

янная Планка – еще одно число. Можно построить и релятивистскую теорию движения электрона, но надо при этом воспользоваться уравнением Дирака, а в него, как во все релятивистские формулы, входит скорость света. Но мы еще не перечислили все индивидуальные черты (свойства) электрона. Как ни странно, электрон обладает *собственным* моментом количества движения – спином. Не за счет того, что он движется вокруг какого либо центра, как в атоме водорода, например, а всегда, в каком бы состоянии он ни находился. В таблице 2 приведены все перечисленные в тексте численные характеристики частиц, которые заполняют нижний уровень таблицы 1. Конечно, в таблицу 2 мы не поместили постоянную Планка и скорость света. Они, будучи характеристиками современного научного знания, принадлежат не отдельным частицам, а всей физике. Постоянную Планка и скорость света именуют *фундаментальными константами* (см. таблицу 3). До последней четверти прошлого века никто не сомневался, что все электрические заряды в природе равны целому числу элементарного заряда, а электрон и протон являются носителями элементарного заряда – каждый со своим знаком. В свободном пространстве не были обнаружены частицы с зарядом, меньшим электронного, или с нецелочисленным электронным зарядом, а поисков было предостаточно. Однако на упоминавшемся квартковом уровне дело обстоит не так, но об этом позднее. А пока будем по-прежнему считать численное значение заряда электрона и протона фундаментальной характеристикой и оставим его в таблице 2.

Таблица 2

	электрон	протон	нейтрон
заряд	$-1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл	$+1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл	0
масса	$9,11 \cdot 10^{-31}$ кг	$1,673 \cdot 10^{-27}$ кг	$1,674 \cdot 10^{-27}$ кг
спин	$1/2$	$1/2$	$1/2$
магнитный момент	$1,01 \mu_e$	$2,79 \mu_p$	$-1,91 \mu_p$

Таблица 3

скорость света $c$	$299792458$ м/с
постоянная Планка $\hbar$	$1,055 \cdot 10^{-34}$ .
гравитационная постоянная $G$	$6,673 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Сделаем несколько замечаний к таблицам 2 и 3. В них приведены приближенные значения всех величин. Все они известны с гораздо большей точностью. Обратите внимание: нейтрон чуть тяжелее протона, что обеспечивает возможность распада нейтрона на протон, электрон и антинейтрино. Спин – квантовый вектор, он может ориентироваться в пространстве только двумя способами: либо вдоль оси, либо против. В свободном пространстве направление оси произвольно. Спин, равный  $1/2$ , означает, что величины проекции собственного момента количества движения частицы равны  $\pm(1/2)\hbar$ . Величины  $\mu_e$ ,  $\mu_p$  – это значения магнитных моментов электрона и протона согласно теории Дирака без поправок,  $\mu_e = (e\hbar)/(2m_e c)$ , где  $m_e$  – масса электрона,  $\mu_p = (e\hbar)/(2m_p c)$ , где  $m_p$  – масса протона. То, что

у нейтрона магнитный момент не равен нулю, хотя он нейтрален, свидетельство того, что нейтрон «состоит» из заряженных частиц.

Глядя на таблицу 2, закрадывается мысль: многое непонятного. Например, почему нет среди характеристик частиц их радиуса? Оказывается, надо считать, что электрон – точка. Именно так! Хотя, по-видимому, это вносит в теорию много осложнений. Попытки ввести конечный радиус, которые делались разными способами, не увенчались успехом. Значит, точка. Но ведь она крутится! У нее есть собственный момент количества движения – спин. Как же так? А что точка имеет массу и заряд, меньше удивляет? Посчитать нуклоны точками не удается: протон и нейтрон занимают некое пространство – сферу радиусом порядка  $10^{-15}$  м. Значит, протон в 100000 раз меньше атома. Запомним этот факт и обратим внимание, что в таблице 2 есть еще одна строка, согласно которой все три частицы – электрон, протон, нейтрон – магнитики, правда очень маленькие, сверхмикроскопические. Значения их магнитных моментов приведены. И так как мы упомянули уравнение Дирака, то имеем право сказать: теория (квантовая электродинамика) позволила вычислить величину магнитного момента электрона с огромной точностью (с 13 знаками после запятой), и она совпала с экспериментом. Обратите внимание, какой точности достигает эксперимент! Значит, кое-что объясняено.

Однако на данном этапе нашего изложения не это самое важное. При построении теории атомов и молекул не слишком важно, каким путем выяснены численные характеристики элементарных частиц: получены они в результате экспериментов или как следствие более глубокой теории. Для того чтобы подниматься вверх по ступеням лестницы таблицы 1, достаточно знать об элементарных частицах то, что записано в таблице 2, добавив сведения о действующих между частицами силах. Силы, действующие между заряженными частицами, известны. Их описывает закон Кулона, хорошо знакомый по школьной физике. А какие силы действуют между нуклонами? Не зная их, нельзя даже пытаться строить теорию ядер атомов. Ясно, что не электрические силы удерживают протоны и нейтроны в ядре. Ведь достоверно известно, что в ядрах нет отрицательно заряженных частиц. Но есть специфические силы взаимодействия между нуклонами. Их природа понята, они подробно описаны. Их называют *ядерными силами*, а взаимодействие с их помощью – *сильным взаимодействием*. Мы вернемся еще к сильному взаимодействию. Пока только подчеркнем: введи мы в таблицу 2 информацию о ядерных силах – все, что надо для построения грандиозного здания физики, у нас есть.

Но в каждом научном поколении из века в век, к счастью, существуют ученые, ощущающие потребность углубиться, выяснить происхождение свойств всего, с чем приходится иметь дело в процессе создания научной картины Мира. Они готовы пренебречь понятием «элементарные», чтобы попытаться найти ответ на вопрос: почему у частиц, названных

элементарными, именно такие свойства, а не какие-то другие?

Хотя по совсем другому поводу, но прекрасно выразил эту эмоцию Борис Пастернак:

Во всем мне хочется дойти  
До самой сути....  
До оснований, до корней,  
До сердцевины.

И поэт понимает, что выполнить желаемое необычайно трудно. Есть один путь:

Свершать открытья.

Пример «свершения открытий» будет приведен. А пока отметим: описание частиц, которое должно служить исходным для понимания структуры и свойств атомов и молекул, может и должно содержать не только числа, но и более сложные математические понятия. Как было уже показано, например – *векторы*. Не зная значений спина электрона и его магнитного момента (спин и магнитный момент – векторы), невозможно было бы построить теорию атомов и молекул, понять природу магнетизма атомно-молекулярных частиц. Думаю, таблица 1, изображающая иерархию объектов, изучаемых физикой, не будет изменена. Возможно, к ней добавятся новые уровни. Об одном – кварковом – уже упоминалось, и мы к нему вернемся. Необходимо будет добавить уровень или даже уровни для темной материи и темной энергии непосредственно под самым верхним уровнем «Вселенная». Но уровни, которые уже есть в таблице 1, не могут быть ни отменены, ни заменены какими-либо другими: ведь атомно-молекулярное строение материи, существование планет, звезд, галактик и их скоплений – объективная реальность. Наука – одна из наиболее динамичных сфер человеческой деятельности. Физика в этом процессе долгое время лидировала. Сейчас, пожалуй, наиболее быстро развивается молекулярная биология. Но ведь по большому счету молекулярная биология – часть физики. Мы даже укажем ее место в таблице 1. В сферу научного исследования попадают объекты, ранее недоступные. Иногда они находятся в глубинах материи, иногда бесконечно удалены от Земли. А

иногда они создаются: обычные вещества помещают в искусственно созданные условия или создают объекты, не существующие в природе, например печатные схемы, транзисторы, графен – моноатомную пленку углерода. Экспериментальная техника, теории и вычислительные возможности – все методы исследования совершенствуются с такой быстрой, что ощущение отставания нередко возникает в процессе работы над только что актуальной темой. Часть идей бесследно исчезают, оставаясь, возможно, интересными и важными только дотошным историкам науки. Лишь некоторые идеи навсегда остаются в поле зрения активно действующих ученых. У них завидная судьба: в дальнейшем они приобретают ореол классических. Но вот что удивительно: основные представления квантовой механики и теории относительности не потребовали изменений.

Самые неожиданные открытия удается объяснить, не прибегая к пересмотру основ. Как тут ни удивляться?! Созданные на малютке Земле, они справедливы в просторах Космоса. Для их формулировки, кроме сосредоточенной мысли, потребовались опыты, которые производились приборами, размещавшимися на лабораторном столе, а результаты, которые получены на гигантских ускорителях или с помощью телескопов, вынесенных за пределы Земли, не требуют их пересмотра. Приведенная схема – структура современной физики – обладает важней-

шим свойством, свидетельствующим о достигнутом уровне развития науки о природе. Назовем его условно *научным консерватизмом*. Физика беспрерывно развивается и изменяется. Научный консерватизм проявляется в разительной устойчивости приведенной схемы. Либо новые открытия сдвигают береговую черту материка познанного, либо заполняют белые пятна, существовавшие на материце. Бывает, что к открытию приводят обнаружение белого пятна – возможности существования чего-то ранее неизвестного. На протяжении более полувека приведенная схема при этом не подвергалась сомнению. Не только в том смысле, что не подвергалась сомнению атомно-молекулярная структура материальных тел, но и не возникла необходимость пересмотра основ. Пока. Даже тогда, когда открытие произошло вне материка познанного.

