

Р и с. 2. Распределение длин следов ядер с  $Z > 35$  в оливинах из метеорита «Липовский Хутор».

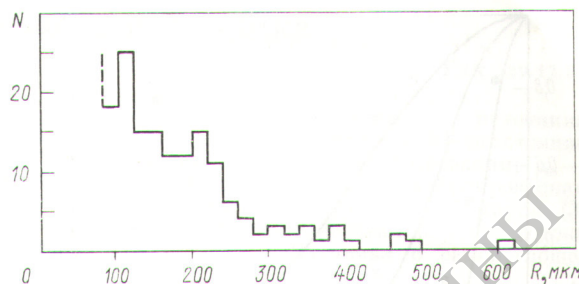
тельной полировке и травлении поверхности кристалла. Измеряли лишь следы, имевшие начало и конец в объеме зерна оливина. На рис. 2 и 3 показано распределение длин следов тяжелых частиц в образцах из метеоритов «Липовский Хутор» и «Марьялахти».

Ввиду отсутствия калибровки достаточно энергетичными ионами и четко выраженного эффекта регрессии идентифицировать заряды этих ядер пока не представляется возможным. Можно лишь предположить, что следы длиной  $\geq 540$  мкм (см. рис. 2) и следы  $\geq 460$  мкм (см. рис. 3) соответствуют области  $Z \geq 70$ . Отношение числа следов в области  $Z \geq 70$  к ядрам группы железа составляет  $(3 \div 5) \cdot 10^{-7}$  для этих образцов.

Для поисков далеких трансурановых элементов на уровне  $\leq 10^{-2}$  от распространенности урана в космических лучах необходимо просматривать десятки и сотни кристаллов размерами свыше 2 мм.

Необходимо подчеркнуть, что распределение следов космических ядер должно соответствовать распространенности элементов во Вселенной. В этом случае в длиннопобегной части спектра длин следов должен наблюдаться разрыв (около 100 мкм), обусловленный отсутствием достаточно стабильных ядер в области  $83 < Z < 90$ . Следы ядер в области  $Z = 110 \div 114$  должны иметь длину на 30–40% больше, чем следы ядер урана — тория.

На основании полученных экспериментальных данных, а также оценок длин следов по данным работы [7] можно с большой степенью достоверности утверждать, что обнаружение в оливинах следов длиной свыше 1,1 мм явилось бы весьма убедительным доказатель-



Р и с. 3. Распределение длин следов ядер с  $Z > 40$  в оливинах из метеорита «Марьялахти».

ством существования далеких трансурановых элементов в составе галактического космического излучения.

В заключение отметим, что эффект термической регрессии треков в космических условиях может быть перекрыт контролируемым отжигом кристаллов (см. рис. 1), который приводит к повышению порога выявления треков всевозможных космических ядер.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность академику Г. Н. Флёрову за предложение темы исследований и постоянное внимание к работе. Авторы весьма признательны Е. Л. Крипову, А. А. Явнелю, П. Е. Кваша, Т. П. Жолудь, Ш. Б. Вишку, В. И. Коломенскому за предоставленные кристаллы оливина, полезные советы и обсуждения, а также Ю. А. Виноградову, принявшему участие в первых экспериментах по исследованию свойств оливинов.

Поступило в Редакцию 27/VIII 1973 г.  
В окончательной редакции 1/IV 1974 г.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Флёрв Г. Н., Звара И. Препринт ОИЯИ, Д7-6013, Дубна, 1972.
2. Флёрв Г. Н., Оганесян Ю. Ц. Препринт ОИЯИ, Р7-6523, Дубна, 1973.
3. Fowler P. e.a. Proc. Roy. Soc., 1967, v. 301, p. 39.
4. Price P. e.a. Phys. Rev., 1971, v. D3, p. 815.
5. Maurette M. e.a. Meteoritics Res., 1969, v. 12, p. 286.
6. Price P. e.a. In: Proc. II Lunar Science Conf. MIT Press, 1971, v. 3, p. 2629.
7. Kobetich E., Katz R. Phys. Rev., 1968, v. 170, p. 397.
8. Krishnaswami S. e.a. Science, 1971, v. 174, p. 287.
9. Perelygin V. e.a. Nucl. Phys., 1969, v. A127, p. 577.
10. Price P. e.a. Earth and Planetary Sci. Lett., 1973, v. 19, p. 377.

## Угловые распределения позитронов с энергиями 40, 80, 160 Мэв, рассеянных алюминиевыми фольгами

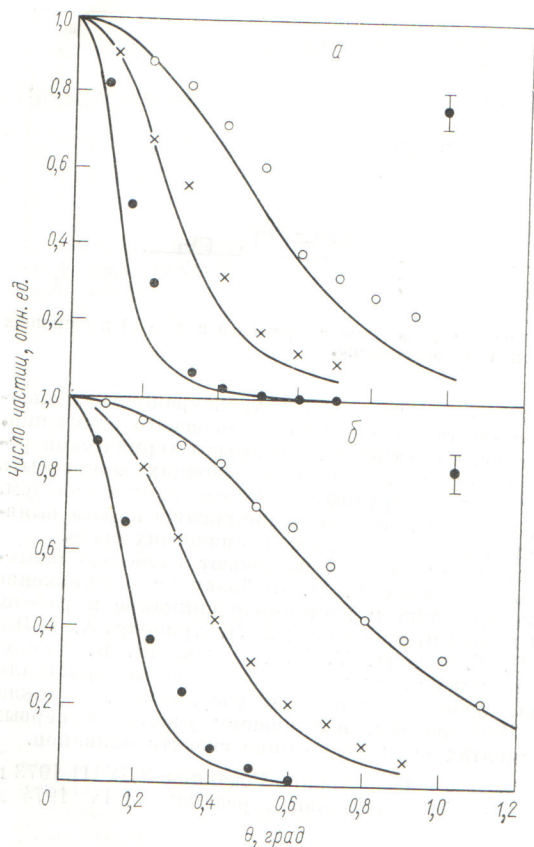
ВОРОБЬЕВ С. А., КРЮЧКОВ Ю. Ю., ТИМОШНИКОВ Ю. А.

УДК 539.171.2

В настоящей работе измерены угловые распределения позитронов с энергиями 40, 80, 160 Мэв за алюминиевыми фольгами толщиной 100 и 200 мкм. Для получения позитронов использован метод конверсии тормозного излучения от внутренней мишени синхротрона

Томского политехнического института [1] в электрон-позитронные пары [2]. Пучок тормозного излучения с максимальной энергией 800 Мэв после прохождения коллиматоров очищался от сопутствующих заряженных частиц и попадал на медный конвертер толщиной 0,5 Р





Угловые распределения позитронов, рассеянных в алюминиевых фольгах толщиной 100 (а) и 200 (б) мкм. Сплошной линией показаны результаты расчета по теории Мольер [6]. Энергия 40 (○), 80 (×) и 160 (●) Мэв.

( $R$  — радиационная длина), установленный в магнитном анализаторе [3]. Из потока выделяемых магнитным анализатором позитронов системой коллиматоров, установленных в вакуумном тракте, вырезали пучок с угловой расходимостью  $8 \cdot 10^{-4}$  рад и поперечным размером на мишени 3 мм. Рассеянные алюминиевой фольгой позитроны отбирали по углам и регистрировали системой из коллимирующего тракта и блока сцинтилляционных счетчиков. Мониторинг падающего на конвертер потока тормозных квантов проводили при помощи гаусс-квантометра [4].

Результаты измерений с учетом поправки на разрешение измерительной аппаратуры представлены на рисунке. Обработку результатов проводили при помощи машинной программы, позволяющей учитывать расходимость первичного пучка позитронов, его поперечное сечение и угловой размер детектора. В двумерной системе координат вычисляли поправочную функцию

$$f(x) = \int_z dz f(z) \int_{\theta_0} d\theta_0 f(\theta_0) f^M \left( \arctg \frac{x-z}{b} + \theta_0 \right), \quad (1)$$

где  $f(z)$  — функция распределения плотности потока частиц по сечению пучка;  $f(\theta_0)$  — функция углового распределения частиц в падающем пучке;  $f^M$  — мольерская функция [5], записанная в линейных координатах,

соответствующих положению используемого в измерениях детектора;  $x$  — координата оси детектора;  $b$  — расстояние от мишени до детектора;  $z$  — координата точки на мишени;  $\theta_0$  — угол между осью падающего пучка и направлением рассматриваемой группы частиц. Угловое распределение падающего пучка  $f(\theta_0)$  и плотность потока частиц по его сечению были записаны в виде распределения Гаусса. Согласно принятым представлениям, угловое распределение частиц, регистрируемых детектором, определяется как  $N(x) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$ ,

где  $(x_2 - x_1)$  — геометрический размер детектора.

Хорошее согласие полученной функции  $N(x)$  с измеренной для определенных значений энергии  $E_0$  и толщины мишени  $t_0$  в случае электронного рассеяния свидетельствует о правильности сделанных допущений. Поправочные коэффициенты, величина которых изменялась от 5 до 27%, были использованы при обработке угловых распределений позитронов, представленных на рисунке. Расчетные зависимости близко совпадают с экспериментальными результатами при энергии позитрона 40 и 80 Мэв и толщине мишени 200 мкм и отличаются по поперечности до 20% при энергии 160 Мэв и толщине рассеивающей фольги 100 мкм. Увеличение различия между теоретическими и экспериментальными зависимостями с уменьшением толщины мишени и увеличением энергии рассеиваемых частиц объясняется возрастанием относительной погрешности эксперимента.

Результаты показывают, что процесс многократного рассеяния высокоэнергетических позитронов достаточно хорошо описывается в рамках первоначального приближения, и при проведении инженерных расчетов нет необходимости использовать более точные теории, учитывающие знак заряда частиц. Кроме того, вследствие несущественного различия в функциях углового распределения  $W_t(\theta)$  в исследуемом диапазоне энергий для электронов и позитронов коэффициенты пропускания, определяемые выражением

$$k(E_0, t) = \frac{\int_0^{\pi/2} W_t(\theta) \sin \theta d\theta}{\int_0^{\pi/2} W_{t=0}(\theta) \sin \theta d\theta}, \quad (2)$$

где  $W_{t=0}(\theta)$  — угловое распределение частиц падающего пучка;  $W_t(\theta)$  — угловое распределение частиц, прошедших фольгу толщиной  $t$ , г/см<sup>2</sup>, являются практически одинаковыми. Это заключение подтверждается экспериментальными данными [6], где показано, что с увеличением энергии частиц различие в коэффициентах пропускания электронов и позитронов уменьшается.

Поступило в Редакцию 29/X 1973 г.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А. А. и др. Синхротрон ТПИ на 1,5 Гэв. М., Атомиздат, 1968.
2. Потемкин Г. В., Воробьев С. А. «Атомная энергия», 1973, т. 35, вып. 5, с. 366.
3. Кузьмин В. Н. и др. В сб.: Электронные ускорители. М., «Энергия», 1968, с. 506.
4. Комар А. П., Измерение полной энергии пучков тормозного излучения от электронных ускорителей. Л., «Наука», 1972.
5. Bethe H. Phys. Rev., 1953, v. 89, p. 1256.
6. Тарутин И. Г., ЖЭТФ, 1971, т. 60, с. 901.