

мимо непосредственно наблюдения нового явления необходима была психологическая готовность его воспринять.

Необходимо было и общее физическое чутье к перспективам, которые новое явление открывало. О том, что А. Ф. Иоффе обладал таким чутьем, свидетельствует резолюция семинара, состоявшегося в Физико-техническом институте по получении телеграммы от Чедвика об открытии нейтрона. Эта резолюция нашла отражение в телеграмме, посланной Чедвику, что коллектив ФТИ, возглавляемый А. Ф. Иоффе, включается в исследования физики нейтронов. Иоффе, не занимавшийся лично частицами и ядром, проявил огромную интуицию и почувствовал общечеловеческое значение открытия нейтрона.

Нейтроны не нуждаются в преодолении кулоновского энергетического барьера для осуществления ядерных реакций. Поэтому, именно открытие нейтронов заложило основу атомной энергетики со всеми ее великими и ужасными следствиями. Это открытие радикально изменило творческую биографию и личную судьбу многих физиков.

Нейтрино

К началу 30-х гг. в физике возникла серьезная проблема, связанная с испусканием электронов при β -распаде. В этом процессе наблюдалось постоянное нарушение закона сохранения энергии: энергия электронов не была фиксированной, равной разности энергий покоя начального и конечного ядер E_{max} . В пределах от $E_0 = mc^2$ до максимального значения E_{max} вылетающие электроны обладали самыми разными значениями энергий — наблюдался непрерывный спектр энергий этих частиц. Это было совсем удивительно, особенно после того, как установили, что уменьшение энергии электронов по сравнению с ожидаемой величиной нельзя приписать взаимодействию электронов с электронами атома. Возникла проблема несохранения энергии в β -распаде.

Из закона сохранения энергии следовало, что электроны должны вылетать со строго определенной энергией, равной разности энергий покоя начального и конечного ядер. На опыте электроны никогда не обладали этой энергией, наблюдался непрерывный

энергетический спектр электронов. Н. Бор и Х. А. Крамерс в этой связи вообще обсуждали возможность того, что в микромире закон сохранения энергии не справедлив, т. е. что энергия сохраняется только в среднем.

Другое решение предложил В. Паули в своем шутовском письме геттингенским физикам, датированном 6 декабря 1930 г., вперемешку с сожалениями по поводу своего отсутствия на конференции, на которую он никак не может поехать — очень уж интересные балы ожидаются у них в эти дни в Цюрихе. Само содержание письма наверняка требовало такого легкомысленного обрамления. Паули предлагал новую частицу, спасающую от несохранения энергии в β -распаде. Он предположил, что существуют легкие нейтральные частицы, вылетающие вместе с электронами при β -распаде и уносящие недостающую энергию. Полная энергия, выделяемая при β -распаде, в этом случае практически никогда не может перейти к электронам. Часть этой энергии наверняка унесут гипотетические частицы. Масса частицы, предложенной Паули, не должна была существенно превышать массу электрона. Это следовало и из опытов по β -распаду и из измерения масс ядер. Не очень серьезное отношение Паули к собственной идее определялось, по-видимому, тем, что он привлекал новую, трудно наблюдаемую частицу для решения имевшихся трудностей. «Я сделал сегодня что-то ужасное. Физик-теоретик никогда не следует делать ничего такого. Я предложил нечто, что никогда нельзя будет проверить экспериментально», — так сам Паули комментировал свою идею.

Предлагая новую проникающую частицу — *нейтрино*, Паули уверенно заключал пари, что ее существование никогда не будет проверено. Двадцать пять лет спустя ему пришлось признать, что пари проиграно. В мощных пучках нейтрино от ядерных реакторов*) и ускорителей стало возможно наблюдать реакции взаимодействия нейтрино. Нейтринная физика заняла прочное место в современной физике элементарных частиц. Развита нейтринная астрофизика и нейтринная астрономия. Нейтринные телескопы на-

*) Сам процесс деления ядер урана в реакторе не дает нейтрино, однако образующиеся ядра-осколки радиоактивны; именно с этой радиоактивностью связаны и биологическая опасность деления, и испускание нейтрино.

строены на поиск невидимых астрономам процессов в глубинах Вселенной и в недрах звезд. Без решающей роли нейтринных процессов теоретическая астрофизика не мыслит конечной судьбы звезд. Со свойствами нейтрино связывают наблюдаемое распределение галактик и невидимую массу Вселенной. А ведь немногим более 50 лет назад все это казалось невыполнимым самому Паули. *

Позитрон

Психологический барьер преодолеть трудно. Встреча с новым явлением прежде всего вызывает желание интерпретировать его в рамках привычных понятий. Это своеобразная экономия терминов, экономия представлений. Это разумный консерватизм. В истории физики он часто помогал развитию науки. Но после первого периода рождения идей его приходилось преодолевать для дальнейшего движения вперед.

Предложив свою интерпретацию состояний электронов с отрицательной энергией, выдвинув гипотезу о «дырках» в море таких состояний, П. А. М. Дирак также следовал «принципу экономии»: «Незаполненные состояния с отрицательной энергией представятся нам как нечто с положительной энергией потому, что для того чтобы оно исчезло, т. е. заполнилось, необходимо внести туда один электрон с отрицательной энергией. Мы предполагаем, что эти незаполненные состояния с отрицательной энергией суть протоны». Экономия естественная. Единственная известная положительно заряженная частица — протон. Экономия требовала отождествить состояния положительно заряженных частиц с состояниями протона. Но масса протона почти в две тысячи раз превышает массу электрона. Такое отождествление не представлялось удовлетворительным, поскольку в теории была установлена строгая симметрия состояния «дырок» и электронов — они должны были обладать одинаковой массой. Более того, теоретики указывали на фундаментальную трудность отождествления протона и «дырки» — нестабильность атома. Из теории Дирака следовало, что при столкновении электрона и «дырки» должна была происходить их аннигиляция — превращение в пару жестких γ -квантов. Отождествление