

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ имени академика Г.М. АБДУЛЛАЕВА

На правах рукописи

ХАЛИЛОВА ШАХЛА ГАНБАР КЫЗЫ

**РОЖДЕНИЕ ЛЁГКИХ ЯДЕР
В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ**

2290.01– Физика высоких энергий

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике

БАКУ – 2016

Работа выполнена в Институте Физики им.Г.М.Абдуллаева
Национальной Академии Наук Азербайджана

Научный руководитель:

Член-корр. НАН Азербайджана,
доктор физико-математических наук ,
проф.

О.Б.Абдинов

Официальные оппоненты:

Доктор физико-математических наук,
проф.

С.Г. Абдулвагабова

Кандидат физико-математических наук

Б.И. Мехдиев

**Ведущая организация: Институт Высоких Энергий
Тбилисского Государственного Университета**

Защита диссертации состоится «28» 09_____2016 г. в _____
часов на заседании Разового Диссертационного Совета D.01.011
при Института Физики им. академика Г.М. Абдуллаева НАН
Азербайджана

Адрес: AZ1143, г. Баку, проспект Г.Джавида 131.

Email: director@physics.ab.az

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
Физики *им. академика Г.М. Абдуллаева* НАН Азербайджана

Автореферат разослан « »_____ 2016 г.

**Ученый секретарь Разового
Диссертационного Совета
д. ф.-м.н, профессор**

Араслы Д.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Как известно, окончательной теорией сильного взаимодействия не существует. Используются приближенные методы для вычисления процессов. Один из таких методов является Каскадная модель внутриядерных каскадов. В этой модели ядро представляется в виде ферми газов невзаимодействующих нуклонов. Для расчетов взаимодействий используется метод Монте Карло. С помощью этой модели рассчитываются центральность, ядерная прозрачность и выход вторичных частиц. Изучение этих процессов позволяет лучше понять механизм рождения частиц. С помощью этой модели были рассчитаны рождение легких ядер в ядро-ядерных взаимодействиях. Расчеты показали, что наблюдается коалесценция вылетающих нуклонов в виде кластеров. Рассмотрены выходы легких ядер, таких как дейтрон, тритий и т.д. В этом смысле представленная работа является актуальной.

Целью работы является выявление механизма рождения легких ядер в ядро - ядерных взаимодействиях на основе данных, полученных из пузырьковой камеры лаборатории Физики Высоких Энергий Объединенного Института Ядерных Исследований (ОИЯИ, Дубна, Россия), а также обработка и анализ данных, определение центральности столкновения легких ядер, определение эффекта ядерной прозрачности π^+ - мезонов, построение спектра псевдобыстроты для $Si+Em$, $Pb+Em$, $Au+Em$ реакций, рождения легких ядер в $He^{12}C$ – и ^{12}CC – взаимодействиях.

Задачи исследования. По современным представлениям, кварк-глюонная плазма образовывалась при температуре выше 200 MeV и существовала в течении 10^{-11} сек после Большого Взрыва. Наиболее перспективным методом получения Кварк Глюонной Плазмы (КГП) в лабораторных условиях является соударение релятивистских ядер. Для обнаружения КГП исследованы состояния материи по всем характеристикам, особенно, псевдобыстроты, ядерной прозрачности и центральности столкновения.

Объекты и методы исследования. Объектом исследований является взаимодействие релятивистских ядер. Методом исследований является общепринятый и широко используемый метод квантовой теории поля.

Научная новизна работы.

1. Для определения центральности вместо импакт параметра применено число заряженных вторичных частиц.
2. Обнаружен сигнал ядерной прозрачности для π^+ - мезонов в pC-взаимодействиях.
3. Доказано существование Кварк Глюонной Плазмы в реакциях Pb+Em.
4. Показано что, каскадная модель не объясняет поведение зависимости π^- - мезонов от числа протонов при He¹²C-взаимодействий, причиной этому может быть эффект коалесценции.

Практическая значимость работы. Данные исследования позволяют усовершенствовать модель, описывающую ядро-ядерное взаимодействие.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Обработка, анализ и создание на основе этого базы данных, полученные с помощью пузырьковой камеры. Проведение сравнительного анализа теоретических и экспериментальных данных.
2. Для симуляции событий при разных энергиях и масс сталкивающихся адронов и ядер использована Дубненская Каскадная Модель. В работе рассмотрены 200 событий реакций He+He, C+C, Au+Au при импульсах выше 1, 6, 12, 18 A GeV/c. Для определения центральности в реакциях He+He, C+C, Au+Au вместо импакт параметра b использовано число заряженных частиц N_{ch} .
3. Изучения зависимость средней множественности π^+ - мезонов от числа протонов. Эта зависимость сравнивалась с результатами Дубненской Каскадной модели. Исследована зависимость множественности, импульса и поперечного импульса легких ядер от центральности при ядро-ядерных взаимодействиях. В pC и dC-

взаимодействиях при импульсе 4.2A eV/c показано существование ядерной прозрачности.

4. Показано зависимость однозарядных частиц от псевдобысоты для Pb+Em при энергии 158 AGeV .
5. Наблюдено рождение легких ядер в He^{12}C - и C^{12}C -взаимодействиях при 4.2 AGeV/c .

Достоверность результатов. Полученные данные совпадают с результатами, полученные в ведущих научных центрах.

Реализация результатов. Результаты диссертационной работы были получены в лаборатории «Физики Высоких Энергий» Института Физики НАНА, а обработка данных реализовалась на AzGrid-e.

Личный вклад автора заключается в участие в получении, обработке и анализа экспериментальных данных написание программных кодов для проведения вычислений искомых величин в работах по анализу данных экспериментов.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на конференциях: Международная конференция «Nüvə Enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri» посвященной 100-летию академика М.М.Меликзаде (Баку, ноябрь, 2010), Международный семинар «Baldin ISHEPP XXI» (Дубна, сентябрь, 2012, PoS043, PoS045, PoS052), «2nd ATLAS/CERN South Caucasus Software/Computing Workshop & Tutorial» (Тбилиси, октябрь, 2012), «International Symposium on Nuclear Electronics & Computing» (Варна, сентябрь, 2013), «37-ая Международная Конференция Физики Высоких Энергии» (Валенсия, июль, 2014), «VII –ая Евроазиатская Конференция ядерной науки и его применения» (Баку, октябрь, 2014).

Публикации. В зарубежных и республиканских научных журналах опубликовано 21 статьей. 11 работ составляют основное содержание диссертации, две из них опубликованы в журнале с импакт фактором

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка работ, опубликованных по теме диссертации, списка наименований библиографии – цитируемой

в работе и списка опубликованных работ. Полный объем диссертации составляет 110 страниц машинописного текста с 40 рисунками и 1 таблицей. Список литературы содержит 204 наименования

Во введении обосновывается актуальность темы, сформулированы цель диссертационной работы, научная новизна и практическая значимость, изложены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена методике получения экспериментальных данных с помощью пузырьковой камеры и обработки данных.

Для изучения сильного взаимодействия, физики разгоняют элементарные частицы, например протоны, и сталкивают их друг с другом. При достаточной высокой энергии в столкновении протонов рождаются новые нестабильные частицы. Физика высоких энергий занимается изучением реакций при высокой энергии. Большой Адронный Коллайдер предназначен для разгона таких тяжёлых ионов и протонов. Скорость частиц на встречных пучках очень большая, она близка к скорости света. Сначала линейные ускорители производят инъекцию протонов и ионов для дальнейшего ускорения, а затем частицы попадают сначала в бустер протонного синхротрона, далее в сам протонный синхротрон. При энергии 28 ГэВ частицы уже движутся со скоростью близкой световой. Энергии 450 ГэВ частицы достигаются, продолжая двигаться протонном суперсинхротроне. Сгусток протонов направляют в главное кольцо, доводя энергию протонов до максимальной энергии и в точках столкновения детекторы фиксируют происходящие события. Каждый пучок может содержать 2808 сгустков. Сначала ускоритель циркулирует лишь по одному сгустку в пучке, затем количество количество сгустков увеличивается. Сгустки располагаются в определенных расстояниях относительно друг друга, которые движутся вдоль кольца. Сгустки в сталкиваются в точках кольца, где расположены детекторы частиц в определенной последовательности. Сгустки совершают несколько десятков тысяч оборотов в секунду.

Эксперименты проводились в Объединенном Институте Ядерных Исследований (ОИЯИ, Дубна, Россия) на пузырьковой камере.

Пузырьковая камера, построенная Д. Глейзер, была уникальным средством для изучения взаимодействия вторичных частиц. С помощью той камеры регистрируются следы (треки) быстрых заряженных ионизирующих частиц, действие которых основано на вскипании перегретой жидкости вдоль траектории частицы.

Для обработки данных, построения диаграмм и распределений были использованы программы Root и C++. Реализация задачи осуществлялась на AzGRID-e с помощью программы для генерации событий в физике высоких энергий RUTHIA.

Вторая посвящена сравнению экспериментальных и теоретических результатов для определения центральности столкновении тяжелых ионов. Изучение величин по центральности позволяет нам понять пространственно-временную картину ядро-ядерных столкновений и адронной материи. Степень центральности определяется импакт параметром, которого невозможно определить на эксперименте. (рис.1, 2, 3).

Импакт параметр соединяет проекции центров сталкивающихся ядер на плоскость, перпендикулярную оси столкновений.. Самое лучшее средство для определения КГП в экстремальных условиях определение барионной плотности. Для фиксирования барионной плотности ядерной материи обычно используют центральность. Для определения центральности мы использовали два параметра: импакт параметр b и число заряженных частиц N_{ch} . Сравнивая полученные результаты, мы определили, что для фиксации центральности вместо импакт параметра b можно использовать число заряженных частиц N_{ch} для легких ядер

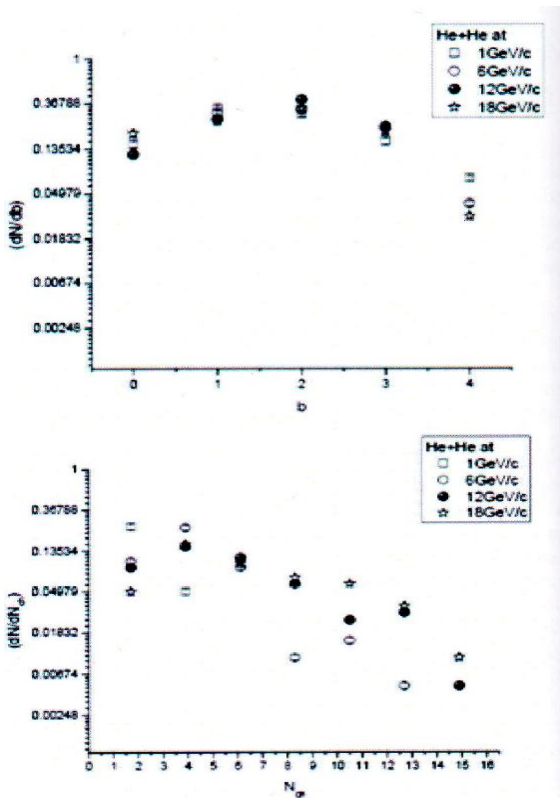


Рис. 1. Зависимость числа событий от b и N_{ch} для He+He взаимодействий.

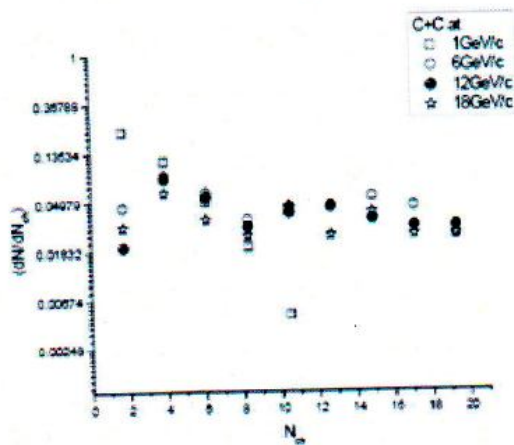
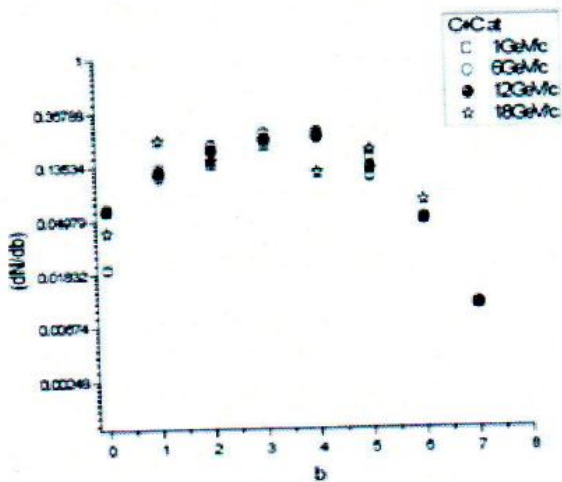


Рис. 2. Зависимость числа событий от b и N_{ch} для C+C взаимодействия.

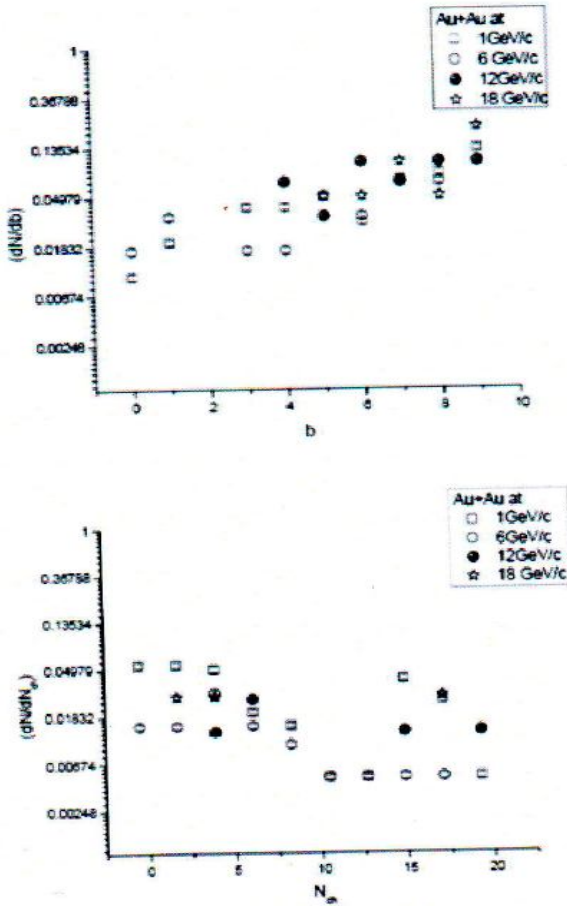


Рис. 3. Зависимость числа событий от b и N_{ch} для Au-Au взаимодействий.

В третьей главе рассмотрены pC и dC- взаимодействия при импульсе 4.2 А GeV/c для изучения свойств ядерной материи. Методом половинного угла заряженные частицы были разделены на частицы с $\eta > \eta_{1/2}$, попадающие внутрь конуса и на частицы с $\eta < \eta_{1/2}$, попадающие вне конуса. Используя pp

столкновение, было определено $\eta_{1/2} \leq 1.51$. Взяли 5 разные значения для η 1.74, 2.03, 2.44 и 3.13 соответственно углам $\theta = 20; 15; 10$ и 05° . Мы наблюдаем эффект ядерной прозрачности при зависимости множества $\langle n \rangle$ π^+ -мезонов при pC – взаимодействии от числа протонов (рис.4). Мы не наблюдаем каких-либо сигналов прозрачности для частиц с $\eta < \eta_{1/2}$, вне конуса множества π^+ - мезонов подавляются (исчезают) в эксперименте по сравнению с КМ. Причиной является смешение быстрых π^+ - мезонов с протонами ().

Из-за большого фона за счет событий сильного взаимодействия нуклонов и короткого времени существования кварк-глюонной плазмы на эксперименте ее наблюдать невозможно. И поэтому, чтоб рассматривать состояние материи, мы изучаем характеристики материи: ядерную прозрачность, псевдобыстроту, центральность и т.д.

Основные частицы (протоны, нейтроны) рождаются при адронизации кварк-партонов в адронные струи. Рожденные частицы группируются вокруг некоторого значения распределения быстроты и в этих распределениях наблюдаются некоторые пики. Рассмотрено 1322 событий для Si+Em (при 4 AGeV), 1093 - Si+Em (при 14 AGeV), 628 - Pb+Em (при 158 AGeV) и 1185- Au+Em (при 11.6 A GeV). В качестве мишени взяли эмульсию – смесь Ar, Br, H₂O и N.

В результате вариации импакт параметра, выделяются вторичные частицы разных типов и энергии. Частицы были классифицированы в s-частицы с $\beta > 0,7$ (в основном мюоны) и быстрые мишени g- частицы с $0,23 \leq \beta \leq 0,7$ (в основном протоны). Построено η -распределение однозарядных релятивистских частиц с $\beta > 0,7$, эмиттированные в реакциях Si, Pb и Au при энергиях 4,0-158,0 AGeV.

На графике Pb+Em взаимодействия наблюдается плато. Существование плато очень важно для теоретического расчета (рис.5). Таким образом, основанные требования – это получение результатов, подтверждающие существования плато. Наблюдаемое центрального плато и плечо на графиках могут быть доказательством существования КГП.

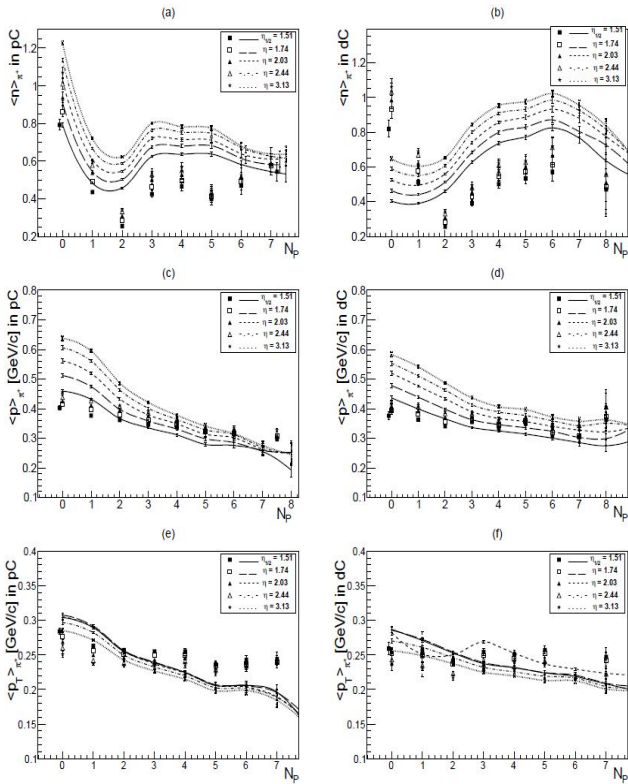


Рис.4. Зависимость среднего множества $\langle n \rangle \pi^+$ - мезонов числа протонов при pC-взаимодействии от (a), dC-взаимодействие (b); зависимость импульса π^+ - мезонов от числа протонов pC-взаимодействие (c), dC-взаимодействие (d); зависимость поперечного импульса π^+ - мезонов от числа протонов pC-взаимодействие (e), dC-взаимодействие (f).

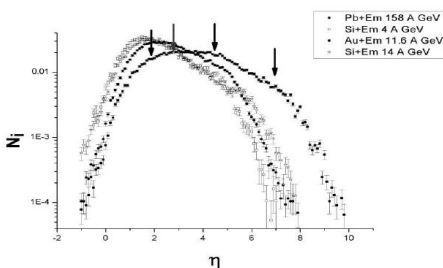


Рис.5. η -распределение однозарядных релятивистских частиц с $\beta > 0,7$, эмиттированные в реакциях Si, Pb и Au при энергиях 4,0-158,0 AGeV.

Четвертая глава посвящена рождению легких ядер при столкновении тяжелых ионов.

Экспериментальные данные He^{12}C - и C^{12}C -взаимодействий при 4.2 A GeV/c получены из 2-м камеры пропанного газа (ОИЯИ, Россия).

Экспериментальные данные He^{12}C - и C^{12}C -взаимодействий при 4.2 A GeV/c получены из 2-м пропановой камеры (ОИЯИ, Россия).

Импульс для регистрации пиона был около 70 MeV/c, а для протона - $p > 150$ MeV/c. Экспериментальные результаты сравнивались с результатами полученные из симуляции Каскадной моделью. В экспериментах, использовали 39544 событий C^{12}C C_3H_8 и 22975 событий HeC^{12} C_3H_8 взаимодействий при 4.2 A GeV/c. Расчеты Каскадной модели и модели Фриттьофа были сделаны для 40 000 событий. Для того чтобы проверить механизм рождения ядер, анализировали зависимость среднего множества π^- - мезонов (рис.6) и среднего множества легких ядер от числа протонов (рис.7).

На рис. 6. при He^{12}C -взаимодействии Каскадная модель не согласуется с экспериментом. Такую же картину замечаем на рис.7. Причиной является то, что в эксперименте легких ядер может быть

измерена смесь дейтронов, трития и других фрагментов, в то время как каскадная модель не может разделить их полностью.

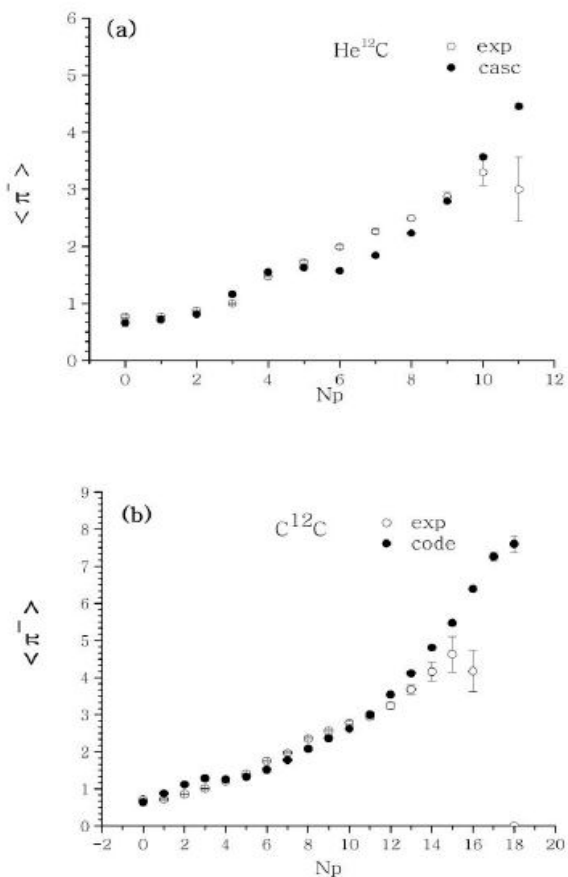


Рис.6. Зависимость среднего множества π^- - мезонов числа протонов (а) $He^{12}C$ -взаимодействия (б) $C^{12}C$ -взаимодействия.

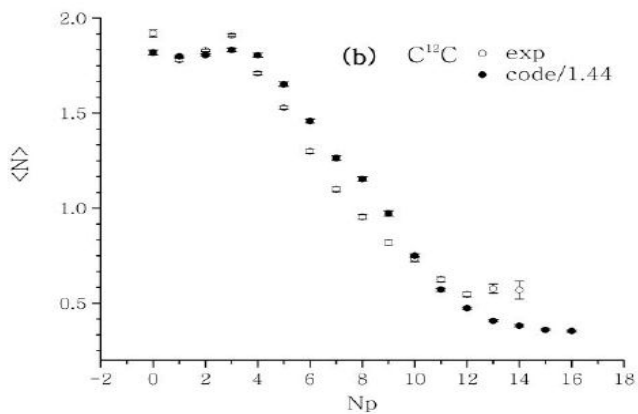
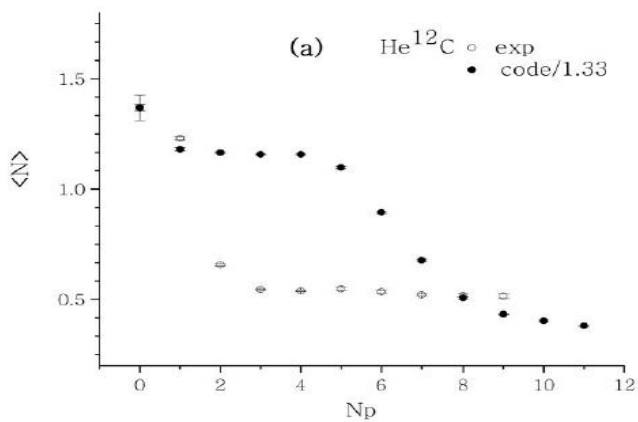


Рис.7. Зависимость среднего множества легких ядер от числа протонов (а) He^{12}C -взаимодействия (б) C^{12}C -взаимодействия.

Применялись две теоретические модели: Каскадная и Фритьюфа. Каскадная модель использовался для описания общего свойства релятивистского ядро-ядерного столкновения. Каждое сталкивающееся ядро обрабатывается как нуклонный газ. После каскадной модели, ядра описывались статистической теорией Фритьюф - это код Монте-Карло при низкой энергии.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Обработка, анализ и создание на основе этого базы данных, полученные с помощью пузырьковой камеры. Проведение сравнительного анализа теоретических и экспериментальных данных.
2. Для симуляции событий при разных энергиях и масс сталкивающихся адронов и ядер использована Дубненская Каскадная Модель. В работе рассмотрены 200 событий реакций $\text{He}+\text{He}$, $\text{C}+\text{C}$, $\text{Au}+\text{Au}$ при импульсах выше 1, 6, 12, 18 A GeV/c. Для определения центральности в реакциях $\text{He}+\text{He}$, $\text{C}+\text{C}$, $\text{Au}+\text{Au}$ вместо импакт параметра b использовано число заряженных частиц N_{ch} .
3. Изучения зависимость средней множественности π^+ - мезонов от числа протонов. Эта зависимость сравнивалась с результатами Дубненской Каскадной модели. Исследована зависимость множественности, импульса и поперечного импульса легких ядер от центральности при ядро-ядерных взаимодействиях. В $p\text{C}$ и $d\text{C}$ - взаимодействиях при импульсе 4.2A eV/c показано существование ядерной прозрачности.
4. Показано зависимость однозарядных частиц от псевдобысоты для $\text{Pb}+\text{Em}$ при энергии 158 AGeV.
5. Наблюдено рождение легких ядер в He^{12}C - и C^{12}C - взаимодействиях при 4.2 AGeV/c.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Wazir Z., Suleymanov M. K., Abdinov O.B., Khan E. U., Mahnaz Q. Haseeb, Ajaz M., Khan K. H., Ganbarova Sh. Comparison of experimental and theoretical results to define centrality of heavy ion collisions// G.M.Abdullayev Institute of Physics.Azerbaijan National Academy of Sciences. Department of physics, Mathematical and Technical Sciences.Azerbaijan Journal of Physics. Fizika. Volume XVI, Number 1, March,2010,p.75-78.
2. Wazir Z., Suleymanov M. K., Abdinov O.B., Khan E. U., Mahnaz Q. Haseeb, Ajaz M., Khan K. H, Ganbarova Sh. Some properties of the central heavy ion collisions// G.M.Abdullayev Institute of Physics.Azerbaijan National Academy of Sciences. Department of physics,Mathematical and Technical Sciences.Azerbaijan Journal of Physics. Volume XVI, Number 3-4, December, 2010, p.85-88.
3. Wazir Z., Suleymanov M. K., Abdinov O.B., Khan E. U., Mahnaz Q. Haseeb, Ajaz M., Khan K. H., Ganbarova Sh. Light nuclei production in heavy ion collision// G.M.Abdullayev Institute of Physics.Azerbaijan National Academy of Sciences. Department of physics,Mathematical and Technical Sciences.Azerbaijan Journal of Physics. Volume XVI, Number 2, June, p.474-477.
4. Wazir Z., Suleymanov M. K., Abdinov O.B., Khan E. U., Mahnaz Q. Haseeb, Ajaz M., Khan K. H., Khalilova Sh. Central Nucleus-Nucleus Collisions and the Phases of the Strongly Interacting Matter/ Nüvə Enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri Beynəlxalq konfrans, 8-10 Noyabr, 2010, p.12-16.
5. Wazir Z., Suleymanov M. K., Abdinov O.B., Khan E. U., Mahnaz Q. Haseeb, Ajaz M., Khan K. H., Khalilova Sh. Central Nucleus-Nucleus Collisions and the Phases of the Strongly Interacting matter// G.M.Abdullayev Institute of Physics.Azerbaijan National Academy of Sciences.Department of physics,Mathematical and Technical

- Sciences. Azerbaijan Journal of Physics. Volume XVII, Number 1, March, 2011, p.83-85.
6. Ajaz M., Suleymanov M.K., Abdinov O.B., Zaman Ali, Khan K.H., Wazir Z., Khalilova Sh. Nuclear transparency effect in the strongly interacting matter.// G.M.Abdullayev Institute of Physics. Azerbaijan National Academy of Sciences. Department of physics, Mathematical and Technical Sciences. Azerbaijan Journal of Physics. Volume XVII, Number 3, October, 2011.
 7. Suleymanov M.K., Belashev B.Z., Vokal S., Vodopranov A.S., Vrlakova J., Abdinov O.B., Ajaz M., Zaman Ali, Khan K.H., Khalilova Sh. Pseudorapidity spectra of secondary particles emitted in the relativistic nucleus-nucleus collisions/ PoS(Baldin ISHEPP XXI)043, 10-15 Sept, 2012, Dubna.
 8. Khan K.H., Suleymanov M.K., Ajaz M., Zaman Ali, Khalilova Sh. Observation of light nuclei formation as nuclear coalescence in CC-interactions at 4.2 AGeV/c/ PoS(Baldin ISHEPP XXI)045, 10-15 Sept, 2012, Dubna.
 9. Ajaz M., Suleymanov M.K., Abdinov O.B., Khan K.H., Zaman Ali, Khalilova Sh. Nuclear transparency effect in proton and deuteron induced interactions with carbon nuclei/ PoS(Baldin ISHEPP XXI)052, 10-15 Sept, 2012, Dubna.
 10. Kamal Hussain Khan, Suleymanov M.K., M.Ajaz, Zaman Ali and Khalilova Sh. Light nuclei formation in ^{12}CC collisions at 4.2A GeV/c// Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics Vol.29, No.12 (2014) 1450063.
 11. Wazir Z., Suleymanov M.K., Belashev B.Z., Vokal S., Vrlakova J., Zahir A., Mehmood S., Ajaz M., Khalilova Sh. and Tufail M. Centrality dependence of pseudorapidity spectra of charged particles produced in the nucleus-nucleus collisions at high energies// Indian Journal of Physics (2014) 88:723-726 DOI 10.1007/s12648-014-0462-1.

XƏLİLOVA ŞƏHLA QƏNBƏR QIZI

NÜVƏ-NÜVƏ TOQQUŞMALARINDA YÜNGÜL NÜVƏLƏRİN YARANMASI

XÜLASƏ

Dissertasiya işi nüvə-nüvə toqquşmalarında yüngül zərrəciklərin yaranmasına həsr olunub.

Girişdə işin aktuallığı əsaslandırılır, işin məqsədi və qarşıda duran məsələlər göstərilir, işin elmi yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti və müdafiyyə çıxarılan əsas müddəaları verilir, aprobasiya və nəşrlər haqqında, işin quruluşu və həcmi haqqında məlumat verilir.

4 AGeV enerjiddə Si+Em proses üçün 1322 hadisəyə, 14 AGeV enerjiddə Si+Em proses üçün 1093 hadisəyə, 158 AGeV enerjiddə Pb+Em 628 hadisəyə, 11.6 A GeV enerjiddə isə Au+Em proses üçün 1185 hadisəyə baxılıb. Verilənlərin emalı, diaqramların və paylanmaların qurmaq üçün Root və C++ da proqramlaşdırma dilində scriptlə yazılıb. Məsələlər hadisələrin generasiyası proqramı PYTHIA ilə AzGriddə həll olunub. Bu skriptlər yüksək enerjilər fizikasında hadisənin generasiyasında istifadə olunan proqram PYTHIA ilə Gridə göndərilir.

Aparılan tədqiqatlar nüvə-nüvə qarşılıqlı təsiri izah edənlər modeli inkişaf etməyə imkan verir.

KHALILOVA SHAHLA GANBAR

**THE LIGTH NUCLEI PRODUCTION
IN NUCLEUS-NUCLEUS COLLISIONS**

SUMMARY

Dissertation is devoted to production light particles in nuclei-nuclei interaction.

In the introduction the urgency, the basic purpose and the main objectives of the work is described. The scientific innovation, practical importance, implementation and validation of the results have been established. The basic provisions for the defense and the information about the structure of this dissertation has been given in this section, too.

In this work we have analyzed 1322 events for the process Si+Em (at 4 AGeV), 1093 events for the process Si+Em (at 14 AGeV), 628 events for the process Pb+Em and 1185 events for the process Au+Em.

Scripts for the data processing, creating diagrams and distributions have been written in the Root and C ++. The problems have been solved on AzGRID by the event generation program PYTHIA.

These knowledges make it possible to improve the model describing the nucleus-nucleus interactions.

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
akademik H.M. ABDULLAYEV adına FİZİKA İNSTİTUTU

əlyazma hüququnda

XƏLİLOVA ŞƏHLA QƏNBƏR QIZI
NÜVƏ – NÜVƏ TOQQUŞMALARINDA
YÜNGÜL NÜVƏLƏRİN YARANMASI

2290.01 – «Yüksək enerjilər fizikası»

Fizika üzrə fəlsəfə doktoru dərəcəsi almaq üçün
təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI – 2016