УДК 530.1
Физико-математические науки

В данной статье рассматриваются задача определения точного численного значения постоянной Хаббла и непосредственно связанные с этой задачей проблемы теоретического обоснования системы больших безразмерных чисел Дирака и барионной асимметрии в наблюдаемой Вселенной. Обосновывается идея о том, что для комплексного решения указанных проблем и задачи требуется разработка CPT-инвариантной космологической модели с использованием понятия наибольшего (экстремального) действия.

Ключевые слова и фразы: космология; Вселенная; нейтрон; большие числа Дирака; CPT-инвариантность; Лагранжев формализм; кратный интеграл Фурье.

Курнышев Борис Сергеевич, д.т.н., профессор
Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина
bor403@yandex.ru

ТОЧНАЯ ВЕЛИЧИНА ПОСТОЯННОЙ ХАББЛА©

Наиболее надёжная оценка постоянной Хаббла в настоящее время составляет $70{,}4^{+1{,}3}_{-1{,}4}$ $(км/с)/Мпк$ [4]. В данной статье приведены аргументы в пользу того, что точная величина постоянной Хаббла (H_0) должна находиться именно в указанных пределах и при этом быть равной

$H_0 = 70{,}10950$ $(км/с)/Мпк$ (в СИ $H_0 = 2{,}2718570 \cdot 10^{-18}$ $с^{-1}$).

В основу подхода положены теорема о CPT-инвариантности, Лагранжев формализм и математический аппарат кратных интегралов Фурье.

CPT-инвариантная космологическая модель

Согласно Лагранжеву формализму действие S и функция Лагранжа $L(t)$ связаны между собой в общем случае следующей интегральной зависимостью:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(t)dt \,, \tag{1}$$

где t – время, причём $t_2 > t_1$, то есть время движется в направлении от t_1 к t_2.

В силу однородности времени не имеет значения, какой момент принять в качестве нуля. Поэтому без каких-либо допущений можно положить $t_1 = -t$, $t_2 = +t$. Тем самым во временном измерении вводится точка $t_0 = \frac{t_2 - t_1}{2} = 0$.

С введением точки $t_0 = 0$ в интеграле (1) возникает некая симметрия по времени относительно точки $t_0 = 0$:

$$S = \int_{-t}^{+t} L(t)dt \,. \tag{2}$$

На первый взгляд кажется, что замена (1) на (2) ничего не меняет. Но ничего не меняется только в том случае, если мы по привычке будем думать, что время в (2) движется от $-t$ к $+t$. Однако, в отличие от интеграла (1), вид интеграла (2) указывает на принципиальную возможность различать *два направления хода времени*: от $t_0 = 0$ к $t_2 = +t$ и от $t_0 = 0$ к $t_1 = -t$, то есть различать *две стрелы времени*, а не одну: от $-t$ к $+t$.

Действие теперь можно представить в следующем (математически эквивалентном) виде:

$$S = \int_{0}^{+t} L(t)dt - \int_{0}^{-t} L(t)dt \,. \tag{3}$$

Итак, мы видим, что в принципе возможно представление о двух взаимно инверсных направлениях хода времени. Очевидно, что в нашей (наблюдаемой) Вселенной крупномасштабно реализован лишь один вариант из двух возможных.

Расстановку пределов интегрирования в (3) теперь нужно рассматривать как введение двух абсолютно равноправных направления хода времени: в сторону положительных значений (от $t_0 = 0$ к $t = +t$) и в сторону отрицательных значений (от $t_0 = 0$ к $t = -t$). Такую взаимную инверсию хода времени возможно интерпретировать как T-симметрию.

Заметим, что оба интеграла в (3) абсолютно равноправны. Действительно, функция Лагранжа в обоих интегралах одна и та же. Вместе с тем, $|+t| = |-t|$. Следовательно, сумма интегралов, входящих в (3), тождественно равна нулю:

$$\int_0^{+t} L(t)dt + \int_0^{-t} L(t)dt \equiv 0\,. \tag{4}$$

Это значит, что если в какой-либо физической системе реализуется действие $\int_0^{+t} L(t)dt$ в одном направлении времени (от 0 к $+t$), то неизбежно реально возникает точно такое же по величине действие $\int_0^{-t} L(t)dt$ в инверсном по времени направлении (от 0 к $-t$), причём

$$\int_0^{+t} L(t)dt \equiv -\int_0^{-t} L(t)dt. \tag{5}$$

Теперь выразим $L(t)$ в (2) через плотность функции Лагранжа $\ell(t,x)$ – значение функции Лагранжа, отнесённое к единице трёхмерного пространственного объёма. Тогда (2) приобретает следующий вид:

$$S = \int_{-t}^{+t} dt \int_{-x}^{+x} \ell(t,x)dx, \tag{6}$$

где $ct = t$, x – пространственно-временные координаты; c – скорость света.

Если для $\ell(t,x)$ существует интеграл

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dt \int_{-\infty}^{+\infty} \left| \ell(t,x) \right| dx \tag{7}$$

(далее будет уточнение относительно пределов интегрирования), то $\ell(t,x)$ можно разложить в непрерывный спектр $s(\omega,k)$ с помощью четырёхкратного интеграла Фурье [2]:

$$\left.\begin{aligned} \ell(t,x) &= \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_{-\infty}^{+\infty} d\omega \int_{-\infty}^{+\infty} s(\omega,k)e^{i\phi}dk, \\ s(\omega,k) &= \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_{-\infty}^{+\infty} d\tau \int_{-\infty}^{+\infty} \ell(\tau,\kappa)e^{-i\varphi}d\kappa, \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

где $s(\omega,k)$ – спектр плотности функции Лагранжа; $\frac{\omega}{c}$, k – компоненты волнового 4-вектора; ϕ, φ – фазы волн спектра плотности функции Лагранжа.

Введение конечных пределов интегрирования

Вопрос с бесконечными пределами решается следующим образом. По теории волн среднеквадратичные отклонения $\Delta\omega, \Delta k$ компонент волнового 4-вектора и среднеквадратичные отклонения Δt, Δx пространственно-временных координат от их средних значений связаны между собой соотношениями

$$\Delta\omega\Delta t \geq \frac{1}{2},\ \Delta k\,\Delta x \geq \frac{1}{2}\,. \tag{9}$$

При выполнении в (9) равенств

$$\Delta\omega\Delta t = \frac{1}{2},\ \Delta k\,\Delta x = \frac{1}{2} \tag{10}$$

приобретают смысл интегралы с конечными пределами интегрирования:

$$S = \int_{-\Delta t}^{+\Delta t} dt \int_{-\Delta x}^{+\Delta x} \ell(t,x)dx = \int_0^{+\Delta t} dt \int_0^{+\Delta x} \ell(t,x)dx - \int_0^{-\Delta t} dt \int_0^{-\Delta x} \ell(t,x)dx, \tag{11}$$

$$\left.\begin{aligned} \ell(t,x) &= \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_{-\Delta\omega}^{+\Delta\omega} d\omega \int_{-\Delta k}^{+\Delta k} s(\omega,k)e^{i\phi}dk, \\ s(\omega,k) &= \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_{-\Delta\tau}^{+\Delta\tau} d\tau \int_{-\Delta\kappa}^{+\Delta\kappa} \ell(\tau,\kappa)e^{-i\varphi}d\kappa. \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

С введением конечных пределов и при конечных значениях $\ell(t,x)$ интеграл (7) расходиться не будет.

По аналогии с (4) и по тем же причинам введём нормировку

$$\int_0^{+\Delta t} dt \int_0^{+\Delta x} \ell(t,x)dx + \int_0^{-\Delta t} dt \int_0^{-\Delta x} \ell(t,x)dx \equiv 0, \tag{13}$$

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_0^{+\Delta\omega} d\omega \int_0^{+\Delta k} s(\omega,k)e^{i\phi}dk + \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_0^{-\Delta\omega} d\omega \int_0^{-\Delta k} s(\omega,k)e^{i\phi}dk \equiv 0, \\ &\frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_0^{+\Delta\tau} d\tau \int_0^{+\Delta\kappa} \ell(\tau,\kappa)e^{-i\varphi}d\kappa + \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^4} \int_0^{-\Delta\tau} d\tau \int_0^{-\Delta\kappa} \ell(\tau,\kappa)e^{-i\varphi}d\kappa \equiv 0. \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

Левый интеграл в (13) можно интерпретировать как действие в физической системе с положительным барионным зарядом, а правый – как действие в некоей инверсной физической системе с равным по величине, но отрицательным барионным зарядом. В такой интерпретации и с учётом взаимной инверсии знаков в пределах интегрирования интеграл (11) проявляет себя как CPT-симметричный, то есть инвариантный CPT-инверсии.

Физическое обоснование конечных пределов интегрирования

Введение конечных пределов возможно и необходимо по следующим двум причинам.

1. Разложение плотности функции Лагранжа в спектр – это переход к волновому описанию пространственно-временного континуума. Такое описание обладает следующим свойством: вблизи некоторой заданной пространственной точки волны будут иметь одну и ту же фазу, и в результате все амплитуды волн спектра плотности функции Лагранжа сложатся, а вдали от этой точки будут гасить друг друга из-за разнобоя в фазах. Таким образом, ненулевая плотность функции Лагранжа будет сосредоточена вблизи заданной пространственной точки. Понятие «вблизи» определяется соотношением длины волны и расстояния до заданной пространственной точки. Если это расстояние соизмеримо с длиной волны, то применимо понятие «вблизи», если нет, то волны будут взаимно гасить друг друга, и плотность функции Лагранжа устремится к нулю. Согласно теории волн, размер пространственной области, в которой волны имеют примерно одинаковую фазу, обратно пропорционален ширине спектра волн в этой области. Вот почему появляется возможность ограничить в (7)÷(8) пределы интегрирования.

2. Мысленно разделим всю Вселенную на трёхмерные пространственные области воображаемой трёхмерной сеткой. Пусть число трёхмерных пространственных областей в этой сетке равно N. Устремим N к бесконечности. Тогда объём каждой пространственной области будет стремиться к нулю. Такие (нулевые) пространственные области (по сути, точки, не имеющие объёма) могут принадлежать как внутренней структуре той или иной элементарной частицы, так и находиться за пределами внутренней структуры элементарных частиц (или квантов энергии).

В соответствии с изложенным каждой нулевой пространственной области должна соответствовать определённая плотность функции Лагранжа. Но чтобы её точно определить через спектр с помощью верхнего преобразования в (8), нужно сначала точно определить спектр плотности функции Лагранжа в интервале значений пространственно-временных координат от $-\infty$ до $+\infty$.

Спектр плотности функции Лагранжа, в свою очередь, определяется через плотность функции Лагранжа с помощью нижнего преобразования в (8) с пределами интегрирования от $-\infty$ до $+\infty$ по четырём пространственно-временным координатам.

Таким образом, чтобы, например, в заданный момент времени точно определить плотность функции Лагранжа в какой-либо пространственной точке Вселенной, необходимо в этой точке каким-то способом в этот момент сосредоточить полную информацию о пространственно-временном распределении плотности функции Лагранжа во всей Вселенной: и в прошлом, и в будущем, и в наблюдаемой Вселенной, и за её пределами – до бесконечности. И это относится к каждой точке Вселенной. В таком представлении Вселенная оказывается переполненной бесконечной информацией. Можно ли принять такую точку зрения? Если «нет», то, как следствие, плотность функции Лагранжа принципиально не может быть определена по (8) точно ни в одной точке Вселенной. Если «да», то Вселенная каким-то образом оказывается переполненной информацией о распределении (причём в динамике) плотности функции Лагранжа и её спектра.

Выход здесь единственный: ограничить пределы интегрирования в (7), (8). Природа именно так и поступила. При этом, согласно (10), с уменьшением пространственно-временных интервалов Δt, Δx возникают высокочастотные спектры в виде элементарных частиц или квантов, а с увеличением – низкочастотные спектры в виде крупномасштабной структуры нашей Вселенной с частотой порядка численного значения постоянной Хаббла.

Система больших безразмерных чисел

Минимально возможное действие, равное постоянной Планка, логично связать с CPT-симметричной системой, состоящей из покоящихся нейтрона и антинейтрона, расположенных на достаточно большом расстоянии друг от друга, исключающем аннигиляцию (действие в реальной физической системе «нейтрон – антинейтрон» меньше постоянной Планка быть не может).

Абсолютная величина функции Лагранжа покоящегося нейтрона (антинейтрона) с массой m_0 есть его полная энергия [Там же]:

$$E_n = m_0 c^2 . \tag{15}$$

Характерным интервалом времени для нейтрона является время t_n, которое потребовалось бы свету, чтобы преодолеть расстояние, равное радиусу нейтрона (r_n):

$$t_n = \frac{r_n}{c} . \tag{16}$$

При этом t_n целесообразно заменить на величину с размерностью частоты, обратной интервалу времени t_n: $\nu_n = \frac{1}{t_n}$. Тогда в (11) в качестве пределов интегрирования по времени будет интервал $\Delta t = \frac{1}{\nu_n}$, а по координатам $\Delta x = \frac{\pi}{6} r_n$ (коэффициент $\frac{\pi}{6}$ учитывает сферическую форму частиц). Тогда

$$L(t) = \frac{\pi}{6} \int_{-r_n}^{+r_n} \ell(t,x) dx = m_0 c^2 , \tag{17}$$

$$\int_{-1/\nu_n}^{+1/\nu_n} m_0 c^2 dt = h , \tag{18}$$

откуда

$$m_0 c^2 = \frac{h}{2} \nu_n . \tag{19}$$

Теперь определим максимально возможное в природе действие (S_U) путём подстановки в (11) наибольших, имеющих физический смысл, значений Δt, Δx и $L(t)$.

Наибольшее значение энергии, которое имеет физический смысл, – это полная энергия нашей Вселенной (E_U). Логично принять E_U в качестве абсолютной величины функции Лагранжа при определении максимального действия. Характерный максимальный интервал времени для Вселенной – это время (T_U), которое потребовалось бы свету, чтобы преодолеть расстояние, равное радиусу Вселенной R_U: $T_U = \frac{R_U}{c}$. В свою очередь, радиус Вселенной обычно определяется в соответствии с законом Хаббла по формуле $R_U = \frac{c}{H_0}$, H_0 – постоянная Хаббла. Поэтому $T_U = \frac{1}{H_0}$.

При определении максимального действия в (11) имеет смысл принять в качестве пределов интегрирования $\Delta t = \frac{1}{H_0}$ и $\Delta x = \frac{\pi}{6} R_U$. Тогда

$$L(t) = \frac{\pi}{6} \int_{-R_U}^{+R_U} \ell(t,x) dx = E_U , \tag{20}$$

$$\int_{-1/H_0}^{+1/H_0} E_U dt = S_U , \tag{21}$$

откуда

$$E_U = \frac{S_U}{2} H_0 . \tag{22}$$

Из (19) следует

$$\nu_n = \frac{2 m_0 c^2}{h} \tag{23}$$

и

$$\frac{\nu_n}{H_0} = \frac{2 m_0 c^2}{h H_0} . \tag{24}$$

При $H_0 = 70{,}10950\ (км/с)/Мпк$ (в СИ $H_0 = 2{,}2718570 \cdot 10^{-18}\ c^{-1}$)

$$\frac{m_0 c^2}{h H_0} = 10^{41} \tag{25}$$

– точно так, как

$m_0 = 1{,}674927351 \cdot 10^{-27}\ кг$ – масса покоя нейтрона [6],

$c = 2,99792458 \cdot 10^8$ $м/с$ – скорость света (в вакууме) [Там же],

$h = 6,6260755 \cdot 10^{-34}$ $Дж \cdot с$ – постоянная Планка [3].

Имеет смысл соотношение (25), составленное исключительно из фундаментальных физических констант, принять в качестве критерия при определении точного значения постоянной Хаббла H_0.

Введём обозначение характерного параметра (10^{41}):

$$k_U = \frac{m_0 c^2}{hH_0} = 10^{41}. \quad (26)$$

Поскольку $R_U = \dfrac{c}{H_0}$, а

$$r_n = \frac{c}{\nu_n} = \frac{h}{2m_0 c}, \quad (27)$$

то

$$\frac{R_U}{r_n} = \frac{2m_0 c^2}{hH_0} = 2k_U. \quad (28)$$

Разделим (22) на (19):

$$\frac{E_U}{m_0 c^2} = \frac{S_U}{h} \cdot \frac{H_0}{\nu_n}. \quad (29)$$

Поскольку величина $\sqrt{\dfrac{E_U}{m_0 c^2}}$ имеет порядок $\approx 10^{41}$, то логично принять

$$\sqrt{\frac{E_U}{m_0 c^2}} = \frac{2m_0 c^2}{hH_0} = 2k_U. \quad (30)$$

Тогда

$$\frac{E_U}{m_0 c^2} = 2^2 \cdot (k_U)^2 = 2^2 \cdot (10^{41})^2 = 2^2 \cdot 10^{82}, \quad (31)$$

$$\frac{S_U}{h} = 2^3 \cdot (k_U)^3 = 2^3 \cdot (10^{41})^3 = 2^3 \cdot 10^{123}. \quad (32)$$

Итак, в предложенной системе больших безразмерных чисел имеют значение целые числа: $k_U = 2^0 \cdot 10^{41}$, $2k_U = 2^1 \cdot 10^{41}$, $(2k_U)^2 = 2^2 \cdot (10^{41})^2$, $(2k_U)^3 = 2^3 \cdot (10^{41})^3$. Формулы и результаты всех вычислений сведены в Таблицу 1.

Заключение

Теперь можно сказать, что теория больших чисел Дирака существует; она представлена в данной статье. Как оказалось, целые безразмерные числа $2 \cdot 10^{41}$, $(2 \cdot 10^{41})^2 = 4 \cdot 10^{82}$ и $(2 \cdot 10^{41})^3 = 8 \cdot 10^{123}$ являются ключевыми в системе больших чисел Дирака. Эти числа определяют основные соотношения во Вселенной, устанавливают связь между микро- и мегамиром. В статье дано этому исчерпывающее обоснование. Важным моментом в структуре теории является уточнение постоянной Хаббла. Замечательно то, что её точное значение не выходит за пределы современных экспериментальных данных (на 2010 год).

В данной статье предложена последовательная схема рассуждений, в которой указанные безразмерные большие числа возникают из наиболее общих положений физического характера: Лагранжева формализма и теоремы о СРТ-инвариантности. Как следствие, возникает возможность решить одну из коренных проблем современной космологии: проблему барионной асимметрии. Предложен математический аппарат общей теории строения современной Вселенной и элементарных частиц на основе кратных интегралов Фурье.

Выводы

1. Предложенная математическая схема (10)÷(12) космологической модели с нормировкой (13), (14) является СРТ-инвариантной.

2. В СРТ-инвариантной модели время является двунаправленным, реализуются принцип экстремального действия и точная барионная симметрия, а безразмерные соотношения параметров Вселенной и аналогичных параметров нейтрона при определённой величине постоянной Хаббла, соответствующей экспериментальным данным, становятся *закономерно* целочисленными.

3. В предположении, что сочетание всех полученных целочисленных безразмерных соотношений вместе с современной оценкой постоянной Хаббла ($69 < H_0 < 71,7$ $(км/с)/Мпк$) [4] не является случайным, имеет смысл принять в качестве точной величины постоянной Хаббла следующее её численное значение:

$H_0 = 70,10950$ $(км/с)/Мпк$ (в СИ $H_0 = 2,2718570 \cdot 10^{-18}$ $с^{-1}$).

4. Возможность представить фундаментальные соотношения между основными параметрами нейтрона и Вселенной в виде больших безразмерных целых чисел, полученных на единой теоретической основе, имеет гносеологическое значение.

В настоящее время большие числа Дирака по-прежнему воспринимают как некий интригующий физический факт без какого-либо научного объяснения, хотя на протяжении десятков лет было множество попыток так или иначе теоретически обосновать их существование. «Но и до сих пор проблема объяснения больших чисел продолжает оставаться одной из нерешённых проблем современной теоретической физики, своеобразным камнем преткновения для построения единой теории взаимодействий и материи» [5]. Ситуация не изменилась до настоящего времени.

5. В предложенной СРТ-инвариантной модели одним из ключевых моментов является введение понятия наибольшего действия. Именно введение в теорию этого понятия в сочетании с современной оценкой постоянной Хаббла позволяет определить систему целых безразмерных чисел в космологии.

Таблица 1. *Константы, формулы, численные значения констант*

№	Название параметра	Обозначение	Формула для вычисления	Численное значение
1	Масштабный коэффициент	k_U	$k_U = \dfrac{m_0 c^2}{hH_0}$	10^{41}
2	Отношение радиуса нашей Вселенной к радиусу нейтрона	$\dfrac{R_U}{r_n}$	$\dfrac{R_U}{r_n} = 2k_U$	$2 \cdot 10^{41}$
3	Отношение характерной частоты нейтрона к постоянной Хаббла	$\dfrac{\nu_n}{H_0}$	$\dfrac{\nu_n}{H_0} = 2k_U$	$2 \cdot 10^{41}$
4	Отношение максимального действия в СРТ-инвариантной Вселенной к постоянной Планка	$\dfrac{S_U}{h}$	$\dfrac{S_U}{h} = (2k_U)^3 = \left(\dfrac{2m_0c^2}{hH_0}\right)^3$	$2^3 \cdot (10^{41})^3 = 2^3 \cdot 10^{123}$
5	Отношение полной энергии нашей Вселенной к энергии покоя нейтрона	$\dfrac{E_U}{m_0c^2}$	$\dfrac{E_U}{m_0c^2} = (2k_U)^2$	$2^2 \cdot (10^{41})^2 = 2^2 \cdot 10^{82}$
6	Отношение энергии покоя нейтрона к минимальной энергии	$\dfrac{m_0c^2}{hH_0}$	$\dfrac{m_0c^2}{hH_0} = k_U$	10^{41}
7	Отношение энергии СРТ-инвариантной Вселенной к минимальной энергии	$\dfrac{2E_U}{hH_0}$	$\dfrac{2E_U}{hH_0} = (2k_U)^3$	$2^3 \cdot (10^{41})^3 = 2^3 \cdot 10^{123}$
8	Постоянная Хаббла	H_0	$H_0 = \dfrac{m_0c^2}{hk_U}$	$70{,}10950 (км/с)/Мпк$ $H_0 = 2{,}2718570\ с^{-1}$
9	Радиус нашей Вселенной	R_U	$R_U = 2k_U r_n = \dfrac{2m_0c^2}{hH_0} r_n$	$1{,}3195920 \cdot 10^{26}\ м$
10	Радиус нейтрона	r_n	$r_n = \dfrac{h}{2m_0c}$	$6{,}597960 \cdot 10^{-16}\ м$
11	Максимальное действие в СРТ-инвариантной Вселенной	S_U	$S_U = (2k_U)^3 h = 2^3 \cdot 10^{123} h$	$5{,}3008604 \cdot 10^{90}\ Дж \cdot с$
12	Полная энергия нашей Вселенной	E_U	$E_U = (2k_U)^2 m_0c^2$	$6{,}0213985 \cdot 10^{72}\ Дж$
13	Характерная частота нейтрона	ν_n	$\nu_n = 2k_U H_0 = 2 \cdot 10^{41} H_0$	$4{,}543714090 \cdot 10^{23}\ с^{-1}$
14	Величина, обратная постоянной Хаббла	T_U	$T_U = \dfrac{1}{H_0}$	$4{,}40168540 \cdot 10^{17}\ сек$ ($13{,}948099$ *млрд. лет*)

Список литературы

1. **Корн Г., Корн Т.** Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1973. 832 с.
2. **Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.** Теория поля. М.: Наука, 1988. 512 с.
3. **Постоянная Планка** [Электронный ресурс]. RL : htt :// c. c m c. / c.nsf/ n c_c l /5681/ПЛАНКА (дата обращения: 22.07.2013).
4. **Постоянная Хаббла** [Электронный ресурс]. htt :// . . / /%CF%EE%F1%F2%EE%FF%ED%ED%E0%FF_%D5%E0%E1%E1%EB%E0 (дата обращения: 22.07.2013).
5. **Томилин К. А.** Большие числа и гипотеза о зависимости от времени мировых констант [Электронный ресурс]. URL: http://www.trinitas.ru/rus/doc/0231/008a/1106-tm.pdf (дата обращения: 22.07.2013).
6. **Физический энциклопедический словарь** / гл. ред. А. М. Прохоров. М.: Советская энциклопедия, 1983. 928 с.