

К.А.ТОМИЛИН

Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОСТОЯННЫЕ И "ПИФАГОРЕЙСКИЕ" ПОПЫТКИ ИХ ОБОСНОВАНИЯ

1. Проблема обоснования фундаментальных постоянных как проблема физики. Что значит обосновать ту или иную физическую постоянную? Физические постоянные являются либо безразмерными (постоянная тонкой структуры, отношения масс частиц и др.), либо имеющими некоторую размерность (скорость света, постоянная Планка, гравитационная постоянная и т. д.). Численные значения *безразмерных* постоянных не зависят от систем единиц и определяются самой Природой, они должны так или иначе следовать из всеобъемлющей физической теории. Как правило, безразмерные постоянные появляются в качестве эмпирических параметров, а затем находят свое объяснение при развитии физической теории. Любая теория, которая претендует на их объяснение, должна, очевидно, основываться на меньшем количестве такого рода параметров. Полная физическая теория должна стремиться к идеалу – полному объяснению всех безразмерных постоянных. Возможно, конечно, что этот идеал окажется недостижим, например, потому что некоторые безразмерные постоянные могут оказаться чисто случайными параметрами и фиксироваться в какой-либо момент случайным образом, например, в начальный момент возникновения Вселенной. Однако в таком случае полная теория должна включать механизм реализации этой случайности (механизм "бросания кости"), т. е. при этом получают обоснование не сами конкретные значения такого рода постоянных, а принцип их появления.

Что значит обосновать *размерную* физическую постоянную? Очевидно, что обоснование всех размерных физических постоянных *за вычетом физических постоянных, число которых равно числу основных единиц измерения*, сводится к обоснованию безразмерных постоянных. В самом деле, пусть у нас имеется m размерных физических постоянных, выберем из них любой набор n физических постоянных, ни одна комбинация которых не образует какого-либо безразмерного числа, такой набор, который обеспечивает нам единицы измерения всех физических величин (в том числе и всех оставшихся $m-n$ размерных постоянных). Соотношения между этими оставшимися $m-n$ размерными физическими постоянными и соответствующими фундаментальными единицами измерения являются безразмерными постоянными. В такой естественной системе единиц эти безразмерные постоянные являются численными значениями этих постоянных, а их размерности, как и вообще размерности всех физических величин, составляют фундаментальные постоянные. Таким образом, задача обоснования $m-n$ постоянных эквивалентна обоснованию всех безразмерных соотношений между размерными физическими постоянными. А все безразмерные постоянные, как уже выше было отмечено, должны обосновываться в рамках полной теории. Например, пусть у нас есть такие постоянные размерности длины, как радиус Бора, комптоновская длина волны электрона, "классический радиус" электрона. Их обоснование должно сводиться к обоснованию безразмерных отношений между ними (в данном случае – постоянной тонкой структуры). Научное значение сохраняется также и для случая, когда задача формально формулируется как задача по определению численного значения той или иной размерной постоянной, а по сути является задачей определения безразмерных постоянных (например, иногда говорится о проблеме обоснования "спектра" масс частиц, при этом, естественно подразумевается обоснование безразмерных соотношений между массами частиц). Важным научным направлением является целенаправленный анализ безразмерных соотношений между константами с целью редукции одних физических констант к другим более фундаментальным (редукционистская программа). Это направление оказывается

достаточно эффективным для развития физической теории (редукция постоянной Ридберга к атомным постоянным и др.), однако при неправильном анализе размерностей это направление не приводит к успеху (например, попытки сведения постоянной h к постоянным c и e и наоборот, см. [1]). Каким образом, получают свое обоснование те самые n постоянных, число которых необходимо и достаточно для эталонирования всех физических величин? Отметим, что эти постоянные можно рассматривать как наиболее фундаментальные постоянные (или просто как фундаментальные постоянные). Число n , очевидно, равно числу основных единиц измерения. Это равенство следует понимать так: в Природе существуют абсолютные меры, которые формализуются в виде наиболее фундаментальных постоянных, и эти меры составляют предпочтительную естественную систему единиц. При таком понимании число основных единиц является фундаментальным, а не конвенциональным фактором, в противном случае мы вынуждены были бы признать конвенциональность числа фундаментальных постоянных.

Поясним принципы обоснования физических постоянных в рамках полной теории с помощью схемы:

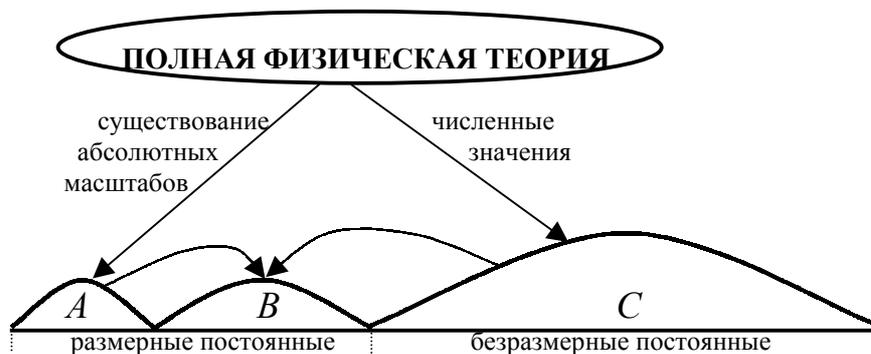


Схема. 1. Обоснование физических констант в рамках полной теории

A – фундаментальные размерные постоянные, число которых n необходимо и достаточно для полного эталонирования всех физических величин

B – все оставшиеся размерные физические постоянные

C – все безразмерные постоянные

Мы не будем здесь обсуждать каково должно быть число n . Ряд ученых полагает, что $n=3$, т. е. что необходимо и достаточно трех основных единиц для эталонирования всех физических величин. На самом деле это так только для

механики, а для эталонирования электромагнитных и термодинамических величин необходимо *выбирать* или две дополнительные основные единицы или два коэффициента (т. е. две размерные постоянные) в законах равными точно 1 или каким-либо математическим постоянным. Отметим лишь, что к классу наиболее фундаментальных постоянных, по общему мнению, относятся такие постоянные как скорость света c и постоянная Планка \hbar . Относительно статуса других постоянных не существует единого мнения. Этим двум постоянным *недостаточно* для построения полной системы единиц, необходима как минимум еще одна постоянная, не являющаяся комбинацией постоянных c и \hbar .

Обоснование этих n наиболее фундаментальных постоянных связано с обоснованием существования в Природе, а, следовательно, и в физической картине мира, *абсолютных масштабов*. Эти абсолютные масштабы и проявляются в виде основного свойства фундаментальных постоянных как абсолютных мер. Обоснование остальных $(m-n)$ размерных постоянных сводится, как уже отмечалось, с учетом существования n абсолютных масштабов к обоснованию безразмерных постоянных.

Следовательно, в отличие от безразмерных постоянных обоснование *численных значений* размерных постоянных лишено физического смысла (впрочем, есть одно но, на котором мы остановимся в заключении). Численные значения n фундаментальных постоянных *выбираются* произвольно, а численные значения оставшихся $(m-n)$ размерных постоянных автоматически получаются при обосновании всех безразмерных постоянных.

При выборе произвольных мер у всех m размерных постоянных появляются некие численные значения. Они не имеют никакой абсолютной ценности сами по себе *без своих размерностей*. Например, значение скорости света $c=299792458$ м/с. Что выражает собой число 299792458? Несет ли оно некий абсолютный смысл? Очевидно, что нет: это число выражает лишь то, что человек *выбрал* единицу скорости как $1/299792458$ от скорости света. Если завтра человечество решит по каким-либо причинам отказаться от принятых ныне единиц, например, от метра или

секунды и перейти, скажем, к футам, то и численные значения размерных постоянных, в размерности которых входили метр и секунда, соответствующим образом изменятся. Например, значение скорости света станет $c=983571056$ фут/с. Число 983571056 будет выражать лишь то, что единицу скорости мы выбрали как $1/983571056$ от скорости света. Наконец, мы можем и саму скорость света прямо выбрать в качестве меры скорости. При этом какие-либо числа типа 299792458 вообще будут отсутствовать в физике. Следовательно, физически "обосновать" значение 299792458 нельзя — по сути дела это означало бы обоснование как фундаментальных тех единиц измерения — метра, секунды, килограмма, которые мы сегодня применяем. Это достаточно очевидные вещи и большинство физиков даже не обсуждает этот вопрос. Среди тех ученых, кто высказывался по этой проблеме был М.П.Бронштейн. В своей статье "К вопросу о возможной теории мира, как целого" (1933, 1934) Бронштейн, в частности, писал: "Задачей теории является отыскание ответа на все вопросы, имеющие смысл. Если нас спрашивают о том, почему масса электрона равна $9 \cdot 10^{-28}$ г, а не какому-нибудь иному числу грамм, то мы не можем признать этот вопрос, имеющим смысл, так как грамм есть совершенно условная единица массы. Если бы все электроны в мире чудесным образом изменили (например, удвоили) свою массу, причем все прочее в мире изменилось бы так, что константы, лишенные размерности, сохранили свои прежние значения (например, удвоилась бы и масса протона, так что отношение массы протона к массе электрона осталось бы прежним), то мы попросту не могли бы заметить этого "чуда", и, что всего курьезнее, масса электрона по-прежнему равнялась бы той же самой доле массы гирьки в один грамм, так как гирька ведь тоже состоит из электронов и протонов, а следовательно ее масса тоже удвоилась бы. Отсюда видно, что вопрос о значениях мировых постоянных, имеющих размерность, лишен физического смысла, и если теория объяснит константы, лишенные размерности, то этим ее задача будет в принципе выполнена, так как лишь от значений этих констант зависит то, почему окружающий нас внешний мир

выглядит так-то, а не иначе" [2. С.26]. В 1934-35 гг. М.П.Бронштейн еще дважды воспроизводил эту мысль, в том числе в своей книге "Строение вещества" (1935).

Итак, как мы выше установили, проблема теоретического определения численных значений фундаментальных размерных постоянных не существует. Позвольте, скажет читатель, но как же быть с проблемой их *измерения* – ведь эта проблема в течение последних полутора столетий являлась одной из наиболее важных задач экспериментальной физики? За ее решение даже давали Нобелевскую премию, например, А.Майкельсону! А если есть проблема экспериментального определения, то должна быть и проблема теоретического определения! Действительно, измерение фундаментальных постоянных, особенно, скорости света сыграло важную роль в развитии физики. Однако, в чем суть процесса измерения? Суть этого процесса заключается в экспериментальном определении соотношения между измеряемыми величинами и выбранными эталонами. Поэтому, на самом деле, как сейчас очевидно, при так называемом измерении наиболее фундаментальных постоянных, таких как скорость света c , постоянная Планка h , это означало измерение физических постоянных, являющихся, как оказалось, абсолютными масштабами Природы, заведомо менее точными практическими эталонами. С началом развития квантовой метрологии термин "измерение фундаментальных постоянных" утрачивает свой смысл. Например, после принятия значения скорости света 299792458 м/с как точного, формулировка "измерение скорости света" уже становится некорректным, ибо что *другое* можно получить при таком измерении, как не 299792458 м/с? При этом любой такой опыт будет не чем иным, как процессом экспериментального установления практической единицы скорости, а также длины (длина с 1983 г. определяется как световой отрезок). Таким образом, с развитием квантовой метрологии проблема "измерения фундаментальных постоянных" превращается в экспериментальную проблему эталонирования практических единиц измерения через более фундаментальные масштабы.

Объяснение значений безразмерных постоянных, действительно, является важной проблемой физики. Ее решение возможно двумя способами. Дедуктивный

путь заключается в поиске принципов объединения физического знания и создания более общих физических теорий. В этом случае безразмерные постоянные должны получаться в качестве побочного результата этих общих теорий и, следовательно, являться проверочным фактором правильности этих теорий. Наиболее известные попытки такого рода — нелинейная электродинамика Борна-Инфельда (1930-е гг.) и нелинейная квантовая теория поля Гейзенберга (1950-е гг.), претендовавшие, в частности, на объяснение постоянной тонкой структуры. То, что выведенные в их рамках значения постоянной тонкой структуры, соответственно, $1/80$ и $1/120$ существенно отличались от $1/137$, как раз говорило именно в пользу этих теорий, так как отражало рационально-дедуктивный характер построения этих теорий — путь от теоретических принципов к проверке на практике следствий из этих теорий.

Второй путь — индуктивный, основан на поиске неких эмпирических формул, описывающих наблюдаемые явления. Однако силу законов природы такие формулы принимают только в случае нахождения способа их теоретического обоснования. Именно таким образом удалось обосновать частоты спектральных линий в начале XX в. — сначала Бальмер в 1885 г. предложил эмпирическую формулу, описывающую определенную серию атома водорода, а затем Н.Бору в 1913 г. удалось обосновать эту формулу Бальмера, а также размерную постоянную Ридберга, как предельную частоту, в рамках его модели атома; позже все спектральные линии нашли еще более глубокое обоснование в квантово-механическом описании. Благоприятную роль здесь сыграл целочисленный характер основных соотношений. В описании же "спектра" масс элементарных частиц до сих пор не удалось достичь столь внушительного успеха. Обнаружение некой эмпирической формулы может подсказать правильный путь, однако этого может и не случиться — например, в астрономии известен эмпирический закон Тициуса-Боде, хорошо описывающий расстояния планетных орбит, но не одно столетие он остается теоретически необъясненным.

В XX в. появилась целая серия работ, авторы которых пытаются сначала отыскать эмпирические формулы для безразмерных постоянных — постоянной

тонкой структуры, отношения масс протона и электрона и др., а затем так или иначе их "обосновать". Однако такой путь, как правило, не приносит научный успех — спустя некоторое время, после очередного уточнения значений безразмерных физических постоянных, ранее "обоснованные" формулы оказываются неточными и авторам приходится "обосновывать" некие корректирующие множители. Трудность однако здесь заключается в том, что авторы, получив индуктивным способом свои эмпирические формулы представляют их как следствие неких разработанных ими дедуктивных теорий. Это одно из следствий эпистемологической установки, которая, в частности, была выражена А.Зоммерфельдом по отношению к квантовой теории уровня 1924 г.: "Каждая фундаментальная физическая теория должна в конечном счете быть дедуктивной" [3. С.11]. Этически более честная позиция тех авторов, которые "открыв" некоторые эмпирические формулы, четко указывают способ их получения, не пытаясь ввести в заблуждение читателя об их мнимом дедуктивном происхождении.

2. Генезис пифагореистской программы обоснования значений ф.ф.п.

Наиболее яркой среди умозрительных теорий, претендовавших на объяснение значений физических постоянных, была инициированная в 1928 г. английским астрофизиком А.Эддингтоном программа своеобразной арифметизации физики, построенная на представлении о целочисленности основных физических параметров мира. Методологическая обоснованность этой программы была связана с *принципом простоты*. Эта программа оказалась удивительно продуктивной в конце XIX в. для химии (заряд, валентность), а в начале XX в. и для физики (квантовые числа). В области оснований математики развивалась, наряду с другими программами (теоретико-функциональной программой К.Вейерштрасса и теоретико-множественной Г.Кантора) программа Л.Кронекера арифметизации математики — сведения всех математических теорий к арифметике, теории целых чисел. Широкую известность получил афоризм Кронекера: "Бог создал целые числа, все остальное —

творение человека" [4, т.3, с.98]. В конце 1910-х гг. прогресс в развитии атомной теории был достигнут выдвижением квантовых постулатов и введением квантовых чисел — магнитного, орбитального и др., смысл которых был тогда еще не ясен. В продуктивности этой своеобразной программы "арифметизации физики" А.Зоммерфельд увидел возрождение духа кеплеровских и пифагорейских идей. В 1919 г. в предисловии к первому изданию своей фундаментальной книги "Атомы и спектры" Зоммерфельд писал: "То, что мы слышим сегодня на языке спектров, и есть подлинная музыка сфер атомов, созвучие целочисленных отношений, одно из многих проявлений все возрастающего порядка и гармонии. <...> Все целочисленные закономерности спектральных линий и атомистики берут свое начало в конечном счете из квантовой теории. Она есть тот таинственный орган, на котором природа исполняет музыку спектров, и ее ритму подчиняется строение атома и ядра" [5] (цит. по [6. С.225]).

В докладе 15 июля 1925 г. на открытом заседании Баварской академии наук А.Зоммерфельд охарактеризовал целые квантовые числа "как возрождение мистической веры пифагорейцев в гармонию сфер, определяемых целыми числами" и связал начало математической физики с теорией колеблющейся струны, построенной Пифагором на основе целых чисел (см. [7. С.112]).

3 ноября 1925 г. в докладе "Значение рентгеновских лучей для современного познания природы", прочитанном в Киле по программе недели науки и искусства, Зоммерфельд отметил "удивительный поворот к арифметическому, целочисленному, которое совершила современная физика" [8. С.85]. Зоммерфельд вновь вспомнил Кеплера в связи с развитием квантовой теории: "Вот Кеплеру бы дожить до современной квантовой теории! Он увидел бы осуществленной свою самую смелую юношескую мечту, но не в макрокосмосе небесных тел, а в микрокосмосе атома" [Там же. С.86]. Оказавшись продуктивной на начальном этапе, эта программа арифметизации физики ведет, как точно уловил Зоммерфельд дух того времени, к возрождению пифагореизма в физике: "Рука об руку с этим поворотом к арифметическому возникло известное влечение современной физики к

пифагорейской мистике чисел. Как раз исследователи, наиболее плодотворно работавшие в теоретической спектроскопии — Бальмер, Ридберг, Ритц, — были ясно выраженными приверженцами мистики чисел. Сознательно или бессознательно они в основу своих исследований ставили требование, чтобы закономерности для частот в спектре были столь гармоничны, столь эстетически просты, сколь это совместимо с экспериментальными данными; полученные результаты оправдали их исходную точку зрения. Управляемые целыми квантовыми числами спектральные серии фактически по смыслу являются обобщениями древнего трезвучия лиры, из которого пифагорейцы еще 2500 лет назад выводили гармонию явлений в природе, а наши кванты действительно напоминают о той роли, которую, по-видимому играли целые числа у пифагорейцев, причем не в качестве некоего атрибута, а как сама суть физических явлений" [Там же. С.86]. Однако уже в следующем — 1926 г. непонятные квантовые числа удалось интерпретировать как собственные значения уравнения Шредингера, тем самым дав твердое физическое обоснование ("здоровую основу", как выразился А.Зоммерфельд позже [7. С.112]) квантовым числам в рамках новой физической теории — волновой механики. Однако даже в способе объяснения квантовых чисел А.Зоммерфельд увидел аналогию с физическим объяснением музыкальных закономерностей пифагорейцев: "Квантовые числа появляются теперь совершенно таким же способом, как и целые числа при колебании струны, т. е. как следствие граничных условий" [Там же. С.112].

Рождение в 1928 г. умозрительной теории Эддингтона, основанной на идее целочисленности физических постоянных, было прямым развитием программы, оказавшейся достаточно продуктивной в предыдущий период развития науки. Возрождение пифагорейского духа в физике сформировало благоприятный "внутринаучный климат" для "произрастания" этой экзотической программы. С другой стороны, самой сути этой программы был благоприятен не только внутринаучный, но и "социокультурный климат" в 20-е – 30-е гг. в Европе,

связанный со стремлением к абсолютному порядку, достигаемому любой ценой на основе упрощения социальных отношений.

3. Теория Эддингтона. Теория Эддингтона началась с попытки объяснения постоянной тонкой структуры $\alpha = 1/137,0359895... \approx 1/137$ (современное значение), введенной в физику в 1916 г. А.Зоммерфельдом и являвшейся эмпирическим параметром физической теории (такая ситуация сохраняется и сейчас). Еще до Эддингтона было сделано несколько попыток обосновать постоянную Планка h путем ее редукции к отношению e^2/c (Дж.Джинс, Г.Н.Льюис и Э.Адамс) [9], [10]. С точки зрения современного знания это означало фактически предложение ими формул для постоянной тонкой структуры. Из формулы Джинса следовало, что постоянная тонкой структуры $\alpha^{-1} = (4\pi)^2 = 157,91367$, а формула Льюиса-Адамса давала существенно более точный результат для того времени: $\alpha^{-1} = \frac{16\pi^3}{\sqrt[3]{15\pi}} = 137,34807$ (о других таких попытках см. [1]).

В 1920-е гг. численное значение этой постоянной было известно еще недостаточно точно. Измерения показывали, что постоянная Зоммерфельда α^{-1} (так иногда называют постоянную, обратную постоянной тонкой структуры) близка к целому числу 136. В этот период некоторые физики, основываясь на *принципе простоты* законов природы, полагали, что это число действительно *может быть* целочисленным. К их числу относились А.Эддингтон, А.Зоммерфельд и др.

В декабре 1928 г. А.Эддингтон в "Proceedings of Royal Society" опубликовал статью, в которой представил уравнение Дирака для движения электрона на основе 16-мерной геометрии [11]. В основе эддингтоновского подхода лежала интерпретация 4-х мерных матриц Дирака как 16-мерных векторов. В результате, как отметил М.П.Бронштейн, "получилась весьма стройная система геометрических отношений", а уравнение Дирака предстало в "весьма изящной и симметричной форме" [12. С.10-11]. Эта новая форма уравнения Дирака позволила Эддингтону

обобщить его на случай движения двух электронов. При этом Эддингтон наложил дополнительное требование принципа запрета Паули. Оказалось, что для двух покоящихся электронов справедлив закон Кулона, в котором вместо квадрата заряда стояло отношение $1/136 \cdot hc/2\pi$, что Эддингтон интерпретировал как редукцию элементарного заряда к постоянным h и c , и обоснование целочисленности значения постоянной тонкой структуры [13]. Число 136 соответствовало числу независимых элементов симметричной матрицы 16×16 , которое Эддингтон интерпретировал как *число степеней свободы электрона*:

$$\alpha^{-1} = \frac{n^2(n^2 + 1)}{2} = 136 \quad \text{при } n=4,$$

где число 4 соответствовало размеру матриц Дирака.

Уже в начале 1930-х гг., когда выяснилось, что постоянная Зоммерфельда не 136, а близка к 137, Эддингтон изменил свою теорию, просто прибавив еще одну степень свободы электрону. В 1940-е гг., когда стало окончательно ясно, что постоянная α^{-1} – число *нецелое*, Эддингтону пришлось еще раз корректировать свою теорию. В посмертно изданной книге "Фундаментальная теория" (1948 г.) (название принадлежало Э. Уиттекеру, подготовившему книгу к изданию) фигурировала уже следующая формула для постоянной тонкой структуры [14]:

$$\alpha^{-1} = 137 \cdot b^{1/24},$$

где b – множитель, близкий к 1, численное значение которого требовало дополнительного обоснования.

Кроме формулы для постоянной тонкой структуры Эддингтон предложил в 1930-е гг. формулы для вычисления массы протона, массы мезона (мезотрона, по терминологии того времени), магнитного момента протона и гравитационной постоянной [15], [16], [17]. Ряд своих формул Эддингтон представлял как формулы для вычисления размерных постоянных, что не вполне корректно, ибо проблемы вычисления *размерных постоянных* в физике не существует. На самом деле во всех этих формулах Эддингтона подразумевалось вычисление отношений масс,

постоянной тонкой структуры, отношения гравитационной и электромагнитной сил взаимодействия протона и т. д., т. е. безразмерных постоянных.

Отношение к теории Эддингтона было неоднозначным. С одной стороны, Эддингтон имел в 20-30-е гг. громадный авторитет как выдающийся астрофизик, открывший закон, связывающий светимость и массы звезд, разработавший теорию строения звезд, как один из первых активных сторонников общей теории относительности Эйнштейна, подтвердивший в 1919 г. экспериментально ее следствия (измерение отклонения лучей вблизи Солнца), а также как автор ряда книг по теории относительности, "исключительную ценность" которых признавал сам А.Эйнштейн, которыми восхищался А.Зоммерфельд [18. С.237], [19. С.238] и другие ученые и которые переводились на многие иностранные языки, в том числе на русский. А.Эддингтон был не только знатоком эйнштейновской теории относительности, но автором аффинной единой теории поля (1921) [20]. В этом смысле выглядит странным его "измена" концепции непрерывности и переход целиком на позиции дискретной парадигмы. Артур Эддингтон был также членом многих академий наук и научных обществ, в том числе с 1923 г. — иностранным членом-корреспондентом АН СССР. С 1938 г. до своей смерти в 1944 г. он возглавлял Международный астрономический союз. Весомость заслуг Эддингтона заслоняла длительное время умозрительную шаткость его концепции.

Среди тех, кто первоначально поддерживал умозрительные идеи Эддингтона, был А.Зоммерфельд. Зоммерфельд, возможно, как никакой другой физик, наиболее близко сталкивался именно с целыми числами в спектроскопии и теории атома. Как вспоминал В.Гейзенберг, в 1920-е гг. получил распространение афоризм, рождение которого Гейзенберг связывал с именем В.Паули: "Если целые числа — иди к Зоммерфельду" [21. С.297]. О "большой популярности этого изречения среди молодых физиков" упоминал и сам В.Паули, не указывая, однако, его автора [6. С.255]. Известно лишь, что это было перефразирование распространенной в то время в Германии рекламы "Если очки — иди к Рунге". Кроме того, Зоммерфельд верил в гармонию природы, которую он видел именно в целочисленных

закономерностях, и в постижение этой гармонии: "И когда сегодня в путанице линий спектра железа мы наводим порядок, то нами руководит твердая вера в целочисленность и гармонию явлений природы. <...> Природа действительно математически закономерна, внутренне целочисленна и разумна. Человеческие ум и руки действительно в состоянии путем расчетов и экспериментов постичь не зависящие от нас реальности. В этом заключена, если хотите, доля метафизической веры" [8. С.87]. В лице Зоммерфельда идея Эддингтона попала на благодатную почву. В 1929 г. Зоммерфельд охарактеризовал идею Эддингтона, как "смелую догадку", основанную на "убедительных доводах, восходящих к Дираку". Далее он характеризует ее еще более определенно: это — "гениальная догадка" и пишет, что высказаться за идею Эддингтона его заставляют два довода: опытное подтверждение значения 136 (согласно опытам того времени — $135,9$) и "исключительная красота его предположения и удовлетворение, которое оно приносит". Таким образом основанием для признания теории Эддингтона для Зоммерфельда были 1) *ее соответствие опытным данным* и 2) *принцип красоты*. Касаясь последнего, Зоммерфельд специально оговаривается: "Пусть простят теоретика, который склонен ставить эстетический критерий на одни весы с экспериментами; но открытия последних 20 лет в области теории относительности и квантов часто показывали, что природа отдает предпочтение и математически наиболее совершенному решению, которое является и объективно верным" [22. С.20]. Далее Зоммерфельд отмечает, что "если Эддингтон прав", то это бы "открыло неслыханные перспективы в упрощении физической картины мира". Таким образом, Зоммерфельд руководствуется и *принципом простоты*.

В начале 1930-х гг. достоверно выявилось отличие обратного значения постоянной тонкой структуры от целого числа 136 . Это, в частности, отметил М.Борн в книге "Современная физика" (1933 г.), подчеркнув, что эддингтоновская теория — "теория геометрического объяснения", что было, очевидно, привлекательно с точки зрения программы геометризации физики [23. С.109]. Через два года — в 1935 г. в известной лекции "Таинственное число 137 ", переведенной на

русский язык М.П.Бронштейном, Макс Борн уже высказался определенно против спекулятивных идей Эддингтона: "Я лично никогда не мог понять эту теорию. Она мне кажется мистической" [24. С.725]. Там же он отметил, что нет никаких оснований считать α^{-1} целым числом. В этой же лекции Борн представил собственные соображения получения значения α^{-1} в рамках своей нелинейной электродинамики.

В начале 1930-х гг. эксперименты показывали существенное отличие от целого числа значения постоянной $\alpha^{-1} \approx 137,2 \div 137,3$, что свидетельствовало против теории Эддингтона. Второе дыхание теория Эддингтона получила в конце 1930-х гг., после того, как произошло уточнение значения постоянной тонкой структуры и ее обратная величина оказалась значительно ближе к целому числу 137, чем считалось до этого. В этот достаточно короткий период, когда идеи Эддингтона снова оказались в центре внимания, А.Зоммерфельд в письме к А.Эйнштейну 1937 г. вновь высказался в пользу идей Эддингтона: "Теперь смелый путь вычислений Эддингтона кажется мне наиболее обещающим из-за полученных им количественных результатов (не только постоянная тонкой структуры, но и магнитный момент протона и протон-протонное взаимодействие). Но никто не может понять этот путь" [25. С.243]. Последняя оговорка Зоммерфельда весьма примечательна — предположения, лежащие в основании эддингтоновских рассуждений носили явный спекулятивный характер. В этом же 1937 г. П.А.М.Дирак отметил, что рассуждения Эддингтона "не всегда строги", но "в случае малых чисел (обратной величины постоянной тонкой структуры hc/e^2 и отношения массы протона к массе электрона) они, видимо, представляются в основном правильными" [26]. Но для объяснения т. н. больших чисел в физике в этой же статье Дирак фактически в оппозицию идеям Эддингтона выдвинул свою знаменитую гипотезу о взаимосвязи больших чисел, что сразу объясняло их огромные порядки, так как они оказывались связанными с космологическим временем (см. [27]).

В книге "Атомная физика" (переработанное издание "Современной физики") Макс Борн, отметив привлекательность идеи Эддингтона, охарактеризовал ее как гипотезу *ad hoc*, не имеющую эвристической силы: "Идея целочисленности привлекательна, и, по-видимому, ее подтверждают позднейшие эксперименты, дающие число 137,030 ($\pm 0,016$), что очень близко к целому. Все же теория Эддингтона не смогла предсказать некоторых новых явлений (таких, как существование различных типов мезонов, эффекта Лэмба-Резерфорда и др.) и, кроме того, слишком фантастична, чтобы быть приемлемой" [28. С.196]. Г.Вейль отметил в 1949 г.: "Что бы ни думал по этому поводу [обоснования значения постоянной тонкой структуры – *Авт.*] Эддингтон, такой теории до сих пор нет" [29. С.347].

Если для западных ученых была характерна мягкая критика теории Эддингтона, учитывая его авторитет как астрофизика, то советские физики, напротив, проявляли жесткость по отношению к ней и не стеснялись в выражениях. В СССР стали стандартными обвинения Эддингтона в идеализме и "возрождении пифагорейского культа числа" [30. С.356]. Появился даже термин "эддингтоновщина", который использовали и ведущие отечественные физики. Спекулятивные идеи Эддингтона, действительно, представляли вполне заслуженный объект критики, тем самым оказывая, в период существования идеологизированного государства, услугу советским физикам, нуждавшимся в критикабельной теории, разработанной на Западе. Со спокойной совестью теорию Эддингтона критиковали, защищая теорию относительности и квантовую теорию от идеологического погрома, С.И.Вавилов, В.А.Фок, Л.Д.Ландау, И.Е.Тамм и др. Интересно, что в критике эддингтоновских идей нашли общий язык, как крупнейшие советские физики, так и советские философы, такие, как Э.Кольман [31].

При подготовке Всесоюзного совещания физиков в 1949 г. — несостоявшегося аналога сессии ВАСХНИЛ 1948 г., на котором теория относительности и квантовая механика могли разделить участь генетики, ведущие

советские физики твердо заняли позицию отстаивания этих теорий, одновременно критикуя идеи Эддингтона, Джинса и других ученых за спекулятивные построения. Именно такого рода теории и были отданы идеологическому "минотавру" как характерные образцы "физического идеализма". Так, И.Е.Тамм, заявив, что наиболее вредное влияние на науку оказывают "идеалистические направления неокантианского и неопифагорейского типа", охарактеризовал теорию Эддингтона, как "совершенно абсурдную попытку путем мистики чисел найти закономерности природы". Обоснование Эддингтоном числа частиц во Вселенной Тамм назвал "совершенно нелепым". Далее Тамм отметил, что ряд западных ученых высказывает спекулятивные идеи в духе Эддингтона: "Если эти конкретные попытки Эддингтона являются уже достоянием истории, они уже разрушены, то тем не менее существует его вредное влияние на целый ряд работ зарубежных физиков. Мне попала немецкая книга Рослина, вышедшая в 1948 г., где он берет вначале число условий, затем число предпосылок, а их сумма равна числу элементарных частиц во Вселенной. В журнале "Physical Review" появились в течение года четыре заметки американского физика Уитмера, который вскрывает мистический смысл в числе 42. <...> Такого рода чистая эддингтоновщина встречается в ряде работ и оказывает на конкретные работы наиболее вредное влияние" [32].

Несмотря на поддержку ряда крупных ученых, уже в 1930-е гг. стало ясно, что идеи Эддингтона слишком спекулятивны, чтобы претендовать на какую-либо научную значимость. Замечательно то, что уже в 1930 г., фактически через полгода после появления статьи Эддингтона "Заряд электрона", совершенно четко высветил основные проблемы эддингтоновского построения М.П.Бронштейн. "Законы природы, в формулировке которых участвуют целые числа, обладают совершенно особым характером: если они не абсолютно точны, то они теряют всякую ценность, — подчеркнул Бронштейн. — Молекула воды не может состоять приблизительно из двух водородных и одного кислородного атома: точнее говоря, если мы признаем соотношения, которые привели к отношению 2 : 1 для числа водородных и кислородных атомов в воде лишь приближенно, а не абсолютно верными, то наше

представление о химической природе воды придется изменить не приближенно, а совершенно радикальным образом. То же относится и к работе Эддингтона: или дробь $hc/2\pi e^2$ действительно может быть абсолютно точно сконструирована из целых чисел, или указанная им сверкающая звезда физической истины окажется обманчивым болотным огоньком, а все его теоретическое построение — нелепым пифагорейским бредом. Погоня за целыми числами опасна еще и в том отношении, что они дают поймать себя даже и там, где их в действительности нет" [12. С.15]. Дальнейший прогресс физики отодвинул теорию Эддингтона из области передовой физики в область истории экзотических физических идей. Явной неточностью является утверждение Ю.Храмова, что Эддингтон — "первый теоретически определил постоянную тонкой структуры" [33. С.307]. Речь может идти лишь о том, что Эддингтон *пытался* теоретически обосновать значение постоянной тонкой структуры и других физических постоянных, основываясь на некоторых спекулятивных предположениях. Отличие "обоснованных" им значений от современных экспериментальных данных наглядно показывает несостоятельность его теории.

После уточнения значения постоянной тонкой структуры, открытия множества других частиц, теория Эддингтона была окончательно осознана как псевдонаучная, что нанесло серьезный ущерб авторитету крупнейшего английского астрофизика. Его книги перестали переиздаваться. К сожалению, в тени его спекулятивной теории остались его блестящие книги по теории относительности и оригинальная философская концепция селективного субъективизма (см. [34]).

4. Другие пифагореистские гипотезы. После публикации Эддингтона, как отмечает М.П.Бронштейн, "точно прорвался какой-то мешок, и из него посыпались различные соотношения между универсальными физическими постоянными, причем в этих соотношениях играют роль целые числа" [12. С.14]. Бронштейн приводит несколько примеров и характеризует их как "сплошную каббалистику".

Так, Э.Э.Уитмер опубликовал в 1929 г. в "Nature" статью [35], в которой предположил, что отношение масс протона и электрона $M/m=(43)^2=1849$, где число $43=1^2+2^2+2^2+3^2+3^2+4^2$. Числа же $1^2, 2^2, 2^2, 3^2, 3^2, 4^2$ интересны тем, что, если их удвоить, то получится ряд чисел 2, 8, 8, 18, 18, 32, т.е. числа химических элементов в периодах периодической системы элементов Менделеева.

В 1929 г. Р.Фюрт предложил формулу для безразмерного соотношения, характеризующего силу гравитации: $\frac{hc}{G(M+m)^2} = \pi \cdot 16^{32} = 1,069 \cdot 10^{39}$ [36]. Это число

соответствовало экспериментальному значению того времени в пределах точности эксперимента $(1,066 \pm 0,03) \cdot 10^{39}$ и не соответствует современному

экспериментальному значению $(1,0630 \pm 0,0001) \cdot 10^{39}$. Большой интерес, по мнению Бронштейна, представляла попытка Р.Фюрта уже "без всякой помощи арифметической мистики" вывести формулу, связывающую отношение масс

протона и электрона и постоянную тонкой структуры: $M/m = \frac{32hc}{15e^2} - 2 = \frac{64\pi}{15\alpha} - 2$.

Согласно современным данным правая часть равна 1834,848, в то время как левая

1836,1528. Таким образом, укороченная формула $M/m = \frac{64\pi}{15\alpha}$ оказалась даже ближе к

реальности, чем обоснованная Фюртом.

Две другие наиболее известные спекулятивные теории, в рамках которых обосновывались значения фундаментальных постоянных — теории Р.О. ди Бартини [37, 38] и И.Л.Герловина [39], [40]. Оба этих ученых представили таблицы физических постоянных, как безразмерных, так и размерных, как *вычисленные* ими в рамках их теорий. Такая форма представления является псевдонаучной, поскольку проблемы вычисления численных значений *размерных* постоянных в физике не существует, так как они зависят от выбора единиц измерения. Как уже выше отмечалось, в физике существует проблема теоретического обоснования численных значений *безразмерных* постоянных — постоянной тонкой структуры, отношений масс и т.д.

Работа талантливого авиаконструктора Р.О. ди Бартини "Некоторые соотношения между физическими константами" была опубликована в 1965 г. в "Докладах Академии Наук" по представлению академика Бруно Понтекорво [37]. В ней он представил таблицу 14-ти физических постоянных, значения которых вычислялись по предложенным им соотношениям. В последующей работе "Соотношения между физическими величинами" [38] он расширил таблицу до 21 постоянной (с учетом всем известных соотношений между константами, число независимых постоянных осталось прежним).

По мнению Бартини "между фундаментальными физическими величинами [очевидно, он имеет ввиду физические постоянные – *Авт.*] не установлена аналитическая связь и эти величины определены только экспериментально, так как не существует теории, могущей дать способ их теоретического определения". Бартини претендует на открытие этой таинственной "аналитической связи между основными физическими константами". На самом деле, как уже указывалось, проблемы получения значений размерных постоянных в физике не существует. Есть только проблема получения значений безразмерных постоянных.

В первой части своей работы Бартини обосновывает 6-мерное пространство (3+3) — с тремя пространственно- и тремя времениподобными координатами, основываясь на анализе некоторой функции распределения частот спектра случайных переходов между конфигурациями различного числа измерений. Два параметра некоего шестимерного тора (опять геометрия!) становятся для Бартини базовыми для вычисления двух основных безразмерных постоянных — постоянной тонкой структуры и отношения масс протона и электрона.

Отметим, что красивая формула, фактически фигурирующая у Бартини $\alpha^{-1} = \frac{1}{8} e^7 = 137,079145$, даже в то время лишь приближенно соответствовала экспериментальному значению постоянной тонкой структуры $\alpha^{-1} = 137,03743$. Поэтому Бартини пришлось "обосновывать" введение корректирующего множителя в эту формулу. Окончательно предложенные им формулы для постоянной тонкой

структуры и отношения массы "нуклона" к массе электрона:

$$\alpha^{-1} = \frac{1}{8} e^{6,999696} = 137,0374910 \text{ и } n/m = \frac{64\pi}{15\alpha} = 1836,868.$$

Ныне ему пришлось бы, очевидно, подкорректировать сами "корректирующие" множители. Последняя формула напоминает вышеуказанную формулу Р.Фюрта, с заменой массы протона на массу "нуклона". Что подразумевает Бартини под "нуклоном" не ясно, так как этим термином обычно называют и протон и нейтрон, он лишь указывает, что "масса протона равна 0,999695 нуклонной массы".

Другой физик — И.Л.Герловин в своей монографии "Основы единой теории всех взаимодействий в веществе" (1990 г.) также теоретически "получает" значения 38-ми физических постоянных, в том числе и размерных (немалую часть из них он вводит сам). Вот как он обосновывает возможность вычисления размерных постоянных: "В отличие от всего того, что ранее представлялось о будущей возможности теоретического определения мировых констант, разработки, выполненные нами в ТФП [теории фундаментального поля — *Авт.*], открыли уникальную возможность вычисления *всех мировых констант* как безразмерных, так и, что выглядит парадоксально, размерных констант из *безразмерных постоянных*, найденных в теории [это выглядит не парадоксально, а псевдонаучно — *Авт.*]. Эта последняя возможность связана с тем, что всем, без исключения, мировым постоянным, имеющим в трехмерном пространстве привычные размерности, соответствует в линейном пространстве величина, имеющая однозначную размерность (например, только длину, или только время, или только массу), а в точечном-нульмерном пространстве всем мировым константам с любой размерностью однозначно соответствует определенная безразмерная величина (как правило, эта величина для фундаментальных констант равна единице). Поэтому, определив, скажем, для константы гравитации безразмерное значение ее в нульмерном пространстве, находим значение этой константы в линейном пространстве в см^2 , или с^2 , или г, а затем и численное значение этой размерной

константы в трехмерном пространстве, где она в принятой нами системе единиц имеет размерность $\text{см}^3/\text{г}\cdot\text{с}^2$ [40. С.205]. Суть выраженного здесь Герловиным процесса заключается в обычном использовании естественной системы единиц (в данном случае — планковской) и переходе от нее к общепринятой. Как отмечалось выше, численные значения каких бы то ни было размерных постоянных нельзя получить теоретически, ибо это означало бы доказательство фундаментальности таких единиц как грамм или сантиметр.

На самом деле Герловин также, как и Бартини, получает в рамках своей "теории" лишь безразмерные постоянные, оба используют в своей работе различные модификации планковской cGh - системы единиц. Для перехода к обычным единицам СГС им, естественно приходится использовать планковские величины — длину, время и массу. Этот вполне обычный процесс перехода от планковской системы единиц к практической системе СГС, представляется ими как процесс *вычисления* размерных постоянных.

Хотя книга И.Л.Герловина написана в 1989 г., он совершенно игнорирует фундаментальный шаг метрологии в сторону квантовой метрологии, сделанный в 1983 г., когда значение скорости света 299792458 м/с было принято *точным* (могли выбрать и любое другое значение). В своей книге Герловин "получает" значение скорости света $2,997574555\cdot 10^{10}$ см/с. Интересно, что Герловин сказал бы о "получении" значения скорости света, если бы оно было принято равным точно 1 или 300000000 м/с? Еще раз отметим, что проблемы получения численных значений размерных постоянных в физике не существует и если какие-то авторы считают иначе, то это — лишь проблема их психологии.

Отметим, что хотя и Бартини и Герловин на самом деле вовсе и не получают значения размерных физических постоянных, но, представляя в такой *псевдонаучной форме* свои статьи, они формулируют и пытаются достичь мнимую цель получения значений размерных постоянных.

Что касается обоснования ими безразмерных постоянных, то способ их получения достаточно туманен (в основном — это чисто математические

спекуляции: у Бартини это геометрические параметры 6-мерного тора, у Герловина геометрические параметры трех вложенных друг в друга геометрических структур). Как и в теории Эддингтона и др., представленные ими "вычисленные" значения физических постоянных соответствовали экспериментальным данным того времени, но отличаются от современных значений, существенно выходя за пределы доверительных интервалов.

Если Бартини и Герловин представили свои соображения в псевдонаучной форме "определения размерных констант", то некоторые другие ученые вообще отбрасывали размерности постоянных и анализировали и пытались обосновать сами численные значения *без их размерности*, что псевдонаучно уже и по содержанию. Например, А.И.Заказчиков придумал формулы для численных значений постоянных (в системе СГС) в виде математических комбинаций постоянных математических постоянных π и e , а также постоянной тонкой структуры α . Например, для скорости света он представил формулу $(\frac{16}{3}\pi^2\alpha^{-9})^{1/2} \text{ см/с}$ [41. С.220]. Естественно, что "обосновать" какие-либо численные значения размерных постоянных по отдельности без их размерности абсолютно псевдонаучно – это означало бы одновременное обоснование практических мер как фундаментальных. Пикантность ситуации для скорости света заключается еще и в том, что определенное практическое значение с 1983 г. *выбрано как точное*. Это означает, что то число, которое Заказчиков пытается "обосновать" как фундаментальное, мы на самом деле выбираем по соглашению.

Также пытался обосновать значения размерных фундаментальных постоянных американский физик Р.Фриден [42]. Рассмотрев обычный список фундаментальных постоянных, отбросив их размерности и взяв от их численных значений десятичный логарифм, Фриден получает 15 чисел, распределение которых близко к равномерному (по критерию χ^2 — 0,75). Фриден выдвигает гипотезу, что порядки численных значений фундаментальных постоянных распределены равномерно и, следовательно, сами значения фундаментальных постоянных распределены по

закону $1/x$. Полученное распределение, как утверждает Фриден, не зависит от применяемой системы единиц, поэтому он характеризует закон $1/x$ как вероятностный закон для фундаментальных констант. Конкретные же значения фундаментальных постоянных устанавливаются в соответствии с этим вероятностным законом в момент Большого Взрыва.

Против гипотезы Фридена можно выдвинуть ряд серьезных возражений. Во-первых, в анализируемом им списке "фундаментальных констант" присутствуют такие физические постоянные, как точка плавления льда, давление стандартной атмосферы и объем 1 моля газа, которые относятся скорее к особенностям Земли, чем к основам мироздания. Во-вторых, большую часть из рассматриваемых им постоянных связывают всем известные соотношения и, следовательно, они не являются независимыми; в силу этого критерий χ^2 — критерий оценки распределения *независимых* величин, в данной задаче вообще неприменим. Если же отбросить все комбинации фундаментальных постоянных и оставить только независимые друг от друга, то оставшихся окажется слишком мало для анализа их вероятностного распределения. В-третьих, несмотря на утверждение автора, что распределение численных значений постоянных не зависит от системы единиц, позволим себе усомниться в этом. Мы можем выбрать такую систему единиц, в которой все основные постоянные, например, скорость света c , постоянная Планка h , масса электрона m_e , заряд электрона e , постоянная Больцмана k равны единице. Понятие количества вещества (моля) также можно выбрать произвольно. При таком выборе единиц измерения распределение численных значений указанных Фриденем физических постоянных будет совершенно отлично от равномерного — большинство постоянных будут или равны 1 или порядка 1, значения же нескольких постоянных, в том числе гравитационной постоянной G , будет отличаться от них на 40 порядков! На самом деле физический смысл имеет анализ распределения *безразмерных* постоянных, причем *одного рода*, например, масс частиц.

Не касаясь всех формул, которые предлагались для "вычисления" значений фундаментальных констант, приведем лишь те, которые имеют эстетическую

привлекательность. Так, красивая формула была предложена И.Л.Герловиным и В.А.Кратом для "вычисления" гравитационной постоянной [43, 44]. В более корректном виде безразмерного отношения между силами гравитационного и электромагнитного взаимодействия двух протонов, она выглядит следующим образом:

$$\frac{Gm_p^2}{e^2} = \frac{9}{2} \left(\frac{\lambda_p^2 R_\infty^2}{2\pi} \right)^2 = \frac{9}{32\pi^2} \left(\frac{\alpha^2}{4\pi\gamma} \right)^4 = 8,0842740 \cdot 10^{-37}$$

где α — постоянная тонкой структуры, а $\gamma = m_p/m_e$ (точность этой формулы — 0,1%).

Для отношения масс протона и электрона сразу несколькими авторами была предложена формула $6\pi^5 = 1836,118$ (экспериментальное значение 1836,1528) [45], [46], [47], [48].

Для постоянной тонкой структуры интерес с точки зрения красоты представляет изящная формула В.Меллена [49], дающая, кстати, среди других формул наиболее близкое к экспериментальному $\alpha^{-1} = 137,0359895$ значение этой постоянной:

$$\alpha^{-1} = \sqrt{137^2 + \pi^2} = 137,0360157$$

Отметим, что эту формулу Меллена также можно представить в следующем компактном виде:

$$\alpha^{-1} = \text{th}(\theta), \text{ где } \text{ch}(\theta) = \pi/137$$

Но как обосновать целое число 137 в этой формуле? Доживи Эддингтон до наших дней, он несомненно увидел бы в этой формуле воплощение своих идей и смог бы ее "обосновать" через формулы типа $\text{ch}(\theta) = 2\pi/(n^2(n^2+1)+2)$ при $n=4$ или $\text{ch}(\theta) = \pi/(2^7+2^3+1)$. Поразительна точность формулы Меллена — 0,00002%, однако точность, с которой ныне известна постоянная тонкой структуры по крайней мере на порядок выше.

Также в 1981 г. Г.Б.Аракеляном были предложены формулы для постоянной тонкой структуры $\alpha^{-1} = 44\pi - \arccos \frac{1}{e} = 137,036007939$ и формулы для масс некоторых частиц с точностью 5-6 знаков [50. С.146-147].

На самом деле, очевидно, можно придумать произвольное количество различных формул в виде комбинаций различных математических постоянных для получения *любого* числа с точностью 5-6-7 знаков (например, для постоянной тонкой структуры $\alpha^{-1} = 4\pi(1 + \pi^2 + \frac{1}{9\pi}) = 137,0359218$ и т. п.), однако большей точности, как правило, достичь не удастся без введения дополнительных корректирующих членов.

Наряду с попытками отыскания точных формул для безразмерных постоянных, преклонение перед численными значениями безразмерных постоянных приводит даже к тому, что некоторые "ученые" пытаются "обосновать" не сами численные значения этих постоянных, а по отдельности... цифры. Некоторые при этом ссылаются на мистический смысл чисел 1, 3 и 7. Композитор М.А.Марутаев, занимающийся поиском математического обоснования гармонии, например, опирается в качестве "обоснования" постоянной $1/137$ на ... мистические тройку, семерку и туз из "Пиковой дамы" А.С.Пушкина! Так наука превращается в искусство. Необходимо, во-первых, обосновывать число $1/137,0359895$, а не 137 . Во-вторых, обосновывать его *целиком*, а не отдельные цифры (достаточно перейти из десятичной системы в любую другую и все цифры изменятся). В статье в сборнике "Золотое сечение" Марутаев предлагает следующую формулу: $2^{5/11} = 1,370350985$ [51]. Это число, по его мнению, является мерой нарушения симметрии. Постоянная тонкой структуры получается у него из этого числа умножением на $100 = 10^2$ после того, как ему удастся "обосновать" фундаментальность десятичной системы счисления. Итак, его формула $\alpha^{-1} = 10^2 \cdot 2^{5/11} = 137,0350985$.

Д.Иглс провел в 1976 г. сравнительный анализ результатов некоторых спекулятивных теорий [52] (таблица воспроизведена также в [53. С.15]) и сделал вывод, что наиболее близки к экспериментальным результаты Аспдена [54], уточненные ими совместно [55], [56]. Отметим, что все результаты, предлагавшиеся в рамках спекулятивных теорий, попадавшие в доверительные интервалы *на момент их публикации*, ныне не попадают в доверительные интервалы современных

значений физических постоянных, в том числе и результаты по сложным формулам Аспдена, которые ему пришлось позже опять несколько корректировать [57].

В одной из лекций 1983 г. Р.Фейнман писал: "Время от времени кто-нибудь замечает, что некоторая комбинация π , e (основания натуральных логарифмов), двоек и пятерок образует таинственную константу взаимодействия. Но знали бы те, кто любит играть с арифметикой, как много чисел можно получить, комбинируя π , e и т.д. Вот и следуют сквозь всю историю современной физики одна статья за другой с выводом e [Фейнман обозначает этим символом $\sqrt{\alpha}$ – *Авт.*] с точностью до нескольких значащих цифр – и только для того, чтобы не сойтись с результатами экспериментов после новых, более тщательных измерений" [58. С.115].

Заключение. Как видим, в XX в. неоднократно предлагались разного рода спекулятивные теории, претендовавшие на обоснование численных значений физических постоянных. Каковы причины этого явления и как отличать такого рода теории от действительно научных теорий?

Корень "пифагореистской" программы обоснования численных значений физических постоянных – в новом культе числа, связанном с объективным развитием экспериментальной физики в XX в., когда каждый новый знак в численных значениях физических постоянных наглядно демонстрировал неуклонный прогресс физики. В начале XX в., когда точность измерения констант была еще недостаточна, это открывало широкие возможности для математических спекуляций, так как не составляет труда подобрать для любого числа соответствующую комбинацию из математических постоянных π , e и т. п., которые давали бы это число с точностью 5-6 знаков. Распространение нетрадиционных подходов в физике было связано с кажущимся замедлением общего прогресса физики в XX в. после бурного периода квантово-релятивистской революции из-за существенного расширения "фронта" физики (открытия новых взаимодействий, сотен элементарных частиц и т. д.). Стремление ускорить естественный процесс приводит к авангардным и подчас необоснованным попыткам "захватить плацдарм"

до подхода основных сил (попытка сначала найти формулу, а потом пытаться ее обосновать или оставить это дело другим, но претендовать на приоритет, если случайно угаданная формула окажется имеющей физический смысл).

Складывавшемуся на протяжении XX в. "культу цифр", который ярко проявился в абсолютизации численных значений и безразмерных, и даже размерных физических постоянных, способствовали несколько факторов. Во-первых, сам содержательный статус фундаментальных постоянных необоснованно переносился на *форму* их представления. А форма представления носит не физический, а конвенционально-исторический характер в связи с выбором конвенциональных мер. На самом деле, современная форма представления фундаментальных физических постоянных – это не панцирь черепахи или раковина моллюска, т. е. некий неотъемлемый элемент, без которого организм уже не может существовать, а лишь временная скорлупа, которая позволила развиваться в течение определенного исторического времени определенному содержательному понятию. В том числе ставить и успешно решать проблему *измерения* постоянных (т. е. нахождении численных значений постоянных в практических мерах). Любое изменение мер приводит к изменению формы этой скорлупы, а с развитием квантовой метрологии и переходом к фундаментальным постоянным как абсолютным мерам эта скорлупа вообще отбрасывается. Необоснованный перенос содержательного статуса фундаментальных физических постоянных на форму их представления приводит к формулированию мнимой цели физической теории – обоснования численных значений всех физических постоянных, включая размерные.

Во-вторых, абсолютизации численных значений размерных постоянных способствует существование как важной научной цели в длительный период развития физики задачи *измерения физических постоянных* в практических мерах – эта экспериментальная задача естественно *дополняется* теоретической задачей. Как уже выше отмечалось, такого рода экспериментальная задача отвечала определенному *предварительному* этапу развития метрологии, когда эталонирование физических величин на основе практических мер давало большую

точность, чем эталонирование на основе фундаментальных постоянных. С развитием квантовой метрологии задача "измерения фундаментальных постоянных" переформулируется как задача "эталонирования практических мер на основе фундаментальных постоянных как абсолютных эталонов".

Также существует явление невольной абсолютизации традиционно применяемых мер (например, выбора коэффициента в законе Кулона равным точно 1). Привычка к какой-либо одной общеупотребительной системе единиц также способствует абсолютизации численных значений размерных постоянных (это проявляется, в частности, в игнорировании размерностей физических постоянных, что было характерно для физики конца XIX – начала XX вв. и иногда встречается до сих пор).

Как уже неоднократно подчеркивалось выше, задачи определения численных значений размерных постоянных не существует. Однако, несмотря на все вышеперечисленные аргументы, в гипотетическом нахождении некоторых закономерностей, связанных именно с размерными физическими постоянными, как это не удивительно, оказывается есть некоторый научный смысл — смысл не столько физический, сколько *биофизический*. Известно, что все меры — меры длины, веса, времени — связаны с удобством человеческой практики; все общепринятые меры *соизмеримы* с параметрами *homo sapiens*. Примечательно, что все первоначальные эталоны длины прямо определялись через параметры человека: фут (от англ. *foot* – нога) — длина ступни, дюйм (от голл. *duim* – большой палец), ярд, вершок, сажень, пядь, локоть, аршин, миля (от лат. *milia* – тысяча) — тысяча двойных человеческих шагов и т.д. Таким образом, практические меры и параметры *homo sapiens равны с точностью до порядка*. Это означает, что нахождение неких гипотетических закономерностей, определяющих соотношения между мировыми постоянными и практическими единицами измерения (с точностью до порядка), на самом деле означало бы установление закономерности между параметрами

Вселенной и параметрами высокоорганизованной органической материи, что теоретически не только возможно, но и весьма вероятно (см. [59]).

Как же отличать разного рода спекулятивные конструкции от действительно научных теорий? В свое время Ф.Бэкон разделял идеи на "светоносные" (теоретически ценные) и "плодоносные" (практически полезные). Очевидно, что любая научная теория, опирающаяся на систему идей, должна быть и "светоносной" и "плодоносной". Прежде всего исходные принципы должны быть ясными, а путь от начальных принципов к проверяемым следствиям должен быть логически безупречен. История физики показывает, что даже если научная теория оказывается (или кажется) неверной, но если она опирается на ясные и понятные принципы, она продолжает "жить" и рано или поздно получает "новое дыхание" (такой путь в XX в. проделали, например, многомерные теории Т.Калуцы и О.Клейна). К "светоносным" следует отнести прежде всего те идеи, которые приводят к уменьшению числа априорных элементов физической картины мира. Принятие такого рода идей приводит ко все большему единству физической картины мира, что проявляется, в частности, в объединении различных теорий (оптика и электродинамика, электромагнитное и слабое взаимодействия и т. д.) и в объяснении исходя из одного принципа доселе казавшихся независимыми законов (обоснование эффектов Доплера и аберрации в специальной теории относительности и т. п.). Наконец, еще один критерий "светоносности" новой теории – принцип соответствия, сохраняющий значение предыдущей теории как ее предельного случая. Научная теория должна быть и "плодоносна", если понимать под этим эмпирическую ценность — следствия из теории должны соответствовать экспериментам, а сама теория должна иметь эвристическую силу, т. е. способность предсказывать новые явления. Еще 2 тысячелетия назад был сформулирован критерий, который, как напомнил М.Планк в заключительных словах своего доклада "Единство физической картины мира", "учит безошибочно отличать ложных пророков от истинных: "По плодам их познаете их" [60. С.50]. В этом смысле "пифагореистская" программа не оказалась ни светоносной, ни плодоносной. "Пифагореистские" теории при

"рождении" кажутся и светоносными (поскольку они опираются на такие важные методологические принципы, как принцип красоты и принцип простоты) и плодоносными (поскольку они как бы объясняют значения физических постоянных). Однако этот период продолжается в течение короткого времени. С развитием физического знания точность формул оказывается все меньшей. Это свидетельствует о том, что сами эти формулы были получены не из каких-либо физических принципов, а *подобраны* из тех значений констант, которые были известны на момент "подбора". Максимальный успех, на который может рассчитывать "пифагореистская" программа – случайно угадать какие-либо эмпирические закономерности.

Конструктивное направление в обосновании значений физических констант заключается, очевидно, в выделении *однотипных* констант (т. е. констант одного рода), затем в поиске эмпирических формул, которые бы *одновременно* давали их значения (по крайней мере, примерные для начала). Опираясь на такого рода эмпирические формулы, можно уже более определенно строить соответствующие теоретические конструкции. В качестве позитивного примера научного подхода можно привести попытки Я.Б.Зельдовича и А.Д.Сахарова обосновать спектр масс частиц: путем нахождения примерных эмпирических формул, а затем поиска их обоснования. Укажем приведенные в 1968 г. А.Д.Сахаровым примерные эмпирические формулы для масс частиц: массы мезонов $m_{\mu}=3/2$, $m_{\pi}=2$, $m_K=7$, $m_{\eta}=8$, массы барионов $m_p=13,5$, $m_n=13,5$, $m_{\Lambda}=16$, $m_{\Sigma}=17$, $m_{\Xi}=19$ (в единицах $\alpha^{-1}m_e \approx 70$ МэВ) [61. С.387].

В заключение еще раз подчеркнем характерные особенности спекулятивных конструкций, позволяющие отличать их от традиционной программы:

1. Неясность, мистицизм предпосылок (что отмечают даже сторонники этих теорий) и даже в некоторых случаях отказ от каких-либо предпосылок (позиция этически более честная, чем стремление дать туманное обоснование).

2. В силу этого теория не обладает внутренней способностью к ее развитию другими учеными.

3. Соответствие опытным данным только в течение короткого периода развития науки, сменяющееся полным несоответствием опытным данным.

4. Введение из-за этого поправочных коэффициентов (своеобразная "агония" теории).

5. Нулевая эвристика, т. е. неспособность предсказывать новые явления.

М.П.Бронштейн, закончил свою статью, посвященную анализу умозрительных построений Эддингтона словами, которые можно отнести и ко всем другим ученым, пытавшимся "вырвать тайну у природы" путем угадывания неких формул: "Снисходительному критику его исследование кажется гениальной физической теорией; критик придирчивый скажет, что никакой теории нет вовсе, а есть лишь ряд вопиющих натяжек. Вырвать у природы ее тайну несравненно труднее, чем проникнуть в сердце каменной пирамиды и найти в ней пустой и разграбленный царский саркофаг. Немногочисленная армия исследователей продвигается вперед в густом тумане; в этом тумане нельзя отличить верную тропинку к снеговым вершинам физического знания от грязного, заканчивающегося тупиком переулка. Будем же снисходительны к тем, кто "терпит крушение на океане бесконечного" [12. С.16].

ЛИТЕРАТУРА

-
1. *Томилин К.А.* К истории постоянных h и e : от попыток редукции к фундаментальному статусу // Исследования по истории физики и механики. 2001. М.: Наука, 2002. С.238-276.
 2. *Бронштейн М.П.* К вопросу о возможной теории мира как целого // Успехи астрономических наук. 1933. Сб. 3. С.3-30.
 3. *Зоммерфельд А.* Основы квантовой теории и модели атома Бора (1924) // *Зоммерфельд А.* Пути познания в физике. М.: Наука, 1973. С.8-15.
 4. Философская энциклопедия. М., 1964, т.3.
 5. *Sommerfeld A.* Atombau und Spektrallinien. Braunschweig, 1919.

-
6. Паули В. Вклад Зоммерфельда в квантовую теорию // Паули В. Физические очерки. М.: Наука, 1975. С.219-230.
 7. Зоммерфельд А. Пути познания в физике (1936) // Зоммерфельд А. Пути познания в физике. С.109-116.
 8. Зоммерфельд А. Значение рентгеновских лучей для современного познания природы (1925) // Там же. С.85-88.
 9. Jeans J.H. Bericht über den Stand der Strahlungstheorie // Phys Zeit. 1913. Bd.14. S.1297-1299.
 10. Lewis G.N., Adams E.Q. Notes on quantum theory // Phys Rev. 1914. 3. № 2. P.92-102.
 11. Eddington A.S. A symmetrical treatment of the wave equation // Proc. Roy. Soc. London (A). 1928. V.121. P.524.
 12. Бронштейн М.П. Электрон и целые числа (новые работы А.С.Эддингтона) // Человек и природа. 1930. № 2. С.8-16.
 13. Eddington A.S. The charge of an electron // Proc. Roy. Soc. London (A). 1929. V.122. P.358.
 14. Eddington A.S. Fundamental theory, Camb. Univ. Press, 1948.
 15. Eddington A.S. Relativity of protons and electrons. Camb. Univ. Press, 1936.
 16. Eddington A.S. A new derivation of the quadratic equation for the masses of the proton and electron // Proc Roy Soc (A). 1940. V.174, 956. P.16-41.
 17. Eddington A.S. The masses of the neutron and mesotron // Proc Roy Soc (A). 1940. V.174, 956. P.41-49.
 18. Зоммерфельд А. Письмо А.Эйнштейну 31 октября 1926 г. // Зоммерфельд А. Пути познания в физике. С.236-237.
 19. Эйнштейн А. Письмо А.Зоммерфельду 28 ноября 1926 г. // Там же. С.237-238.
 20. Визгин В.П. Единые теории поля в первой трети XX в. М.: Наука, 1985.
 21. Гейзенберг В. Влияние работ Зоммерфельда на современную физику (1968) // Зоммерфельд А. Пути познания в физике. С.291-300.
 22. Зоммерфельд А. Возникновение квантовой теории систем со многими степенями свободы (1929) // Там же. С.15-20.
 23. Борн М. Современная физика (1933). Л.-М.: ОНТИ, 1935.
 24. Борн М. Таинственное число 137 (1935) // УФН. 1936. Т.16, №6. С.704.
 25. Зоммерфельд А. Письмо А.Эйнштейну 30 декабря 1937 г. // Зоммерфельд А. Пути познания в физике. С.242-243.
 26. Дирак П.А.М. Космологические постоянные (1937) // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С.538.

-
27. *Томилин К.А.* Большие числа и гипотеза о зависимости от времени мировых констант // Исследования по истории физики и механики. 1995-97. М.: Наука, 1999. С.141-159.
28. *Борн М.* Атомная физика (1963, 7-ed). 3-е изд. М.: Мир, 1970. С.196.
29. *Вейль Г.* Основные черты физического мира (1949) // *Вейль Г.* Избранные труды. М.: Наука, 1984. С.347.
30. *Иоффе А.Ф.* Основные представления современной физики. Л.-М.: Гостехтеориздат, 1949.
31. *Кольман Э.* Возрождение пифагореизма в теоретической физике // Под знаменем марксизма. 1938. №.8. С.139-160.
32. *Тамм И.Е.* // Материалы Всесоюзного совещания физиков 1949 г. ГАРФ. Ф.9396. Оп.1. Д.259. Л.162.
33. *Храмов Ю.А.* Физики: биографический справочник. 2-е изд. М.: Наука, 1983. С.307.
34. *Эддингтон А.* Селективный субъективизм // Вопросы философии. 1997. № 9. С.126-132.
35. *Witmer E.E.* // Nature. 3 Aug. 1929.
36. *Fürth R.* Über des Massenverhältnis von Proton und Elektron // Naturwissenschaften. 1929. Bd.17. S.688; Ibid, S.728.
37. *Бартини Р.О.* Некоторые соотношения между физическими константами // ДАН СССР. 1965. Т.163, №4. С.861-864.
38. *Бартини Р.О.* Соотношения между физическими величинами, в сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1966. С.249-266.
39. *Герловин И.Л.* Основы единой релятивистской квантовой теории фундаментального поля (ТФП). ВИНТИ. 7084-73. 1973. 149 с.
40. *Герловин И.Л.* Основы единой теории всех взаимодействий в веществе, Л.: Энергоатомиздат, 1990.
41. *Заказчиков А.И.* Возвращение эфира: Фундаментальные вопросы физики. М.: "Компания Спутник+", 2001, 228 с.
42. *Frieden B.R.* A probability law for the fundamental constants // Found Phys. 1986. Vol.16, №9. P.883-903.
43. *Крат В.А., Герловин И.Л.* О гравитационной постоянной // ДАН СССР. Т.215, № 2. С.305-312.
44. *Krat V.A., Gerlovin I.L.* On the constant of Gravitation // Astrophys. and Space Sci. 1974. Vol.26. P.521-524.
45. *Lenz F.* // Phys Rev. 1951. Vol.82. P.554.

-
46. *Good I.J.* // Phys Lett. 1970. Vol.33A. P.383.
47. *Wylter A.* // Comptes Rendus Hebdomadaires des S_{ances} de l'Academie des Sciences. 1969. Serie A, 277. P.397.
48. *Delaney W.* // Int J Theor Phys. 1974. Vol.10. P.239.
49. *Mellen W.R.* // Bulletin of the American Physical Society. 1975. Vol.20. P.492.
50. *Аракелян Г.Б.* Фундаментальные безразмерные величины. Ереван. 1981, 160 с.
51. *Марутаев М.А.* Гармония как закономерность природы // Золотое сечение. М.: Стройиздат, 1990. С.130-233.
52. *Eagles D.M.* A comparison of results of various theories for four fundamental constants of physics // Int J Theor Phys. 1976. Vol.15, ¹ 4. P.265-270.
53. *Станюкович К.П., Мельников В.Н.* Гидродинамика, поля и константы в теории гравитации. М.: Энергоатомиздат, 1983, 256 с.
54. *Aspden H.* The Theory of Gravitation. 2-ed. Sabberton, Southampton, 1966.
55. *Aspden H., Eagles D.M.* // Phys Lett. 1972. Vol.41A. P.423.
56. *Aspden H., Eagles D.M.* // Nuovo Cim. 1975. Vol.30A. P.235.
57. *Aspden H.* Fundamental constants from two-dimensional harmonic oscillations // Spec Sci Tech. 1986. Vol.9, № 5. P.315-323.
58. *Фейнман Р.* КЭД – странная теория света и вещества. М.: Наука, 1988, 144 с.
59. *Press W.H.* Man's size in terms of fundamental constants // Am J Phys. 1980. Vol.48, №8. P.597-598.
60. *Планк М.* Единство физической картины мира (1909) // *Планк М.* Единство физической картины мира. М.: Наука, 1966. С.23-50.
61. *Сахаров А.Д.* Существует ли элементарная длина? // *Сахаров А.Д.* Научные труды. М.: Центрком, 1995, с.384-396.