

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 невозможным 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  $\gamma$ -квантов. Отождествление

«дырок» с протонами было несовместимо со стабильностью материи относительно такой аннигиляции: электрон и протон в атоме водорода не аннигилируют. И в 1931 г. Дирак формулирует свое замечательное предсказание: ««Дырка», если бы она существовала, была бы частицей нового сорта, неизвестной в экспериментальной физике. Поскольку у этой частицы была бы масса электрона, а заряд положительного знака, мы можем назвать эту частицу антиэлектрон. Поскольку антиэлектроны быстро аннигилируют с электронами, не следует ожидать, что любую такую частицу легко обнаружить. Но если эти частицы создавать экспериментально в высоком вакууме, они будут достаточно стабильны и их можно будет наблюдать».

По высказанной точке зрения, протоны никак не связаны с электронами. Можно предположить, что протоны имеют свои собственные состояния с отрицательной энергией, которые обычно все заполнены. Незаполненное состояние с отрицательной энергией будет эквивалентно антипротону. Теоретически совершенно непонятно, почему должна существовать какая-либо разница между случаем протонов и случаем электронов».

В начале века ускорителей не было. Первыми ускорителями были рентгеновские трубки с энергией электронов до 50—100 кэВ. Исследования велись с помощью естественных природных источников частиц высокой энергии. Это — радиоактивные ядра, использовавшиеся школой Резерфорда. Но был и другой источник — космические лучи.

Космические лучи были открыты в 1910 г. Они интенсивно изучались физиками разных стран. В 1928—1929 гг. Д. В. Скобельцын провел свои исследования с помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитное поле. В полученных им снимках наблюдались аномалии, но эти аномалии не получили определенной интерпретации. В 1932 г. Андерсен в США, применив более мощное поле, обнаружил следы частицы, отклонявшейся в магнитном поле подобно электрону, но в противоположную сторону. Частицы отклонялись как электроны с положительным зарядом, т. е. как антиэлектроны — *позитроны*. Отказ Дирака от экономии на числе различных типов частиц оказался плодотворным.