Грант Аракелян

# Границы физического мира. Наибольшее число в природе




"В поисках четвертого измерения" Сальвадора Дали с добавлением наибольшего числа в додекаэдрах

***В**селенная, космос по выражению Платона – "прекраснейшая из возникших вещей". В античной космогонии она конечна в пространстве и времени, математически соответствует идеалам геометрического совершенства и арифметической числовой гармонии. Повторяя в чем-то умозрительные построения древних, но используя тонкие математические методы и опираясь на быстро накапливаемый эмпирический материал, современная теория стремится к количественному описанию Вселенной, в котором возрастающую роль играют числовые соотношения между физическими величинами, в частности константами. Не в последнюю очередь константы – экстремальные величины, вехи, которыми природа очертила **границы физического мира**, "от и до" физической реальности. Выявление и анализ этих границ приводит к идее **наибольшего физического числа природы** и его приблизительной оценке.*

## Содержание

1. Общие суждения об экстремальности физических величин
2. Энтропия и постоянная Больцмана
3. Экстремальные температуры
4. Энтропия и константа $N_U$
5. Границы физической реальности
6. Обобщенные физические законы

## 1. Общие суждения об экстремальности физических величин

**П**онимая физический мир как систему взаимосвязанных (законами) величин, естественно пытаться очертить границы и понять динамику его развития с помощью экстремальных – минимальных и максимальных – значений физический величин (ФВ). Это непосредственно связано с идеей атомарности, дискретности, квантованности окружающего мира, точнее его теоретического отображения в виде физических величин. С открытием атомарности электромагнитного заряда, кванта действия, минимальной массы заряженных частиц, дискретности спектров масс и времен жизни элементарных частиц, с успехами квантового подхода к рассмотрению физических явлений стала представляться очевидной дискретность всех физических величин – включая самые "неподатливые" в этом отношении пространство, точнее длину, и время, хотя идея их атомарности считается одной из первых

когда-либо высказанных естественнонаучных гипотез. Истоки этой идеи четко прослеживаются в атомизме Левкиппа, Демокрита, затем Эпикура, а возвращение к концепции дискретности пространства произошло в середине XIX в. [Риман].

**В** современной физике атом пространства, называемый фундаментальной длиной и связанный с фундаментальным временем – "хрононом" соотношением $l_f = ct_f$, обычно понимается как "гипотетическая универсальная постоянная размерности длины, определяющая пределы применимости фундаментальных физических представлений – теории относительности, квантовой теории, принципа причинности" [Киржниц]. Вместе с тем фундаментальная длина и хронон суть неделимые атомы длины и времени, предельные значения этих величин, по ту сторону которых неприменимы сами понятия пространства и времени, так что говорить о какой-то их части, скажем половине, $l_f$ или $t_f$ бессмысленно. Проблема дискретности пространства и времени интенсивно обсуждалась на протяжении многих десятилетий, см. [Вяльцев], понятие фундаментальной длины использовалось Гейзенбергом при составлении "фундаментального полевого уравнения" его единой спинорной нелинейной теории материи [Гейзенберг, 45], в различных теориях квантованного пространства и времени, в многочисленных попытках преодолеть путем "обрезания" расходимости теории поля, при решении проблемы сингулярности и т.п., см. [Гинзбург, 85]. Фундаментальную длину выражают как правило через фундаментальные физические постоянные (ФФП), применяя анализ размерностей. Идея продолжала жить, но фавориты менялись: "С помощью известных характерных физических параметров можно построить ряд величин размерности длины, которые в разное время обсуждались как претенденты на роль фундаментальной длины. Это – комптоновская длина волны электрона $\lambda\!\!\!^{-}_e \sim 10^{-11}$ см (электромагнитное взаимодействие), $\pi$-мезона ($\lambda\!\!\!^{-}_\pi \sim 10^{-13}$ см) и нуклона ($\lambda\!\!\!^{-}_N \sim 10^{-14}$ см, сильное взаимодействие), характерная длина слабого взаимодействия $\sqrt{G_F/\hbar c} \sim 10^{-16}$ см…, гравитационная длина… $\sqrt{G\hbar/c^3} \sim 10^{-33}$ см" [Киржниц]. Но эксперимент последовательно отвергал эти значения, в том числе фундаментальную длину Гейзенберга $\sqrt{G_F/\hbar c} \approx 0{,}67\cdot 10^{-16}$ см, проникая в область меньших длин и отодвигая верхнюю границу $l_f$ к значению $< 10^{-19}$ см. Поэтому по словам того же автора "величины, связанные с электромагнитным, сильным и, скорее всего, слабым взаимодействиями, уже не могут претендовать на роль фундаментальной длины. Весьма вероятно, что фундаментальной длиной физики окажется гравитационная длина" [там же], то есть планковская $l_P$.

**Э**то мнение разделяют многие, хотя не все. В каком-то смысле $l_P$ действительно может считаться фундаментальной длиной как чрезвычайно важный предел промежуточного характера, "перевалочный пункт", вернее точка на пути к малоисследованной области физических явлений. Начиная с нее классические представления о непрерывности пространства-времени видимо уже неприменимы, но отсюда еще не следует, что бессмысленно вообще говорить о меньших длинах. Планковская длина занимает последнее по малости и потому выделенное место в иерархии убывающих по численному значению характерных длин четырех или пяти фундаментальных взаимодействий, но с другой стороны нетрудно указать на множество значимых, имеющих определенный физический смысл величин, которые меньше планковской $l_P$. Например гравитационный радиус электрона, определяемый по общей формуле $R = 2Gm/c^2$, которую легко получить анализом размерностей, с точностью до безразмерного множителя 2, уточняемого уже теорией гравитации. Так вот, $R_e \approx 1{,}4\cdot 10^{-55}$ см, то есть на 22 порядка меньше $l_P$, а гравитационные радиусы адронов лежат в интервале $3{,}6\cdot 10^{-53} - 3\cdot 10^{-51}$ см, это тоже намного меньше планковской длины.

**В**озникает вопрос: если $l_P$ фундаментальная (в смысле дальнейшей неделимости, минимальности) длина, как тогда быть с гравитационными радиусами элементарных частиц? И раз уж пытаются решить вопрос с помощью анализа размерностей, его возможности надо использовать до конца. Исходя из сказанного следует допустить существование иных пределов для длины и для времени. Поставим перед собой такую задачу: всё тем же анализом размерностей найти экстремальные значения основных в системе СГС величин размерности длины L, времени T и массы M, а следовательно для величин произвольной размерности. При этом предполагается во-первых, что материя дискретна во всех своих проявлениях и подобно кванту действия, элементарному заряду и т.д. существуют ненулевые $l_f = l_{\min}$ и $t_f = t_{\min}$; во-вторых, фундаментальная длина и хронон и остальные фундаментально значимые физические величины выражаются через ФФП; в-третьих, связь между постоянными выявляется анализом размерностей, сила которого в его независимости от физической теории, а слабость в том, что связь между первоначально заданными величинами устанавливается с точностью

до числового множителя, далеко не всегда равного 1. К этим естественным допущениям, фактически всегда используемым в получении $l_{\min}$ и $t_{\min}$, добавим одну в конструктивном плане наиболее важную предпосылку: все кванты и не имеющие определенного названия их числовые партнеры-антиподы, словом все экстремальные значения ФВ образуют замкнутую систему формально и содержательно согласованных и взаимосвязанных фундаментальных параметров. Отсюда непосредственно следует, что если известны экстремальные значения одних величин, то через них должны выражаться значения остальных. Ставится следовательно задача выявить список экстремальных величин и установить аналитические связи между ними. С точки зрения теории ЛМФ как базисной теории физического мира, основанной на идее единства математической логики, числовой математики и фундаментальной физической теории, задача сводится к нахождению выражаемых посредством фундаментальных математических констант (ФМК) системы физических чисел установленного типа.

**К**онкретную задачу определения экстремальных значений длины и времени проведем в два этапа: вначале грубая оценка с помощью лишь анализа размерностей, затем попытка найти более точное решение с использованием более тонких методов. Исходный набор величин, определяемый в [Аракелян 2007, гл. 3] в рамках теории ЛМФ системой основных уравнений (кодов) **C**:

$$\mathbf{C}_1 \qquad \alpha_{ej} = \frac{e_j^2}{\hbar c} \tag{1.1}$$

$$\mathbf{C}_2 \qquad \alpha_{Gj} = \frac{G m_j^2}{\hbar c} \tag{1.2}$$

$$\mathbf{C}_3 \qquad \alpha_{Wj} = \frac{G_F/\lambda\!\!\!^{-2}_j}{\hbar c} \tag{1.3}$$

$$\mathbf{C}_4 \qquad \Omega_j = \exp\left(\frac{S_j}{k}\right) \tag{1.4}$$

включает безразмерные константы связи $\alpha_{xj}$, размерные постоянные $c$ – скорость света в вакууме, $\hbar$ – постоянную Планка, $G$ – гравитационную постоянную, $G_F$ – постоянная Ферми, постоянную Больцмана $k$; переменные $e_j$ – заряд, $m_j$ – масса, $\lambda\!\!\!^{-}_j$ – комптоновская длина, $S_j$ – энтропия. Учитывая характер поставленной задачи, в качестве постоянного значения переменной $m_j$ возьмем массу Вселенной $m_U$, которая по приблизительным оценкам $\sim 10^{57}$ г. Анализ размерностей дает немалые возможности составлять из семи размерных величин комбинации размерности длины; говорить о других размерностях, в том числе времени, удобства ради и не умаляя общности рассуждений пока не будем. Каждая такая комбинация содержит от трех до семи величин, среди них есть любопытные соотношения, дающие значения $l$ много меньшие планковской. Для большей определенности приведем два таких соотношения, содержащих одно три, другое четыре величины:

$\frac{1}{m_U}\sqrt{\frac{G_F}{G}} \sim 10^{-78}$ см  длина для двух “джи” – постоянной Ферми и гравитационной постоянной

$\frac{\hbar^3 c}{m_U e^4} \sim 10^{-91}$ см  космологический аналог величины обратной постоянной Ридберга

Ограничимся случаем, когда число величин, образующих комбинацию с размерностью длины, минимально, то есть равно трем, а в качестве исходных экстремальных величин наряду с массой Вселенной $m_U$ возьмем квант действия $\hbar$, максимальную скорость $c$, а также элементарный заряд $e$. Анализ размерностей приводит к выражениям

$$\lambda\!\!\!^{-}_U = \frac{\hbar}{m_U c} \sim 10^{-95} \text{ см} \tag{1.5}$$

$$l_U = \frac{e^2}{m_U c^2} \sim 10^{-97} \text{ см} \tag{1.6}$$

$$a_{U0} = \frac{\hbar^2}{m_U e^2} \sim 10^{-93} \text{ см} \tag{1.7}$$

$$\lambda\!\!\!^{-}_U = l_U/\alpha = \alpha a_{U0} \tag{1.8}$$

Заменив в этих выражениях $m_U$ на $m_e$, получим соответственно комптоновскую длину волны электрона $\lambda\!\!\!^{-}_e$, классический радиус электрона $r_e$ и радиус первой боровской орбиты атома водорода $a_0$. Следовательно при обратной замене в известных формулах для $\lambda\!\!\!^{-}_e$, $l_e$, $a_0$ массы электрона на массу Вселенной сразу получим выражения (1.2–1.4). Эти полученные исключительно анализом размерностей простые и почти очевидные с самого начала результаты еще раз свидетельствуют о невозможности считать планковское $l_P$ фундаментальной в указанном смысле длиной. Более того, эти результаты дают первую, содержащую изрядную долю неопределенности оценку минимального значения длины: $l_{min}$ следует искать где-то вблизи точки $\sim 10^{-95}$ см, что более чем на 60 порядков меньше планковской длины. Но ведь на столько же порядков планковская длина меньше предполагаемого значения максимальной длины $R_U \sim 10^{29}$ см, обычно не совсем удачно называемой радиусом Вселенной. Такое согласие нельзя считать случайным нумерологическим совпадением. Согласие здесь не только по численному значению, но прежде всего по содержанию, по физическому смыслу, по пониманию двух величин как физических экстремумов, а третьей как промежуточного значения между ними. Уточняется также, что фундаментальной длиной следует полагать комптоновскую длину Вселенной $\lambda\!\!\!^{-}_U$, а промежуточность планковской длины означает, что она среднее геометрическое экстремальных значений. Обозначив безразмерный множитель планковских величин через $k_P$, имеем:

$$l_P = \sqrt{l_{min} \cdot l_{max}} \;,\; \sqrt{k_P \frac{G\hbar}{c^3}} = \sqrt{\frac{\hbar}{m_U c} \cdot R_U} \tag{1.9}$$

откуда

$$R_U = \frac{k_P G m_U}{c^2}$$

В теории гравитации множитель в выражении для гравитационного радиуса равен 2, поэтому окончательно $k_P = 2$. Что касается экстремальных величин, то $l_{min}$ и $l_{max}$ определяются как комптоновская длина и гравитационный радиус Вселенной соответственно. Последнее число надо понимать как предельное значение $2Gm_U/c^2$ переменной размерности длины, называемой радиусом Вселенной.

**С**ледует подчеркнуть, что выделенность комптоновских, гравитационных и планковских величин фактически заложена в исходных физических уравнениях **C**. В частности в $\mathbf{C}_2$ содержатся все те величины, из которых составлены тройки $c\hbar m_j$, $cGm_j$, $c\hbar G$, причем первые две содержат переменную массу $m_j$, а последняя лишь кодовые константы. Само уравнение $\mathbf{C}_2$ легко представимо в виде соотношения между комптоновскими и гравитационными величинами:

$$\alpha_{Gj} = \frac{Gm_j^2}{\hbar c} = \frac{1}{2}\frac{2Gm_j}{c^2} : \frac{\hbar}{m_j c} = \frac{1}{2}\frac{l_{Gj}}{\lambda\!\!\!^{-}_{Cj}} \tag{1.10}$$

Планковское $\alpha_G(m_P)$ естественно толковать как особую, уникальную точку, в которой имеет место формальное тождество фундаментальных параметров физической теории – комптоновских и гравитационных величин, в частности комптоновской длины $\lambda\!\!\!^{-}_P$ и гравитационного радиуса (радиуса Шварцшильда, или радиуса черной дыры) $l_P$, или $\hbar/m_P c = 2Gm_P/c^2$, отсюда

$$\alpha_G(\lambda\!\!\!^{-}_P \equiv l_P) = 1/2 \tag{1.11}$$

С учетом этого имеем

$$\frac{\alpha_{Gj}}{\alpha_P} = \frac{l_{Gj}}{\lambda\!\!\!^{-}_{Cj}} \tag{1.12}$$

и нетрудно догадаться, что данное соотношение справедливо не только для длины, но и для других размерностей:

$$\frac{\alpha_{Gj}}{\alpha_{\text{P}}} = \frac{B_{Gj}}{B_{Cj}} \tag{1.13}$$

Следовательно отношение комптоновских и гравитационных величин одинаковой размерности равно отношению исходной функции $\alpha_{Gj}$ к безразмерной планковской константе $\alpha_{\text{P}} = 1/2$. Можно сказать, что в очень простой и бесхитростной на первый взгляд формуле посредством функциональной переменной $\alpha_{Gj}$, независимой переменной $m_j$ и трех ФФП закодированы физические сущности трех важнейших типов. Особого внимания заслуживает частный случай $m_j = m_U$

**В** общем случае экстремальных величин, используя очевидные обозначения $B_{\text{P}}$, $B_{\min}$, $B_{\max}$, имеем

$$B_{\text{P}} = \sqrt{B_{\min} \cdot B_{\max}} \tag{1.14}$$

что дает простой способ определения одной экстремальной величины через другую. Например подставляя в формулу значения $m_{\text{P}}$ и $m_{\max} = m_U$, получим для минимальной массы

$$m_{\min} = \frac{m_{\text{P}}^2}{m_{\max}} \sim 10^{-68} \text{ г}$$

это на сорок порядков меньше массы электрона, а одинаковое во всех системах отношение экстремальных масс выражается предварительно уже помянутым огромным числом

$$N_U \sim 10^{125} \tag{1.15}$$

Всестороннее рассмотрение числа $N_U$ требует дополнительных соображений касающихся энтропии и закона ее изменения.

## 2. Энтропия и постоянная Больцмана

**С**толкнувшись с некоторой умозрительностью относящихся к фундаментальной длине построений, основанных преимущественно на идее экстремальности и анализе размерностей, и испытывая серьезные трудности при определении точного значения фундаментального параметра Вселенной $N_U$, мы вынуждены обратиться к независимому источнику. Этим мы рассчитываем подтвердить, подкрепить сказанное новыми данными. Фактически единственный такой источник – формула Больцмана

$$S_j = k \ln \Omega_j \tag{2.1}$$

для энтропии и величины $\Omega_j$. Для лучшего понимания заложенного в ней потенциала сделаем небольшое отступление о понятии энтропии.

**Е**сли иметь в виду параметры Вселенной, очевидно, что одни физические величины, например масса, полная энергия, действие, электромагнитный заряд, неизменны, другие – радиус, время жизни, температура, плотность, объем и т.п. – стремятся к своим экстремальным значениям. Среди всех этих меняющихся величин совершенно особое место занимает энтропия, “превращение” по-гречески, – основной источник изменений в физическом мире. Понятие энтропии широко используется в классических и квантовых теориях физики, в термодинамике, статистической механике, космологии, особенно в моделях горячей Вселенной и черных дыр. Применяется оно и в теории информации, кибернетике, общей теории систем, биологии, статистике, при исследовании языковых и социальных систем, в других областях знания. “Энтропия позволяет объяснить единство физических процессов”, – говорит автор работы, посвященной современному анализу различных аспектов энтропии. “Она является универсальной характеристикой всех физических процессов и служит фундаментальным объединяющим их началом. Не существует, по-видимому, другого, более фундаментального уравнения движения, чем уравнение для энтропии” [Эндрю, 144]. Если иметь в виду уравнение $\mathbf{C}_4$, с этим нам нельзя не согласиться; в любом случае значение энтропии для современной науки оценивается чрезвычайно высоко и на ее долю пришлось немало громких эпитетов и восторженных сравнений, см. например [Волькенштейн, 62]. Вообще при рассмотрении биологических, языковых, социальных и прочих достаточно сложных, не чисто физических структур корректное использование тех или иных физических величин, понятий, законов, принципов и методов исследования требует предельной осмотрительности во избежание искусственных, неадекватных построений. И всё же в соответствующем математическом обрамлении энтропия несомненно мощное орудие проникновения физиче-

ских методов и идей в ранее недоступные для них сферы познания, в этом отношении она возможно превосходит все остальные физические величины. Помимо заложенной в ней потенции к преодолению межтеоретических, междисциплинарных барьеров энтропия примечательна тем, что не только в своих исконных владениях – термодинамике, где она впервые была введена Клаузиусом в 1865 году, и в статистической механике, где благодаря Больцману она занимает доминирующее положение, – но и за их пределами, особенно в теории информации и в космологии ранней Вселенной и черных дыр, энтропия играет ведущую или одну из ведущих партий среди физических величин.

**Ф**ормулу Больцмана привел к ее нынешнему виду Планк, великодушно присвоивший постоянной $k$ имя Больцмана, хотя по справедливости ее надо бы называть постоянной Больцмана–Планка. Напомним с некоторыми уточнениями, что безразмерная величина $\Omega = \Omega(E, N, p, V, \ldots)$ под знаком натурального логарифма это статистический вес, определяемый как число всех возможных квантовых микросостояний данной макросистемы, характеризуемой фиксированными значениями макроскопических параметров системы вроде энергии $E$, количества частиц $N$, давления $p$, объема $V$ и т.п. Другими словами, число

$$\Omega_j = \mathrm{e}^{S_j/k}$$

это кратность вырождения данного микросостояния, или число допустимых микроскопических способов осуществления данного макросостояния. Формула Больцмана указывает на одинаковую размерность энтропии и постоянной $k$, а из сравнения с формулой размерности видно, что произведение $k$ на $T$ имеет размерность энергии и в этом отношении выражение $kT$ стоит в одном ряду с $mc^2$ и $\hbar\nu$, а постоянная $k$ – с постоянными $c$ и $\hbar$. Постоянная Больцмана крайне необходима физической теории прежде всего в силу зависимости всех изменяющихся величин от энтропии и квантованности самой энтропии по значению $k/2$.

## 3. Экстремальные температуры

**Н**аглядным подтверждением действенности таких факторов как зависимость различных величин от энтропии и ее квантованность служит так называемая температура абсолютного нуля. Это закрепившееся за минимальной температурой название удачным считать нельзя. Дело в том, что минимальное значение величины и нуль это вообще говоря совершенно разные вещи. Минимальная температура есть сверхмалое физическое число, еще подлежащее определению наряду с другими экстремальными физическими величинами, и нуль здесь ни при чем. Можно конечно, как это часто делается, принять 0 за начало отсчета температурной шкалы, но это лишь техническая уловка, удобная во многих случаях, но при неправильном понимании способная ввести в заблуждение. Словом, в понимании абсолютного нуля температуры как *принятого* за 0 начала отсчета соответствующей физической величины нет ошибки, а вот понимание равенства $T_{\min} = 0$ в буквальном, абсолютном смысле совершенно неверно. Факт существования $T_{\min}$, обнаруженный еще в классической физике, это одно из многочисленных следствий закона изменения энтропии, который выступает здесь под именем *второго начала термодинамики*. Вместо общего “энтропия Вселенной возрастает” частная формулировка великого закона гласит, что энтропия любой замкнутой макросистемы сохраняется для обратимых и возрастает для необратимых процессов.

**П**ереход от классического понимания энтропии и закона ее изменения к современному концептуально не так сложен. Если связать понятия обратимости и необратимости процессов с математической вероятностью, это придаст энтропии характер статистической величины, понимаемой “как мера вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния” [Зубарев]. Будучи величиной связанной с вероятностью энтропия может и уменьшаться при переходе системы из более вероятного состояния в менее вероятное, но при этом относительная флуктуация тем меньше, чем больше число частиц в системе, см. [Рейф, 146, 328]. Для достаточно большого количества частиц эволюция системы всегда идет в направлении от упорядоченности к хаосу, от неравновесного, менее вероятного к равновесному, более вероятному состоянию, от меньших значений статистического веса $\Omega$ к большим, словом развитие в замкнутых системах всегда ведет к состоянию с максимумом энтропии. Замкнутых и изолированных, инерциальных в абсолютном смысле слова систем во Вселенной нет и быть не может. Строго говоря, лишь Вселенная в целом соответствует всем требованиям, которые так или иначе подразумеваются в разных формулировках второго начала термодинамики.

**Н**ас сейчас интересует зависимость разных физических величин, в частности времени и длины, от энтропии. На качественном уровне компактное изложение темы “энтропия и время” таково:

“Второе начало термодинамики подтверждает реальность изменения и вводит физическую величину (например, энтропию), наделяющую время *выделенным направлением*, или, если воспользоваться выражением Эддингтона, задающую «стрелу времени». Энтропия устанавливает различие между прошлым и будущим. Кроме того, термодинамика приводит к новой концепции времени как внутренней переменной, присущей системе. Такое понимание времени позволяет считать более «старым» (по сравнению с другим) то из двух состояний, которому соответствует большее значение энтропии. Интерпретация времени как внутреннего свойства физической системы выходит за рамки традиционного физического описания системы” [Пригожин, 218]. Отсюда можно сделать вывод, что в космическом масштабе время как упорядоченная последовательность событий существует и направлено от прошлого к будущему вследствие наличия физической величины – возрастающей энтропии. Это даже не “стрела”, а лишь тень, отбрасываемая “стрелой” энтропии, выпущенной из “арбалета” второго начала. А значит, прощай абсолютное время ньютоновской механики.

**Н**а примере времени $t$ и температуры $T$ можно проследить в общих чертах за теми ограничениями, которые накладывают экстремальные константы на характер и границы изменений физических величин.

а) Наличием физического экстремума $c$ выделяется класс релятивистски неинвариантных, а значит не сохраняющихся, изменяющихся величин включая время $t$. Этот хорошо известный из теории относительности результат в принципе при должном понимании может быть получен чисто формально анализом размерностей. Наличие физического экстремума $k$ и формулы размерностей $[kT] = [E]$ расширяет класс изменяющихся величин включением в него в частности температуры $T$

б) Произведение любых двух или более физических величин, имеющее размерность действия, не может быть меньше кванта действия $\hbar$ или $\hbar/2$ – таков смысл всех соотношений неопределенностей Гейзенберга, математически констатирующих факт минимальности кванта действия. Ничего другого здесь по сути нет. Если энтропийная природа “стрелы времени” выявлена сравнительно недавно, то построение термодинамической шкалы температуры с ее “абсолютным нулем” давно уже основывается на втором начале термодинамики и теперь мы видим, на каком могучем теоретическом фундаменте держится идея минимальной температуры

**Д**ля конкретности можно опереться на соотношение неопределенностей Гейзенберга для энергии, выраженной через температуру, и времени:

$$k\Delta T\cdot\Delta t \geq \hbar \tag{3.1}$$

оно накладывает запрет на существование нулевой температуры ($\Delta T \neq 0$) и тем самым утверждает ее конечность. В общем случае под идеей конечности, как следует из предыдущего, подразумевается, что для любого физического объекта, если только он обладает данным свойством, соответствующая этому свойству физическая величина не может выражаться сколь угодно малыми или большими числами, а ограничена снизу и сверху постоянными экстремальными значениями. В соответствии с разделом 1 минимальное значение температуры определится из соотношения

$$kT_{\min} \approx m_{\min}c^2 \tag{3.2}$$

с точностью до множителя порядка единицы:

$$T_{\min} = \frac{m_{\min}c^2}{k} \sim \frac{\hbar c}{R_U k} \sim 10^{-31}\ \text{K} \tag{3.3}$$

что на двадцать с лишним порядков меньше самых низких экспериментально полученных температур. Для максимальной температуры имеем огромное значение

$$T_{\max} = \frac{m_U c^2}{k} \sim 10^{93}\ \text{K} \tag{3.4}$$

Отношение температурных экстремумов, как и в других случаях, порядка числа $N_U$:

$$\frac{T_{\max}}{T_{\min}} \sim \frac{m_{\min}}{m_{\max}} \sim N_U \sim 10^{125}$$

Иначе и не могло быть, поскольку, $T_{\min}$ и $T_{\max}$ здесь определены через ранее найденные экстремальные значения для массы или длины. А получение независимого способа определить число $N_U$ требует обращения к формулам, устанавливающим минуя температуру связь энтропии с пространственно-временными величинами, прежде всего с длиной.

## 4. Энтропия и константа $N_U$

**П**онимание длины и времени как внутренних свойств физической системы, зависящих от энтропии как первичной физической величины, в корне отличается (при всей сложности таких сопоставлений) не только от пространственно-временных представлений Левкиппа–Демокрита и Эпикура, Платона, Декарта, Канта и Ньютона, но и от традиционных или нетрадиционных представлений первой половины XX века и даже более поздних.

**З**ависимость пространственно-временных величин от энтропии хорошо известна для черной дыры. Полученная Хокингом формула

$$S = \frac{k}{4}\frac{A}{l_{\text{P}}^2} = \frac{k}{4}\frac{c^3}{G\hbar}A \tag{4.1}$$

строго выводится в релятивистской астрофизике, см. **[**Bekenstein; Шапиро, Тьюколски, 388**]**, она устанавливает простую связь между энтропией $S$ черной дыры, площадью ее горизонта $A$, постоянной Больцмана $k$ и планковской длиной $l_{\text{P}}$. Если брать по максимуму и учесть, что квант энтропии равен $k/2$, формула запишется в виде

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}} \equiv \frac{S_{\max}}{k/2} = \frac{A_{\max}}{2G\hbar/c^3} \tag{4.2}$$

Множитель 2 перед постоянной $G$ естественно толковать как очевидное свидетельство в пользу равенства $\alpha_G = 1/2$, которое и приводит к появлению этого множителя. Другими словами подтверждается ранее высказанная версия планковских величин как физических чисел, получаемых из равенства комптоновских и гравитационных величин, в частности комптоновской длины и гравитационного радиуса. Переменной для обеих длин является масса, и начиная с планковской длины, то есть точки пересечения $\lambda\!\!\!^{-}_{\text{C}} = l_G$, комптоновская длина с увеличением (уменьшением) $m$ уменьшается (увеличивается) до $l_{\min}$ ($l_{\max}$), а гравитационный радиус увеличивается (уменьшается) до $l_{\max}$ ($l_{\min}$). Поскольку максимальная длина есть по определению предельное значение радиуса Вселенной, нетрудно по данной формуле получить оценку для последнего отношения. Горизонт $A$ пропорционален квадрату радиуса черной дыры $R_G = 2Gm/c^2$ и в грубом приближении определяется формулой

$$A = 4\pi R^2 = 4\pi\left(\frac{2Gm}{c^2}\right)^2 \tag{4.3}$$

для площади трехмерной сферы. Однако более тонкий анализ, см. например **[**Шапиро, Тьюколски**]**, приводит к меньшему, порядка не десяти ($4\pi \sim 12{,}6$), а единицы значению множителя. Нередко горизонт полагают просто равным $R_G^2$, но интереснее другое. Если черная дыра – наша Вселенная, так что $A_{\max}$ соответствует массе $m_U \sim 10^{57}$ г, имеем оценку

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{R_U^2}{2G\hbar/c^3} \sim 10^{125} \tag{4.4}$$

Отношение экстремальных значений физической величины, на этот раз энтропии, снова привело к колоссальному числу, которое по меньшей мере по порядку равно искомому $N_U$. Причем это появление $N_U$, если конечно не иметь в виду тонкие внутренние связи, никак не связано с двумя предыдущими.

**Т**аким образом, во-первых подтверждается ранее сделанное допущение, что планкеоны – на пересечении комптоновских и гравитационных величин. Во-вторых независимым способом подкрепляется существование фундаментальной константы $N_U \sim 10^{125}$. Первое ее появление, помнится, связано с допущениями, касающимися квантованности пространства, выделенности комптоновских и планковских величин, радиуса $R_U$, а во втором случае подстановка значения массы Вселенной в исходное уравнение **C**$_2$, что приводит к значению $N_U$ с точностью до множителя ½, наконец сейчас

почти вся необходимая информация уже содержится в формуле (4.1) и единственное допущение касается возможности применения этой формулы к Вселенной. А ведь в бескрайнем море идей тонкие нити случайно не пересекаются и потому существование фундаментальной константы $N_U$ должно быть признано как твердо установленный факт. В-третьих число это в экспоненциальном представлении близко к $e^{288}$, но о точном численном значении этого по идее целого числа можно лишь строить предположения. Для этого надо по меньшей мере иметь под рукой эмпирическое и как можно более точное значение теоретически определяемой величины.

**К**онечно, одно дело искать песчинку в бескрайней пустыне, то есть число в непрерывном континууме действительных чисел, и совсем другое – в дискретном множестве чисел натуральных. Если исходить из факта существования константы $N_U$ в ранге ФФП, то совершенно очевидно, что такое число не может быть заурядным членом натурального ряда. Наоборот, здесь мы вправе рассчитывать на нечто необычное, выделенное; поиск сильно сужается, канализируется. В высшей степени предположительно, поскольку при том эмпирическом базисе, который мы здесь имеем, было бы крайне неосмотрительно, даже несерьезно делать далеко идущие выводы это шестисотый (связанный с произведением магическим числом 24 на число независимых генераторов группы симметрии $SU(5)$, равное 25) член ряда Фибоначчи,

$$F_{600} = F_{24\cdot 25} \approx 1{,}10433\cdot 10^{125} \approx e^{287{,}9223760795} \tag{4.5}$$

**К**осмический гигант $N_U$ относится к классу сверхбольших величин, он на сорок с лишним порядков больше числа нуклонов во Вселенной. Надо вообще полагать, что числа типа $N_U^n$, где $n$ едва ли меньше 1/2 и больше 3, образуют нечто вроде верхней числовой границы Вселенной. Это большие числа, но отнюдь не самые большие в природе. Вспомним, что в соответствии с законами изменения и квантования энтропии она меняется по целочисленному закону в пределах от $S_{\min} = k/2$ до $S_{\max} = N_U$, образуя последовательность $k/2$, $k$, $3k/2$, $2k$, $5k/2$, …, $N_U\cdot k/2$. А согласно формуле Больцмана (уравнение $\mathbf{C}_4$) $S = k \ln \Omega$, или $\Omega = e^{S/k}$, где $\Omega$ – число микросостояний макросистемы. Для Вселенной $S_U \equiv S_{\max} = k/2\cdot N_U$, поэтому

$$\Omega_{\max} = e^{\frac{N_U}{2}} \approx e^{\frac{1}{2}e^{288}} \tag{4.6}$$

Для сравнения, общее количество нуклонов во Вселенной оценивается числом $10^{81}$. Таким образом, число микросостояний Вселенной хотя и не бесконечно, но выражается колоссальной величиной, по сравнению с которой даже $10^{10^{10}}$, обычно приводимое в качестве примера непредставимо огромной, сверхбольшой математической величины, кажется незначительным карликом. Используя формулу (4.1) для энтропии черной дыры и полагая горизонт приблизительно равным квадрату радиуса Шварцшильда, можно выразить $N_U$ и через физические постоянные:

$$\Omega_{\max} \cong e^{\frac{A}{l_P^2}} = e^{\frac{R_U^2 c^3}{2G\hbar}} \tag{4.7}$$

Числовой колосс $\Omega_{\max}$ для предельного числа микросостояний Вселенной по-видимому и следует считать наибольшим среди всех физических чисел.

## 5. Границы физической реальности

**Т**ема экстремальности физических величин требует логического развития и завершения. Исходные положения уже давно обозначены, поэтому достаточно ограничиться их кратким перечнем на удобном во всех отношениях примере длины, хотя можно было взять любую другую физическую величину. Имеем:

- выделенность – на основе кодов – комптоновской и гравитационной длины
- их равенство в точке, называемой планковской длиной и определяющей значение $\alpha_p = 1/2$
- соотношение (1.14) для экстремумов различных физических величин

К этим трем тезисам естественно добавить четвертый, который условно сформулируем так:

- малое – в большом, большое – в малом

Напомним, что гравитационная длина прямо, а комптоновская обратно пропорциональна массе, поэтому чем дальше от точки пересечения, тем сильнее расхождение между двумя длинами и в целом

между семействами величин $c\hbar m_j$ и $cGm_j$. Так вот, согласно последнему тезису в граничных точках физического мира комптоновская и гравитационная длины взаимообратимы, переходят одна в другую. А именно, комптоновская длина сверхмалой массы $m_{\min}$ *в точности* равна гравитационному радиусу $R_U$ Вселенной, а комптоновская длина $\lambda\!\!\!^{-}_U$ Вселенной – гравитационному радиусу массы $m_{\min}$. Записав наши тезисы на языке математики, получим следующую систему из трех равенств.

$$\frac{\hbar}{m_{\rm P}c} = \frac{2Gm_{\rm P}}{c^2} \tag{5.1}$$

$$\frac{\hbar}{m_U c} = \frac{2Gm_{\min}}{c^2} \tag{5.2}$$

$$\frac{m_U}{m_{\min}} = N_U \tag{5.3}$$

Решим с учетом (4.1) эти соотношения как систему уравнений относительно неизвестных $m_{\min}$ и $m_U$ и получим формулы

$$m_U = \sqrt{\frac{\hbar c}{2G}N_U} = l_{\rm P}\sqrt{N_U} \tag{5.4}$$

$$m_{\min} = \sqrt{\frac{\hbar c}{2GN_U}} = \frac{l_{\rm P}}{\sqrt{N_U}} \tag{5.5}$$

Подставляя эти выражения для масс в $\alpha_{Gj} = \dfrac{Gm_j^2}{\hbar c}$ – кодовое уравнение $\mathbf{C}_2$ приходим к формулам

$$\alpha_{G\min} = \frac{1}{2N_U} \qquad \alpha_{GU} = \frac{N_U}{2} \tag{5.6}$$

которые можно записать в виде

$$N_U = \frac{\alpha_{\rm P}}{\alpha_{G\min}} \qquad N_U = \frac{\alpha_{GU}}{\alpha_{\rm P}} \tag{5.6′}$$

**Н**аше допущение привело к очень простому соотношению между константой $N_U$ и значением исходной функции $\alpha_{GU}$: константа $N_U$ равна удвоенному значению исходной функции $\alpha_{Gj}$ в точке $m_j = m_U$. Получаемые на основе (5.4), (5.5) и известных соотношений формулы и весьма приближенные (в пределах одного порядка – из-за неопределенности значения $m_U$) численные значения различных величин даны в таблице. При этом некоторые формулы записаны для удобства и наглядности в двух конфигурациях: посредством кодовых постоянных $c$, $\hbar$, $G$, $k$ и через планковские величины.

Таблица 5.1
**Экстремальные значения физических величин**

| **Величина** | **Обозначение** | **Формула** | **СГС и др.** |
|---|---|---|---|
| **Энтропия** | $S_{\min}$ | $k/2$ | $7\cdot10^{-17}$ эрг/K |
| | $S_{\max}$ | $N_U\cdot k/2$ | $7\cdot10^{108}$ эрг/K |
| **Действие** | $J_{\min}$ | $\hbar/2$ | $5\cdot10^{-28}$ эрг·с |
| | $J_{\max}$ | $N_U\cdot\hbar/2$ | $5\cdot10^{97}$ эрг·с |
| **Масса** | $m_{\min}$ | $\sqrt{\dfrac{\hbar c}{2GN_U}} = \dfrac{m_{\rm P}}{\sqrt{N_U}}$ | $5\cdot10^{-68}$ г |
| | $m_{\max}$ | $\sqrt{\dfrac{\hbar c}{2G}N_U} = m_{\rm P}\sqrt{N_U}$ | $5\cdot10^{57}$ г |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Полная энергия** | $E_{\min}$ | $\sqrt{\frac{\hbar c^5}{2GN_U}} = \frac{E_{\text{P}}}{\sqrt{N_U}}$ | $4\cdot10^{-47}$ эрг |
| | $E_{\max}$ | $\sqrt{\frac{\hbar c^5}{2G}N_U} = E_{\text{P}}\sqrt{N_U}$ | $4\cdot10^{78}$ эрг |
| **Температура** | $T_{\min}$ | $\sqrt{\frac{\hbar c^5}{2Gk^2N_U}} = \frac{T_{\text{P}}}{\sqrt{N_U}}$ | $3\cdot10^{-31}$ K |
| | $T_{\max}$ | $\sqrt{\frac{\hbar c^5}{2Gk^2}N_U} = T_{\text{P}}\sqrt{N_U}$ | $3\cdot10^{94}$ K |
| **Длина** | $\lambda\!\!\!^{-}_{C\min} = l_{G\max}$ | $\sqrt{\frac{2G\hbar}{c^3N_U}} = \frac{l_{\text{P}}}{\sqrt{N_U}}$ | $7\cdot10^{-96}$ см |
| | $\lambda\!\!\!^{-}_{C\max} = l_{G\min}$ | $\sqrt{\frac{2G\hbar}{c^3}N_U} = l_{\text{P}}\sqrt{N_U}$ | $7\cdot10^{29}$ см |
| **Время** | $\tau_{C\min} = t_{G\max}$ | $\sqrt{\frac{2G\hbar}{c^5N_U}} = \frac{t_{\text{P}}}{\sqrt{N_U}}$ | $2\cdot10^{-106}$ с |
| | $\tau_{C\max} = t_{G\min}$ | $\sqrt{\frac{2G\hbar}{c^5}N_U} = t_{\text{P}}\sqrt{N_U}$ | $2\cdot10^{19}$ с |
| **Критическая плотность** | $\rho_{\text{C}}$ | $\frac{3c^5}{16\pi G^2\hbar N_U} = \frac{3\rho_{\text{P}}}{4\pi N_U}$ | $3\cdot10^{-33}$ г·с$^{-3}$ |
| **Объем Вселенной** | $V_U$ | $\frac{4\pi R_U^3}{3} = \frac{4\pi l_{\text{P}}^3 N_U^{3/2}}{3}$ | $2\cdot10^{90}$ см$^3$ |
| **Число микросостояний** | $\Omega_{\min}$<br>$\Omega_{\max}$ | $\text{e}^{1/2}$<br>$\text{e}^{N_U}$ | 1,6<br>$10^{0,43\cdot10^{125}}$ |

Во всех приведенных в таблице формулах непременно фигурирует константа $N_U$ в различных степенях. Промежуточный характер планкеонов как средних геометрических между минимумами и максимумами физических величин приводит к особенно простой форме записи экстремумов. Введя обозначение $B_{j\text{ext}}$, имеем формулу

$$B_{j\text{ext}} = B_{j\text{P}}\, N_U^n,\ n = \pm 1/2, \pm 1, \pm 3/2, \pm 2, \pm 3 \qquad (5.7)$$

Добавим, что проблема экстремальности тождественна проблеме самых больших и самых малых значений отдельно взятых физических величин. Это, мы знаем, постоянные или же предельные, но в обоих случаях пограничные точки области существования физических чисел, граница физического мира, числовой каркас Вселенной.

**Р**ассмотрение не будет достаточно полным без обсуждения вопроса, может ли 0 считаться одной из экстремальных величин. Нулевые значения, например нулевой электрический или магнитный заряд или спин, отнюдь не противопоказаны физической величине в тех случаях, когда это не приводит к бесконечным значениям для других величин. На протяжении двух последних столетий в науке почти безраздельно торжествовала концепция непрерывных бесконечных континуумов, приучившая разум к идее беспредельности, безграничности физического мира, бесконечные пространство и время, бесконечно большие и малые значения физических величин, бесконечное многообразие, неисчерпаемость форм материи и т. д. и т. п. Между тем физическая реальность, интервалы значений ФВ оказываются дискретными и конечными всюду, где удается достичь определенности и ясности. Мы не знаем ни одного заслуживающего внимания естественнонаучного факта, который доказывал бы обратное. Математический символ $\infty$ в физике строго говоря недопустим в отличие от числа 0, отражающего в частности полное отсутствие каких-то характеристик, например электрического заряда у данного физического объекта.

**П**рименительно например к массе можно задаться отнюдь не риторическим вопросом: если иметь нулевой спин или заряд частице не возбраняется, почему какие-то частицы, хотя бы фотон, гравитон или глюоны, не могут иметь нулевую массу? Отметим, что нулевая масса совместима с известным потенциалом Юкавы, поскольку в этом случае экспоненциальный множитель $\exp[-r/(\hbar/mc)]$ просто обращается в единицу. В физической теории нулевая масса приписывается в КХД переносчикам сильного взаимодействия глюонам, а теорема Голдстоуна из КТП утверждает необходимость существования безмассовых частиц – голдстоуновских бозонов при спонтанном нарушении некоторых *непрерывных* (никак не дискретных) симметрий, см. например **[**Индурайн; Ициксон, Зюбер, 11.2.2**]**. Но что касается переносчиков электромагнитного и гравитационного взаимодействий, то в пользу их ненулевой массы есть доводы, связанные с очень большим, но конечным радиусом действия этих взаимодействий. С учетом этого отметим в качестве методологического отступления, что в ситуациях, когда экспериментальный базис теоретических построений весьма скуден, а то и вовсе отсутствует, есть три достаточно эффективных способа частично преодолеть эмпирический "вакуум". Это во-первых системная взаимообусловленность, во-вторых системная согласованность результатов, в-третьих возможность получить выводы по меньшей мере двумя независимыми способами. Наличие даже всех трех составляющих не может служить полной гарантией правильности полученных результатов, однако при нем шансы на успех значительно возрастают.

**В**озвращаясь к вопросу об экстремальных массах и допуская существование безмассовых частиц с малым, порядка ядерных размеров, радиусом действия, можно попытаться прийти к разумному толкованию комптоновских и гравитационных экстремумов, в частности минимумов массы и длины и максимумов длины. При этом надо учесть фундаментальный характер электромагнитной и гравитационной сил и их агентов – фотона и гравитона, связь между массой и радиусом действия носителей фундаментального взаимодействий и некоторые другие обстоятельства. А именно, комптоновская длина сверхмалой массы $m_{\min}$ равна гравитационному радиусу $R_U$ Вселенной, а комптоновская длина $\lambda\!\!\!^{-}_U$ Вселенной – гравитационному радиусу массы $m_{\min}$. Если же под этой массой скрывается фотон или гравитон, выходит, что максимальный радиус (кривизны), а также время и другие физические параметры Вселенной согласуются с радиусом действия и другими параметрами электромагнитного или гравитационного взаимодействий. Можно поэтому полагать, что параметры Вселенной определяются характеристиками мельчайших частиц и наоборот: самое большое как бы заложено в самом малом, которое в свою очередь заложено в самом большом. Добавим, что среднее геометрическое между самым малым и самым большим это планкеон. В данном случае планковская масса есть среднее геометрическое между массой фотона или гравитона и массой Вселенной. В свете сказанного естественно полагать, что константа 0 означает не минимальное количество данной физической величины, а просто ее отсутствие. Вывод ясен: минимальные значения, "кванты" различных физических величин выражаются конечными числами.

**Р**ассмотрение физических экстремумов привело в случаях длины и энтропии к одному и тому же гигантскому натуральному числу $N_U$, закодированному в исходном уравнении $\mathbf{C}_2$. Если проследить за ходом рассуждений, приводящих к числу $N_U$, общие схемы здесь таковы.

1. Физические коды $\mathbf{C}_1$–$\mathbf{C}_3$ и выбор исходных ФФП → анализ размерностей для получения размерности длины → применение к параметрам Вселенной → учет промежуточного значения планковской длины относительно экстремумов → выделенность комптоновской длины → $N_U$ как отношение экстремальных значений длины
2. Формула для энтропии черной дыры → применение к параметрам Вселенной с учетом кванта энтропии → $N_U$ как отношение экстремальных значений энтропии
3. Подстановка значения $m_j = m_U$ в уравнение $\mathbf{C}_2$

Круг рассуждений, длинный, извилистый в первом, более короткий, прямой во втором и кратчайший в третьем случае, каждый раз завершается числом $N_U$ как основной физико-математической величиной, определяющей *от и до* физической реальности.

**О**бобщая ранее сделанные выводы, надо полагать, что через энтропию как фундаментальную изменяющуюся величину с фиксированными нижним $S_{\min} = k_A/2 = 1/2\cdot\ln 2$ и верхним $S_{\max} = N_U\cdot k/2 = N_U/2\cdot\ln 2$ пределами могут выражаться все изменяющиеся параметры Вселенной. Тогда в силу

предельных переходов $S \to S_{\min}$ и $S \to S_{\max}$ имеем для экстремальных отношений типа $B_{\max}/B_{\min}$ цепочку равенств

$$\lim\frac{l_{\max}}{l_{\min}} = \lim\frac{\lambda\!\!\!^{-}_{\max}}{\lambda\!\!\!^{-}_{\min}} = \lim\frac{t_{\max}}{t_{\min}} = \lim\frac{\tau_{C\max}}{\tau_{C\min}} = \lim\frac{T_{\max}}{T_{\min}} = \lim\frac{V^{1/3}_{\max}}{V^{1/3}_{\min}} = \lim\ln\frac{\Omega_{\max}}{\Omega_{\min}} = \ldots = N_U \qquad (5.8)$$

Для сохраняющихся ФВ отношения между экстремальными значениями очевидны:

$$\frac{J_{\max}}{J_{\min}} = \frac{m_{\max}}{m_{\min}} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \ldots = N_U \qquad (5.9)$$

## 6. Обобщенные физические законы

**К**руг рассуждений, замкнувшийся на числе $N_U$ как основной физико-математической величине, определяющей *от и до* физической реальности, связан с идеей основных физических законов. Корректная формулировка фундаментальных физических законов сохранения и изменения, подробно рассмотренных в **[**A1, Гл.3**]**, возможна лишь для всей Вселенной: “Действие Вселенной сохраняется”, “Масса Вселенной сохраняется”, “Электрический заряд Вселенной сохраняется”, “Энтропия Вселенной возрастает” и т.п. Любая попытка заменить в подобных определениях Вселенную инерциальной системой отсчета или скажем замкнутой системой неизбежно ведет к противоречиям и не выдерживает серьезной критики. Рассмотрение границ физической реальности, выявляющее число $N_U$, дает редкую возможность высказать предположение, придающее качественной характеристике физических законов бóльшую количественную определенность, позволяет перейти к обобщенным формам фундаментальных законов сохранения, изменения и квантования. Нельзя при этом упускать из виду умозрительность, видимо неизбежно сопутствующую всем рассуждениям о Вселенной как существующей в единственном экземпляре целостной физической системе.

### Обобщенный закон отношения экстремумов

*Отношения экстремумов физических величин выражается через фундаментальную константу $N_U$ формулами*

$$\frac{B_{j\max}}{B_{j\min}} = N_U^n,\ n = 1/3,\ 1/2,\ 2/3,\ 1,\ 3/2,\ 2,\ 5/2,\ 3 \qquad (6.1)$$

$$\ln\frac{\Omega_{\max}}{\Omega_{\min}} = N_U \qquad (6.2)$$

Это уже знакомые нам формулы, возведенные в ранг обобщенного физического закона. Основания для признания обеих формул приводились выше при рассмотрении числа $N_U$, а доводы в пользу принятия их в качестве обобщенного закона достаточно очевидны. Для широкого по крайней мере класса фундаментальных и вторичных, постоянных и переменных физических величин отношения экстремальных значений выражаются целыми или дробными степенями космического числа $N_U$.

### Обобщенный закон сохранения, изменения и квантования

*Для целочисленно квантуемых физических величин выполняется соотношение*

$$B_j = n_j B_{\min},\ n_j = 1, 2, \ldots, N_U \qquad (6.3)$$

В свете имеющихся данных представляется очевидным, что в фундаментальных законах квантования действия и энтропии, как и в законе возрастания энтропии, верхний предел целочисленного ряда должен быть равен $N_U$. Тогда сохранение, изменение и квантование целочисленно квантуемых физических величин можно выразить в виде простой формулы, символизирующей внутреннее и формальное единство трех типов физических законов как разных сторон трехгранного универсального физического закона. Придавая определенные значения $B_{\min}$ либо фиксируя постоянные значения $n_j = N_j$, получим соответствующие законы для действия, энтропии и т.д. Имеет место прямая соотнесенность $N_U$ с законами сохранения, изменения и квантования физических величин; более того, именно через эту величину лучшим образом осознается взаимообусловленность всех трех типов физических законов, составляющих грани единого целого.

**В** связи с обобщенными законами встает острый вопрос, который относится сейчас к разряду неразрешимых научных проблем. При всем при том уйти от хотя бы краткого его обсуждения мы не вправе. Вопрос в следующем. Физический мир судя по всем признакам дискретен в любых своих проявлениях; теоретическое отражение этого – квантованность физических величин. Но почему одни величины, например энтропия, действие, электрический заряд, квантованы по целочисленному закону, а относительно других величин, таких как масса, длина, время, нет никакой ясности? Строго говоря, конечность множества допустимых значений, например массы, другими словами дискретность спектра масс – всего лишь научная гипотеза. Весьма правдоподобная, сомнений практически не вызывающая, но всё-таки гипотеза, ни одним бесспорным эмпирическим фактом не подкрепленная. И мы не стали бы возвращаться к теме, если бы не некоторые соображения, внушенные содержанием последних разделов. Обобщенные законы не любят исключений, всякий такой закон, если только он не ошибочен, стремится распространить свое действие на максимально широкую область физической реальности. Почему, спрашивается, одна кодовая переменная – энтропия (или скажем действие), для которой отношение экстремальных значений выражается магическим числом $N_U$, квантована по целочисленному закону, а другая кодовая переменная – масса (или длина, время и т.д) с точно таким же отношением экстремумов не должна подчиняться этому закону? Наивный быть может вопрос, но он сам собой напрашивается. В конце концов если отношение максимального значения к минимальному выражается целым числом (точнее числом $N_U^n$, где $n$ для некоторых величин рациональная дробь), можно по крайней мере предположить, что целым числом выражается и отношение любого другого допустимого значения данной величины к минимальному. Ответа на это *почему* у нас нет, но попытаемся подойти к проблеме несколько иначе.

**С**уществует ли какая-нибудь разделительная линия, содержательная или формальная, некий селективный принцип, позволяющий отличить целочисленно квантованную величину от неквантованной, если таковые имеются, или же квантованной по какому-то другому закону? Мы знаем, что некоторые величины квантованы по тому или иному правилу, и ничего толком не знаем о других величинах, хоть и полагаем, что непрерывность физической величины – вещь невозможная. В сущности это всё, что нам доподлинно известно. Похоже на глухой тупик, из которого физическая наука не может выбраться уже сто лет без малого – с тех пор (преимущественно с 20-ых годов прошлого столетия), когда во весь голос заговорили о дискретности пространства-времени, о необходимости его квантования, о фундаментальной длине, о хрононе и т.п. Невеселая для естествоиспытателей тема, негодная для антологии достижений физической науки, но прежде чем с ней распрощаться, еще раз посмотрим на таблицу 4.1. В ней представлены и фавориты и изгои квантово-дискретного мира. С первого же взгляда на минимальные значения величин заметен колоссальный разрыв между фаворитами и изгоями. По какому-то странному стечению обстоятельств минимальные значения именно “изгоев” – величин вроде массы, длины, времени, температуры – чудовищно малы для современного эмпирического исследования. Что это: случайность, прихоть природы или нечто большее?

**В**озможны по меньшей мере два взаимоисключающих предположения.

а) Это ничего не значащая случайность

б) Мир дискретен и все величины квантованы по одним и тем же законам, но многие минимумы физических величин численно слишком малы для их эмпирического обнаружения и обоснования

Четких критериев у нас нет, умозрительность этих предположений и сопутствующих им рассуждений очевидна. Предположение (а) интуитивно кажется менее вероятным. Эмпирическая пропасть между двумя группами величин слишком огромна, чтобы видеть здесь простую случайность. С точки зрения обобщенных законов предпочтительнее второй вариант. Если обобщенный закон отношения экстремумов универсален, насколько весомы основания полагать, что обобщенный закон сохранения, изменения и квантования действителен лишь для некоторых избранных физических величин? Считая, что достаточно веских оснований для этого нет, можно прийти к заключению, что все допустимые значения множества физических величин кратны соответствующим минимальным значениям. Исключение составляют такие квантованные по экспоненциальному закону величины как Ω. С малыми и сверхмалыми физическими числами, расположенными очень далеко за пределами доступной эмпирическому исследованию области, иметь дело крайне сложно. Нельзя забывать, что чистая теория, лишенная серьезной эмпирической базы, стоит перед угрозой самообмана, когда воображаемое или возможное выдается за реально существующее. Отношение массы легчайшей заряженной

частицы – электрона к $m_{\min}$ выражается колоссальным числом $\sim 10^{40}$, а отношение доступной исследованию длины к $l_{\min}$ – совсем чудовищным $\sim 10^{80}$, так что очевиден огромный риск, связанный с экспансией теории в столь отдаленные от экспериментальных реалий области. Тем не менее доводя до логического завершения наш в высшей степени умозрительный анализ, сформулируем четвертый по счету и значительно менее достоверный и обоснованный чем остальные

### ОБОБЩЕННЫЙ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ, ИЗМЕНЕНИЯ И КВАНТОВАНИЯ II

*Численные значения многих величин кратны их минимальным значениям*:

$$B_j = n_j B_{\min},\ n_j = 1, 2, ..., N_U \qquad (6.4)$$

Отличие от одноименного закона (6.3) в том, что речь здесь идет не о нескольких целочисленно квантуемых величинах, а о значительно более широком классе физических величин. Такое обобщение предыдущего обобщенного закона связано, конечно, с большим риском.

**В** завершение настоящей работы, главным героем которой наряду с энтропией, экстремумами различных величин и обобщенными законами оказалась константа $N_U$, остается высказать сожаление, что мы не знаем ее численного значения. Если бы удалось существенно повысить точность эмпирического значения $N_U$ возможно даже удалось бы вычислить ее точное математическое значение. Но для такого скачка надо например более точно вычислить массу Вселенной, а в ближайшем будущем рассчитывать на это едва ли приходится. Как бы то ни было, число $N_U$ пожалуй в большей мере чем любое другое может считаться чем-то вроде магического числа природы, космоса, символизирующего его единство, математическую гармонию, соразмерность.

## Литература


**Аракелян Г. Б.** Фундаментальная теория ЛМФ. Ереван, 2007

– От логических атомов к физическим законам. Ереван: “Лусабац”, 2007*a*

**Bekenstein J. D.** Phys. Rev. **D7**, 2333 (1973)

**Волькенштейн М. В.** *Энтропия и информация*. М.: Наука, 1986

**Вяльцев А. Н.** *Дискретное пространство-время*. М.: Наука, 1965

**Гейзенберг В.** *Введение в единую полевую теорию элементарных частиц*. М.: Мир, 1968

**Гинзбург В. Л.** *Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными?* В кн.: В. Л. Гинзбург. О физике и астрофизике. М.: Наука, 1985, с. 7–193

**Зубарев Д. Н.** *Энтропия*. В кн.: Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1983, с. 903–905

**Индурайн Ф.** *Квантовая хромодинамика. Введение в теорию кварков и глюонов*. М.: Мир, 1986

**Иниксон К., Зюбер Ж.-Б.** *Квантовая теория поля*, т. I. М.: Мир, 1984

**Киржниц Д. А.** *Фундаментальная длина*. В кн.: Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1983, с. 834

**Пригожин И.** *От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках*. М.: Наука, 1985

**Рейф Ф.** *Статистическая физика* (Берклеевский курс физики, т. V). М.: Наука, 1977

**Риман Б.** *О гипотезах, лежащих в основании геометрии*. В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 18–33

**Эндрю К.** *Энтропия*. Физика за рубежом, сер. Б. М.: Мир, 1986, с. 144–160