

самого по себе достаточно для констатации существования мезона с массой покоя 264 *m*.

π^0 -мезон образуется также при столкновениях других частиц высоких энергий, например, в процессах

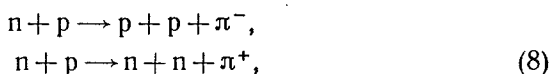


Аналогичным образом, открытие и подтверждение существования других элементарных частиц нередко основаны на использовании законов сохранения энергии и импульса.

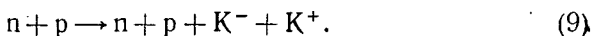
15.3. Заряд

В пределах точности измерений можно утверждать, что все известные элементарные частицы имеют заряды $+e$, $-e$ или заряд, равный нулю. Далее, опять-таки в пределах точности измерений, ни разу не был зарегистрирован ни один процесс столкновения, при котором не соблюдался бы закон сохранения заряда. Например, неотклоняемость нейтронов в однородных электрических полях позволяет рассматривать заряд нейтрона как равный нулю с точностью до 10^{-17} заряда электрона.

Применяя закон сохранения заряда к реакциям



можно приписать π^- - и π^+ -мезонам заряды соответственно $-e$ и $+e$. Другие частицы образуются в виде положительно-отрицательных пар, как, например:



Здесь из закона сохранения заряда следует, что заряды частиц K^- и K^+ должны быть равнопротивоположны.

Итак, мы полагаем, что заряды всех элементарных частиц с большой точностью равны $\pm e$ или нулю. Независимые косвенные данные о сохранении и квантовой природе зарядов элементарных частиц связаны с тем, что величина заряда частицы q участвует в выражении, определяющем импульс частицы p через измеренный радиус ρ круговой орбиты частицы в магнитном поле \mathbf{B} :

$$B\rho = \frac{cp}{q}. \quad (10)$$

Это соотношение было выведено релятивистским путем в гл. 13. Измерения радиуса ρ являются важнейшим средством определения импульса и проверки соотношения (3) между энергией и импульсом. Отклонение заряда частицы от его принятого значения $\pm e$ повлияло бы на вычисленные значения как импульса, так и энергии частицы. Это в свою очередь привело бы к кажущемуся нарушению сохранения энергии и импульса в реакциях. В большинстве случаев,

однако, для столкновений, порождающих нестабильные частицы, уравнение (3) не может быть проверено с большой точностью, так как измерения кривизны траекторий лишь в редких случаях могут производиться с ошибкой менее 1%. Прямое экспериментальное подтверждение равенства зарядов $\pm e$ или нулю с очень высокой точностью (с погрешностью менее $10^{-15} e$) получено только для стабильных элементарных частиц: протона, нейтрона, электрона, фотонов и нейтрино.

15.4. Время жизни

Распад нестабильных частиц сильно отличается от тех видов разрушения, или распада, которые мы обычно наблюдаем. Вероятность смерти в течение ближайшего часа выше для пожилого человека, чем для молодого; бактерия не испытывает деления непосредственно после своего рождения и делится только по истечении определенного времени; старый автомобиль сломается скорее, чем новый. Во всех этих случаях вероятность того или иного вида распада зависит, в частности, от предыстории объекта, имеющейся к данному моменту: объекты, просуществовавшие дольше, более склонны испытать то или иное разрушение. С другой стороны, бесспорным экспериментальным фактом является то обстоятельство, что вероятность распада элементарной частицы, или ядра любого радиоактивного изотопа, или, наконец, возбужденного атома или молекулы не зависит от продолжительности существования частицы. Свободный нейтрон нестабилен, но длительно существовавший нейтрон ничем не отличается от нейтрона, только что ставшего свободным. Предсказать момент распада заданной нестабильной частицы невозможно. Воспроизводимое значение имеет лишь среднее время жизни, установленное для большого числа частиц.

Вероятность $P_{\Delta t}$ того, что с момента t частица распадется в течение ближайшего короткого промежутка времени Δt , равна произведению Δt на некоторую постоянную $1/\tau$, характерную для частицы, но не для ее предыстории:

$$P_{\Delta t} = \frac{\Delta t}{\tau}. \quad (11)$$

Говоря «короткий промежуток времени», мы подразумеваем, что $\Delta t \ll \tau$. Для большого числа частиц N число частиц, распадающихся за промежуток Δt , равно $NP_{\Delta t}$. Распад этих частиц изменяет число частиц на $-\Delta t(dN/dt)$. Отсюда, используя равенство (11), получаем

$$NP_{\Delta t} = \frac{N\Delta t}{\tau} = -\Delta t \frac{dN}{dt}, \quad \frac{dN}{dt} = -\frac{N}{\tau}. \quad (12)$$

Решение уравнения (12) имеет вид

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau}, \quad (13)$$

где N_0 — число частиц в момент $t=0$.