

Член-корреспондент АН СССР А. И. АЛИХАНЫ, М. И. ДАЙОН,
Н. В. ШОСТАКОВИЧ, В. Г. КИРИЛЛОВ-УГРЮМОВ и Б. Н. ДЕРЯГИН

О НЕСТАБИЛЬНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦАХ, БОЛЕЕ ТЯЖЕЛЫХ, ЧЕМ ПРОТОН

В 1953 г., изучая остановки заряженных частиц в камере Вильсона, соединенной с магнитным спектрометром, мы получили первые данные о существовании нестабильных частиц, более тяжелых, чем протон*. В работе (1) приводились два случая остановки частиц, масса которых, определенная по импульсу и ионизационному пробегу, была найдена равной 2230 и 2250 масс электрона. В обоих случаях частицы были заряжены положительно и в конце пробега испускали быструю вторичную частицу (мезон). Сильное увеличение ионизации, наблюденное в конце пробега, указывало на то, что распад этих тяжелых частиц, которые мы будем называть Т-частицами, происходил в пластинках практически в состоянии покоя. Большие пути, проходимые этими частицами до полной остановки (порядка 100 см), привели нас к заключению, что их среднее время жизни больше 10^{-9} сек., а скорее всего превышает заметно эту величину.

В настоящей статье мы приводим четыре новых случая остановки Т-частиц, наблюденных нами в последнее время. Измерения производились на высоте 3250 м (Алагез) при помощи магнитного спектрометра, соединенного с большой прямоугольной камерой Вильсона размерами $60 \times 28 \times 18$ см. Описание аналогичной установки приведено в работе (2). Импульс частиц, входящих в камеру Вильсона из спектрометра, определялся по кривизне в магнитном поле 6200 эрст. с вероятной ошибкой 7—8% при значении импульса $(5-6) \cdot 10^8$ эв/с. Внутри освещенной области камеры были установлены 2 медные пластины толщиной 0,5 см и 5 таких же пластин толщиной 0,2 см каждая. Под камерой на расстоянии 10 см от дна располагался ряд А, состоящий из 2 слоев счетчиков, покрывающих площадь 25×90 см и включенных в схему антисовпадений. Установка срабатывала в том случае, когда заряженная частица проходила через спектрометр и останавливалась в пластинках или крышке и днище камеры. Следы частиц в камере фотографировались при помощи стереоскопического фотоаппарата.

На рис. 1а приведен один из случаев остановки Т-частицы. Первичная частица положительного знака с импульсом $5,9 \cdot 10^8$ эв/с остановилась в 6-й пластине. Плотность следа заметно увеличивается к концу пробега, причем частица не испытывает сколько-нибудь заметного рассеяния в веществе крышки камеры и в пластине (угол рассеяния меньше $1-2^\circ$). Из импульса и пробега, эквивалентного 3 см Pb, масса этой частицы $M_z = 2070 \pm 200 m_e$. Как видно из

* О существовании заряженных «сверхпротонных» частиц мы сообщили впервые на совещании по космическим лучам 25 V 1953 г.

рис. 1а, в конце пробега наблюдается испускание быстрой вторичной частицы, уходящей в дно камеры. Плотность следа продукта распада в несколько раз меньше, чем у первичной частицы. Пройдя через две пластины, вторичная частица поглощается в днище камеры (ряд А, обладающий большой эффективностью, не сработал). Это позволило нам установить пределы для пробега вторичной частицы: $2,07 > R > 0,54$ см Pb. Исходя из малой плотности следа и приведенного пробега, можно заключить, что вторичная частица заведомо легче протона и, по всей видимости, представляет собой π^- или μ^- -мезон. В первом случае энергия частицы, определенная по ее пробегу должна лежать в пределах 23—59 Мэв, а во втором случае 20—52 Мэв.

Второй случай остановки Т-частицы показан на рис. 1б. Первичная частица положительного знака останавливается в 8-й пластине вблизи стеклянной стенки камеры. Проходя через крышку камеры и все пластины, она не испытывает практически никакого рассеяния и в конце пробега испускает вторичную частицу, идущую вверх. Плотность следа продукта распада в несколько раз меньше плотности следа Т-частицы. Вторичная частица поглотилась в крышке камеры, так как не вызвала срабатывания рядов 5 и V магнитного спектрометра. Отсюда следует, что ее пробег лежит в пределах 1,92—3,3 см Pb. Непосредственное определение массы по импульсу и пробегу приводит к величине $M_4 = 2600 \pm 300 m_e$.

На рис. 1в приведена фотография следа еще одной Т-частицы положительного знака, которая остановилась в 5-й пластине. След в камере является прямым продолжением траектории в магнитном спектрометре, причем частица не испытывает никакого рассеяния в крышке камеры. Из рис. 1в видно, что первичная частица вызывает сильную ионизацию газа, особенно перед самым концом пробега. Тонкий след частицы, выходящий из места остановки Т-частицы, принадлежит продукту распада, который, пройдя через 3 последние пластины, поглощается в дне камеры ($2,2 > R > 0,74$ см Pb). По импульсу $p = 5,54 \cdot 10^8$ эв/с и пробегу $R = 2,92$ см Pb мы нашли $M_5 = 2000 \pm 200 m_e$.

На рис. 1г приведена фотография следа Т-частицы, которая остановилась в 3-й пластине. Как и в предыдущих случаях, она не испытывает рассеяния вплоть до остановки. Вторичная частица уходит вглубь камеры к стеклянной стенке, и ее пробег остается неопределенным. Масса $M_6 = 2150 \pm 200 m_e$. Знак заряда положительный.

Таблица 1

№	Первичная частица				Вторичная частица	
	$p \cdot 10^8$ эв/с	пробег в см Pb	знак заряда	масса в m_e	пробег в см Pb	кинетич. энергия π^- -мезона в Мэв
1	6,0	2,62	+	$M_1 = 2300$	$R < 1,6$	$E > 50$
2	4,66	1,30	+	$M_2 = 2250$	$3,3 > R > 2,0$	$76 > E > 56$
3	5,9	3,00	+	$M_3 = 2070$	$2,07 > R > 0,54$	$59 > E > 23$
4	7,0	3,25	+	$M_4 = 2600$	$3,3 > R > 1,92$	$76 > E > 55$
5	5,54	2,92	+	$M_5 = 2000$	$2,2 > R > 0,74$	$60 > E > 31$
6	5,54	2,30	+	$M_6 = 2150$	$R \sim$	$E \sim$

Выводы. Четыре случая остановки Т-частицы, приведенные здесь, вместе с двумя случаями, опубликованными раньше, позволяют сделать ряд заключений о природе этих частиц. В табл. 1 дана сводка по всем наблюдаемым случаям. Прямое определение массы Т-частиц по импульсу и пробегу приводит к значению, ле-

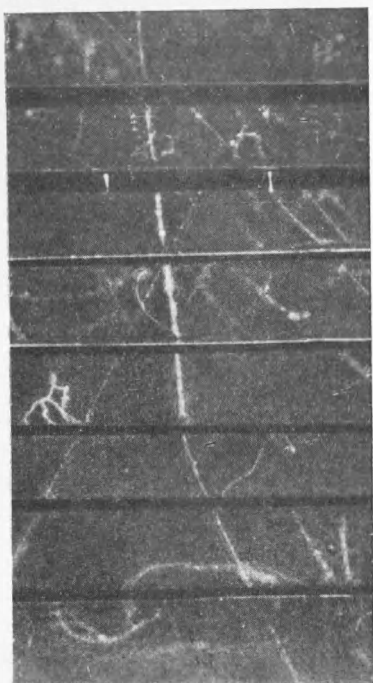


Рис. 1а



Рис. 1б

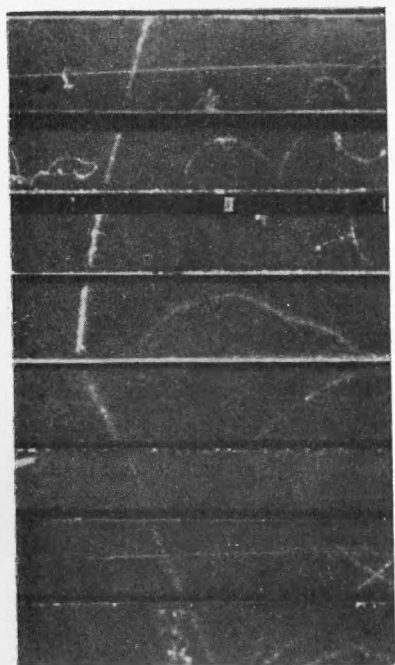


Рис. 1в

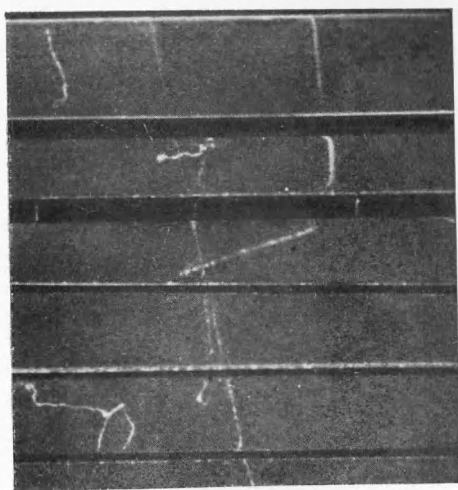


Рис. 1г

жащему в пределах 2000—2600 m_e . Все 6 наблюдаемых частиц имели положительный знак заряда. Данные, приведенные в 6-й колонке таблицы, могут быть использованы для определения пробега (энергии) продукта распада. В четырех случаях, в которых пробег частицы поддается определению, он оказался меньше 3,3 см Pb. Тем самым энергия испускаемого π -мезона не превышает 76 Мэв (для μ -мезона, соответственно, 70 Мэв). С другой стороны, видно, что энергия, уносимая заряженным продуктом, заведомо больше 23 Мэв. Эти данные говорят в пользу того, что энергия вторичной частицы постоянна, и во всяком случае они не противоречат такому предположению. Если наблюдаемые Т-частицы имеют одну и ту же природу, то пробег испускаемой частицы можно определить очень точно при помощи неравенств, приведенных в 6-й колонке табл. 1. Это приводит к пробегу, равному 2 см Pb, что соответствует энергии 56 Мэв при испускании π -мезона и 51 Мэв при испускании μ -мезона.

Схема распада положительно заряженной Т-частицы может быть записана в следующем виде:

$$T^+ \rightarrow p^0 + \pi^+(\mu^+) + Q,$$

где Q — энергия, уносимая мезоном и нейтроном при распаде покоящейся Т-частицы, равная 66 Мэв при испускании π -мезона и 58 Мэв в случае вылета μ -мезона. Масса Т-частицы, определенная по предполагаемым схемам распада, равна 2246 m_e в первом случае и 2160 m_e во втором. Оба значения хорошо согласуются с массой Т-частицы, полученной нами в результате непосредственных измерений. К сожалению, ошибки, связанные с прямыми измерениями массы тяжелых частиц, не позволяют сделать выбора между двумя возможными схемами распада. Можно надеяться, что по мере накопления новых случаев распада Т-частиц, испускания π -мезонов можно будет обнаружить по их ядерному взаимодействию с веществом фильтров. Однако пока ни в одном из приведенных случаев мы не получили явных указаний на ядерное взаимодействие, испытываемое продуктами распада, хотя надо иметь в виду, что общая толщина, пройденная ими, невелика и составляет всего 50 г/см² Cu, т. е. около половины ядерной длины взаимодействия в меди.

Новые наблюдения остановок Т-частиц, приведенные в этой статье, подтверждают наши ранние заключения о большом времени жизни этих частиц. К тому же нами не было наблюдеено ни одного случая распада Т-частиц тех же импульсов налету, несмотря на то, что общая длина пути, пройденного всеми Т-частицами в газе камер, составляет 50 см, а время пролета равно $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ сек.

Из данных, приведенных в настоящей статье, следует заключить, что тяжелые заряженные частицы (Т-частицы) не полностью подобны нейтральным V^0 -частицам. Это следует из измеренного для них значения $Q = 68$ Мэв, тогда как для V^0 -частиц $Q = 37$ Мэв. Кроме того, Т-частицы отличаются от V^0 -частиц значительно большей продолжительностью жизни.

Независимо от наших наблюдений и почти одновременно Боннетти и др. ⁽³⁾ обнаружили в фотозмульсии след частицы с массой $2500 \pm \pm 350 m_e$, которая в конце пробега испустила быструю вторичную частицу. Позже в работах ^(4,5) было обнаружено несколько случаев распада в эмульсии тяжелых частиц с массой больше протонной. По всей видимости, эти наблюдаемые случаи представляют собой распад налету замедленных тяжелых частиц. В работе Фаулера и др. наблюдалось два случая рождения и распада отрицательно заряженных тяжелых частиц с массой больше массы протона. Наблю-

дения распада налету этих тяжелых частиц указывают на сравнительно малую продолжительность жизни.

В настоящее время нельзя сделать окончательное заключение, идентичны ли наблюдаемые нами тяжелые заряженные частицы с частицами, которые наблюдались в перечисленных работах.

В заключение приносим благодарность В. М. Федорову за участие в подготовке измерений и Л. А. Горну за участие в измерениях и обработке результатов.

Физический институт Академии наук Арм.ССР
Физический институт Академии наук СССР

Поступило
24 IX 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Алиханян, В. Кириллов-Угрюмов, Н. Шостакович, В. Федоров, Г. Мерзон, ДАН, **92**, № 4, 719 (1953). ² А. Алиханян, В. Кириллов-Угрюмов, Н. Шостакович, В. Федоров, ДАН, **92**, № 2 (1953). ³ A. Oppenetti, K. Levi-Setti, M. Panetti, G. Tomassini, Nuovo Cim., **10**, 345 (1953). ⁴ D. King, N. Seemon, M. Shapiro, Phys. Rev., **92**, 838 (1953). ⁵ H. Barret, Phys. Rev., **94**, 1398 (1954). ⁶ W. Fowler, R. Shutt, A. Thorndike, W. Whitmore, Phys. Rev., **93**, 861 (1954).