

ПРОВ. 19

ПРОВ 1958

ИИ

СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ  
РЕКОНСТРУКЦИЯ  
И  
НАУКА



ВЫПУСК  
ПЕРВЫЙ

- 3

1935

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕННОЕ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1 9 • М О С К В А • 3 5

134

## Сохраняется ли энергия?<sup>1</sup>

**О**СУЩЕСТВЛЕНИЕ «perpetuum mobile» (вечного двигателя) издавна было мечтой изобретателей.

С XVII века, когда потребности нарождавшегося промышленного капитализма вызвали бурный расцвет механики, начался длинный ряд бесплодных попыток построить вечный двигатель, т. е. машину, все время возвращающуюся к первоначальному состоянию и вместе с тем передающую окружающим телам беспрестанно увеличивающиеся количества энергии. Perpetuum mobile — это поистине золотой сон промышленного капитала, механическая аналогия цветущего капиталистического предприятия, оставляющего после каждого цикла все больше и больше прибыли в кармане хозяина.

Золотой сон не сбывается, и не сбывается потому, что в области тех физических законов, которые управляют и движением макроскопических тел, и тепловыми и многими другими явлениями, верен закон сохранения энергии.

И буржуазия разочаровалась в своей инфантильной мечте. Верная своей привычной страсти к нравоучениям, она объявила все попытки построить вечный двигатель безнравственными и нелепыми. Ведь такой двигатель дал бы возможность людям жить не работая — страшные слова для слуха буржуа, всю жизнь привыкшего заставлять других людей работать. Закон сохранения энергии импонирует душе буржуа и своей эстетической стороной: ведь он делает природу похожей на то, прекраснее чего буржуа не может себе ничего представить, — на аккуратную бухгалтерскую книгу, в которой баланс подведен с точностью до последней копейки. «Ничего не дается в этом мире даром», «Ничего не возникает из ничего» (ведь даже о прибавочной стоимости буржуа никогда не говорит, что она возникает из ничего: она возникает, по его мнению, из организаторских способностей и творческого труда хозяина предприятия).

Такова философия буржуазии.

Верна ли эта философия и как должны к ней относиться мы, материалисты?

<sup>1</sup> От Редакции. Вопрос о законе сохранения энергии в связи с последними работами в области атомной физики привлекает к себе сейчас живое внимание. Новейшие данные физических исследований трактуются в этом отношении весьма различно. Помещая статью М. П. Бронштейна, становящегося на точку зрения возможности несохранения энергии, Редакция противопоставляет ей критическую статью С. Шубина и приглашает наших крупных работников в области теоретической физики высказаться по данному вопросу на страницах журнала.

Мы знаем, что расширение сферы физического исследования все время подчиняет нашей науке новые и новые области физических явлений, качественно непохожие на старые области. Каждый физический закон, который был верен в старой области явлений, может оказаться неверным в новой. Нет и не может быть такого физического закона, который был бы заранее гарантирован от такой возможности перестать быть верным при переходе к более широкой области явлений. Никакой физический закон не является догматом, и не может считаться а priori абсолютной и универсально применимой истиной.

Так учит материалистическая философия.

В настоящее время физика стоит перед новым грандиозным расширением. Проникнув внутрь атомного ядра, физическое исследование установило, что ядро состоит из тяжелых (по сравнению с электронами) частиц — нейтронов и протонов, которые являются элементарными частицами с точки зрения существующих, уже построенных физических теорий. Это значит, что вопрос о структуре протонов и нейтронов выходит за рамки существующих физических теорий. Все явления, в которых структура протонов и нейтронов остается неизменной и поэтому не играет существенной роли, подчиняются известным физическим законам, в частности и закону сохранения энергии. Явления, в которых структура протонов и нейтронов играет существенную роль, подчиняются еще неизвестным, еще неоткрытым физическим законам, законам так называемой (релятивистской теории квант (этим именем физики поторопились окрестить еще неоткрытую будущую теорию, которая должна явиться обобщением и расширением существующей физической теории).

К числу явлений, в которых структура протонов и нейтронов играет существенную роль, принадлежит бета-распад радиоактивных ядер. Это, по существу еще весьма загадочное явление состоит в том, что один из нейтронов ядра превращается в протон и вместе с тем ядро испускает один очень быстрый электрон (в последнее время открыто и обратное явление — превращение протона в нейтрон, причем испускается весьма быстрый позитрон).

Останется ли закон сохранения энергии верным в области релятивистской теории квант?

Материалистическая философия, как мы видели, учит, что он может оказаться неверным, но не утверждает, что он обязательно должен оказаться в этой области неверным. Посмотрим же, как на этот вопрос отвечает физика.

Если с некоторой системой тел, подчиняющейся законам релятивистской теории квант, происходит изменение, в результате которого его масса уменьшается на величину  $\Delta m$ , то возможно одно из двух: 1) если закон сохранения энергии останется верным, то это значит, что энергия тел, окружающих эту систему, должна повыситься на  $c^2 \Delta m$ , где  $c$  — скорость света; 2) если же закон сохранения энергии неверен, то энергия окружающих тел может измениться на какую-нибудь другую величину.

В 1927 г. кембриджские физики Эллис и Вустер проделали замечательный опыт. Они поместили крупинку радиоактивного вещества RaE, подверженного бета-распаду, в калориметр и посредством чувствительного термоэлемента измерили, насколько повышается энергия

калориметра, окружающего  $RaE$ , в результате взаимодействия с распадающимися ядрами атомов этого вещества. Сопоставляя результаты опыта Эллиса и Вустера с подсчетами, сделанными в 1933 г. Эллисом и Моттом, можно высказать следующее утверждение: при распаде одного радиоактивного ядра  $RaE$  масса этого ядра уменьшается на вполне определенную величину  $\Delta m$ . Вместе с этим энергия калориметра увеличивается (вследствие поглощения электрона, испускаемого ядром  $RaE$ , а также, быть может, и гамма-лучей, которые могли бы испускаться этим ядром) на величину, которая для разных распавшихся ядер имеет разные значения, но никогда не бывает больше, чем  $c^2\Delta m$ .<sup>2</sup>

Можно ли заключить отсюда, что закон сохранения энергии нарушается?

Осторожные кембриджские физики не сделали этого заключения, и вот почему: калориметр Эллиса и Вустера можно сравнить с рыболовной сетью, которая расставлена для того, чтобы поймать все, обладающее энергией и испускаемое распадающимся ядром; но что, если это ядро испускает не только привычные нам частицы и волны (электроны, гамма-лучи и т. п.), но также и какую-нибудь еще более мелкую рыбешку, свободно проходящую через расставленную Эллисом и Вустером сеть? Тогда могло бы быть, что эта мелкая рыбешка несет на себе как раз столько энергии, сколько нехватает до нужной величины  $c^2\Delta m$ , но ловится она не в калориметре, а уже по выходе из калориметра, может быть даже за несколько километров от него. На возможность существования такой частицы указал В. Паули (Цюрих). Эта предполагаемая частица получила название нейтрино. Для того, чтобы такой нейтрино мог, не поглотившись, пройти через калориметр Эллиса, нужно только, чтобы он не обладал электрическим зарядом или какими-нибудь иными свойствами, делающими для него возможным сильное взаимодействие с электронами, и кроме того, чтобы его масса была во много раз меньше массы протона. Такие частицы, если они существуют, проходили бы через калориметр Эллиса и через все другие современные физические приборы (камеру Вильсона и др.), не оставляя никаких заметных следов. Современная экспериментальная техника не имеет средств обнаружить эти коварные частицы-невидимки.

Отсюда видно, что опыт пока не дает возможности решить вопрос о том, сохраняется ли энергия в области релятивистской теории квант. Возможно одно из двух: 1) или энергия сохраняется и, следовательно, существуют нейтрино; 2) или энергия не сохраняется (существуют ли вместе с тем или не существуют какие-нибудь частицы-невидимки вроде нейтрино, это — уже другой вопрос).

Поэтому нужно думать, что без крупных новых физических открытий не удастся категорически решить вопрос, поставленный в заглавии этой статьи. Существуют пока лишь некоторые теоретические указа-

<sup>2</sup> В среднем (для многих распавшихся ядер) эта величина, как показали Эллис и Вустер, равна средней величине энергии электрона в непрерывном бета-спектре  $RaE$ . Величина же  $c^2\Delta m$ , как явствует с большой вероятностью из работы Эллиса и Мотта, может быть отождествлена с наибольшей энергией электрона.

ния на то, что этот вопрос будет разрешен в пользу несохранения энергии<sup>3</sup> (а, следовательно, в пользу принципиальной возможности вечного двигателя, основанного на законах будущей релятивистской теории квант). Эти теоретические указания, особенно подчеркнутые знаменитым датским физиком Нильсом Бором, заключаются в следующем.

То обстоятельство, что все измерительные приборы принципиально обладают дискретной, т. е. атомистической структурой, приводит к невозможности сколь-угодно точного измерения физических величин. Ведь для сколь-угодно точного измерения требовались бы сколь-угодно тонкие приборы, но таких приборов быть не может, так как есть какие-то (еще неизвестные нам) принципиальные причины, мешающие вам например разрезать электрон на части. Будущая релятивистская теория квант, от которой мы ждем объяснения устойчивости электрона (невозможности его резать на части), должна поэтому привести и к выводу о невозможности сколь-угодно точного измерения физических величин (эти ограничения возможности измерения, связанные с принципиальным атомизмом измерительных приборов, не следует смешивать с теми ограничениями возможности измерения, которые имеют место в обычной квантовой механике и происходят от совсем других причин). Но так как то, что принципиально не может быть измерено, не может считаться и существующим (материалистическая философия не признает существования принципиально непознаваемых вещей), то следовательно в будущей теории точные значения физических величин вообще не будут иметь смысла, т. е. все эти физические величины (в том числе и энергия) окажутся лишь приближенными понятиями. А это показывает, что и закон сохранения энергии в лучшем случае сможет остаться лишь приближенно верным. Вот почему мы думаем, что существует принципиальная возможность в физике будущего построить вечный двигатель, использующий такие отклонения от закона сохранения энергии. И, быть может, техника будущего коммунистического человечества, человечества, совершившего прыжок «из царства необходимости в царство свободы», будет основана как раз на таком вечном двигателе.

---

<sup>3</sup> Нельзя, впрочем быть уверенным в том, что явления бета-распада, должны, на основании этих теоретических указаний, противоречить закону сохранения энергии. Из соображений, изложенных ниже, вытекает только, что закон сохранения энергии должен перестать быть применимым в области явлений, в которых существенную роль играют размеры электрона. Между тем, как указал Э. Ферми, в случае бета-распада длина волн де-Бройля, связанных с испускаемыми электронами и нейтрино, гораздо больше, чем размеры электрона. Поэтому возможно, что несохранение энергии начинает играть роль лишь для лучей еще более жестких и частиц еще более быстрых, нежели испускаемые при бете-распаде.

## О сохранении энергии

**П** ОДВЕДЕМ итоги тому, что пишет М. П. Бронштейн. Непосредственных экспериментальных свидетельств за или против закона сохранения у нас в ядерной физике сегодня нет. Непосредственных теоретических указаний, которые позволили бы однозначно решить вопрос о судьбе этого закона, тоже нет, так как релятивистской теории квант не существует.

Но мы, материалисты-диалектики, имеем в своих руках мощный методологический принцип, владея которым можно смело глядеть в лицо будущему. Этот принцип гласит: «все может быть». Закон сохранения энергии, столь импонировавший бухгалтеру-буржуа, строившему мир по образу и подобию приходо-расходной книги, может каждый день лопнуть. Мечта алхимиков о вечном двигателе имеет шансы осуществиться в будущем коммунистическом обществе.

2. С двоякой точки зрения можно подойти к оценке этих высказываний М. П. Бронштейна.

Станем сперва на точку зрения «не философствующего физика», т. е. того типичного представителя подавляющего большинства физиков, который, услышав слово «философия», сейчас же занимает оборонительную позицию: «я не интересуюсь общими вопросами». Такой физик скажет: первый абзац предыдущего параграфа правилен, второй — бессодержателен. В самом деле, если сравнение закона сохранения энергии с бухгалтерской книгой есть философский, исторический или какой угодно анализ этого закона, то объясните, пожалуйста, что мне такой анализ дает? Если единственное методологическое указание, которое дает материалистическая диалектика по вопросу о законе сохранения энергии, сводится к тому, что этот закон может быть, а может и не быть верным, то зачем мне эта диалектика нужна? Честнее было бы сказать прямо, что никаких общеполитических соображений по поставленному в заглавии статьи вопросу у автора нет и о материализме он говорит прямо так, для пушей важности. Во всяком случае, никаких конкретных выводов из его материалистических высказываний сделать нельзя.

3. Значительно более определенной оценки заслуживают философские утверждения М. П. Бронштейна с марксистской точки зрения. Каждый физик-марксист может только приветствовать тот новый — по крайней мере для большинства читателей научных журналов — факт, что такой человек как Бронштейн начинает аргументировать «от материализма». Но он может только пожалеть о том, что свое первое выступление на философском фронте Бронштейн начинает с исторических экскурсов в духе покойного Шулятикова. Он может, далее, толь-

ко пожалеть о том, что объявляя себя материалистом, Бронштейн в своей статье скромно умалчивает о других — гораздо более определенных — высказываниях по вопросу о законе сохранения энергии, которые делались в марксистской литературе. Автором этих высказываний является такой небезызвестный марксистский писатель как Фридрих Энгельс, который, повидимому, все же заслужил то, чтоб его точка зрения хотя бы упоминалась в статьях, написанных материалистами-диалектиками. Известно, именно, что, согласно Энгельсу, законы сохранения отнюдь не являются случайным элементом в естествознании, характерным только для одной частной области явлений. Энгельс утверждает, что существование этих законов отражает собой чрезвычайно общий факт неразрушимости движения, и потому в той или иной форме, они должны найти свое выражение в любой правильной физической теории. Диалектический материализм отнюдь не запрещает изучать материю и открывать в ней новые закономерности; напротив — он предполагает такое изучение. Но если бы все высказывания философии диалектического материализма сводились к одной этой фразе, то, вряд ли М. П. Бронштейну стоило бы объявлять себя сторонником этой философии. Каждый физик скажет, что любая физическая теория, претендующая на правильность, должна удовлетворять требованиям принципа относительности, и отнюдь не будет считать это требование запретом, суживающим, громко выражаясь, «свободу научного исследования». Напротив, тот факт, что удалось установить такие общие принципы, удовлетворение или не-удовлетворение требованиям которых может служить критерием правильности той или иной частной теории, является величайшей победой науки, существенно облегчающей ее дальнейшее продвижение вперед. К такого рода принципам принадлежат, по Энгельсу, и законы сохранения, и вся предыдущая история физики является блестящим подтверждением этого положения.

4. Как очень ясно рассказано в статье М. П. Бронштейна, в атомной физике сегодняшнего дня вопрос о законе сохранения энергии тесным образом связан с гипотезой нейтрино. Во всяком случае, сегодня эта гипотеза представляет собой единственную попытку примирить результаты опытов Эллиса с законом сохранения.

В первоначальной своей формулировке, переданной у Бронштейна, мысль Паули о существовании нейтрино носила исключительно качественный характер. Однако это положение вещей существенно изменилось, после того, как в начале этого года Ферми удалось на основе гипотезы нейтрино построить количественную теорию явлений бета-распада.

В интерпретации Ферми бета-распад происходит так: один из находящихся в ядре нейтронов превращается в протон, и одновременно с этим возникают электрон и нейтрино. При всем этом процессе закон сохранения энергии строго удовлетворяется и кажущееся несохранение происходит лишь от того, что часть энергии забирает не улавливаемое калориметром Эллиса нейтрино.

Если предположить, что нейтрино отличается от электрона только тем, что оно имеет заряд нуль и другую массу, т. е. что его уравнения движения получаются из уравнений Дирака для электрона просто путем внесения этих двух поправок, то на основе этих представлений

совсем нетрудно, применяя обычные законы квантовой механики, построить количественную теорию бета-распада. В качестве конкретного результата этой теории, мы получаем формулу для распределения бета-электронов по скоростям, т. е. выражение для количества бета-электронов определенной скорости, испускаемых данным атомом в единицу времени.

Численная проверка этой формулы затрудняется тем, что, помимо известных величин, в нее входят также некоторые введенные в ходе расчета константы, точное значение которых нам неизвестно. Поэтому основной проверкой здесь может служить не столько сравнение теоретических и экспериментальных цифр для каждого отдельного дающего бета-лучи элемента, сколько выявление закономерностей явления, общих для ряда элементов. Так например, на основе теории Ферми можно выявить ту связь, которая должна существовать между полным количеством испускаемых в единицу времени бета-электронов и максимальной скоростью этих электронов. Проверая эту связь на ряде элементов, мы можем убедиться в справедливости или несправедливости данного вывода теории.

Замечательно, что все основные характеризующие бета-распад закономерности передаются теорией Ферми правильно. Так например, тот факт, что все элементы распадаются на две группы, для каждой из которых связь между количеством бета-электронов и их максимальной скоростью имеет различный вид, а также форма кривой распределения этих электронов по скоростям, объясняются в общем совершенно непринужденно.

Никакой физик не может, разумеется, сказать того, что успех теории Ферми дает однозначное решение «проклятых вопросов» теории бета-распада в пользу гипотезы нейтрино. Для физика эта гипотеза может превратиться в факт только тогда, когда экспериментаторы найдут фактический способ улавливания переносимой нейтрино энергии. Но при критическом сравнении имеющихся сегодня аргументов, умолчание об этом успехе является некоторым искажением перспективы.

5. Физика атома находится накануне новых переворотов. Релятивистская теория квант огнюдь не будет получена простой модификацией уравнений нынешней теории; создание ее будет связано с переворотом наших воззрений быть может столь же глубоким, как тот, которым сопровождалось появление не-релятивистской квантовой механики. Применение классических понятий будет там, безусловно, связано с новыми ограничениями.

Ясное понимание этой перспективы не должно, однако, приводить нас к отказу от всяких общих точек зрения и к сдаче позиций перед философией «все может быть». Такая философия именно потому, что она неверна — бесплодна.

Выясняя те качественно новые законы, которые управляют внутриядерными явлениями, мы не можем игнорировать тех общих законов, которые являются выражением колоссального количества ранее открытых естествознанием фактов и глубоко принципиальное значение которых открывает нам марксистская философия. Среди них на первом месте стоит закон неразрушимости движения, количественным выражением которого является факт сохранения энергии при всяких превращениях движения.