

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



Л-932

14/10-75

P2 - 8588

А.Л.Любимов

1327/2-75

ВЗАИМНЫЙ ОБМЕН КВАРКАМИ В ПРОЦЕССАХ  
С БОЛЬШОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ИМПУЛЬСА  
МЕЖДУ МЕЗОНОМ И БАРИОНОМ

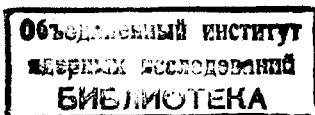
**1975**

P2 - 8588

А.Л.Любимов

ВЗАИМНЫЙ ОБМЕН КВАРКАМИ В ПРОЦЕССАХ  
С БОЛЬШОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ИМПУЛЬСА  
МЕЖДУ МЕЗОНОМ И БАРИОНОМ

*Направлено в Nuclear Physics*



Любимов А.Л.

P2 - 8588

**Взаимный обмен кварками в процессах с большой передачей импульса между мезоном и барионом**

Рассматриваются следствия взаимного обмена кварками между взаимодействующими адронами. Приводятся отношения сечений различных реакций для упругого мезон-барионного рассеяния на  $180^\circ$  и для неупругих реакций с большой передачей импульса между мезоном и барионом. Полученные отношения определяются количеством кварков в адронах и дают возможность еще одного подхода к экспериментальной проверке кварковой модели.

**Препринт Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1975**

Lyubimov A.L.

P2 - 8588

**Quark Interchange in Processes with Large Momentum Transfer between Mesons and Baryons**

The consequences of quark interchange between interacting hadrons are considered. The ratios of the cross sections for different reactions are given

- a) for elastic meson-baryon scattering at  $180^\circ$ ,
- b) for inelastic processes with large momentum transfer between meson and baryon. The ratios

obtained are determined by the number of quarks in hadrons and make possible one more approach to experimental testing the quark model.

**Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research  
Dubna 1975**

Если кварковая структура адронов является реальной, то можно ожидать, что при определенных условиях будет происходить взаимный обмен кварками между взаимодействующими адронами.

Существование взаимного обмена кварками /в.о.к./ должно приводить к ряду предсказуемых следствий, дающих возможность еще одного подхода к экспериментальной проверке кварковой модели.

Некоторые из следствий существования в.о.к. были указаны нами ранее в работе <sup>1/</sup>. В настоящей работе, являющейся ее развитием, в рамках наивной кварковой модели на основе представления о в.о.к. рассматривается сперва упругое мезон-барионное рассеяние на  $180^\circ$ , а затем метод и результаты этого рассмотрения применяются к неупругим реакциям с большой передачей импульса от мезона к бариону или от бариона к мезону.

Приведено рассмотрение для модели трех кварков <sup>2/\*</sup>. Для трех триплетов кварков, цветных <sup>3/</sup> или с целочисленными зарядами <sup>4,5/</sup>, может быть проведено аналогичное рассмотрение и должны выполняться те же соотношения между сечениями различных процессов.

**Упругое мезон-барионное рассеяние на  $180^\circ$**

Рассмотрим упругое мезон-барионное рассеяние назад при энергиях, достаточно высоких, чтобы можно было пренебречь образованием резонансов в прямом канале /рис. 1/. Если при таком рассеянии не происходит взаимного обмена кварками, то импульсы всех четырех кварков и антикварка должны меняться на обратные. На рис. 2 представлена диаграмма этого процесса.

Если же при рассеянии на  $180^\circ$  происходит взаимный обмен кварками между мезоном и барионом /рис. 3/, то импульсы на обратные меняют только "необмениваемые" два кварка и антикварк, тогда как "обмениваемые"

\*Для кварков будут использованы обозначения  $p, n, \lambda$ , для протона и нейтрона - соответственно  $P$  и  $N$ , для нуклона -  $\mathcal{N}$ .

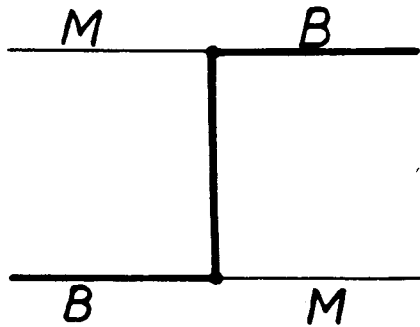


Рис. 1. Диаграмма упругого мезон-барионного рассеяния на  $180^\circ$ .

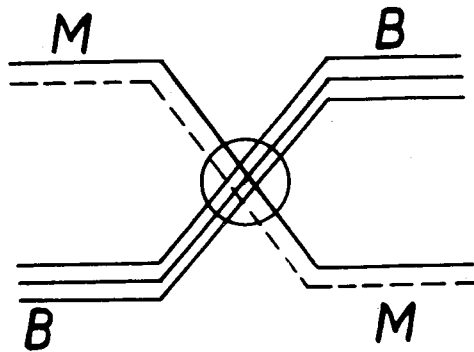


Рис. 2. Кварковая диаграмма упругого мезон-барионного рассеяния назад без обмена кварками. Сплошными линиями обозначены кварки, штрихованной - антикварк.

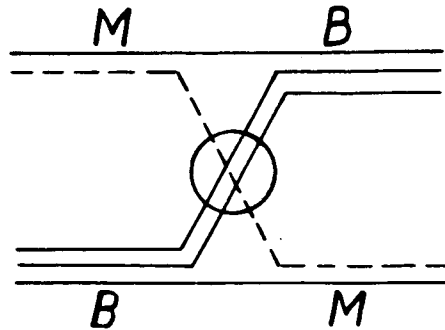


Рис. 3. Кварковая диаграмма упругого мезон-барионного рассеяния на  $180^\circ$  с обменом кварками между мезоном и барионом.

кварки, играющие в этом процессе рассеяния роль “наблюдателей” /спектаторов/, продолжают движение в тех же направлениях, в которых они двигались до взаимодействия. В конечном состоянии рассеявшиеся на  $180^\circ$  два кварка и антикварк, имеющие небольшие импульсы относительно “обмененных” кварков-спектаторов, образуют с ними соответственно барион и мезон, движущиеся в направлениях, противоположных начальным направлениям движения бариона и мезона.

Вероятность столкновения, приводящего к изменению импульсов кварков на обратные /упругое рассеяние назад для сталкивающихся кварков/, должна быть мала по сравнению с вероятностью взаимодействия, не меняющего их импульсов /упругое рассеяние кварков вперед/, поскольку в первом случае требуется очень малый /и притом падающий с ростом импульса/ прицельный параметр. Поэтому естественно считать, что сечение процессов, происходящих согласно диаграмме, показанной на рис. 3, существенно больше сечений рассеяния, соответствующего диаграмме на рис. 2, причем это различие должно увеличиваться с ростом энергии\*. Поэтому для процессов, происходящих в соответствии с диаграммой рис. 3, можно, в первом приближении, пренебречь вкладом амплитуд, соответствующих указанным на рис. 2. Для процессов рассеяния, при которых возможен обмен кварками /рис. 3/, наблюдается пик с максимумом при  $180^\circ$ . Для процессов, где обмен кварками невозможен, такого пика нет.

Рассмотрим сперва упругое каон-протонное рассеяние назад. Поскольку кварковый состав  $K^+$ -мезона,  $K^0$ -мезона и протона, соответственно,  $(u\bar{s})$ ,  $(d\bar{s})$  и  $(uud)$ , то в  $K^+$ -рассеянии назад может происходить, согласно схеме рис. 4, взаимный обмен  $u$ -кварками, а в  $K^0$ -рассеянии назад - обмен  $d$ -кварками. При этом во взаимном обмене  $d$ -кварком с  $K^0$ -мезоном может участ-

\* Такому представлению соответствует, в частности, подавление упругого рассеяния назад  $K^-$ -мезонов на нуклонах, для которого взаимный обмен кварками невозможен /рис. 2/, по сравнению с упругим рассеянием назад  $K$  и  $\pi$ -мезонов, где этот обмен возможен /рис. 3/.

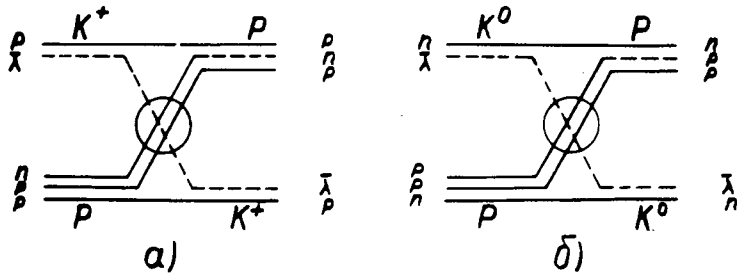


Рис. 4. Кварковые диаграммы упругого рассеяния на  $180^\circ$   $K^+$ -мезонов на протонах /а/ и нейтронах /б/.

говать единственный  $s$ -кварк протона, тогда как в обмене  $p$ -кварком с  $K^+$ -мезоном может участвовать любой из двух  $p$ -кварков протона. Поэтому амплитуда упругого  $K^+ p$ -рассеяния на  $180^\circ$  должна быть в два раза больше амплитуды упругого  $K^0 p$ -рассеяния на  $180^\circ$ :

$$A(K^+ P \rightarrow PK^+)_{180^\circ} / A(K^0 P \rightarrow PK^0)_{180^\circ} = 2. \quad /1/$$

В рамках рассматриваемых представлений это справедливо с точностью до учета процессов, показанных на рис. 2, и в предположении равенства амплитуд рассеяния назад  $\bar{\lambda}$  на парах кварков -  $pp$  и  $pn$ \*.

Таким образом, в случае взаимного обмена кварками естественно ожидать, что сечения упругого каон-нуклонного рассеяния на  $180^\circ$  должны удовлетворять соотношению

$$d\sigma(K^+ P \rightarrow PK^+)_{180^\circ} / d\sigma(K^0 P \rightarrow PK^0)_{180^\circ} = [d\sigma(K^+ N \rightarrow NK^+)_{180^\circ}] = 4. /2/$$

\* Вследствие изотопической инвариантности взаимодействие  $\bar{\lambda}$  /изотопспин = 0/ с  $p$ - и  $n$ -кварками /изотопспин =  $\frac{1}{2}$  /, должно быть одинаково. Поэтому, если бы взаимодействия  $\bar{\lambda}$  с каждым из нестранных кварков пары были независимы, то последнее условие выполнялось бы автоматически.

Поскольку между амплитудами упругого каон-нуклонного рассеяния и перезарядки существует изотопическое соотношение

$$A(K^+ P \rightarrow K^+ P) = A(K^+ N \rightarrow K^+ N) + A(K^+ N \rightarrow K^0 P), \quad /3/$$

то должно, наряду с соотношением /2/, выполняться также соотношение

$$d\sigma(K^+ P \rightarrow PK^+)_{180^\circ} / d\sigma(K^+ N \rightarrow PK^0)_{180^\circ} = 4*. \quad /4/$$

Надо заметить, что соотношения /2/ и /4/ не следуют из теории комплексных угловых моментов, более того, - они отличны от асимптотических соотношений, получаемых из рассмотрения прямолинейных и невырожденных барийных траекторий со странностью  $S = -1/6$ .

В пион-нуклонном рассеянии назад, а также в процессах типа  $\bar{K}N \rightarrow \bar{Y}\pi$  /где  $Y$  обозначает  $\Sigma$ - или  $\Lambda$ -гиперон/ следует, вообще говоря, учитывать также возможность аннигиляции антикварка от начального мезона с соответствующим кварком бариона /рис. 5/. Поэтому для указанных процессов соотношения, аналогичные /2/ и /4/, могут быть получены только при дополнительном предположении о малости амплитуды этой аннигиляции по сравнению с амплитудой упругого рассеяния антикварка назад\*\*. Тогда для пион-нуклонного рассеяния на  $180^\circ$  при высоких энергиях должно быть

$$d\sigma(\pi^+ P \rightarrow P\pi^+)_{180^\circ} / d\sigma(\pi^- P \rightarrow P\pi^-)_{180^\circ} = 4. \quad /5/$$

\* Вследствие соотношения /2/ треугольник, составленный амплитудами упругого рассеяния и перезарядки каонов на нуклонах согласно соотношению /3/, для рассеяния на  $180^\circ$  в модели в.о.к. стягивается в прямую.

\*\* Здесь предполагается также, что амплитуды рассеяния  $\bar{\lambda}$  /или  $\bar{p}$  / на парах кварков  $pp$  /или  $pn$  / и  $pn$  одинаковы.

При этом вследствие изотопического соотношения между амплитудами пион-нуклонного рассеяния

$$A(\pi^+P \rightarrow \pi^+P) = A(\pi^-P \rightarrow \pi^-P) + \sqrt{2} \cdot A(\pi^-P \rightarrow \pi^0N) \quad /6/$$

должно быть также

$$d\sigma(\pi^-P \rightarrow P\pi^-)_{180^\circ} / d\sigma(\pi^-P \rightarrow N\pi^0)_{180^\circ} = 2^* \quad /7/$$

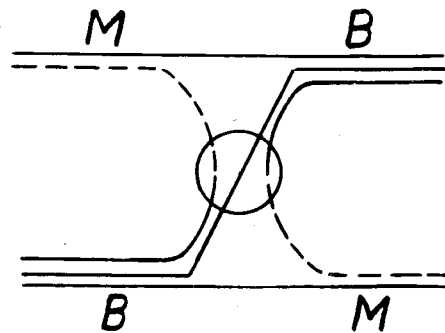


Рис. 5. Кварковая диаграмма упругого мезон-барионного рассеяния назад с аннигиляцией антикварка мезона с одним из кварков бариона.

\* Если амплитуда аннигиляции антикварка мезона с кварком нуклона была бы много больше амплитуды упругого рассеяния антикварка назад, то поскольку  $\bar{p}$ -кварк  $\pi^-$ -мезона может аннигилировать с любым из двух  $p$ -кварков протона, а  $\bar{n}$ -кварк  $\pi^+$ -мезона - с единственным  $n$ -кварком протона, вместо /5/ было бы

$$d\sigma(\pi^+P \rightarrow P\pi^+)_{180^\circ} / d\sigma(\pi^-P \rightarrow P\pi^-)_{180^\circ} = 1. \quad /5'/$$

В этом случае перезарядка назад ( $\pi^-P \rightarrow N\pi^0$ ) должна быть мала по сравнению с упругим рассеянием.

Соотношения /5/ и /7/ /а также /5'/ тоже существенно отличаются от асимптотических соотношений, получаемых в модели полюсов Редже для прямолинейных и невырожденных барионных траекторий /6/.

В том же предположении о малости амплитуды аннигиляции и с учетом кварковых волновых функций взаимодействующих частиц можно также получить соотношения для двухчастичных реакций

$$d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^+\pi^-)_{180^\circ} / d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^0\pi^0)_{180^\circ} = 4, \quad /8/$$

$$\frac{d\sigma(K^-N \rightarrow \Sigma^0\pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^0\pi^0)_{180^\circ}} = \frac{d\sigma(K^-N \rightarrow \Lambda^0\pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(K^-P \rightarrow \Lambda^0\pi^0)_{180^\circ}} = 2.$$

Поскольку соотношения /2/ и /4/ основаны на меньшем числе предположений, чем /5/ и /7/, а также /8/ и /9/, то наиболее прямым методом экспериментальной проверки рассматриваемой модели является сравнение сечений каон-нуклонного рассеяния на  $180^\circ$  при высоких энергиях\*.

Однако соотношение /5/ для пион-нуклонного рассеяния на  $180^\circ$  в пределах экспериментальной точности /15%/ выполняется при энергии пионов от 8 до 14 ГэВ - наибольшей энергии, для которой в настоящее время имеются экспериментальные данные /7/\*\*. С точки

\* Поскольку в каон-нуклонной системе образование резонансов играет малую роль /в отличие от пион-нуклонной системы/ и каон-нуклонное рассеяние назад определяется в основном нерезонансной амплитудой, то можно ожидать, что для проверки соотношений /2/ и /4/ достаточно энергии К-мезонов в несколько ГэВ />5/.

\*\* Из-за наличия провала в дифференциальном сечении упругого  $\pi^+p$ -рассеяния в области  $u \approx -0,2 / \text{ГэВ}/c^2$  отношение сечений  $\pi^+P$  и  $\pi^-P$ -рассеяния назад сильно зависит от угла рассеяния. Поэтому соотношение /5/ выполняется только в узком интервале около  $180^\circ$ .

зрения рассматриваемых представлений это означает возможность пренебрежения амплитудой аннигиляции в данном интервале энергий.

Во всяком случае, если эксперимент подтвердит соотношение /2/, а также соотношение /5/ для больших энергий пионов, то совпадение отношений сечений для каон-нуклонного и пион-нуклонного рассеяния на  $180^\circ$  усилит значимость результата\*.

### Неупругие реакции с большой передачей импульса

На основе представления о в.о.к., аналогично процессам упругого мезон-барионного рассеяния на  $180^\circ$ , мы можем рассмотреть неупругие реакции, в диаграммах которых мезонные линии переходят в барионные или барионные линии - в мезонные. Примером такого процесса является неупругое мезон-барионное рассеяние на  $180^\circ$ , т.е. реакции  $M + B \rightarrow X_B + M'_{180^\circ}$  и  $M + B \rightarrow B'_0 + X_{M'}$ , где рассеявшиеся на  $180^\circ$  мезон /рис. 6а/ или барион /рис. 6б/ имеют большие импульсы  $x = \frac{P_L}{P_{\max}}$ \*\*.

Для того чтобы нижняя вершина диаграммы рис. 6а с точки зрения модели в.о.к. была аналогична соответствующей вершине упругого мезон-барионного рассеяния на  $180^\circ$ ,

\* Соотношения для упругого мезон-барионного рассеяния назад, аналогичные приведенным, могут быть получены также на основе гипотезы факторизуемости кварковых амплитуд /8,9/. Однако гипотеза факторизуемости, охватывая более широкий круг процессов, чем можно рассмотреть, исходя из представления о в.о.к., основана на большем числе предположений /включая все предположения, необходимые для гипотезы в.о.к./.

\*\* Для простоты будем опускать знак импульса, подразумевая под символом  $x$  абсолютное значение этой величины.

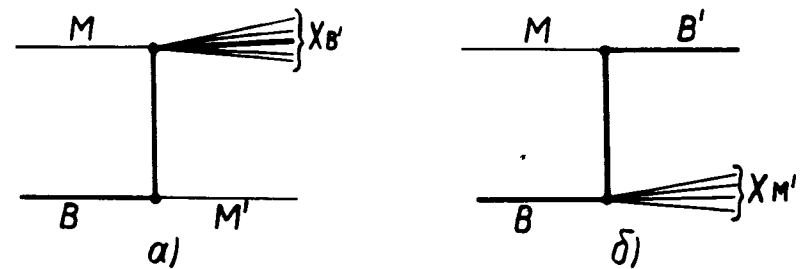


Рис. 6. Неупругое мезон-барионное рассеяние назад а/ реакция  $M + B \rightarrow X_B + M'_{180^\circ}$ ; б/ реакция  $M + B \rightarrow B'_0 + X_{M'}$ .

нужно, чтобы один из кварков начального бариона, не испытав рассеяния /т.е. оставшись зрителем/, вошел в состав мезона, вылетающего назад, вместе с антикварком начального мезона, рассеявшимся на двух остальных кварках этого бариона. Поскольку для каждого из кварков начального бариона в среднем должно быть  $x \approx \frac{1}{3}$ \*, то рассеяние антикварка на двух кварках бариона будет выделено, если после рассеяния назад импульс антикварка  $x > \frac{1}{3}$ . В этом случае у вылетевшего назад мезона, состоящего из этого антикварка и кварка-зрителя из начального бариона с  $x = \frac{1}{3}$ , должно быть  $x > \frac{2}{3}$ .

Тогда отношения сечений различных неупругих мезон-барионных реакций с вылетом назад мезона с  $x > \frac{2}{3}$  и образованием одинаковых /или изотопически сопряженных/ состояний  $X_B$  должны быть те же, что для соответствующих процессов упругого рассеяния или перезарядки:

$$\frac{d\sigma(K^+ P \rightarrow X_P + K^+(x > 2/3)_{180^\circ})}{d\sigma(K^+ N \rightarrow X_N + K^+(x > 2/3)_{180^\circ})} = \frac{d\sigma(K^+ P \rightarrow PK^+)_{180^\circ}}{d\sigma(K^+ N \rightarrow NK^+)_{180^\circ}}, \quad /10/$$

\* Если суммарный импульс всех кварков меньше импульса адрона /10/, то средняя доля импульса, приходящаяся на один кварк, должна быть соответственно уменьшена.

$$\frac{d\sigma(K^+ P \rightarrow X_P + K^+ (x > 2/3)_{180^\circ})}{d\sigma(K^+ N \rightarrow X_P + K^0 (x > 2/3)_{180^\circ})} = \frac{d\sigma(K^+ P \rightarrow PK^+)_{180^\circ}}{d\sigma(K^+ N \rightarrow PK^0)_{180^\circ}}, \quad /11/$$

$$\frac{d\sigma(\pi^+ P \rightarrow X_P + \pi^+ (x > 2/3)_{180^\circ})}{d\sigma(\pi^- P \rightarrow X_P + \pi^- (x > 2/3)_{180^\circ})} = \frac{d\sigma(\pi^+ P \rightarrow P\pi^+)_{180^\circ}}{d\sigma(\pi^- P \rightarrow P\pi^-)_{180^\circ}}, \quad /12/$$

$$\frac{d\sigma(\pi^- P \rightarrow X_P + \pi^- (x > 2/3)_{180^\circ})}{d\sigma(\pi^- P \rightarrow X_N + \pi^0 (x > 2/3)_{180^\circ})} = \frac{d\sigma(\pi^- P \rightarrow P\pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(\pi^- P \rightarrow N\pi^0)_{180^\circ}}, \quad /13/$$

$$\frac{d\sigma(K^- P \rightarrow X_{\Sigma^+} + \pi^- (x > 2/3)_{180^\circ})}{d\sigma(K^- P \rightarrow X_{\Sigma^0} + \pi^0 (x > 2/3)_{180^\circ})} = \frac{d\sigma(K^- P \rightarrow \Sigma^+ \pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(K^- P \rightarrow \Sigma^0 \pi^0)_{180^\circ}}, \quad /14/$$

$$\frac{d\sigma(K^- N \rightarrow X_{\Sigma^0} + \pi^- (x > 2/3)_{180^\circ})}{d\sigma(K^- P \rightarrow X_{\Sigma^0} + \pi^0 (x > 2/3)_{180^\circ})} = \frac{d\sigma(K^- N \rightarrow X_{\Lambda^0} + \pi^- (x > 2/3)_{180^\circ})}{d\sigma(K^- P \rightarrow X_{\Lambda^0} + \pi^0 (x > 2/3)_{180^\circ})}$$

$$= \frac{d\sigma(K^- N \rightarrow \Sigma^0(\Lambda^0) + \pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(K^- P \rightarrow \Sigma^0(\Lambda^0) + \pi^0)_{180^\circ}} \quad /15/$$

При этом справедливость соотношений /12/-/15/ не зависит от предположения о малости вклада амплитуды с аннигиляцией пары кварк-антикварк, поскольку определяющие диаграммы в обеих частях этих уравнений должны быть одинаковыми.

Ожидаемые численные величины отношений, входящих в /10/-/15/, были приведены выше в /2/, /4/, /5/ /см. также /5' /, /7/-/9/.

При сопоставлении /10/-/15/ с экспериментом следует учитывать, что эти равенства справедливы только тогда, когда вылетающие назад мезоны не являются продуктами распада резонансов /это относится также и к соотношениям, рассматриваемым ниже/.

Поскольку соотношения /10/-/15/ справедливы для любых одинаковых /или изотопически сопряженных/ состояний  $X_B$  в сравниваемых процессах, то они должны приблизительно выполняться и для инклюзивных реакций. Отклонение от значений, даваемых /10/-/15/, обусловлено в этом случае вкладом процессов, в которых вылетающий под углом около  $180^\circ$  быстрый мезон образовался в результате распада резонанса. Можно ожидать, что вклад этих процессов в инклюзивные сечения рассматриваемых реакций невелик. Экспериментально это может быть проверено по угловому распределению вылетающих назад мезонов /в процессах неупругого мезон-барионного рассеяния назад, идущих с обменом кварками, следует ожидать существования пиков при  $180^\circ$ , аналогичных пикам в упругом рассеянии/.

Реакции типа  $M+B \rightarrow V_{0^+} + X_M$  /рис 6б/ могут быть рассмотрены сходным образом. Однако в этом случае интервал величин  $x$ , которые кинематически выделяют область, где верхняя вершина диаграммы рис. 6б аналогична соответствующей вершине для упругого мезон-барионного рассеяния на  $180^\circ$ , уже, чем в предыдущем случае, и ограничен значениями  $x$ , близкими к  $1^*$ . В этой области импульсов  $x$  для процессов  $M+B \rightarrow V_{0^+} + X_M$  должны выполняться соотношения /10' /-/15' /, соответствующие соотношениям /10/-/15/ для процессов  $M+B \rightarrow X_B + M'_{180^\circ}$ .

$$\frac{d\sigma(K^+ P \rightarrow P(x \approx 1)_{0^+} + X_{K^+})}{d\sigma(K^+ N \rightarrow N(x \approx 1)_{0^+} + X_{K^+})} = \frac{d\sigma(K^+ P \rightarrow PK^+)_{180^\circ}}{d\sigma(K^+ N \rightarrow NK^+)_{180^\circ}} \quad /10'/$$

\* В работе /11/, в которой на основе представления о парном взаимодействии кварков рассмотрены инклюзивные реакции с большой множественностью, для процессов фрагментации мезона в барион /реакция  $M \rightarrow B$  / указан интервал импульсов образовавшихся барионов, полученный при определенных предположениях:  $1/2 \leq x \leq 7/8$ . Можно условно принять, что в рассматриваемом нами случае  $x > 7/8$ .



$$\frac{d\sigma(K^+P \rightarrow P(x \approx 1)_{0^0} + X_{K^+})}{d\sigma(K^+N \rightarrow P(x \approx 1)_{0^0} + X_{K^0})} = \frac{d\sigma(K^+P \rightarrow PK^+)_{180^\circ}}{d\sigma(K^+N \rightarrow PK^0)_{180^\circ}} \quad /11'/$$

$$\frac{d\sigma(\pi^+P \rightarrow P(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^+})}{d\sigma(\pi^-P \rightarrow P(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^-})} = \frac{d\sigma(\pi^+P \rightarrow P\pi^+)_{180^\circ}}{d\sigma(\pi^-P \rightarrow P\pi^-)_{180^\circ}} \quad /12'/$$

$$\frac{d\sigma(\pi^-P \rightarrow P(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^-})}{d\sigma(\pi^-P \rightarrow N(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^0})} = \frac{d\sigma(\pi^-P \rightarrow P\pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(\pi^-P \rightarrow N\pi^0)_{180^\circ}} \quad /13'/$$

$$\frac{d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^+(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^-})}{d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^0(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^0})} = \frac{d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^+\pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^0\pi^0)_{180^\circ}} \quad /14'/$$

$$\frac{d\sigma(K^-N \rightarrow \Sigma^0(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^-})}{d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^0(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^0})} = \frac{d\sigma(K^-N \rightarrow \Lambda^0(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^-})}{d\sigma(K^-P \rightarrow \Lambda^0(x \approx 1)_{0^0} + X_{\pi^0})} = \frac{d\sigma(K^-N \rightarrow \Sigma^0(\Lambda^0) + \pi^-)_{180^\circ}}{d\sigma(K^-P \rightarrow \Sigma^0(\Lambda^0) + \pi^0)_{180^\circ}} \quad /15'/$$

Равенства /10'/-/12'/ должны также приближенно выполняться для инклюзивных реакций. Поскольку правые части соотношений /10'/-/15'/ и /10'/-/15'/ соответственно равны, то равны и их левые части, т.е. должны быть равны отношения сечений соответствующих неупругих мезон-барнионных реакций с вылетом вперед барниона и с вылетом назад мезона.

На основе представления о в.о.к. могут быть рассмотрены и реакции  $V+B \rightarrow M_{0^0} + X_{VB}$  /рис. 7/ или  $V+B \rightarrow \Lambda_{VB} + M_{180^\circ}$ , где кварк-спектатор из барниона пере-

ходим в образуемый мезон. В этих реакциях процессам, соответствующим рассмотренному выше процессу рассеяния на  $180^\circ$  антикварка на двух кварках, будут соответствовать события, когда антикварку, вылетающему вперед /или, соответственно, назад/, передан импульс больший, чем импульс одного кварка барниона.

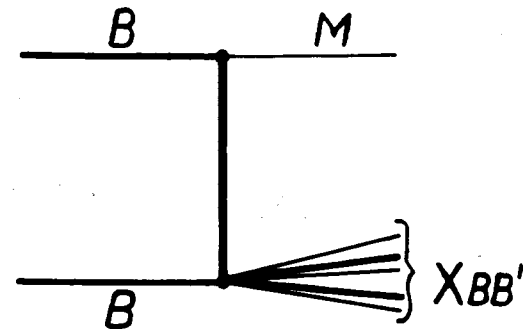


Рис. 7. Реакция  $V+B \rightarrow M_{0^0} + X_{(VB)}$

Кинематически эти события выделяются тогда, когда импульс вылетающего вперед /назад/ мезона  $x > \frac{2}{3}$  \*.

В этой области импульсов мезона, если происходит взаимный обмен кварками, должны выполняться соотношения, сходные с соотношениями для мезон-барнионного рассеяния назад, например:

$$\frac{d\sigma(PP \rightarrow \pi^+(x > 2/3)_{0^0} + X_{PN})}{d\sigma(PP \rightarrow \pi^-(x > 2/3)_{0^0} + X_{P\Delta^+})} = 4 \quad /16/$$

\* С точки зрения кварковой модели здесь должен иметь место "кумулятивный эффект", аналогичный кумулятивному эффекту при взаимодействии ядер, когда образующейся частице /например, пиону/ передается импульс, больший импульса отдельных нуклонов налетающего ядра /12/.

$$\frac{d\sigma(\text{PP} \rightarrow \text{K}^+(x > 2/3)_0^0 + \text{X}(\pi\gamma)^+)}{d\sigma(\text{PP} \rightarrow \text{K}^0(x > 2/3)_0^0 + \text{X}(\pi\gamma)^{++})} = 4. \quad /17/$$

Для аналогичных процессов в NP-взаимодействиях отношения /16/ и /17/ должны быть справедливы тогда, когда быстрый мезон вылетает в направлении движения протона; если же быстрый мезон вылетает в направлении движения нейтрона, то величины отношений должны меняться на обратные /1/4 вместо 4/. Обратными должны быть в этих двух случаях и отношения для сечений соответствующих инклюзивных реакций.

Приношу искреннюю благодарность В.В.Анисовичу, Ю.В.Галактионову, А.С.Кобушкину, Е.М.Левину, В.Л.Любошицу, М.И.Подгорецкому, В.П.Шелесту и В.М.Шехтеру за полезные обсуждения.

#### Литература

1. А.Л.Любимов. Письма ЖЭТФ, 4, 493 /1966/.
2. M.Gell-Mann. Phys.Letters. 8, 214 (1964).  
G.Zweig. CERN Report, 8419/TH412 (1964).
3. M.Gell-Mann. Preprint CERN TH.1543 (1972).
4. М.У.Нан, У.Намбу. Phys.Rev., 139, В1006 (1965).
5. Н.Н.Боголюбов и др. Препринт ОИЯИ, Р-2141, Дубна, /1965/.
6. В.Н.Грибов, Л.Б.Окунь, И.Я.Померанчук. ЖЭТФ, 45, 114 /1963/.
7. D.P.Owen et al. Phys.Rev., 181, 1794 (1969).
8. M.Kawaguchi, Y.Sumi, H.Yokomi. Progr. Theor. Phys., 38, 1178, 1183 (1967); Phys.Rev., 168, 1556 (1968).
9. А.П.Кобушкин, В.П.Шелест. ЭЧАЯ, 3, вып. 3 /1972/.
10. R.P.Feynman. International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, Philadelphia, April 1974.
11. V.V.Anisovich, V.M.Shekhter. Nucl. Phys., B55, 455 (1973).
12. А.М.Балдин и др. Ядерная физика, 18, 79 /1973/.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 февраля 1975 года.