

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ПОГЛОЩЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ЛАВИНЫ, ГЕНЕРИРОВАННОЙ
НУКЛОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ, В ЖЕЛЕЗЕ

М. И. КЕРОПЯН, Э. А. МАМИДЖАНЫН, Р. М. МАРТИРОСОВ

Если рассматривать железные поглотители ионизационного калориметра [1] как „железную“ атмосферу, то можно весьма точно количественно измерить высотный ход потока энергии адронов космического излучения, в частности, нуклонов (см., напр. [2]). Точность измерения обусловлена тем, что имеется возможность определить ионизацию, создаваемую продуктами взаимодействия первичных частиц на 10 уровнях в калориметре примерно от 80 до 800 г/см² для весьма узких интервалов энергии первичных адронов и каскадов различных типов.

В ряде работ [2] методом Монте-Карло рассчитывалось изменение потока энергии с глубиной X в калориметре. Если исходить из весьма общей модели взаимодействия адронов в веществе с произвольными коэффициентами неупругости K и K_π , то можно получить и аналитические выражения для изменения потока.

При рассмотрении взаимодействий с ядрами железа естественно предположить K достаточно большим [3]: $K > 2\beta_\pi$, где β_π — доля энергии, передаваемая π_0 -мезонам вторичными пионами. Тогда можно показать, что уже при $X > 300$ г/см² поглощение потока энергии будет определяться величиной $\frac{\lambda_\pi}{\beta_\pi}$, где λ_π — пробег взаимодействия π -мезонов.

Если рассмотреть частный случай $K = 1$, $\beta_\pi = \frac{1}{3}$, тогда поглощение будет происходить по закону $L_\pi = 3\lambda_\pi$. Таким образом, если β_π не зависит от энергии, то глубина проникновения ядерной лавины в веществе не зависит от энергии первичной частицы. Всякое изменение закона поглощения означает, что β_π является функцией энергии. Зависимость β_π от энергии может пролить свет на механизм взаимодействия пионов. При этом для больших X энергия пионов невелика и не превышает десятки Гэв.

Однако следует учесть вклад ядерных расщеплений. Средняя энергия расщеплений в железе одинакова при энергиях $10^9 + 10^{13}$ эв и порядка 800 Мэв [4], т. е. эффектом можно пренебречь при энергиях

пионов $\varepsilon_\pi \gg 800 \text{ Мэв}$. При соизмеримых с ε_π энергиях поглощение потока энергии за счет ядерных расщеплений будет более быстрым.

Как было показано в [5], на больших глубинах калориметра ($>400 \text{ г/см}^2$) поглощение будет происходить с пробегом, равным пробегу взаимодействия пионов: $S_\pi(X)|_{X \gg 1} = S_\pi^0 e^{-X}$, где X берется в единицах пробега взаимодействия. При $K=1$ и $K_\pi=1/3 K$ можно показать, что при малых глубинах $S_\pi(X)|_{X \rightarrow 0} = S_\pi^0 e^{-\frac{X}{3}}$.

В том случае, когда значительная энергия уносится одной или небольшим числом энергетически выделенных частиц, весьма вероятно, что на самых больших глубинах в калориметре присутствуют частицы высоких энергий. Эти частицы будут сильно влиять на ход кривой поглощения и оно будет медленным вплоть до самых больших глубин.

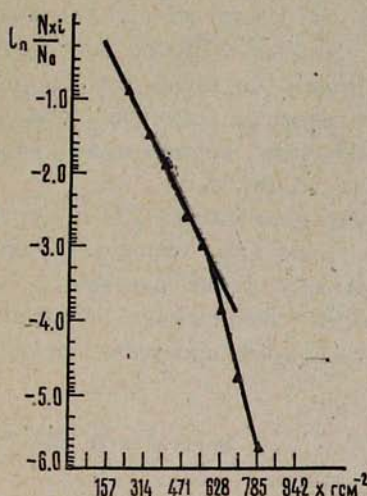


Рис. 1. Ядерно-каскадная кривая в логарифмическом масштабе, усредненная по всем событиям с энергией $>2 \text{ Тэв}$.

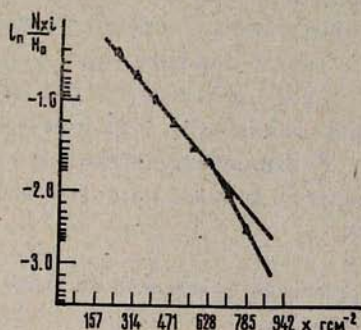


Рис. 2. Ядерно-каскадная кривая в логарифмическом масштабе, усредненная по всем событиям типа А с энергией $>2 \text{ Тэв}$.

Поэтому для определения пробега взаимодействия пионов небольших энергий следует отбирать те события, когда энергия между вторичными частицами распределяется равномерно. Это происходит в случае образования каскадов с одним максимумом—типа А [1,5]. С ростом энергии изменение пробега должно отодвигаться в область все больших глубин.

Если при малых X $L_\pi \neq 3\lambda_\pi$, а меньше, то это может означать следующее.

1) Передача энергии сильно ионизирующим частицам играет заметную роль даже при больших энергиях. Очевидно, что для более высоких энергий этот эффект должен исчезнуть.

2) Пионы при взаимодействии с ядрами расходуют на π_0 -мезоны больше $1/3$ своей энергии. Если $\beta_\pi > \frac{1}{3}$, то $L_\pi < 3\lambda_\pi$. В этом случае эффект остается и при высоких энергиях.

Для анализа ядерно-каскадных кривых в железе нами использовались экспериментальные данные, полученные за 3500 часов измерений на установке по изучению нуклонных взаимодействий [1] на высотной станции Арагац. Изучались каскады, генерированные в верхних двух слоях железа нуклонами с энергией 0,6–10 Тэв. При всех энергиях наблюдалось изменение закона поглощения при глубинах 400–500 г/см².

На рис. 1 представлена усредненная по всем событиям с энергией > 2 Тэв ядерно-каскадная кривая, а на рис. 2—ядерно-каскадная кривая, усредненная по каскадам типа А для энергий, превышающих 2 Тэв.

Пробег поглощения, вычисленный на основе рис. 1 для малых глубин вещества, оказался равным 383 ± 36 г/см². Пробег поглощения для больших толщин вещества ($X > 500$ г/см²), согласно рис. 2, равен $L_\pi (X > 500 \text{ г/см}^2) \equiv \lambda_\pi = 130 \pm 20$ г/см². Указанная величина совпадает в пределах ошибок с пробегом взаимодействия пионов в железе для ускорительных энергий, равным $\lambda_\pi = 120$ г/см² [6].

Таким образом, при энергиях порядка нескольких Тэв соотношение $L_\pi (X < 400 \text{ г/см}^2) = 3\lambda_\pi$ выполняется довольно хорошо. Отсюда можно заключить, что допущение $\beta = 1/3$ достаточно разумно.

В заключение отметим необходимость увеличения экспериментальных данных при энергиях нуклонов, превышающих несколько Тэв.

Ереванский физический институт

Поступила 2. VIII. 1972

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М. О. Азарян, Э. А. Мамиджян и др. ЯФ, 16, 1231 (1972).
2. W. V. Jones. Phys. Rev., 187, 1868 (1969). V.N. Akimov, I. N. Fetisov et al. Preprint, Lebedev Physical Inst., 141, 11969.
3. М. О. Азарян, Э. А. Мамиджян и др. Изв. АН АрмССР, 7, 470 (1972).
4. Н. Л. Григоров, А. В. Подгурская и др. ЖЭТФ, 35, 3 (1958). С. Пауэлл, П. Фаулер, Д. Перкинс. Исследование элементарных частиц фотографическим методом, Изд. ИЛ, 1962.
5. В. С. Мурзин. Докторская диссертация, ФИАН, М., 1968.
6. R. H. Peacock, B. Hahn et al. Nuovo Cim., 22, 1290 (1961).

ԲԱՐՁՐ ԷՆԵՐԳԻԱՑՈՎ ՆՈՒԿԼԻՆՆԵՐԻ ԿՈՂՄԻՑ ԳԵՆԵՐԱՑՎԱԾ ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՀԵՂԵՂԻ ԿԼԱՆՈՒՄԸ ԵՐԿԱԹՈՒՄ

Մ. Ի. ՔԵՐՈՊԻԱՆ, Է. Ա. ՄԱՄԻՋԱՆԻԱՆ, Ռ. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՈՎ

Ուսումնասիրվել է միջուկա-կասկադային հեղեղ, որը առաջացել է նուկլոններով կալորիմետրի երկաթյա կլանիչում, 0,6—10 ՏէՎ էներգիայի տիրույթում: Փոքր խորության նյութերի համար ($X < 400$ գր/սմ²) նուկլոնային բաղադրիչների էներգիայի հոսքի կլանման վազքը ~ 2 ՏէՎ էներգիաների դեպքում կազմում է (383 ± 36) գր/սմ²: Մեծ խորության դեպքում նուկլոնային բաղադրիչի կլանումը որոշվում է համեմատաբար ոչ բարձր էներգիայի պիոնների կլանմամբ (~ 10 ԳէՎ) և կազմում է (130 ± 20) գր/սմ²:

ABSORPTION OF NUCLEAR AVALANCHE GENERATED BY HIGH ENERGY NUCLEONS

M. I. KEROPIAN, E. A. MAMIDJANIAN, R. M. MARTIROSOV

Nuclear-cascade avalanche formed by nucleons in an iron absorber of calorimeter in the energy region of 0,6-10 TeV are studied. For little depths ($X < 400$ g/cm²) the absorption rundown of energy flow of nuclear component at the energy ~ 2 TeV is equal to (383 ± 36) g/cm². For larger depths the absorption rundown of nuclear component defined by absorption of pions at the energy of 10 GeV is equal to (130 ± 20) g/cm².