

(Окончание. Начало см. в ном. от 24 марта)

Загадочные нейтрино

Б. Понтекерво,

член-корреспондент Академии наук СССР.

☆☆☆

Как выяснилось после открытия других элементарных частиц, особенно мезонов, нейтрино принимает участие и в других процессах, помимо бета-распада ядер. Его присутствие обнаруживается всегда, когда энергия как будто исчезает. Кстати, в этих процессах характер «несохранения» энергии более чем подозрителен и требует существования нейтрино даже более ясно, чем в случае бета-распада. Так, например, в одном виде процессов распада мезонов всегда исчезает определенная энергия. Если бы эти процессы были известны раньше, чем бета-распад, быть может, не было бы необходимости в гении Паули для изобретения нейтрино — этого непойманного вора энергии.

Я надеюсь, что сказанного достаточно, чтобы убедить читателя в теоретической обоснованности существования нейтрино. Но нельзя забывать, что, несмотря на свою неуловимость, нейтрино вполне материально и, в принципе, доступно регистрации, что его «ненаблюдаемость» вызвана лишь трудностями экспериментальной техники. Поэтому физики, равно как и читатели этой статьи, вправе требовать «железной» проверки гипотезы нейтрино. Поймать «неуловимое», зафиксировать в физическом приборе эффект, вызванный нейтрино вдали от источника его возникновения, — вот что было необходимо для того, чтобы снять мистический ореол с этой таинственной частицы.

Как мы видели, для того, чтобы нейтрино прореагировало с веществом, оно должно быть пропущено сквозь астрономическую толщину вещества. Но чтобы поймать его в условиях эксперимента, можно пропускать «астрономическое» число нейтрино сквозь далекую от фантастической, скажем, метровую толщину жидкого или твердого вещества.

НА ПОМОЩЬ пришло открытие и техническое освоение атомной энергии. Известно, какое огромное значение в науке и технике имеют ядерные реакторы — устройства, где в большом масштабе совершается деление ядер урана нейтронами. В каждом акте деления образуется несколько бета-радиоактивных ядер. Поэтому мощный урановый реактор как раз и есть нужный нам весьма интенсивный источник нейтрино.

Рассмотрим, например, атомный реактор мощностью в несколько сотен тысяч киловатт. Полный поток энергии нейтрино, испускаемых этим реактором, по расчетам составит десятки тысяч киловатт. Очень много! И все же уловить «проскальзывающие» частицы крайне трудно. Сквозь защиту этого реактора, поглощающую все другие частицы, будет проникать 10 тысяч миллиардов нейтрино в секунду через каждый квадратный сантиметр.

Но как зафиксировать действие нейтрино? Здесь помогает теория. Она предсказывает, что

должны иметь место процессы, в которых нейтрино поглощается протоном, превращающимся в нейтрон с испусканием электрона. Такие процессы, как бы обратные бета-процессам, и были обнаружены в блестящем и трудном опыте американскими физиками Райнсом и Коуэном. Можно рассчитать, что нейтрино от нашего реактора, бомбардирующее тонну водородосодержащего вещества (иначе говоря, запас протонов), должны вызывать ежедневно около ста превращений протона в нейтрон. Эти превращения можно обнаруживать при помощи хорошо известных экспериментальных методов ядерной физики, способных регистрировать прохождение заряженных частиц.

И это предвидение сбылось. «Неуловимая» уникальная частица была, наконец, поймана. Она занимает сейчас прочное место в семье фундаментальных «кирпичиков» материи.

ФАНТАСТИЧЕСКАЯ проникающая способность нейтрино является отражением его чрезвычайно слабого взаимодействия с другими частицами. Между прочим, такое же взаимодействие испытывают и все другие элементарные частицы. Однако они наряду со слабыми испытывают и иные, несравнимо более сильные взаимодействия. Поэтому-то их проникающая способность измеряется только, скажем, десятками сантиметров чугуна. А нейтрино уникально тем, что оно подвержено только слабым взаимодействиям, являясь, так сказать, их чистейшим представителем.

Урановые реакторы помогли выяснить еще одну важную характеристику нейтрино. Известно, что в природе имеется очень красивая симметрия, которая в последние несколько лет была окончательно подтверждена рядом фундаментальных опытов. Симметрия эта состоит в том, что каждой частице соответствует двойник — античастица, имеющая одинаковую массу, а все «заряды» — противоположного знака. Под «зарядом» здесь понимается любая внутренняя характеристика частицы, которой приписывается знак: или положительный, или нейтральный, или отрицательный.

Неотъемлемыми свойствами любого вида заряда (не обязательно электрического) являются неуничтожаемость и дискретность, то есть способность принимать только вполне определенные значения. Ясно, что электрически заряженная частица, скажем, отрицательный электрон, будет отличаться от своей античастицы — положительного электрона. Но и электрически нейтральная частица может отличаться от своей античастицы. Конечно, если все заряды данной частицы равны нулю, то частица тождественна со своей античастицей. Она истинно

нейтральна, то есть лишена всех зарядов.

А как обстоит дело в случае нейтрино? Читатель уже знает, что оно электрически нейтрально. Но является ли нейтрино истинно нейтральным? Отличается ли оно от антинейтрино? И вот опыты с реактором дали следующий ответ: да, нейтрино и антинейтрино — разные частицы. Нейтрино имеет незлектрический, так называемый нейтринный заряд.

Природа этого заряда очень любопытна. Она выяснилась только несколько лет назад, особенно благодаря теоретическим работам китайских физиков Ли и Янга и советского физика Ландау. Оказывается, что нейтрино и антинейтрино вращаются в разные стороны по отношению к направлению их движения. В этом и состоит единственная разница между ними. Сущность нейтринного заряда — это «спиральность», причем нейтрино будет напоминать штопор с левыми витками, а антинейтрино — штопор с правыми витками.

А сейчас я должен извиниться перед читателями: выше я говорил для простоты, что урановый реактор — источник нейтрино, но это неверно: в действительности, если исходить из общепринятого определения, реактор испускает антинейтрино.

То, что я рассказывал до сих пор, — это прошлое нейтрино. Но исследования свойств этой частицы бурно развиваются, и мне хочется сказать хотя бы несколько слов о нерешенных загадках. Речь идет о физике нейтрино высоких энергий — новой области исследований элементарных частиц, только что созданной работами советских и зарубежных физиков.

Нейтрино, рождающиеся в реакторах, обладают энергией в несколько миллионов электронвольт. Это в миллион раз больше энергии электронов в атоме. Но сегодня, когда имеются машины, ускоряющие частицы до десятков миллиардов электронвольт, реакторы уже рассматриваются как источники нейтрино «низкой энергии». Но дело не только в величине энергии: физика нейтрино высоких энергий исследует нейтрино «мезонной» природы, то есть частицы, рождающиеся при распаде мезонов.

Здесь сразу же возникает вопрос. Являются ли «неуловимые» нейтрино, испускаемые в совершенно разных процессах, тождественными частицами? То есть, говоря, отличаются ли чем-нибудь «мезонные» нейтрино, испускаемые распадающимися мезонами от «электронных нейтрино» — уже знакомых читателю частиц, рождающихся в процессах бета-распада? Вот один из центральных вопросов сегодняшней физики. Решение этой проблемы требует огромных средств и гигант-

ских ускорителей, разгоняющих заряженные частицы до энергии в

десятки миллиардов электронвольт. В них можно получить интенсивные пучки мезонов, которые, распадаясь, создают потоки нейтрино мезонной природы. Эксперименты такого рода ведутся сейчас в различных лабораториях мира.

Я ХОЧУ упомянуть об интересной проблеме, которая, быть может, будет связана с ломкой наших представлений о пространстве в области чрезвычайно малых расстояний (в десятки тысяч раз меньше миллиардной доли миллиметра). Речь идет о зависимости интенсивности взаимодействия нейтрино от их энергии. Как я уже сказал, нейтрино очень слабо взаимодействуют с другими частицами. Но оказывается, что интенсивность этого взаимодействия относительно растет, когда энергия нейтрино увеличивается.

Теперь можно задать вопрос: будет ли этот рост продолжаться непрерывно? Если это так, то при фантастически высоких энергиях взаимодействие нейтрино станет просто сильным. Я лично надеюсь, что так и будет: это означало бы, что мы сегодня знаем о нейтрино больше, чем нам положено. К сожалению, пройдет очень много времени до того, когда мы сможем получить прямой ответ на этот вопрос при помощи нейтрино сверхвысоких энергий. Но косвенным образом, может быть, удастся это сделать при исследовании свойств распада мезонов.

Физике нейтрино предстоит решить и другие задачи. Об одной из них я хочу коротко рассказать, поскольку она имеет первостепенную важность для понимания законов, которым подчиняется микромир. Имеет ли место рассеяние нейтрино электронами, то есть могут ли электроны отклонять нейтрино с той же вероятностью, с какой происходят все другие процессы, в которых участвуют нейтрино? Поставить соответствующий эксперимент, по-видимому, будет не просто. Здесь хочется только отметить, что этот сугубо абстрактный вопрос, интересный, казалось бы, только для физики элементарных частиц, имеет большое значение и в астрофизике. Действительно, недавно было показано, что гипотеза существования электрон-нейтринного взаимодействия приводит к мысли о новых мощных механизмах потери энергии звездами, основанных на испускании пар нейтрино-антинейтрино.

Нигде так ясно не проявляется связь между микромиром и космосом, как в физике нейтрино. Но проблем нейтринной астрономии и космологии много. К тому же читатель, наверное, чувствует, что сегодня он уже получил, по меньшей мере, годовую дозу нейтрино.

ЗА КСММУНИЗМ. 3 стр.

Вторник, 27 марта 1962 года