

Акопову Н. З.
Настоящему физики
с уважением
(и любовью)
[Signature]

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ГРИГОРЯН
АРА АРТЕМОВИЧ

СТРУКТУРА ВЫЧЕТОВ ПОЛОСОВ РЕДЖЕ В
МУЛЬТИПЕРИФЕРИЧЕСКОМ И ДИСПЕРСИОННОМ
ПОДХОДАХ

(01.04.02 - теоретическая и математическая физика)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических
наук

Ереван - 1978

Работа выполнена в Ереванском физическом институте

Научные руководители: доктор физико-математических наук
А.Ц.Аматуни (ЕрФИ)

кандидат физико-математических наук
А.Б.Кайдалов (ИТЭФ)

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор С.Г.Матинян (ЕрФИ)

доктор физико-математических наук
Е.М.Левин (ЛИЯФ АН СССР)

Ведущее предприятие: Институт физики высоких энергий

Защита состоится "27" февраля 1979 г. на
заседании специализированного совета Д.034.01.03 по присужде-
нию ученой степени доктора физико-математических наук при
Ереванском физическом институте (375036, г.Ереван, ул.Маркаряна
2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕрФИ

Автореферат разослан " ____ " _____ 1979 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат физ.-мат.наук

В.А.Шахбазян
В.А.ШАХБАЗЯН

Общая характеристика работы. Диссертация посвящена теоретическому исследованию структуры вычетов полюсов Редже ($P, f, g, A_2, \mathcal{P}, \dots$) в рамках мультипериферического подхода и на основе дисперсионных правил сумм для амплитуд рассеяния реджеонов на частицах.

Актуальность проблемы. Метод комплексных моментов плодотворно используется при изучении сильных взаимодействий частиц. В рамках реджеонной теории удается проклассифицировать и количественно описать свойства как малочастичных, так и многочастичных процессов: энергетическое поведение сечений, распределения по различным кинематическим переменным, поляризационные явления, фейнмановский скейлинг, логарифмический рост множественности и т.д. Важным свойством реджевских полюсов является их связь со спектром частиц и резонансов. Известные траектории хорошо аппроксимируются прямыми линиями, и частицы и резонансы группируются по семействам, лежащим на разных траекториях.

Однако существенным недостатком теории комплексных моментов является то, что она не предсказывает ни положение траекторий Редже в j -плоскости, ни вычеты траекторий. Известные параметры, характеризующие траектории и структуру их вычетов, обычно определяются при феноменологическом анализе экспериментальных данных. В связи с этим теоретическое вычисление параметров реджевской схемы, в частности, структуры вершин связи реджеонов с частицами, представляет большой практический и теоретический интерес.

Цели и задачи работы формулируются следующим образом.

1. Описание инклюзивных спектров нуклонов и Δ -изобари в NN - и πN -столкновениях в модели реджезованного однопионного обмена (OPER) (Боресков, Кайдалов, Пономарев; 1972-1973).
2. Вычисление в модели OPER амплитуд упругого πN -рассеяния при высоких энергиях, основанное на использовании условия унитарности, которое насыщается при высоких энергиях главным образом вкладами процессов инклюзивного рождения нуклонов и Δ -изобари. Исследование спиновой структуры вычетов полюсов P , f и ρ , дающих вклад в πN -рассеяние.
3. Развитие метода, позволяющего выделять сверхсходящиеся правила сумм (СПС) из амплитуд рассеяния реджеонов на частицах ($\alpha\alpha$ -амплитуды) с произвольными спинами.
4. Применение этого метода к исследованию спиновой структуры вершин связи реджеонов, имеющих изоспины $I = 1$ (ρ , A_2, π, \dots), с барионами $N(938)$ и $\Delta(1232)$.
5. Исследование свойств экзотического барионного резонанса E_{55} (с изоспином $5/2$, спином $5/2$ и положительной четностью), предсказываемого из правил сумм для $\alpha\alpha$ -амплитуд.

Научная новизна и значимость проведенной работы. Показано, что в рамках мультипериферической модели можно получить правительные предсказания для амплитуд упругого πN -рассеяния при высоких энергиях (а также спиновой структуры вычетов полюсов Редже P , f и ρ , дающих вклад в этот процесс), опираясь на экспериментальные данные по инклюзивному рождению нуклонов и Δ -изобари.

Правила сумм для амплитуд рассеяния реджеонов на частицах

обобщены на случай произвольных спинов частиц.

Найден общий метод построения СПС в случае произвольных спинов. Показано, что СПС позволяют однозначным образом определить спиральную структуру различных вершин связи реджеонов с частицами.

Предсказано существование в системе $\Delta\pi$ экзотического барионного резонанса E_{55} с изоспином $I_E = 5/2$, спином $S_E = 5/2$ и положительной четностью. Исследованы ожидаемые свойства E_{55} -резонанса: структура вершин $\alpha\alpha_j E_{55}$ ($\alpha = \Delta, E_{55}, \alpha_j$ - реджеоны ρ, A_2, π), ширина распада $E_{55} \rightarrow \Delta + \pi$.

Практическая полезность. Результаты, полученные в диссертации могут быть использованы при исследованиях в области физики сильных взаимодействий.

Разработанная методика построения сверхсходящихся правил сумм предназначена для исследования взаимодействия реджеонов с частицами. На основе СПС могут быть найдены соотношения между самыми разнообразными спиральными вычетами реджеонов. Эти соотношения представляют интерес для описания существующих экспериментальных данных по бинарным процессам при высоких энергиях и с точки зрения предсказания результатов выполняемых в настоящее время или планируемых экспериментов.

Теоретические значения вычетов $G_{\lambda\Delta\lambda E}^{\Delta\alpha_j E}$ и $G_{\lambda N\lambda\Delta}^{N\alpha_j\Delta}$ позволяют предсказать ожидаемые сечения рождения и угловые распределения продуктов распада резонанса E_{55} . Эти предсказания могут лечь в основу экспериментов по

поиску барионных резонансов с $I = 5/2$, проводимых в ЛВЭ ОИЯИ и планируемых в ИТЭФ.

Успешное описание в модели OPER экспериментальных данных по процессу $\pi p \rightarrow \Delta X$ приводит к важному с практической точки зрения выводу - возможности извлечения из этих экспериментальных данных уникальной информации о $\pi\pi$ -взаимодействии.

Апробация работы. Результаты, полученные в диссертации, докладывались на сессиях ОЯФ АН СССР, семинарах ЕрИМ, ИТЭФ, ИФВЭ, ОИЯИ в течение 1975-1978 г.г. Основные положения диссертации опубликованы в работах [1-7].

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, двух частей, объединяющих шесть глав, заключения и 3-х приложений. Диссертация содержит 143 страницы, 35 рисунков и 7 таблиц. Библиография включает 133 наименования.

II. Краткое содержание диссертации. Во Введении дается обзор теоретических моделей, в которых исследовались параметры теории комплексных моментов, и кратко излагается содержание диссертации.

Первая часть диссертации, объединяющая три главы, посвящена мультипериферическому подходу к исследованию структуры вычетов полюсов Редже. Вычисляются спиновые амплитуды упругого $\pi N \rightarrow \pi N$ -рассеяния при высоких энергиях. Основными процессами, ответственными за упругое $\pi N \rightarrow \pi N$ -рассеяние при высоких энергиях, являются процессы инклюзивного

рождения нуклонов и Δ -изобар. При вычислениях используется модель OPER и формфакторы, описывающие сход π -мезона с массовой поверхностью, определяются из анализа экспериментальных данных по инклюзивному рождению нуклонов и Δ -изобар.

Поскольку инклюзивное образование нуклонов и Δ -изобары представляет самостоятельный интерес, в I и II главах диссертации исследуются эти процессы.

В первой главе проводится сравнение экспериментальных данных по инклюзивным спектрам быстрых нейтронов в pp -столкновениях и спектрам медленных протонов в pn -столкновениях (спектры инклюзивных нуклонных перезарядок) с предсказаниями модели OPER.

§ I носит вводный характер и посвящен обоснованию модели OPER.

В § 2 модель OPER формулируется в применении к спектрам инклюзивных нуклонных перезарядок.

В § 3 исследуется энергетическая зависимость и форма инклюзивных спектров в $pp \rightarrow nX$ и $pn \rightarrow pX$ при фиксированных t (квадрат переданного импульса) и p_{\perp} (поперечный импульс). Результаты теоретических вычислений сравниваются с экспериментальными данными.

К настоящему времени на встречных кольцах ISR проведены два различных измерения по спектрам нейтронов: i) распределений по скейлинговой переменной X при ненулевых фиксированных поперечных импульсах ($p_{\perp} = 0.2 + 0.8$) (1975г.), которые противоречат теоретическим предсказаниям и измерениям FNAL и ii) распределений по X при $p_{\perp} = 0$ (1976г.), находящихся в согласии с моделью OPER.

§ 4 посвящен анализу этих спектров. На основе инклюзивных правил сумм для энергии показывается, что данные по спектрам нейтронов ISR при $p_1 \neq 0$ противоречат данным по спектрам других частиц (p , π , K , Λ ...), измеренным также на ISR.

При описании инклюзивных спектров большой интерес представляет определение вкладов трехреджеонных вершин в эти спектры.

В § 5, на основе модели OPER, исследуются области применимости описания спектров перезарядок с помощью вершин $\pi\pi P$ и $\rho\rho P$. Оказывается, что для $\rho\rho P$ -вершины эта область очень узка ($x \approx 0.96$), в то время, как $\pi\pi P$ -асимптотика справедлива при $x \approx 0.8$. Анализируются причины этого явления.

Вторая глава диссертации посвящена описанию спектров Δ -изобар в pp - и πp -столкновениях.

В § 1 модель OPER формулируется в применении к инклюзивному рождению Δ -изобар.

В § 2 предсказания модели сравниваются с экспериментальными распределениями Δ -изобар по переменным x , p_1 и t .

Успешное описание большинства экспериментальных данных по инклюзивным спектрам нуклонов и Δ -изобар свидетельствует о правильном выборе формфакторов, описывающих сход π -мезона с массовой поверхности.

В третьей главе OPER-модель с формфакторами, найденными в главах I и II, используется для вычисления спиновых амплитуд $\pi N \rightarrow \pi N$ - рассеяния при высоких энергиях.

§ 1 третьей главы носит вводно-обзорный характер.

§ 2 посвящен формулировке модели. Приводятся параметризация амплитуды $\pi\pi$ - рассеяния, выражения для вкладов нуклона и Δ -изобары в инвариантные амплитуды $\pi N \rightarrow \pi N$ - рассеяния и для амплитуд с определенным t -канальным изоспином.

В § 3 результаты расчетов сравниваются с данными поляризационных экспериментов при 40 и 45 Гэв в реакциях $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ p$ и $\pi^- p \rightarrow \pi^- p$. Полученное качественное согласие с экспериментом можно рассматривать как указание на то, что мультипериферический подход правильно воспроизводит спиновую структуру вычетов полюсов Редже P , f и ρ , дающих вклад в πN -рассеяние.

Следующие три главы диссертации, составляющие вторую часть, посвящены дисперсионным правилам сумм для $\alpha\alpha$ -амплитуд и их применению к исследованию спиновой структуры вершин связи реджеонов с изоспинами $I = I$ с барионами.

В четвертой главе исследуются общие свойства правил сумм для $\alpha\alpha$ -амплитуд.

В § 1 рассматриваются свойства $\alpha\alpha$ -амплитуд, не связанные со спинами частиц. Оказывается, что в тех случаях, когда по крайней мере один из реджеонов имеет изоспин $I = 0$, соответствующие правила сумм являются свержходящимися. Для

реджеонов с $I \neq 0$ возникают взаимосвязанные системы правил сумм при конечной массе. Обсуждается алгебраическая структура правил сумм.

В § 2 развивается формализм, позволяющий учитывать спины внешних частиц. Весьма удобным оказывается использование спиральных амплитуд в системе бесконечного импульса (СБИ). Приводятся выражения, описывающие вклад резонансов с произвольными спинами в правила сумм для спиральных амплитуд $\alpha\Delta$ -рассеяния.

В § 3 показывается, что наряду с СПС, которые имеют место, когда $\alpha_e - \alpha_i - \alpha_k < -1$ (α_i и α_k - рассеиваемые траектории, α_e - самая правая в j -плоскости особенность с данными квантовыми числами в t -канале), при рассеянии реджеонов на частицах с отличными от нуля спинами возникают дополнительные СПС, которые справедливы, если $\alpha_e - \alpha_i - \alpha_k - n < -1$ ($n = 1, 2, \dots$). Формулируются рецепты построения СПС обоих типов для амплитуд с произвольными спинами.

В пятой главе СПС, сформулированные в IV главе, применяются к случаю рассеяния реджеонов с изоспинами $I = I$ (ρ, A_2, π, B, \dots) на барионах N и Δ (реакции $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k N$ и $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k \Delta$).

В § 1 обсуждается механизм насыщения правил сумм.

В § 2 подробно анализируется асимптотическое поведение различных кроссинг-антисимметричных правил сумм в системе из двух реджеонов α_i, α_k с $I_{i,k} = I$, т.е. определяется положение самой правой в j -плоскости сингуляр-

ности α_e с данными квантовыми числами f -канала.

В § 3 приводятся уравнения для спиральных вычетов

$G_{\lambda_a \lambda_b}^{\alpha_i \alpha_j \Delta}$ ($a, b = N, \Delta$), следующие из СПС для реакций $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k N$ и $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k \Delta$ при насыщении их вкладом нуклона и Δ -изобары.

В § 4 исследуется решение этой системы уравнений. Оказывается, что система уравнений самосогласована и имеет решение в пределе $(M_\Delta - M_N)/(M_\Delta + M_N) \rightarrow 0$. Учет отличия масс M_Δ и M_N с необходимостью требует введения более высоколежащих резонансов. Решение имеет следующий вид

$$G_{\lambda_a \lambda_b}^{\alpha_i \alpha_j \Delta} = 0 \quad \text{при} \quad \lambda_a = \lambda_b \quad (j = \rho, A_2, \pi, B)$$

$$G_{\lambda_a \lambda_{a \pm 1}}^{\alpha_i \alpha_j \Delta} = (\mp)^{\frac{P_j - 1}{2}} G_{\lambda_a \lambda_{a \pm 1}}^{\alpha_i \alpha_j \Delta} \quad (j = A_2, \pi)$$

$$G_{\gamma_2 \gamma_2}^{i \Delta \alpha_j \Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{2}}, \quad G_{\gamma_2 \gamma_2}^{i \Delta \alpha_j \Delta} = \sqrt{3} G_{\gamma_2 \gamma_2}^{i \Delta \alpha_j \Delta};$$

$$G_{\gamma_2 \gamma_2}^{i \Delta \alpha_j \Delta} = -2\sqrt{\frac{2}{3}}, \quad G_{\gamma_2 \gamma_2}^{i \Delta \alpha_j \Delta} = -\frac{\sqrt{3}}{2} G_{\gamma_2 \gamma_2}^{i \Delta \alpha_j \Delta}$$

где σ_j и P_j - сигнатура и P - четность реджеона j ,

$$G_{\lambda_a \lambda_b}^{\alpha_i \alpha_j \Delta} \equiv G_{\lambda_a \lambda_b}^{\alpha_i \alpha_j \Delta} / G_{\gamma_2 \gamma_2}^{N \alpha_j N}$$

В случае рассеяния низколежащих траекторий с $\alpha(0) < 0$ (B, A_1, \dots) число СПС оказывается недостаточным для определения вычетов этих траекторий.

В § 5 предсказания для вычетов сравниваются с экспериментальными данными и с предсказаниями других моделей. При высоких

энергиях следствиями соотношений между спиральными вычетами

$G_{\lambda_N \lambda_\Delta}^{i N \alpha_j \Delta}$ ($j = \rho, A_2$) являются следующие соотношения между дифференциальными сечениями

$$\frac{d\sigma}{dt}(\pi^+ p \rightarrow \pi^0 \Delta^+) = \frac{3}{2} \frac{d\sigma}{dt}(\pi^- p \rightarrow \pi^0 n)$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(\pi^+ p \rightarrow \eta \Delta^+) = \frac{3}{2} \frac{d\sigma}{dt}(\pi^- p \rightarrow \eta n)$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(K^+ p \rightarrow K^0 \Delta^+) = \frac{3}{2} \frac{d\sigma}{dt}(K^- p \rightarrow \bar{K}^0 n)$$

Эти соотношения хорошо согласуются с экспериментальными данными.

В шестой главе исследуется возможность существования в системе $\Delta \mathcal{N}$ экзотического резонансного состояния с изоспином $I = 5/2$.

При насыщении правил сумм для $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k \Delta$ -рассеяния оказывается, что они не могут быть удовлетворены вкладами лишь N и Δ -состояний. Существенное отличие этой реакции от $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k N$ и $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k \Delta$ состоит в том, что в ней возможно $S(\nu)$ -канальное состояние с изоспином

$I = 5/2$, и можно насытить СПС, если предположить существование экзотического резонанса с $I = 5/2 - E_{55}$. Более того, использование дуальности и условия самосогласованности приводит к необходимости существования резонансов с изоспином $5/2$.

Если рассмотреть теперь СПС для реакций $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k \Delta$,

$\alpha_i N \rightarrow \alpha_k E_{55}$ и $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k E_{55}$ и насытить $S(\nu)$ -канальные состояния с $I = 1/2, 3/2$ и $5/2$ вкладами нуклона, Δ и E_{55} , то получается переопределенная система уравнений для спиральных вычетов $G_{\lambda_\alpha \lambda_E}^{\alpha_i \alpha_j E_{55}}$ ($\alpha = \Delta, E_{55}$; $j = \rho, A_2, \mathcal{N}$), которая имеет решение. Исследование этого решения показывает, что спин E_{55} также равен $5/2$, а четность положительна.

В § I шестой главы анализируется $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k \Delta$ -рассеяние. Приводятся соображения, основанные на гипотезе дуальности, в пользу существования резонансов с $I = 5/2$.

В § 2 и § 3 рассматриваются уравнения для спиральных вычетов $G_{\lambda_\alpha \lambda_E}^{\alpha_i \alpha_j E_{55}}$, следующие из СПС. Показывается, что спин E_{55} равен $5/2$, четность положительна, и решение системы уравнений (т.е. соотношения между различными спиральными вычетами $G_{\lambda_\alpha \lambda_E}^{\alpha_i \alpha_j E_{55}}$) имеет физический смысл.

В § 4 обсуждаются ожидаемые свойства E_{55} . Приводится выражение, связывающее ширину распада $E_{55} \rightarrow \Delta + \mathcal{N}$ с шириной распада $\Delta \rightarrow N + \mathcal{N}$

$$\Gamma_{E_{55}} = \frac{4}{3} \left(\frac{K^*}{K}\right)^3 \Gamma_\Delta$$

где K^* и K -импульсы в распаде E_{55} и Δ соответственно.

Отмечается, что наиболее благоприятным процессом для экспериментального наблюдения E_{55} является рассеяние назад в реакции $\pi^+ p \rightarrow E_{55}^{++} \pi^-$

В Приложении I прослеживается связь между инвариантным и спиральным формализмами в СБИ. Приводятся некоторые инвари-

антные формы для случая рассеяния реджеонов на нуклонах и их проекции на спиральные состояния.

В Приложении 2 исследуется изоспиновая зависимость правил сумм. Показывается как выделять из кроссинг-антисимметричных правил сумм части, находящиеся в определенном изоспиновом состоянии I, t - канала.

В Приложении 3, на основе инвариантного выражения для вершины $a\bar{b}$, где a и b - частицы с произвольными полудельными спинами, показывается, что связи между спиральными вычетами, следующие из СПС, позволяют однозначным образом фиксировать соотношения между спинами и четностями частиц a и b .

В Заключении кратко изложены основные результаты, полученные в диссертации.

III. Основные результаты работы. I. Показано, что модель реджеонованного однопионного обмена OPER объясняет экспериментальные данные по спектрам нуклонов в процессах $pp \rightarrow nX$, $pn \rightarrow pX$ и спектрам Δ -изобар в pp - и πp -столкновениях. OPER - модель количественно описывает энергетическую зависимость спектров, распределения по X (при $X > 0.4$), p_1 и t .

2. На основе модели OPER проведено исследование границ кинематической области, в которой справедливо трехреджеонное описание инклюзивных спектров.

3. Вычислены спиральные амплитуды упругого πN -рассеяния при высоких энергиях. Результаты вычислений находятся в качественном согласии с поляризационными экспериментальными

данными. Показано, что мультипериферический подход правильно воспроизводит спиральную структуру вычетов полюсов Редже ρ и φ , дающих вклад в πN - рассеяние.

4. Исследованы некоторые общие свойства дисперсионных правил сумм для αa -амплитуд. Для рассеяния высоколежащих траекторий α_i, α_k с $\alpha_{i,k}(0) \geq 0.5$ показано, что если хотя бы один из реджеонов имеет нулевой изоспин, то соответствующие кроссинг-антисимметричные правила сумм являются сверхсходящимися.

Предложена алгебраическая форма записи правил сумм для αa -амплитуд.

5. Для учета спинов частиц в правилах сумм предложен формализм спиральных амплитуд в СБИ. Получено выражение для вклада резонансов в правила сумм в произвольном спиновом случае.

6. Найден общий метод выделения сверхсходящихся кроссинг-антисимметричных правил сумм в случае произвольных спинов.

7. СПС применены к процессам $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k N$ и $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k \Delta$, где α_i и α_k - реджеоны с изоспинами $I_{i,k} = 1$. Показано, что система уравнений для спиральных вычетов $G_{\lambda_a \lambda_b}^{a \alpha_j b}$ ($a, b = N, \Delta$; $j = \varphi, A_2, \pi$) следующая из правил сумм при насыщении их N и Δ -состояниями, имеет единственное решение, которое хорошо согласуется с экспериментом.

8. Показано, что из правил сумм для реакции $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k \Delta$ следует существование в системе $\Delta \pi$ барионного резонанса с изоспином $I = 5/2 - E_{55}$.

9. Показано, что предположив существование E_{55} , можно

насытить все сверхсходящиеся правила сумм, следующие из реакций $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k \Delta$, $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k E_{55}$ и $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k E_{55}$, учитывая лишь вклады N , Δ и E_{55} .

10. Исследованы свойства резонанса E_{55} . Показано, что спин E_{55} равен $5/2$, а четность положительна. Из СПС для реакций $\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k \Delta$, $\alpha_i N \rightarrow \alpha_k E_{55}$ и

$\alpha_i \Delta \rightarrow \alpha_k E_{55}$ найдены спиральные переходы в вершинах $\Delta \alpha_j E_{55}$ и $E_{55} \alpha_j E_{55}$ ($j = \rho, A_2, \pi$)
 Получено выражение, связывающее ширину распада $E_{55} \rightarrow \Delta + \pi$ с шириной распада $\Delta \rightarrow N + \pi$. Указаны возможности экспериментального обнаружения E_{55} - резонанса.

IV. Публикации

1. Боресков К.Г., Григорян А.А., Кайдалов А.Б. Перезарядка нуклонов в инклюзивных реакциях и модель реджеонованного однопионного обмена. "ЯФ", 1976, т.24, вып.4, с.789-800.
2. Григорян А.А. Инклюзивные правила сумм и спектры нейтронов **ISR**. Препринт ИТЭФ-112, 1975
3. Григорян А.А. Спектры нейтронов, измеренные на **ISR** при нулевом угле, и модель OPER. Препринт ИТЭФ-113, 1977
4. Динамика спин-флипа и инклюзивные процессы. - "ЯФ", 1978, т.27, вып.3, с.813-825. Авт. К.Г.Боресков, А.А.Григорян, А.Б.Кайдалов, И.И.Левинтов
5. Grigoryan A.A., Kaidalov A.B. Dispersion sum rules for reggeon-particle scattering. - Nucl. Phys., 1978, v.8135, N1, p.93-110
6. Григорян А.А., Кайдалов А.Б. Сверхсходящиеся дисперсионные соотношения для амплитуд рассеяния реджеонов на частицах и структура вершин взаимодействия $I = I$ реджеонов с барионами. Препринт ИТЭФ-95, 1978
7. Григорян А.А., Кайдалов А.Б. О возможности существования экзотических барионных резонансов с изоспинами $I \geq 5/2$ - "Письма в ЖЭТФ", 1978, т.28, вып.5, с.318-322.