

# Построение Новой Теории

Для того чтобы решить проблему, связанную с принципом Маха, необходимо построить на его основе теорию, а затем рассмотреть следствия, вытекающие из неё. Экспериментальная проверка таких следствий позволит выяснить, верен или нет принцип Маха.

### § 2.1 Постановка задачи

Итак, наша цель – построить *новую* физическую теорию, которая будет удовлетворять принципу Маха. Само собой разумеется, что новая теория должна также не противоречить и всем известным в настоящее время экспериментальным данным.

А что, собственно говоря, означает утверждение: теория удовлетворяет принципу Маха? Давайте разберём этот вопрос.

Принцип Маха утверждает, что движение тела по инерции как-то связано с неподвижными звёздами. Интуитивно это утверждение можно принять. Но какой в нём содержится *физический смысл*, пока не совсем ясно. Новая теория должна раскрыть *физический смысл* принципа Маха. Для этого она должна объяснить, *как именно* влияют неподвижные звёзды на движение тела по инерции. Как влияет на движение тела *каждая отдельно взятая звезда*, например Солнце? Новая теория должна быть такой, чтобы из неё можно было количественно рассчитать вклад от каждой звезды в движение тела по инерции. А значит, нам нужно получить математическую формулу, которая позволит рассчитать влияние каждой звезды на закон инерции. *И чтобы из этой формулы было ясно видно, что тело движется по инерции только благодаря совместным усилиям всех неподвижных звёзд.*

Из новой теории должно также следовать, что на достаточном удалении от всех звёзд (больших масс) закон инерции действовать не будет. Пока не ясно, что означает фраза: “закон инерции действовать не будет”. Так вот, новая теория должна раскрыть смысл и этой фразы.

Рассмотрим конкретный пример. Пусть два космических корабля летят меж звёзд по параллельным курсам с одинаковыми скоростями и выключенными двигателями. При этом один корабль вращается вокруг своей оси, а другой – не вращается. То есть первый корабль представляет собой неинерциальную систему отсчёта, а второй – инерциальную. С точки зрения принципа Маха различие между кораблями состоит *только в том*, что один из них *вращается относительно звёзд*, а другой – не вращается. Предположим, что через какой-то длительный промежуток времени эти два корабля улетели настолько далеко от всех звёзд, что влиянием звёзд можно пренебречь. Конечно, на практике такое вряд ли возможно. Но теоретически, то есть мысленно, представить это нетрудно.

И если принцип Маха верен, то в этом случае **никакого физического различия** между кораблями не будет. То есть законы движения станут **одни и те же** на обоих кораблях. А такое возможно только в том случае, если по мере удаления от всех звёзд будет каким-то образом “стираться” *физическое различие* между инерциальной и неинерциальными системами отсчёта.

Учитывая всё выше сказанное, можно сделать вывод, что задача построения новой физической теории на основе принципа Маха состоит в следующем. Нужно написать новое уравнение, учитывающее влияние каждой звезды на закон инерции. И чтобы из этого уравнения следовало, что при удалении от всех звёзд будет стираться физическое различие между инерциальной и неинерциальными системами отсчёта. А также следовало, что на достаточном удалении от всех звёзд закон инерции не будет действовать. Вполне возможно, что из нового уравнения будут вытекать принципиально новые следствия. Проверив эти следствия экспериментально, можно будет узнать, верен или нет принцип Маха.

## § 2.2 Эксперимент за пределами Вселенной

Для того чтобы понять физический смысл принципа Маха, нам следует провести эксперимент за пределами Вселенной. В этом эксперименте мы будем наблюдать, *как* будут двигаться пробные тела в том случае, когда закон инерции не определён.

Конечно, реально такой эксперимент невозможно осуществить. Невозможно улететь настолько далеко от всех звёзд, чтобы их влиянием можно было пренебречь. Но ничто не мешает нам провести этот эксперимент мысленно. Здесь может, конечно, возникнуть вопрос: а не бессмысленно ли рассуждать об эксперименте, если на практике он невозможен? Всё зависит от поставленной цели. Цель данного мысленного эксперимента – понять принцип Маха. К тому же это просто интересно.

Итак, предположим, что те самые два гипотетических космических корабля из предыдущего параграфа достигли, наконец, края Вселенной – той самой области пространства, настолько удалённой от всех больших масс Вселенной, что их воздействием уже можно пренебречь. То есть в этой области гравитационный потенциал Вселенной  $\Phi_{Un}$  практически равен нулю.

Пусть, например, космонавт одного из кораблей вышел в окружающее пространство. Он держит в руках кирпич и хочет его бросить. С каким ускорением полетит кирпич? Если исходить из Второго закона Ньютона, то ускорение кирпича  $a$  будет равно:  $a = F/m$ . Здесь  $F$  – сила, с которой космонавт бросит кирпич,  $m$  – инертная масса кирпича.

Но ведь кирпич оказывает сопротивление ускорению только когда ускоряется относительно неподвижных звёзд. Именно это утверждает принцип Маха. А данный кирпич находится *так далеко* от всех звёзд, что их воздействием на него можно пренебречь. Следовательно, кирпич не будет оказывать сопротивление ускорению, то есть потеряет свою инерцию. Иначе говоря, за пределами Вселенной инертная масса кирпича  $m$  будет равна нулю:  $m = 0$ . В § 1.6 мы уже приводили предположение Эйнштейна о том, что на достаточном удалении от всех масс Вселенной

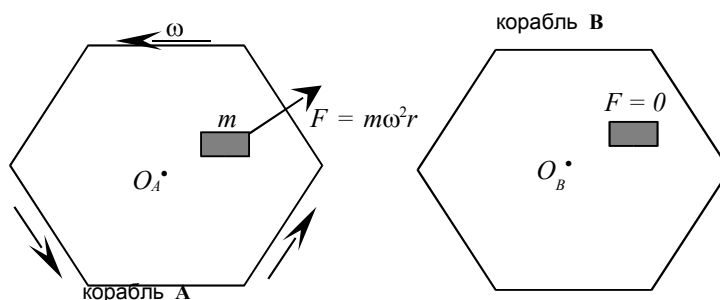
инерция тела должна уменьшиться до нуля. Таким образом, ускорение кирпича будет равно:  $a = F/m = \infty$ . Получается, кирпич полетит с бесконечным ускорением! Что-то здесь не так. А если на кирпич не действует сила, то с каким ускорением он тогда будет двигаться? В этом случае он будет двигаться с ускорением:  $a = F/m = 0/0 = ?$  Но если ноль поделить на ноль, то может получиться любое число. Такая арифметическая операция просто не определена. Выходит, кирпич будет двигаться с неопределённым ускорением? Но, значит, тогда он будет двигаться и с неопределённой скоростью и, что самое неприятное, в неопределённом направлении. Это означает, что кирпич можно будет обнаружить в любом месте пространства с равной вероятностью.

Итак, исходя из принципа Маха, мы пришли к выводу, что на достаточно большом удалении от всех больших масс Вселенной закон движения пробного тела (кирпича) будет неопределён.

### § 2.3 Виртуальный кирпич

А теперь давайте посмотрим, как будет выглядеть движение кирпича с точки зрения каждого из кораблей. Напомним, что один из двух кораблей (назовём его **А**) вращается относительно неподвижных звёзд, а другой корабль (назовём его **В**) – не вращается.

Когда корабли ещё находились внутри Вселенной, то во вращающемся корабле **А** действовали центробежные силы. И если бы во вращающемся корабле космонавт выпустил из рук кирпич, то кирпич был бы отброшен центробежной силой к наружной стенке корабля (см. рис. 1). А если бы выпустил кирпич из рук космонавт не вращающегося корабля, то этот кирпич “парил” бы возле космонавта.



**Рис.1.** Схема, изображающая корабли. Оба корабля ещё находятся внутри Вселенной, в окружении звёзд. Корабль **А** вращается относительно неподвижных звёзд с угловой скоростью  $\omega$  вокруг своего центра масс – точки  $O_A$ . Благодаря воздействию звёзд во вращающемся корабле **А** действуют центробежные силы. На любое тело массы  $m$ , находящееся в корабле **А**, действует центробежная сила  $F = m\omega^2 r$ , где  $r$  – расстояние от тела до оси вращения (точка  $O_A$ ). А на корабле **В** все тела находятся в состоянии невесомости.

С точки зрения принципа Маха во вращающемся корабле действовали центробежные силы *только* благодаря тому, что корабль

вращался относительно неподвижных звёзд. Именно воздействие звёзд каким-то образом и вызывало центробежные силы во вращающемся корабле. Ситуация существенно изменилась, когда корабли вылетели за пределы Вселенной, то есть удалились настолько далеко от всех звёзд, что воздействием звёзд на корабли уже можно было пренебречь (они удалились в место, настолько далёкое от всех масс Вселенной, что в этом месте гравитационный потенциал Вселенной  $\Phi_{\text{Уп}}$  практически равен нулю). *Поэтому центробежные силы во вращающемся корабле перестали действовать.*

Таким образом, корабль **A** продолжает вращаться относительно неподвижных звёзд. Но центробежные силы в нём *уже* не действуют, так как звёзды находятся *слишком далеко*, и их воздействие недостаточно для того, чтобы вызвать центробежные силы. *И если теперь космонавт вращающегося корабля выпустит из рук кирпич, то кирпич будет парить возле космонавта. Ведь центробежные силы уже не действуют!*

Итак, кирпич во вращающемся корабле должен оставаться всё время неподвижным относительно корабля. То есть он будет вращаться вместе с кораблём **A** относительно его оси.

А теперь предположим, что космонавт во вращающемся корабле просунул руку через иллюминатор в окружающее пространство и выпустил из руки кирпич (смотри рис. 2). Так как центробежных сил нет, то кирпич должен оставаться всё время неподвижным относительно корабля **A**, вращаясь вместе с ним вокруг точки  $O_A$ . Поэтому кирпич должен двигаться по окружности с центром в точке  $O_A$ , ведь только при таком движении он останется неподвижным относительно корабля.

Но с другой стороны, когда космонавт корабля **A** выпустил из рук кирпич, то кирпич находился в покое относительно корабля **A**. А это значит, что он двигался относительно корабля **B** со скоростью  $V$ , равной:

$$V = \omega r$$

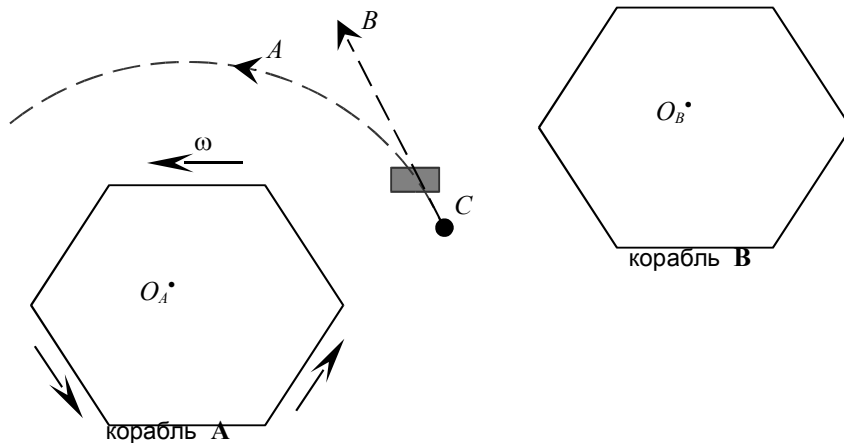
где  $\omega$  – угловая скорость вращения корабля **A**, а  $r$  – расстояние от кирпича до точки  $O_A$  (ось вращения корабля **A**). И так как на кирпич никакие силы не действуют, то он должен также двигаться равномерно и прямолинейно относительно корабля **B**. То есть должен двигаться по прямой  $CB$ . Получается, что, с одной стороны, кирпич должен двигаться по окружности, а, с другой стороны, он должен двигаться по прямой.

Иначе говоря, один и тот же кирпич должен одновременно двигаться в разных направлениях! И через некоторое время оказаться сразу в разных точках пространства! Может ли кирпич так двигаться?

Чтобы лучше понять ответ на этот вопрос, давайте повторим вкратце наши рассуждения. Между инерциальной и неинерциальной системами отсчёта существует принципиальная разница. В инерциальной системе отсчёта выполняется закон инерции, а в неинерциальной системе отсчёта – не выполняется. В инерциальной системе отсчёта свет движется по прямой, а в неинерциальной системе отсчёта путь света искривлён. Можно сказать, что существует некоторая асимметрия между разными системами отсчёта. В чём причина этой асимметрии?

Принцип Маха утверждает, что физической причиной такой асимметрии являются звёзды. Например, корабль **A** вращается относительно звёзд. И только благодаря этому (то есть какому-то, пока не

выясненному, воздействию звёзд) в корабле А возникают центробежные силы.



**Рис. 2.** Схема, изображающая корабли, когда они уже вылетели за пределы Вселенной. Воздействием звёзд можно полностью пренебречь, и поэтому во вращающемся корабле А центробежные силы не действуют.

Космонавт корабля А оставил в окружающем пространстве кирпич (точка С). С одной стороны, кирпич должен оставаться всё время неподвижным относительно корабля А, так как центробежные силы на него не действуют. И, следовательно, он должен двигаться по окружности с центром в точке  $O_A$  (по дуге  $CA$ ).

Но с другой стороны, когда космонавт оставил кирпич в открытом пространстве, кирпич двигался с некоторой скоростью относительно корабля В. Но ведь в системе отсчёта, связанной с кораблём В, центробежные силы тоже не действуют. Поэтому кирпич должен двигаться равномерно и прямолинейно также и относительно корабля В, то есть он должен двигаться также и по прямой  $CB$ .

Но когда корабли вылетели за пределы Вселенной так далеко, что воздействием звёзд можно полностью пренебречь, то ситуация существенно изменилась. Теперь оба корабля с физической точки зрения абсолютно равноправны. Поэтому, если кирпич будет двигаться равномерно и прямолинейно относительно корабля В, то он также должен двигаться равномерно и прямолинейно относительно корабля А.

Иначе говоря, один и тот же кирпич должен двигаться в разных направлениях одновременно. Может ли он так двигаться? Может, но только в том случае, если за пределами Вселенной кирпич по какой-либо причине превратится в волну.

При каких условиях такое превращение возможно? Ответ следующий. С точки зрения квантовой механики любое тело обладает некоторой неопределённостью в движении и, следовательно, волновыми свойствами. Эта неопределённость в движении характеризуется очень маленькой величиной – величиной постоянной Планка. Именно поэтому волновые свойства кирпича в обычных условиях практически не

проявляются. Но если неопределённость в движении тел за пределами Вселенной значительно возрастёт (значительно возрастёт величина постоянной Планка), то волновые свойства кирпича станут наблюдаемы. И кирпич запросто сможет пролететь по различным путям одновременно, также как это делает электрон при обычных условиях (парадоксальному поведению квантовых объектов будет целиком посвящена 5-я глава).

Учитывая всё вышесказанное, можно сделать следующий вывод. В соответствии с требованием принципа Маха за пределами Вселенной – где звёзды не оказывают своего воздействия – Второй закон Ньютона будет *неопределён* (то есть не будет определена система отсчёта, относительно которой измеряется ускорение, которое содержится в формуле этого закона). И поэтому там *тела будут двигаться с неопределёнными ускорениями*. Вследствие этого *скорости тел и направления их движения будут также неопределёнными*.

Но ведь и элементарные частицы, из которых состоят тела, также будут двигаться с неопределёнными скоростями и в неопределённых направлениях. *Поэтому все макроскопические тела распадутся на элементарные частицы*. Такая же участь постигла бы и наши два корабля, будь они не гипотетическими, а реальными.

Итак, за пределами Вселенной все макроскопические тела распадутся на элементарные частицы, которые будут двигаться с неопределёнными ускорениями и скоростями в неопределённых направлениях. Их движение будет носить **абсолютно** случайный и непредсказуемый характер.

Можно ли в таких условиях создать какую-либо *физическую* систему отсчёта? Можно ли как-то измерять в таких условиях расстояния? Можно ли найти какой-нибудь периодический процесс, длительность которого можно было бы взять в качестве единицы времени? Очевидно, что нет. Но если за пределами Вселенной невозможно измерить ни время, ни расстояние, то имеет ли какой-нибудь смысл говорить об их существовании? По-видимому, тоже нет.

Можно отметить, что похожие мысли по поводу принципа Маха высказывал Паули: *“В совершенно пустом пространстве вообще не может быть никакого гравитационного поля*; в этом случае не было бы возможно ни распространение света, ни существование масштабов и часов. С этим связано также выполнение постулата относительности инерции” [49;с.253]. К сожалению, эти мысли остались у Паули неразработанными.

Итак, на достаточно большом удалении от всех масс Вселенной и время и расстояние теряют физический смысл. Такое необычное состояние пространства мы будем в дальнейшем называть Хаосом. Можно отметить, что в современной физике существует понятие хаоса как меры неупорядоченного движения тел. А вводимое нами понятие Хаоса относится к состоянию пространства, в котором в принципе невозможно какое-либо упорядоченное движение.

## § 2.4 набросок новой картины Мира

Учитывая сказанное в предыдущем параграфе, можно нарисовать контуры новой картины Мира.

На достаточном удалении от всех больших масс Вселенной, где их влиянием можно пренебречь (на таком удалении, где гравитационный потенциал, создаваемый всеми массами Вселенной  $\Phi_{Un}$ , практически равен нулю), законы движения тел будут неопределёнными. Элементарные частицы будут двигаться там совершенно случайным образом, с неопределёнными скоростями и ускорениями. Поэтому там не могут существовать ни макроскопические тела, ни даже атомы.

Понятие системы отсчёта (в том числе и инерциальной), а также время и расстояние при таких условиях теряют физический смысл.

А по мере приближения к большим массам Вселенной (то есть по мере того, как будет увеличиваться глубина гравитационного потенциала  $\Phi_{Un}$ , создаваемого ими) воздействие этих больших масс начнёт возрастать. Это проявится в том, что большие массы Вселенной начнут оказывать всё более сильное сопротивление хаотическому и неопределённому ускорению элементарных частиц. В результате такого сдерживающего воздействия неопределённость в движении элементарных частиц станет меньше.

И, наконец, внутри нашей Вселенной благодаря сильному сдерживающему воздействию окружающих звёзд и галактик (это воздействие характеризуется, например, огромной величиной гравитационного потенциала Вселенной:  $\Phi_{Un} \approx -10^{17} \text{ м}^2/\text{с}^2$ ) неопределённость и хаотичность в ускорениях и скоростях элементарных частиц очень мала. Это и приводит к тому, что (в обычных условиях) свободная элементарная частица движется “почти” по прямой линии и “почти” с постоянной скоростью.

И если вышеизложенные предположения об устройстве мироздания верны, то становится ясно, откуда в микромире взялась неопределённость в движении частиц. *Эта неопределённость есть остаток от хаотичности движения элементарных частиц после наложения ограничивающего воздействия огромной массы Вселенной.*

Именно благодаря сдерживающему воздействию огромных масс Вселенной в движении элементарных частиц появляется определённый порядок. И только благодаря определённому порядку в движении частицы и могут образовывать сложные и устойчивые объекты, такие как атомы, молекулы и, наконец, макроскопические тела, включая нас с вами.

Итак, огромные массы, заполняющие Вселенную, взаимодействуют между собой и, тем самым, ограничивают свободу и неопределённость в движении друг друга. И в результате в мироздании наблюдается определённый порядок. А законы физики как раз и выражают этот порядок на математическом языке. Соответственно, перед нами теперь стоит следующая задача. Нам нужно выразить изложенный в этом параграфе набросок новой картины Мира в виде строгих математических формул.

## § 2.5 Необходимое замечание

В следующем параграфе мы сформулируем новый закон природы. И именно этот закон будет фундаментом для построения новой теории. Здесь может возникнуть вопрос: неужели такой сырой материал, который был изложен в предыдущих параграфах этой главы, можно использовать в качестве фундамента новой физической теории?

Во избежание разных недоразумений необходимо сделать следующее замечание. Всё написанное в предыдущих параграфах не имеет никакого отношения к *логическому построению* новой теории. Иначе говоря, при построении новой физической теории мы не будем опираться ни на мысленные эксперименты за пределами Вселенной, ни даже на принцип Маха. И вот почему.

Возьмём, к примеру, принцип Маха. Не существует единого мнения в науке об этом принципе. Не существует даже общепринятой формулировки этого принципа, так как не ясно, какой физический смысл в нём содержится. Что же касается самого Маха, то “здесь физики и астрофизики вынуждены с сожалением констатировать, что Мах слишком часто высказывал лишь весьма расплывчатые и неточные суждения и предположения. Эти несвойственные физике умозрительные построения, не поддающиеся выражению на строгом формально-научном языке или с помощью математических символов, только благодаря Эйнштейну стали предметом длительного всестороннего (и часто разочаровывающего) обсуждения, превратились в действительную, хотя иногда и неприятную проблему, притом проблему чрезвычайно разветвлённую” [15;с.293].

В этой книге мы рассматриваем принцип Маха под одним углом зрения, и далее мы постараемся вложить в него определённый физический смысл. Но кто-нибудь другой имеет полное право рассмотреть принцип Маха под совершенно другим углом зрения и вложить в него совершенно другой смысл. Поэтому чтобы избежать ненужных споров об определениях, мы просто не будем использовать принцип Маха *при логическом построении* новой физической теории. Тем не менее, новая теория будет удовлетворять принципу Маха в том смысле, как это было раскрыто в § 2.1. Кроме того, из новой теории будет вытекать картина Мира, набросок которой был сделан в § 2.4. Хотя ни этот набросок, ни даже принцип Маха не будут использоваться как материал для *логического построения* новой теории.

В основу новой физической теории мы положим нечто более конкретное, а именно, экспериментальные данные современной астрофизики. Но об этом в следующем параграфе.

## § 2.6 Новый закон природы

Итак, в этом параграфе мы сформулируем новый закон природы. Именно этот закон и будет являться первым шагом для построения новой физической теории.

В качестве экспериментальной базы для формулировки нового закона мы возьмём данные наблюдений современной астрофизики. А именно, современные астрофизические данные о величине средней



плотности Вселенной, о скорости её расширения и о её возрасте. На основании этих данных, как было показано в § 1.2, можно сделать следующий вывод. *Суммарный гравитационный потенциал, создаваемый всеми массами Вселенной  $\Phi_{Un}$ , примерно равен по модулю квадрату скорости света.*

Такое совпадение двух различных и, казалось бы, совершенно не связанных между собой величин не раз обсуждалось в научной литературе. И в § 1.2 мы уже приводили цитату Фейнмана о том, что подобное равенство является одной из величайших загадок природы. В данной ситуации можно выбрать один из двух путей.

*Путь первый.* Считать подобное равенство случайным совпадением и, следовательно, не делать из него никаких выводов.

*Путь второй.* Принять это равенство за **Новый закон природы** и посмотреть, какие выводы из этого будут следовать.

Таким образом, первый путь несколько не приближает нас к разгадке тайны. А второй путь открывает новые перспективы для её исследования. Поэтому мы пойдём по второму пути.

Итак, мы постулируем **Новый закон природы**, суть которого в том, что квадрат скорости света **всегда и везде** равен модулю суммарного гравитационного потенциала Вселенной:

$$c^2 = |\Phi_{Un}| = -\Phi_{Un} \quad (2.1)$$

Иначе говоря, мы постулируем, что величина скорости света определяется величиной суммарного гравитационного потенциала Вселенной. Здесь может возникнуть следующий вопрос: а какая может быть связь между скоростью света (скоростью распространения электромагнитных колебаний) и гравитацией? Ответ следующий. В § 1.1 мы уже говорили о том, что гравитационное взаимодействие в каждой точке пространства можно охарактеризовать тремя величинами – гравитационным полем, гравитационным потенциалом и, наконец, скоростью распространения гравитационного поля.

Гравитационное поле внутри Вселенной в среднем равно нулю. В то время как и гравитационный потенциал, и скорость распространения гравитационного поля отличны от нуля. Кроме того, квадрат скорости поля и гравитационный потенциал имеют одну и ту же физическую размерность. Более того, насколько позволяют судить данные современных астрофизических наблюдений, эти величины примерно равны между собой.

Поэтому физический смысл Нового закона (2.1) следующий. Скорость распространения гравитационного поля  $V_{grav}$  внутри Вселенной определяется величиной гравитационного потенциала Вселенной  $\Phi_{Un}$ :  $V_{grav}^2 = -\Phi_{Un}$ . Скорость распространения поля является предельно

возможной скоростью движения, и именно поэтому фотон, который не имеет массы покоя, движется с такой скоростью:  $c = V_{grav}$ . Получается, что суммарный гравитационный потенциал Вселенной определяет величину скорости распространения гравитационного поля и, следовательно, величину скорости света. Именно это и выражено в Новом законе (2.1).

Однажды Ричард Фейнман читал лекцию о том, **как** строят догадки и открывают новые физические законы. В этой лекции Фейнман

не предложил никакого рецепта для открытия новых законов, но зато он объяснил, **как** можно отличить истинную гипотезу от ложной. Вот его рассуждения на эту тему: “Вообще говоря, поиск нового закона ведётся следующим образом. Прежде всего о нём догадываются. Затем вычисляют следствия этой догадки и выясняют, что повлечёт за собой этот закон, если окажется, что он справедлив. Затем результаты расчетов сравнивают с тем, что наблюдается в природе, с результатами специальных экспериментов или с нашим опытом, и по результатам таких наблюдений выясняют, так это или не так. Если расчёты расходятся с экспериментальными данными, то закон неправилен. В этом простом утверждении самое зерно науки. Неважно, насколько ты умён, кто автор догадки, известен он или нет – если теория расходится с экспериментом, значит теория неверна. Вот и всё” [11;с.142]. И далее: “Чаще всего узнать, правильна ваша догадка или нет, нетрудно уже после двух-трёх элементарных расчётов, позволяющих убедиться в том, что она не очевидно неправильна. Если вам повезло, это сразу бросается в глаза (по крайней мере, если у вас есть опыт), так как чаще всего приходится не столько добавлять, сколько отбрасывать. Ваша догадка, в сущности, состоит в том, что нечто – очень простое. Если вы не видите сразу же, что это неверно, и если так оказывается проще, чем раньше, – значит, это верно. Правда, простые теории предлагают и неопытные люди или безудержные фантазёры, но здесь сразу ясно, что они неверны, так что это в счёт не идёт. Другие же, например неопытные студенты, высказывают очень сложные догадки, и им кажется, что всё правильно, но я знаю, что это не так, ибо истина всегда оказывается проще, чем можно было бы предположить. Что нам действительно нужно, так это воображение, но воображение в надёжной смирительной рубашке. Нам нужно найти новую точку зрения на мир, которая должна согласовываться со всем, что уже известно, но кое в чём расходится с нашими установившимися представлениями, иначе это будет не интересно. И расхождения должны соответствовать тому, что происходит в природе. Если вам удастся придумать точку зрения на мир, которая согласуется со всем тем, что уже выяснено, и приводит где-то к другим результатам в сомнительных областях, вы делаете великое открытие” [11;с.157].

Итак, мы постулировали Новый закон природы (2.1), и на его основе будем строить новую физическую теорию. И если вдруг наш Новый закон окажется неверным, то рано или поздно мы должны прийти к противоречию.

## § 2.7 Постоянство скорости света

Величина гравитационного потенциала в разных точках пространства может быть разной. В таком случае, как следует из Нового закона (2.1), скорость света также будет разной в разных точках пространства. Например, вблизи большой массы величина модуля гравитационного потенциала Вселенной увеличится (увеличится глубина вселенского гравитационного океана), и, следовательно, величина скорости света также увеличится.

Иначе говоря, из Нового закона (2.1) следует, что *свет будет ускоряться в гравитационном поле!* А в современной физике скорость света считается абсолютной константой. То есть считается, что величина скорости света остаётся одной и той же *при любых условиях* проведения эксперимента.

Давайте посмотрим на постоянство скорости света с исторической точки зрения. Во времена Ньютона считалось, что свет представляет собой поток частиц. И если бы в то время обнаружили, что свет ускоряется в гравитационном поле, то этот факт совершенно никого бы не удивил. И наоборот, в то время никто бы не поверил, что существуют какие-то особые частицы (фотоны), которые почему-то не ускоряются в гравитационном поле. Ситуация изменилась в двадцатом веке, после создания специальной теории относительности. Но ведь специальная теория относительности совсем не утверждает, что скорость света является абсолютной константой. Она утверждает только то, что величина скорости света *не зависит от движения наблюдателя*. Именно предположение о том, что величина скорости света будет одной и той же в разных системах отсчёта, и лежит в основе специальной теории относительности. Тот парадоксальный экспериментальный факт, что величина скорости света не зависит от движения наблюдателя, по-видимому, очень сильно поразил воображение современников Эйнштейна. И в результате они решили: раз скорость света не зависит даже от движения наблюдателя, то она вообще ни от чего не зависит. Хотя сам Эйнштейн не верил в то, что скорость света является абсолютной константой (см. его цитату в § 1.11).

К вышесказанному следует также добавить, что **никто не пытался экспериментально проверить, ускоряется свет в гравитационном поле или нет**. Никто, по-видимому, даже не интересовался этим. А если предположить, что величина скорости света определяется величиной гравитационного потенциала Вселенной (2.1), то, по крайней мере, становится ясно, почему скорость света не зависит от движения наблюдателя. Ведь в каждой точке пространства гравитационный потенциал имеет вполне определённую величину, и эта величина совсем не зависит от того, движетесь вы или нет. И раз величина скорости света определяется величиной гравитационного потенциала, то отсюда сразу следует, что величина скорости света, также как и гравитационный потенциал, не зависит от движения наблюдателя.

Итак, во-первых, из Нового закона (2.1) следует, что фотоны будут ускоряться в гравитационном поле. И это неудивительно, ведь известно, что **все** частицы ускоряются в гравитационном поле, и, следовательно, естественно ожидать, что и фотоны также будут ускоряться в гравитационном поле. А для того чтобы утверждать обратное (то есть утверждать, что скорость света не изменяется в гравитационном поле), нужны основания. Но в современной физике на сегодняшний день *нет для этого никаких оснований – ни теоретических, ни экспериментальных*. Во-вторых, из Нового закона (2.1) видно, что величина скорости света определяется величиной гравитационного потенциала. А из этого следует, что величина скорости света не будет зависеть от движения наблюдателя,

потому что величина гравитационного потенциала **не зависит** от движения наблюдателя. Таким образом, *основной постулат специальной теории относительности является следствием Нового закона.*

## § 2.8 Экспериментальная проверка Нового закона

Из Нового закона (2.1) следует не только то, что свет будет ускоряться в гравитационном поле, но и то, что величина скорости света будет изменяться со временем вместе с изменением величины гравитационного потенциала. Во-первых, так как наша Вселенная расширяется, то при её расширении величина гравитационного потенциала по модулю будет уменьшаться. Из Нового закона (2.1) следует, что при этом величина скорости света также будет уменьшаться.

Во-вторых, Земля движется вокруг Солнца по эллипсу. Вследствие этого гравитационный потенциал, создаваемый Солнцем на поверхности Земли, изменяется в течение года. Поэтому величина скорости света также должна изменяться в течение года. С другой стороны, экспериментально установлено, что скорость света в земных условиях есть величина постоянная с точностью до 1,2 м/с [18; т.4, с.549]:

$$c = 299\,792\,458 \pm 1,2 \text{ м/с} \quad (2.2)$$

Из Нового закона (2.1) мы можем рассчитать, *на какую* максимальную величину изменяется скорость света в течение года. И если из Нового закона (2.1) будет следовать, что скорость света изменяется в течение года на величину больше, чем 1,2 м/с, скажем, на величину 10 м/с или 1000 м/с, то это будет означать, что Новый закон (2.1) не верен. Поэтому давайте рассчитаем из Нового закона (2.1), на какую максимальную величину  $\Delta c$  должна изменяться скорость света в течение года.

Расстояние от Земли до Солнца составляет величину  $L = 1,5 \cdot 10^{11}$  м. При движении Земли вокруг Солнца максимальное изменение этого расстояния равно  $\Delta L = 5 \cdot 10^9$  м. Изменение расстояния  $\Delta L$  между Землёй и Солнцем (напомним, что  $\Delta L \ll L$ ) приводит к тому, что гравитационный потенциал, создаваемый Солнцем на поверхности Земли, изменяется на величину  $\Delta\Phi$ :

$$\Delta\Phi = G \frac{M}{L^2} \Delta L \quad (2.3)$$

где  $M \approx 2 \cdot 10^{30}$  кг – масса Солнца. Изменение гравитационного потенциала  $\Delta\Phi$  вызовет в свою очередь изменение скорости света  $\Delta c$ . Из Нового закона (2.1) нетрудно рассчитать, что в том случае, если  $|\Delta\Phi| \ll |\Phi_{\text{un}}|$ , изменение скорости света составит величину:

$$\Delta c = -\Delta\Phi/2c \quad (2.4)$$

Подставляя  $\Delta\Phi$  из уравнения (2.3) в уравнение (2.4), получим:

$$|\Delta c| = \frac{GM}{2cL^2} \Delta L \quad (2.5)$$

Подставляя в уравнение (2.5) значения величин, получим:

$$|\Delta c| = 0,05 \text{ м/с} \quad (2.6)$$

Итак, из Нового закона (2.1) мы получили, что максимальное изменение скорости света в течение года составляет величину 0,05 м/с. В § 3.5 мы несколько уточним полученный результат. Наибольшее значение скорости света будет зимой, когда Земля ближе всего подходит к Солнцу. А наименьшее, соответственно, летом.

Полученный нами результат показывает, что Новый закон **не противоречит** современным экспериментальным данным о постоянстве скорости света, так как:

$$0,05 \text{ м/с} < 1,2 \text{ м/с}$$

С другой стороны, полученный результат показывает, что Новый закон можно проверить **экспериментально** в земных условиях. Для этого достаточно увеличить точность измерения скорости света на 1–2 порядка. А это сделать не так трудно. И вот почему. Точность, с которой измерена скорость света (2.2) была достигнута ещё в 1973 году! Именно в 1973 году Международный комитет по численным данным для науки и техники на основании существующих в то время экспериментальных данных установил равенство (2.2) [18;т.4,с.548]. И после этого эксперименты по уточнению величины скорости света перестали проводиться. И до сих пор, по-видимому, считается нецелесообразным тратить силы и средства на дальнейшее повышение точности измерения скорости света.

Можно отметить, что за последние четверть века произошёл значительный прогресс в технике физического эксперимента. И если бы эксперименты по измерению скорости света не прекратились, то вполне возможно, что к настоящему времени скорость света уже была бы измерена с точностью до 1см/с. Также вполне возможно, что в этом случае была бы экспериментально обнаружена вариация скорости света в течение года (эта тема будет продолжена в § 8.1).

Экспериментальная проверка Нового закона (2.1) откроет новые перспективы в исследовании Вселенной. Так как в случае подтверждения Нового закона откроется возможность измерить скорость расширения Вселенной **экспериментально!** (см. § 10.10).

## § 2.9 Постоянная тонкой структуры

Итак, мы постулировали Новый закон природы (2.1):  $c^2 = -\Phi_{Un}$ . Из этого закона, в частности, следует, что в далёком прошлом (несколько миллиардов лет назад), когда материя во Вселенной находилась в более плотном состоянии, скорость света была существенно выше, чем в настоящее время. Но как уже отмечалось в § 1.11, даже в далёком прошлом величина постоянной тонкой структуры существенно не отличалась от современного значения. Это, например, следует из анализа данных по тонкой структуре расщепления спектральных линий квазаров. Благодаря тому, что квазары находятся на огромных расстояниях от нас – это миллиарды световых лет, – мы можем исследовать спектр электромагнитного излучения, возникшего миллиарды лет назад.

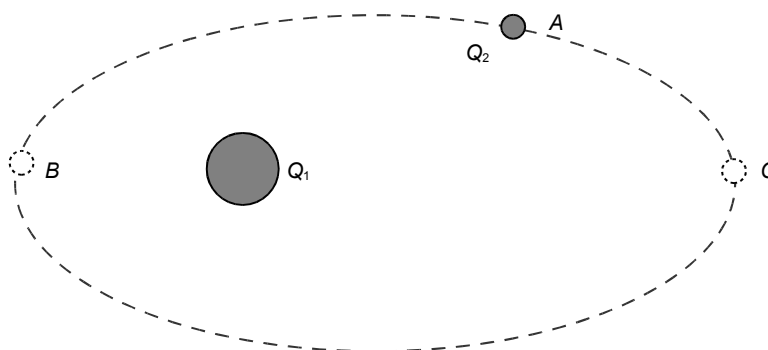
Итак, величина постоянной тонкой структуры  $\alpha$  равная:

$$\alpha = \frac{e^2}{c\hbar} \approx \frac{1}{137} \quad (2.7)$$

не изменяется со временем и, значит, не зависит от величины гравитационного потенциала  $\Phi_{\text{гн}}$ .

Существуют также основания считать, что и величина заряда электрона (элементарного электрического заряда) не зависит от величины гравитационного потенциала  $\Phi_{\text{гн}}$ .

Во-первых, если бы величина заряда электрона зависела бы от величины гравитационного потенциала, то отсюда следовало бы, что электрический заряд замкнутой системы может самопроизвольно менять свой знак (смотри рис. 3). Очевидно, что при этом возникнут проблемы с законом сохранения энергии.



**Рис. 3.** Вокруг планеты, по сильно вытянутой орбите движется спутник. Пусть планета имеет некоторый электрический заряд  $Q_1$ , а спутник заряд  $Q_2$ . Предположим, что когда спутник находится в т. А, то полный заряд всей системы равен нулю:  $Q_1 + Q_2 = 0$ . Если бы величина заряда электрона зависела от величины гравитационного потенциала, то при движении спутника по орбите величина заряда  $Q_2$  изменялась бы, и, следовательно, полный заряд всей системы был бы уже не равен нулю. Например, спутник находится в т. В (перигелий) и полный заряд всей системы меньше нуля:  $Q_1 + Q_2 < 0$ . В этом случае, когда спутник окажется в т. С (афелий), полный заряд всей системы будет, соответственно, больше нуля  $Q_1 + Q_2 > 0$ . Таким образом, электрический заряд замкнутой системы мог бы самопроизвольно менять свой знак.

Во-вторых, из электродинамических уравнений Максвелла также следует, что величина электрического заряда замкнутой системы должна оставаться неизменной.

Поэтому мы предполагаем, что величина заряда электрона **не зависит** от величины гравитационного потенциала.

Учитывая всё вышесказанное (то есть то, что ни постоянная тонкой структуры, ни заряд электрона не зависят от величины гравитационного потенциала), **мы вынуждены**, исходя из Нового закона (2.1) сделать

следующий вывод. *Величина постоянной Планка  $\hbar$  должна зависеть от величины гравитационного потенциала Вселенной  $\Phi_{Un}$ .*

Здесь необходимо сделать следующее замечание. Мы постулировали уравнение (2.1) в качестве Нового закона природы. И поэтому мы просто обязаны исследовать все следствия, которые вытекают из него. Мы не должны бояться тех следствий, которые, на первый взгляд, могут показаться маловероятными или даже неправдоподобными. И если Новый закон не верен, то рано или поздно мы обязательно придём к противоречию. И наоборот, если, исследуя разные области физики с помощью Нового закона, мы не придём к противоречию, более того, сможем с новой точки зрения разрешить многие существующие проблемы, то это будет с большой вероятностью означать, что постулированный нами Новый закон является истинным законом природы.

## § 2.10 Постоянная Планка в гравитационном поле

В предыдущем параграфе мы пришли к выводу, что величина постоянной Планка  $\hbar$  должна зависеть от величины гравитационного потенциала Вселенной  $\Phi_{Un}$ .

Рассчитаем конкретный вид этой зависимости. Так как  $\alpha = e^2/c\hbar$ , и учитывая, что ни величина заряда электрона  $e$ , ни величина постоянной тонкой структуры  $\alpha$  не зависят от величины гравитационного потенциала, мы получаем:

$$c\hbar = e^2/\alpha = \text{const} \quad (2.8)$$

То есть величина произведения  $c\hbar$  не зависит от величины гравитационного потенциала Вселенной  $\Phi_{Un}$ . Подставляя скорость света  $c$  из уравнения (2.1) в уравнение (2.8), получаем:

$$\hbar = \frac{e^2}{\alpha \sqrt{-\Phi_{Un}}} \quad (2.9)$$

Итак, мы получили, что чем больше абсолютная величина гравитационного потенциала Вселенной  $\Phi_{Un}$  (чем больше глубина вселенского гравитационного океана), тем меньше значение постоянной Планка  $\hbar$ .

Но ведь величина постоянной Планка характеризует неопределённость в движении частиц. Чем больше величина постоянной Планка, тем больше неопределённость в движении частиц (1.27). Таким образом, неопределённость в движении частиц увеличивается при уменьшении модуля гравитационного потенциала Вселенной.

Уравнение (2.9) имеет простой физический смысл. Для того чтобы электрон имел определённое положение, его нужно локализовать в окрестности некоторой точки. И чем меньше окрестность, в которой локализован электрон, тем больше энергия электромагнитного поля, создаваемого им (а в пределе электромагнитная энергия точечного заряда стремится к бесконечности [5;с.126]). И, значит, для большей определённости местоположения необходима большая энергия. Таким образом, неопределённость в движении электрона определяется, с одной стороны, величиной его заряда  $e$ , а, с другой стороны, энергией его взаимодействия со всей остальной материей во Вселенной  $\Phi_{Un}$ .

Получается, что огромные массы Вселенной своим воздействием (которое характеризуется огромной величиной их суммарного гравитационного потенциала  $\Phi_{Un}$ ) *уменьшают неопределённость, а, значит, и хаотичность в движении частиц*. Чем больше глубина гравитационного океана, тем меньше неопределённость в движении частиц.

В том случае, если изменение гравитационного потенциала  $\Delta\Phi$  мало по сравнению с величиной  $\Phi_{Un}$ , то есть  $|\Delta\Phi| \ll |\Phi_{Un}|$ , то из уравнения (2.8) следует:  $\Delta\hbar/\hbar = -\Delta c/c$ . И, учитывая (2.4), получаем:

$$\frac{\Delta\hbar}{\hbar} = \frac{\Delta\Phi}{2c^2} \quad (2.10)$$

Допустим, мы поднялись над земной поверхностью на высоту  $h = 200$  м. Как сильно возрастет при этом величина постоянной Планка? Используя уравнение (2.10), это нетрудно рассчитать. Учитывая что  $\Delta\Phi = gh$  (где  $g \approx 10$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения), получаем:

$$\Delta\hbar/\hbar = gh/2c^2 \quad (2.11)$$

В § 3.5 мы несколько уточним уравнение для изменения величины гравитационного потенциала  $\Delta\Phi$ . Подставляя в уравнение (2.11) соответствующие значения величин, в результате получаем:

$$\Delta\hbar/\hbar \approx 10^{-14} \quad (2.12)$$

Итак, предполагая, что величина скорости света определяется суммарным гравитационным потенциалом Вселенной (2.1), мы пришли к выводу, что и величина постоянной Планка также зависит от гравитационного потенциала (2.9). Однако, как следует из уравнений (2.4) и (2.10), значения скорости света и постоянной Планка изменяются в земных условиях очень незначительно, что и позволяет (в пределах точности современного эксперимента) считать их фундаментальными постоянными.

В следующей главе мы продолжим рассмотрение следствий, вытекающих из постулированного нами Нового закона природы.