

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ О ФРАГМЕНТАХ
ПЕРВИЧНОГО ЯДРА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВЫХОДЫ ЗАРЯЖЕННЫХ
ПИОНОВ В Ср-, СС- И СТА- СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ 4.2А ГэВ/с**

**Т.Мунхдорж, М.Мэргэнсонор
Ц.Баатар, Р.Тогоо, Б.Хүрэлбаатар**

**(Институт физики и технологии МАН
Отделение ядерной физики)**

Түлхүүр үг: Адрон, ядро, электромагнетное взаимодействие,
заряд, фрагмент, инвариантное сечение, аномалон,
кластер, эффект

Товч утга: 4.2 ГэВ/с энергийн үед
нүүрстөрөгчийн цөм протон, нүүрстөрөгчийн
болон танталын цөмүүдтэй мөргөлдөх үед олон
ба нэг цэнэгтэй анхдагч нүүрстөрөгчийн
цөмүүдийн хэлтэрхийнүүдийн гаралтыг судлав.
Мөн олон цэнэгт анхдагч цөмийн тооноос
хоёрдогч бөөмсийн олонлогийн хамаарлыг
судалсан. Туршлагын дүнгээс үзэхэд π^- мезоны
гаралт π^+ мезоныхыг бодвол их байна. Олон
цэнэгт анхдагч цөмийн хэлтэрхийн ба сөрөг цэнэг
бүхий адроны келитрот хооронд цахилгаан
цэнэгийн холбоог илрүүлсэн. Энэ нь аномалон
эффект илрэх нөхцөл нь байж болно.

1. Введение

В работах [1,2] были исследованы изучения свойств
фрагментации релятивистского ядра углерода в неупругих соударениях
с ядрами пропана и тантала при 4.2 А ГэВ/с. Кроме этого была изучена
общая тенденция о связи образования заряженных пионов с
"непривзаимо-действовавшими" многозарядными фрагментами
первичного ядра [3,4]. Превышение отрицательных пионов над
положительными пионами обуславливается с многими процессами
взаимодействия первичного ядра с мишенью, т.е. отношением чисел
протонов и нейтронов в составе сталкивающихся объектов и
возбуждёнными состояниями из-за нейтронов первичного ядра и т.д.
Эти состояния распадаются на протон и пион, в том числе π^- -мезон.

В настоящей работе нас будут интересовать лишь "непроявляющиеся" с мишенью (спектаторные) фрагменты ядра-снаряда ^{12}C , сосредоточенные в узком пространственном конусе вокруг направления движения первичного ядра, и их влияние на рождение других заряженных частиц, т.е. пионы.

2. Экспериментальная ситуация

Методики проведения экспериментов и обработки filmовой информации, полученной с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры, были подробно описаны в многочисленных работах, посвященных изучению различных аспектов неупругих соударений различных ядер-снарядов (от p до ^{12}C) с веществом камеры и ядрами тантала ^{181}Ta (см. например, [5-7]). В эксперименте легко идентифицировались релятивистские спектаторные фрагменты с зарядом $Z \geq 2$, на большинстве треков которых были выполнены импульсные и угловые измерения. Измерения импульсов были проведены также практически на всех треках однозарядных частиц, что позволило выделить однозарядные спектаторные фрагменты (протоны, дейтроны, тритоны) на фоне "рожденных" релятивистских частиц.

Статистика неупругих взаимодействий первичных ядер углерода при $p_{\perp}=4.2$ А ГэВ/с, анализируемая в данной работе, составляет 39772 событий на пропане (C_3H_8) и 1960 - на ядре ^{181}Ta .

Процедуры процессов для выделений неупругих взаимодействий на ядре углерода и протоне и "адронных" кластеров раньше были рассмотрены [8,9].

3. Обсуждаемые результаты

На рис. 1 представляются нормированные распределения много- и однозарядных "спектаторных" фрагментов в СТа-, СС- и Ср- столкновениях при 4.2 А ГэВ/с и приведены соответствующие им средние значения. Средние значения многозарядных фрагментов ($n_{f,z > 1}$) зависят от типа ядра-мишени сильнее, чем средние значения однозарядных ($n_{f,z = 1}$).

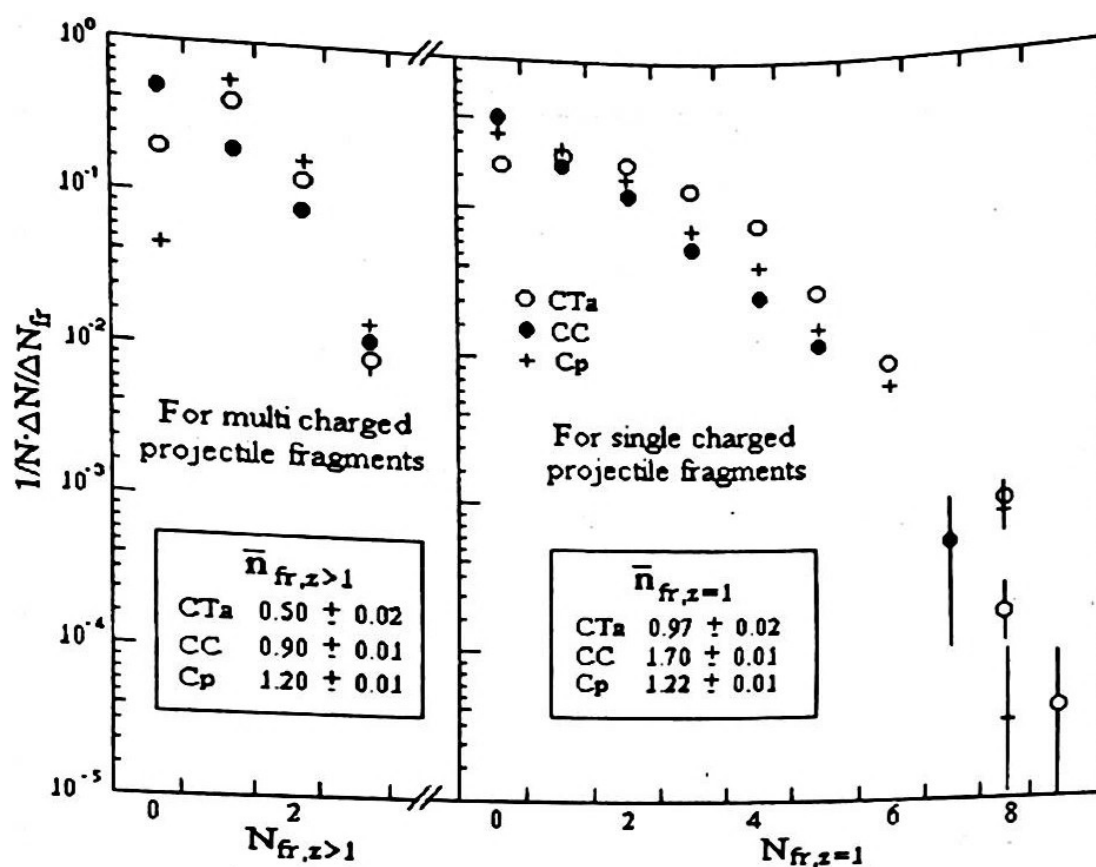


Рис. 1 Нормированные распределения много- и однозарядных "спектаторных" фрагментов в СТа-, СС- и Ср- столкновениях при 4.2 А ГэВ/с

На рис.2 показаны зависимости средних значений заряженных пионов и протонов от числа многозарядных фрагментов ($N_{fr,z>1}$). Здесь мы рассмотрим пионы, которые относятся к интервалу импульса от 70 МэВ/с до 670 МэВ/с, где π^+ -мезоны и протоны более хорошо идентифицированы по соотношению пробег-импульс. С ростом $N_{fr,z>1}$ средние значения пионов и протонов экспоненциально уменьшаются в виде: $\langle n \rangle \sim \exp(-\alpha N_{fr,z>1})$, где α -свободный параметр. Путём аппроксимации были найдены значения параметра α , которые не зависят от типа вторичных частиц, а зависят от типа ядра-мишени. Значение параметра α равняется $\sim 1,0$ для СТа- столкновений $\sim 0,3$, для СС-соударений и $\sim 0,1$ для Ср-взаимодействий.

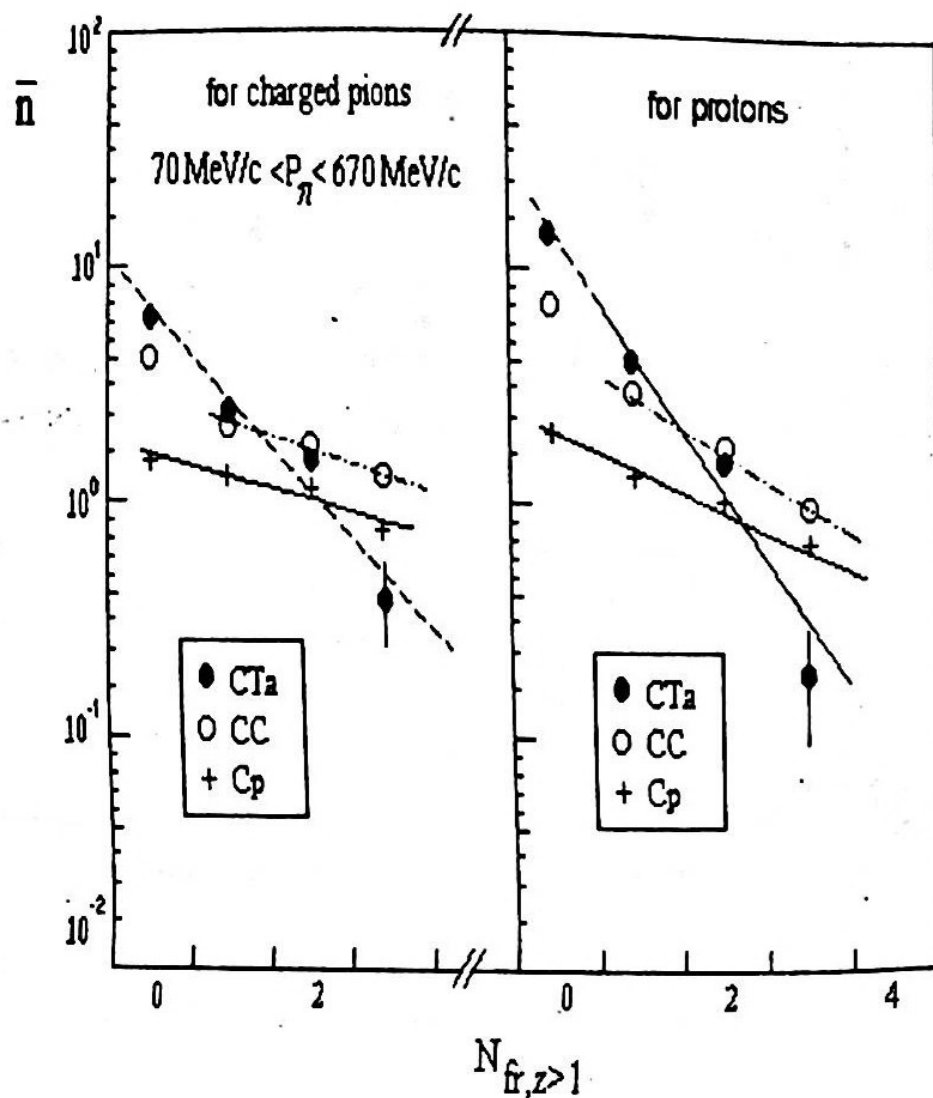


Рис.2 Зависимости средних значений заряженных пионов и протонов от числа многозарядных фрагментов ($N_{fr,z>1}$). Здесь все линии показывают результаты аппроксимации по формуле $\langle n \rangle \sim \exp(-\alpha N_{fr,z>1})$

Число "спектаторных" многозарядных фрагментов $N_{fr,z>1}$ является качественной характеристикой величины среднего прицельного параметра соударения. При $N_{fr,z>1} = 0$ средний параметр удара сравнительно мал, при $N_{fr,z>1} \geq 2$ доминируют крайне периферические соударения. Характеристика среднего прицельного параметра для ядро-ядерного взаимодействия представляет собой суммарный заряд спектаторной части ядра-снаряда. В нашем эксперименте заряд "спектаторных" фрагментов нижний предел суммарного заряда в индивидуальном событии: $Q_{min} = 2 N_{fr,z>1} + N_{fr,z=1}$.

Отношения средних значений π^- - мезонов ($\bar{\nu}_{\pi^-}$) к средним значениям π^+ - мезонов ($\bar{\nu}_{\pi^+}$) $R(\bar{\nu}_{\pi^-}/\bar{\nu}_{\pi^+})$ оказывается около единицы при условии $Q_{\min} < 5$, которые не зависят от числа многозарядных фрагментов $N_{fr,z} > 1$ (см. рис.3). В случае $Q_{\min} \geq 5$ значения $R(\bar{\nu}_{\pi^-}/\bar{\nu}_{\pi^+})$ оказываются больше, чем единицы, во всех значениях $N_{fr,z} > 1$. Это превышение связано с составом сталкивающихся объектов и некоторыми возбуждёнными состояниями, испытывающими из-за нейтронов ядра углерода.

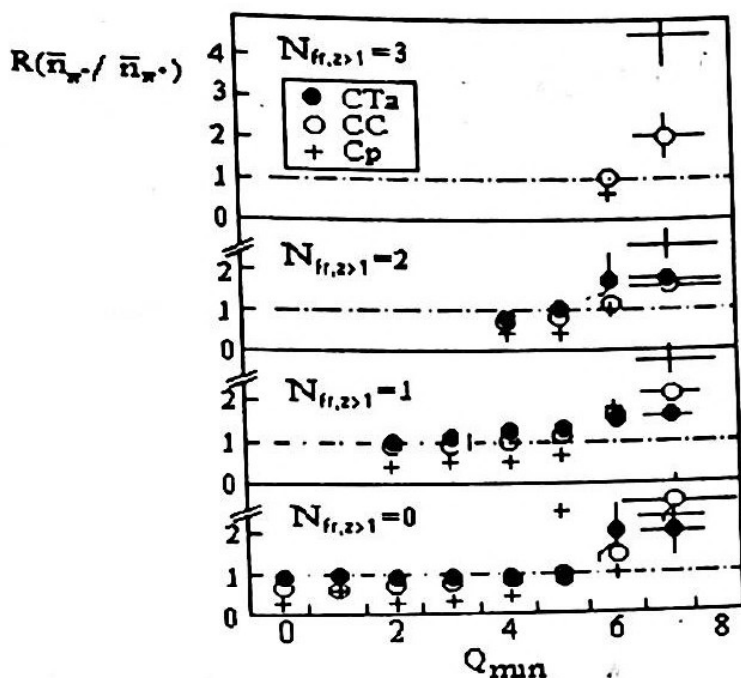


Рис.3. Отношения средних значений π^- - мезонов ($\bar{\nu}_{\pi^-}$) к средним значениям π^+ - мезонов ($\bar{\nu}_{\pi^+}$) $R(\bar{\nu}_{\pi^-}/\bar{\nu}_{\pi^+})$ от $Q_{\min}$

Аналогично получены результаты об отношениях инвариантных сечений π^- - мезонов к инвариантным сечениям π^+ - мезонов $[R(\sigma_i(\pi)/\sigma_i(\pi^+))]$ от разных значений угла рассеяния Θ_{lab} (см.рис. 4) и с N/Z - составе сталкивающихся объектов (см. рис.5.). Здесь $N(Z)$ - число нейтрона (протона) в данном ядре. Наши результаты согласуются с данными [10].

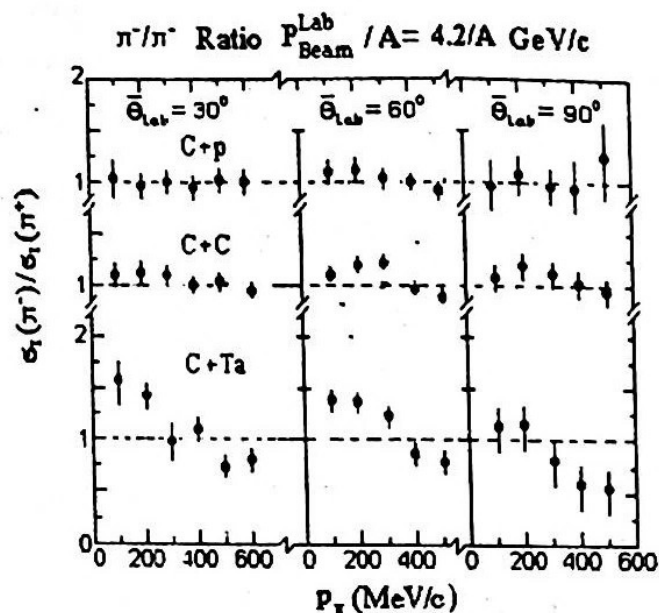


Рис.4. Отношения N_{π^-} к N_{π^+} от P_{π} в разных значениях Θ_{lab} для Ср-, СС- и СТа- столкновениях

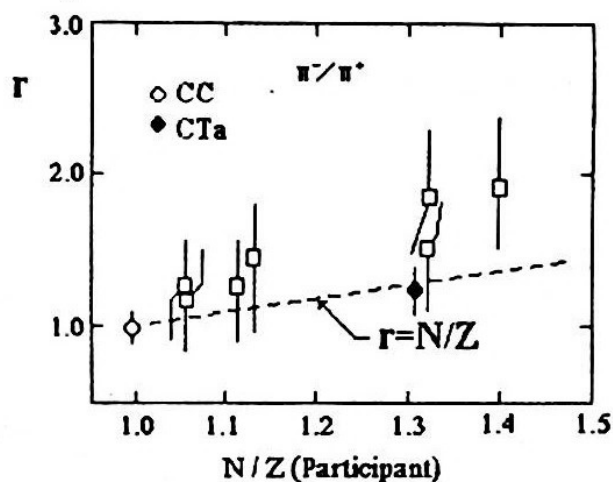


Рис.5. N/Z состав сталкивающихся объектов. Здесь открытая и черная точки – результаты нашего эксперимента

На рис.6 представлены R ($\sigma(\pi^-) / (\sigma(\pi^+))$) отношения при двух значениях Q_{min} . При значениях $Q_{min} \geq 5$ отношения R ($\sigma(\pi^-) / (\sigma(\pi^+))$) также как на рис.3 превышают на единицу. В частности, $Q_{min} \geq 7$ удовлетворяет возможность проявления вышесказанных возбуждённых состояний, которые распадаются на энергичный протон и π^- мезон. Доля таких процессов среди СС- столкновений оказывается $\sim 0.6\%$ от всех неупругих.

Из результатов мы разделим все неупругие события на три группы:

1. первая группа относится к типу столкновения с $Q_{\min} < 5$ и $N_{fr,z>1} = 1$, оно носит название кулоновское или электромагнитное взаимодействие среди неупругих ядро-ядерных соударений при высоких энергиях;
2. вторая - взаимодействие "центрального" типа, т.е. $Q_{\min} < 5$ и $N_{fr,z>1} = 0$;
3. третья - взаимодействие периферического характера, т.е. $Q_{\min} \geq 5$

Для этих трех типов событий были рассмотрены зависимости отношений инвариантных сечений π^- - мезонов к инвариантным сечениям π^+ - мезонов R ($\sigma(\pi^-) / \sigma(\pi^+)$) от них углов рассеяния Θ_{lab} (см рис.7). Из рис.7 видно, что отличия от единиц существуют в событиях первой и третьей групп. Особенно превышение в первой группе обусловливается наличием многозарядного "спектаторного" фрагмента в данном акте взаимодействия.

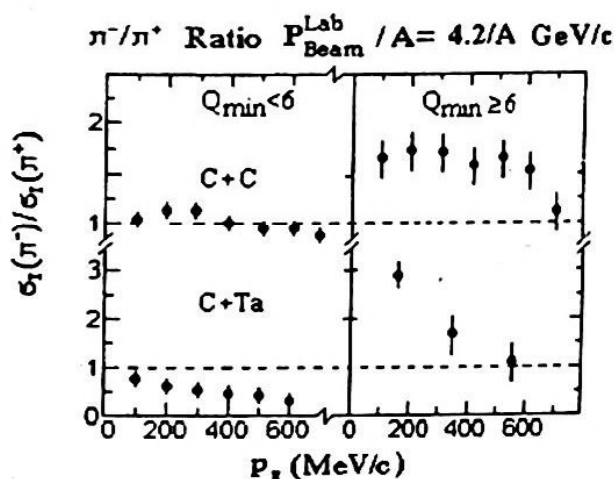


Рис.6. π^- / π^+ отношения для СС- и СТа- столкновениях в разных $Q_{\min}$.

Доля событий 3-ой группы или событий, в котором одновременно наблюдается многозарядный "спектаторный" фрагмент и адронный кластер с отрицательным зарядом, оказывается $\sim 0.9\%$ для СС-столкновений и $\sim 0.6\%$ для СТа- соударений. В этом же классе событий существует адронный кластер с зарядом $Q_d < -2$. Доля событий этого типа равняется $\sim 0.075\%$ или одно событие из 1500 неупругих. Мы предполагаем, что эта зарядовая корреляция между многозарядным "спектаторным" фрагментом и адронным кластером с $Q_d < -2$ может быть существованием эффекта аномалона [11].

4. Заключение

Результаты настоящей работы могут быть кратко сформулированы следующим образом:

1. Измерены относительные выходы много- и однозарядные "спектаторные" фрагменты ядра ^{12}C при 4.2 ГэВ/с на протоне и ядрах углерода, тантала с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ.

2. Исследованы зависимости средних множественностей вторичных адронов от числа многозарядных "спектаторных" фрагментов и поведения данных зависимостей экспоненциально уменьшаются и не зависят от сорта вторичных адронов.

3. Наблюдено превышение выхода π^- - мезонов над выходом π^+ - мезонов, которое связано с числом протонов и нейтронов в сталкивающихся ядрах, т.е. некими возбуждёнными состояниями из-за нейтронов ядра-снаряда и образованием многозарядных "спектаторных" фрагментов релятивистского ядра углерода. Была обнаружена зарядовая корреляция между многозарядным фрагментом и адронным кластером с $Q_{cl} < 0$. В этой корреляции существует проявление эффекта аномалона.

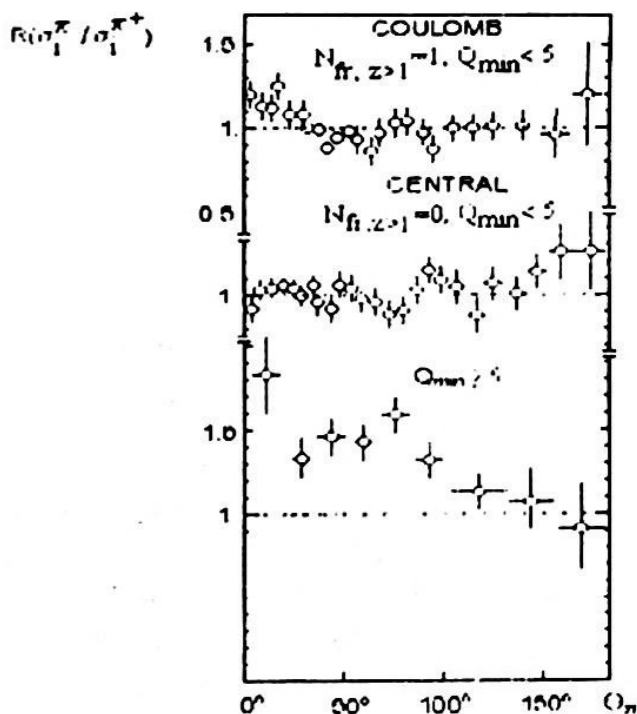


Рис.7. $R(\sigma(0_\pi)/\sigma(1_\pi))$ отношения от $\Theta_{\lambda,\alpha\beta}$.

Авторы благодарены своим коллегам Х.Намсраю и Г.Шархуу за ценными обсуждениями и замечаниями. Также выражаю благодарность всем участникам Международного сотрудничества по обработке фильмовой информации с двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ за большую работу по набору экспериментального материала по ядро-ядерным взаимодействиям при 4.2A ГэВ/с, использованного в данном исследовании.

5. Литература

1. Belaga V.U. et al., Preprint of JINR, Dubna, 1995, No. P1-95-218.
2. Belaga V.U. et al., Yad.Fiz., Vol.59, No.11, 1996, pp.2008-2014.
3. Benenson W et.al, Phys.Rev.Lett., Vol.43, 683. (1979) 44.
J.P.Sullivan et.al., Phys.Rev., 256, 1499 (1982).
Radi et. al., Phys.Rev., 256, 1518.
4. N.Angelov et.al., Comm. of IPT, Ulaanbaatar, 1996, 96-01
Ts.Baatar et.al., JINR Rapid comm., No4 [84]-97, Dubna., 1997
R.Togoo Proc. of the Mongolian Academy of Sciences,
Vol.,1, Ulaanbaatar, 1998, p.21.
5. E.O.Abdurakhmanov et. al., Yad.Fiz., Vol.28, 1978, p.1304.
6. N.Akhababian et.al., Preprint of JINR, Dubna, 1979, p1-12114.
7. N.Akhababiab et.al., Preprint of JINR, Dubna, 1979, p1-12424.
8. D.Armutliiski et.al., Preprint of JINR, Dubna, 1986, p1-86-263
9. N.Angelov et. al., Yad.Fiz, Vol.54, 1991, p.1316; Vol.55, 1992, p.2953.
10. S.Nagamiya et.al., Phys.Rev., c.1981, v.24. p.971
11. E.M.Friedlander et.al., Phys. Rev.Lett., vol.45, 1982, 1084

Abstract

Experimental data on relative yields of multi- and single charged spectator fragments of carbon nucleus formed in its collisions with protons, carbon and the tantalum nuclei at a primary momentum 4.2A GeV/c are submitted and discussed. Dependences average multiplicities secondary hadrons from number multicharged projectile fragments are investigated. It is shown, that the enhancement of π^- - mesons over π^+ - mesons on them as multiplicities, and invariant sections is connected to structure of colliding nucleus and i.e. some by excited states because of neutrons in incident nucleus and formation multicharged fragments. Are observed charge correlation between multicharged projectile fragment and hadronic cluster with negative charge, where can be displayed the anomalon effect.