Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 2

ФИЗИКА

В. А. ЛЮБИМОВ, Г. П. ЕЛИСЕЕВ и В. К. КОСМАЧЕВСКИЙ

СПЕКТРЫ π-МЕЗОНОВ НА УРОВНЕ МОРЯ ПОД СВИНЦОВЫМИ ФИЛЬТРАМИ РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

(Представлено академиком А. И. Алихановым 28 I 1955)

Измерение ионизации индивидуальных частиц с высокой точностью (~10%), осуществляемое на масс-спектрографе при помощи 4-слойного пропорционального счетчика, значительно расширяет пределы экспериментальных возможностей, поскольку позволяет распространить исследование спектров частиц на область неионизационных остановок в широком интервале импульсов. Случаи ядерных взаимодействий и другие явления, происходящие с частицами в улавливающих фильтрах, являвшиеся непригодными для рассмотрения при измерении импульса и пробега частиц, могут быть однозначно идентифицированы по ионизации и импульсу.

Так, по ионизации и импульсу оказалось возможным построить полный спектр π-мезонов. Вплоть до граничного импульса, который соответствует максимальному ионизационному пробегу π-мезонов в улавливающем устройстве, π-мезоны отделяются от μ-мезонов по импульсу, пробегу и ионизации, а спектр полученных частиц соответствует полному спектру. Для частиц с импульсом больше граничного импульса остановки частиц в улавливающих фильтрах будут происходить только в результате ядерных взаимодействий, и для построения полного спектра потребуется умножить число неионизационных остановок на коэффициент, зависящий от количества веществ в улавливающих фильтрах и от сечения взаимодействия π-мезонов. Вплоть до импульса $p = 10^9$ эв/c π-мезоны (и другие ядерноактивные частицы) легко отличаются от протонов по ионизации, с другой стороны, μ-мезоны с такими импульсами не могут остановиться в улавливающих фильтрах ввиду своей ядерной неактивности. В области импульсов $p > 10^9$ эв/c, где ионизация протонов становится малой, берутся частицы отрицательного знака. Полные спектры π-мезонов под 2; 5; 10 и 40 см Pb приведены на рис. 1. Полный спектр π-мезонов под 5 см Pb получен на установке с графитовым улавливающим устройством (20 $\frac{г}{см^2}$ C) за 844 часа работы установки. Резкий передний спад спектра может быть объяснен тем, что на протяженной установке с малым телесным углом, каким является масс-спектрограф, преимущественно регистрируются частицы, рожденные в звездах с узким конусом разлета частиц, и, наоборот, «мягкие» π-мезоны, выходящие из звезд под большими углами, будут фиксироваться установкой в малом числе. (Это является также одной из причин существования переднего спада в спектре протонов (1).)

Максимум спектра находится в области неионизационно остановившихся частиц и располагается на значении импульса $\sim 1{,}9 \cdot 10^8$ эв/c. Вплоть до импульса $7 \cdot 10^8$ эв/c спектр частиц, отложенный в двойном логарифмическом масштабе, хорошо описывается степенной функцией

и укладывается на прямую линию с наклоном, соответствующим показателю степени $\gamma = 3$. Этот показатель степени в данном спектре π-мезонов находится в полном согласии с показателем спектра π-мезонов, генерированных нейтральной компонентной, полученным в работе ([2]). В области импульсов $7—12 \cdot 10^8$ эв/c в спектре наблюдается аномальное возрастание числа частиц, выходящее за пределы статистических ошибок. В этой области импульсов наблюдено 7 частиц, из которых 2 отрицательные и 5 положительных. Знаменательно то, что ионизация этих частиц в среднем составляет $1{,}14 \pm 0{,}06\ I_{min}$, в то время как ионизация π-мезонов должна быть порядка $1{,}02\ I_{min}$. Ионизация протонов в этой области импульсов еще достаточно велика ($2 \div 2{,}5\ I_{min}$), и положительные частицы, составляющие аномалию в спектре π-мезонов, не могут быть объяснены флуктуациями в ионизации протонов. Эти частицы не могут быть объяснены электронами, поскольку ионизация электронов несколько выше, а именно $1{,}4\ I_{min}$, а число электронов в данной области импульсов ничтожно. Масса частиц, составляющих аномалию в спектре π-мезонов, подсчитанная по импульсу и ионизации, оказалась равной $880 \pm 80\ e.\ m.$ В области ионизаций от 1 до $1{,}4\ I_{min}$ ионизационная кривая двузначна, поэтому формально этим частицам может быть приписано второе значение массы по импульсу и ионизации, равное $100 \pm 50\ m_e$.

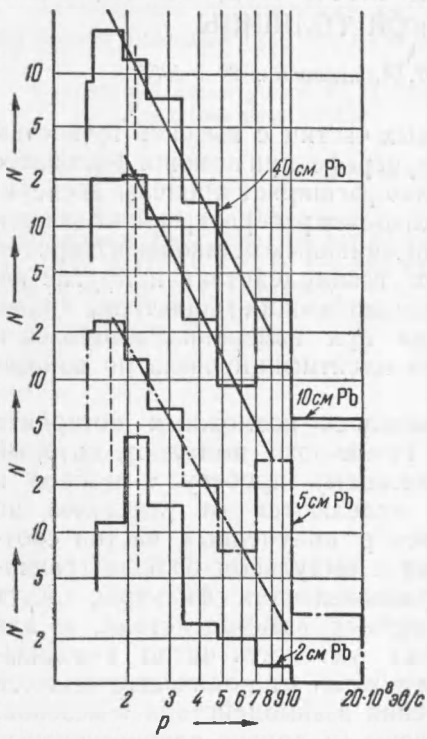


Рис. 1. Спектры π-мезонов под 2; 5; 10 и 40 см Pb. Масштаб по оси ординат отложен в произвольных единицах

Интенсивность K-частиц, как в дальнейшем мы будем обозначать эти частицы, в несколько раз превышает интенсивность π-мезонов в соответствующем интервале импульсов.

Спектры под 2; 10 и 40 см Pb получены на установке, в которой графит в улавливающем устройстве был заменен на свинец (0,2—6 см Pb). Это значительно увеличило вероятность неионизационных остановок частиц и, с другой стороны, улучшило идентификацию электронов, производимую по размножению в свинце. Границы импульсов, соответствующих максимальному ионизационному пробегу π-мезонов в улавливающих фильтрах, обозначены пунктирной линией. Спектры под 10 и 40 см Pb в основном повторяют форму спектра π-мезонов, полученного по остановкам в графите.

Интересно отметить, что максимумы спектров π-мезонов совпадают, хотя в опыте под 5 см Pb с графитовым улавливающим устройством этот максимум получен из неионизационных остановок, а в опытах со свинцовым улавливающим устройством максимумы спектров расположены до границы импульсов, соответствующих максимальному пробегу.

Характер спектра π-мезонов под 2 см Pb совсем иной, чем в спектрах под более толстыми поглотителями, что, повидимому, является отражением переходных явлений.

Основным результатом является то, что в спектрах π-мезонов под 10 см Pb вновь была обнаружена в интервале p 0,7—1,2 Бэв/c ано-

малия в числе частиц. Частицы, составляющие аномалию в спектре π-мезонов под 10 см Pb, также обладают в среднем повышенной ионизацией по отношению к ионизации π-мезонов. Под 10 см Pb за 379 час. было зарегистрировано 7 таких частиц.

Ионизация, подсчитанная по всем частицам, образующим аномалию в числе частиц в спектрах π-мезонов под 5 и 10 см Pb, оказалась равной

$$I_K = 1{,}14 \pm 0{,}04\, I_{min}\ (I_+ = 1{,}15 \pm 0{,}06\, I_{min},\ I_- = 1{,}13 \pm 0{,}06\, I_{min}),$$

причем $I_\pi = 1{,}02\, I_{min}$.

Наиболее вероятное значение массы, подсчитанное по данным всех этих частиц, оказалось равным 880 ± 60 *m. e.*

Передний обрыв в спектре K-частиц, образующих аномалию, не может быть объяснен малым телесным углом масс-спектрографа, поскольку угловое распределение всех частиц значительно уже телесного угла установки. Это обстоятельство указывает на то, что K-частицы получаются в звездах, образованных частицами высокой энергии. Из всех 14 K-частиц только одна генерирована нейтральной компонентой. Отсюда ясно, почему в спектре π-мезонов, образованных нейтральной компонентой, в работе ([2]) в области импульсов $7—12 \cdot 10^8$ эв/*c* никакой аномалии в числе частиц обнаружено не было. Число этих частиц по отношению ко всем π-мезонам по нашим измерениям составляет 20%, что согласуется с данными Даниэля и др. ([3]), определивших выход K- и π-мезонов в звездах, образованных частицами с энергией 10—50 Бэв.

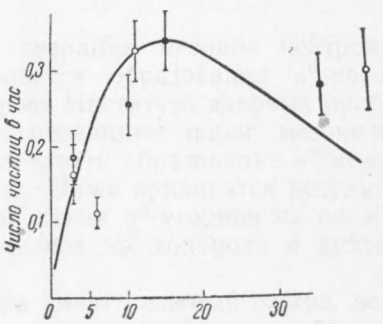


Рис. 2. Переходный эффект на π-мезонах

Если данная нами интерпретация аномалии в спектре импульсов π-мезонов, основанная на ионизационных измерениях, верна, то из этого однозначно следует, что K-частицы являются ядерноактивными частицами, способными «на лету» взаимодействовать с ядрами с сечением, близким к сечению взаимодействия π-мезонов.

Полные числа π-мезонов в зависимости от толщины фильтра над установкой отложены в виде переходной кривой на рис. 2. Основной максимум на переходной кривой соответствует толщине фильтра над установкой 10—15 см Pb; это находится в согласии с экспериментальными результатами В. Камаляна ([4]). Далее следует очень медленный спад, повидимому, более пологий, чем это следует из теории ([5]).

В заключение авторы приносят глубокую благодарность руководителю работы акад. А. И. Алиханову, а также благодарят В. Канавец и Э. Гарапова, принимавших участие в обработке экспериментальных результатов.

Поступило
8 I 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. А. Любимов, Г. П. Елисеев, В. К. Космачевский, ДАН, **102**, № 1 (1955). [2] В. Ш. Камалян, А. И. Алиханян, ДАН, **97**, № 3 (1954). [3] R. B. Daniel et al., Phil. Mag., **342**, 753 (1952). [4] В. Ш. Камалян, ДАН, **95**, № 6 (1954). [5] Г. Саакян, Изв. АН Арм. ССР, № 3, **65** (1953).