

с 346.6e

Хачатурян М.Н.

+

X-29

БЗ-1-2999

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Н.Н. ХАЧАТУРИН

БЗ-1-2999

ПРОЕКТ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ПОИСКАМ ПРОМЕЖУТОЧНОГО
БОЗОНА НА 70 ГЭВ. УСКОРИТЕЛЕ.

с.ф. 1541

Руководитель лаборатории
и заместитель директора
28 X 1966

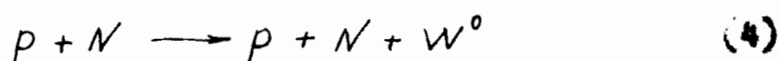
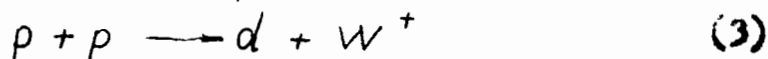
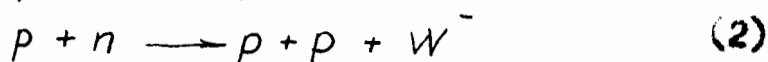
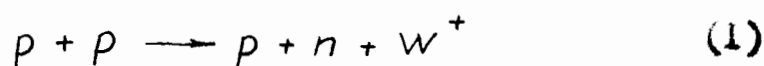
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

г. Дубна, м.я.,
1966 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о существовании или отсутствии промежуточного бозона в слабых взаимодействиях — экспериментальная проблема фундаментальной важности, решение которой существенно определит пути развития теории поля и элементарных частиц.

В настоящее время существует несколько вариантов теории промежуточного мезона в слабых взаимодействиях. Не входя в детали различных теорий промежуточного бозона, можно заметить, что масса его должна быть больше масс, существующих относительно долгоживущих бозонов для того, чтобы избежать ненаблюдаемых распадов^[1]. Последние экспериментальные работы^[2], выполненные на 30 Гэв-ном ускорителе свидетельствуют, что верхняя граница сечения генерации W - мезонов лежит в районе 10^{-34} см², а масса — порядка 6 Гэв или больше. В настоящем проекте предлагается эксперимент по обнаружению W - мезона на 70 Гэв. ускорителе. Промежуточные бозоны генерируются в реакциях:



В приводимых ниже расчётах сделаны следующие допущения:

1. Промежуточные бозоны распадаются под 0^0
2. Основными каналами распада W - мезона являются лептонные распады¹⁾.

1) В работе [3] показано, что лептонные распады остаются доминирующими с возрастанием массы W - мезона.

$$W \rightarrow \mu + \nu \quad (5)$$

$$W \rightarrow e + \nu \quad (6)$$

3. Масса W - мезона $M_W \geq 6$ Гэв.

2. Кинематика

Кинематический анализ процессов (1-6) показывает, что при $E_p = 60$ Гэв минимальные углы разлёта продуктов распада W - мезона равны:

Таблица 1

$M(W)$, Гэв	6	7	8	8,5
θ_{min} (л.с.к.)	12	14	16,5	18
E_e , Гэв	28,9	28,6	28,0	27,0

можно показать, используя законы сохранения, что ни один другой процесс не может под данным углом генерировать лептоны с энергией около 30 Гэв. Последнее утверждение сделано в предположении, что частицы, обладающие лептонными модами распада, в основном рождаются в взаимодействиях с малой передачей импульса и, следовательно, в л.с.к. имеют направления вылета близкие к 0° . В настоящее время известен только один резонанс с массой больше 1 Гэв (ψ - мезон, $M=1020$ Мэв), для которого принципиально возможен распад на два лептона.

Энергия электронов распада ψ - мезона под углом $\theta_{\min}(M = 6 \text{ ГэВ})/2 = 6^\circ$ примерно равна 5 ГэВ, что почти в шесть раз меньше энергии электронов распада W - мезона. Необходимо ещё отметить, что указанный канал распада характеризуется малой вероятностью и до настоящего времени достоверно не установлен. Сравнение экспериментально полученных энергетических спектров под данным углом с расчётным при энергиях, ниже и выше порога рождения W - мезона (для фиксированного значения массы) открывает принципиальную возможность исследовать вопрос о существовании тяжелой частицы, распадающейся на лептоны, с использованием сравнительно простой экспериментальной техники и мишени, расположенной внутри вакуумной камеры ускорителя.

3. Расчёт статистики

Расчёт статистики производился для детектора размерами $48 \times 48 \text{ см}^2$, расположенного на расстоянии 24 метров от мишени. Угловой интервал, охватываемый детектором размерами $48 \times 48 \text{ см}^2$ равен $\Delta\theta = \pm 35'$. Причём наименьшему углу вылета $5^\circ 25'$ соответствует масса около $M = 5,4 \text{ ГэВ}$. Если предполагать, что все W - мезоны рождаются под углом 0° и распадаются изотропно, то угловому интервалу $\Delta\alpha = 80^\circ - 100^\circ$ в системе покоя W - мезона в л.а.б.с.к. соответствует угловой интервал $\Delta\theta = 5^\circ 00' - 7^\circ 06'$ ($M_w = 6 \text{ ГэВ}$). На указанный угловой интервал приходится примерно около 20% всех распадов. При интенсивности пучка $3 \cdot 10^{12}$ протонов/цикл; частоте циклов 0,1 в секунду, медной мишени длиной 10 см и сечении генерации W - мезонов

$\sigma_w = 10^{-34} \text{ см}^2$ можно получить примерно 10^5 W/час и с учётом геометрии опыта $7 \cdot 10^2$ отсчётов / час. Аналогичные расчёты для W- мезонов с массой 6,7,8 и 8,5 Гэв приведены в таблице 2.

Таблица 2

M_w , Гэв	6	7	8	8,5
$\Delta \theta$ (л.с.к.)	5 ⁰ -7 ⁰	6-6,5	7-10	7,5-11
ΔE_e , Гэв	24-34	23,5-33,5	23-33	22,5-31,5

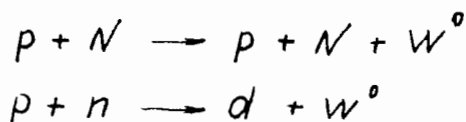
В реакции $p+p \rightarrow d+W$ появляется возможность существенно повысить надёжность эксперимента, если одновременно спектрометрировать как электрон от распада W- мезона, так и дейтрон. Расчёты показывают (см.таблицу 3), что дейтроны имеют направления вылета в л.с.к. очень близкие к 0⁰ и кинематические энергии порядка нескольких Гэв (рассматриваются взаимодействия с малой передачей импульса).

Таблица 3

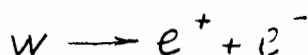
M_w , Гэв	6	7	8	8,5
Δd (d) с.д.м.	175 ⁰ -180 ⁰	175 ⁰ -180 ⁰	175 ⁰ -180 ⁰	175 ⁰ -180 ⁰
$\Delta \theta$ (d) л.с.к.	0 ⁰ -6,5 ⁰	0 ⁰ -4 ⁰	0 ⁰ -1 ⁰ 50	0 ⁰ -0 ⁰ 47
ΔE_k (d) л.с.к. Гэв	1,23-1,30	1,81-1,87	3,10-3,13	4,68-4,70

В случае ψ -мезонов с $N-1020$ Мэв дейтроны, образующиеся в реакции $p+n \rightarrow d+\psi^0$, распределены уже в угловом интервале $0^\circ-16,5^\circ$, а кинематические энергии в интервале $0,48-0,59$ Гэв. Спектрометрирование дейтронов позволяет, с другой стороны, не только увеличить надежность опыта, но косвенно по величине недостающей массы восстановить M_w . Для проведения данного опыта видимо необходим выведенный пучок протонов, но не исключено, что его удастся осуществить и без вывода пучка с внутренней мишени.

Наконец, существует ещё одна интересная возможность, связанная с поисками нейтральной тяжёлой частицы, который мог бы служить аналогом нейтрального промежуточного бозона. Хотя этот вопрос остается спорным в теоретическом плане тем не менее в ряде работ дискутируется возможность существования подобной частицы и в этом смысле представляется интересным решить эту проблему экспериментально. Указанные мезоны могли бы генерироваться в реакции:



и распадаться по схеме:



В этом случае масса W -мезона может быть восстановлена непосредственно-измерением энергий электронов и угла θ между ними. Этот метод, который впервые был предложен ЛВЭ ОИЯИ описан в работе [7].

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

В данном проекте предполагается детектировать электроны, которые образуются в результате распада W -мезона. Этот

канал распада удобен тем, что позволяет измерять с высокой точностью энергию электронов. По оценкам энергия электронов может быть измерена с помощью черенковских γ -спектрометров с точностью около $\pm 1\%$, что составляет всего $350 \text{ Мэв} \cdot 4$. Для увеличения достоверности данных используется система искровых камер со свинцовыми пластинами в промежутках суммарной толщиной порядка нескольких рад.ед. Система совместно работающих искровых камер и черенковского γ -спектрометра [5,6,7] позволяет с высокой надежностью идентифицировать события.

В ы в о д и

1. В эксперименте по поискам промежуточного бозона используется мишень внутри вакуумной камеры ускорителя.
2. Для осуществления указанного эксперимента можно использовать пучок интенсивностью порядка $10^9 - 10^{10}$ протонов в цикле.
3. Имеется полностью готовая и действующая аппаратура для осуществления предлагаемого эксперимента.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М.А.Карпов. Нейтрино. Издательство "Наука" 1964г.
2. Phys.Rev.Lett. 15, 830 (1965) . R.Davis et. al.
3. N.Scienta 36, 542 (1965) V.Nomias and L.Holtzstein
4. М.Н.Хачатурян, В.С.Пантуев, М.А.Азиев. Препринт ОИЯИ
2240 (1965)
5. М.А.Азиев, В.С.Пантуев, М.Н.Хачатурян, И.В.Чувильо.
Препринт ОИЯИ, 1730 (1964)
6. М.А.Азиев, В.Г.Колесник, В.С.Пантуев, И.В.Сильвестров,
М.Н.Хачатурян. Препринт ОИЯИ Р-2436 (1965)
7. М.А.Азиев, А.М.Балдин, В.С.Пантуев, М.Н.Хачатурян,
И.В.Чувильо. ~~Препринт~~ ОИЯИ Б-7-2070 (1964)