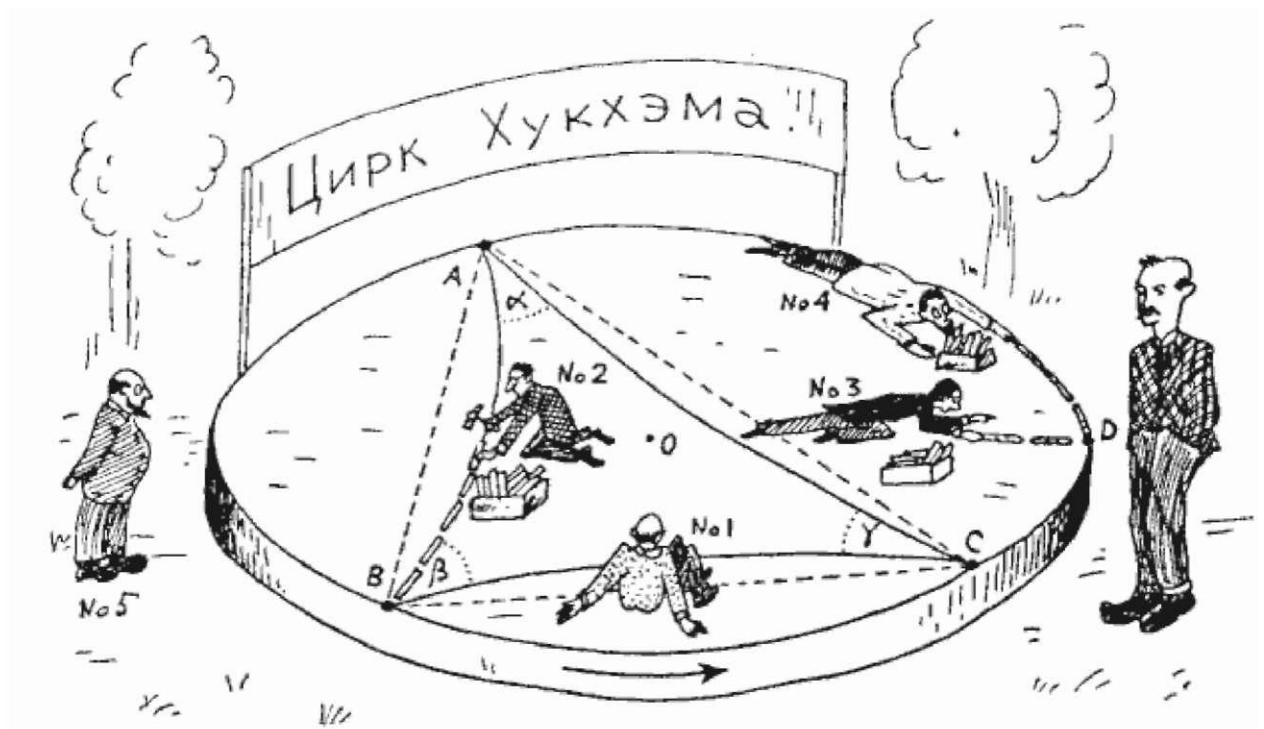
начерченного на нем треугольника неизменно будет оставаться равной двум прямым углам.

Геометрия поверхности не меняется при этих деформациях и с точки зрения «внутренней» кривизны получающиеся поверхности (искривленные в обычном смысле) такие же плоские, как обычная плоскость. Но вы не можете наложить лист бумаги, не растягивая его, на поверхность сферы или седла, а если вы начертите треугольник на поверхности сферы (т.е. построите сферический треугольник), то простые теоремы евклидовой геометрии выполняться не будут. Например, треугольник, образованный северными половинами меридианов и заключенной между ними дугой экватора, имеет два прямых угла при основании и произвольный угол при вершине.

Возможно, вы удивитесь, когда узнаете, что на седловидной поверхности сумма углов треугольника, наоборот, всегда меньше двух прямых.

Таким образом, чтобы определить кривизну поверхности, необходимо изучить геометрию на этой поверхности. Взгляд же извне на поверхность часто бывает ошибочным. Глядя на поверхность извне, вы скорее всего отнесли бы поверхность цилиндра к тому же классу, что и поверхность обручального кольца. Между тем первая поверхность плоская, а вторая неизлечимо искривлена. Как только вы привыкните к этому новому строгому понятию кривизны, у вас не будет более никаких трудностей в понимании того, что имеют в виду физики, рассуждая о том, искривлено или плоско пространство, в котором мы живем. Проблема заключается только в выяснении того, подчиняются или не подчиняются обычным правилам евклидовой геометрии геометрические фигуры, построенные в физическом пространстве.

Но поскольку мы говорим о реальном физическом пространстве, нам необходимо прежде всего дать *физическое определение терминов*, используемых в геометрии, и, в частности, указать, что мы понимаем под прямыми, из которых построены фигуры.



*Ученые занимаются какими-то измерениями на вращающейся платформе*

Думаю, все вы знаете, что прямую чаще всего определяют как кратчайшее расстояние между двумя точками. Прямую можно построить, либо натянув нить между двумя точками, либо с помощью какого-нибудь эквивалентного, но более сложного процесса, установив опытным путем линию между двумя данными точками, вдоль которой минимальное число раз укладывается мерный стержень данной длины.

Чтобы показать, что результаты построения прямой с помощью такого метода зависят от физических условий, представим себе большую круглую платформу, равномерно вращающуюся вокруг своей оси <sup>3</sup>, и пусть экспериментатор Э2 пытается найти кратчайшее расстояние между двумя точками на краю платформы. У экспериментатора имеется коробка с огромным числом стержней, каждый длиной 5 дюймов, и он пытается выложить из минимального числа этих стержней линию, соединяющую две данные точки А и В. Если бы платформа не вращалась, то наш экспериментатор расположил бы стержни вдоль штриховой линии между точками А и В. Но из-за вращения платформы его мерные стержни претерпевают релятивистское сокращение, о котором я рассказывал вам в моей предыдущей лекции, причем те из них, которые расположены ближе к краю платформы (и, следовательно, обладают большими линейными скоростями), сокращаются сильнее, чем стержни, расположенные ближе к центру. Ясно, что для того чтобы каждый

<sup>3</sup> Название «Цирк Хукхэма» восходит к мистеру Джону Хукхэму, работавшему художником-иллюстратором в издательстве Кембриджского университета. Незадолго до выхода в отставку мистер Хукхэм создал многие из рисунков, украсивших эту книгу.

стержень покрывал как можно большее расстояние, стержни необходимо располагать как можно ближе к центру. Но поскольку оба конца линии закреплены на краю платформы, сдвигать все стержни от середины линии слишком близко к центру невыгодно.

В результате наш физик достигнет некоего компромисса между этими двумя условиями, и *кратчайшее расстояние будет в конце концов представлено кривой*, слегка выпуклой в сторону центра.

Если наш экспериментатор вместо отдельных стержней натянет между двумя данными точками А и В нить, то результат, как нетрудно понять, получится прежним, поскольку каждый отрезок нити претерпевает такое же релятивистское сокращение, как отдельные стержни. Я хочу особо подчеркнуть, что релятивистская деформация натянутой нити, происходящая, когда платформа начинает вращаться, не имеет ничего общего с обычными эффектами центробежной силы. Релятивистская деформация остается неизменной, как бы сильно ни была натянута нить, не говоря уже о том, что обычная центробежная сила действует в противоположном направлении.

Если наблюдатель, находящийся на платформе, вздумает проверить результат своих построений, сравнив полученную «прямую» с лучом света, то он обнаружит, что свет действительно распространяется вдоль построенной им линии. Разумеется, для наблюдателей, стоящих у платформы, луч света вообще не будет искривлен. Они будут интерпретировать результаты движущегося наблюдателя путем суперпозиции, или наложения, вращения платформы и прямолинейного распространения света. Они скажут вам, что если вы нанесете царапину на вращающуюся граммофонную пластинку, двинув рукой по прямой, то царапина на пластинке, конечно же, будет искривленной.

Но для наблюдателя, находящегося на вращающейся платформе, название «прямая» для построенной им кривой вполне разумно: эта кривая дает *кратчайшее расстояние* и совпадает с *лучом света* в системе отсчета нашего наблюдателя. Предположим, что он выбрал на краю платформы три точки и соединил их прямыми, построив тем самым треугольник. *Сумма углов в этом треугольнике меньше двух прямых*, из чего наш наблюдатель заключает (и совершенно справедливо), что пространство вокруг него искривлено.

Рассмотрим другой пример. Предположим, что два других наблюдателя на платформе (ЭЗ и Э4) решили оценить число пи, измеряя длину окружности платформы и ее диаметр. На мерный стержень наблюдателя ЭЗ вращение не влияет, поскольку движение стержня всегда перпендикулярно его длине. С другой стороны, мерный стержень наблюдателя Э4 всегда будет сокращен, и для длины окружности платформы этот наблюдатель получит большее значение, чем в случае невращающейся платформы. Деля результат, полученный наблюдателем 4, на результат, полученный наблюдателем 3, мы получим значение, превышающее значение пи, обычно приводимое в учебниках. Это также является следствием кривизны пространства.

Вращение влияет не только на измерения длин. Часы, расположенные на краю платформы, будут двигаться с большей скоростью и, как было показано в предыдущей лекции, их ход замедлится по сравнению с ходом часов, установленных в центре платформы.

Если два экспериментатора (Э4 и Э5) сверят часы в центре платформы, а затем экспериментатор Э5 на какое-то время отнесет свои часы на край платформы, то по возвращении в центр он обнаружит, что его часы отстают по сравнению с часами, все время оставшимися в центре платформы. Из этого экспериментатор Э5 сделает вывод, что в различных местах платформы все физические процессы идут с различными скоростями. Предположим теперь, что наши экспериментаторы остановились и немного поразмыслили над причиной необычных результатов, только что полученных ими в геометрических измерениях. Предположим также, что вращающаяся платформа закрыта со всех сторон и представляет собой вращающуюся комнату без окон, чтобы экспериментаторы не могли наблюдать свое движение относительно окружающих предметов. Могли бы в этом случае экспериментаторы объяснить все полученные результаты чисто физическими условиями на платформе без учета ее вращения относительно «твердой основы», на которой установлена платформа?

Глядя на различия между физическими условиями на платформе и на «твердой основе», посредством которых можно было бы объяснить наблюдаемые изменения в геометрии, наши экспериментаторы сразу же заметили бы, что существует какая-то новая сила, которая стремится отбросить все тела от центра платформы к ее окружности. Вполне естественно, что они приписали бы наблюдаемые эффекты действию этой силы, утверждая, например, что из двух часов те будут идти медленнее, которые расположены дальше от центра в направлении новой силы.

Но действительно ли эта новая сила нова, т. е. не наблюдаема на «твердой основе»? Разве мы не наблюдаем, как все тела притягиваются к центру Земли силой, которая получила название силы тяжести? Разумеется, в одном случае мы имеем притяжение к окружности диска, в другом — притяжение к центру Земли, но это означает только различие в распределении силы. Нетрудно, однако, привести другой пример, когда «новая» сила, порождаемая неравномерным движением системы отсчета, выглядит точно так же, как сила тяжести в этой лекционной аудитории.

Предположим, что космический корабль, предназначенный для межзвездных перелетов, свободно летит где-то в космическом пространстве настолько далеко от различных звезд, что внутри корабля сила тяжести не действует. Все предметы внутри космического корабля и сами путешествующие в нем экспериментаторы невесомы и свободно плавают в воздухе примерно так же, как Мишель Ардан и его спутники во время путешествия на Луну в знаменитом романе Жюль Верна.

Но вот двигатели включены и космический корабль приходит в движение, постепенно набирая скорость. Что происходит внутри него? Нетрудно видеть, что пока космический корабль ускоряется, все предметы внутри него обнаруживают



стремление двигаться к полу, или, что то же, пол движется навстречу этим предметам. Например, если наш экспериментатор держит в руке яблоко и выпускает его, то яблоко продолжает двигаться (относительно окружающих корабль звезд) с постоянной скоростью — той самой, с которой двигался космический корабль, когда экспериментатор выпустил из рук яблоко. Но космический корабль ускоряется. Следовательно, пол кабины, двигаясь все быстрее и быстрее, в конце концов догонит яблоко и стукнет его. С этого момента яблоко останется в постоянном контакте с полом, будучи прижато к полу постоянно действующим ускорением.

Но для экспериментатора, находящегося внутри космического корабля, все выглядит иначе: яблоко «падает» с каким-то ускорением и, ударившись об пол, остается лежать на полу, придавленное к нему собственным весом. Бросая различные предметы, наш экспериментатор заметит, что все они падают с совершенно одинаковым ускорением (если пренебречь трением о воздух) и вспомнит, что это — закон свободного падения, открытый Галилео Галилеем. *Но наш экспериментатор так и не сможет заметить ни малейшего различия между явлениями*, происходящими в движущейся с ускорением кабине космического корабля и обычными явлениями гравитации. Он может пользоваться маятниковыми часами, ставить книги на полку, не боясь, что те улетят прочь, и повесить на гвоздь портрет Альберта Эйнштейна, который первым указал на эквивалентность ускорения системы отсчета и гравитации и на этой основе развил так называемую *общую теорию относительности*.

Но тут, как и в первом примере с вращающейся платформой, мы замечаем явления, оставшиеся неизвестными Галилею и Ньютону, когда те изучали гравитацию. Луч света, посланный через кабину, искривляется и освещает в зависимости от ускорения космического корабля каждый раз другое место экрана, висящего на противоположной стене. Разумеется, внешний наблюдатель интерпретирует это как суперпозицию равномерного прямолинейного движения света и ускоренного движения кабины, где производятся наблюдения. Геометрия также нарушается: сумма углов треугольника, образованного тремя лучами света, будет больше двух прямых углов, а отношение длины окружности к диаметру — больше числа пи. Мы рассмотрели лишь два из простейших примеров ускоренно движущихся систем отсчета, но установленная выше эквивалентность остается в силе для любого движения твердой или деформируемой системы отсчета.

Тут мы подходим к вопросу величайшей важности. Как мы только что видели, в ускоренно движущейся системе отсчета может наблюдаться ряд явлений, оставшихся неизвестными для обычного гравитационного поля. Существуют ли эти новые явления, такие как искривление луча света или замедление часов, и в гравитационных полях, порождаемых тяжелыми массами? Или, иначе говоря, существуют ли эффекты ускорения и эффекты гравитации, которые не только очень похожи, но и тождественны? Разумеется, ясно, что хотя с эвристической точки зрения весьма соблазнительно принять полное тождество этих двух разновидностей эффектов, окончательный ответ может быть дан только с помощью прямых экспериментов. И к величайшему удовлетворению нашего человеческого

разума, требующего простоты и внутренней непротиворечивости законов Вселенной, эксперименты подтверждают существование новых явлений, о которых идет речь, и в обычном гравитационном поле. Разумеется, эффекты, предсказываемые гипотезой об эквивалентности полей ускорения и гравитационного поля, очень малы. Именно поэтому они и были открыты только после того, как ученые специально занялись их поиском.

Используя приведенный выше пример ускоренно движущихся систем отсчета, мы можем легко оценить два наиболее важных релятивистских гравитационных явления по порядку величины: изменение скорости хода часов и искривление луча света.

Рассмотрим сначала пример с вращающейся платформой. Из элементарной механики известно, что на частицу с единичной массой, расположенную на расстоянии  $r$  от центра, действует центробежная сила, вычисляемая по формуле

$$F = r\omega^2,$$

(1)

где  $\omega$  — постоянная угловая скорость вращения нашей платформы.

Полная работа, совершаемая этой силой при движении частицы от центра до края платформы, равна величине

$$W = \frac{1}{2} R^2 \omega^2,$$

(2)

где  $R$  — радиус платформы.

Согласно сформулированному выше принципу эквивалентности мы должны отождествить центробежную силу  $F$  с силой тяжести на платформе, а работу  $W$  — с разностью значений гравитационного потенциала в центре и на краю платформы.

Напомним, что, как было показано в предыдущей лекции, часы, движущиеся со скоростью  $v$ , замедляют свой ход в

$$\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c}\right)^2 + \dots \text{раз.}$$

(3)

Если скорость  $v$  мала по сравнению со скоростью света  $c$ , то остальными членами можно пренебречь. По определению угловой скорости получаем  $r = R \cdot \omega$ , и «коэффициент замедления» можно представить в виде

$$1 - \frac{1}{2} \left( \frac{R\omega}{c} \right)^2 = 1 - \frac{W}{c^2}.$$

(4)

Формула (4) показывает, как изменяется скорость хода часов в зависимости от разности значений гравитационного потенциала в местах расположения часов.

Если мы поместим одни часы у основания, а другие — на вершине Эйфелевой башни (высота башни 300 м), то разность значений гравитационного потенциала между ними будет так мала, что часы у подножия будут идти медленнее, чем часы на вершине башни, только в 0,999999999999997 раз.

С другой стороны, разность значений гравитационного потенциала между поверхностью Земли и поверхностью Солнца гораздо больше и порождает коэффициент замедления, равный 0,9999995, что может быть подтверждено высокоточными измерениями. Разумеется, никто не собирается помещать обычные часы на поверхность Солнца и наблюдать за их ходом! У физиков для этого имеются гораздо лучшие средства. С помощью спектроскопа мы можем наблюдать колебания различных атомов на поверхности Солнца и сравнивать их с периодами колебаний атомов тех же элементов, помещенных в пламя бунзеновской горелки в лаборатории. Колебания атомов на поверхности Солнца должны замедляться в число раз, задаваемое формулой (4), и поэтому испускаемый ими свет должен быть чуть более красноватым, чем в случае земных источников. Такое «красное смещение» действительно наблюдается в спектрах Солнца и нескольких других звезд, спектры которых легко поддаются измерениям, и результаты экспериментов согласуются со значением, которое дает наша теоретическая формула.

Таким образом, существование красного смещения доказало, что процессы на Солнце происходят действительно несколько медленнее, чем на Земле, из-за более высокого гравитационного потенциала на поверхности Солнца.

Чтобы измерить кривизну луча света в гравитационном поле, более удобно воспользоваться примером с космическим кораблем (с.51). Если  $l$  — расстояние от одной стенки кабины до другой, то время, за которое свет преодолевает это расстояние, определяется величиной

$$t = \frac{l}{c}.$$

(5)

За это время космический корабль, двигаясь с ускорением  $g$ , пройдет расстояние  $L$ , величина которого может быть вычислена по формуле

$$L = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} g \frac{l^2}{c^2},$$

(6)

известной из элементарной механики. Следовательно, угол, задающий изменение направления луча, есть величина порядка

$$\phi = \frac{l}{l} = \frac{1}{2} \frac{gl}{c^2} \text{ радиан.}$$

(7)

Угол  $\phi$  тем больше, чем больше расстояние  $l$ , проходимое светом в гравитационном поле. В формуле (7) ускорение  $g$  космического корабля может быть интерпретировано как ускорение силы тяжести. Если я посылаю луч света через эту аудиторию, то величину  $l$  можно считать примерно равной 1000 см. Ускорение силы тяжести  $g$  на поверхности Земли составляет 981 см/с<sup>2</sup>, и при  $c = 3 \cdot 10^{10}$  см/с мы получаем

$$\phi = \frac{1000 \times 981}{2 \times (3 \cdot 10^{10})^2} = 5 \cdot 10^{-16} \text{ радиан} = 10^{-10} \text{ угловых секунд.}$$

(8)

Ясно, что при таких условиях наблюдать кривизну луча света заведомо невозможно. Но вблизи поверхности Солнца  $g = 27000$  см/с<sup>2</sup>, а общий путь, проходимый светом в гравитационном поле Солнца, очень велик. Как показывают точные вычисления, отклонение луча света, проходящего вблизи поверхности Солнца, достигает величины 1,75». Такое отклонение наблюдали астрономы по смещению видимого положения звезд вблизи солнечного диска во время полного затмения Солнца. Вы видите, и в этом случае наблюдения подтверждают абсолютное тождество эффектов ускорения и гравитации.

Теперь мы можем снова вернуться к проблеме кривизны пространства. Как вы помните, используя наиболее разумное определение прямой, мы пришли к заключению, что геометрия, возникающая в неравномерно движущихся системах отсчета, отличается от геометрии Евклида и что пространства с такой геометрией следовало бы считать искривленными. Поскольку любое гравитационное поле эквивалентно некоторому ускорению системы отсчета, это означает, что любое пространство с гравитационным полем является искривленным пространством. Сделав еще один шаг вперед, можно утверждать, что *гравитационное поле есть не что иное*, как физическое проявление кривизны пространства. Таким образом, кривизна в каждой точке пространства должна определяться распределением масс, и вблизи тяжелых тел кривизна пространства должна быть максимальной. Я не могу вдаваться здесь в весьма сложную математическую теорию, описывающую свойства искривленного пространства и их зависимость от распределения масс. Упомяну только о том, что кривизна пространства, вообще говоря, описывается не одним числом, а десятью различными числами, общеизвестными под названием компонент

гравитационного потенциала  $g$  и представляющими собой обобщение гравитационного поля классической физики, который ранее я обозначил  $W$ . Соответственно, кривизна в каждой точке описывается десятью различными радиусами кривизны, обычно обозначаемыми  $R$ . Эти радиусы кривизны связаны с распределением масс фундаментальным уравнением Эйнштейна

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = -\kappa T_{\mu\nu},$$

(9)

где  $T$  зависит от плотностей, скоростей и других свойств гравитационного поля, порождаемого тяжелыми массами.

В заключение лекции я хотел бы обратить ваше внимание на одно из наиболее интересных следствий из уравнения (9). Если мы рассмотрим пространство, равномерно заполненное массами, как, например, наше пространство заполнено звездами и звездными системами, то придем к заключению, что помимо случайно большой кривизны вблизи отдельных звезд пространство должно обладать *вполне закономерной тенденцией к равномерному искривлению на больших расстояниях*. С точки зрения математики существует несколько различных решений фундаментального уравнения Эйнштейна. Одни из них соответствуют *пространству*, которое замыкается и поэтому обладает конечным объемом, другие — *бесконечному пространству*, аналогичному седловидной поверхности, о которой я упоминал в начале этой лекции. Второе важное следствие из уравнения (9) состоит в том, что такие искривленные пространства должны находиться в состоянии непрерывного расширения или сжатия. Физически это означает, что заполняющие пространство частицы должны были бы разлетаться или, наоборот, слетаться. Кроме того, можно показать, что в случае замкнутых пространств с конечным объемом стадии расширения и сжатия должны были бы периодически чередоваться. Такие пространства получили название пульсирующих вселенных. С другой стороны, бесконечные «седловидные» пространства постоянно находятся в состоянии сжатия или расширения.

Ответ на вопрос о том, какое из этих различных математически возможных решений соответствует пространству, в котором мы живем, должен быть найден не физикой, а астрономией, и я не буду рассматривать его здесь. Упомяну лишь о том, что все имеющиеся астрономические данные вполне определенно свидетельствуют о том, что наша Вселенная расширяется, хотя вопрос о том, не сменится ли когда-нибудь расширение сжатием, а также о конечности или бесконечности Вселенной, остается пока открытым.

## Глава 5 Пульсирующая вселенная

Первый вечер своего пребывания в гостинице «На берегу Канала»<sup>4</sup> мистер Томпкинс завершил ужином в ресторане, разумеется, в обществе старого профессора и его очаровательной дочери. Ужин удался на славу. Профессор без умолку разглагольствовал о космологии, мисс Мод премило болтала об искусстве. Когда мистер Томпкинс добрался, наконец, до своего номера, он едва успел раздеться и, без сил рухнув на постель, с головой накрылся одеялом. В его усталом мозгу перемешались Боттичелли и Бонди, Сальвадор Дали и Фред Хойл, Леметр и Лафонтен. Поворочавшись некоторое время с боку на бок, мистер Томпкинс, наконец, забылся глубоким сном...

Среди ночи он вдруг проснулся от неожиданного ощущения: ему показалось, что вместо мягкого пружинного матраца он лежит на чем-то необычайно твердом. Мистер Томпкинс открыл глаза и увидел себя простертым на чем-то, показавшемся ему сначала скалой на берегу океана. Однако чуть позже он обнаружил, что действительно возлежит на скале, метров этак девять в поперечнике, которая без всякой видимой опоры висела в пространстве. Скала была местами покрыта зеленым мхом, а кое-где из расщелин на ней росли небольшие кустики. Пространство вокруг скалы было освещено каким-то странным мерцающим светом и изрядно забито пылью. Мистеру Томпкинсу еще никогда не приходилось видеть, чтобы в воздухе было столько пыли, даже в фильмах, изображавших пыльные бури на Среднем Западе. Он сделал себе защитную маску из носового платка и почувствовал изрядное облегчение. Но в окружающем пространстве были вещи и поопаснее пыли. Очень часто камни размером с голову мистера Томпкинса и поболее проносились в пространстве у самой скалы и время от времени врезались в нее с непривычно глухим стуком. Но и это еще не все: обозревая окрестности, мистеру Томпкинсу приходилось изо всех сил цепляться за выступы скалы и прижиматься к ней, опасаясь сорваться со скалы и сгинуть в пыльной бездне. Но вскоре мистер Томпкинс набрался храбрости и попытался взобраться на край скалы, чтобы убедиться в том, что под ней действительно нет никакой опоры. Подползая к краю скалы, мистер Томпкинс к своему великому удивлению заметил, что не падает со скалы. Наоборот, его вес постоянно прижимает его к поверхности скалы, хотя сама скала невелика и он успел проползти уже не менее четверти ее охвата. Взглянув из-за груды камней на то место, которое расположено в аккурат под тем местом, где мистер Томпкинс первоначально оказался, он убедился, что скала свободно висит в пространстве и ее ничто не поддерживает. К своему великому изумлению, мистер Томпкинс внезапно увидел в мерцающем свете своего друга — старого профессора, стоявшего на скале, как показалось мистеру Томпкинсу, вниз головой и делавшего какие-то заметки в записной книжке.

Теперь до мистера Томпкинса медленно стало доходить, что происходит. Он вспомнил, как в детстве учил в школе, что Земля — огромная круглая скала, свободно обращающаяся в космическом пространстве вокруг Солнца. Мистер Томпкинс вспомнил также рисунок из школьного учебника: два антипода, стоящие

---

<sup>4</sup> Канал, или Английский Канал, — английское название пролива Ла-Манш. (Прим. пер)

на противоположных сторонах Земли. Ну конечно же! Его скала была небесным телом очень малых размеров, притягивавшим все к своей поверхности, а он сам и старый профессор составляли все население этой крохотной планеты. Размышления несколько утешили мистера Томпкина: по крайней мере не было опасности свалиться со скалы в космическое пространство!

— Доброе утро, — произнес мистер Томпкинс, чтобы отвлечь внимание старого профессора от вычислений, в которые тот ушел с головой.



*Здесь не бывает утр*

Профессор оторвал глаза от записной книжки.

— Здесь нет никаких утр, — сказал он, — нет Солнца, как нет ни одной светящейся звезды во всей этой вселенной. Хорошо еще, что на поверхности тел здесь не протекают кое-какие химические процессы, иначе я просто не смог бы наблюдать за расширением этого участка вселенной. — И с этими словами профессор снова уткнулся в свою записную книжку.

Мистер Томпкинс очень расстроился: подумать только, встретить единственное живое существо во всей вселенной и обнаружить, что оно так необщительно! Неожиданно мистеру Томпкину на помощь пришел один из мелких метеоритов: со стуком ударившись о записную книжку, он выбил ее из рук профессора и унес ее в космические дали, прочь от маленькой планеты.





— Нет, — откликнулся профессор, — она все еще удаляется от нас. То, что вы видите, как она увеличивается в размерах, объясняется особым фокусирующим действием замкнутого сферического пространства на лучи света. Вернемся к нашему древнему греку. Если бы лучи света, например с помощью атмосферной рефракции, можно было заставить распространяться вдоль искривленной поверхности Земли, то наш грек, будь у него мощный бинокль, мог бы следить за своим посланцем на протяжении всего путешествия. Взглянув на глобус, вы заметите, что прямейшие линии на его поверхности — меридианы — сначала расходятся от одного полюса, но после прохождения через экватор начинают сходиться к противоположному полюсу. Если бы лучи света распространялись вдоль меридианов, то вы находясь, например, на одном полюсе, увидели, как посланец, удаляясь от вас, уменьшается в размерах только до тех пор, пока не пересечет экватор. Затем вы увидите, как он увеличивается в размерах, и вам будет казаться, что он возвращается, тогда как в действительности он будет двигаться все дальше и дальше от вас. Когда посланец достигнет противоположного полюса, вы увидите его в натуральную величину — таким, как если бы он стоял рядом с вами. Однако вы не могли бы коснуться его, как не могли бы потрогать изображение в сферическом зеркале. Опираясь на эту двумерную аналогию, вы можете теперь представить, что произойдет с лучами света в необычно искривленном трехмерном пространстве.

— Взгляните, — прервал себя на полуслове профессор, — изображение моей записной книжки совсем рядом.

Действительно, без всякого бинокля мистер Томпкинс мог видеть, что записная книжка находилась не более чем в метре от них. Но выглядела она весьма странно! Контуры ее были не резкими, а сильно размытыми, формулы, которыми профессор исписал странички, были едва различимы, а вся записная книжка в целом выглядела, как фотография, снятая не в фокусе и к тому же еще недопроявленная.

— Теперь вы сами можете убедиться, — заметил профессор, — что перед вами не сама записная книжка, а всего лишь ее изображение, сильно искаженное светом, которому пришлось пройти полмира. Если хотите окончательно убедиться в том, что перед вами изображение, взгляните в страницы повнимательнее и вы увидите сквозь них камни, летящие в космическом пространстве за книжкой.

Мистер Томпкинс попытался было схватить записную книжку, но рука его без всякого сопротивления прошла сквозь изображение.

— Сама записная книжка, — продолжал профессор, — находится сейчас очень близко от противоположного полюса вселенной. Второе изображение книжки сейчас прямо у вас за спиной, и когда оба изображения совпадут, настоящая книжка окажется на противоположном полюсе.

Но мистер Томпкинс уже ничего не слышал. Он глубоко погрузился в размышления, пытаясь припомнить, как строятся изображения объектов в элементарной оптике с помощью вогнутых зеркал и линз. Когда мистер Томпкинс очнулся, изображения снова расходились в противоположные стороны.

— А что искривляет пространство и порождает все эти забавные эффекты? — спросил мистер Томпкинс профессора.

— Наличие тяжелой материи, — последовал ответ. — Когда Ньютон открыл закон всемирного тяготения, он видел в гравитации обычную силу, такую же, как, например, сила, порождаемая упругой нитью, натянутой между двумя телами. Однако всегда остается загадкой то обстоятельство, что все тела независимо от их массы и размера обладают одним и тем же ускорением и, если исключить сопротивление воздуха и тому подобные эффекты, под действием сил тяготения движутся одинаково. Эйнштейн первым ясно и определенно показал, что тяжелая материя прежде всего порождает кривизну пространства и что траектории всех тел, движущихся в гравитационном поле, искривлены только потому, что искривлено само пространство. Боюсь однако, что вам без достаточной математической подготовки трудно разобраться во всем этом.

— Нелегко, — согласился мистер Томпкинс. — Но скажите мне, пожалуйста, была бы у нас та геометрия, которой меня учили в школе, если бы материи вообще не было, и пересекались бы тогда параллельные прямые?

— Параллельные не пересекались бы, — подтвердил профессор, — но ни одно материальное существо не могло бы проверить это.

— Может быть, никакого Евклида в действительности не было и поэтому он не мог создать геометрию абсолютно пустого пространства?

Но профессор явно не желал вдаваться в метафизическую дискуссию.

Между тем изображение записной книжки удалилось в первоначальном направлении и начало приближаться во второй раз. Теперь оно было искажено еще больше, чем прежде, и узнать в нем «призрак» записной книжки было почти невозможно. По мнению профессора, столь сильное искажение объяснялось тем, что лучам света на этот раз приходилось обходить весь мир.

— Если вы еще раз оглянетесь, — обратился профессор к мистеру Томпкинсу, — то увидите мою записную книжку, которая, наконец, возвращается ко мне, совершив кругосветное путешествие.

Профессор протянул руку, поймал записную книжку и засунул ее в карман.

— В этой вселенной, как вы можете убедиться сами, так много пыли и камней, — сказал профессор, — что почти невозможно окинуть взглядом весь мир. Эти бесформенные тени, которые вы видите вокруг нас, скорее всего наши изображения и изображения окружающих предметов. Однако они так сильно искажены пылью и дефектами кривизны пространства, что я не берусь сказать, чему соответствует каждое такое изображение.

— А не наблюдается ли такой же эффект в большой Вселенной, где мы с вами жили раньше? — спросил мистер Томпкинс.

— Конечно, наблюдается, — последовал ответ, — но та Вселенная настолько велика, что свету требуются миллиарды лет, чтобы обойти ее. Вы могли бы, не пользуясь зеркалом, увидеть, как парикмахер постриг вас сзади, но лишь через миллиарды лет после того, как побываете у парикмахера. Кроме того, вероятнее всего межзвездная пыль полностью затемнит изображение. Кстати сказать, один английский астроном предположил даже как-то раз, скорее в шутку, чем всерьез, что видимые сейчас звезды на небе — не более чем изображения звезд, существовавших в очень далекую эпоху.

Устав от усилий понять все эти объяснения, мистер Томпкинс оглянулся и к своему большому удивлению заметил, что картина неба значительно изменилась. Пыли стало заметно меньше, и он снял с лица маску, которую смастерил из носового платка. Небольшие камешки пролетали значительно реже и стукались о поверхность скалы с гораздо меньшей энергией. Что же касается нескольких больших скал, наподобие той, на которой нашли приют и он сам, мистер Томпкинс, и старый профессор, то теперь большие скалы не маячили поблизости, как в самом начале, а удалились на большие расстояния друг от друга и стали едва различимыми.

— Жизнь явно идет на лад, — подумал мистер Томпкинс, — а то я все опасался, как бы один из этих блуждающих камней не врезался в меня.

— Можете ли вы объяснить изменения, происходящие вокруг нас? — спросил он, повернувшись к профессору.

— Очень даже просто, — с готовностью ответил тот. — Наша маленькая вселенная очень быстро расширяется и с тех пор, как мы здесь оказались, ее размеры увеличились с десяти до примерно сотни километров. Как только я здесь очутился, расширение было мне заметно по покраснению далеких объектов.

— Я тоже заметил, что на большом расстоянии все становится розовым, — подтвердил мистер Томпкинс, — но почему это свидетельствует о расширении вселенной?

— Должно быть, вы замечали, — начал профессор, — что гудок приближающегося поезда звучит высоко, но значительно понижается, когда поезд проносится мимо вас? Это так называемый эффект Доплера: зависимость высоты звука от скорости источника. Когда расширяется все пространство, каждый объект, расположенный в нем, удаляется со скоростью, пропорциональной расстоянию от наблюдателя до объекта. Свет, испускаемый такими объектами, краснеет, что в акустике соответствует понижению высоты тона. Чем дальше объект, тем быстрее он движется и тем краснее кажется нам. В нашей доброй старой Вселенной, которая также расширяется, это покраснение, или, как мы его называем, красное смещение, позволяет астрономам оценивать расстояния до очень далеких звездных облаков. Например, одно из таких ближайших облаков — так называемая Туманность Андромеды — обнаруживает 0,05 %-ное покраснение, что соответствует расстоянию, проходимому светом за восемьсот тысяч лет. Но существуют также

туманности на пределе разрешающей способности современных телескопов, которые обнаруживают 15 %-ное покраснение, что соответствует расстоянию в несколько сотен миллионов световых лет. Предполагается, что эти туманности расположены почти на середине экватора нашей большой Вселенной и весь объем космического пространства, известного земным астрономам, составляет значительную часть полного объема Вселенной. Современная скорость ее расширения составляет 0,00000001 % в год, каждую секунду радиус Вселенной возрастает примерно на *десять миллионов* километров. Наша малая вселенная растет (по сравнению с большой) гораздо быстрее, и ее размеры увеличиваются примерно на 1 % в минуту.

— И такое расширение никогда не прекратится? — спросил мистер Томпкинс.

— Разумеется, прекратится, — сказал профессор, — а затем начнется сжатие. Каждая вселенная пульсирует между наименьшим и наибольшим радиусом. Для большой Вселенной период колебаний очень велик и составляет что-нибудь около нескольких тысяч миллионов лет, но для нашей маленькой вселенной период колебаний составляет всего лишь каких-нибудь два часа. Думаю, что сейчас мы наблюдали состояние ее наибольшего расширения. Вы заметили, как похолодало?

Действительно, тепловое излучение, заполняющее вселенную и теперь распределенное по очень большому объему, отдавало маленькой планете, на которой находились мистер Томпкинс и старый профессор, лишь небольшую толику тепла и температура была близка к точке замерзания.

— Хорошо еще, — сказал профессор, — что когда мы здесь оказались, теплового излучения было столько, что немного тепла оно отдавало даже на стадии расширения. В противном случае в нашей маленькой вселенной было бы настолько холодно, что воздух вокруг нашей скалы сконденсировался бы в жидкость и мы бы насмерть замерзли. Но сжатие уже началось и скоро снова будет тепло.

Взглянув на небо, мистер Томпкинс заметил, что все далекие объекты изменили свой цвет с розового на фиолетовый. По мнению профессора, это означало, что все небесные тела начали приближаться к ним. Мистер Томпкинс вспомнил приведенную профессором аналогию с высотой звучания гудка приближающегося поезда и содрогнулся от страха.

— Если все теперь сжимается, не следует ли ожидать, что вскоре огромные скалы, заполняющие вселенную, сблизятся и раздавят нас? — с беспокойством спросил он профессора.

— Вы совершенно правы, так и произойдет, — спокойно ответил профессор,

— но я думаю, что еще до того, как это произойдет, мы оба распадемся на отдельные атомы из-за необычайно высокой температуры. Это миниатюрная копия картины конца большой Вселенной, все смешается в однородный шар раскаленного газа и только после того, как наступит стадия нового расширения, начнется новая жизнь.

— Ничего себе перспектива! — пробормотал мистер Томпкинс. — В большой Вселенной у нас было до ее конца, как вы упоминали, миллиарды лет, а здесь все происходит слишком быстро для меня! Мне жарко даже в пижаме!

— Пижаму лучше не снимать, — посоветовал профессор. — Все равно этим не поможешь. Лучше лечь и наблюдать за происходящим вокруг, пока вы сможете.

Мистер Томпкинс ничего не ответил. Жара становилась нестерпимой. Пыль, сильно уплотнившаяся, стала собираться вокруг него, и он почувствовал себя как бы завернутым в мягкое теплое одеяло. Мистер Томпкинс сделал движение, чтобы освободиться из этого кокона, и рука его неожиданно оказалась в холодном воздухе.



— Уж не проделал ли я дыру в негостеприимной вселенной? — было его первой мыслью. Он хотел спросить об этом профессора, но того нигде не было. Вместо ставшей уже привычной скалы мистер Томпкинс различил в предрассветной мгле смутные очертания гостиничного номера. Он лежал на кровати, плотно завернутый в шерстяное одеяло, выпростав из-под одеяла одну лишь руку.

— Новая жизнь начнется с расширения! — подумал он, вспомнив слова старого профессора. — Слава Богу, мы все еще расширяемся!

И мистер Томпкинс направился в ванную, чтобы принять утренний душ.

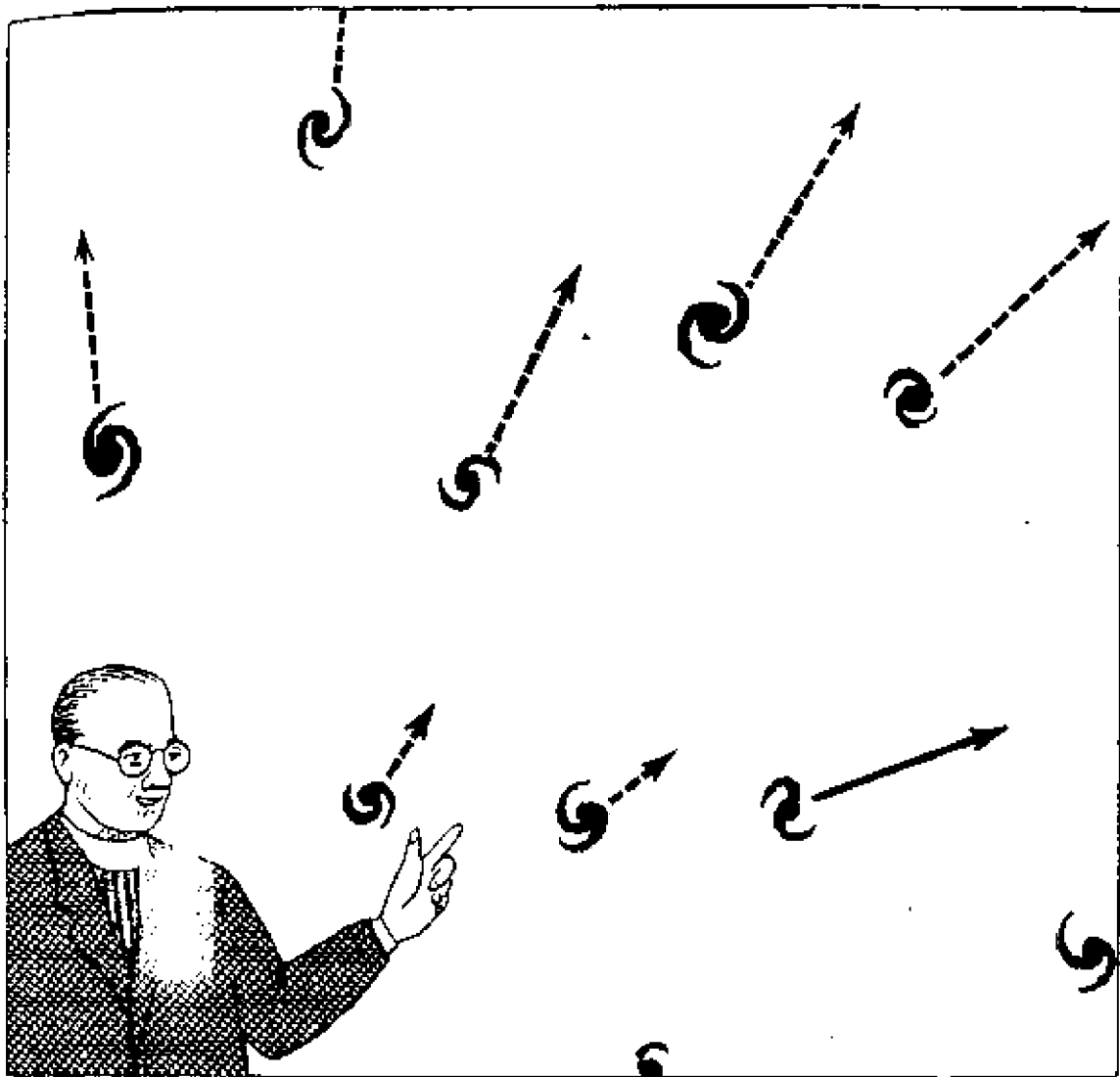
## **Глава 6**

### **Космическая опера**

Когда утром за завтраком мистер Томпкинс поведал профессору о своем сне, приснившемся прошлой ночью, тот выслушал его весьма скептически.

— Коллапс нашей Вселенной, — заметил он, — разумеется, был бы весьма драматическим концом, однако скорости разбегания галактик настолько велики, что переживаемая нами стадия расширения никогда не перейдет в коллапс, наша Вселенная будет неограниченно расширяться, а распределение галактик в космическом пространстве становиться все более разреженным. Когда все звезды, образующие галактики, погаснут из-за исчерпания ядерного топлива, наша Вселенная превратится в набор холодных и темных скоплений небесных тел, рассеянных в бесконечных просторах.

Впрочем, некоторые астрономы думают иначе. Они выдвигают теорию так называемой космологии стационарного состояния, согласно которой Вселенная остается неизменной во времени: она существовала примерно в том же состоянии, в каком мы видим ее сегодня, в бесконечно далеком прошлом и будет существовать в таком же состоянии в бесконечно далеком будущем. Разумеется, такая теория великолепно согласуется со старым добрым принципом Британской империи — сохранять в мире статус кво, однако я склонен думать, что теория стационарного состояния неверна. Кстати сказать, один из создателей этой новой теории — профессор теоретической астрономии Кембриджского университета — написал оперу о стационарной Вселенной, премьеры которой состоится в Ковент-Гарден на следующей неделе. Почему бы вам не заказать билеты для Мод и для себя и не послушать столь необычную оперу?



*Мистер Томпкинс увидел человека в черной сутане и белом воротничке, который обычно носят священнослужители*

Через несколько дней после возвращения в Лондон с южного побережья, где, как это часто бывает, стало холодно и пошли дожди, мистер Томпкинс и Мод сидели в удобных креслах красного бархата, ожидая, когда взойдется занавес и начнется опера.

Прелюдия была исполнена в темпе *precipitevol issimevolmente*, и дирижер дважды менял свой воротничок, прежде чем прелюдия подошла к концу. Наконец, когда занавес рывком поднялся, все, кто находился в зале, вынуждены были закрыть глаза руками — столь ослепительно ярким светом была залита сцена. Потoki света, изливавшиеся со сцены, вскоре заполнили весь зрительный зал от партера до балкона самого верхнего яруса, превратив его в один ослепительный океан света. Но вот свет стал постепенно меркнуть, и мистер Томпкинс внезапно обнаружил, что как

бы плавают в темном пространстве, освещенном множеством быстро вращающихся крошечных горящих факелов, напоминающих огненные колеса, используемые при фейерверках. Музыка невидимого оркестра сменилась звучанием органа, и мистер Томпкинс увидел неподалеку от себя человека в черной сутане и белом воротничке, который носят священнослужители. Взглянув в либретто, мистер Томпкинс узнал, что это был аббат Жорж Леметр из Бельгии, который первым предложил теорию расширяющейся Вселенной (эту теорию нередко называют теорией «Большого Взрыва»).

Первые куплеты из арии Леметра мистер Томпкинс помнит и поныне:

O, Aiome prreemorrddialel  
All-containeeng Atome!  
Deessolved eento fragments exceedeengfy small  
Galaxies forrmeeng,  
Each wizprimal energy!  
Ot rradioactif Atome!  
Ot all-containeeng Atome!  
O, Univairrsale Aiome —  
Worrk of Z'Lorrd!  
Z long evolution  
Tells of mightyfirreworrks  
Zat ended een ashes and smouldairreeng weesps.  
We stand on z'ceendairres  
Fadeengsuns confironteengus,  
Attempteeng to rremembairre  
Z'splendeurofz brigine,  
Q, Univairrsale Atome —  
Worrkof Z'Lorrd <sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Идя навстречу пожеланиям меломанов, предпочитающих слушать оперу в подлиннике, и ценителей стилистических красот английского текста, мы приводим все оперные арии на языке оригинала, а для тех, кто интересуется содержанием, приводим перевод, не искаженный погоней за рифмами. (Прим. пер.)



Величественно

*p* O. A-tome prree-morr-diale! All-con-tain-eeng A-tome! Dees -  
*p* -solved een-to frrag-ments ex-ceed-eeng-ly small. Gal-ax-ies  
*pp* forrm-eeng, Each wiz prri-mal en-err-gy! O rra-dio ac-tif A-tome! O  
*cresc. mf* all-con-tain-eeng A-tome! O Un-i-vairr-sale A-tome. Worrk of z' Lorr-d!

(О, Атом первичный!  
 Бессодержательный Атом!  
 Распавшись на мельчайшие осколки,  
 Ты образует галактики,  
 Каждую — со своей первичной энергией!  
 О, радиоактивный Атом!  
 Всесодержительный Атом!  
 О, Атом Единый —  
 Творение Господа!  
 Долгая эволюция  
 Говорит нам о чудовищных фейерверках,  
 Заканчивавшихся пеплом и тлеющими углями.  
 Мы стоим на пепелище,  
 И потухшие солнца смотрят на нас,  
 Стоим, пытаюсь вспомнить

Великолепие начала мира.  
О, Атом Единый —  
Творение Господа!)

После того как отец Леметр закончил свою арию, откуда ни возьмись появился высокий мужчина, который (судя по либретто) оказался русским физиком Георгием Гамовым, вот уже три десятилетия проводящим свой отпуск в Соединенных Штатах. Вот что он запел:

Good Abbe, ourrunderrstandink  
It is same in many ways.  
Univerrse has been expandink  
Frrom the crradle of its days.  
Univerrse has been expandink  
Frrom the crradle of its days.  
You have told it gains in motion,  
Irregrrret to disagrree,  
And we differr in ourr notion  
As to how it came to be.  
And we differr in ourr notion  
As to how it came to be.  
It was neutrron fluid-neverr  
Primal Atom, as you told.  
It is infinite, as everr  
It was infinite of old.  
It is infinite, as everr  
It was infinite of old.  
On a limitless pavilion  
In collapse, gas met its fate,  
Yearrs ago (some thousand million)  
Having come to densest state.  
Yearrs ago {some thousand million)  
Having come to densest state.  
All the Space was then rresplendent  
At that crrucialpoint in time.  
Light to matterr was trranscendent  
Much as meterr is, to rrhyme.  
Light to matterr was trranscendent  
Much as meterr is, to rrhyme.  
For each ton ofrradiation  
Then of matterr was an ounce,  
Till the impulse t 'warrd inflation  
In thatgrrreatprprimeval bounce.  
Till the impulse t 'warrd inflation  
In that grrreat prprimeval bounce.  
Light by then was slowly palink,

Hundrred million yearrrsgo by...  
 Matterr, over lightprrevailink,  
 Is in plentiful supply.  
 Matterr, overlighptirevailink,  
 Is in plentiful supply.  
 Matterr then began condensink  
 (Such are Jeans 'hypotheses).  
 Giant, gaseous clouds dispensink  
 Known asprrotogalaxies.  
 Giant, gaseous clouds dispensink  
 Known as prrotogalaxies.  
 Prrotogalaxies were shattered,  
 Flying outward through the night  
 Starrs werreformmedfrom them, andscattemd  
 And the Space was filled with light.  
 Starrs werreformmedfrrom them, andscattered  
 And the Space was filled with light  
 Galaxies arre everrspinnink,  
 Starrs will burrn to final sparrk.  
 Till ourr univerrse is thinnink  
 And is lifeless, cold and dank.  
 Till ourr univerrse is thinnink  
 And is lifeless, cold and darrk.

**Весело и пьяно**

Good Ab - bé, ourr un-derr - stand-ink It is same in ma - ny  
 ways. Un-i - verrse has been ex - pand-ink Frrom the crrad-le of its  
 days. Un-i - verrse has been ex - pand-ink Frrom the crrad-le of its days.

(Славный отче, наши представления  
 Во многом совпадают.  
 Вселенная расширяется  
 С самого рождения.  
 Вселенная расширяется  
 С самого рождения.

Но вы утверждаете, что она все прибавляет в движении.  
К сожалению, не могу с вами согласиться.  
Расходимся мы и в наших представлениях  
По поводу того, как это может произойти.  
Расходимся мы и в наших представлениях  
По поводу того, как это может произойти.  
Сначала была нейтронная жидкость,  
А не первичный Атом, как вы утверждаете.  
Она простиралась бесконечно  
И существовала бесконечно давно.  
Она простиралась бесконечно  
И существовала бесконечно давно.  
Под бесконечным шатром  
В коллапсе газ последовал своей судьбе,  
И давным-давно (несколько тысяч миллионов лет назад)  
Перешел в состояние с наибольшей плотностью.  
И давным-давно (несколько тысяч миллионов лет назад)  
Перешел в состояние с наибольшей плотностью.  
Все космическое пространство наполнилось  
нестерпимым блеском  
В той критической точке во времени.  
Свет преобладал над материей,  
Как метр над рифмой.  
Свет преобладал над материей,  
Как метр над рифмой.  
На каждую тонну излучения  
Приходилась унция материи,  
Пока не последовал импульс к расширению —  
Сильнейший первичный толчок.  
Пока не последовал импульс к расширению —  
Сильнейший первичный толчок.  
Затем свет стал медленно меркнуть,  
И длилось это сотни миллионов лет...  
Материя стала преобладать над светом  
И весьма основательно.  
Материя стала преобладать над светом  
И весьма основательно.  
Затем материя начала конденсироваться  
(Таковы гипотезы Джинса).  
Образовались гигантские газовые облака,  
Известные как протогалактики.  
Образовались гигантские газовые облака,  
Известные как протогалактики.  
Протогалактики разбились вдребезги  
И разлетелись в ночи.  
Из них образовались звезды и рассеялись,  
И все космическое пространство наполнилось светом.  
Из них образовались звезды и рассеялись,  
И все космическое пространство наполнилось светом.  
Галактики будут безостановочно вращаться,  
Звезды выгорят до последней искорки,

Вселенная наша будет становиться все разреженной,  
Пока не превратится в безжизненную, холодную и  
темную пустыню.

Вселенная наша будет становиться все разреженной,  
Пока не превратится в безжизненную, холодную и  
темную пустыню.)

Третью арию, запавшую в память мистеру Томпкинсу, исполнил автор оперы, внезапно материализовавшийся из ничего в пространстве между ярко сиявшими галактиками. Он вынул из кармана едва народившуюся галактику и запел:

Величественно

The un-i - verse, by Hea - ven's de - cree, Was

ne - ver formed in time gone by, Was no-ver formed in

time gone by, in time gone by But is, has been, has

been, shall ev-er be for so say Bon - di, Gald and I.

Припев

Stay, O Cosmos, O Cosmos stay the same! We the stea - dy state pro-claim.

The universe, by Heaven's decree,  
Was never formed in time gone by,  
But is, has been, shall ever be —  
For so say Bondi, Gold and I.  
Stay, O Cosmos, O Cosmos, stay the same!  
We the Steady State proclaim!  
The aging galaxies disperse,  
Burn out, and exit from the scene.  
But all the while, the universe  
Is, was, shall ever be, has been.  
Stay, O Cosmos, O Cosmos, stay the same!  
We the Steady State proclaim!  
And still new galaxies condense  
From nothing, as they did before.  
(Lemaitre and Gamow, no offence!)  
All was, will be for evermore.  
Stay, O Cosmos, O Cosmos, stay the same!  
We the Steady State proclaim!

(Вселенная не возникла вдруг,  
По велению небес, в прошлом.  
Она есть, была и будет всегда,  
Ибо так говорят Бонди, Голдия.  
Оставайся, о Космос, о Космос, навсегда одним и тем же!  
Мы провозглашаем стационарное состояние!  
Стареющие галактики разбегаются,  
Сгорают и сходят со сцены.  
Но все равно Вселенная  
Есть, была и будет всегда.  
Оставайся, о Космос, о Космос, навсегда одним и тем же!  
Мы провозглашаем стационарное состояние!  
А между тем все новые галактики конденсируются  
Из ничего, как это происходило в прошлом  
(Леметр и Гамов — это не выпад против вас!)

Все было и будет навсегда.

Несмотря на столь вдохновляющие слова, все галактики в окружающем пространстве стали меркнуть. Наконец, бархатный занавес опустился, и в зрительном зале оперного театра зажглись канделябры.

— О, Сирил, — услышал мистер Томпкинс голос Мод, — я знаю, что ты способен уснуть где угодно и когда угодно, но засыпать в Ковент-Гарден тебе все-таки не следовало! Ты проспал весь спектакль!

Когда мистер Томпкинс проводил Мод до дома ее отца, старый профессор, удобно расположившись в кресле, просматривал только что доставленный выпуск «Monthly Notices» (журнала «Ежемесячные заметки»).

— Ну и как вам понравилась опера? — осведомился профессор.

— Великолепно! — отозвался мистер Томпкинс. — На меня особенно сильное впечатление произвела ария о вечно существующей Вселенной. Она звучит так успокаивающе!

— Поосторожней с этой теорией, — предостерег профессор. — Разве вы не знаете пословицу «Не все то золото, что блестит»? Я как раз читал статью кембриджского астронома Мартина Райла, который построил гигантский радиотелескоп, позволяющий обнаруживать галактики на расстояниях, в несколько раз превышающих радиус действия двухсотдюймового оптического телескопа обсерватории Маунт Паломар. Наблюдения Райла показывают, что очень далекие галактики расположены гораздо ближе друг к другу, чем соседние галактики.

— Вы хотите сказать, — попробовал уточнить мистер Томпкинс, — что область Вселенной, в которой мы обитаем, населена галактиками весьма редко и что плотность населения возрастает по мере того, как мы удаляемся от Земли?

— Ничего подобного, — возразил профессор. — Не следует забывать о том, что из-за конечности скорости света, когда вы смотрите далеко в глубь космического пространства, вы как бы заглядываете далеко назад во времени. Например, так как свету требуется восемь минут, чтобы дойти до нас от Солнца, вспышку на Солнце земные астрономы наблюдают с запозданием в восемь минут. Фотографии нашего ближайшего космического соседа — спиральной галактики в созвездии Андромеды (которую вы, наверное, видели в книгах по астрономии; она расположена от нас на расстоянии примерно в один миллион световых лет) — в действительности показывают, как эта галактика выглядела миллион лет назад. То, что Райл видит или, лучше сказать, слышит с помощью своего радиотелескопа, соответствует ситуации, существовавшей в той далекой части Вселенной многие тысячи миллионов лет назад. Если бы наша Вселенная находилась в стационарном состоянии, то картина не должна была бы изменяться во времени и очень далекие галактики, наблюдаемые с Земли, должны были бы быть распределены в космическом пространстве не плотнее и не реже, чем галактики в ближайшей космической окрестности Земли. Следовательно, если наблюдения Райла показывают, что далекие галактики расположены в космическом пространстве плотнее, чем более близкие галактики, то это эквивалентно утверждению о том, что в далеком прошлом, тысячи миллионов лет назад, галактики были распределены в пространстве плотнее, чем теперь. Ясно, что такое утверждение противоречит теории стационарного состояния Вселенной и подкрепляет первоначальную гипотезу, согласно которой галактики разбегаются и плотность их населения убывает. Но, разумеется, мы должны соблюдать осторожность и подождать, пока результаты Райла не будут подтверждены.



— Кстати сказать, — продолжал профессор, доставая из кармана сложенный листок бумаги, — один из моих ученых коллег, обладающий поэтическими наклонностями, недавно написал на эту тему стихотворение. Вот послушайте:

«Your years of toil»,  
Said Ryle to Hoyle,  
«Are wasted years, believe me.  
The steady state  
Is out of date.  
Unless my eyes deceive me,  
My telescope  
Has dashed your hope;  
Your tenets are refuted.  
Let me be terse:  
Our universe  
Grows daily more diluted!»  
Said Hoyle, «You quote  
Lemaitre, I note,  
And Gamow. Well, forget them!  
That errant gang  
And their Big Bang —  
Why aid them and abet them?  
You see, my friend,  
It has no end  
And there was no beginning,  
As Bondi, Gold,  
And I will hold  
Until our hair is thinning.»  
«Not so!» cried Ryle  
With rising bite  
And straining at the tether;  
«Far galaxies  
Are, as one sees,  
More tightly packed together!»  
«You make me boil!»  
Exploded Hoyle,  
His statement rearranging;  
«New matter's born  
Each night and morn  
The picture is unchanging!»  
«Come off it, Hoyle!  
I aim to foil  
You yet» (The fun commences)  
«And in a while»,  
Continued Ryle,  
«I'll bring you to your senses»

(«Все годы ваших хлопот, —

Сказал Райл Хойлу, —  
Напрасная трата времени, поверьте.  
Стационарное состояние  
Ныне не в моде.  
И если мои глаза не обманывают меня,  
Мой телескоп  
Вдребезги разбил ваши надежды;  
Ваша теория опровергнута.  
Позвольте мне сказать прямо:  
Наша Вселенная  
С каждым днем становится все более разреженной!»  
«Вы ссылаетесь, — сказал Хойл, —  
Как я погляжу, на Леметра  
И Гамова. Выбросьте их из головы!  
Ведь это заблуждающаяся банда  
И их Большой Взрыв —  
К чему помогать им и поощрять их?  
Видите ли, друг мой,  
Вселенная не имеет конца  
И начала у нее также не было,  
На чем Бонди, Голд  
И я будем настаивать,  
Покуда не поредеют наши волосы!»  
«Неверно! — вскричал Райл,  
Раздраженный и вне себя от ярости, —  
Ибо галактики,  
Как нетрудно убедиться,  
Упакованы плотнее!»  
«Вы просто выводите меня из терпения! —  
Взорвался Хойл,  
Формулируя свое утверждение по-иному. —  
Новая материя рождается  
Каждую ночь и каждое утро,  
Но картина остается неизменной!»  
«Да будет вам, Хойл!  
Уж теперь я всерьез вознамерился  
Разрушить ваши иллюзии (вот будет потеха!),  
А пока, — продолжал Райл, —  
Я приведу вас в чувство!»<sup>6)</sup>

— Мне очень хотелось бы узнать, — заметил мистер Томпкинс, — чем закончится этот не на шутку разгоревшийся спор.

---

<sup>6</sup> Недели за две до выхода в свет первого издания этой книги появилась статья Фреда Хойла «Последние достижения в космологии» (Nature, October 9, 1965, p. 33), в которой говорилось следующее: «Хойл и его сотрудники занимались подсчетом радиоисточников... Результаты подсчета радиоисточников указывают на то, что Вселенная в прошлом имела большую плотность, чем в настоящее время». Однако автор настоящей книги, поразмыслив, решил не вносить какие-либо изменения в текст арий «Космической оперы», памятуя о том, что оперы, единожды написанные, становятся классическими: например, даже сегодня Дездемона поет прекрасную арию перед тем, как умереть от рук Отелло.

С этими словами он, поцеловав на прощанье мисс Мод в щеку, пожелал ей и старому профессору спокойной ночи и отправился к себе домой.



**Идея настоящей книги выросла из короткого, фантастического с точки зрения науки рассказа, в котором автор предпринял попытку объяснить доступно для неспециалиста основные идеи теории искривленного пространства и расширяющейся Вселенной. По его мнению, для этого нужно было сильно увеличить масштабы реально существующих релятивистских явлений и тем самым сделать их легко наблюдаемыми для героя — мистера Томпкинса, скромного банковского служащего, интересующегося современной наукой.**

ИЗДАТЕЛЬСТВО **УРСС**  
НАУЧНОЙ И УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ



E-mail: URSS@URSS.ru  
Каталог изданий  
в *Internet*: <http://URSS.ru>  
Тел./факс: 7 (095) 135-44-23  
Тел./факс: 7 (095) 135-42-46

1742 ID 7677



9 785354 003563 >