

А. ЖДАНОВ

**АНОМАЛЬНЫЕ РАСЩЕПЛЕНИЯ ЯДЕР Br И Ag
КОСМИЧЕСКИМИ ЛУЧАМИ**

(Представлено академиком В. Г. Хлопиным 14 VII 1944)

Как известно ⁽¹⁾, наиболее эффективным методом для наблюдения расщепления ядер атомов космическими лучами оказался метод толстослойных фотопластинок, впервые предложенный и разработанный в Радиевом институте Академии Наук СССР ⁽²⁾. Эти расщепления в толстослойных пластинках чаще всего имеют вид вилок с беспорядочным распределением следов («звезды»), принадлежащих преимущественно протонам, значительно реже — α -частицам и еще реже — частицам, более ионизирующим. «Выход» ядерных расщеплений на уровне моря составляет приблизительно $8 \cdot 10^{-3}$ расщеплений в час на 1 см^2 площади пластинки и быстро растет с высотой, достигая, например, на высоте 7000 м величины \sim в 50 раз большей ⁽³⁾.

На уровне моря наибольший процент расщеплений приходится на тройные вилки, а вилки, например, из 5 следов встречаются сравнительно редко. С увеличением высоты наблюдается медленный рост числа выброшенных частиц в отдельных расщеплениях.

Кроме расщеплений, представляющихся в виде «звезд», наблюдаются также расщепления в виде ливней, т. е. вилок с резко выраженным односторонним направлением выброшенных частиц (внутри сравнительно узкого телесного угла). Следы в ливнях могут принадлежать как протонам, так и мезотронам. О возможности регистрации в толстослойных фотопластинках медленных мезонов, а также оценки их массы по среднему расстоянию проявленных зерен было указано в предыдущих работах ⁽⁴⁾. В одной из статей ⁽⁵⁾ был приведен ливень из ~ 100 тяжелых частиц, обнаруженный в пластинках, экспонированных на высотах около 9000 м. В связи с тем, что в наших опытах в конце ноября 1942 г. наблюдался аномальный выход ядерных расщеплений (на некоторых пластинках местами превышающий обычное число в $\sim 10^3$ раз) *, удалось и на уровне моря в то же самое время зарегистрировать ряд подобных ливней, представляющих, вероятно, во многих случаях полное или, как можно его назвать, «аномальное» расщепление ядра на все составные частицы. Это явление сопровождалось целым рядом характерных деталей. Так, например, наибольший процент расщеплений приходится здесь на вилки из 4 компонент. Число же одиночных следов заметно меньше числа расщеплений. Наряду с

* Если учитывать только те расщепления и одиночные следы, пробеги в которых больше 10 см воздушного эквивалента.

одиночными следами и вилками, состоящими из небольшого числа (2—5) следов, наблюдалось (главным образом в пластинках, проявленных в декабре 1942 г.) резко повышенное (до 2 с лишним процентов к общему числу расщеплений) число расщеплений с выбрасыванием многих частиц, как в виде «звезд», так и в виде упомянутых «ливней».

Ниже приводятся описание и результаты промеров 2 ливней, фотографии которых даны на рис. 1 и 2.

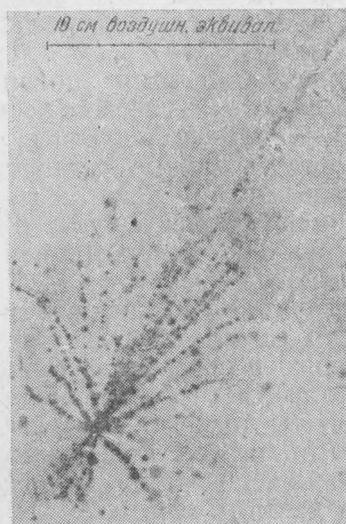


Рис. 1

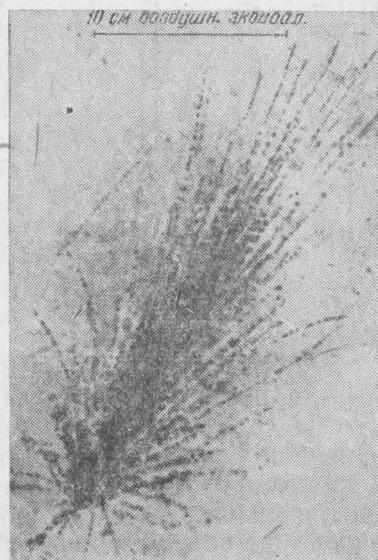


Рис. 2

Первый ливень состоит из 35 следов, принадлежащих протонам, ввиду чего его естественно приписать аномальному расщеплению ядра Вг фото-эмульсии. Измерения пробегов дают для суммарной энергии протонов $\sum E_H \cong 80$ MeV. Полагая, что вылетающие нейтроны обладают в среднем той же энергией, что и протоны, и учитывая энергию связи ядра (которая в данной области с достаточной точностью выражается формулой $\Delta M \cong 8,5 A$ MeV, где A — массовый номер), получим для минимальной энергии падающей частицы:

$$E_N = \sum E_H + \sum E_n + \Delta M \cong 900 \text{ MeV.}$$

Представляется интересным рассмотреть вопрос о совместном удовлетворении законов сохранения энергии и импульса. Измерения дают, что сумма проекций импульсов протонов на ось ливня* равна:

$$P_H = \sum \sqrt{E_H m_H} \cos \alpha = 17,6 \cong 20.$$

Полагая, что суммарный импульс нейтронов составляет примерно такую же величину, получим для общего импульса ~ 40 . Если в формуле для импульса падающей частицы $P_N = \sqrt{E_N m_N}$, выраженного через ее полную энергию, положим $m_N = 1$, то получим ~ 30 , что хорошо согласуется с непосредственно измеренной величиной.

Во втором ливне имеется около 50 следов, принадлежащих протонам, и поэтому естественно приписать его аномальному расщеплению ядра Ag.

* Ось первого ливня образует с вертикалью угол $\varphi = 78^\circ$, ось второго угол $\varphi = 81^\circ$.

Промеры ливня показали, что $\Sigma E_H \cong 150$ MeV и $P_H \cong 70$. Минимальная энергия падающей частицы в этом случае составляет $E_N \cong 1300$ MeV, а $P_N \cong 35$ (при $m_N = 1$). На рис. 3 представлены спектры протонов для обеих ливней. По оси абсцисс отложены значения энергии в MeV, а по оси ординат — число соответствующих пробегов в интервалах через 0,5 MeV (положения отдельных следов указаны точками).

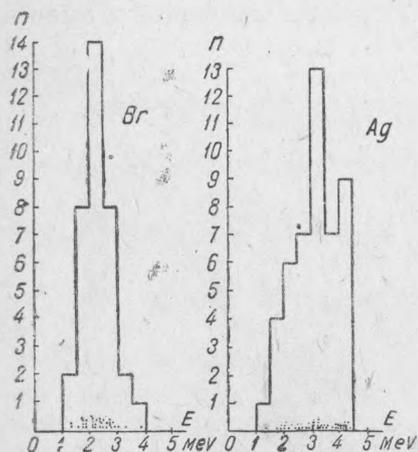


Рис. 3

Из рисунка видно, что максимум энергии в первом ливне приходится на 2–2,5 MeV, а во втором ливне — на 3–3,5 MeV.

Приведенные выше подсчеты показывают, что P_N несколько меньше, чем $P_H + P_n$. Если допустить, что расщепления вызваны фотонами или электронами или даже мезотронами, то величина момента будет иметь порядок, сильно отличающийся от наблюдаемого.

Интересно отметить, что в ливнях частицы разлетаются внутри конуса, имеющего в поперечном сечении вид сильно растянутого эллипса. Так, на-

пример, в нашем случае эксцентриситеты ливней составляют 0,13 и 0,15, а для ранее опубликованного⁽⁵⁾ ливня 0,1. Если расщепления вызваны тяжелыми частицами, то такая эксцентричность может быть обусловлена нецентральностью удара частицы с ядром.

Таким образом, существование ливней тяжелых частиц может служить также наглядным доказательством наличия в составе космической радиации как на высотах, так и на уровне моря тяжелых частиц с массой $m \cong 1$ и энергиями $\cong 10^9$ MeV.

Радиовый институт
Академии Наук СССР

Поступило
14 VI 1944

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ M. Shapiro, Rev. Mod. Phys., **13**, 58 (1941). ² L. Myssowsky and P. Tschishow, Z. Physik, **44**, 408 (1927); A. Jdanov, J. de Phys. et le Rad., **6**, 233 (1935); А. П. Жданов, Труды Гос. радиового ин-та, III, 7 (1937). ³ А. П. Жданов, Изв. АН СССР, сер. физич., IV, 266 (1940). ⁴ А. П. Жданов, ДАН, XXVIII, 109 (1940); И. Гуревич, А. Жданов и А. Филиппов, ДАН, XLIII, 169 (1938); ЖЭТФ, **8**, 623 (1938). ⁵ А. Jdanov, Nature, **143**, 682 (1939); ДАН, XXIII, 29 (1939).