

АНОМАЛОНЫ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,1 ГэВ/с НА НУКЛОН

*А.А.Картамышев, К.Н.Мухин, Е.В.Нилов, О.О.Патаракин,
М.М.Сулковская, А.Ф.Суставов, Л.А.Чернышова*

Анализ 4138 фрагментов с зарядом $2 \leq Z \leq 10$, давших 1881 взаимодействие показал, что существует эффект уменьшения длины свободного пробега фрагментов на первых сантиметрах пути от места образования. Фрагменты получены при взаимодействии ионов ^{12}C и ^{22}Ne с импульсом 4,1 ГэВ/с на нуклон с ядрами фотоэмульсии. Эффект сохраняется как для фрагментов с $Z = 2$, так и для фрагментов с $3 \leq Z \leq 10$. Для первичных ионов ^{12}C и ^{22}Ne аналогичный эффект отсутствует.

После опубликования в 1980 г. работы ¹, выполненной на ускорителе Bevalac, научная общественность начала серьезно обсуждать возможность существования "аномалон" — релятивистских пролетающих фрагментов с аномально малой длиной свободного пробега λ_d на первых сантиметрах пути от места образования. Указание на существование таких объектов было дано еще в 60-е годы по данным исследования космических частиц (см., например, ²⁻⁴), но лишь в последние годы, с появлением интенсивных пучков ионов с большим Z и энергиями несколько ГэВ/н появилась возможность детально исследовать эффект. К настоящему времени выполнено более 15 экспериментальных работ. Кроме фотоэмульсионной, активно используются и другие методики: пузырьковая камера ⁵, пластиковый детектор ^{6, 16}, электроника ⁷. Однако ситуация остается достаточно неопределенной. Наряду с работами, где эффект был замечен ^{1, 5, 6, 8-12}, имеются работы, в которых он не был обнаружен ^{7, 13}. Сравнение различных методик показывает, что они не свободны от некоторых недостатков: в пузырьковых камерах плохо видны первые сантиметры пути, пластиковые детекторы и электроника регистрируют только фрагменты с большими Z и содержат лишь легкие ядра мишени и т. д. По-видимому, фотоэмульсионная методика остается сейчас ведущей и именно с ее помощью можно надеяться на внесение ясности в вопрос: "А существуют ли аномалоны?"

В данной работе ставилась задача в пределах одной лаборатории максимально простым вариантом фотоэмульсионной методики попытаться ответить на этот вопрос. Для этого проводились измерения длин свободного пробега первичных ионов ^{12}C и ^{22}Ne с импульсом 4,1 ГэВ/с на нуклон и пролетающих фрагментов, образованных при взаимодействии этих ионов с ядрами фотоэмульсии. Фрагментом здесь называется ион с зарядом от $Z = 2$ до заряда первичного иона, летящий вперед в конусе с углом раствора $\leq 0,1$ рад и имеющий скорость, примерно равную скорости первичного иона. Первичные треки измерялись на расстоянии до 7 см от края пластинки, все фрагменты имели потенциальный пробег 10 см. В фотоэмульсионной методике разделение фрагментов по зарядам обычно производится погрешностью ± 1 , и это может приводить к искажению истинной длины свободного пробега λ как функции от расстояния x . Чтобы этого избежать, мы предпочли интегральную обработку фрагментов всех зарядов. При этом наблюдаемый эффект может лишь умень-

шиться (если он существует только для фрагментов с некоторыми определенными Z), но никак не усилиться. Увеличение статистики, связанное с интегральной обработкой, дает большую достоверность результатов. Подробно используемая методика описана в ¹¹.

Для контроля правильности методики обрабатывались треки первичных ионов ^{12}C и ^{22}Ne . На рис. 1 показана длина свободного пробега λ от расстояния, пройденного ионами от начала пластинки. Экспериментальные точки хорошо описываются горизонтальными прямыми $\lambda_{\text{Ne}} = 10,5 \pm 0,2$ см и $\lambda_{\text{C}} = 13,6 \pm 0,5$ см, не показывая сколь-нибудь заметных отклонений.

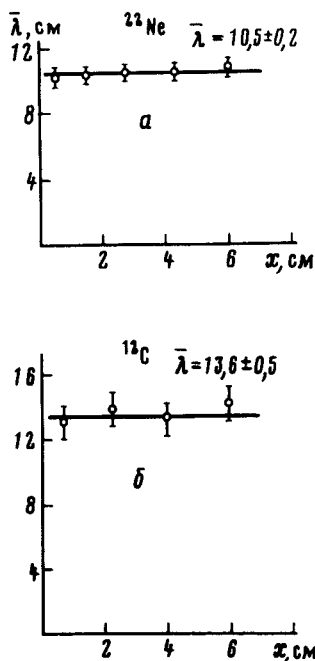


Рис. 1. Зависимость среднего свободного пробега от пройденного пути x для первичных ионов: a — ^{22}Ne (4319 следов, 2094 взаимодействия); b — ^{12}C (1898 следов, 763 взаимодействия)

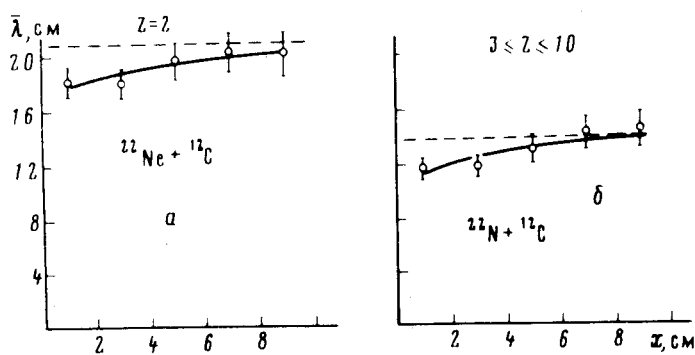


Рис. 3. Сравнение $\bar{\lambda}(x)$ для фрагментов с разными Z , a — фрагменты с $Z = 2$ (2626 фрагментов, 1065 взаимодействий), сплошная кривая соответствует $\lambda_a = 4,2 \pm 2,9$ см, $\lambda_H = 21,0$ см, $f = 4,9 \pm 2,8\%$, $CL \approx 100\%$, штриховая — отсутствию эффекта, $CL \approx 3\%$, b — фрагменты с $3 \leq Z \leq 10$ (1512 фрагментов, 816 взаимодействий). Параметры сплошной кривой: $\lambda_a = 3,0 \pm 1,6$ см, $\lambda_H = 14$ см, $f = 8,0 \pm 3,5\%$, $CL \approx 100\%$, для штриховой кривой $CL \approx 2\%$

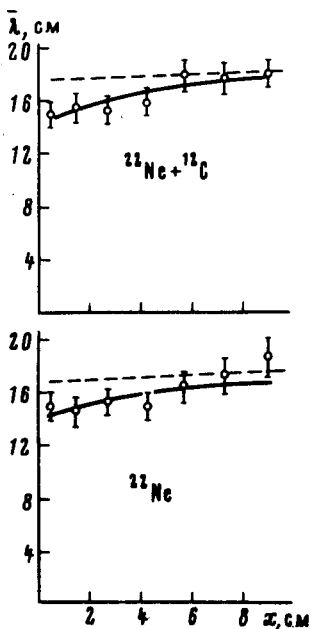


Рис. 2. Зависимость $\bar{\lambda}(x)$ для фрагментов с $2 \leq Z \leq 10$, образованных во взаимодействиях ионов ^{22}Ne и ^{12}C с ядрами фотоэмульсии; a — для всех фрагментов (4138 фрагментов, 1881 взаимодействие), сплошная кривая соответствует $\lambda_a = 3,4 \pm 1,4$ см, $\lambda_H = 18,0$ см, $f = 5,8 \pm 1,9\%$ и имеет уровень достоверности $CL = 75\%$, b — для фрагментов от ионов ^{22}Ne (2959 фрагментов, 1369 взаимодействий), сплошная кривая соответствует $\lambda_a = 3,0 \pm 1,8$ см, $\lambda_H = 17,0$ см, $f = 4,5 \pm 2,1\%$ и имеет уровень достоверности $CL = 60\%$

На рис. 2 приведена полная статистика для фрагментов с зарядами $2 \leq Z \leq 10$ от взаимодействия ^{12}C и ^{22}Ne с ядрами фотоэмульсии (рис. 2, a) и для фрагментов только от ^{22}Ne (рис. 2, b). Пунктирные кривые рассчитывались в предположении отсутствия эффекта с учетом уменьшения процентного содержания фрагментов с большими Z от расстоя-

ния. Видно, что описание неудовлетворительно (уровень достоверности $CL = 6 \cdot 10^{-4}$ для всей статистики и $CL = 10^{-2}$ для фрагментов от ^{22}Ne). Сплошная кривая соответствует расчету по модели, в которой среди фрагментов содержится небольшая доля f аномалонов с $\lambda_a \ll \lambda_n$. Остальные фрагменты имеют нормальную длину λ_n , которая фиксировалась при расчетах. Наилучшее описание ($CL = 75\%$ и $CL = 60\%$ для рис. 2 а и б соответственно) получены при значениях $f \sim 5\%$ и $\lambda_a \sim 3$ см. Расчет в предположении альтернативной модели, в которой все фрагменты аномальны и через время τ переходят в нормальное состояние, дает $\tau = 3,7 \cdot 10^{-11}$ с и сечение взаимодействия аномалонов в полтора раза больше нормального. Полученные параметры эффекта близки к значениям параметров из работ^{1, 6, 8, 10}, выполненных при импульсе 2 ГэВ/с на нуклон. Это можно рассматривать как аргумент против распадной модели.

Для выбора теоретической модели, правильно описывающей наблюдаемое явление, чрезвычайно важно, существует ли эффект на малых Z . Данные старых экспериментов с космическими частицами свидетельствовали о наличии эффекта для $Z = 1, 2, 3$ ⁴, позднее в работе¹⁴ был обнаружен эффект для $Z = 2$ при импульсе 2,1 ГэВ/с на нуклон. Однако в работе¹⁵ эффект для $Z = 2$ обнаружен не был. В остальных работах фрагменты с $Z = 2$ не изучались.

Поскольку ионизирующие способности фрагментов с $Z = 2$ и $Z \geq 3$ отличаются более чем в два раза, их можно надежно разделить. На рис. 3, а показаны фрагменты с $Z = 2$ из нашей полной статистики, на рис. 3, б – фрагменты с $3 \leq Z \leq 10$. Видно, что аномальное поведение λ сохраняется в обеих группах фрагментов. Сравнение полученных параметров f и λ_a (см. подписи к рис. 3) позволяет сделать вывод о некотором усилении эффекта для группы с $Z \geq 3$.

Сформулируем основные результаты работы: 1) обнаружен эффект уменьшения длины свободного пробега на первых сантиметрах для пролетающих фрагментов от взаимодействия ионов ^{12}C и ^{22}Ne при импульсе 4,1 ГэВ/с на нуклон; 2) эффект наблюдается как для фрагментов с $Z = 2$, так и для фрагментов с $Z \geq 3$.

Литература

1. Friedlander E.M. et al. Phys. Rev. Lett., 1980, **45**, 1084.
2. Milone A. Nuovo Cim. Suppl., 1954, **12**, 353.
3. Friedlander E.M., Spirchez M. Nucl. Sci. Abstr., 1961, **15**, 3457.
4. Judek B. Can. J. Phys., 1968, **46**, 343; 1972, **50**, 2082.
5. Агакишиев Г.Н. и др. Препринт ОИЯИ Р1-81-79, Дубна, 1981; Препринт ОИЯИ Р1-82-795, Дубна, 1982.
6. Tincknell M.L., Price P.B., Perlmutter S. Phys. Rev. Lett., 1983, **51**, 1948.
7. Stevenson J.D. et al. Phys. Rev. Lett., 1984, **52**, 515.
8. Jain P.L. et al. Phys. Rev. Lett., 1982, **48**, 305.
9. Barber H.B., Freier P.S., Waddington C.J. Phys. Rev. Lett., 1982, **48**, 856.
10. Friedlander E.M. et al. Phys. Rev., 1983, **C27**, 1490.
11. Алексеева Е.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1983, **38**, 411.
12. Aggarwal M.M. et al. Phys. Lett., 1982, **B112**, 31.
13. Банник Б.П. и др. Письма в ЖЭТФ, 1984, **39**, 184.
14. Friedlander E.M. et al. LBL Report №12652, 1981, 416.
15. Ismail A.Z.M. et al. Phys. Rev. Lett., 1984, **52**, 1280.
16. Heinrich W. et al. Phys. Rev. Lett., 1984, **52**, 1401.