

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

КНИГА В. И. ЛЕНИНА «МАТЕРИАЛИЗМ И ЭМПИРИОКРИТИЦИЗМ» И СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ *)

Д. И. Блужинцев

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

В этом году исполнилось 50 лет со времени выхода книги В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». В этой книге впервые методологически правильно был поставлен вопрос о структуре элементарных частиц. Я имею в виду знаменитый тезис Ленина о «неисчерпаемости электрона».

В этой лекции я хотел бы показать значение этого тезиса для современной физики, в особенности для теории структуры элементарных частиц.

Ленин не был физиком, но он был блестящим философом, и когда вспоминаешь страницы книги «Материализм и эмпириокритицизм», посвященные вопросам методологии естествознания, то удивляешься, с какой ясностью разобрался В. И. Ленин в очень сложной тогда ситуации и в самой физике, и в многочисленных философских работах, пытавшихся делать выводы из достижений тогдашней физики.

В частности, в то время обсуждались две физические проблемы, которые тесно связывались с вопросами философии. Речь идет о физическом релятивизме и о понятии материи в физике.

Первая проблема связана с возникновением теории относительности, которую некоторые ученые истолковывали как подтверждение тезисов агностической философии. В своей книге В. И. Ленин показал, что физическая теория относительности не имеет ничего общего с философским агностицизмом. Вторая проблема была связана с развитием электронной теории. Как известно, развитие электронной теории привело на том этапе к выводу о том, что масса частицы имеет электромагнитное происхождение. Многие физики и философы сделали из этого далеко идущие выводы о материи. Этому способствовали неправомерные представления о структуре ряда общих физических понятий: масса отождествлялась с материей (ее «количеством»), тогда материя сводилась к категории электромагнитного поля, а само поле рассматривалось как некая нематериальная абстракция. Многие полагали, будто физика обосновала таким путем факт «исчезновения материи».

В. И. Ленин в своей книге показал, что линия раздела материализма и идеализма совсем не определяется тем, какое происхождение имеет масса электрона, электромагнитное или какое-либо другое.

*) Лекция, прочитанная в апреле 1959 г. в Бухарестском университете.

Развивая идеи диалектической теории познания, В. И. Ленин высказал замечательную мысль о «неисчерпаемости электрона», т. е. мысль о том, что научное исследование электрона может идти как угодно глубоко и приносить все время новые и новые сведения об этой реальности.

Эта последняя идея за истекшие 50 лет, как мне кажется, претерпела в физике очень интересное развитие и получила разносторонние и глубокие подтверждения. Тем не менее мы и до последнего времени встречаемся и, вероятно, еще будем встречаться со взглядами физиков, которые идут в разрез с безусловно правильной концепцией В. И. Ленина.

И вот я хотел бы сегодня попытаться рассказать, какие изменения претерпели представления об электроне со времени выхода ленинской книги до настоящего момента и какое значение имеет по сей день ленинская концепция о «неисчерпаемости электрона». В мою задачу не входит детальный исторический очерк, напротив, я буду перепрыгивать от одного этапа к другому, касаясь только тех проблем, которые важны для основной идеи этой лекции.

§ 2. ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНА

Напомню, что в 1909 г. физики представляли себе электрон как заряженный шарик. Тогда же было выяснено существование очень важной величины — так называемого классического радиуса электрона:

$$a_0 = \frac{e^2}{m_0 c^2} = 2,8 \cdot 10^{-13} \text{ см} \quad (1)$$

(здесь e — заряд электрона, m_0 — его масса, c — скорость света).

Многие теоретики пытались развить теорию заряженного шарика с таким радиусом. Однако оказалось, что все попытки развить теорию этого электрона-шарика приводили к фундаментальному противоречию с теорией относительности. Теория относительности требовала, чтобы электрон был точечным. Требование же «точечности» электрона в свою очередь приводит к противоречию, потому что энергия электрона, а вместе с тем его масса в этом случае оказывались бесконечными, что противоречило, конечно, и самой относительности. Электронная теория имела в то время очень большие успехи, но все успехи были связаны с явлениями, в которых электрон выступал как точка. К тому же нужно сказать, что никаких экспериментальных средств для исследования структуры электронов, т. е. для исследования масштабов порядка $a_0 = 2,8 \cdot 10^{-13} \text{ см}$, в то время не было. Их еще и сейчас почти нет. Развитие теории электронов пошло, как вы знаете, совсем другим путем. А именно, в двадцатых годах возникла квантовая механика, которая привела к другой длине и к другому масштабу, тоже связанному с электроном, но гораздо большему классического размера электрона. Этот масштаб — так называемая комптоновская длина:

$$l_0 = \frac{h}{m_0 c} = 3,8 \cdot 10^{-11} \text{ см}. \quad (2)$$

Здесь h — постоянная Планка.

Отношение этих двух длин дает безразмерную величину

$$\frac{a_0}{l_0} = \frac{e^2}{hc} = \frac{1}{137}, \quad (3)$$

которая является знаменитой «постоянной тонкой структуры». Таким образом, квантовая механика привела к открытию нового масштаба l_0 и к новой безразмерной величине e^2/hc , которая не зависит от единиц

измерения. Естественно, возникает вопрос о том, какое отношение имеет эта величина к структуре электрона и какая из длин l_0 или a_0 является определяющей? Надо сказать, что развитие квантовой механики, как вы знаете, существенно изменило наше представление о законах движения электрона как целого. Кроме того, появились такие новые величины, о которых раньше не имели понятия, как спин электрона и его магнитный момент

$$S = \frac{\hbar}{2}, \quad M = \frac{e\hbar}{2m_0c}. \quad (4)$$

Таким образом, наши сведения об электроне стали гораздо более богатыми, чем они были во времена В. И. Ленина. С широкой, философской точки зрения можно было бы сказать, что уже и в этих открытиях проявляется «неисчерпаемость» электрона.

Но я хотел бы сосредоточиться на вопросах, связанных с самой внутренней структурой электрона. Когда применили методы квантовой электродинамики к электрону, то оказалось, что проблема собственной массы электрона, возникшая еще в самом начале развития электронной теории, не имеет решения и в квантовой теории, т. е. собственная масса электрона и в этой теории получалась бесконечной. Следует напомнить, что очень интересный шаг был сделан М. Борном, который предложил в 30-х годах нелинейную теорию поля и который, во всяком случае формально, в рамках этой теории решил проблему размера электрона и его массы. Эта теория была чисто классической и для нее характерным был классический масштаб a_0 . Это была очень изящная теория, к которой формально никак нельзя было придраться. Но, если можно так выразиться, она родилась слишком поздно, потому что к этому времени было ясно, что квантовые эффекты наступают гораздо раньше в смысле масштаба: они наступают, когда существенна комптоновская длина, т. е. масштабы, порядка 10^{-11} см, в то время как классические масштабы в сто раз меньше. Отсюда совсем ясно, что никакой классической теории структуры электрона вообще быть не может.

Но мы могли бы еще думать, что может быть возможна квантовая теория структуры электронов. Однако существуют очень серьезные опасения, что и эта, если так можно сказать, «квантовая технология» не годится для изготовления столь тонких вещей, как электроны. Вероятно, законы внутренней структуры электрона более деликатны, чем законы квантовой механики. Но все же некоторые успехи на пути развития квантовой теории структуры электрона были сделаны.

Когда выяснилось, что квантовая теория также приводит к бесконечной собственной энергии электронов, то я бы сказал, что многие блюстители порядка в современной теории поддерживали концепцию точечного электрона. Опираясь на идеи В. И. Ленина, можно было бы сказать заранее, что эти точки зрения не могут быть правильными и электрон должен быть неточечным. Но, конечно, это практический вопрос для физиков — решить, когда вы об этой неточечности должны начать серьезно думать.

Возвратимся, однако, к квантовой теории электрона. Квантовая теория принесла все же некоторые новости в радиусе электрона. Когда Вайскопф подсчитал собственную массу электрона с учетом поляризации вакуума (т. е. с учетом образования пар позитронов — электронов), то он получил поразительно малый радиус электрона

$$a_{\text{в}} = \frac{\hbar}{m_0 c} e^{-137} \cong 10^{-70} \text{ см.} \quad (5)$$

М. А. Марков заметил, что этот «квантовый» радиус электрона даже много меньше так называемого «гравитационного» радиуса электрона

$$a_{\Gamma} = \frac{km_0}{c^2} \cong 10^{-55} \text{ см} \quad (6)$$

(здесь k — гравитационная постоянная), а это могло бы указывать на существенную роль гравитации в структуре электрона. Таким образом, можно бы сказать, что квантовая теория отодвинула проблему структуры электрона в область исключительно малых масштабов.

Вопрос о возможной роли гравитации в структуре электрона возникал, конечно, у многих ученых, но, кажется, у каждого из них начинала болеть голова от сложности этого вопроса, и он уходил от него, надеясь, что в нем разберется кто-нибудь другой.

Я мог бы высказать по этому поводу лишь личное мнение: масштабы порядка a_{Γ} кажутся столь малыми, что очень вероятно, что изменение характера закономерностей в области малых масштабов будет существенным гораздо раньше, чем начнут играть роль гравитационные эффекты.

Напомню еще об одном успехе, который был сделан в квантовой электродинамике; речь идет о так называемой «перенормировке массы». Идея была очень хорошей и заключалась в постановке новой, уже разрешимой задачи: если уж масса электрона, движущегося в поле по теории, оказывается бесконечной и бесконечна также и масса электрона свободного, то, может быть, будет целесообразно рассматривать только разностные эффекты между этими двумя задачами, учитывая только эффект поля? Можно сказать, что было предложено отсчитывать массу электрона не от нуля, а от бесконечной теоретической массы. Эта операция и называется «перенормировкой» массы. Она привела к ряду успехов. Некоторые успехи являются реальными, другие же, мне кажется, имеют больше символическое значение. Реальный успех заключается в том, что с помощью этого метода можно было вычислить новые тонкие детали движения электронов в атоме водорода. Я имею в виду теоретический расчет экспериментально открытого лэмбовского сдвига. Этот сдвиг показал, что электроны движутся вокруг ядра несколько «хитрее», чем это следует по теории Дирака.

С помощью этого метода «перенормировки» удалось учесть тот факт, что электрон движется в атоме водорода не просто под действием регулярного кулоновского поля, а совершает еще дополнительное броуновское движение, под влиянием нулевых колебаний электромагнитного вакуума. Кроме того, в соседстве возникают электрон-позитронные пары, иными словами, поляризация вакуума, которая также влияет на движение электрона. Оба эти обстоятельства и приводят к очень тонкому расщеплению уровней в атоме водорода и к малому изменению магнитного момента электрона.

Метод «перенормировки массы» позволил вычислить все эти тонкие явления с огромной точностью. Поэтому неудивительно, что сейчас уже возникла целая армия рыцарей «перенормировки», которая не мало сделала в развитии теории; однако, кроме лэмбовского сдвига пока нет опытных данных, которые подтверждали бы вычисляемые эффекты.

Весьма любопытный результат был получен Л. Д. Ландау и его сотрудниками, которые очень серьезно применили метод перенормировки и пришли к результату: если последовательно принять этот метод, то электрический заряд «перенормированного» электрона оказывается равным нулю. По этому вопросу были очень острые дискуссии. Суть дела заключается в том, что нуль-заряд получается за счет вклада очень малых расстояний мас-

штаба a_k . Формально это сводилось к тому, что учитывались компоненты в электромагнитном поле, имеющие длину волны порядка a_k .

Равенство нулю заряда электрона — отнюдь не лучше, чем бесконечная масса; как сказано у Гейне: «плохо пахнут и капуцины, и раввины».

Успех теории «перенормировки» применительно к лэмбовскому сдвигу как раз и основывается на том, что при медленном движении электрона по орбите в атоме водорода высокие частоты броуновского движения электрона в поле вакуума усредняются и оказываются несущественными. Если же вы серьезно заберетесь в такую область, где длина a_k уже существенна, то вы получите огромное количество неприятностей. Современная электродинамика, по-видимому, совсем не работает на таких малых расстояниях. Что там на самом деле работает, мы сейчас не знаем.

Можно указать еще некоторую другую, гораздо большую длину, которая может быть существенна для теории электрона. Эта длина связана с так называемыми слабыми взаимодействиями.

Рассмотрим виртуальный процесс

$$e \rightleftharpoons \mu + \nu + \bar{\nu}, \quad (7)$$

т. е. превращение электрона в мю-мезон и пару нейтрино. Взаимодействие, определяющее этот процесс, есть слабое и характеризуется константой взаимодействия Ферми g_F . С этой константой можно связать длину l_F :

$$l_F = \sqrt{g_F \hbar c} \cong 10^{-16} \text{ см.} \quad (8)$$

Многу было показано, что если длины волн, которые фигурируют в явлении, близки к 10^{-16} см, то это «слабое» взаимодействие становится более сильным, чем электродинамические взаимодействия. Если это так, то совершенно ясно, что бессмысленно рассматривать электродинамику для расстояния, которое меньше 10^{-16} см, не учитывая принципиально новых явлений с участием мезонов и нейтрино.

Следует, однако, заметить, что нельзя считать доказанным, что те варианты слабого взаимодействия, которые мы знаем, справедливы для больших энергий. Таким образом, в этом вопросе все же остается некоторая неизвестность.

§ 3. СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОНА

Теперь после этих вводных замечаний можно сделать попытку описать структуру электрона, пользуясь теми знаниями, которые нам дает современная квантовая теория поля.

Для того чтобы описание было наглядным, я позволю себе вообразить, что электрон закреплен в какой-то точке пространства (рис. 1). Это очень существенно для того, чтобы вообще можно было нарисовать наглядную картину структуры электрона. Тогда следует представить себе, что электрон испускает и поглощает виртуальные фотоны. Таким образом, около электрона возникает собственное, известное еще из классики, электромагнитное поле. Далее действием фотонов этого поля вокруг электрона возникают виртуальные пары электронов и позитронов.

Таким путем вокруг центра электрона возникнет атмосфера поляризации вакуума. Эта атмосфера имеет размеры комптоновской длины электрона l_0 и, таким образом, ее размер просто огромен ($\sim 10^{-11}$ см).

Однако «плотность» этой атмосферы ничтожна из-за малости постоянной тонкой структуры $e^2/\hbar c$, определяющей электромагнитные взаимодействия.

Ближе к центру электрона подобным же образом будет возникать атмосфера пионов (комптоновская длина пионов составляет $l_\pi = 1,4 \cdot 10^{-13}$ см) и, наконец, еще ближе к центру электрона — атмосфера пар нуклонов и антинуклонов (масштаб комптоновской длины нуклонов равен $l_N = 2 \cdot 10^{-14}$ см).

Таким образом, вокруг центра электрона имеется система оболочек, образованных парами частиц и античастиц. Все эти оболочки, из-за малости постоянной тонкой структуры, имеют ничтожную плотность.

Еще на меньших расстояниях ($l_\Phi = 10^{-16}$ см) могут оказаться существенными слабые взаимодействия, которые теперь в этом масштабе будут уже сильными, и где-то совсем в глубине электрона будет существенна длина a_K , которая кажется важной для перенормировки. Поэтому я думаю, что вообще нельзя «перенормировать» там, где могут быть важны перечисленные выше неэлектродинамические эффекты структуры электрона.

Теперь я хотел бы сделать несколько замечаний об экспериментальных данных, касающихся структуры электрона. Косвенно о существовании

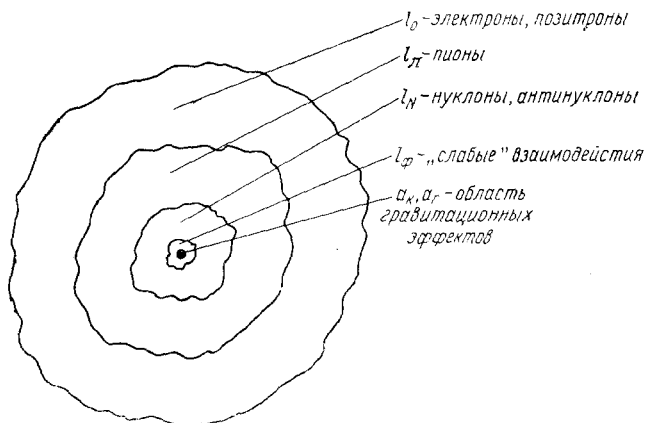


Рис. 1. Структура электрона. На рисунке изображены оболочки виртуальных частиц. Масштабы: $l_e \sim 10^{-11}$ см, $l_\pi \sim 10^{-13}$ см, $l_N \sim 10^{-14}$ см, $l_\Phi \sim 10^{-16}$ см, $a_K \sim 10^{-55}$ см, $a_G \sim 10^{-70}$ см.

поляризации вакуума около электрона мы можем заключить из лэмбовского сдвига.

Конечно, было бы очень важно посмотреть непосредственно на элементарных процессах взаимодействия электронов в динамике, есть ли вообще что-нибудь подобное на свете? Но тут имеются огромные трудности. Дело заключается в том, что измерение отступлений, например, от классического комптоновского рассеяния требует исключительно большой точности при измерении очень слабых эффектов.

Действительно, для измерения структурных эффектов нужна очень короткая длина волны, но в области коротких длин волн электродинамические эффекты слабы.

Возможно, что строительство ускорителей с встречными электронными пучками и существенное усовершенствование методики измерений (проблема исключения «фона») создадут предпосылки для изучения структуры электрона и приведут к принципиально новым открытиям в электродинамике, но пока, как видите, трудности кажутся огромными.

В заключение я хотел бы заметить, что электрон — частица очень легкая, и поэтому при всех этих процессах, которые мы рассмотрели, она

получает сильную отдачу. В силу этого в действительности структура электрона не так наглядна, как мы изобразили выше.

Портрет электрона, который мы могли бы получить на опыте, должен походить на портрет лица, прыгающего со стула на стул перед своим фотографом.

Поэтому неожиданным образом наиболее простая частица — электрон — оказывается труднейшей для исследования ее структуры. Но в этом можно видеть и счастливое обстоятельство. Ввиду того, что «атмосфера» электрона слабенькая, — а это, по-видимому, так, — то возможно рассматривать его как точку, а это значит, что он может быть хорошим средством для исследования структуры других более тяжелых частиц. Если бы, например, его атмосфера была бы очень плотной, то его нельзя было бы применять для таких целей.

В Стенфорде Р. Хофштадтером и др. электроны были применены для исследования структуры нуклонов.

§ 4. СТРУКТУРА НУКЛОНОВ

В сущности, то что можно сказать о структуре нуклона, в общих чертах повторяет схему того, что было сказано об электроне (рис. 2). Но имеются важные различия. Во-первых, нуклон есть частица тяжелая и, следовательно, во многих случаях его можно считать закрепленным. Поэтому

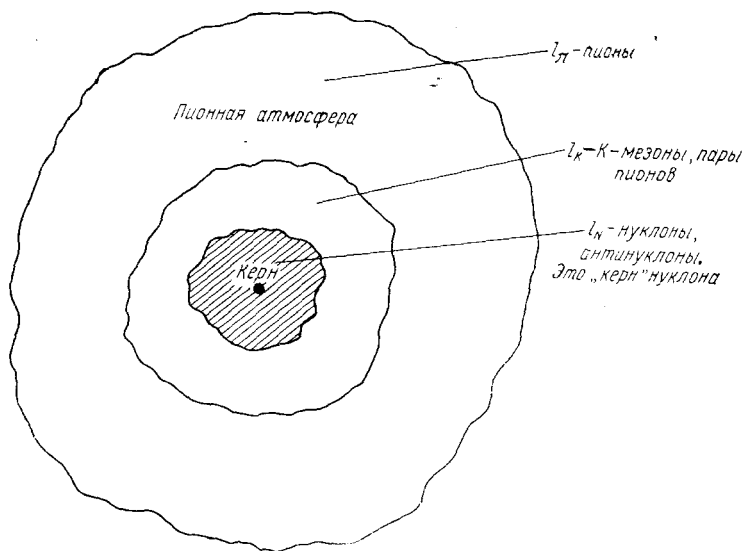


Рис. №2. Структура протона. На рисунке изображены оболочки виртуальных частиц. Масштабы: $l_\pi \sim 10^{-13}$ см, $l_K \sim 10^{-14}$ см, $l_N \sim 10^{-14}$ см.

в случае нуклона легче с вопросами отдачи, нуклон есть объект более удобный для фотографии. Во-вторых, константа, определяющая атмосферу нуклона, есть константа Юкавы для взаимодействия нуклонов и пи-мезонов g . Она такова, что $g^2/\hbar c = 15$, т. е. в тысячу раз больше константы электромагнитного взаимодействия $\frac{e^2}{\hbar c}$. Поэтому атмосфера нуклона далеко не такая прозрачная, как у электрона. Она обусловлена прежде всего возникновением пар нуклон—antinуклон вблизи центра нуклона. Размеры этой области — комптоновская длина нуклона (т. е. $\cong 2 \cdot 10^{-14}$ см).

Следует ожидать, что масштаб атмосферы, образованный гиперонами и K -мезонами, примерно того же порядка. Атмосфера K -мезонов более слабая, константа взаимодействия для K -мезонов на порядок меньше константы Юкавы. Кажется, что они не играют заметной роли в атмосфере нуклона.

Далее идет область пи-мезонов — пионная атмосфера (или пионное облако) нуклона. Ввиду значительной величины константы взаимодействия g это облако довольно интенсивно. Изучая рассеяния быстрых электронов, Р. Хофштадтер мог определить размер этого облака и даже его форму.

Я не буду здесь останавливаться на всех тонкостях, связанных с интерпретацией этих опытов.

Некоторые парадоксы, выявившиеся в этих опытах, я думаю, разъяснены нашими работами и результаты опытов Р. Хофштадтера, на наш взгляд, не противоречат теории. Таким образом, мезонное облако нуклона становится для современного физика вполне обоснованной реальностью. Что касается более глубоких слоев нуклона, где должны быть K -мезоны, пары пи-мезонов, наконец, пары нуклона и антинуклонов, то их структура еще недостаточно изучена.

Исследования этой области нуклона будут очень трудны экспериментально и теоретически. В этой области уже существует эффект отдачи, и сейчас нет методов, позволяющих рассчитать этот эффект. Идея «перенормировки» также мало помогает в этом случае из-за большой величины константы взаимодействия.

Уже из сказанного видно, насколько сложна в действительности элементарная частица и как трудно продвигаться в ее глубь. Во всяком случае, не легче, нежели астрономам, которые изучают далекие глубины вселенной. Также сложна и необходимая техника. Если астрономам необходимы очень сложные телескопы, то физикам нужны очень сложные ускорители. Правда, некоторые теоретики думают, что они сумеют обойтись без ускорителей. Однако весь опыт познания показывает, что невозможно охватить весь микромир единой теорией, опираясь на экспериментальные результаты только в ограниченной его области. Понадобятся новые эксперименты, вскрывающие специфику более глубоких областей. Также невозможно на основе одних только спекуляций делать вывод и о строении всей вселенной в целом. Не потому ли Будда, будучи умным проповедником, запретил своим ученикам обсуждать 10 вопросов и среди них — вопрос о бесконечности всей вселенной. В самом деле, каким масштабом будем мерить? По-видимому, можно говорить только о каких-то ограниченных областях вселенной, которые реально исследованы и для которых можно реально сформулировать законы. По этой причине мне кажется, что понимание ленинских идей о неисчерпаемости элементарных частиц очень важно, потому что оно помогает избрать правильный метод работы.

§ 5. МИКРО- И МАКРОМИР

Исходя из ленинской методологии, следует думать, что мы встретимся с очень большими неожиданностями на малых масштабах, т. е. там, где современная теория приводит к абсурдным результатам.

Теперь кажется совершенно ясным, что в области очень малых масштабов такими примитивными приемами, как «перенормировка», ничего нельзя решить.

В заключение я хотел бы рассказать об одной, впрочем, довольно спекулятивной идее, которая может служить иллюстрацией к тому, что может встретиться на очень маленьких масштабах.

Сейчас известно, что сечение взаимодействия нуклонов при больших энергиях не уменьшается. Во всяком случае, это наблюдается, по-видимому, до энергий порядка 10^{18} эв. Такая энергия в миллиарды раз превышает собственную энергию нуклона. При столкновении таких нуклонов возникает заново огромное число вторичных частиц. Уже это обстоятельство указывает на то, что никакие методы теории возмущения не могут быть применены при описании такого явления. Дальше можно спекулировать: будет ли сечение взаимодействия нуклонов вообще когда-нибудь падать с энергией или не будет? Теоретически сейчас нельзя выбрать между этими возможностями. Но можно показать, что различие между этими двумя возможностями совершенно принципиально и вот почему: если сечение взаимодействия будет стремиться к нулю с ростом энергии частиц, то большие энергии будут несущественны для микроскопических явлений, иными словами, при больших энергиях микрочастица станет прозрачной. Можно сказать, что нуклоны не будут взаимодействовать между собой и даже если бомбардируемая микрочастица будет иметь весьма огромную энергию, это будет, так сказать, «ее личным делом», поскольку она не взаимодействует с другими частицами. И тогда микромир останется как бы отделенным очень серьезной гранью от макромира. Представьте себе противоположную ситуацию; пусть сечение взаимодействия, как это и подсказывает опыт, останется постоянным; тогда это означает, что огромная энергия нуклонов при встрече может реализоваться в виде огромного ливня новых частиц, как это и наблюдается в космических лучах и в ускорителях. Представьте теперь себе, что такой сверхэнергичный протон, ускоренный каким-то космическим ускорителем, сталкивается с другим протоном; тогда могут родиться звезды не в смысле, как их понимают у нас в лаборатории, а в смысле, как их понимают астрономы.

Можно спросить себя, когда в нуклоне существенна гравитация? Очевидно, она будет существенна тогда, когда гравитационный радиус нуклона будет сравним с характерными размерами нуклона, т. е. с комптоновской длиной волны. Оказывается, что энергия такого нуклона равна примерно энергии галактики. Следовательно, если встретятся два нуклона такой большой энергии, что для явлений, происходящих в этой системе, из двух частиц будет существенна гравитация, то будет рождаться целая галактика!

Числа барионов и антибарионов, возникающих в двух ливнях, не обязательно будут равны. В одном ливне может быть меньше антинуклонов, а в другом больше. Тогда в одну сторону полетит «мир», а в другую полетит «антимир». Можно сказать также, что один ливень догорит до «мира», а другой ливень догорит до «антимира». Итак, если представить себе, что сечение взаимодействия нуклонов не падает, то картина явлений на малых расстояниях представляется увлекательно сложной. Теория должна будет предусмотреть, что при столкновении двух очень энергичных нуклонов могут родиться макроскопические тела! Этот вопрос кажется мне очень принципиальным, так как это вопрос о том, есть ли грань между микромиром и макромиром или же микромир при больших энергиях очень близко стоит к макромиру.

Но все это, конечно, очень фантастично. Если обратиться к более реальным вещам, то совершенно ясно, что возможное поведение сечений при ультравысоких энергиях разделяет два возможных класса теории. Одни теории такие, которые очень похожи на современные; в этих теориях при больших энергиях взаимодействие частиц становится малым. И другой класс теорий, при котором это взаимодействие не становится малым со всеми поразительными последствиями, которые отсюда будут вытекать. Это, пожалуй, все, что я хотел сказать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вы видите, какой вес имеют слова В. И. Ленина о неисчерпаемости электронов. Вспоминая его книгу «Материализм и эмпириокритицизм», я хотел бы еще заметить, что В. И. Ленин всегда подчеркивал, что знаем ли мы что-то или не знаем—это вопрос практики, критерий практики является наиважнейшим. Употребляя терминологию Энгельса, можно сказать, что процесс познания есть превращение «вещи в себе» в «вещь для нас».

Можно сказать, что и атом, и атомное ядро уже в значительной мере превратились в «вещь для нас». И мы сейчас присутствуем при том, как глубины элементарных частиц из «вещи в себе» превращаются в «вещь для нас». Совершенно ясно, что Ленин, в общем понимании, предвидел такой ход знаний, и это является причиной, почему настоящая лекция посвящена памяти Владимира Ильича Ленина и его знаменитой книге:
