О некоторых вопросах физики

Доцент канд. техн. наук
Н. А. Калошин

1970

Содержание

От редакторов

Николай Александрович Калошин — доцент, кандидат технических наук. С сентября 1951 года по июнь 1969 — ректор Ждановского Металлургического Института (теперь — Приазовский Государственный Технический Университет). Занимал должность заведующего кафедрой металлургических печей и энергетики ЖдМИ с марта 1950 года до 1972 года. С 1972 года остается доцентом на кафедре.

Данное издание подготовлено к столетию со дня рождения Николая Александровича Калошина. За основу было взято оригинальное издание «О некоторых вопросах физики» (ЖдМИ. Ромайор, зак. 461, тир. 15 экз., 08.01.70 г.), в котором были сделаны следующие правки:

1. Исправлены опечатки.

2. Величины переведены из системы СГС в систему СИ. В формулы электростатического взаимодействия добавлены коэффициенты, которые в СГС равны единице.

3. Оставлена оригинальная точность вычислений. В случае, если вычисленное значение отличается от указанного в оригинальном тексте, вычисленное значение дается в квадратных скобках.

4. Текст выделенный *курсивом* отсутствовал в оригинальном тексте, но понятен из контекста.

5. Значение характеристик Вселенной взяты из оригинального текста, там, где было возможно, в примечаниях было указано текущее значение величин.

Калошина Ю. П., Потапов Д. В. (denys.potapov@gmail.com)

1 Определение гравитационной постоянной для атома водорода

Основой небесной механики является закон Ньютона и Кеплера. Ньютоновское поле тяготения описывается гравитационным потенциалом, подчиняющимся дифференциальному уравнению

$$\Delta^2\varphi = \frac{\delta^2\varphi}{\delta x^2} + \frac{\delta^2\varphi}{\delta y^2} + \frac{\delta^2\varphi}{\delta z^2} = 4\pi G\rho \tag{1}$$

где

ρ — плотность массы, кг $\cdot$ м$^{-3}$;

G — гравитационная постоянная, м$^3 \cdot$ кг$^{-1} \cdot$ с$^{-2}$.

Если массы, создающие гравитационный потенциал тяготения расположены симметрично, то уравнение (1) упрощается.

Для покоящегося шара радиусом R с постоянной плотностью в пределах шара и плотностью, равной нулю вне шара, поле тяготения обладает сферической симметрией, т.е. φ зависит только от $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, тогда уравнение примет вид

$$\frac{1}{R^2}\frac{d}{dR}\left(R^2\frac{d\varphi}{dR}\right) = \frac{d^2\varphi}{dR^2} + \frac{2}{R}\frac{d\varphi}{dR} = 4\pi G\rho \tag{2}$$

Решение уравнения (2) вне шара, при $R \geq R_0$ имеет вид

$$\varphi = -\frac{Gm_m}{R} \tag{3}$$

где

m_m — масса материнского тела, *кг*;

R — расстояние между центрами масс, *м*.

Уравнение (3) может быть записано и в таком виде:

$$\varphi R = -Gm_m.$$

Уравнение (3) для гравитационного потенциала тяготения можно получить из закона Ньютона и другим путем.

Для этого необходимо приравнять силу гравитационного притяжения между двумя телами

$$F = \frac{Gm_m m_n}{R^2}$$

центростремительной силе

$$F_{\text{ц}} = \frac{m_n v^2}{R},$$

тогда получим

$$\frac{m_n v^2}{R} = \frac{Gm_m m_n}{R^2},$$

где m_n — масса пробного тела. Разделив обо части уравнения на $\frac{m_n}{R}$, получим

$$v^2 = \frac{Gm_m}{R} \tag{4}$$

Уравнение (4) может быть записано в следующем виде:

$$v^2 R = Gm_m = \text{const} \tag{5}$$

$$R = \frac{Gm_m}{v^2} \tag{6}$$

$$G = \frac{v^2 R}{m_m} \tag{7}$$

где

m_m — масса материнского тела, *кг*;

G — гравитационная постоянная, *м*$^3 \cdot$ *кг*$^{-1} \cdot$ *с*$^{-2}$;

v — скорость движения пробного тела, *м* $\cdot$ *с*$^{-1}$;

R — расстояние между центрами масс, *м*.

Сравнивая между собой уравнения (3) и (4) видим, что уравнение гравитационного потенциала тяготения можно приравнять квадрату скорости из уравнения (4), и тогда получим следующее равенство:

$$-\varphi = v^2 = \frac{Gm_m}{R}.$$

Из уравнения (7) можно получить значение гравитационной постоянной, выраженное через плотность вещества, если заменить скорость v через $\frac{R}{t}$ и подставить в уравнение (7), то получим

$$G = \frac{R^3}{m_m t^2} \tag{8}$$

Заменяя $\frac{R^3}{m_m}$ через $\frac{1}{\rho}$ получим

$$G = \frac{1}{\rho t^2} \tag{9}$$

где

ρ — плотность, кг $\cdot$ м$^{-3}$;

t — время, необходимое для прохождения расстояния равного радиусу, *с*.

Из уравнения (8) видно, что гравитационная постоянная представляет собой объем (пространство), вырезаемый движущимся телом за единицу времени, приходящийся на один килограмм вещества материнского тела. Из уравнения (9) можно определить значение времени

$$t = \sqrt{\frac{1}{\rho G}}.$$

Уравнение (9) пригодно как для микро-, так и для макромира. Из него можно получить следующее соотношение:

$$G\rho t^2 = 1 \tag{10}$$

Так как значения входящих в соотношение (10) величин для макромира известны, то приравняв это соотношение значению величин для микромира ($G'\rho' t'^2 = 1$) можно определить значение гравитационной постоянной для микромира:

$$G' = \frac{G\rho t^2}{\rho' t'^2}.$$

Подставляя значения $\rho = 2 \times 10^{-26}$ *кг* $\cdot$ *м*$^{-3}$ и $t = 1 \times 10^{18}$ *с*, получим[1)]

$$G' = \frac{6,67 \times 10^{-11} \cdot 2 \times 10^{-26} \cdot (1 \times 10^{18})^2}{1 \times 10^{17} \cdot (1 \times 10^{-23})^2} = 1,34 \times 10^{29}\ \text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}.$$

Подставляя значения, входящие в уравнения (9) величин $\rho = 1 \times 10^{17}$ *кг*$\cdot$*м*$^{-3}$ и $t = 1 \times 10^{-23}$ *с*, получим

$$G = \frac{1}{\rho t^2} = \frac{1}{1 \times 10^{17} \cdot (1 \times 10^{-23})^2} = 1 \times 10^{29}\ \text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}.$$

Для Вселенной, принимая $\rho = 2 \times 10^{-26}$ *кг* $\cdot$ *м*$^{-3}$, $t = 1 \times 10^{18}$ *с*, получим

$$G = \frac{1}{\rho t^2} = \frac{1}{2 \times 10^{-26} \cdot (1 \times 10^{18})^2} = 5 \times 10^{-11}\ \text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}.$$

Как видно из полученных значений гравитационной постоянной даже грубые подсчеты дают удовлетворительные результаты.

Учитывая трудности в определении плотности вещества и времени, необходимого для прохождения расстояния радиусом R, так как приводимые значения радиуса для Вселенной и атома могут быть неточным, обратимся к другим возможным способам определения гравитационной постоянной для микро- и макромира.

Известно, что радиус атома водорода первой боровской орбиты определяется из уравнения

$$R_n = \frac{n^2 \hbar^2}{Z k_e e^2 m_e} \tag{11}$$

где

n — квантовое число, равное 1;

[1)] Здесь и далее по тексту принимается, что:

1. Плотность Вселенной равна $\rho = 2 \times 10^{-26}$ кг $\cdot$ м$^{-3}$, на сегодня принято значение $\rho = 9,3 \times 10^{-27}$ кг $\cdot$ м$^{-3}$.
2. Время, необходимое для прохождения расстояния, равного радиусу Вселенной, равно $t = 1 \times 10^{18}$ с.
3. Плотность атома водорода равна $\rho = 1 \times 10^{17}$ кг $\cdot$ м$^{-3}$.
4. Время, необходимое для прохождения расстояния, равного радиусу атома водорода, равно $t = 1 \times 10^{-23}$ с.

Происхождение величин 2–4 неясно.

Z — порядковый номер элемента, равный 1;

$\hbar$ — постоянная Планка, равная *1, 05 × 10⁻³⁴ Дж · с*;

e — заряд электрона, равный $-1,6 \times 10^{-19}$ Кл;

m_e — масса электрона, равная $9,1 \times 10^{-31}$ кг;

k_e — постоянная Кулона, равная 9×10^9 Н · м^2 · Кл$^{-2}$.

Подставляя в уравнение (11) значения указанных в нем величин, получим

$$R = \frac{(1,05 \times 10^{-34})^2}{9 \times 10^9 \cdot (-1,6 \times 10^{-19})^2 \cdot 9,1 \times 10^{-31}} = 5,29 \times 10^{-11}\ [5,26 \times 10^{-11}]\ \text{м}.$$

Скорость электрона на первой боровской орбите определяется из уравнения

$$\frac{v}{c} = \frac{k_e e^2}{\hbar c} \tag{12}$$

где c — скорость света, м · с$^{-1}$.

Подставляя в уравнение (12) значение указанных в нем величин, получим

$$\frac{v}{c} = \frac{9 \times 10^9 \cdot (-1,6 \times 10^{-19})^2}{1,05 \times 10^{-34} \cdot 3 \times 10^8} = \frac{1}{137}.$$

Сокращая правую и левую части уравнения (12) на c, получим

$$v = \frac{k_e e^2}{\hbar} \tag{13}$$

Подставляя в уравнение (13) значение указанных в нем величин, получим

$$v = \frac{9 \times 10^9 \cdot (-1,6 \times 10^{-19})^2}{1,05 \times 10^{-34}} = 2,2 \times 10^6\ \text{м} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Так как Бор считал орбиты электронов аналогичными классическим, круговым, орбитам планет, где момент количества движения может иметь любое значение, он вынужден был для квантования энергии или радиусов ввести новое правило, гласившее, что момент количества движения равен постоянной Планка. Для первой боровской орбиты, когда квантовое число $n = 1$, $Z = 1$, указанное равенство запишется в таком виде:

$$mvR = \frac{h}{2\pi} = \hbar.$$

Из последнего равенства следует, что орбитальный момент количества движения может принимать только определенные значения, равные

$$\frac{nh}{2\pi},$$

где n — любое целое положительное число.

Из дальнейшего рассмотрения увидим, что равенство орбитального момента количества движения постоянной Планка вытекает из квантовой теории и теории относительности Эйнштейна, так что Н. Бор пользовался правильными предпосылками при создании планетарной модели атома водорода.

Согласно первому постулату Бора, центростремительная сила, удерживающая орбитальный электрон, является силой электростатического взаимодействия заряда электрона и ядра атома, поэтому для круговой орбиты атома водорода радиусом R будем иметь

$$F = \frac{k_e e^2}{R^2} = \frac{m_e v^2}{R}$$

или умножая обо части уравнения на R, получим

$$\frac{k_e e^2}{R} = m_e v^2 \tag{14}$$

«По классическим понятиям следовало ожидать, что при сближении электронов с протонами энергия уменьшается; наивыгоднейшее расположение положительных и отрицательных зарядов в классической физике — это когда они сидят верхом друг на друге. Классической физике это было хорошо известно и представляло загадку: атомы все же существовали.

Из принципа неопределенности Гейзенберга $\Delta R \Delta p = h$ можно получить соотношение $p = \frac{h}{R}$, откуда следует, что с изменением радиуса орбиты электрона в атоме водорода изменяется импульс электрона, и чем меньше радиус, на котором находится электрон, тем больше импульс электрона, а поэтому при приближении к ядру энергия электрона возрастает. Вот почему электрон не падает на ядро атома.»[1]

А. Эйнштейн в единой теории поля пытался объединить электростатические и гравитационные силы для того, чтобы погасить электростатическое отталкивание гравитационным притяжением. Эта попытка оказалась безнадежной.

Сравнивая между собой энергию электростатического отталкивания в атоме водорода $\frac{k_e e^2}{R}$ и энергию гравитационного притяжения, равную $\frac{Gm^2}{R}$, в одном и том же объеме, получим: отношение энергии электростатического отталкивания к энергии гравитационного притяжения, равное

$$A = \frac{k_e e^2}{Gm^2} \tag{15}$$

где

e *— заряд электрона, равный* $-1,6 \times 10^{-19}$ *Кл;*

m *— масса электрона, равная* $9,1 \times 10^{-31}$ *кг;*

k_e *— постоянная Кулона, равная* 9×10^{9} *Н* $\cdot$ *м*^{2} $\cdot$ *Кл*$^{-2}$.

Если в это уравнение подставить значения гравитационной постоянной для макромира $G = 6,67 \times 10^{-11}$, то получим

$$A = \frac{9 \times 10^9 \cdot (-1,6 \times 10^{-19})^2}{6,67 \times 10^{-11} \cdot (9,1 \times 10^{-31})^2} = 4,2 \times 10^{42}.$$

Из этого сравнения видно, что силы электростатического отталкивания в $4,2 \times 10^{42}$ раз превосходят силы гравитационного притяжения, поэтому привлечение гравитационных сил для уравновешивания электростатических сил кажется невозможным. [2]

Для уточнения полученных результатов численного значения гравитационной постоянной для атома водорода, примем за истинное значение скорость электрона на основной орбите атома водорода $v = 2,2 \times 10^6$ м $\cdot$ с$^{-1}$ и радиус основной боровской орбиты $R = 5,29 \times 10^{-11}$ м , получим значение гравитационной постоянной из уравнения (7). Подставляя численное значение величин в уравнений (7), получим[2)]

$$G = \frac{(2,2 \times 10^6)^2 \cdot 5,29 \times 10^{-11}}{1,67 \times 10^{-27}} = 1,53 \times 10^{29}\ \textit{м}^{\mathit{3}} \cdot \textit{кг}^{-\mathit{1}} \cdot \textit{с}^{-\mathit{2}}.$$

Как видно, это значение удовлетворительно совпадает с полученным ранее из уравнения

$$G = \frac{1}{\rho t^2}.$$

Окончательно принимаем, что гравитационная постоянная (для атома водорода) равна

$$G = 1,53 \times 10^{29}\ \text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}.$$

Гравитационная постоянная для всех планет Солнечной системы может быть определена из уравнения

$$G = \frac{v^2 R}{m_m},$$

если в него подставить значение скорости движения Земли вокруг Солнца, расстояние от Земли до Солнца и массу Солнца[3)], тогда

$$G = \frac{(3 \times 10^4)^2 \cdot 1,5 \times 10^{11}}{2 \times 10^{30}} = 6,67 \times 10^{-11}\ [\mathit{6,75} \times \mathit{10}^{-\mathit{11}}]\ \textit{м}^{\mathit{3}} \cdot \textit{кг}^{-\mathit{1}} \cdot \textit{с}^{-\mathit{2}}.$$

Гравитационная постоянная для Галактики определится, если принять известные величины скорости движения Солнца вокруг Галактики $v = 2,5 \times 10^5$ м $\cdot$ с$^{-1}$, расстояние между центром Галактики и Солнцем $R = 2 \times 10^{20}$*м* и массу Галактики $m_m = 2 \times 10^{41}$ кг[4)], тогда

$$G = \frac{(2,5 \times 10^5)^2 \cdot 2 \times 10^{20}}{2 \times 10^{41}} = 6,67 \times 10^{-11}\ [\mathit{6,25} \times \mathit{10}^{-\mathit{11}}]\ \textit{м}^{\mathit{3}} \cdot \textit{кг}^{-\mathit{1}} \cdot \textit{с}^{-\mathit{2}}.$$

Гравитационная постоянная для Вселенной определяется, если принять, что $R = 2 \times 10^{26}$ м, скорость движения в пределах гравитационного радиуса равна $c = 3 \times 10^8$ *м* $\cdot$ *с*$^{-\mathit{1}}$ и масса $m_m = 2 \times 10^{53}$ кг [5)]

[2)] Значение m_m принимается значению массы протона, равной $1,67 \times 10^{-27}$ кг.

[3)] Используются значения с точностью до одного знака после запятой:

Скорость движения Земли вокруг Солнца $v = 3 \times 10^4$ м $\cdot$ с$^{-1}$.

Среднее расстояние от Земли до Солнца $R = 1,5 \times 10^{11}$ м.

Масса Солнца $m_m = 2 \times 10^{30}$ кг.

[4)] На сегодня приняты следующие значения:

Скорость движения Солнца на орбите вокруг центра Галактики $v = 2,2 \times 10^5$ м $\cdot$ с$^{-1}$.

Расстояние между центром Галактики и Солнцем $R = 2,5 \times 10^{20}$ м.

Масса Галактики $m_m = 1,4 \times 10^{42}$ кг.

[5)] Здесь и далее по тексту принимаются следующие характеристики Вселенной:

$$G = \frac{(3\times10^{8})^{2}\cdot 2\times10^{26}}{2\times10^{53}} = 6,67\times10^{-11}\ [\mathit{9}\times\mathit{10}^{-11}]\ \text{м}^{3}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{с}^{-2}.$$

После того, как нами определена гравитационная постоянная микромира $G = 1,53\times10^{29}$ м$^{3}\cdot$ кг$^{-1}\cdot$ с$^{-2}$, сравним силы гравитационного притяжения и электростатического отталкивания в атоме.

Силы электростатического отталкивания между двумя протонами в ядре, согласно закону Кулона, равны

$$F_e = \frac{k_e e^2}{R^2}.$$

Подставляя значение квадрата заряда протона и радиуса протона[6], получим

$$F_e = \frac{9\times10^{9}\cdot(1,6\times10^{-19})^{2}}{(1,3\times10^{-15})^{2}} = 1,36\times10^{2}\ \text{Н}.$$

Сила гравитационного притяжения между двумя протонами в ядре, согласно закону Ньютона, равна

$$F_g = \frac{Gm^2}{R^2}.$$

Подставляя значения входящих в равенство величин, получим

$$F_g = \frac{1,53\times10^{29}\cdot(1,67\times10^{-27})^{2}}{(1,3\times10^{-15})^{2}} = 2,5\times10^{5}\ \text{Н}.$$

Сравнивая между собой силы гравитационного притяжения и силы электростатического отталкивания в ядре, получим, что

$$\frac{F_g}{F_e} = \frac{2,5\times10^{5}}{1,36\times10^{2}} = 1840\ [\mathit{1838}].$$

Из этого соотношения видно, что силы гравитационного притяжения в 1840 раз превосходят силы электростатического отталкивания между двумя протонами в ядре. Силы электростатического притяжения между протоном и электроном в атоме водорода на расстоянии боровского радиуса $R = 5,29\times10^{-11}$ *м* равны

$$F_e = \frac{k_e e^2}{R^2} = \frac{9\times10^{9}\cdot(1,6\times10^{-19})^{2}}{(5,29\times10^{-11})^{2}} = 8,2\times10^{-8}\ \text{Н}.$$

Центростремительная сила для боровского радиуса атома водорода при $v = 2,2\times10^{6}$ м $\cdot$ с$^{-1}$, а радиус $R = 5,29\times10^{-11}$м

$$F_{\text{ц}} = \frac{9,1\times10^{-31}\cdot(2,2\times10^{6})^{2}}{5,29\times10^{-11}} = 8,2\times10^{-8}\ [\mathit{8,3}]\ \text{Н}.$$

Масса, $m = 2\times10^{53}$ кг, на сегодня принято значение $m = 3,35\times10^{54}$ кг.

Гравитационный радиус, $R = 2\times10^{26}$ м, который удовлетворительно совпадает с вычисленным по формуле $R_g = \frac{Gm}{c^2} = \frac{6,67\times10^{-11}\cdot2\times10^{53}}{(3\times10^{8})^{2}} = 1,48\times10^{26}$ м

[6] Радиус протона принимается равным радиусу ядра атома водорода ($1,25\times10^{-15}$ м) с точностью до одного знака после запятой.

Сравнивая силы электростатического притяжения с центростремительными силами, действующими между протоном и электроном, видим, что они равны между собой:

$$\frac{F_e}{F_ц} = \frac{8,2 \times 10^{-8}}{8,2 \times 10^{-8}} = 1.$$

Если допустить, что силы гравитационного притяжения действуют за пределами ядра, тогда эти силы по величине будут равны центростремительным, а, следовательно, и электростатическим. Так как гравитационные силы в ядре в 1840 раз превосходят силы электростатического отталкивания, то для того, чтобы удержать протоны в ядре не требуется вводить обменные силы Юкавы, равные 260 электронным массам. В наших рассуждениях всегда принимается, что гравитационные силы действуют только в пределах гравитационного радиуса атома.

Зная гравитационную постоянную для атома водорода, определим его гравитационный радиус, который будет необходим нам для дальнейших суждений:

$$R_g = \frac{Gm_m}{c^2} = \frac{1,53 \times 10^{29} \cdot 1,67 \times 10^{-27}}{(3 \times 10^8)^2} = 2,82 \times 10^{-15}\ [\mathit{2,84 \times 10^{-15}}]\ \text{м} \quad (16)$$

Взаимодействие двух тел, обусловленных силами тяготения, создаваемых природой, не зависит от релятивистских поправок как в макромире, так и в микромире, так как масса пробного тела не входит в уравнения гравитационного потенциала поля.

Из равенства сил гравитационного притяжения силам центростремительного ускорения:

$$G\frac{m_m m_n}{R^2} = \frac{m_n v^2}{R^2}.$$

видно, что масса пробного тела входит в обе части равенства, а поэтому может быть сокращена. Во всех искусственных ускорителях частиц релятивистские поправки необходимы, так как с изменением скорости частицы, изменяется ее энергия, а, следовательно, для удержания ее на соответствующем расстоянии необходимо менять энергию электростатического или магнитного поля, т.е. менять как бы массу материнского тела.

Из уравнений

$$R^3 = mGt^2;\ m = \frac{R^3}{Gt^2};\ G = \frac{1}{\rho t^2}$$

видно, что кривизна пространства и времени зависит и от плотности вещества, заключенного в определенном объеме. В свою очередь, количество вещества зависит от кривизны пространства и времени. Понятие о массе вне замкнутого пространства и времени существовать не может, так же, как понятие о времени и пространстве без массы существовать не может.

2 О взаимосвязи основных постоянных величин

Согласованность квантовой теории и теории относительности хорошо видна из сравнения:

1. Основного закона А. Эйнштейна, определяющего связь между энергией и массой
$$E = mc^2 \tag{17}$$
2. Соотношения неопределенностей Гейзенберга для координат и импульса
$$\Delta p \Delta x = \Delta E \Delta T = h \tag{18}$$
3. Характеристики волн, связанных с телами по де-Бройлю, определяемых через энергию E и импульс p
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}; \nu = \frac{E}{h} \tag{19}$$
4. Комптоновской длины волны протона и электрона
$$\lambda = \frac{h}{mc} \tag{20}$$

Из всех приведенных выше соотношений, можно получить одно уравнение, определяющее связь между энергией, скоростью движения, длиной волны и постоянной Планка:
$$h = mv\lambda$$
или
$$h = mc\lambda \tag{21}$$
Общее уравнение (21), полученное из сравнения закона А. Эйнштейна и квантовой теории, показывает единство основных положений физики.

Большой интерес представляет связь между основными физическими константами. Эта связь может быть установлена, если в уравнение гравитационной постоянной
$$G = \frac{v^2 R}{m_m}$$
подставить значение массы из уравнения
$$m = \frac{h}{v\lambda},$$
тогда
$$G = \frac{v^3 R\lambda}{h} \tag{22}$$
При скорости движения, равной ($c = 3 \times 10^8$ *м* $\cdot$ *с*$^{-1}$), радиус, по которому движется пробное тело, всегда равен гравитационному радиусу (R_g), и тогда уравнение (22) запишется следующим образом:
$$G = \frac{c^3 R_g \lambda}{h} \tag{23}$$
Из уравнения (23) можно получить значение входящих в него величин, как для микро-, так и для макромира. Например, для Вселенной гравитационная постоянная будет равна
$$G = \frac{(3 \times 10^8)^3 \cdot 2 \times 10^{26} \cdot 1,1 \times 10^{-95}}{6,63 \times 10^{-34}} = 9 \times 10^{-11}\ \textit{м}^{3} \cdot \textit{кг}^{-1} \cdot \textit{с}^{-2},$$
где

λ — длина волны всей массы Вселенной;

c — скорость света, 3×10^8 м $\cdot$ с$^{-1}$;

R — гравитационный радиус, *равный* $R = 2 \times 10^{26}$ *м*;

h — постоянная Планка, *равная* $6,63 \times 10^{-34}$ *Дж* $\cdot$ *с*;

Длина волны всей массы Вселенной определена из уравнения

$$\lambda = \frac{h}{mc} = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{2 \times 10^{53} \cdot 3 \times 10^8} = 1,1 \times 10^{-95}.$$

Для атома водорода, гравитационная постоянная равна

$$G = \frac{(3 \times 10^8)^3 \cdot 2,82 \times 10^{-15} \cdot 1,3 \times 10^{-15}}{6,63 \times 10^{-34}}$$
$$= 1,53 \times 10^{29}\ [1.49 \times 10^{29}]\ м^3 \cdot кг^{-1} \cdot с^{-2},$$

где

R_g — гравитационный радиус атома водорода определен из уравнения (16);

c — скорость света, 3×10^8 м $\cdot$ с$^{-1}$;

λ — длина волны, равная $1,3 \times 10^{-15}$ м.

Гравитационная постоянная для Солнца равна

$$G = \frac{(3 \times 10^8)^3 \cdot 1,48 \times 10^3 \cdot 1,1 \times 10^{-72}}{6,63 \times 10^{-34}}$$
$$= 6,67 \times 10^{-11}\ [6.63 \times 10^{-11}]\ м^3 \cdot кг^{-1} \cdot с^{-2},$$

где

R_g — гравитационный радиус Солнца, определенный из уравнения

$$R_g = \frac{Gm_m}{c^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \cdot 2 \times 10^{30}}{(3 \times 10^8)^2} = 1,48 \times 10^3\ м;$$

λ — длина волны, для массы Солнца

$$\lambda = \frac{h}{cm} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{3 \times 10^8 \cdot 2 \times 10^{30}} = 1,1 \times 10^{-72}\ м.$$

Для Земли гравитационная постоянная равна

$$G = \frac{(3 \times 10^8)^3 \cdot 0,43 \times 10^{-2} \cdot 3,7 \times 10^{-67}}{6,62 \times 10^{-34}} = 6,48 \times 10^{-11}\ м^3 \cdot кг^{-1} \cdot с^{-2},$$

где

$R_g = 0,43 \times 10^{-2}$ м;

$\lambda = 3,7 \times 10^{-67}$ *м*.

Связь между основными константами микромира и зарядом электрона ($e = 1,6 \times 10^{-19}$ *Кл*) можно получить, подставляя в уравнение

$$k_e e^2 = Gm^2$$

значение массы из уравнения

$$m = \frac{h}{v\lambda},$$

тогда получим

$$e^2 = \frac{Gh^2}{k_e v^2 \lambda^2},$$

где $\lambda^2 = \lambda_p \lambda_e$.

Если скорость движения равна скорости света ($c = 3 \times 10^8$ *м* $\cdot$ *с*$^{-1}$), то последнее уравнение будет иметь вид

$$e = \sqrt{\frac{Gh^2}{k_e c^2 \lambda_p \lambda_e}} \tag{24}$$

где

λ_p — комптоновская длина волны протона, равная $1,3 \times 10^{-15}$ *м*;

λ_e — комптоновская длина волны электрона, равная $2,4 \times 10^{-12}$ *м*.

Подставляя значения величин, входящих в уравнение (24), получим

$$e = \sqrt{\frac{1,53 \times 10^{29} \cdot (6,62 \times 10^{-34})^2}{9 \times 10^9 \cdot (3 \times 10^8)^2 \cdot 1,3 \times 10^{-15} \cdot 2,4 \times 10^{-12}}} = 1,6 \times 10^{-19}\ \text{Кл}.$$

Как видно из уравнений (23) и (24), основные константы для макро- и микромира связаны между собой и вытекают одна из другой.

3 О элементарности частиц и их количестве

В своей гипотезе о внутриядерных силах японский физик Х. Юкава высказал предложение, что носителем внутриядерных сил является частица с массой, равной 260 электронных масс. Эта частица была названа пи-мезоном. Не приводя вывода уравнения Х. Юкавы, запишем его в окончательной форме

$$\frac{m_\pi}{m_0} = \frac{\hbar}{m_0 R c} \tag{25}$$

где

R — радиус, равный $R = \frac{\hbar}{m_\pi c} = 1,5 \times 10^{-15}$ *м*;

m_π — масса пи-мезона;

m_0 — нулевая масса электрона, *равная 9, 1 × 10*$^{-31}$ *кг*;

c — скорость света в вакууме, *равная 3 × 10*^{8} *м* $\cdot$ *с*$^{-1}$;

$\hbar$ — постоянная Планка, равная $1,05 \times 10^{-34}$ *Дж* $\cdot$ *с*.

Подставляя значения входящих в уравнения (25) величин, получим

$$\frac{m_\pi}{m_0} = \frac{1,05 \times 10^{-34}}{9,1 \times 10^{-31} \cdot 1,5 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8} = 260\ [\mathit{256}],$$

$$m_\pi = 260 \cdot m_0.$$

Если в уравнении (25) обе части равенства сократить на m_0, то получим уже известное общее уравнение квантовой механики:

$$m = \frac{\hbar}{Rc} \text{ или } \hbar = mRc.$$

Если в последнее равенство подставить значение величин, стоящих в уравнении Х. Юкавы, то получим

$$m_\pi = \frac{1,05 \times 10^{-34}}{1,5 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8} = 2,35 \times 10^{-28}\ [\mathit{2,33 \times 10^{-28}}]\ \textit{кг}.$$

Поделив обе части равенств на нулевую массу электронов $m_0 = 9,1 \times 10^{-31}$ *кг*, получим, что пи-мезон Юкавы равен

$$\frac{m_\pi}{m_0} = \frac{2,35 \times 10^{-28}}{9,1 \times 10^{-31}} = 260\ [\mathit{258}],$$

$$m_\pi = 260 \cdot m_0.$$

Если теперь в уравнении Х. Юкавы подставить значение радиуса $R = 1,3 \times 10^{-15}$ *м*, что соответствует комптоновской длине волны протона $\lambda_p = 1,3 \times 10^{-15}$ *м*, то получим массу пи-мезона, равной

$$m_\pi = \frac{1,05 \times 10^{-34}}{1,3 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8} = 2,7 \times 10^{-28}\ \textit{кг}.$$

Поделив обе части равенства на нулевую массу электрона, получим

$$\frac{m_\pi}{m_0} = \frac{2,7 \times 10^{-28}}{9,1 \times 10^{-31}} = 300\ [\mathit{296}]$$

или

$$m_\pi = 300 \cdot m_0.$$

Необходимо заметить, что в уравнении Х. Юкавы скорость света принимается постоянной и за пределами гравитационного радиуса атома.

Если в уравнении (25) подставить значение постоянной Планка, не $h = 1,05 \times 10^{-34}$ *Дж* $\cdot$ *с*, а $h = 6,63 \times 10^{-34}$ *Дж* $\cdot$ *с*, то масса пи-мезона при $R = 1,5 \times 10^{-15}$ *м* будет равна 1640 электронным массам:

$$\frac{m_\pi}{m_0} = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{9,1 \times 10^{-31} \cdot 1,5 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8} = 1640\ [\mathit{1619}],$$

$$m_\pi = 1640 \cdot m_0.$$

При $R = 1,3 \times 10^{-15}$ *м* масса пи-мезона будет равна — 1880 электронным массам:

$$\frac{m_\pi}{m_0} = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{9,1 \times 10^{-31} \cdot 1,3 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8} = 1880\ [\mathit{1868}],$$

$$m_\pi = 1880 \cdot m_0.$$

Из сказанного выше видно, что пи-мезон Юкавы представляет собой не что иное, как электрон с массой, равной 260—1640 или 300—1880 электронным массам, находящимся соответственно на расстоянии $R = 1,5 \times 10^{-15}$ *м* или $1,3 \times 10^{-15}$ *м* от ядра атома и имеющий скорость $c = 3 \times 10^8$ м $\cdot$ с$^{-1}$.

В заключение можно сказать, что электрон находящийся на раз личных расстояниях от ядра представляет собой всю квантованную гамму частиц с массами от электрона до протона. Срок жизни, образованных из электрона частиц тем меньше, чем ближе они находятся к ядру. При столкновении двух электронов или электронов с электромагнитными квантами могут образоваться, в зависимости от энергии сталкивающихся частиц, или электромагнитный квант или тяжелые частицы, срок жизни которых, как правило, более короткий, чем у легких частиц.

Тяжелые частицы, образующиеся в пределах атомного ядра, живут очень короткий отрезок времени. Время их распада зависит от отношения $\frac{R}{c}$ и чем меньше величина этого отношения, том меньше срок жизни нестабильных частиц.

4 О постоянной тонкой структуры

Одной из проблем физики является проблема, почему постоянная тонкой структуры $\frac{k_e e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$ или обратная величина $\frac{\hbar c}{k_e e^2} = 137,036$ *равна* именно этой величине?

Скорость электрона на основной орбите атома водорода определяется из уравнения

$$\frac{v}{c} = \frac{k_e e^2}{\hbar c}.$$

Если сократить обе части уравнения на c, то получим

$$v = \frac{k_e e^2}{\hbar}$$

или

$$e^2 = \frac{\hbar v}{k_e}.$$

Из соотношения $e^2 = \frac{\hbar v}{k_e}$ видно, что только на основной боровской орбите ($R = 5,29 \times 10^{-11}$ *м* и $v = 2,2 \times 10^6$ *м* $\cdot$ *с*$^{-1}$) удельный заряд электрона равен единице. При скорости движения $v = c$ удельный заряд электрона равен $\frac{1}{137}$.

Подставляя вместо e^2 его значение, выраженное через $\frac{\hbar v}{k_e}$ в равенство $\frac{v}{c} = \frac{k_e e^2}{\hbar c}$, получим

$$\frac{v}{c} = \frac{\hbar v}{\hbar c} = \frac{1}{137},$$

$$\frac{c}{v} = \frac{\hbar c}{\hbar v} = 137.$$

Из последнего равенства видно, что величина 137 представляет собой отношение скорости электрона на грани гравитационного радиуса атома водорода к скорости электрона на боровской орбите атома водорода или отношению постоянной Планка, умноженной на эти скорости.

Микро- и макромир заполнен гравитационным полем (эфиром), плотность которого в микромире отлична от плотности в макромире. Гравитационное поле (эфир) макромира характеризует гравитационная постоянная $G = 6,6710^{-11}$ м$^3 \cdot$ кг$^{-1} \cdot$ с$^{-2}$, а гравитационный эфир микромира — гравитационная постоянная $G = 1,5310^{29}$ *м^3 · кг$^{-1}$ · с$^{-2}$*.

Движущийся или колеблющийся в атоме электрон создает электромагнитные волны, подобные звуковым, которые распространяются в гравитационном поле (эфире) со скоростью света ($c = 3 \times 10^8$ *м · с$^{-1}$*).

Двойственной структуры вещества в природе не существует, существуют две частицы (протон и электрон) и создаваемые ими электромагнитные волны, переносимые гравитационным полем (эфиром) со скоростью света. Под двойственной структурой электрона следует понимать, что движущийся в атоме или покидающий его электрон создает электромагнитную волну, которая распространяется в окружающем пространстве со скоростью света, а электрон, испытывающий тормозящее действие окружающей среды, отстает от созданной им же электромагнитной волны. Вот почему в одном и том же месте наблюдается как электромагнитная волна, так и электрон как частица. Электроны приходят в то же самое место с опозданием. Это положение можно проверить опытным путем, если пучек электронов или протонов отсечь от впереди бегущей волны, то мы обнаружим только волновые свойства электронов или протонов, а по другую сторону отсекающего экрана, только корпускулярные свойства последних. Электромагнитные волны обладают корпускулярными свойствами, когда энергия волны достаточна для совершения той работы, которая предусмотрена экспериментом. Если источник излучения находится на большем расстоянии от излучаемого объекта и энергия становится недостаточной для совершения предусмотренной работы, то корпускулярность электромагнитных волн может проявиться только в узлах (пучностях), если энергия в них достаточна для совершения предусмотренной работы.

Каждая инерциальная система имеет свое гравитационное поле, которое движется вместе с ним и на определенных расстояниях от центра массы является доминирующим над всеми другими гравитационными полями, а поэтому определяет характер движения тел в пределах определенного радиуса.

Исходя из предположения, что гравитационное поле (эфир) движется вместе с инерциальными системами, Майкелсон не мог обнаружить разницы в значении скорости света в различных направлениях движущейся инерциальной системы.

Гравитационное поле (эфир) имеет смысл только в том случае, когда имеется минимум два тела. Гравитационное поле образовалось в момент взрыва Вселенной из ее сжатого состояния. В настоящее время, при взрыве сверхновых звезд образуется сильное возмущения гравитационного поля (эфира), которое фиксируется на больших расстояниях.

Заключение

Основными уравнениями микро- и макромира, позволяющими определить массу тела, размеры, плотность, скорость движения пробных тел, гравитационную постоянную и время являются такие, как:

1. Уравнение гравитационного потенциала φ, где гравитационный потенциал φ заменен квадратом скорости v^2
$$-\varphi = v^2 = \frac{Gm_m}{R}.$$
Если $v = c$, тогда
$$-\varphi = c^2 = \frac{Gm_m}{R_g},$$
где

   φ — гравитационный потенциал поля, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$;

   v — скорость движения пробного тела, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

   G — гравитационная постоянная для макромира, равная $6,67 \times 10^{-11}$ *м³ · кг⁻¹ · с⁻²*, и для микромира, равная $1,53 \times 10^{29}$ *м³ · кг⁻¹ · с⁻²*;

   R_g — гравитационный радиус, для Вселенной $R_g = 2 \times 10^{26}$ *м*, для атома $R_g = 2 \times 10^{-15}$ *м*;

   m_m — масса материнского тела, *кг*.

   Из приведенных уравнений можно записать следующие соотношения:
$$G = \frac{v^2 R}{m_m};\ R = \frac{Gm_m}{c^2};\ m_m = \frac{v^2 R}{G};\ m_m = \frac{R^3}{t^2 G}.$$
Если $v = c = 3 \times 10^8\ \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$, тогда радиус становится гравитационным (R_g) и записанные соотношения будут иметь такой вид:
$$G = \frac{c^2 R_g}{m_m};\ R_g = \frac{Gm_m}{c^2};\ m_m = \frac{c^2 R_g}{G};\ m_m = \frac{R_g^3}{t^2 G}.$$
Для каждой инерциальной системы, таких как Земля, Солнечная система и Галактика соотношения
$$Gm_m = v^2 R = const,$$
$$Gm_m = c^2 R_g = const$$
имеют свои численные значения.

2. Уравнения для определения гравитационной постоянной:
$$G = \frac{R^3}{t^2 m_m};\ G = \frac{1}{\rho t^2};\ G = \frac{v^3 R\lambda}{h};\ G = \frac{c^3 R_g \lambda}{h}.$$

3. Все уравнения квантовой механики могут быть сведены к соотношениям такого вида:
$$\hbar = mvR \text{ или } \hbar = mv\lambda.$$
Если $v = c$, тогда:
$$\hbar = mcR \text{ или } \hbar = mc\lambda.$$

4. Связь между основными константами и зарядом электрона может быть определена из уравнения

$$e = \sqrt{\frac{Gh^2}{k_e c^2 \lambda_p \lambda_e}}.$$

Мир состоит из двух частиц электрона и протона, все другие частицы образуются из этих двух. Элементарные частицы с массой меньше массы протона ($m < m_p$), открытые в настоящее время, представляют собой электрон, находящийся на различных расстояниях от ядра. Частицы, имеющие массу большую массы протона ($m > m_p$), представляют собой резонансные образования, либо частицы, родившиеся при столкновениях. Все частицы, образованные движущимся электроном, являются нестабильными и при торможении в атоме или за его пределами живут тем меньше, чем больше их начальная скорость, а, значит, и энергия. Это относится также и к резонансным частицам, и частицам, образованным при соударениях. Если нестабильные частицы заставить двигаться со скоростью света, то они будут жить вечно. Нейтральные частицы образуются только при столкновениях и живут непродолжительное время, за исключением нейтронов, когда они находятся в ядре атома.

Список литературы

[1] Р. Фейнман. Фейнмановские лекции по физике. Книга 3. Издательство «Мир», 1965. т

[2] А.С. Компанеец. Может ли кончиться физическая наука. Сб. Будущее науки. М, издательство «Знание», 1968.

[3] В.Л. Гинзбург. Космические исследования и теория относительности. М, издательство «Наука», 1967.