

сколько дней. Метод широких атмосферных ливней является единственным, используемым при изучении космических лучей с энергией, большей $10^{14} \div 10^{15}$ эв.

Для меньших энергий проводится и прямое исследование элементарных взаимодействий с помощью фотографических эмульсий, камер Вильсона, ионизационных камер, но оно ограничивается энергиями 10^{12} эв из-за трудности регистрации относительно редких событий.

В настоящее время в результате различных исследований выявлен целый ряд общих характеристик актов множественной генерации частиц при столкновении нуклона с нуклоном или ядром атмосферы. Наиболее существенные из них следующие:

1. Эффективное сечение процесса в области энергии $\geq 10^{10}$ эв постоянно и равно геометрическому сечению (возможные отклонения не превышают 20—30%) (см. § 30).

2. Генерируются главным образом π -мезоны.

3. Вторичные частицы вылетают резко направленными потоками в направлении движения первичной частицы и в обратном направлении (в системе центра инерций), так что поперечные импульсы частиц сравнительно малы и почти не меняются вплоть до энергий $\approx 10^{15}$ эв.

4. Среднее число частиц n , рождающихся в акте, или, как говорят, множественность, медленно растет с энергией налетающей частицы в лабораторной системе; по-видимому, $n \sim E_L^{1/3}$ или $n \sim E_L^{1/4}$ (в интервале энергий $E_L = 10^{10}$ эв до $E_L = 10^{15}$ эв).

5. В большинстве случаев налетающий нуклон теряет на образование новых частиц лишь часть своей энергии ($\approx 0,5$), остальную долю энергии он сохраняет.

Однако все это надо рассматривать как средние данные, и отдельные акты могут чрезвычайно сильно различаться по своему характеру.

Теоретическое осмысливание процессов множественного рождения частиц и их характеристик представляет собой предмет многих исследований, далеких еще от полного решения проблемы.

§ 57. СОСТАВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА УРОВНЕ МОРЯ

На уровне моря принято разделять космические лучи на мягкую и жесткую компоненту в зависимости от степени их поглощения в веществе.

В основе этого разделения были положены опыты Росси по определению проникающей способности космических лучей. Для регистрации вертикально идущих частиц был составлен из гейгеровских счетчиков так называемый «телескоп» (рис. 110), который регистрировал только тройные совпадения. Между счетчиками помещался свинцовый фильтр переменной толщины. Изучалась

зависимость числа зарегистрированных частиц от толщины фильтра. Росси обнаружил, что часть космических лучей поглощается фильтрами из свинца сравнительно малой толщины — $5 \div 10$ см.

Зато основная масса частиц способна проходить даже метровую толщину свинца. Характерная кривая поглощения космических лучей на уровне моря приведена на рис. 111. Та часть космическо-

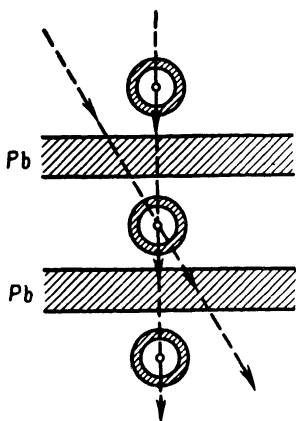


Рис. 110. Схема «телескопа» из гейгеровских счетчиков

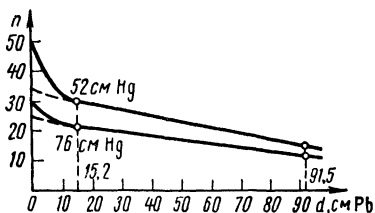


Рис. 111. Зависимость числа совпадений от космических лучей на уровне моря от толщины свинцового поглотителя

го излучения, которая поглощается 10 см свинца называется «мягкой» компонентой, та же часть, которая прошла слой 10 см Pb называется «жесткой» компонентой.

Соотношения между интенсивностями мягкой и жесткой компонент характеризуются следующими цифрами:

$$\frac{I_{\text{м}}}{I_{\text{ж}} + I_{\text{м}}} = \frac{1}{3} \quad \text{или} \quad \frac{I_{\text{ж}}}{I_{\text{м}} + I_{\text{ж}}} = \frac{2}{3}.$$

Измерения на уровне моря вертикальной интенсивности обеих компонент дали:

$$I_{\text{м}} = 0,2 \text{ частиц} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{стер}^{-1};$$

$$I_{\text{ж}} = 0,5 \text{ частиц} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{стер}^{-1}.$$

Дальнейшими исследованиями была установлена природа мягкой и жесткой компонент. Оказалось, что в их состав входят различные частицы, они теряют свою энергию в различных процессах и именно потому так различаются их коэффициенты поглощения.

Мягкая компонента состоит в основном из электронов, позитронов и фотонов — частиц, которые быстро поглощаются из-за тормозного излучения и рождения электронных пар, из-за процессов, приводящих к образованию электромагнитных каскадных ливней.

Жесткая компонента представлена на уровне моря релятивистскими μ -мезонами. Из-за значительно большей, чем у электронов, массы их радиационные потери незначительны и они поглощаются почти исключительно из-за ионизационных потерь. Именно μ -мезоны ответственны за высокую проникающую способность космических лучей.

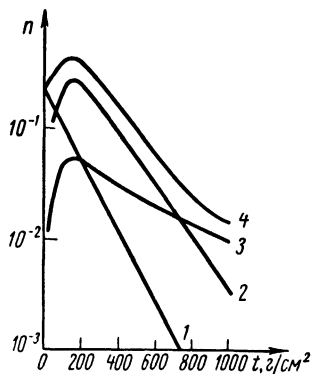


Рис. 112. Изменение интенсивности различных компонент космического излучения с высотой. Интенсивность приведена в числе частиц на 1 см^2 в 1 сек в *стер*

Ядерноактивными частицами на уровне моря в основном являются протоны и нейтроны малых энергий и небольшая примесь пионов, общее число которых ничтожно мало по сравнению с числом μ -мезонов.

На рис. 112 показано, как меняется с высотой интенсивность различных компонент космических лучей для 50° северной широты. Кривая 1 — протоны и α -частицы; 2 — электронно-фотонная компонента; 3 — μ -мезоны; 4 — полная интенсивность космических лучей.

§ 58. ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Интенсивность космического излучения подвержена с течением времени слабым периодическим и непериодическим изменениям. Рассмотрим основные из них.

Барометрическим эффектом называется зависимость интенсивности космического излучения от атмосферного давления в точке наблюдения. Увеличение (уменьшение) давления связано с увеличением (уменьшением) количества вещества в толще атмосферы, а это в свою очередь приводит к увеличению (уменьшению) поглощения излучения, доходящего до точки наблюдения. Этот эффект вызывает изменение интенсивности примерно на 1,5% при изменении атмосферного давления на 1 см рт. ст.

Температурный эффект обусловлен тем, что при нагревании атмосферы она расширяется и область генерации мезонов первичными частицами как бы отодвигается от поверхности Земли. В результате мезоны проходят больший путь и поэтому несколько большая доля их успевает распасться. Этот эффект дает около 0,4% изменения интенсивности на 1°С.

Солнечные вариации обусловлены процессами на Солнце и в солнечной системе. К ним относятся вариации, связанные с солнечной активностью: суточные и 27-дневные вариации (период обра-