

А. П. ЖДАНОВ и К. И. ЕРМАКОВА

О РАСЩЕПЛЕНИИ БОРА КОСМИЧЕСКИМИ ЛУЧАМИ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 21 XI 1949)

Для изучения расщеплений атомных ядер космическими лучами наиболее удобным и эффективным методом является, как известно, метод толстослойных фотопластинок, предложенный впервые в Радиевом институте АН СССР Л. В. Мысовским (1).

Эти расщепления представляются в виде группы следов, расходящихся из одной точки, — „звезд“ или „вилок“. Так как химический состав эмульсии сложный (в нее входят: Н, С, N, O, Br, Ag, J и следы S и P), то вопрос о том, какому именно ядру приписать то или иное расщепление, чаще всего не может быть однозначно решен, тем более, что следа падающей космической частицы обычно, за весьма редким исключением, не видно.

Для того чтобы устранить указанный недостаток метода, нами были использованы толстослойные фотопластинки, в эмульсию которых при ее изготовлении вводились определенные, заранее выбранные химические элементы в виде суспензий. Технология приготовления суспензий подбиралась такой, чтобы их частицы получались достаточно крупными и при просмотре пластинок в микроскоп были легко отличимы от проявленных зерен фотоэмульсии *. Можно было надеяться с помощью таких пластинок зафиксировать расщепления определенных ядер, которые дали бы возможность судить и о природе космических частиц, вызвавших эти расщепления.

Для первых опытов в часть пластинок была введена суспензия бора, а в остальные пластинки — суспензии других элементов. Эти пластинки в августе 1948 г. были экспонированы космическими лучами на Памире.

В настоящей статье приводятся микрофотографии и описание некоторых видов расщеплений, зарегистрированных в пластинках с суспензией бора.

На рис. 1 представлена вилка **, состоящая из 4 следов: первый след 1 по виду проявленных зерен и частоте их расположения принадлежит протону; второй 2 — α -частице; третий след 3 из мелких, редко расположенных зерен имеет характерные изгибы, а также учащение и укрупнение проявленных зерен в конце пробега, и его сле-

* Для получения суспензий очень удобным является использование ультразвукового генератора с подобранным режимом работы; в некоторых случаях (например для изготовления ртутной эмульсии) этот случай незаменим.

** Черные пятна на фотографии представляют изображения крупинки бора; в настоящее время разработана методика изготовления толстослойных фотопластинок с более однородными по величине зернами суспензий и более равномерным распределением их в эмульсии.

дует приписать обычному мезону, так как по всем своим признакам он совпадает со следами этих мезонов, которые в значительном количестве зарегистрированы в контрольных пластинках с той же эмульсией *, но без добавки суспензии и также экспонированных на Памире. Пример следа такого мезона заснят на рис. 2.

Таблица 1

Интервалы	0—15	15—30	30—45	45—60	60—75	75—90	90—105	105—112,5	$\Delta = \lambda/n$
Число зерен:									
след 1	16—17	14—15	8—9	8	10	8	8	3	2,4—2,3
след протона . . .	20—22	15—16	14—12	16	15	11	10	4	1,8—1,75

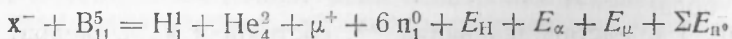
В табл. 1 приведено для сравнения распределение зерен вдоль следа 1 и вдоль следа протона такого же пробега в интервалах по 15 делений окулярной шкалы (длиной 24,5 μ), считая от конца следов. В последнем столбце указаны величины $\Delta = \lambda/n$, где λ — длина измеренного участка следа в μ , а n — число проявленных зерен на нем.

Из распределения зерен вдоль следов 1, 2 и 3 следует также, что частицы, их вызвавшие, вылетели из центра вилки, находящегося в одном из зерен суспензии бора; четвертый след 4 направлен к этому же центру, но распределение зерен в нем (см. табл. 2, где интервалы 0—15, 15—30, . . . делений окулярной шкалы отсчитывались от центра вилки) прямо противоположно тому, что имеется на первых трех следах. Отсюда следует, что вызвавшая его частица двига-

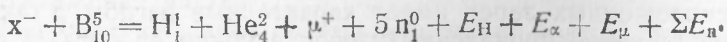
Таблица 2

Интервалы	0—15	15—30	30—45	45—60	60—75	$\Delta = \lambda/n$
Число зерен	18—19	15—14	11	10	10	1,98—1,94

лась в направлении к указанному зернышку бора, имея в непосредственной близости от него малую скорость. Поэтому вполне естественно сделать предположение, что вилка, изображенная на рис. 1, представляет расщепление бора, вызванное частицей с отрицательным зарядом (x^-) в конце своего пробега. Тогда уравнение реакции может быть написано:



для тяжелого изотопа и



для легкого изотопа В, где E_H , E_α , E_μ и E_n — кинетические энергии частиц, из которых первые три могут быть определены по пробегам, а величину последней можно оценить, считая, что энергия нейтрона в среднем равна энергии протона. Так как массы изотопов В и всех

* Высококонцентрированная эмульсия, разработанная А. П. Ждановым и Л. И. Шур, с содержанием AgBr в 87,8%.

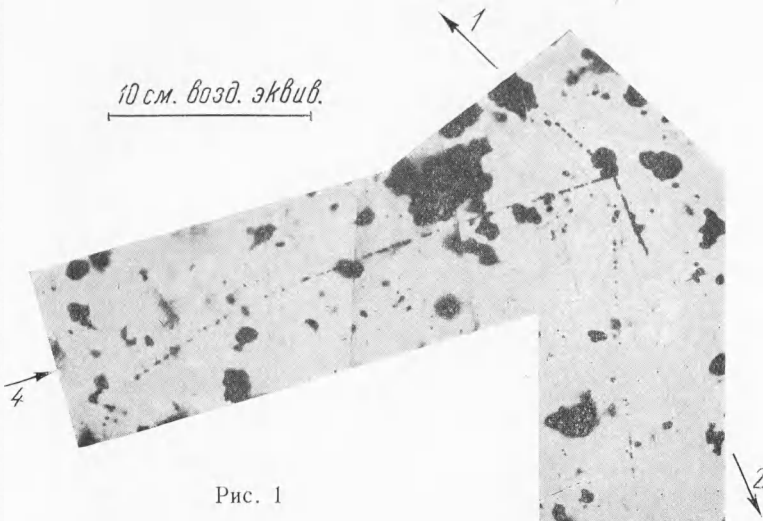


Рис. 1

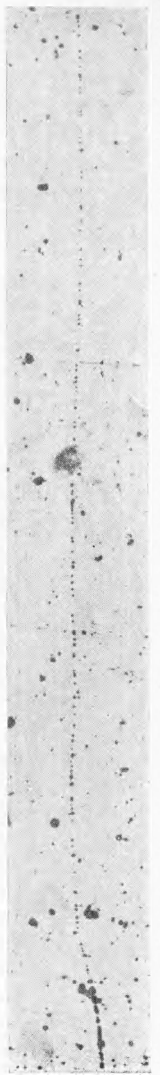


Рис. 2

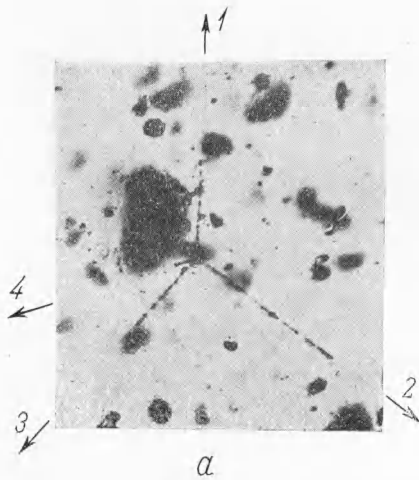


Рис. 3

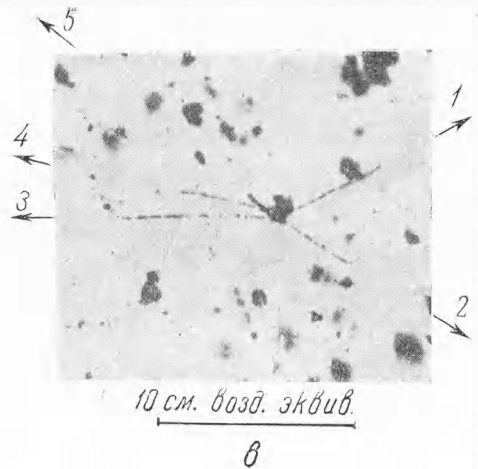
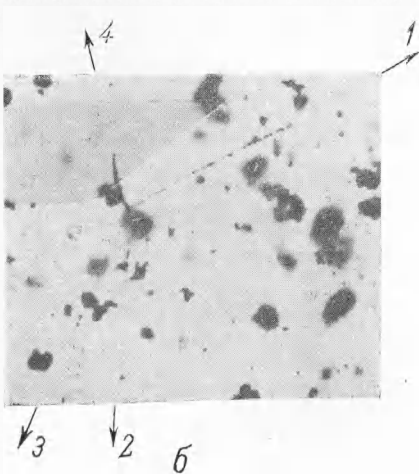
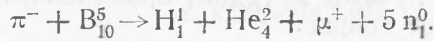


Рис. 3

частиц правой части уравнений известны, то может быть произведена оценка массы частицы x^- . Измерения пробегов показали, что $E_H = 1,4$ Мэв; $E_\alpha = 5,8$ Мэв, $E_\mu = 2,0$ Мэв.

Полагая массу μ мезона $m_\mu = 2000m_e$, получим: $m_{x^-} = 329m_e$ в 1-м случае и $m_{x^-} = 305m_e$ во 2-м случае.

Так как второе значение m_{x^-} очень близко совпадает с величиной массы π мезона, то вилка рис. 1 получилась, вероятнее всего, в результате реакции:



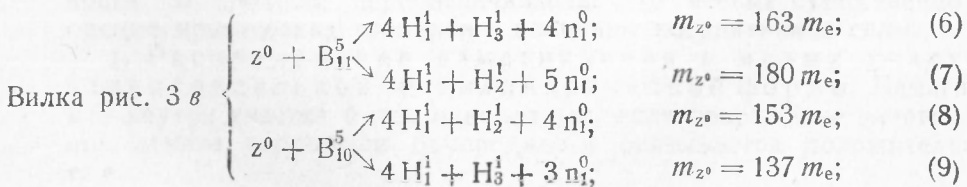
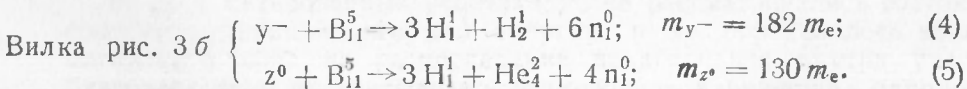
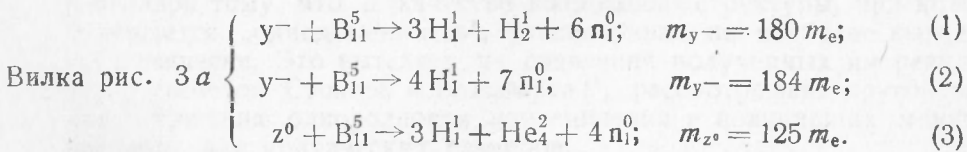
Таким образом, расщепление, приведенное на рис. 1, представляет новый вид ядерной реакции, которая происходит за счет частичной аннигиляции массы захваченной ядром медленной отрицательной частицы и сопровождается вылетом легкого мезона с зарядом другого знака.

В пластинах с суспензией бора были также обнаружены несколько вилок иного типа, примеры которых представлены на рис. 3 а, б, в, на которых не видно следа падающей частицы (центры всех вилок находятся в зернышках бора).

Вилка 3а состоит из четырех следов, из которых первые два принадлежат протонам, третий след, повидимому, также однозарядной частице (либо H_1^1 , либо H_2^1), а четвертый, возможно, α -частице (ввиду малого пробега определенно сказать что-либо нельзя).

В вилке на рис. 3б имеется три протона (следы 1, 2, 3) и одна α -частица (след 4), а в вилке, изображенной на рис. 3в — четыре протонных следа, а пятый короткий след принадлежит, по всей вероятности, также однозарядной частице (H_2^1 или H_3^1).

Если рассматривать эти вилки как «безимпульсные» (2) расщепления в результате захвата ядром бора медленной частицы и аннигиляции ее массы, то можно произвести оценку массы этой частицы. Возможные реакции и получающиеся при этом значения масс будут*:



В некоторых из указанных случаев суммарный заряд вылетевших частиц равен заряду ядра бора. Поэтому нельзя предположить, что происходит захват отрицательной частицы. Кроме того, из таблицы видно, что в предположении захвата отрицательной частицы полу-

* Для реакций с легким изотопом бора значения для масс будут меньше.

чается большой разброс значений для ее массы. В случае же расщепления за счет массы нейтральной падающей частицы значения для ее массы получаются близкие друг к другу, в пределах (125—137) m_e (реакции (3), (5) и (9)). Предположение, что эти реакции, сопровождающиеся выбрасыванием 8 частиц, происходят под действием γ -квантов, представляется мало вероятным, а кроме того, кажется весьма странным почти одинаковые величины энергий этих квантов (60—70 Мэв).

Можно надеяться, что дальнейшее изучение ядерных расщеплений космическими лучами методом, примененным в нашей работе, позволит решить этот вопрос.

В заключение выражаем искреннюю благодарность акад. П. И. Лукирскому за интерес к данной работе и обсуждение полученных нами результатов.

Радиевый институт
Академии наук СССР

Поступило
5 V 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. В. Мысовский и П. И. Чижов, *Zs. f. Phys.*, 44, 408 (1927).
² П. И. Лукирский и Н. А. Перфилов, *ДАН*, 54, 219 (1946).

(1)	$m_1 = 125 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(2)	$m_1 = 126 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(3)	$m_1 = 127 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(4)	$m_1 = 128 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(5)	$m_1 = 129 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(6)	$m_1 = 130 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(7)	$m_1 = 131 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(8)	$m_1 = 132 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$
(9)	$m_1 = 133 m_e$	$4\alpha + 2\beta + 2\gamma + 2\delta + 2\epsilon + 2\zeta + 2\eta + 2\theta$