

СВУУ. 12  
Г-225

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



2432 / 2-78

5/11-78  
1 - 11335

А.П.Гаспарян, Н.С.Григалашвили

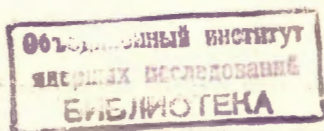
ВОЗМОЖНОСТЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАРЯДА  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ФРАГМЕНТОВ ЯДРА  
ПО ПЛОТНОСТИ  $\delta$ -ЭЛЕКТРОНОВ  
В ПРОПАНОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

**1978**

1 - 11335

А.П.Гаспарян, Н.С.Григалашвили\*

ВОЗМОЖНОСТЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАРЯДА  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ФРАГМЕНТОВ ЯДРА  
ПО ПЛОТНОСТИ  $\delta$ -ЭЛЕКТРОНОВ  
В ПРОПАНОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ



---

\*Тбилисский государственный университет

Гаспарян А.П., Григалашвили Н.С.

1 - 11335

Возможность идентификации заряда релятивистских фрагментов ядра по плотности  $\delta$ -электронов в пропановой пузырьковой камере

Проведена калибровка метода идентификации заряда релятивистских фрагментов ядер по плотности  $\delta$ -электронов на следе. Использовались снимки с 2-метровой пропановой камеры, экспонированной в пучках релятивистских ядер  $p$ ,  $\alpha$  и  $C$  при импульсах на нуклон  $P_0 = (2,2; 4,2; 5,15)$  ГэВ/с.

Фрагменты с зарядом  $z = 1,2$  надежно идентифицируются по плотности ионизации на треке. Для фрагментов с зарядом  $z > 2$  необходимо сочетание методов идентификации заряда по плотности  $\delta$ -электронов и вторичному взаимодействию в пропане.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Gasparian A.P., Grigalashvili N.S.

1 - 11335

A Possibility of Charge Identification of Relativistic Nuclear Fragments by the  $\delta$ -Electron Density in a Propane Bubble Chamber

A method of charge identification of relativistic nuclear fragments by the  $\delta$ -electron density has been considered. Pictures from the 2-m propane chamber, exposed to beams of  $p$ ,  $\alpha$ ,  $C$  relativistic nuclei at momenta of  $P_0 = (2.2; 4.2; 5.15)$  GeV/c per nucleon, have been used. Fragments with charge  $z = 1.2$  are reliably identified by the ionization density. For fragments with charge  $z > 2$  it is necessary to combine the methods of charge identification by the  $\delta$ -electron density and secondary interaction in propane.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования /1/ неупругих взаимодействий релятивистских ядер  $p$ ,  $d$ ,  $\alpha$  и  $C$  с тяжелым ядром ( $W, Ta$ ) методикой 2-метровой пропановой камеры ЛВЭ ОИЯИ. При столкновении ядер могут образоваться фрагменты налетающего ядра разной зарядности. Целью данной работы является калибровка метода определения заряда фрагментов по величине ионизационных потерь. Как известно, величина ионизационных потерь зависит от

$$I \sim I_{\min} \frac{z^2}{\beta^2}, \quad /1/$$

где  $z$  и  $\beta$  - заряд и скорость частицы. Скорость различных фрагментов /стриппинговые частицы/ незначительно отличается / $\pm 2\%$ / от скорости налетающего ядра при первоначальном импульсе на нуклон  $P_0 \geq 2$  ГэВ/с. Отклонение возникает из-за ферми-движения нуклонов в ядре. Таким образом, в нашем случае ионизационные потери определяют заряд стриппинговой частицы.

В пропановой камере ионизационные потери для фрагментов с  $z > 2$  настолько велики, что теряется возможность визуальной идентификации по плотности ионизации. В этом случае определение заряда возможно методом подсчета числа  $\delta$ -электронов вдоль следа.

Использовались снимки, полученные при облучении пропановой камеры ядрами  $p$ ,  $\alpha$  и  $C$  с импульсом на нуклон /2,2; 4,2; 5,15/ ГэВ/с. Подсчет числа  $\delta$ -элект-

ронов проводился в плоскости просмотрного стола /коэффициент увеличения  $K=0,7/$  на первичных следах длиной 29 см. Примесь частиц другого сорта к первичному пучку не превышала нескольких процентов. Бралась  $\delta$ -электроны, выходящие за пределы дорожки с шириной  $\pm 3$  мм от оси первичного трека.

На рис. 1 представлена вероятность наблюдения данного числа  $\delta$ -электронов на треке для протонов,  $\alpha$ -частиц и ядер углерода при  $P_0 = 4,2$  ГэВ/с. Сплошные кривые соответствуют вероятностям наблюдения по закону Пуассона. Видно, что экспериментальные значения хорошо согласуются с пуассоновским распределением. Для заряда  $z = 3,4,5$  приведены расчетные значения вероятностей. В таблице даны среднее число  $\delta$ -электронов и дисперсия распределения для первичных треков от протонов,  $\alpha$ -частиц и ядер углерода.

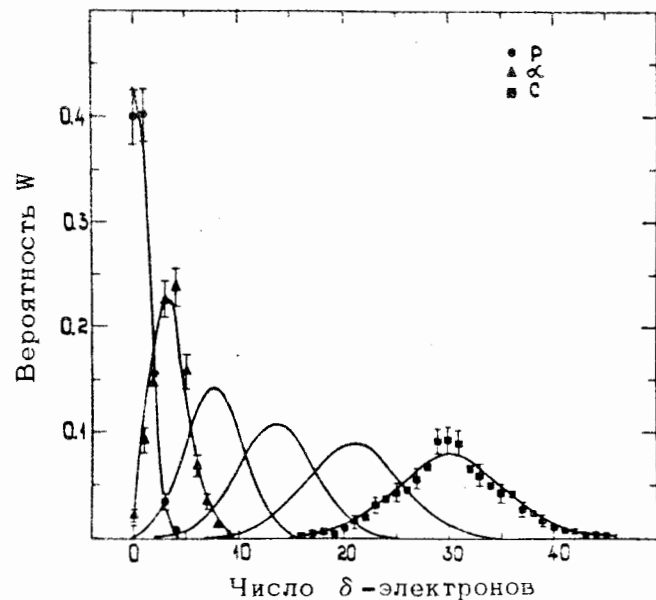


Рис. 1. Вероятность наблюдения данного числа  $\delta$ -электронов на треке для протонов,  $\alpha$ -частиц и ядер углерода при  $P_0 = 4,2$  ГэВ/с.

Таблица

	P	$\alpha$	C
$\bar{n}$	$0,85 \pm 0,03$	$3,50 \pm 0,07$	$30,20 \pm 0,22$
D	$0,75 \pm 0,02$	$3,20 \pm 0,05$	$28,90 \pm 0,15$

Видно, что значения дисперсий несколько занижены. Это связано с размножением  $\delta$ -электронов. Энергичные  $\delta$ -электроны могут образовать вторичные электроны. При подсчете берутся все  $\delta$ -электроны без разделения на первичные и вторичные.

На рис. 2 приведена зависимость плотности  $\delta$ -электронов на 1 см при увеличении по отношению к натуральным размерам, от заряда налетающего ядра. Кривая соответствует  $z^2$ -зависимости. Видно хорошее согласие. Значения плотностей равны:  $/0,021 \pm 0,001/$ ,  $/0,085 \pm 0,002/$ ,  $/0,737 \pm 0,005/$ .

Величина плотности  $\delta$ -электронов может быть вычислена по следующей формуле /2/:

$$\rho = \frac{kz^2}{\beta^2} \left( \frac{1}{E_{\min}} - \frac{1}{E_{\max}} - \frac{\beta^2}{E_{\max}} \ln \frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right), \quad /2/$$

где коэффициент  $k = 0,039$  МэВ/см для пропана в рабочих условиях,  $E_{\min}$  — минимальная энергия  $\delta$ -электронов, которые берутся для идентификации,  $E_{\max}$  — максимальная энергия  $\delta$ -электрона

$$E_{\max} \approx \frac{2m_e \beta^2}{1 - \beta^2}. \quad /3/$$

Здесь  $m_e$  — масса электрона. В нашем случае происходит некоторое эффективное обрезание по  $E_{\min}$  из-за плоской картины, различных углов вылета и влияния магнитного поля. Используя экспериментальные значе-

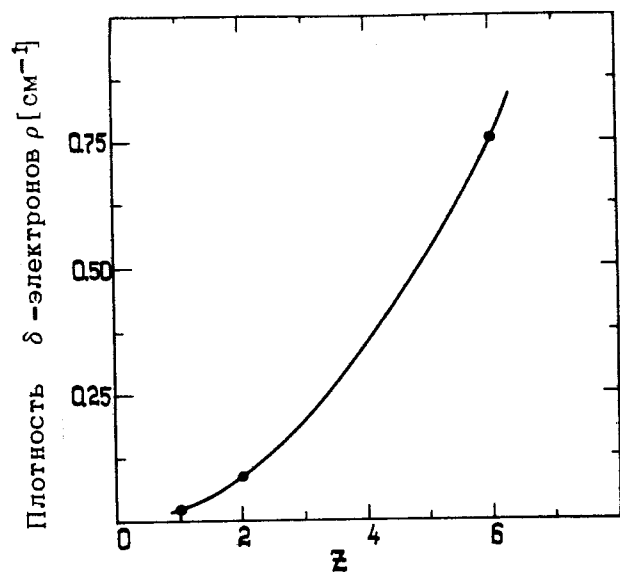


Рис. 2. Зависимость плотности  $\delta$ -электронов  $\rho$  на 1 см от заряда налетающего ядра.

ния плотностей  $\delta$ -электронов при  $P_0 = 4,2$  ГэВ/с и формулу /2/, получим эффективную энергию обрезания  $E_{ef} = 1,4$  МэВ. На рис. 3 показана расчетная зависимость плотности  $\delta$ -электронов от импульса протона. Экспериментальная проверка при  $P_0 = 2,2$  ГэВ/с показала хорошее согласие расчетных и экспериментальных значений плотностей. Таким образом проведена калибровка метода для всех импульсов первичных ядер.

При данной энергии ядра на следах от стриппинговых частиц определяется плотность  $\delta$ -электронов. В результате получается экспериментальное распределение, которое нужно аппроксимировать набором пуассоновских кривых, соответствующих разным зарядам фрагментов. Это позволяет определить относительный выход фрагментов по их заряду. Как видно из рис. 1, индивидуальная идентификация треков практически невозможна из-за сильного перекрытия пуассоновских распределений.

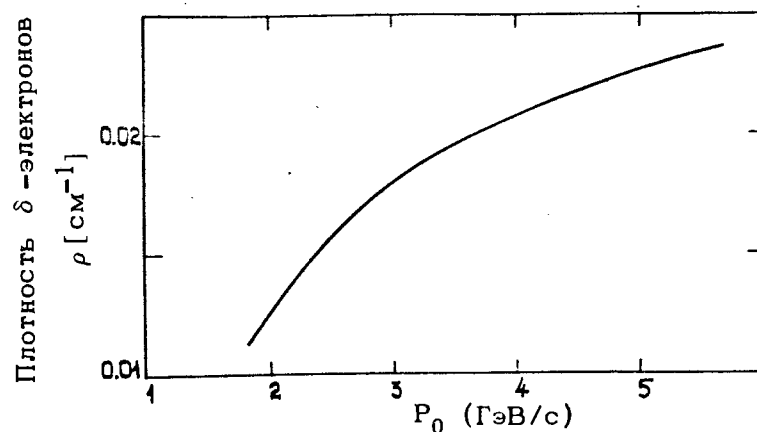


Рис. 3. Расчетная зависимость плотности  $\delta$ -электронов от импульса протона.

Измерение кривизны трека в магнитном поле дает отношение величины импульса фрагмента к его заряду,  $P/z$ . Относительная точность в пропановой камере составляет  $\Delta\rho/\rho$  7%. На рис. 4 приведена двумерная таблица, где по оси абсцисс отложен нормированный импульс фрагмента  $P/zP_0$ , а по оси ординат - число протонов в фрагменте. В таблицу входят осколки ядра-снаряда, которые в принципе могут образоваться при столкновении ядер. Цифры над точками указывают массовое число осколков. Из рис. 4 видно, что ожидаемые экспериментальные значения  $P/z$  будут довольно часто перекрываться для различных фрагментов. Ясно, что трудность в идентификации возникает только для фрагментов от ядра углерода. Заряд стриппинговых частиц ядер дейтона и гелия четко идентифицируется по плотности ионизации, а измерения импульсов позволяют определить их массу. При взаимодействии ядер углерода образовавшиеся фрагменты могут провзаимодействовать в пропане. Средний свободный пробег нуклона в пропане равен ~120 см. Идентификация стриппинговых частиц во вторичном взаимодействии позволяет оценить заряд фрагмента.

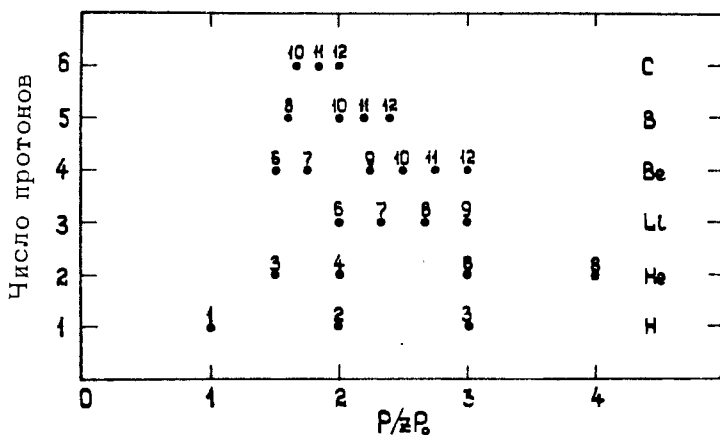


Рис. 4. Ожидаемые нормированные импульсы  $P/zP_0$  и число протонов в фрагментах. Цифры над точками указывают массовое число.

В углеродном облучении возможно, что сочетание методов /плотность  $\delta$ -электронов, измерения  $P/z$ , вторичное взаимодействие/ позволит в некоторой доле событий провести индивидуальную идентификацию следов. Это во многом зависит от характеристик неупругого взаимодействия ядер. Если число провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда будет велико, то тогда можно надеяться на хорошую идентификацию отдельных треков как по заряду, так и по массе.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность профессорам В.Г.Гришину, М.И.Подгоречкому и М.И.Соловьеву за полезные обсуждения и поддержку в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Е.О. и др. ОИЯИ, Р1-10779, Дубна, 1977.
2. Бэм Я. и др. ОИЯИ, Р-2842, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 февраля 1978 года.