
О ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ СВЯЗИ ПОСТОЯННЫХ ПЛАНКА И ХАББЛА

А.П. Никитин

В этой статье утверждается, что существует фундаментальная связь между основной константой квантовой теории – постоянной Планка h и основной константой астрофизики – постоянной Хаббла H , что констатирует материально-энергетическое единство нашего мира.

Ключевые слова: постоянная Планка, постоянная Хаббла, планковские величины, плотность энергии Вселенной, фундаментальная связь постоянных Планка и Хаббла.

Величайшее находится в мельчайшем.

Лао Цзы

...Все вещи неразрывно связаны между собою и что сами мы со всеми нашими мыслями составляем лишь часть природы.

Эрнст Мах

1. Постоянная Планка

Известно, что постоянная Планка (Planck constant), равная $h=6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ (CODATA-2014), является основной константой квантовой теории, описывающей физику микромира, связывая величину кванта энергии с его частотой.

14 декабря 1900 года Макс Планк на заседании Немецкого физического общества предложил формулу для спектральной плотности мощности излучения абсолютно черного тела с постоянной h , которая хорошо согласовывалась с экспериментальными данными. С этой идеи Планка, которая состояла в том, что любая энергия поглощается или испускается только дискретными порциями-квантами, началось развитие квантовой теории.

В своей «Научной автобиографии» Макс Планк писал: «квант действия играет фундаментальную роль в атомной физике, ...ибо в нем заложено нечто, до того времени неслыханное, что призвано радикально преобразить наше физическое мышление, построенное на понятии непрерывности всех причинных связей...» [1. С. 650–666].

Основные теории квантовой физики – квантовая механика и квантовая теория поля – были созданы великими учеными (Н. Бор, Э. Шрёдингер, В. Гейзенберг) в первой половине XX века. В соответствии с современной научной парадигмой фундаментальные физические теории должны быть квантовыми, но до сих пор не удается построить квантовое описание гравитационного взаимодействия. Квантовая гравитация пытается связать кванто-

вую механику (КМ) и общую теорию относительности (ОТО), что требует квантования геометрии самого пространства-времени с невозможностью экспериментальной проверки и полной потерей физического смысла.

М.П. Бронштейн в 1930 году написал: «Будущая физика не удержит того странного и неудовлетворительного деления, которое сделало квантовую теорию «микрофизикой» и подчинило ей атомные явления, а релятивистскую теорию тяготения – «макрофизикой». Физика не будет делиться на микроскопическую и космическую: она должна стать и станет единой и нераздельной».

2. Постоянная Хаббла

Известно, что в классической астрофизике постоянная Хаббла – это коэффициент H , входящий в закон Хаббла, который связывает расстояние до космического объекта r с его скоростью v его удаления:

$$v = H r,$$

определяя таким образом современную физику в космологическом масштабе.

Значение постоянной Хаббла H в современную эпоху^{1*}, имеющей размерность, обратную времени, согласно последним наблюдениям WMAP1, в системе размерностей SI (MLT), применяемой в современной физике, равна $H = 2,2816878 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1} (70,4109 \text{ (km/s) Mpc})$ [2; 3], и соответственно «хаббловское» время расширения Вселенной $T = 1/H = 0,438272 \cdot 10^{18} \text{ s}$.

Наблюдение Эдвина Хаббла было первым наглядным подтверждением теории **Большого Взрыва**, предложенной Жоржем Леметром в 1927 году, которое согласуется с моделью **Александра Фридмана**, построенной на основе ОТО. В 1931 году Хаббл написал *де Ситтеру* по поводу теоретической интерпретации соотношения «красное смещение – расстояние»: «Мы используем выражение ‘видимые’ скорости, чтобы подчеркнуть эмпирический характер их связи». Ученик Хаббла Аллан Сэндидж вспоминал: «Хаббл... придерживался... позиции, приветствуя... модель, где не существует реального расширения, а следовательно, что красное смещение «представляет собой пока ещё непознанные принципы мироздания». Современная астрофизика интерпретирует закон Хаббла как проявление расширения космического пространства Вселенной согласно ОТО.

¹ Постоянная Хаббла по миссии WMAP равна $H_{0W} = 71,00 \text{ (km/s) Mpc} = 2,3007 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$, $T_W = 13,75 \text{ млрд лет} = 0,43392 \cdot 10^{18} \text{ s}$, а по последним сведениям миссии «Planck» [5] – постоянная Хаббла $H_{0P} = 67,80 \text{ (km/s) Mpc} = 2,197 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$, $T_P = 13,82 \text{ млрд лет} = 0,436126 \cdot 10^{18} \text{ s}$, на 4.06.2016 г. $H_{0W} = 73,23 \text{ (km/s) Mpc}$.

3. Эйнштейн о космологической проблеме ОТО и структуре пространства

В статье А. Эйнштейна «К космологической проблеме общей теории относительности» (1931) [4. С. 349] говорится: «Под космологической проблемой понимается задача о свойствах пространства и о распределении вещества в больших масштабах, причем вещество звезд и звездных систем для простоты заменяется непрерывно распределенным веществом. ...По этому вопросу появились... исследования Хаббла о доплеровском смещении и распределении внегалактических туманностей, открывающие новые пути для теории» [4. С. 349].

«В своем первоначальном исследовании я исходил из следующих предпосылок.

1. Все части Вселенной равноценны, в частности, локальная средняя плотность звездного вещества должна быть также всюду одинаковой.

2. Пространственная структура и плотность вещества должны быть постоянными во времени.

В то время я показал, что эти два предположения можно совместить с отличной от нуля средней плотностью ρ , если ввести в уравнения поля общей теории относительности так называемый космологический член, так что эти уравнения принимают вид

$$\left(R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R\right) + \lambda g_{ik} = -kT_{ik}, \quad (1)$$

Этим уравнениям удовлетворяет пространственно-сферический статический мир с радиусом

$$P = \sqrt{\frac{2}{x\rho}},$$

где ρ – средняя плотность вещества (в отсутствие давления).

<...> Но после того как из результатов Хаббла стало ясно, что внегалактические туманности распределены в пространстве равномерно и что они разбегаются (по крайней мере, если их систематические красные смещения объяснять эффектом Доплера), предположения (2) о статической природе пространства уже не оправдываются и возникает вопрос, может ли объяснить эти результаты общая теория относительности. Различными исследователями предпринимались попытки связать новые факты со сферическим пространством, радиус которого P зависит от времени. Первым, причем независимо от наблюдаемых фактов, вступил на этот путь А. Фридман²» [4. С. 349–350].

² Z. Phys., 1922, 10, 377. [Работы Фридмана опубликованы повторно в УФН, 1963, 80, 447, 453. – Прим. ред.]

«...Я не считаю больше возможным приписывать физический смысл своему прежнему решению. При этих обстоятельствах следует задать вопрос, можно ли описать опытные факты; не вводя λ -член, явно неудовлетворительный с теоретической точки зрения» [4. С. 350].

«...Общая теория относительности, по-видимому, естественно (то есть без λ -члена) согласуется скорее с новыми наблюдениями Хаббла, чем с постулатом о квазистатической природе пространства, отброшенным теперь под влиянием опытных фактов» [4. С. 352].

Альберт Эйнштейн в статье «О космологической структуре пространства» (1933 г.) [4, с. 407], после изучения астрофизических экспериментальных результатов Хаббла в 1929 году, пришел к выводу, что «отличие плотности материи от нуля не должно теоретически связываться с пространственной кривизной, а должно связываться с расширением пространства» [4. С. 415]:

«Наиболее простой возможной структурой пространства после эвклидовой структуры должна быть статическая структура (все компоненты $g_{\mu\nu}$ не зависят от t) с постоянной кривизной в «пространственных» сечениях ($t=\text{const}$)» [4. С. 410] «Если же теория приводит нас к динамическим решениям для структуры пространства, то исчезает необходимость введения универсальной константы λ , так как уравнения (1) имеют динамические решения типа (3а), для которых $\lambda=0$ »

«Исследования Хаббла... показали, что... объекты распределены в пространстве статистически равномерно. Открытие разбегания внегалактических туманностей оправдывает переход к динамическим решениям для структуры пространства, что ранее должно было казаться лишь следствием неудовлетворительного положения в теории. Итак, без введения члена с λ можно теоретически объяснить на основе уравнений (1) существование конечной (средней) плотности материи ρ , считая в формуле (3а) P (и ρ) зависящими от времени» [4. С. 413–414].

«Мы можем рассматривать P_0 как космический радиус P в определенный момент t_0 . Единственной переменной во времени величиной остается «коэффициент расширения» $P/P_0 (=A) <...>$...Нельзя согласовать равномерную плотность материи ρ , сделав предположение о кривизне пространства при A , постоянном во времени, то есть без «расширения» пространства. ...Конечная плотность ρ не требует с необходимостью существования кривизны пространства (трехмерного)» [4. С. 414].

Применение уравнения (7) к настоящему времени дает

$$3h^2 = \chi \rho c^2 (= 8\pi K\rho). \quad (2)$$

Эта формула устанавливает соотношение между константой Хаббла h , полученной на основе эффекта Доплера, и средней плотностью ρ . Численно это уравнение дает для ρ значение порядка 10^{-28} , что хорошо согласуется с оценкой астрономов.

[где K – гравитационная постоянная в обычной (для Эйнштейна) системе единиц]» [4. С. 415].

«Из приведенных соображений следует, что при современном состоянии наших знаний отличие плотности материи от нуля не должно теоретически связываться с пространственной кривизной, а должно связываться с расширением пространства» [4. С. 415].

В настоящей статье предлагаем, с учётом новых фундаментальных составляющих «космологической структуры пространства» – «тёмной материи» и «тёмной энергии», определить «при современном состоянии наших знаний» полную энергетическую плотность Вселенной, и, выдвинув гипотезу стока-истока (конвергенции-дивергенции) материи-энергии, найти фундаментальную связь космологической постоянной Хаббла H не только со средней плотностью Вселенной ρ , но и с константой квантовой теории – постоянной Планка h .

4. Мощность движения и плотность энергии Космоса

Мощность N движения (материально-энергетического тока) абсолютного Космоса, как скорость движения энергии E в единице объёма в единицу времени t , является величиной постоянной и однозначной, то есть всеобщим физическим абсолютным инвариантом:

$$N = \text{constant} = \Delta E \Delta t \geq \hbar = \text{invariant},$$

а работа, совершаемая Космосом в единицу времени, равна:

$$N \cdot t_P = \frac{dE}{dt} \cdot t_P = h = \text{constant} - \text{квант энергии}.$$

Единственный, известный нам, глобальный наблюдаемый фундаментальный фактор движения Космоса во времени T и 3-мерном пространстве – это *постоянная Хаббла* $H=1/T$, которая определяет движение всех производных процессов. В пространстве-времени, в которых мы описываем наш мир, в системе размерностей LT^3 (длина-время), постоянная Хаббла описывает скорость образования барионной материи во Вселенной, или массовый (материальный) ток в единице объёма в единицу времени и имеет размерность $m^3 s^{-3} (m^3 s^{-2} \cdot s^{-1})$, то есть равна размерности массы $m^3 s^{-2}$, делённой на время s . Определим плотность барионной материи ρ_{bm} Космоса в единичном сферическом объёме ($1m^3$) как равную производной по времени от куба постоянной Хаббла H^3 (изменение по трем направлениям пространства в сферическом объёме) в системе размерностей LT :

³ Анализ размерностей в LT даёт в этой системе для гравитационной постоянной $G=1/4\pi$ и при $G=6,67384 \cdot 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$ $1kg=4\pi G=8,386595 \cdot 10^{-10} m^3 s^{-2}$.

$$\rho_{bm} = (H^3)' = \frac{dH^3}{dt} = 3H^2 \text{ м}^3 \text{с}^{-2} \text{ в } 1 \text{ м}^{-3},$$

в системе размерностей SI:

$$\rho_{bmSI} = \frac{3H^2}{4\pi G} \text{ кг в } 1 \text{ м}^{-3}.$$

Согласимся для удобства с принятым уже до нас соглашением, или «конвенцией», как писал А. Пуанкаре, что разность энергетических потенциалов барионной материи составляет c^2 с размерностью $\text{м}^2 \text{с}^{-2}$. Тогда плотности энергии барионной материи «тёмной материи» в единичном сферическом объёме за время T в системе размерностей ЛТ составят (в скобках {} приведены последние данные миссии «Planck»⁴):

1. Плотность энергии барионной материи

$$\rho_{ebm} = 3H^2 c^2 \text{ м}^5 \text{с}^{-4} \text{ в } 1 \text{ м}^3 \quad \Omega = 0,0596831 \{ \Omega_b = 0,049 \}$$

2. Плотность энергии «тёмной материи» в $4\pi/3$ раза больше:

$$\rho_{edm} = 4\pi H^2 c^2 \quad \Omega = 0,2500000 \{ \Omega_{\text{CDM}} = 0,259 \}$$

Последовательно суммируя по объёму [11, 12], находим полную энергетическую плотность Вселенной в ЛТ:

$$\sum \rho_e = 4\rho_{edm} = 16\pi H^2 c^2 = \frac{16\pi c^2}{T^2} \text{ м}^5 \text{с}^{-4} \text{ в } 1 \text{ м}^3 \quad \Omega = 1,000000 \{ \Omega = 1,0000 \}$$

Энергия Вселенной в объёме 1 м^3 в 1 с , то есть мощность Вселенной τ в системе размерностей ЛТ, равна:

$$\tau = \sum \rho_e T = 16\pi H c^2 = 16\pi c^2 / T = \text{constant} \quad \text{м}^5 \text{с}^{-4} \text{ в } 1 \text{ м}^3 \text{ в } 1 \text{ с}.$$

5. Планковские величины

По примеру М. Планка, и в нашей парадигме есть возможность установить «планковские» единицы. Действительно, в системе размерностей ЛТ, (если принять в качестве фундаментальных физических постоянных h , H , c , при мощности материально-энергетического тока в Космосе $\tau = 16\pi H c^2$), планковские единицы равны:

$$t_P = \frac{\tau}{8\pi^2 c^5} = 2H/\pi c^3 \text{ (с)} \quad l_P = \frac{\tau}{8\pi^2 c^4} = 2H/\pi c^2 \text{ (м)}$$

$$m_P = \frac{\tau}{2\pi c^2} = 8H \text{ (м}^3 \text{с}^{-2}) \quad E_P = m_P c^2 = \frac{\tau}{2\pi} = 8H c^2 \text{ (м}^5 \text{с}^{-4})$$

⁴ Согласно последним результатам (2015 г.) космической миссии «Planck» Европейского космического агентства ESA постоянная Хаббла равна $H_0 = 67,74 \text{ с}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

$$N = E_P / t_P = 4\pi c^5 \quad (m^5 s^{-5}) = \text{constant} - \text{мощность энергии Космоса,}$$

где $c = 2,99792458 \text{ m}^1 \text{ s}^{-1}$ – скорость света.

6. Фундаментальная связь постоянных Планка и Хаббла

При определённых выше энергетической плотности Космоса и соответствующем энергетическом потенциале, сферическом стоке материи и евклидовой геометрии Космоса за время Планка t_P образуется квант материи-энергии:

$$h_{LT} = \tau t_P = 32H^2/c \quad \text{m}^5 \text{ s}^{-3} = \text{постоянная Планка в LT!}$$

В «нашей» системе размерностей MLT постоянная Планка h равна (например, из равенства значения времени и длины Планка для рассматриваемых систем размерностей): $h = 8H^2/G\pi c$, (а приведённая постоянная Планка $\hbar = h/2\pi = 4H^2/G\pi^2 c$, соотношение $h_{LT}/h = 4\pi G$, что является переходным коэффициентом между системами размерностей MLT и LT, то есть «появление» в системе MLT массы $1 \text{ kg} = 4\pi G$)

Физический смысл постоянной Планка – энергия, генерируемая в Космосе, в единице объёма 1 m^3 в единицу времени Планка t_P , то есть абсолютная мощность энергии Космоса в планковской системе единиц.

С энергетической точки зрения соотношения неопределённостей Гейзенберга для координаты и импульса и энергии и времени, выражаемые формулами:

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar = h/2\pi \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar,$$

являются соотношениями, показывающими, что минимально возможная в природе работа-энергия не может быть менее постоянной Планка, в чём легко убедиться, разделив обе части соотношений на единицу времени.

На сегодняшний день считается, что «тёмная материя» и «тёмная энергия» находятся вне реального материального мира и соответственно вне ортодоксальной физической науки. Стандартная модель объясняет наш мир только в пределах барионной материи. Но наши исследования, изложенные в этой статье, говорят о необходимости «легализации» тёмной материи и тёмной энергии и соответствующего расширения физики за пределы Стандартной модели, ибо только так можно объяснить и объединить движение материи в микромире и макромире, описывая его как движение энергии [11]. Выявленная в этой статье фундаментальная связь между основной константой квантовой теории – постоянной Планка h и основной константой астрофизики – постоянной Хаббла H – определяет динамическое материально-энергетическое единство нашего мира.

«Из приведенных соображений следует, что при современном состоянии наших знаний отличие плотности материи от нуля не должно теоретически связываться с пространственной кривизной» [4. С. 415], а также «с расширением пространства» [4. С. 415], а должно связываться с материально-энергетической динамикой структуры пространства-времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Планк М. Избранные труды. – М.: Наука, 1975.
2. Seven-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP1) Observations: Sky Maps, Systematic Errors, and Basic Results. URL: https://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/dr4/pub_papers/sevenyear/basic_results/wmap_7yr_basic_results.pdf
3. The Cosmological Parameters // J. Beringer et al. (Particle Data Group), Review of Particle Properties. Phys. Rev. D86, 010001 (2012).
4. Эйнштейн А. СНТ. – Т. 2. – М.: Наука, 1966.
5. Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters. Planck Collaboration.
6. Верховданов О. В. Космологические результаты космической миссии «Планк». Сравнение с данными экспериментов WMAP и ВИСЕР2» // УФН. – 2016. – 186 3.
7. Дюкас Э., Хофман Б. Альберт Эйнштейн как человек (Albert Einstein: the Human Side, Selected and edited by H. Dukas, B. Hoffmann, Princeton University Press, 1979) // Вопросы философии. – 1991. – № 1; Кузнецов Б.Г. Эйнштейн. Жизнь. Смерть. Бессмертие. – 5-е изд. – М.: Наука, 1980. – С. 540–541.
8. Дирак Поль. Воспоминания о необычайной эпохе. – М.: Наука, 1990. ISBN 5-02-014344-8
9. Стилга В.П. Десять историй о математиках и физиках. Арх.11.08.2011 г.
10. Никитин А.П. Энергодинамика (2016) URL: <http://www.scicom.ru/files/journal/v37/N2/15.pdf>
11. Никитин А.П. Космофизика. Cosmophysics (RUS). URL: <http://vixra.org/pdf/1709.0296v1.pdf>

ABOUT FUNDAMENTAL CONNECTION BETWEEN THE PLANCK AND THE HUBBLE CONSTANTS

A.P. Nikitin

In this article it is stated that there is a fundamental connection between the basic constant of the quantum theory – the Planck constant h and the basic constant of astrophysics – the Hubble constant H , which states the material-energy unity of our world.

Key words: Plancks constant, Hubbles constant, Planck values, the energy density of the Universe, fundamental connection of Plancks and Hubbles constants.