

Э - 74



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

4 - 9728

ЭРАМЖЯН  
Рудольф Амаякович

СЛАБЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В АТОМНЫХ ЯДРАХ  
ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра  
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1976

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики  
Объединенного института ядерных исследований

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

Г.М.Вагралов,

академик АН СССР профессор

Б.М.Понтекорво,

доктор физико-математических наук

Ю.Ф.Смирнов.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

Автореферат разослан "        " \_\_\_\_\_ 1976 г.  
Защита диссертации состоится "        " \_\_\_\_\_ 1976 г.  
на заседании Специализированного совета Д-56/1 Лаборатории  
теоретической физики Объединенного института ядерных исследо-  
ваний, г.Дубна, Московской области.

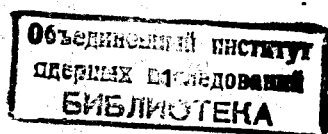
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Объединенного института ядерных исследований.

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук

Р.А.АСАНОВ

Установление роли слабого взаимодействия в ядерной физике является предметом многочисленных теоретических и экспериментальных исследований с самого момента его открытия. Исследования процессов взаимодействия отрицательных мюонов с атомными ядрами и процессов рассеяния нейтрино на атомных ядрах представляют собой одно из актуальных направлений в обширной программе изучения слабого взаимодействия лептонов с адронами. Экспериментальная программа таких исследований в настоящее время осуществляется в ряде ведущих лабораторий мира и составляет одно из звеньев более общей программы исследований взаимодействия частиц промежуточных и высоких энергий с атомными ядрами, включающей, помимо мю-захвата, процессы возбуждения ядер при рассеянии частиц с энергией в сотни МэВ, перезарядку нуклонов и пи-мезонов, радиационный захват и фоторождение пи-мезонов и т.д. Все эти процессы находятся на стыке физики элементарных частиц и физики атомного ядра и используются для проверки как различных ядерных моделей и теорий взаимодействия элементарных частиц с атомными ядрами, так и фундаментальных гипотез из физики элементарных частиц, лежащих в основе представлений об этих процессах.

В диссертации подведены итоги исследований, выполненных автором в период 1962 - 1975 годов и посвященных разработке теории взаимодействия остановившихся отрицательных мюонов с атомными ядрами, а также некоторым вопросам теории взаимодейст-



вия нейтрино с атомными ядрами в схеме нейтрального слабого тока.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и приложения. Круг проблем, исследованных в диссертации, условно можно разделить на две части. Первая, относящаяся к физике элементарных частиц, связана с проверкой фундаментальных гипотез, положенных в основу построения теории слабых взаимодействий. Вторая, чисто ядерная часть, связана с общими вопросами возбуждения и распада ядер в процессах, идущих при промежуточных энергиях.

В первой главе диссертации кратко обсуждаются общие положения теории слабых взаимодействий как в схеме с заряженными, так и в схеме с нейтральными токами. Отмечено, что все гипотезы о слабом лептон-адронном взаимодействии отражены в эффективном гамильтониане процесса. Таким образом, принципиальный вопрос о правильности фундаментальных положений теории слабых взаимодействий сводится к конкретному вопросу о численных значениях констант взаимодействия.

Во второй главе изложены результаты исследований переходов в легких ядрах при захвате мюонов и рассеянии нейтрино атомными ядрами /I - I3/. Общая теория парциальных переходов в процессах мю-захвата и нейтринного возбуждения атомных ядер изложена в приложении /I-3, II/.

Одних экспериментальных данных по захвату мюонов свободными протонами недостаточно для проверки всех положений теории слабых взаимодействий. Неизбежно привлечение дополнительной информации, связанной с процессами с участием атомных ядер. Этим целям отвечает лишь ограниченное число переходов; в первую очередь, это переходы в малонуклонных системах. Особый интерес представля-

ет процесс захвата мюонов дейтроном, который детально рассмотрен в диссертации. <sup>[4.4]</sup> Использование реалистических потенциалов нуклон-нуклонного взаимодействия в случае двухнуклонной системы позволяет учесть все основные элементы, необходимые для получения прецизионного результата. Совместный теоретический анализ скоростей захвата мюонов из синглетного состояния мезоводорода, орто-состояния мезомолекулярного иона водорода и дублетного состояния мезодейтерия позволяет установить область совместных значений аксиально-векторной и псевдоскалярной константы связи при фиксированных значениях всех остальных. В частности, если зафиксировать одну из них и положить равной  $g_p/g_v(0) = -2,0$ , тогда при  $G G_0 \theta_c = 1,41 \cdot 10^{-49}$  эрг.см<sup>3</sup> и  $M_A^2 = 0,79$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>

$$-1,245 \geq g_A(0)/g_v(0) \geq -1,260$$

или же, если зафиксировать аксиально-векторную константу и положить ее равной  $g_A(0)/g_v(0) = -1,24$ , тогда

$$-7,5 \geq g_p/g_v(0) \geq -8,5$$

что, в целом, находится в очень хорошем согласии с общей теорией слабых взаимодействий. Однако анализ только полных скоростей захвата не позволяет решить проблему определения констант взаимодействия полностью. Необходим новый класс экспериментов, в которых исследовалось бы отношение скоростей захвата из двух состояний сверхтонкой структуры или мезоводорода, или мезодейтерия. В этом случае удастся четко зафиксировать константу индуцированного псевдоскалярного взаимодействия.

Ограниченность информации, извлекаемой из данных по зах-

вату мюонов водородом и дейтерием, приводит к необходимости привлекать данные по захвату мюонов сложными ядрами. При анализе переходов в атомных ядрах возникает необходимость использовать модельные волновые функции для расчета ядерных матричных элементов. И это является главной причиной беспокойств при таком анализе. Модели приближенны, они содержат то или иное число параметров, значения которых подбираются так, чтобы объяснить определенный круг экспериментальных данных. Эксперименты по изучению спектров возбуждения атомных ядер, определению магнитных моментов, скоростей бета-переходов, вероятностей испускания гамма-квантов и т.д. определяют опорные данные, которые используются затем для проверки расчетов парциальных переходов в мюон-захвате. Детальный анализ разрешенных переходов в легких ядрах позволил выделить лишь ограниченное число таковых, реально представляющих интерес. И только те характеристики переходов, в которых ядерная структура проявляется в виде отношения ядерных матричных элементов, наиболее полно отвечают задаче определения констант взаимодействия. В таком случае удается с наибольшей точностью учесть влияние ядерной структуры и рассчитать с высокой степенью точности зависимость характеристик процесса от констант мюон-нуклонного взаимодействия. Это прежде всего поляризация ядра отдачи в процессе  $I^2C(\mu, \nu)$   $I^2B$ , а также отношение скоростей захвата из состояний сверхтонкой структуры в процессах  $I^0_{Be}(\mu, \nu)$   $I^0_B(2^+)_2$  и  $I^4_N(\mu, \nu)$   $I^4_C(2^+)_I$ . Программа использования этих процессов детально обсуждается в диссертации. Центр тяжести проблемы определения констант мюон-нуклонного взаимо-

действия практически перенесен в область экспериментальных исследований.

Существующая точность экспериментальных данных позволяет пока констатировать, что резких противоречий между теорией и экспериментом не наблюдается, что свидетельствует о справедливости, в целом, гипотез, положенных в основу описания лептон-адронного слабого взаимодействия.

Открытие слабых нейтральных токов со всей остротой поставило на повестку дня вопрос об установлении природы этого нового взаимодействия. Различные модели нейтральных токов предсказывают существенно разные соотношения между различными компонентами тока. В наиболее популярной модели Салама-Уорда-Вайнберга соотношения между различными компонентами тока определяются через так называемый угол Вайнберга. В этой модели изоскалярная гамма-теллеровская компонента тока полностью отсутствует:

$$\begin{aligned} f_F^{(0)} &= -2 \sin^2 \theta_w, & f_F^{(1)} &= 1 - 2 \sin^2 \theta_w, \\ f_{GT}^{(0)} &= 0, & f_{GT}^{(1)} &= g_A, \\ f_M^{(0)} &= (\mu_p + \mu_n) f_F^{(0)}, & f_M^{(1)} &= (\mu_p - \mu_n) f_F^{(1)}. \end{aligned}$$

В ряде других моделей вклад изоскалярной гамма-теллеровской компоненты оказывается отличным от нуля.

Тот факт, что уровни атомных ядер обладают определенной четностью, моментом и изоспином, дает уникальную возможность использовать атомные ядра как селектор амплитуд и, благодаря дей-

ствии различных правил отбора, выделить вклад определенных компонент взаимодействия.

Идея об использовании переходов в атомных ядрах с целью обнаружения нейтральных токов была высказана давно<sup>13/</sup>, однако практического воплощения она не получила. Одна из основных причин связана с малостью сечения при энергиях нейтрино, образующихся в реакторах. Пуск мезонных фабрик позволяет по-новому подойти к проблеме определения структуры нейтрального тока на основе нового класса экспериментов, реализация которых в случае реакторных нейтрино была невозможна. Мезонные фабрики позволяют перейти к более высоким возбуждениям ядерной системы. В таком случае открывается возможность использования переходов в четно-четных легких ядрах. Полный момент и изоспин основного состояния четно-четного ядра равны нулю. Отсюда непосредственно следует, что изучение парциальных переходов<sup>13/</sup>

$$\begin{aligned} J^{\pi}, T = 0^{+}0 &\rightarrow 1^{+}1 \quad (\text{изовекторный гамов-теллеровский}), \\ 0^{+}0 &\rightarrow 0^{+}1 \quad (\text{изовекторный фермиевский}) \\ 0^{+}0 &\begin{cases} \rightarrow 1^{+}0 \quad (\text{изоскалярный гамов-теллеровский, а} \\ \rightarrow 0^{-}0 \quad \text{также } J^{\pi}, T = 1^{+}0 \rightarrow 2^{+}0), \\ \rightarrow 0^{+}0 \quad (\text{изоскалярный фермиевский}) \end{cases} \end{aligned}$$

в принципе полностью решают проблему определения структуры нейтрального тока.

В диссертации проанализировано большое число возможных переходов в атомных ядрах и показано, что реальный интерес может представлять лишь очень небольшое их число.<sup>13/</sup>

Принципиально важное значение для проверки различных моделей нейтральных токов имеет установление роли изоскалярного га-

мов-теллеровского взаимодействия. Этот вопрос может быть решен экспериментально путем измерения сечения возбуждения уровня  $I^4N (J^{\pi}, T; E = 2^{+}, 0; 7,03 \text{ МэВ})$  в реакции  $\nu + I^4N (1^{+}, 0) \rightarrow \nu' + I^4N$  или же уровня ядра  $I^6O (J^{\pi}, T; E = 0^{-}, 0; 10,95 \text{ МэВ})$  в реакции  $\nu + I^6O (0^{+}, 0) \rightarrow \nu' + I^6O$ . Принципиально важное значение имеет также вопрос о величине фермиевской изоскалярной константы. Установление величины константы этого взаимодействия, которая пропорциональна квадрату синуса угла Вайнберга в модели Салама-Уорда-Вайнберга, с одной стороны, позволит глобально проверить модель. С другой стороны, подтверждение существования фермиевской изоскалярной компоненты приведет к косвенному подтверждению существования когерентного эффекта в упругом рассеянии нейтрино, обусловленном нейтральным током. Наличие такого эффекта может привести к изменению ряда представлений о характере эволюции звездных систем.

Задача определения величины изоскалярного фермиевского взаимодействия может быть решена путем измерения сечения возбуждения уровня  $0^{+}, 0$ . Если ограничиться средними энергиями нейтрино, то сечение такого процесса будет равно

$$\sigma(0_i^+ \rightarrow 0_j^+) = \frac{G^2}{216\pi} E_\nu^6 \sin^4 \theta_w \langle r^2 \rangle^2,$$

где  $\langle r^2 \rangle$  - квадрат так называемого переходного радиуса.

Среди многочисленных возбужденных состояний  $J^{\pi}, T = 0^{+}, 0$  только одно - в ядре  $I^6O$  с энергией возбуждения  $E = 6,05 \text{ МэВ}$  - представляет реальный интерес благодаря специфическому каналу последующего распада этого состояния - испусканию электрон-по-

зитронной пары. При энергиях  $E_\nu = 100$  МэВ сечение возбуждения этого уровня оказывается равным  $\sigma_\nu = 2 \cdot 10^{-42} \sin^4 \theta_w \text{ см}^2$ .

Предложенный класс экспериментов по возбуждению ядерных состояний в процессах рассеяния нейтрино представляется реальным на мезонных фабриках с током 0,6 – 1,0 миллиампер при энергии 0,6 – 0,8 МэВ с использованием дополнительных устройств типа мезонных ловушек.

В третьей главе обсуждаются проблемы расщепления атомных ядер при поглощении мюонов. В диссертации сформулирована гипотеза о существовании явления резонансного поглощения мюонов атомными ядрами, заключающаяся в том, что при поглощении мюонов атомными ядрами возбуждаются коллективные состояния ядерной системы. Возбуждение таких коллективных состояний при поглощении мюонов носит общий характер и не обусловлено какими-либо индивидуальными особенностями конкретного ядра. На основании выдвинутой гипотезы создана теория возбуждения и распада атомных ядер при поглощении мюонов. Концепция о коллективном характере процесса поглощения мюонов реализована в рамках многочастичной модели оболочек с помощью процедуры диагонализации гамильтониана частично-дырочного возбуждения на базе частично-дырочных состояний. В этом случае волновая функция состояний предстает в виде суперпозиции частично-дырочных состояний  $r^{-1}n$ :

$$\Psi_{J_f M_f, T_f T_{zf}}^{E_f} = \sum_{n, p^{-1}} \alpha(n, p^{-1}) |p^{-1} n\rangle_{J_f M_f, T_f T_{zf}}$$

Коэффициенты смешивания  $\alpha(n, p^{-1})$  определяются свойствами модельного гамильтониана – как спектром одночастичных состояний (самосогласованным полем), так и свойствами частично-дырочного остаточного взаимодействия. Каждому резонансу сопоставляется определенный квазистационарный уровень ядра, обладающий своей шириной. В рамках созданной теории взаимодействия мюонов с атомными ядрами была разработана программа экспериментального обнаружения предсказанного явления. Наиболее убедительным критерием резонансного механизма поглощения мюонов атомными ядрами является проявление резонансной (линейчатой) структуры в спектрах испущенных нейтронов, что является прямым следствием возбуждения в ядрах коллективных состояний.

Прямая экспериментальная проверка гипотезы резонансного поглощения мюонов атомными ядрами проведена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Полученные экспериментальные данные полностью подтвердили гипотезу. Впоследствии аналогичные результаты были получены в ЦЕРНе и в США.

Экспериментальное подтверждение гипотезы о наличии явления резонансного поглощения мюонов атомными ядрами послужило основой для пересмотра ряда представлений о природе взаимодействия мезонов с атомными ядрами. В результате такого пересмотра можно считать установленным, что возбуждение гигантских резонансов в процессах с участием элементарных частиц является универсальным свойством атомного ядра и связано с особой формой коллективного движения ядерной системы.

В четвертой главе обсуждаются специфические черты гигантского резонанса, возбуждаемого при поглощении мюонов атомными

ядрами. Наличие аксиально-векторной (спиновой) ветви возбуждения приводит к сильному разбросу состояний, формирующих резонанс. <sup>118-211</sup>

В итоге резонанс в процессах мю-захвата оказывается намного шире, чем в случае процессов фоторасщепления, где наблюдается довольно сильная концентрация дипольной силы перехода.

Характерной чертой гигантского резонанса в процессах поглощения мюонов является конфигурационное расщепление. <sup>120,221</sup> Гигантский резонанс формируется из двух типов переходов: из переходов, связанных с возбуждением нуклонов, находящихся на внешних оболочках, и с возбуждением нуклонов, находящихся на внутренних оболочках. Эти переходы расщеплены по энергии. Энергетическая щель, возникающая между двумя ветвями возбуждения, обусловлена разницей в энергии одночастичных переходов из внутренних и внешних оболочек. Расщепление сохраняется и после включения остаточного взаимодействия между частицей и дыркой.

В ядрах  $(2s-1d)$ -оболочки ( $^{20}\text{Ne} - ^{40}\text{Ca}$ ) из-за сильной аксиально-векторной ветви возбуждения, связанной с переходом  $1p_{3/2} - 1d_{3/2}$ , проявление конфигурационного расщепления оказывается наиболее ярким. Оно приводит к тому, что в высокоэнергетической области возбуждения ядерной системы ( $E^* = 25 - 30$  МэВ) концентрируется значительная часть сил перехода.

Прямое наблюдение спектра возбуждения ядерной системы при поглощении мюонов невозможно, и о его энергетической зависимости, его специфических чертах приходится судить по спектрам и выходам испускаемых частиц.

Распад состояний гигантского резонанса, возбуждаемого в процессах мю-захвата, рассматривается в пятой главе. Для коли-

чественного описания спектра нейтронов, образующихся при захвате мюонов атомными ядрами, принципиально важно учесть затухание гигантского резонанса - его разброс по состояниям более сложной природы. Наиболее последовательно учет такого эффекта можно провести в ядрах  $1p$ -оболочки. Ограничиваясь разбросом только по состояниям, связанным с возбуждением нуклона в пределах одной оболочки, мы исследовали этот вопрос на примере захвата мюонов ядром  $^{14}\text{N}$ . Разброс привел к сильному смягчению спектра нейтронов. В то же самое время все его качественные особенности, связанные с наличием резонансной структуры, остались без изменения. <sup>119</sup>

Высокоэнергетическая компонента спектра возбуждения ядерной системы, обусловленная конфигурационным расщеплением, генетически наиболее сильно связана с дырочными состояниями ядра  $A-1$  и поэтому преимущественно распадается на такие состояния. <sup>122</sup> В результате в спектре вылетевших нейтронов должен наблюдаться максимум, соответствующий такому каналу распада. Указанная специфика нейтронного спектра, действительно, наблюдается при захвате мюонов ядрами  $^{32}\text{S}$  и  $^{40}\text{Ca}$ . Такие дырочные состояния ядра  $A-1$  находятся выше порога последующего испускания протона. Тем самым в рамках разработанной теории в ядрах  $(2s-1d)$ -оболочки вылет протонов в процессе поглощения мюонов связан с распадом высокоэнергетической ветви гигантского резонанса по нейтронному каналу на дырочные состояния ядра  $A-1$  с последующим испусканием протона. Интенсивность такой цепочки переходов довольно высока и составляет 10 - 15% на акт захвата. Совокупность экспериментальных данных по ядрам  $(2s-1d)$ -оболочки подтверждает этот вывод.



Представления о возбуждении гигантского резонанса позволили единым образом описать широкий круг вопросов, связанных с поглощением мюонов атомными ядрами. Описания разнообразных процессов расщепления ядра мюонами глубоко затронули многие аспекты ядерной структуры и механизма реакций, что позволило всесторонне проверить многие концепции, положенные в основу построения теории взаимодействия мюонов с атомными ядрами. Внутренняя непротиворечивость выводов, возможность описания широкого круга явлений на общей основе, разумное согласие с экспериментом — все это дает основание полагать, что концепция о возбуждении гигантского резонанса в процессах мю-захвата выдержала суровую проверку и в настоящее время уже стала тем рабочим механизмом, который привлекается как для анализа получаемых новых экспериментальных данных, так и для планирования новых исследований.

Эффекты несохранения четности в процессах мю-захвата с вылетом нейтронов рассмотрены в шестой главе <sup>123-29/</sup>.

Ввиду нарушения четности в слабых взаимодействиях при захвате мюонов протонами пространственное распределение испускаемых нейтронов в случае поляризованных мюонов будет асимметричным, подчиняясь закону

$$N(E_n, \theta) \sim 1 + \alpha(E_n) P_\mu \cos \theta,$$

где  $\theta$  — угол между направлением вылета нейтрона и направлением спина мюона,  $P_\mu$  — степень поляризации мюона на орбите в момент захвата;  $\alpha(E_n)$  — коэффициент асимметрии углового распределения.

Из-за специфики мезоатомных и мезомолекулярных процессов, протекающих в водородной мишени, в мезоатоме и мезомолекуле

водорода мюон полностью деполаризован и угловое распределение нейтронов изотропно. Поляризация мюонов на К-орбите сохраняется у ядер с нулевым спином. Тем самым для наблюдения эффекта несохранения четности при поглощении мюонов протонами возникает необходимость использования в качестве мишени сложных ядер.

Захват мюонов сложными ядрами идет через возбуждение коллективных состояний ядра. Если рассматривать систему отдельных, изолированных резонансов промежуточного ядра, которые характеризуются определенными значениями спина и четности, то мы не получим никакой асимметрии — асимметрия углового распределения, обусловленная несохранением четности, есть чисто интерференционный эффект волн разной четности. Интерференция возникает, если имеет место перекрывание резонансов разной четности. Прямые оценки показывают, что при учете перекрывания резонансов, действительно, возникает асимметрия. Даже на небольшом энергетическом интервале она сильно осциллирует, многократно изменяя знак. Усреднение ее даже по небольшому энергетическому интервалу практически сводит ее на нет.

При энергиях ядерной системы, превышающих энергию гигантских резонансов, роль коллективных эффектов падает и на первое место выступают прямые процессы расщепления ядра. Для их описания обычно используется приближение плоских или искаженных волн. В этом случае амплитуда расщепления ядра с вылетом нейтрона высокой энергии рассчитывается в рамках оптического потенциала, описывающего нуклон-ядерное взаимодействие в конечном состоянии.

Определяющую роль в понимании энергетической зависимости

асимметрии углового распределения нейтронов сыграл учет взаимодействия в конечном состоянии /вылетевшего нейтрона с ядром-остатком/ одновременно с учетом скоростных членов мюон-нуклонного взаимодействия. В высокоэнергетической области коэффициент асимметрии, являясь плавной функцией энергии в плосковолновом приближении, осциллирует при включении взаимодействия, что и наблюдается во всех последних измерениях.

Величина асимметрии и характер осцилляций сильно зависят от предположений о ядерной структуре и о виде взаимодействия улетающего нейтрона с ядром-остатком. В диссертации исследован также случай двухнуклонной системы, где не возникают неопределенности, связанные с выбором взаимодействия в конечном состоянии. Полученные при этом результаты полностью подтверждают все выводы, сделанные на основе исследования асимметрии нейтронов при захвате мюонов сложными атомными ядрами. /23, 24/.

В заключении диссертации приведена краткая сводка основных полученных результатов.

Проведенные в диссертации исследования базируются на теории парциальных переходов, основанной на мультипольном разложении амплитуды перехода. Основные моменты теории приводятся в приложении. Там же дано окончательное выражение для матрицы плотности спиновых состояний конечной ядерной системы, на основе которой получены все выражения для характеристик парциальных переходов.

Результаты, вошедшие в диссертацию, доложены на IV и V Всесоюзных конференциях по физике элементарных частиц в г. Ужгороде в 1963 и 1964 годах, на XIX Всесоюзном совещании по ядерной спектроскопии и теории атомного ядра в г. Бреване в 1969 г., на III Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра в Нью-Йорке в 1969 г., на IV Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра в г. Дубне в 1971 г., на Международной конференции по проблемам электронного захвата в Венгрии в 1968 г., на Международных конференциях по малонуклонным системам в г. Лос-Анджелесе, США, в 1972 г. и в Квебеке, Канада, в 1974 г., на I Всесоюзной конференции по ядерным реакциям при высоких энергиях в г. Тбилиси в 1972 г., на II Семинаре по электромагнитным взаимодействиям ядер при малых и средних энергиях в г. Москве в 1972 г.

На основе полученных в диссертации результатов прочитаны циклы лекций в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, на зимних школах ЛИЯФ по физике атомного ядра и элементарных частиц в период 1969 - 1973 годов, на школе по проблемам теории элементарных частиц в Каярику, Эстония, в 1965 г. и опубликованы обзоры в журналах "Физика элементарных частиц и атомного ядра" /ЭЧАЯ/ и "Обзоры по атомной энергии", Вена, МАГАТЭ.

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, опубликованы в следующих работах.

Литература

1. Г.Я.Коренман, Р.А.Эрамжян. Препринт ОИЯИ Р-2063, Дубна, 1965.
2. В.В.Балашов, Р.А.Эрамжян. Препринт ОИЯИ Р2-3258, Дубна, 1967  
Atomic Energy Review, vol 5, No 3. Int. Atomic Energy Agency, Vienna, 1967.
3. С.С.Герштейн, В.Н.Фоломешкин, М.Ю.Хлопов, Р.А.Эрамжян. Ядерная физика, 22(1975), 157.
4. Г.Е.Доготарь, Р.А.Эрамжян. Препринт ОИЯИ Р2-9582, Дубна, 1976.
5. Г.Е.Доготарь, Ю.А.Салганик, Р.А.Эрамжян. Ядерная физика, 22 (1975), 472.
6. А.П.Бухвостов, А.М.Чатрчан, Г.Е.Доготарь, Р.А.Эрамжян, Н.П.Попов, В.А.Вартанян. Acta Phys. Polonica, В3 (1972), 375.
7. В.А.Вартанян, Т.А.Дмитриева, Г.У.Егер, Г.Р.Киссенер. Ядерная физика, II (1970), 528.
8. А.П.Бухвостов, Н.П.Попов, В.А.Вартанян, Э.Озиевич, Р.А.Эрамжян. Ядерная физика, I3 (1971), 820.
9. Г.Я.Коренман, Р.А.Эрамжян. Препринт ОИЯИ Р-II80, Дубна, 1962.
10. А.П.Бухвостов, Н.П.Попов, Р.А.Эрамжян. Материалы VI зимней школы по теории ядра и физике высоких энергий, Ленинград, 1971.
11. В.В.Балашов, Р.А.Эрамжян. Материалы летней школы по проблемам теории элементарных частиц в Кяярику, Эстония, 1965.
12. В.В.Балашов, Г.Я.Коренман, Р.А.Эрамжян. Физика элементарных частиц и атомного ядра (ЭЧАЯ), 4 (1973), 585.
13. С.С.Герштейн, Нгуен Ван Хьеу, Р.А.Эрамжян. ЖЭТФ, 53 (1962), 1554.
14. В.В.Балашов, В.В.Беляев, Н.М.Кабачник, Р.А.Эрамжян. Phys. Letters, 9 (1964), 168.

15. Р.А.Эрамжян. Обзорный доклад на IV Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра, Дубна, ДИ-6349 (1972).
16. Р.А.Эрамжян. Обзорный доклад в трудах конференции Electron Capture and Higher Order Processes in Nuclear Decay, Debrecen, Hungary, 1968.
17. В.В.Балашов, Р.А.Эрамжян. Резонансный механизм расщепления ядер при мю-захвате и смежные вопросы. Обзорный доклад. Программа и тезисы докладов XIX ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра, Наука, Л., 1969.
18. Г.У.Егер, Г.Р.Киссенер, Р.А.Эрамжян. Труды семинара "Электромагнитные взаимодействия ядер при малых и средних энергиях". Москва, 1972, изд. "Наука".
19. H.R.Kissener, A.Aswad, H.U.Jäger, R.A.Eramzhyan. Nucl. Phys., A 215 (1973), 424.
20. Yu.I.Bely, R.A.Eramzhyan, L.Majling, J.Rizek, V.A.Vartanyan. Nucl. Phys., A204 (1973), 357.
21. A.Aswad, H.U.Jager, H.R.Kissener, R.A.Eramzhyan. Nucl. Phys., A208 (1973), 61.
22. R.A.Eramzhyan, L.Majling, J.Rizek. Nucl. Phys., A247 (1975), 411.
23. Ю.А.Салганик, В.Н.Фетисов, Р.А.Эрамжян. Программа и тезисы докладов XX ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, часть II, стр. 250, Наука, Л., 1970.
24. Ю.А.Салганик, Р.А.Эрамжян. Phys. Lett., 35B (1971), 143.
25. Ю.А.Салганик, В.Н.Фетисов, Р.А.Эрамжян. Nucl. Phys., В39 (1972), 216.
26. Ю.А.Салганик, Р.А.Эрамжян. Сообщения ОИЯИ, Р4-5997, 1971.

27. Ю.А.Салганик, Р.А.Эрамзян. Nucl. Phys., A207 (1973), 609.
28. Ю.А.Салганик, Р.А.Эрамзян. Труды Всесоюзной конференции "Ядерные реакции при высоких энергиях", Тбилиси, 1972. Сб. "Вопросы атомной науки и техники", серия "Физика высоких энергий и атомного ядра". Изд. ХФТИ АН УССР, Харьков, 1973.
29. Г.Е.Доготарь, Ю.А.Салганик, Р.А.Эрамзян. Proc.Int.Conf. on Few Body Problems in Nuclear and Particle Physics, p. 412, Quebec, Canada, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 апреля 1976 года.