

Основы Новой Теории

В этой главе мы рассмотрим основные положения, которые лежат в фундаменте новой теории, а также наиболее важные следствия, вытекающие из них.

§ 3.1 Новая модель пространства-времени

В качестве Нового закона природы мы постулировали, что скорость распространения гравитационного поля V_{grav} определяется величиной гравитационного потенциала Φ_{Un} , созданного всеми массами, существующими во Вселенной (2.1): $V_{\text{grav}} = c = \sqrt{|\Phi_{\text{Un}}|}$. А учитывая, что ни заряд электрона e , ни постоянная тонкой структуры α не зависят от величины гравитационного потенциала, мы пришли к выводу, что величина постоянной Планка \hbar также зависит от величины гравитационного потенциала Φ_{Un} (2.9): $\hbar \sqrt{|\Phi_{\text{Un}}|} = \text{const} = e^2/\alpha$. То есть суть новой модели пространства-времени состоит в том, что величины скорости света $c(\vec{r}, t)$ и постоянной Планка $\hbar(\vec{r}, t)$ в данной точке пространства \vec{r} и в данный момент времени t зависят от величины гравитационного потенциала Вселенной $\Phi_{\text{Un}}(\vec{r}, t)$ в этой точке пространства следующим образом:

$$c^2(\vec{r}, t) + \Phi_{\text{Un}}(\vec{r}, t) = 0 \quad (2.1)$$

$$\hbar^2(\vec{r}, t) \Phi_{\text{Un}}(\vec{r}, t) = -\frac{e^4}{\alpha^2} = \text{const} \quad (2.9)$$

Законы, определяющие движение тел, зависят и от величины постоянной Планка, и от величины скорости света. Поэтому основной вывод новой теории состоит в том, что законы движения тел определяются величиной гравитационного потенциала Вселенной Φ_{Un} (зависят от глубины космического гравитационного океана). А это, в свою очередь, означает, что движение тела определяется энергией его гравитационного взаимодействия со всеми остальными телами, существующими во Вселенной.

Из уравнений (2.1) и (2.9) следует, что со временем (так как наша Вселенная расширяется) величина скорости света будет уменьшаться, а величина постоянной Планка увеличиваться. На основании этого в 10-й главе будет предложена новая модель эволюции Вселенной, которая позволит разрешить многие проблемы современной астрофизики. Также из этих уравнений следует, что на достаточном удалении от всех масс Вселенной (где величина гравитационного потенциала Φ_{Un} стремится к нулю) величина скорости света c уменьшается до нуля, а величина постоянной Планка \hbar неограниченно возрастает. Это означает, что по мере удаления от всех масс Вселенной возрастает неопределённость в

движении тел и неопределённость в движении элементарных частиц, из которых состоят все тела. Вследствие этого на достаточном удалении от всех масс Вселенной макроскопические тела распадутся на элементарные частицы. А неопределённость в движении элементарных частиц будет столь высока, что частицы не будут иметь даже приближённой траектории движения. Очевидно, что понятие системы отсчёта в таких условиях теряет физический смысл. Поэтому понятия времени и расстояния также теряют физический смысл.

А внутри нашей Вселенной благодаря сильному гравитационному воздействию звёзд и галактик (это воздействие характеризуется огромной величиной гравитационного потенциала Вселенной $|\Phi_{Un}| \approx 10^{17} \text{ м}^2/\text{с}^2$) неопределённость в движении элементарных частиц значительно уменьшается. И внутри Вселенной свободная элементарная частица движется “почти” по прямой линии и “почти” с постоянной скоростью. Получается, что свободная частица движется по инерции только благодаря совместным усилиям всех звёзд. Так как каждая звезда вносит свой небольшой вклад в значение гравитационного потенциала Вселенной Φ_{Un} , и, следовательно, несколько уменьшает значение постоянной Планка. Таким образом, новая модель пространства-времени удовлетворяет принципу Маха.

Итак, суть новой теории состоит в том, что гравитационное воздействие звёзд и галактик существенно уменьшает неопределённость в движении частиц, и вследствие этого эффект неопределённости наблюдается только в микромире.

§ 3.2 Инерция и гравитация

Из эксперимента известно, что инертная и гравитационная массы тела равны с высокой степенью точности. В § 1.9 мы уже говорили об этом. Экспериментальный факт равенства инертной и гравитационной масс лежит в основе общей теории относительности. Но теоретического обоснования это равенство не имеет. Иначе говоря, не известно, *почему* инертная масса тела в точности равна его гравитационной массе.

С физической точки зрения инертная и гравитационная массы характеризуют совершенно разные свойства тела. Величина гравитационной массы показывает, *как сильно* участвует данное тело в гравитационных взаимодействиях. Можно сказать, что эта масса является “гравитационным зарядом” тела [18, т.1; с.524]. А величина инертной массы показывает, *как сильно* данное тело будет оказывать сопротивление ускорению. С физической точки зрения между инертной массой и гравитационной массой общего не больше, чем, например, между инертной массой и электрическим зарядом. Тем не менее, везде и всегда инертная масса тела равна его гравитационной массе. Почему?

Давайте рассмотрим это равенство с точки зрения новой теории.

Из Нового закона (2.1) следует, что при приближении к границе Вселенной (под границей Вселенной мы будем подразумевать область, где воздействием звёзд можно пренебречь, то есть где $\Phi_{Un} \rightarrow 0$) скорость света будет уменьшаться вплоть до нуля. Это означает следующее. Во-первых, из формулы Эйнштейна (1.23) следует, что полная энергия любого физического объекта (твёрдого тела, элементарной частицы,

электромагнитного излучения...) на границе Вселенной будет равна нулю, так как там равна нулю величина скорости света. То есть ни один физический объект не сможет существовать за пределами гравитационного поля Вселенной. И, следовательно, не сможет вылететь за пределы Вселенной. Во-вторых, свет также не сможет вылететь за пределы Вселенной, так как он остановится у самой её границы.

В общем случае произвольный физический объект обладает некоторой инертной массой $m_{\text{ин}}$. И, следовательно, по формуле Эйнштейна он обладает полной энергией E , равной:

$$E = m_{\text{ин}}c^2 \quad (3.1)$$

С другой стороны, этот объект имеет некоторую гравитационную массу $m_{\text{гр}}$. И так как он взаимодействует со всеми массами Вселенной, то, следовательно, он обладает потенциальной энергией U , равной:

$$U = m_{\text{гр}}\Phi_{\text{Ун}} \quad (3.2)$$

Так как $\Phi_{\text{Ун}} < 0$, то потенциальная энергия U отрицательна:

$$U < 0$$

Спрашивается, какая величина больше, E или $|U|$? Очевидно, что величина E не может быть больше, чем величина $|U|$, так как ни одному физическому объекту не хватит энергии на то, чтобы вылететь за пределы гравитационного поля Вселенной. Но с другой стороны, если данный объект превратить в пучок фотонов (например, произойдёт аннигиляция данного объекта при его взаимодействии с антивеществом), то полной энергии объекта как раз хватит на то, чтобы этому пучку фотонов долететь до границы Вселенной. Таким образом, мы приходим к выводу, что *полная энергия любого объекта в точности равна его потенциальной энергии в гравитационном поле Вселенной*. Давайте теперь запишем наши рассуждения на языке математики. При движении любого физического объекта в гравитационном поле сохраняется сумма его полной энергии и его потенциальной энергии, то есть:

$$E + U = \text{const} \quad (3.3)$$

Если $\Phi_{\text{Ун}} \rightarrow 0$, то $U \rightarrow 0$. И, как следует из Нового закона (2.1), $E = m_{\text{ин}}c^2 \rightarrow 0$. Таким образом, оказывается, что константа в уравнении (3.3) равна нулю: $\text{const} = 0$. И мы получаем, что для любого объекта всегда выполняется равенство:

$$E + U = 0 \quad (3.4)$$

С учётом (3.1) и (3.2) из уравнения (3.4) получаем:

$$m_{\text{ин}}c^2 + m_{\text{гр}}\Phi_{\text{Ун}} = 0 \quad (3.5)$$

А учитывая Новый закон (2.1): $c^2 = -\Phi_{\text{Ун}}$, получаем: $m_{\text{ин}} = m_{\text{гр}}$.

Таким образом, из Нового закона (2.1) вытекает равенство инертной и гравитационной масс.

§ 3.3 Формула Эйнштейна

В предыдущем параграфе мы получили уравнение (3.4), применимое для любого физического объекта: $E + U = 0$. Здесь E – полная энергия объекта, а U – его потенциальная энергия в гравитационном поле Вселенной. Физический смысл этого уравнения следующий. *Любое тело*

обладает энергией **ТОЛЬКО ПОТОМУ**, что находится в гравитационном взаимодействии с другими телами Вселенной. А вне этого взаимодействия само по себе тело не может обладать энергией, так как если $\Phi_{\text{Un}} \rightarrow 0$, то $U = m_{\text{гр}}\Phi_{\text{Un}} \rightarrow 0$ и $E = m_{\text{ин}}c^2 \rightarrow 0$. Полная энергия тела E как раз равна его потенциальной энергии в гравитационном поле Вселенной: $E = |U|$.

В § 1.8, используя формулу Эйнштейна, мы вычислили, что энергия покоя тела массой 1 кг примерно равна 10^{17} Дж. Там же мы задали вопрос, на который в рамках теории относительности ответа нет: почему масса обладает такой колоссальной энергией? Сейчас мы можем дать ответ на этот вопрос. Масса обладает такой колоссальной энергией потому, что находится в гравитационном взаимодействии со всеми остальными телами, существующими во Вселенной. И это взаимодействие характеризуется огромной величиной гравитационного потенциала Вселенной: $\Phi_{\text{Un}} = -c^2 \approx -10^{17} \text{ м}^2/\text{с}^2$. Полная энергия, которой обладает любая масса m , в точности равна её потенциальной энергии в гравитационном поле Вселенной: $E = mc^2 = -m\Phi_{\text{Un}}$.

§ 3.4 Масса в гравитационном поле

При движении тела (или частицы) в гравитационном поле над ним совершается работа dA , равная: $dA = -m_{\text{гр}}d\Phi$. Здесь $d\Phi$ – бесконечно малое изменение гравитационного потенциала Вселенной Φ (в дальнейшем мы будем обозначать гравитационный потенциал Вселенной заглавной буквой Φ без индекса внизу), а $m_{\text{гр}}$ – гравитационная масса тела. Она всегда равна инертной массе тела $m_{\text{ин}}$ и поэтому зависит от скорости тела V и его массы покоя m_0 следующим образом:

$$m_{\text{гр}} = m_{\text{ин}} = \gamma m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2 / c^2}} \quad (3.6)$$

Изменение полной энергии тела dE , в соответствии с законом сохранения энергии, будет равно: $dE = dA \Rightarrow d(m_{\text{ин}}c^2) = -m_{\text{гр}}d\Phi$. Учитывая уравнение (3.6), получаем: $d(\gamma m_0 c^2) = -\gamma m_0 d\Phi \Rightarrow \gamma m_0 dc^2 + c^2 d(\gamma m_0) = -\gamma m_0 d\Phi$. Из Нового закона (2.1) следует: $\gamma m_0 dc^2 + \gamma m_0 d\Phi = \gamma m_0 d(c^2 + \Phi) = 0$. В результате получаем: $c^2 d(\gamma m_0) = 0$, и, следовательно:

$$\gamma m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2 / c^2}} = \text{const} \quad (3.7)$$

Таким образом, исходя из Нового закона, мы получили, что при движении тела (частицы) в гравитационном поле его инертная (гравитационная) масса остаётся постоянной. Но это означает, что при движении тела (частицы) в гравитационном поле его масса покоя m_0 изменяется, так как в зависимости от скорости тела V изменяется величина γ . При $V \ll c$, $\gamma \approx 1$, и изменение m_0 практически не заметно. Например, если тело, ускоряясь в поле тяжести, приобрело скорость $V = 500 \text{ м/с}$, то: $\gamma \approx 1 + 10^{-12}$. И, следовательно, относительное изменение массы покоя Δm_0 составит величину: $\Delta m_0 / m_0 \approx 10^{-12}$. Из уравнения (3.7) следует, что при движении

тела (частицы) его масса покоя зависит от величины гравитационного потенциала Вселенной следующим образом:

$$m_0(\Phi) = \gamma(\Phi_0)m_0(\Phi_0)/\gamma(\Phi) \quad (3.8)$$

Например, если элементарная частица ускоряется в гравитационном поле (движется в направлении уменьшения гравитационного потенциала: $\Phi < \Phi_0$, но $|\Phi| > |\Phi_0|$), то: $\gamma(\Phi) > \gamma(\Phi_0)$. И согласно уравнению (3.7) её масса покоя уменьшается. Таким образом, масса покоя элементарной частицы *зависит от величины гравитационного потенциала Вселенной*, то есть *зависит* от распределения остальной материи во Вселенной. Конкретный вид этой зависимости мы получим в §3.6.

Известно, что при увеличении скорости тела его инерция (инертная масса) возрастает (3.6). Но для того чтобы увеличить скорость тела, ему нужно передать энергию. А так как любая энергия ΔE обладает инерцией: $\Delta m = \Delta E/c^2$, то вместе с энергией телу передаётся и инертная масса. Таким образом, инерция тела возрастает за счёт *передачи ему инертной массы* (вместе с энергией). А когда тело разгоняется в гравитационном поле, его инертная (а значит и гравитационная) масса *не изменяется*. Так как в этом случае энергия тела возрастает не за счёт увеличения инертной массы, а за счёт увеличения скорости света: $\Delta E = m\Delta(c^2)$. Этому можно дать следующий комментарий. Гравитационная масса тела (она равна инертной) является, в каком-то смысле, гравитационным зарядом тела [18] и поэтому при гравитационном взаимодействии не изменяется.

В случае движения фотона в гравитационном поле уравнение (3.7) неприменимо, так как фотон не имеет массы покоя. Поэтому, учитывая, что $E = \gamma m_0 c^2$, уравнение (3.7) можно представить в виде:

$$\frac{E}{c^2} = \text{const} \quad (3.9)$$

Итак, при движении какого-либо объекта (твёрдого тела, пучка фотонов, элементарной частицы...) в гравитационном поле сохраняется инертная (гравитационная) масса данного объекта, то есть отношение его полной энергии к квадрату скорости света.

§ 3.5 Чему равна потенциальная энергия?

Предположим, что тело массой m подняли на высоту h над земной поверхностью. Чему равно изменение его потенциальной энергии? Казалось бы, ответ очевиден. Изменение потенциальной энергии равно: $\Delta U = mgh$, где $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения. Ведь если тело упадёт с высоты h , то оно совершит работу: $A = mgh$. А совершённая работа как раз и равна изменению потенциальной энергии.

И всё-таки это рассуждение неверно! Не следует забывать, что любое тело обладает также и внутренней энергией – энергией покоя: $E_0 = m_0 c^2$. Эта энергия огромна. Если тело массой 1 кг упадёт с высоты 100 м, то оно совершит работу в 1000 дж. А энергия покоя тела массой 1 кг равна 10^{17} дж, то есть на 14 порядков больше! Поэтому, если при падении тела его внутренняя энергия изменится хотя бы на очень незначительную в процентном отношении величину, то этим изменением пренебречь

нельзя. То, что внутренняя энергия должна измениться, очевидно. Например, с точки зрения общей теории относительности время на разных высотах над землёй течёт по-разному. Кроме того, размеры атома тоже изменяются с высотой. А так изменяются размеры атома, то, следовательно, изменяется и энергия притяжения электронов к ядру, а также энергия вращения электронов вокруг ядра. То есть, изменяется энергия атома. Например, изменяется энергия фотона, испускаемого атомом. А так как все тела состоят из атомов, то, значит, с высотой должна измениться внутренняя энергия любого тела. Следовательно, мы должны записать закон сохранения энергии так:

$$E_0 + K + U = \text{const} \quad (3.10)$$

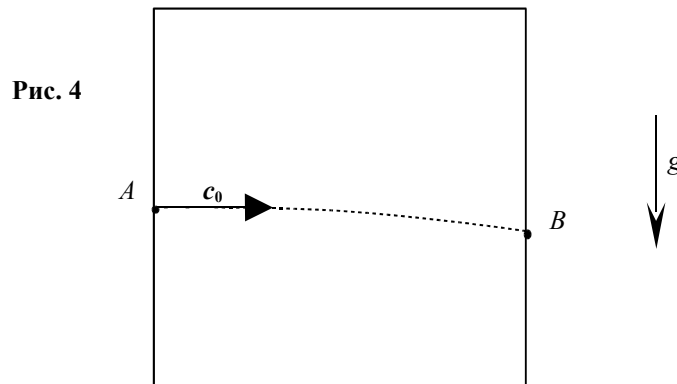
При движении тела в гравитационном поле будет сохраняться сумма его внутренней E_0 , кинетической K и потенциальной U энергий. Кроме того, при движении тела в гравитационном поле остаётся постоянной его релятивистская масса (3.7). А так как скорость тела V увеличивается, то, следовательно, масса покоя уменьшается. Поэтому каким-то образом изменяется и внутренняя энергия. И в общем случае:

$$|\Delta U| = \Delta K + \Delta E_0 \quad (3.11)$$

Известно, что: $\Delta K = \frac{mV^2}{2} = mgh$. А так как $\Delta E_0 \neq 0$, то: $|\Delta U| \neq mgh$.

Чему же тогда равно изменение потенциальной энергии? Для ответа на этот вопрос напомним следующее. Во-первых, физические процессы, происходящие внутри падающего тела, не могут ни ускорить, ни замедлить его падения. Это есть следствие равенства инертной и гравитационной масс. Во-вторых, тело будет падать с ускорением свободного падения g , по крайней мере в том случае, когда его скорость V много меньше скорости света.

Рассмотрим куб с зеркальными внутренними стенками, который свободно падает в поле тяжести с ускорением g (смотри рис. 4). В момент времени t_0 (момент начала падения куба) из точки A перпендикулярно полю тяжести вылетает фотон со скоростью c_0 . Из-за силы тяжести фотон летит к противоположной стенке куба (точка B) по слегка искривлённой траектории. При движении фотона в поле тяжести его скорость изменяется согласно Новому закону (2.1):



$$c^2 = -\Phi = -\Phi_0 - \Delta\Phi = c_0^2 + |\Delta\Phi| \quad (3.12)$$

С другой стороны, масса фотона (под массой фотона мы подразумеваем массу $\mu = \varepsilon/c^2$, где ε – энергия фотона) не изменяется (3.9). Не изменяется также и горизонтальная составляющая импульса фотона $p_x = \mu c_x$. Следовательно, не изменяется и горизонтальная составляющая его скорости: $c_x = \text{const} = c_0$. Поэтому скорость фотона изменяется только за счёт вертикальной составляющей его скорости c_y . Так как: $c^2 = c_x^2 + c_y^2 = c_0^2 + c_y^2$, то, с учётом уравнения (3.12), получаем:

$$c_y^2 = |\Delta\Phi| \quad (3.13)$$

Если вертикальная составляющая скорости фотона c_y будет увеличиваться быстрее, чем скорость падения куба, то фотон будет “падать” быстрее, чем куб. В результате этого он со временем догонит нижнюю стенку куба, ударится об неё и тем самым ускорит падение куба. А это невозможно. Если же c_y будет возрастать медленнее, чем скорость падения куба, то куб будет падать вниз быстрее, чем фотон. В результате этого произойдёт соударение верхней стенки куба и фотона. При этом куб передаст фотону часть своего импульса и несколько замедлит своё падение. А это также невозможно.

Таким образом, мы приходим к выводу, что скорость “падения” фотона c_y равна скорости падения куба V : $c_y = V$. А так как известно, что $V^2 = 2gh$, то $c_y^2 = 2gh$. С другой стороны: $c_y^2 = -\Delta\Phi$. В результате получаем:

$$-\Delta\Phi = 2gh \quad (3.14)$$

то есть:

$$|\Delta U| = m|\Delta\Phi| = 2mgh \quad (3.15)$$

Мы получили, что изменение потенциальной энергии тела равно $2mgh$! А совсем не mgh , как принято считать. Изменение же кинетической энергии тела равно $\Delta K = mgh$, и поэтому, как видно из уравнения (3.11), изменение внутренней энергии тела также равно: $\Delta E_0 = mgh$.

Рассмотрим подробнее полученный результат. Тело массой m падает с высоты h в поле тяжести g . Изменение потенциальной энергии тела равно $|\Delta U| = 2mgh$. Это изменение потенциальной энергии переходит в кинетическую энергию тела и в его внутреннюю энергию (энергию покоя). При этом только половина потенциальной энергии переходит в кинетическую, а вторая половина – во внутреннюю энергию. Внутренняя энергия тела – это энергия, находящаяся в скрытой форме. Её нельзя наблюдать непосредственно. Кинетическую же энергию тела можно использовать, например, для совершения работы. Поэтому при падении тела учитывают только изменение его кинетической энергии и делают отсюда неверный вывод об изменении потенциальной энергии. Изменение потенциальной энергии занижается ровно в два раза.

Таким образом, исходя из Нового закона (2.1), мы установили, что действительное изменение гравитационного потенциала $\Delta\Phi$ **ровно в два раза больше**, чем это предполагается в теории тяготения

Ньютона. Это означает, что если φ_1 – значение ньютоновского потенциала в одной точке пространства (здесь и далее мы будем обозначать ньютоновский потенциал буквой φ), а φ_2 – его значение в другой точке, то:

$$\Phi_2 - \Phi_1 = 2(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (3.16)$$

Например, изменение ньютоновского потенциала $\Delta\varphi$, создаваемого точечной массой M на расстоянии r , равно (1.5): $\Delta\varphi = -G \frac{M}{r}$. И, значит, действительное изменение гравитационного потенциала $\Delta\Phi$, создаваемого той же массой, равно:

$$\Delta\Phi = -2G \frac{M}{r} \quad (3.17)$$

До тех пор пока скорость тела мала по сравнению со скоростью света, использование ньютоновского потенциала не приводит к ошибке, так как всегда только половина потенциальной энергии переходит в кинетическую: $\Delta K = -m\Delta\Phi/2 = -m\Delta\varphi$. Однако, при вычислении траектории для релятивистской частицы теория тяготения Ньютона приведёт уже к неверному результату. Например, фотон не имеет энергии покоя. Поэтому при движении в поле тяжести *вся* потенциальная энергия фотона переходит в кинетическую. Подробнее мы поговорим об этом в § 4.7.

А сейчас необходимо отметить следующее. В § 2.8 для вычисления изменения скорости света мы воспользовались выражением для гравитационного потенциала (1.5). Но теперь, учитывая Новый закон (2.1), мы пришли к выводу, что изменение гравитационного потенциала ровно в два раза больше. Следовательно, максимальное изменение величины скорости света в течение года (2.6) будет также в два раза больше и составит величину $|\Delta c| = 0,1$ м/с.

§ 3.6 Масса элементарной частицы

В параграфе § 3.4 мы сделали вывод о том, что при движении элементарной частицы в гравитационном поле её масса покоя изменяется в зависимости от величины гравитационного потенциала (3.8). Давайте рассчитаем конкретный вид этой зависимости.

Предположим, что в момент времени t_0 частица с массой покоя m_0 оказывается в гравитационном поле с потенциалом Φ . Под действием поля она начинает двигаться с ускорением. При этом, как уже отмечалось ранее, инертная масса частицы остаётся постоянной. А её скорость (а значит и значение γ) изменяется. И поэтому масса покоя m_0 следующим образом зависит от времени:

$$m_0(t) = m_0(t_0)\gamma(t_0)/\gamma(t) \quad (3.18)$$

Если скорость частицы увеличивается, то $\gamma(t) > \gamma(t_0)$. Отсюда следует, что: $m_0(t) < m_0(t_0)$. Предположим, скорость частицы V мала по сравнению со скоростью света ($V \ll c$). Как было установлено в предыдущем параграфе, увеличение кинетической энергии dK равно половине изменения потенциальной энергии dU , взятой с обратным знаком:

$$dK = -dU/2 = -md\Phi/2 \quad (3.19)$$

Пусть частица начинает двигаться под действием силы тяжести, и dK – это *вся* её кинетическая энергия. Если мы заберём у частицы кинетическую энергию dK , то вместе с энергией мы заберём и инертную массу $dm = dK/c^2$. Следовательно, изменение массы покоя частицы будет равно:

$$dm_0 = -\frac{dK}{c^2} = -\frac{m_0 d\Phi}{2c^2} = -\frac{m_0 d(c^2)}{2c^2}. \text{ Отсюда следует: } dm_0/m_0 = -d(c^2)/2c^2.$$

Взяв интеграл от этого выражения ($\int dx/x = \ln(x) + \text{const}$), получим:

$$\int \frac{dm_0}{m_0} = -\int \frac{d(c^2)}{2c^2} \Rightarrow \ln m_0 = -\frac{1}{2} \ln c^2 + \text{const} \Rightarrow \ln(m_0 c) = \text{const} \Rightarrow$$

$$m_0 c = \text{const} \quad (3.20)$$

Или:

$$m_0 \sqrt{-\Phi} = \text{const} \quad (3.21)$$

Мы получили зависимость массы покоя частицы от величины гравитационного потенциала. Из уравнения (3.21) следует, что в очень далёком прошлом, когда гравитационный потенциал Вселенной был в 100 раз больше, массы покоя элементарных частиц были в 10 раз меньше!

С точки зрения современной физики ничего не известно о том, зависят или нет массы элементарных частиц от распределения остальной материи во Вселенной. На эту тему в § 1.6 была приведена цитата из Берклеевского курса физики. Поэтому по умолчанию предполагается, что массы покоя элементарных частиц – абсолютно неизменные величины.

В том, что массы покоя элементарных частиц могут зависеть от величины гравитационного потенциала, нет ничего противоестественного. Скорее наоборот, если бы массы покоя элементарных частиц не зависели от величины гравитационного потенциала, то именно тогда возникли бы некоторые затруднения. Рассмотрим в качестве примера разреженное облако элементарных частиц. Под действием взаимного гравитационного притяжения такое облако начнёт постепенно сжиматься. При этом скорости частиц будут возрастать. Если массы покоя частиц останутся неизменными, то их инертные массы возрастут из-за увеличения скоростей частиц. Это означает, что возрастёт и инерция всего облака. Если облако движется как целое со скоростью \vec{V} , то из-за увеличения инертной массы облака возрастёт и его импульс. А это невозможно.

Можно, конечно, предположить, что гравитационное поле сжатого облака обладает отрицательной потенциальной энергией, а, значит, и отрицательной массой. Эта отрицательная масса как раз и компенсирует прирост инертной массы у частиц. Но на наш взгляд, предположение о наличии отрицательной массы у чего бы то ни было не имеет достаточного основания. Мы же, исходя из Нового закона (2.1), получили, что при движении в гравитационном поле сохраняется инертная масса тела. И *только поэтому* пришли к выводу, что масса покоя должна зависеть от величины гравитационного потенциала.

В 10-й главе мы покажем, как уравнение (3.21) позволит нам разрешить некоторые космологические проблемы.

§ 3.7 Современная физика и принцип Маха

Давайте ещё раз вкратце рассмотрим фундаментальные принципы, которые лежат в основе современной физики.

1. Основой механики Ньютона является закон инерции, который гласит: *скорость свободно двигающегося тела остаётся постоянной*. Этот закон получен на основе опыта, он не имеет теоретического объяснения [11;с.14].

2. Основой специальной теории относительности является принцип постоянства скорости света. *Смысл его в том, что величина скорости света не зависит от движения наблюдателя*. Это на первый взгляд парадоксальное утверждение объясняется тем, что масштаб времени и расстояния в движущейся системе отсчёта изменяется всегда таким образом, чтобы скорость света в ней оставалась одной и той же – 300 000 км/с.

3. Основой общей теории относительности является принцип эквивалентности, который гласит: *гравитационное поле локально неотличимо от неинерциальной системы отсчёта*. В основе этого принципа лежит экспериментальный факт равенства инертной и гравитационной масс. Но вопрос, почему инертная масса тела всегда равна гравитационной массе, в рамках современной физики остаётся без ответа.

4. Основу квантовой механики составляет принцип неопределённости. *Смысл его в том, что квантовый объект (например, электрон) при движении не имеет определённой траектории* [6]. Неопределённость движения электрона (как и любого другого квантового объекта) характеризуется величиной постоянной Планка. С точки зрения современной физики остаётся загадкой, почему законы микромира носят вероятностный характер.

Перечисленные выше принципы независимы друг от друга, между ними отсутствует единство и взаимосвязь, хотя они отражают свойства одного и того же Мира. Какая, например, существует связь между законом инерции и принципом неопределённости? Или между постоянством скорости света и равенством инертной и гравитационной масс? С точки зрения современной физики это неясно.

Для того чтобы как-то объяснить закон инерции, мы рассмотрели гипотезу о том, что инерциальные системы отсчёта, существующие в окружающем нас пространстве, могут быть каким-то образом *связаны причинно* со всеми массами, заполняющими Вселенную. Эта гипотеза известна как принцип Маха. Как правило, ему придают следующий смысл: *при удалении от больших масс инерция пробного тела будет уменьшаться* [1;с.605]. Однако в этом направлении до сих пор не удалось получить каких-либо результатов [15;с.293].

Мы же сформулировали принципиально новую точку зрения на принцип Маха: *при удалении от больших масс неопределённость в движении пробного тела будет возрастать*. С этой точки зрения за пределами гравитационного поля Вселенной неопределённость в движении тел настолько высока, что теряет физический смысл понятие системы отсчёта. Соответственно, теряет физический смысл и различие между инерциальной и неинерциальной системами отсчёта. Таким образом (в соответствии с принципом Маха), различие между

инерциальными и неинерциальными системами отсчёта возникает только благодаря гравитационному воздействию масс, заполняющих Вселенную.

Так как за пределами гравитационного поля Вселенной (там, где $\Phi_{Un} \rightarrow 0$) понятие системы отсчёта теряет физический смысл, то, следовательно, также теряют физический смысл понятия времени и расстояния. То есть с новой точки зрения наша Вселенная окружена Хаосом. И таким образом, не только инерциальные системы отсчёта, но и само пространство-время обязано своим существованием большим массам, заполняющим Вселенную.

Как уже отмечалось в § 1.2, движение материальных тел в окружающем мире происходит в гравитационном поле, созданном огромной массой Вселенной. Суммарный гравитационный потенциал, создаваемый всеми массами Вселенной в околоземном пространстве, также огромен: $\Phi_{Un} \approx -10^{17} \text{ м}^2/\text{с}^2$. В связи с этим в § 1.3 было выдвинуто предположение, что *движение физических объектов (описываемое классической механикой, теорией относительности и квантовой механикой) есть результат гравитационного взаимодействия данных объектов со всеми массами, существующими во Вселенной*. А во 2-й главе мы пришли к выводу, что фундаментальные характеристики пространства-времени (скорость света и постоянная Планка, которые входят во все законы движения) должны зависеть от распределения всех масс во Вселенной – уравнения (2.1) и (2.9).

Итак, вложив несколько иной физический смысл в принцип Маха, мы получили возможность, во-первых, дать новую интерпретацию квантовой механике – *неопределённость, наблюдаемая в микромире, есть остаток от хаотичности движения элементарных частиц после наложения ограничивающего воздействия огромной массы Вселенной*. Подробно эта тема будет рассмотрена в 6-й главе. Во-вторых, мы смогли обосновать принцип постоянства скорости света, который лежит в основе специальной теории относительности (§ 2.6). И, наконец, в-третьих, – теоретически обосновали равенство инертной и гравитационной масс, которое лежит в основе общей теории относительности (§ 3.2).

Таким образом, в рамках новой теории объединяются *все* основные принципы, лежащие в основании современной физики.

Однако наиболее существенное в данном случае – это то, что новую теорию можно проверить экспериментально, причём в земных условиях. Принципиально новый результат, вытекающий из неё, состоит в том, что *при увеличении высоты над земной поверхностью величина скорости света уменьшается (2.1), а значение постоянной Планка, наоборот, возрастает (2.9)*.

Таким образом, предоставляется возможность (впервые!) *проверить принцип Маха экспериментально*.

§ 3.8 Резюме

Повторим вкратце основные положения и следствия новой теории.

1. В качестве фундамента для построения новой теории мы использовали современные астрофизические данные о величине средней плотности и возрасте Вселенной. На основании этих данных можно сделать вывод, что квадрат скорости света равен (в пределах погрешности наблюдений) гравитационному потенциалу создаваемому всеми массами, существующими во Вселенной. Поэтому мы предположили, что величина скорости света *определяется* гравитационным потенциалом Вселенной:

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

Это уравнение имеет простой физический смысл. Полная энергия любого тела массы m определяется его энергией гравитационного взаимодействия со всеми остальными телами Вселенной: $mc^2 = -m\Phi_{Un}$. Уравнение (2.1), с одной стороны, объясняет, почему скорость света не зависит от движения наблюдателя (потому что величина гравитационного потенциала не зависит от движения наблюдателя). А с другой стороны, из него следует равенство инертной и гравитационной масс (так как $m_{in}c^2 = -m_{gr}\Phi_{Un}$ и $c^2 = -\Phi_{Un}$, то $m_{in} = m_{gr}$).

2. Учитывая неизменность постоянной тонкой структуры, мы сделали вывод, что величина постоянной Планка также зависит от величины гравитационного потенциала:

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

Исходя из этого, мы пришли к выводу, что наша Вселенная окружена Хаосом. При приближении к Хаосу скорость света будет стремиться к нулю, а постоянная Планка неограниченно возрастать. Вследствие чего в Хаосе теряет физический смысл понятие системы отсчёта, а, значит, также теряют физический смысл понятия времени и расстояния.

Такая модель пространства-времени удовлетворяет принципу Маха и даёт возможность проверить его экспериментально. Для этого нужно измерять величину скорости света и постоянной Планка с высокой степенью точности. И если будет обнаружена слабая вариация этих фундаментальных постоянных в соответствии с уравнениями (2.1) и (2.9), то это будет *экспериментальным подтверждением* принципа Маха и *доказательством существования Хаоса* за пределами гравитационного поля Вселенной. Таким образом, не вылетая за пределы Вселенной (что в принципе невозможно), мы всё-таки сможем узнать, что там находится!

3. При движении тела в гравитационном поле изменяется не только его кинетическая энергия, но также и внутренняя. Поэтому потенциальная энергия тела U , поднятого на высоту h над земной поверхностью, не равна mgh . Как было выяснено в § 3.5, она равна: $U = 2mgh$. При падении тела в поле тяжести (если его скорость мала, $V \ll c$) только половина потенциальной энергии переходит в кинетическую:

$$\Delta K = \Delta U/2 = 2mgh/2 = mgh$$

А вторая половина переходит во внутреннюю энергию:

$$\Delta E_0 = \Delta(m_0c^2) = \Delta U/2 = mgh$$

4. Из уравнения (2.1) также следует, что при движении частицы в гравитационном поле сохраняется её инертная (а значит и гравитацион-

ная) масса (3.7). Но это также означает, что масса покоя элементарной частицы изменяется при её движении в гравитационном поле, то есть масса покоя зависит от величины гравитационного потенциала:

$$m_0 \sqrt{-\Phi} = \text{const} \quad (3.21)$$

Чем “глубже” находится элементарная частица в гравитационном поле, тем меньше её масса покоя.

5. Можно отметить, что возрастание скорости света и уменьшение массы покоя вблизи большой массы имеет следующий физический смысл. Предположим, что тело свободно падает в гравитационном поле. В этом случае потенциальная энергия тела уменьшается, а полная энергия (то есть сумма внутренней и кинетической энергий), соответственно, возрастает. Полная энергия тела равна:

$$E = m_0 c^2 + K = m_{\text{in}} c^2 = m_{\text{gr}} c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Можно предположить (как это принято в современной физике), что масса покоя и скорость света остаётся постоянной, а полная энергия возрастает за счёт увеличения инертной (или гравитационной) массы. Следует подчеркнуть, что такое предположение не проверено экспериментально, а является пока только гипотезой. В связи с этим можно задать вопрос: за счёт чего возрастает инертная (или гравитационная) масса тела? Откуда она берётся? Более правдоподобно, предположить, что инертная (и гравитационная) масса остаётся постоянной и, следовательно, масса покоя уменьшается, а полная энергия тела возрастает за счёт увеличения скорости света. Так как полная энергия тела возрастает пропорционально изменению потенциальной энергии, то, соответственно, квадрат скорости света возрастает пропорционально гравитационному потенциалу согласно уравнению (2.1). При этом из-за того, что внутренняя энергия тела изменяется, изменение потенциальной энергии не равно mgh .

Таким образом, суть новой теории состоит в следующем. *Величины скорости света, постоянной Планка, а также массы покоя элементарных частиц зависят от распределения всей остальной материи во Вселенной* (от величины гравитационного потенциала). Новая теория позволяет ответить на *все* вопросы, которые были сформулированы в § 1.12 (на 8-й вопрос будет дан развёрнутый ответ в 7-й главе). Но наиболее существенным в новой теории является то, что её можно проверить экспериментально в земной лаборатории, причём уже в настоящее время. В § 8.3 и § 10.10 будут предложены простые эксперименты по проверке новой теории.