

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б232

P1-87-631

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ
"БОКОВОГО ПОТОКА" ЧАСТИЦ
В СТОЛКНОВЕНИЯХ ЯДЕР НЕОНА-22
С ЯДРАМИ В ФОТОЭМУЛЬСИИ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,1 А ГэВ/с

Сотрудничество: Алма-Ата - Бухарест - Гатчина -
Дубна - Душанбе - Ереван - Кошице - Краков -
Ленинград - Москва - Ржеж - Ташкент -
Тбилиси - Улан-Батор

Направлено в "Journal of Physics"

1987

Б.П.Банник, К.Д.Толстов, А.Эль-Наги*
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Б.У.Амеева, Н.П.Андреева, З.В.Анзон, В.И.Бубнов, А.Ш.Гайтинов,
Г.Ж.Елигбаева, Л.Е.Еременко, Г.С.Калячкина, Э.К.Каныгина,
И.Я.Часников, Ц.И.Шахова
Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

М.Гицок, В.Топор, М.Хайдук
Центральный институт физики, Бухарест

Ф.Г.Лепехин, Б.Б.Симонов
Ленинградский институт ядерной физики АН СССР

Д.А.Саломов
Таджикский государственный университет, Душанбе

Р.А.Хошмухамедов
Таджикский государственный медицинский институт, Душанбе

С.Вокал, М.Карабова, Э.Силеш, М.Тотова
Университет г.Кошице, ЧССР

В.А.Антончик, С.Д.Богданов, А.Ю.Лихачев, В.И.Остроумов
Ленинградский политехнический институт

В.Г.Богданов, В.А.Плющев, З.И.Соловьева
Радиевый институт им. В.Г.Хлопина, Ленинград

М.Шумбера
Институт ядерной физики, Ржеж, ЧССР

А.В.Белоусов
Азово-Черноморский институт механизации сельского хозяйства,
Ростов-на-Дону

Д.Д.Джалагания
Тбилисский государственный университет

Л.Сэрдамба, Р.Тогоо, Д.Тувдендорж
Институт физики и техники АН МНР, Улан-Батор

* Каирский университет

В предыдущей работе ^{1/1} сообщалось, что в столкновениях ядер ²²Ne с ядрами Ag, Br при импульсе 4,1 А ГэВ/с угловые распределения и корреляции между фрагментами сталкивающихся ядер показывают "отскок" фрагментов налетающего ядра и "боковой выброс" фрагментов ядра-мишени. Экспериментальные данные, относящиеся к такого рода эффектам, эпизодически появлялись сравнительно давно (см., например, ^{1/2}), но лишь в последние годы оформился интерес к целенаправленному изучению отклонения потоков энергии вторичных частиц от направления под 0° - бокового потока ^{1/3-12}.

В настоящей работе приводятся экспериментальные данные, представляющие интерес при изучении боковых потоков.

1. ЭКСПЕРИМЕНТ

Использовался экспериментальный материал, полученный при обработке взаимодействий ²²Ne + Em, зарегистрированных в фотоэмульсионных камерах, облученных ядрами ²²Ne при импульсе 4,1 А ГэВ/с. Детали эксперимента описаны в работах ^{1/13-15}. В результате измерений было выделено всего N_{B3} = 4307 неупругих взаимодействий. Кроме того, N_{B3} = 4976 неупругих взаимодействий было моделировано на ЭВМ по каскадно-испарительной модели ^{1/16} (КИМ) с учетом условий эксперимента. Заряженные частицы с зарядами Z_i, испущенные под углами θ_i < 5° по отношению к направлению полета налетающего ядра и имеющие импульсы около 4,1 ГэВ/с на нуклон, считались фрагментами f налетающего ядра, не взаимодействовавшими с нуклонами ядра-мишени. Принято считать, что суммарный заряд Q = ∑ Z_i фрагментов f в данном взаимодействии характеризует параметр столкновения. При больших Q имеют место периферические взаимодействия, при малых - центральные.

Объединенный институт
ядерных исследований
БНБНЛС ТЭИТА

Частицы с относительной ионизацией $I^* = I/I_0 > 1,4$ (где I - ионизация на треке данной частицы, а I_0 - минимальная ионизация), соответствующей кинетической энергии протона T меньше 400 МэВ, обозначались как h - частицы и относились к фрагментам ядра-мишени. В подавляющем большинстве они представляли собой каскадные (относительно быстрые) и испарительные (относительно медленные) частицы этого ядра. Относительно быстрые h - частицы с остаточным пробегом в фотоэмульсии $L > 3$ мм (что соответствует энергии T протона в области от 26 до 400 МэВ) обозначались, как h - частицы. Медленные h - частицы, обозначенные, как b - частицы, имели пробег $L \leq 3$ мм и, соответственно, $T \leq 26$ МэВ.

2. ПОПЕРЕЧНЫЕ ИМПУЛЬСЫ ФРАГМЕНТОВ ^{22}Ne И ПЛОСКОСТЬ РЕАКЦИИ

Из всего набора неупругих столкновений выделялись квазипериферические взаимодействия $\text{Ne} + \text{Ag}, \text{Br}$. Критерии отбора: число фрагментов ядра неона $N_f \geq 4$, число фрагментов ядра-мишени $N_h \geq 8$. Отобранных событий оказалось $N_{\text{вз}} = 344$. Соответствующее число моделированных событий - 787. Анализировались фрагменты f ядра неона.

В нашем случае импульс нуклонов налетающего ядра равен

$P_L = 4100$ МэВ/с на нуклон. После столкновения ядер проекция импульса нуклона i -го фрагмента на азимутальную плоскость равна $P_i = P_L \sin \theta_i$; где θ_i - угол испускания i -го фрагмента. Вектор проекции - \vec{P}_i .

В соответствии с методом, примененным в работе [17], составлялся суммарный вектор

$$\vec{R}_\mu = \sum_{i=1, i \neq \mu}^{N_f} \omega_i M_i \vec{P}_i, \quad \mu = 1, 2, \dots, N_f, \quad (I)$$

где $\omega_i = \begin{cases} 0, & \text{если } P_i > 240 \text{ МэВ/с} \\ 1, & \text{если } P_i \leq 240 \text{ МэВ/с.} \end{cases}$

Коэффициент ω_i вводился с целью исключения фрагментов с большим поперечным импульсом. Величина $M_i = \sum_k W_{i,k} A_{i,k}$, где $A_{i,k}$ - массовое число k -го изотопа i -го фрагмента, а $W_{i,k}$ - соответствующая доля изотопа $|I_0|$.

Проекция вектора \vec{P}_i на направление, задаваемое вектором \vec{R}_μ , равна $P_\mu^* = \vec{P}_i \cdot \vec{R}_\mu / |\vec{R}_\mu|$, $\mu = 1, 2, \dots, N_f$. Усреднением величины P_μ^* по всем N_f фрагментам с весами M_μ данного взаимодействия и по всем $N_{\text{вз}}$ событиям получалось среднее значение $\langle P^* \rangle$. Оно должно быть равно нулю, если имеет место случайное распределение \vec{P}_i по азимутальному углу, и не равно нулю, если существует отклонение потока энергии от направления под 0° (то есть отскок фрагментов налетающего ядра). Если в результате столкновения остаточное ядро получает поперечный импульс, значение $\langle P^* \rangle$ передает величину этого поперечного импульса, приходящуюся на один нуклон.

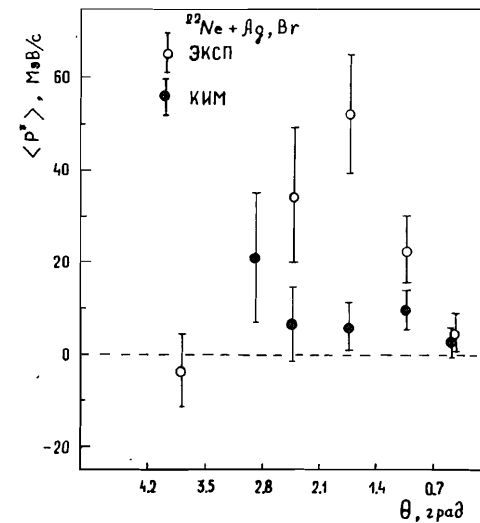


Рис. 1. Распределение $\langle P^* \rangle$ в зависимости от θ фрагментов налетающего ядра, \circ - эксперимент, \bullet - КИМ.

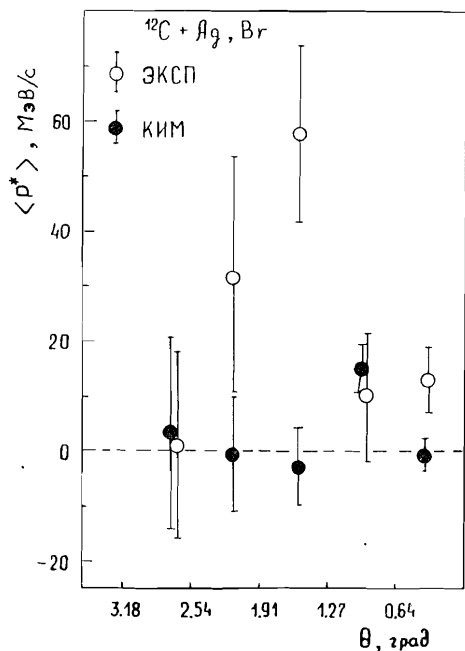


Рис. 2 Распределение $\langle P^* \rangle$ в зависимости от θ фрагментов налетающего ядра в столкновениях $^{12}\text{C} + \text{Ag, Br}$ при 4,5 А ГэВ/с.

○ - эксперимент, ● - КИМ.

На рис. 1 для взаимодействий $^{22}\text{Ne} + \text{Ag, Br}$ при импульсе 4,1 А ГэВ/с показано распределение $\langle P^* \rangle$ в зависимости от угла θ испускания фрагмента. Можно видеть отличие $\langle P^* \rangle$ от нулевого значения - проявление эффекта отскока. Вид распределения для событий, моделированных по КИМ, показывает, что внутриядерный каскад, возможно, вносит некоторый вклад в наблюдаемый эффект. На рис. 2 для сравнения показано распределение $\langle P^* \rangle$ в столкновениях $^{12}\text{C} + \text{Ag, Br}$ при импульсе 4,5 А ГэВ/с, построенное по исходным рабочим материалам наших предыдущих работ [18]. Видно, что внутриядерный каскад играет незначительную роль. Скорее всего это связано с малостью массы ядра ^{12}C .

Понятно, что суммарный вектор $\vec{R} = \sum_{i=1}^{N_f} \omega_i M_i \vec{P}_i$ с некоторой точностью восстанавливает геометрию столкновения, а именно - плоскость реакции, которая определяется направлением движения налетающего ядра и линией, соединяющей центры сталкивающихся ядер. Этот общеизвестный факт может оказаться полезным при постановке экспериментов, для которых необходимо знание плоскости реакции. Например, при изучении испускания легких фрагментов (дейтронов, трития, альфа-частиц) в реакциях на сравнительно тяжелых ядрах представляет интерес построение их распределений в азимутальной плоскости в зависимости от угла вылета фрагмента по отношению к вектору \vec{R} . Очевидно, что боковой выброс должен усиливать роль коалесценции в образовании фрагментов, а это, в свою очередь, скажется на их угловом распределении.

3. УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАГМЕНТОВ ЯДРА-МИШЕНИ

В качестве иллюстрации возможностей, связанных с определением плоскости реакции, можно рассмотреть угловые распределения b - частиц ядра-мишени.

С помощью критерия $N_h \geq 7$ из совокупности неупругих взаимодействий $^{22}\text{Ne} + \text{Em}$ отбирались столкновения $^{22}\text{Ne} + \text{Ag, Br}$ с тяжелыми ядрами фотоэмульсии. Величина Θ в каждом событии была определена. Для всех h - частиц были известны пространственный угол испускания θ и азимутальный угол.

Эффект бокового выброса медленных фрагментов ядра-мишени (b - частиц) должен отражаться на их распределении по углу θ . Эффект проявится более выразительно, если построить распределение по θ для тех частиц, которые в азимутальной плоскости испускаются под небольшими углами к плоскости реакции. Имея это в виду, для каждого события мы строили суммарный вектор \vec{R} h - частиц по формуле (1), где полагалось $\omega_i = 1$, $M_i = 1$; вместо \vec{P}_i подставлялся единичный вектор, направленный под углом γ_i , а суммирование производилось по всем h - частицам. Из числа b - частиц отбирались только те, у которых угол между соответствующим единичным вектором и суммарным вектором \vec{R} был равен $\Phi \leq 30^\circ$.

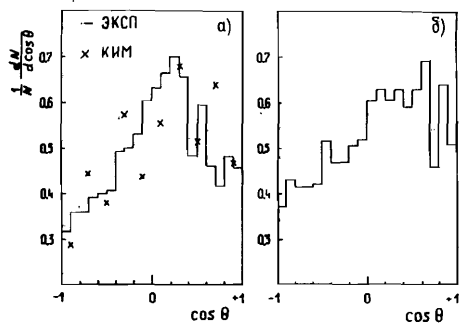


Рис. 3 Угловое распределение b - частиц в центральных столкновениях: а) данный эксперимент, $\Phi \leq 30^\circ$, б) Н.П.Андреева и др., ЯФ, 1987, 45, с.123. — - эксперимент \times - КИМ.

На рис. 3а показано распределение $\frac{1}{N} \frac{dN}{d \cos \theta}$ b -частиц ($N = 1418$) в центральных ($Q = 0, 1, 2$) столкновениях $Ne + Ag, Br$, нормированное на число частиц $N = 10$. Распределение моделированных по КИМ событий ($N = 1340$) обозначено крестиками. В экспериментальном распределении наблюдается максимум, соответствующий боковому выбросу b -частиц. Каскадная модель воспроизводит общие черты наблюдаемого распределения.

На рис. 3б для сравнения приведено угловое распределение b -частиц из центральных ($Q = 0, 1$) взаимодействий $Ne + Em$ (без дискриминации событий по числу h -частиц), полученное в работе /15/. Здесь не использовался отбор b -частиц по углу Φ . Можно видеть разницу между распределениями в названной и в настоящей работе.

На рис. 4 приведены соответствующие угловые распределения b -частиц при $Q = 5, 6, 7$. Статистика в эксперименте $N = 1196$. Моделировано $N = 1951$. Хорошо видно различие распределений.

4. АЗИМУТАЛЬНЫЙ ОТСКОК ФРАГМЕНТОВ ЯДРА ^{22}Ne

Определение плоскости реакции позволяет получить сведения об "азимутальном отскоке" фрагментов налетающего ядра, о том, как

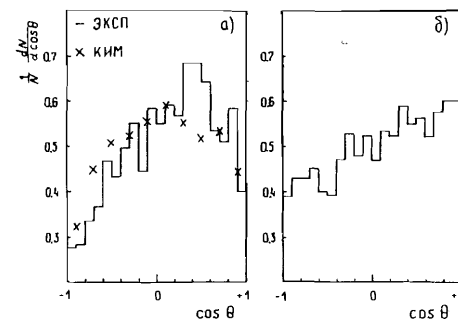


Рис. 4 Угловое распределение b - частиц при $5 \leq Q \leq 7$: а) данный эксперимент, $\Phi \leq 30^\circ$, б) Н.П.Андреева и др., ЯФ, 1987, 45, с.123. — - эксперимент, \times - КИМ.

выглядит "отскок" в проекции на азимутальную плоскость. В отсутствие отскока распределение частиц по азимутальному углу должно быть изотропным. Отскок приводит к отклонению от изотропии. Степень этого отклонения можно оценить, если в формуле (1) заменить \vec{p}_i на единичные векторы, суммировать по i от 1 до N_f и далее вычислить величину $\langle P^* \rangle$ (в расчете на один нуклон). Возможные значения $\langle P^* \rangle$ заключены в пределах от -1 до $+1$. При изотропном распределении должно быть $\langle P^* \rangle = 0$. "Азимутальный отскок" $A = N \langle P^* \rangle$ получается умножением числа частиц N на $\langle P^* \rangle$.

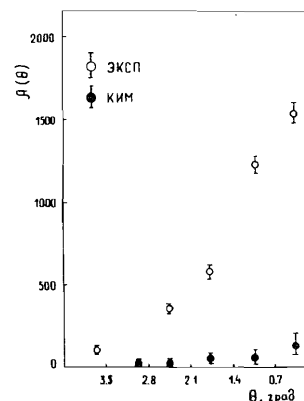


Рис. 5 Азимутальный отскок $A(\theta)$ фрагментов ядра ^{22}Ne . \circ - эксперимент, \bullet - КИМ.

В зависимости от угла θ испускания фрагментов f вычислялся азимутальный отскок $A(\theta) = N_{\theta} \langle P^* \rangle_{\theta}$, где N_{θ} и $\langle P^* \rangle_{\theta}$ - соответственно число частиц и среднее $\langle P^* \rangle$ для фрагментов с углами испускания в данном интервале углов θ . На рис.5 представлена величина $A(\theta)$ для столкновений $^{22}\text{Ne} + \text{Ag}, \text{Br}$ при $N_f \geq 4$ и $N_h \geq 8$.

5. АЗИМУТАЛЬНЫЙ ВЫБРОС МЕДЛЕННЫХ ФРАГМЕНТОВ

Аналогичным образом рассматривался "азимутальный выброс" фрагментов ядра-мишени. Плоскость реакции определялась по суммарному вектору \vec{R} , который получался так же, как при построении угловых распределений b - частиц (см. выше, п.3). В результате вычислялась величина $\langle P^* \rangle_{\theta}$ (в расчете на одну частицу) для различных интервалов угла θ . Использовался весь набор неупругих столкновений $^{22}\text{Ne} + \text{Ag}, \text{Br}$ (критерий отбора - $N_h \geq 7$), который разбивался на группы в зависимости от величины Q и типа фрагментов (h, b, g).

В таблице I даны усредненные по θ значения $\langle P^* \rangle$ для h - частиц, экспериментальные и вычисленные для моделированных событий, а также разность $\Delta = \langle P^* \rangle_{\text{эксп}} - \langle P^* \rangle_{\text{КИМ}}$. Величина $\langle P^* \rangle$ возрастает с увеличением Q . Это можно было ожидать, так как увеличение

Таблица I Азимутальный выброс $\langle P^* \rangle$ частиц типа h в расчете на одну частицу и разность $\Delta = \langle P^* \rangle_{\text{эксп.}} - \langle P^* \rangle_{\text{КИМ}}$

| Q | ЭКСП. | КИМ | Δ |
|--------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0 + 2 | 0.178 ± 0.005 | 0.138 ± 0.004 | 0.041 ± 0.007 |
| 3 + 6 | 0.207 ± 0.006 | 0.177 ± 0.005 | 0.030 ± 0.008 |
| 7 + 10 | 0.224 ± 0.008 | 0.235 ± 0.006 | -0.011 ± 0.011 |

Q означает увеличение параметра столкновения, и тогда количество ядерного вещества на пути вторичных частиц в ядре-мишени (в поперечном направлении, в сторону, противоположную от налетающего ядра) возрастает, и это приводит к соответствующему более развитому внутриядерному каскаду.

Таблица 2 Азимутальный выброс $\langle P^* \rangle \cdot 10^3$ в расчете на одну частицу в зависимости от θ фрагментов ядра-мишени. Эксперимент

| Номер интервала $\cos\theta$ | $0 \leq Q \leq 2$ | | | $3 \leq Q \leq 6$ | $7 \leq Q \leq 10$ |
|------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
| | h | b | g | h | h |
| 1 | 207 (25) | 221 (32) | 187 (40) | 164 (26) | 275 (35) |
| 2 | 227 (23) | 240 (30) | 213 (34) | 212 (24) | 240 (34) |
| 3 | 218 (21) | 207 (29) | 230 (30) | 272 (22) | 256 (32) |
| 4 | 206 (20) | 200 (29) | 211 (26) | 225 (22) | 231 (29) |
| 5 | 204 (17) | 250 (27) | 172 (23) | 269 (19) | 232 (29) |
| 6 | 207 (16) | 182 (26) | 223 (20) | 241 (19) | 255 (27) |
| 7 | 206 (15) | 264 (26) | 176 (18) | 237 (17) | 266 (25) |
| 8 | 182 (14) | 226 (26) | 167 (16) | 210 (17) | 227 (24) |
| 9 | 181 (13) | 152 (18) | 189 (14) | 233 (15) | 191 (24) |
| 10 | 98 (11) | 142 (28) | 89 (12) | 106 (14) | 168 (21) |
| 1+10 | 178 (5) | 207 (9) | 165 (6) | 207 (6) | 224 (8) |

Разность Δ отражает эффект передачи поперечного импульса ядру-мишени. Ее значение, естественно, мало, поскольку переданный импульс распределяется между большим числом нуклонов ядра-мишени.

Значения $\langle P^* \rangle$ в зависимости от θ приведены в Приложении: в таблице 2 для экспериментального набора событий, в таблице 3 - для моделированного.

Таблица 3 Азимутальный выброс $\langle P^* \rangle \cdot 10^3$ в расчете на одну частицу в зависимости от θ фрагментов ядра-мишени. Каскадно-испарительная модель

| Номер интервала $\cos \theta$ | $0 \leq Q \leq 2$ | | | $3 \leq Q \leq 6$ | $7 \leq Q \leq 10$ |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
| | h | b | g | h | h |
| 1 | 185 (21) | 142 (35) | 210 (26) | 173 (20) | 248 (25) |
| 2 | 153 (20) | 209 (32) | 120 (25) | 171 (20) | 274 (23) |
| 3 | 174 (20) | 244 (32) | 138 (25) | 220 (19) | 286 (23) |
| 4 | 183 (18) | 263 (30) | 140 (22) | 224 (19) | 237 (23) |
| 5 | 139 (17) | 142 (29) | 138 (20) | 187 (17) | 220 (22) |
| 6 | 153 (15) | 178 (29) | 143 (18) | 185 (16) | 217 (22) |
| 7 | 172 (14) | 245 (27) | 146 (17) | 198 (15) | 261 (20) |
| 8 | 151 (12) | 200 (28) | 140 (14) | 193 (14) | 256 (19) |
| 9 | 160 (11) | 219 (26) | 148 (12) | 194 (13) | 245 (17) |
| 10 | 60 (9) | 104 (27) | 54 (10) | 105 (11) | 168 (16) |
| 1+10 | 138 (4) | 193 (9) | 121 (5) | 177 (5) | 235 (6) |

Умножением величины $\langle P^* \rangle_\theta$ для данного интервала углов θ на число частиц N_θ в этом интервале получался азимутальный выброс $A(\theta) = N_\theta \langle P^* \rangle_\theta$. На рис.6 показана величина $A(\theta)$ в зависимости от $\cos \theta$ для b -частиц (число $N_b = 5969$) в событиях с $Q = 0, 1, 2$. На рис.7 азимутальный выброс $A(\theta)$ представлен для g -частиц ($N_g = 12730$) в тех же событиях.

Аналогичное рассмотрение "коллективной азимутальной выстроенности" заряженных частиц было проведено при изучении $Ca + Ca$, $Nb + Nb$ и $Au + Au$ - столкновений при энергиях 0,4 и 1,05 ГэВ/нуклон на "Пластик-болл"-спектрометре [19].

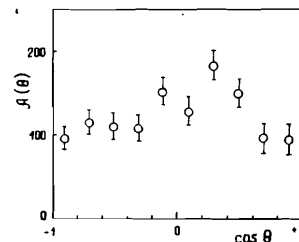


Рис. 6 Азимутальный выброс $A(\theta)$ фрагментов ядра-мишени b -частиц.

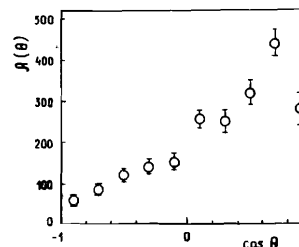


Рис. 7 Азимутальный выброс $A(\theta)$ фрагментов ядра-мишени g -частиц.

6. ОСТАТОЧНЫЙ ПРОБЕГ МЕДЛЕННЫХ ФРАГМЕНТОВ

В предыдущей работе [1] было показано, что при столкновениях $^{22}Ne + Ag, Br$ средний поперечный импульс, передаваемый нуклонам ядра ^{22}Ne , равен $\langle P_t \rangle \approx 50$ МэВ/с. Принимая во внимание разницу масс ядер Ne и Ag, Br , можно ожидать, что для нуклонов ядра-мишени величина $\langle P_t \rangle$ составит несколько МэВ/с, и тогда для медленных фрагментов (b -частицы с остаточным пробегом $L \leq 3$ мм)

можно будет обнаружить соответствующее изменение пробега. У фрагментов, испущенных в направлении бокового выброса, должно наблюдаться относительное увеличение пробега.

Использовался набор неупругих взаимодействий $^{22}\text{Ne} + \text{Ag, Br}$ с малым параметром столкновения ($Q = 0, 1, 2$). Для каждого события, так же, как при построении угловых распределений b -частиц (см. п.3), строился суммарный вектор \vec{R} , определяющий плоскость реакции. Все b -частицы разделялись на 2 группы. Частицы, у которых угол между соответствующим единичным вектором и вектором \vec{R} был равен $\Phi \leq 30^\circ$, относились к первой группе. Ко второй - с углами $\Phi > 150^\circ$. Для обеих групп вводилось ограничение по углу испускания - $0,2 < \cos \theta \leq 0,4$, чтобы усилить эффект. Средние остаточные пробеги оказались равны

$$\langle L \rangle_{\Phi \leq 30} = 777 \pm 28 \text{ мкм},$$

$$\langle L \rangle_{\Phi > 150} = 635 \pm 49 \text{ мкм}.$$

Разность пробегов $\Delta_L = 142 \pm 57$ мкм. Отличие Δ_L от нуля можно оценивать, как следствие передачи импульса ядру-мишени в направлении бокового выброса частиц.

7. УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАГМЕНТОВ ^{22}Ne С ЗАРЯДАМИ $Z=2$

На рис.8 показано угловое распределение в азимутальной плоскости $dN/d\theta_\alpha$ фрагментов ядра ^{22}Ne с зарядами $Z=2$. Угол θ_α - угол в азимутальной плоскости между суммарным вектором \vec{R} и направлением вылета фрагмента. Распределение построено для неупругих столкновений $^{22}\text{Ne} + \text{Ag, Br}$ (критерий отбора: $N_h \geq 7$), имеющих $Q = 2, 3, 4$. Число фрагментов $N_\alpha = 197$. Вектор \vec{R} строился с использованием h -частиц (см. п.3)

В угловом распределении $\frac{dN}{d\theta_\alpha}$ наблюдается преимущественное испускание фрагментов под большими углами - противонаправление фрагментов налетающего ядра и ядра-мишени как следствие боковых потоков частиц.

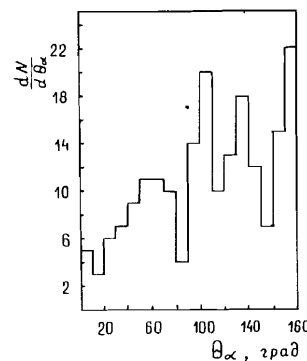


Рис. 8 Угловое распределение в азимутальной плоскости фрагментов ядра ^{22}Ne с зарядами $Z = 2$.

В связи с этим можно думать, что в результате образования бокового потока создаются благоприятные условия для усиления роли коалесценции в образовании α -частиц (из-за концентрации частиц по углам). Тогда это может, во всяком случае, частично, объяснить большой выход α -частиц при фрагментации ядра ^{22}Ne , на что обращалось внимание в работе /20/.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе испускания фрагментов сталкивающихся ядер во взаимодействиях $^{22}\text{Ne} + \text{Ag, Br}$ при импульсе 4,1 ГэВ/с использовалась возможность определения плоскости реакции. Наблюдался отскок фрагментов ядра ^{22}Ne в азимутальной плоскости в проекции на плоскость реакции. В угловых распределениях медленных фрагментов ядра-мишени наблюдался широкий максимум, соответствующий боковому выбросу фрагментов. Каскадно-испарительная модель воспроизводит общий вид распределений.

Полученные данные о боковых потоках в проекции на азимутальную плоскость отражают относительный вклад внутриядерных каскадов в образование боковых потоков.

Относительное увеличение остаточных пробегов медленных фрагментов ядра-мишени, испущенных в направлении бокового выброса, может свидетельствовать о передаче поперечного импульса ядру-мишени.

Боковые потоки частиц в общих чертах представляются как суммарный эффект действия двух механизмов – передачи импульса остаточным ядрам и развития внутриядерных каскадов.

Один из авторов, А.Эль-Наги, благодарит дирекцию ОИЯИ за предоставленную возможность работать в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

ПРИЛОЖЕНИЕ. АЗИМУТАЛЬНЫЙ ВЫБРОС ФРАГМЕНТОВ ЯДРА-МИШЕНИ

В дополнение к п.5 в таблице 2 приведены экспериментальные значения величины $\langle P^* \rangle$, умноженные на 10^3 . В скобках указаны ошибки, умноженные на 10^3 . В таблице 3 даны соответствующие значения $\langle P^* \rangle$, рассчитанные по КИМ. В таблицах 2 и 3 величина $\langle P^* \rangle$ показана в зависимости от $\cos\theta$. В первых колонках таблиц указаны номера интервалов $\cos\theta$. Значения $\cos\theta$ от интервала I до интервала 10 изменяются от $-I$ до $+I$ через $\Delta \cos\theta = 0,2$. В последней строчке каждой таблицы содержатся усредненные по θ значения $\langle P^* \rangle$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банник Б.П. и др. ОИЯИ, РИ-87-546, Дубна, 1987
2. Азимов С.А., Чернов Г.М. Статистические методы в физике высоких энергий. "ФАН", Ташкент, 1970, стр.96.
3. Stöcker H. et al. Phys. Rev.Lett., 1980,44,p.725.
4. Stock R. et al. Phys. Rev.Lett., 1980,44,p.1243.
5. Gustafsson H.A. et al. Phys.Rev.Lett.,1984,52,p.1590.
6. Buchwald G. et al. Phys.Rev.Lett.,1984,52,p.1594.
7. Beavis D. et al. Phys.Rev.Lett., 1985.,54,p.1652.
8. Csernai L.P. et al.Phys.Rev.C,1986,34,p.1270.
9. Heckman H.H. et al. Phys.Rev.C,1986,34,p.1333.
10. Андреева Н.П. и др. ОИЯИ, РИ-86-828, Дубна,1986.
11. Краснов С.А. и др. ОИЯИ, РИ-87-239, Дубна, 1987.
12. Краснов С.А. и др. ОИЯИ, РИ-87-348, Дубна,1987.

13. Вокалова А. и др. ОИЯИ, РИ-84-532, Дубна,1984.
14. Амеева Б.У. и др. Изв. АН СССР, Сер.физ., 1986, т.50, № II, с.2103.
15. Андреева Н.П. и др. ЯФ, 1987, 45, с.123.
16. Barashenkov V.S. et al. JINR, E2-83-117,Dubna,1983.
17. Danielewicz P. and Odyniec G. Phys. Lett.,1985,157B,p.146.
18. Adamovich M.I. et al. JINR,E1-10838, Dubna,1977.
19. Beckmann P.et al. Mod.Phys.Lett.A,1987,2,p.163.
20. Амеева Б.У. и др. Изв. АН СССР, сер.физ.,1986, т.50, № II, с.2099.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 августа 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

| | | |
|----------------|---|------------|
| Д7-83-644 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983. | 6 р.55 к. |
| Д2,13-83-689 | Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983. | 2 р.00 к. |
| Д13-84-63 | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983. | 4 р.50 к. |
| Д2-84-366 | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984. | 4 р.30 к. |
| Д1,2-84-599 | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984. | 5 р.50 к. |
| Д10,11-84-818 | Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983. | 3 р.50 к. |
| Д17-84-850 | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/ | 7 р.75 к. |
| Д11-85-791 | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985. | 4 р.00 к. |
| Д13-85-793 | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985. | 4 р.80 к. |
| Д4-85-851 | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985. | 3 р.75 к. |
| Д3,4,17-86-747 | Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986. | 4 р.50 к. |
| - | Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/ | 13 р.50 к. |
| Д1,2-86-668 | Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/ | 7 р.35 к. |
| Д9-87-105 | Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/ | 13 р.45 к. |
| Д7-87-68 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986. | 7 р.10 к. |
| Д2-87-123 | Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986. | 4 р.45 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Банник Б.П. и др.

P1-87-631

Некоторые особенности "бокового потока" частиц в столкновениях ядер неона-22 с ядрами в фотоэмульсии при импульсе 4,1 А ГэВ/с

С целью изучения особенностей "боковых потоков" частиц проведен анализ испускания фрагментов налетающего ядра и ядра-мишени в столкновениях $^{22}\text{Ne} + \text{Ag}, \text{Br}$ при импульсе 4,1 А ГэВ/с. Используется возможность определения плоскости реакции. Наблюдается "отскок" фрагментов ^{22}Ne в проекции на плоскость реакции. В угловом распределении медленных фрагментов имеет место максимум, соответствующий "бокoвому выбросу". Получены данные о боковых потоках в проекции на азимутальную плоскость. Наблюдалось увеличение остаточного пробега медленных фрагментов, испущенных в направлении бокового выброса.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод авторов.

Bannik B.P. et al.

P1-87-631

Some Peculiarities of Sideward Flow of Particles in ^{22}Ne Collisions with Emulsion Nuclei at 4.1 A GeV/c

Analysis of emission of projectile and target fragments in $^{22}\text{Ne} + \text{Ag}, \text{Br}$ collisions at 4.1 A GeV/c is carried out to study peculiarities of particle "Sideward Flow". The possibility of determining reaction plane is used. "Bounce-off" of ^{22}Ne projectile fragments is observed by investigating their projections on the reaction plane. Angular distribution of slow fragments has a maximum which is due to "Side-Splash". Studying projections of fragments on the azimuthal plane, data on "Sideward flow" is obtained. Increase of ranges is observed for slow fragments emitted in the direction of the "Side-Splash".

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.