



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4376/83

22/8-83

P1-83-354

С.Г.Аракелян, А.О.Кечечян, А.С.Мартынов,
А.И.Родионов, А.М.Рождественский, П.П.Темников,
А.А.Тимонина, Б.А.Шахбазян

СЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
Δ-ГИПЕРОНОВ И K^0 -МЕЗОНОВ
В СС-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,2 ГэВ/с НА НУКЛОН

1983

ВВЕДЕНИЕ

Гипотетическая кварк-глюонная плазма, ее свойства и особенности, а также методы ее получения и идентификации стали за последние десять лет объектами довольно интенсивных исследований, основанных на новейших достижениях теории и эксперимента. Связано это как с прогрессом в понимании самой проблемы и ее важности, так и с появлением машин, способных ускорять до релятивистских и даже ультрарелятивистских энергий ионы широкого диапазона атомных чисел, т.е., в конечном счете, с появлением реальных возможностей как для теоретических, так и экспериментальных исследований в этой новой области физики высоких энергий.

Первостепенное значение при этом приобретают методы диагностики фазового перехода адронного вещества в кварк-глюонную плазму по каким-то ее симптомам. Таких симптомов, или индикаторов, названо уже немало. Однако в качестве одного из первых был назван повышенный выход странных частиц по сравнению с ожидаемым фоновым при образовании их первичными нуклонами ядра-снаряда и вторичными частицами в ядро-ядерных столкновениях ^{1/1}.

Ниже излагается попытка экспериментальной проверки этого предсказания путем определения сечений образования нейтральных странных частиц в СС-взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Методические вопросы, связанные с просмотром, отбором, измерением и идентификацией событий с V^0 -частицами, детектированных с помощью 2-метровой пропановой камеры ОИЯИ, были рассмотрены в работе ^{2/1}.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ Λ -ГИПЕРОНОВ И K^0 -МЕЗОНОВ

Сечение определялось по формуле

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{\epsilon} \sum_i W_i .$$

Величина $\epsilon = \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3$, где $\epsilon_1 = 0,71 \pm 0,10$ - эффективность просмотра, $\epsilon_2 = 0,96 \pm 0,03$ - эффективность измерения и обсчета, ϵ_3 - вероятность распада по заряженной моде ($\Lambda \rightarrow p\pi^-, K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$). Сечение $\sigma_0 = \sigma_t / N_{int}$, где σ_t - полное сечение, а N_{int} - полное число взаимодействий, которое вычислялось по формуле

ВВЕДЕНИЕ

Гипотетическая кварк-глюонная плазма, ее свойства и особенности, а также методы ее получения и идентификации стали за последние десять лет объектами довольно интенсивных исследований, основанных на новейших достижениях теории и эксперимента. Связано это как с прогрессом в понимании самой проблемы и ее важности, так и с появлением машин, способных ускорять до релятивистских и даже ультрарелятивистских энергий ионы широкого диапазона атомных чисел, т.е., в конечном счете, с появлением реальных возможностей как для теоретических, так и экспериментальных исследований в этой новой области физики высоких энергий.

Первостепенное значение при этом приобретают методы диагностики фазового перехода адронного вещества в кварк-глюонную плазму по каким-то ее симптомам. Таких симптомов, или индикаторов, названо уже немало. Однако в качестве одного из первых был назван повышенный выход странных частиц по сравнению с ожидаемым фоном при образовании их первичными нуклонами ядра-снаряда и вторичными частицами в ядро-ядерных столкновениях ^{1/1}.

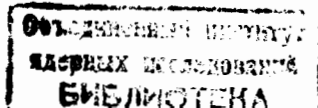
Ниже излагается попытка экспериментальной проверки этого предсказания путем определения сечений образования нейтральных странных частиц в СС-взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Методические вопросы, связанные с просмотром, отбором, измерением и идентификацией событий с V^0 -частицами, детектированных с помощью 2-метровой пропановой камеры ОИЯИ, были рассмотрены в работе ^{1/2}.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ Λ -ГИПЕРОНОВ И K^0 -МЕЗОНОВ

Сечение определялось по формуле

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{\epsilon} \sum_i W_i .$$

Величина $\epsilon = \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3$, где $\epsilon_1 = 0,71 \pm 0,10$ - эффективность просмотра, $\epsilon_2 = 0,96 \pm 0,03$ - эффективность измерения и обсчета, ϵ_3 - вероятность распада по заряженной моде ($\Lambda \rightarrow p\pi^-, K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$). Сечение $\sigma_0 = \sigma_t / N_{int}$, где σ_t - полное сечение, а N_{int} - полное число взаимодействий, которое вычислялось по формуле



$$N_{int} = N_{in} [1 - \exp(-\rho L \sigma_t)],$$

где $N_{in} = 81052 \pm 1049$ - число пучковых частиц, ρ - число ядер С в единице объема, а $L = 17$ см - толщина "пропановой мишени". Здесь необходимы дополнительные пояснения. Поток N_i определялся во фронтальной плоскости, проходящей через первый ряд реперных крестов. На расстоянии 17 см от него располагалась мишень, состоящая из 3 тонких танталовых пластин, длина которой вдоль пучка составляла 18 см. Присутствие этой мишени приводило к дополнительным потерям событий из-за взаимодействия с ядрами тантала как самих V^0 -частиц, так и продуктов их распада, ухудшения освещенности и т.п. Поэтому при вычислении сечения отбирались V^0 -частицы, образовавшиеся до танталовой мишени и распадавшиеся вне ее пределов. При такой процедуре можно корректно ввести поправки на исключение событий в этой области.

Величина W - "вес" события, значение которого есть обратная вероятность регистрации данного события. При его вычислении кроме уже обсуждавшейся процедуры отбора событий учитывалось также:

- а/ случайное расположение звезды в пределах пучка;
- б/ симметрия в соответствующих азимутальных плоскостях при образовании и распаде V^0 -частицы;
- в/ распад V^0 вне объема камеры;
- г/ взаимодействие в пропане V^0 -частицы и продуктов ее распада;
- д/ предельно допустимая погрешность измерения импульсов заряженных частиц.

Вес события вычислялся при помощи моделирования по методу Монте-Карло: $W = N_1 / N_2$, где N_1 (=1000) - полное число разыгранных случаев образования и распада V^0 -частицы с данными значениями импульса и угла вылета относительно направления пучка, а N_2 - число случаев, удовлетворяющих критериям регистрации. При моделировании движения заряженных частиц магнитное поле считалось постоянным, $H = 15$ кГс. Импульс пучка и его направление были фиксированы: $p = 4,2$ ГэВ/нуклон, $\tan \alpha = -0,0018$, $\beta = 1,676$ / α - угол погружения, β - азимутальный угол/. Моделирование точки входа в камеру проводилось по экспериментальным распределениям пучковых частиц во фронтальной плоскости^{/2/}. Событие считалось зарегистрированным, если длины треков распадных частиц обеспечивали измерение импульсов с погрешностями $\Delta p/p < 0,3$, причем эта длина должна быть больше 0,3 см.

Для отбора СС-взаимодействий использовались следующие критерии:

- а/ суммарный заряд всех частиц в событии должен быть больше 7, либо
- б/ число протонов, вылетающих в переднюю полусферу, должно быть больше 1, либо

в/ число протонов, вылетающих в заднюю полусферу, должно быть больше 0, либо

г/ число отрицательных частиц должно быть больше 2.

Вычисленные таким образом сечения для СС-взаимодействий равны:

$$\sigma_{\Lambda}^{cc} = /24 \pm 6/ \text{ мб}, \quad \sigma_{K^0}^{cc} = /30 \pm 10/ \text{ мб}.$$

Для взаимодействий ядер С с молекулой пропана сечение равно:

$$\sigma_{\Lambda} = /103 \pm 23/ \text{ мб}, \quad \sigma_{K^0} = /162 \pm 48/ \text{ мб}.$$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Переходя к обсуждению возможности наблюдения кварк-глюонной плазмы, следует отметить, что описанию ее свойств был посвящен ряд теоретических работ^{/3-6/}. В работах^{/7-12/} исследовалась сигнатура, т.е. экспериментально наблюдаемые следствия фазового перехода адронного вещества в кварк-глюонную плазму. Было показано, что странные частицы оказывают существенное влияние на состояние как самой кварк-глюонной плазмы, так и адронного вещества^{/3,13/}. Оказалось также, что наблюдение странных частиц может дать информацию о том, образовались ли они в кварк-глюонной^{/9,11/} или в адронной^{/14-17/} фазе. Критические кинетические энергии в лабораторной системе лежат в широких пределах, начиная от 2,3 ГэВ/с^{/7/} до ультрарелятивистских^{/18/}. Однако все авторы считают, что оптимальные условия для фазового перехода возникают при столкновении тяжелых ионов. Укажем, однако, что оптимальные условия проявления той или иной сигнатуры могут зависеть от энергии, например, подпороговое рождение античастиц или странных частиц. В работе^{/19/} показано, что фазовый переход может произойти при энергии $E_{кин} > 4$ ГэВ/нукл, но подчеркивается тщетность надежд на большие выходы странных частиц даже при больших энергиях, когда сталкиваются одинаковые тяжелые ядра с $A = 40$.

Так или иначе, для сравнения и выводов необходимо было располагать сечениями, вычисленными в рамках модели, не учитывающей образования кварк-глюонной плазмы. Для этой цели мы воспользовались результатами работы К.К.Гудимы и В.Д.Тонеева^{/20/}, где сечения вычисляются в рамках модели файрстрика с использованием гипотезы химического равновесия. В ней показано, что учет ассоциативности рождения странных частиц существенно улучшает описание относительных выходов частиц. Используя предсказания этой работы по относительным выходам Λ -гиперонов /включая вклад от распадов $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda \gamma$ / и K^0 - и \bar{K}^0 -мезонов в нашей области энергий

и среднюю множественность π^- -мезонов в CC -взаимодействиях. из работы /21/, можно вычислить сечения:

$$\sigma_{\Lambda}^{CC} = 22 \text{ мб}, \quad \sigma_{K^0}^{CC} = 27 \text{ мб}.$$

Эти значения находятся в хорошем согласии с нашими результатами. Помня, что основным признаком фазового перехода в кварк-глюонную фазу является существенный рост сечения, можно утверждать, что для описания процессов рождения странных частиц в CC -взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон не требуется привлекать гипотезу об этом переходе.

Авторы выражают благодарность А.М.Балдину за интерес к работе и поддержку и К.К.Гудиме, В.Д.Тонееву за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chapline G.E. et al. Phys.Rev., 1973, D8, p. 4302.
2. Аракелян С.Г. и др. ОИЯИ, P1-82-683, Дубна, 1982.
3. Chin S., Kerman A.K. Phys.Lett., 1979, 43B, p. 1292.
4. Kuti J. et al. Phys.Lett., 1980, 95B, p. 75.
5. Baum J. In: Proc. Symp. on Statistical mechanics of quarks and hadrons, Bielfield, 1980.
6. McLerran. Lecture at 5th High Energy Heavy Ion Study, Berkeley, 1981.
7. Domokos G., Goldmann J.I. Phys.Rev., 1980, D23, p. 203.
8. Kajanti K., Mietinnen H. HU-TFT 81-7, Helsinki, 1981.
9. Montvay I. In: Proc. Workshop on Future Relativistic Heavy Ion Experiments, GSI-Darmstadt, 1980, p. 360.
10. Hagedorn R. ibid., p. 236.
11. Rafelski J. ibid., p. 282.
12. Mishustin J.M. et al. Phys.Lett., 1980, 95B, p. 361.
13. Glendennin N. LBL Preprint 11538, Berkeley, 1980.
14. Olive J.A. Phys.Lett., 1980, 95B, p. 355.
15. Asai F. et al. Phys.Lett., 1981, 98B, p. 19.
16. Randrup I., Ko C.M. Nucl.Phys., 1980, A343, p. 519.
17. Ko C.M. Phys.Rev., 1981, C23, p. 2760.
18. См. доклады в: Quark Matter and Heavy Ion Collisions, Proc. of Bielfield Workshop, Ed. M.Jacob and H.Satz, Singapore, World Scientific.
19. Biro T.S., Zimanyi J. Nucl.Phys., 1983, A395, p. 525.
20. Гудима К.К., Тонеев В.Д. ОИЯИ, P2-83-199, Дубна, 1983.
21. Ахабабян Н. и др. ОИЯИ, P1-80-473, Дубна, 1980; ЯФ, 1981, 33, с. 1046.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 июня 1983 года.

Аракелян С.Г. и др.

P1-83-354

Сечения образования Λ -гиперонов и K^0 -мезонов в CC -взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон

Для взаимодействий релятивистских ядер углерода с импульсом $pc = 4,2$ ГэВ/нуклон в 2-метровой пропановой пузырьковой камере определены сечения образования Λ -гиперонов и K^0 -мезонов:

$$\sigma_{\Lambda}^{CC} = /24 \pm 6/ \text{ мб}, \quad \sigma_{K^0}^{CC} = /30 \pm 10/ \text{ мб}.$$

Сравнение с предсказаниями выхода Λ и K^0 в различных моделях показывает, что модель фэйрстрика, использующая гипотезу химического равновесия и ассоциативного рождения странных частиц, хорошо описывает наши результаты. Это указывает на то, что для описания процессов рождения странных частиц в CC -столкновениях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон нет необходимости привлекать гипотезу о фазовом переходе адронного вещества в кварк-глюонную плазму.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Arakelian S.G. et al.

P1-83-354

Λ -Hyperon and K^0 -Meson Production Cross Sections in CC -Interactions at 4.2 GeV/c Momentum per Nucleon

Λ -hyperon and K^0 -meson production effective cross sections in interactions of relativistic carbon nuclei, measured using a 2-meter propane bubble chamber, appear to be

$$\sigma_{\Lambda}^{CC} = (24 \pm 6) \text{ mb}; \quad \sigma_{K^0}^{CC} = (30 \pm 10) \text{ mb}.$$

They are in fair agreement with the predictions of the firestreak model making use of the hypothesis on chemical equilibrium and associative production of strange particles. It means that strange particle production in CC -interactions at 4.2 GeV/c momentum per nucleon is well described without invoking hypothesis about the quark-gluon phase transition.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой