ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО РАСПАДУ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЕЗОНОВ

В последнее время внимание физиков было привлечено экспериментами группы итальянских исследователей (Конверси, Панчини и Пиччиони [1]), проведших простые и изящные эксперименты по распаду отрицательных мезонов. Такое внимание объясняется резким несогласием эксперимента и обычной теории. Крупнейшие теоретики (Ферми, Теллер и Вайскопф [2], Уилер [3], Гамов [4], Вайскопф [5]) высказали своё мнение по этим вопросам (об этом смотри следующий реферат). Через два месяца после итальянской работы аналогичные эксперименты были проведены в Принстонском университете Сигургейрсоном и Ямакавой [6].

I. РАБОТА КОНВЕРСИ, ПАНЧИНИ И ПИЧЧИОНИ [1]

Для исследования распада мезонов авторы использовали регистрирующую аппаратуру, с успехом применённую в предшествующих работах [7—8]. На рис. 1 схематически изображено расположение счётчиков, свинцовых

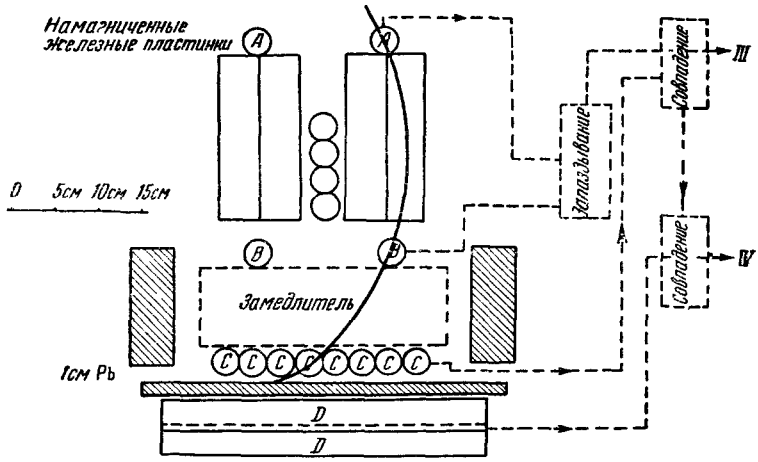

Рис. 1. Расположение счётчиков, замедлителя и намагниченных железных пластин в опытах Конверси и др. Все счётчики D соединены в параллель. Запаздывающие импульсы между A и III (и между B и III) создаются специальным мультивибратором.

экранов и поглотителя. Два магнита (длина 20 *см*, магнитная индукция 15 000 гаусс), помещённые между первой (*A*) и второй (*B*) группой счётчиков, во-первых, поглощают практически всю мягкую компоненту и, во-вторых, концентрируют в направлении счётчиков мезоны одного знака. Мезоны противоположного знака почти полностью выводятся за измерительную аппаратуру.

Третья группа счётчиков (*C*) должна считать электроны, образующиеся при распаде мезонов, остановленных в замедлителе, так как «совпадения» считаются только в том случае, если импульс от счётчиков третьей группы приходит в интервале от 1 *μсек* до 4,5 *μсек* после импульса в первых двух (*A* и *B*). Четвёртая группа счётчиков (*D* перекрывает пространственный угол, образуемый другими группами, и соединена с ними на совпадение. Третья и четвёртая группы счётчиков разделены пластинкой свинца, имеющей толщину 1 *см*, для того чтобы электроны распада не попали в счётчики *D*. Другие свинцовые блоки поставлены для того, чтобы предохранить счётчики от ливней.

Производя измерение тройных совпадений (*III*), получим число распавшихся мезонов (*M*) плюс число случайных совпадений. Случайные совпадения могут быть двух видов:

a) одна частица случайно даёт три импульса, смещённые друг относительно друга;

b) одна частица пересекает первые две группы счётчиков, а другая частица в подходящее время пересекает третью группу счётчиков. Или то же самое с тремя частицами.

Таким образом:

$$(III) = M + (a) + (b). \qquad (1)$$

Чтобы исключить (*a*) и (*b*), производят измерение четырёхкратных совпадений (*IV*). Легко вывести следующее равенство:

$$(IV) = (1 - P_{123})(a) + (1 - P_{12}P_3)(b), \qquad (2)$$

где P_{123} — вероятность того, что частица, прошедшая первые три группы счётчиков, не пройдёт через четвёртую группу, P_{12} — вероятность того, что частица, прошедшая первые две группы счётчиков, не пройдёт через четвёртую группу и т. д. Специальные измерения показали (путём сравнения соответствующих совпадений без запаздывания), что $P_{123} \approx P_{12}P_3 = 0{,}052$.

Таким образом, число распавшихся мезонов (*M*) можно получить, исключив $(a) + (b)$ из уравнения (1) с помощью уравнения (2):

$$M = III - IV - 0{,}055\, IV. \qquad (3)$$

Авторы произвели следующие эксперименты:

A) Отрицательные мезоны, останавливаемые в 4 *см* C + 5 *см* Fe.

B) Отрицательные мезоны, останавливаемые в 6,2 *см* Fe (6,2 *см* Fe приблизительно эквивалентны по потерям энергии 4 *см* C + 5 *см* Fe).

C) Положительные мезоны, останавливаемые в 4 *см* C.

D) Положительные и отрицательные мезоны, останавливаемые в 5 *см* Fe.

Результат измерений сведён в таблице I.

Эксперименты D) показывают, что в согласии с теорией отрицательные мезоны в отличие от положительных поглощаются ядром железа и не успевают распасться. Сравнение A) и B) даёт разницу в поведении отрицательных мезонов в железе и графите. Авторы не могли получить прямоугольную графитовую пластинку, поэтому использовали цилиндрический брусок со средней толщиной 4 *см*. Пятисантиметровая пластинка железа помещалась в случае A) под графитом, чтобы избежать рассеяния мезонов малой энергии, что могло бы расстроить фокусирующий эффект магнитов.

Таблица I

Знак мезонов	Поглотитель	*III*	*IV*	Продолжительность эксперимента в часах	Число распавшихся мезонов в час.
D { +	5 *см* Fe	213	106	$155^h\ 0^m$	67±6,5
D { −	5 *см* Fe	172	158	$206^h\ 00^m$	3
	без поглотителя	71	69	$107^h\ 45^m$	−1
C { +	4 *см* C	170	101	$179^h\ 20^m$	36±4,5
A { −	4 *см* C+5 *см* Fe	218	146	$243^h 00$	27±3,5
B { −	6,2 *см* Fe	128	120	$240^h\ 00^m$	0

Резкое отличие в поведении отрицательных мезонов в железе и графите не может быть объяснено современной теорией (смотри подробнее следующий реферат), так как для объяснения необходимо предположить, что вероятность распада и вероятность захвата — величины одного и того же порядка.

Сравнение A) и C) даёт разницу в поведении положительных и отрицательных мезонов в графите. Это сравнение можно рассматривать только как качественное из-за разного фокусирующего действия магнитного поля в обоих случаях. Авторы считают, что разница между A) и C) может быть объяснена двадцатипроцентным избытком положительных мезонов в жёсткой компоненте.

II. РАБОТА СИГУРГЕЙРСОНА И ЯМАКАВЫ[6]

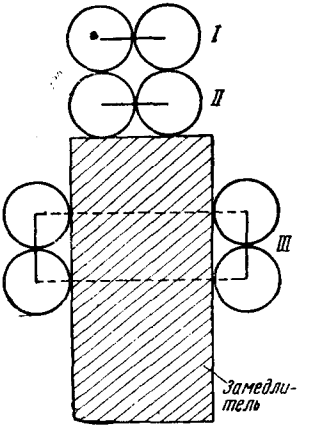

Рис. 2. Расположение счётчиков в опытах Сигургейрсона и Ямакавы.

Авторы исследовали распад мезонов в нескольких лёгких материалах. Расположение счётчиков показано на рис. 2. Замедлитель имеет размеры 2×4×14 дюймов. Диаметр и чувствительная длина счётчиков соответственно 1 и 12 дюймов. Число мезонов, попадающих в замедлитель, считалось с помощью двойных совпадений счётчиков I и II. Электроны распада считались четырьмя счётчиками III группы, которые срабатывали только в интервале от 1 *μсек.* до 6 *μсек* после совпадения I — II. В качестве замедлителей мезонов брались следующие вещества: Be, C, NaOH, Al, SiC и S. В настоящее время не получено ещё точной кривой для распада мезонов, но то, что получено, не показывает определённого несогласия со временем жизни 2,2 *μсек.* (Кривая распада изменяется при изменении интервала запаздывания счётчиков III группы.)

Для того чтобы сравнить распад мезонов в разных замедлителях, надо иметь в виду, что различные замедлители по-разному будут останавливать мезоны и поглощать электроны распада. Наиболее сравнимые результаты получились в бериллиевом и серном замедлителях, имеющих равную тор-

мозную способность. В этом случае одно и то же число мезонов будет остановлено в замедлителях и одинаковый процент электронов испытает поглощение, прежде чем достигнет счётчиков. Авторы производили измерения с замедлителем и без него, меняя замедлитель каждый день. В таблице II приведены результаты, полученные после 8 дней работы (единица в скобках означает, что величина условно принята за единицу).

Таблица II

Замедлитель	Be	S	Воздух
Масса	3290 г	3440 г	—
Относительная тормозная способность	1,05	(1,00)	—
Относительное число останавливаемых мезонов (согласно расчёту)	1,00	(1,00)	—
Совпадение I-II-III	219	213	29
Время наблюдения	58 часов	84,3 часа	44 часа
Совпадения в час, исправленные на фон	3,12±0,18	1,87±0,1	—
Относительное число распавшихся мезонов	1,67±0,14	(1,00)	—
Отношение полного числа мезонов на уровне моря к числу положительных мезонов[9]	—	—	1,8

Аналогичные результаты получены для других замедлителей и приведены в таблице III. При сравнении результатов надо помнить, что авторы не сделали поправку на поглощение электронов распада, однако они считают, что для испущенных электронов числа в таблице III должны быть уменьшены примерно на 20% для C и 10% для NaOH и SiC.

Таблица III

Замедлитель	Al	C	NaOH	SiC
Масса в граммах	4680	2730	3440	3780
Совпадения I-II-III, исправленные на фон и сведённые к равному числу остановленных мезонов	(1,00)	1,7±0,2	1,4±0,1	1,0±0,1

Цифры, приведённые в таблицах II и III, показывают: 1) что почти все отрицательные мезоны захватываются ядрами тяжёлых элементов и не захватываются ядрами лёгких элементов (число 1,67 для относительного числа распавшихся мезонов в Be и S или число 1,7 для Al и C близко к 1,8 — отношению полного числа мезонов к числу положительно заряженных);

2) что вероятность захвата отрицательных мезонов постепенно растёт с ростом атомного номера захватывающего ядра;

3) абсолютные вероятности захвата находятся в совершенном противоречии с теорией (смотри подробнее следующий реферат).

М. Рабинович

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. Conversi, at. al. Phys. Rev. 71, 209 (1947); 71, 557 (1947).
2. E. Fermi, at. al. Phys. Rev. 71, 314 (1947).
3. J. A. Wheeler, Phys. Rev. 71, 320 (1947).
4. G. Gamov, Phys. Rev. 71, 550 (1947).
5. V. Weisskopf, Bull. of Amer. Phys. Soc., 22, №2 (май), p. 2 (1947).
6. T. Sigurgeirsson and A. Yamakawa, Phys. Rev. 71, 319 (1947).
7. M. Conversi and O. Piccioni, Phys Rev. 70, 859 (1946).
8. M. Conversi and O. Piccioni, Phys. Rev. 70, 874 (1946).
9. D. J. Hughes, Phys. Rev. 57, 592 (1940).