

H-196



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4-90-441

НАЗМИТДИНОВ

Рашид Гиясович

УДК 539.142/143

**ПОЛУМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
КОЛЛЕКТИВНЫХ СОСТОЯНИЙ
ВРАЩАЮЩИХСЯ АТОМНЫХ ЯДЕР**

**Специальность: 01.04.16 - физика ядра
и элементарных частиц**

**Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук**

Дубна 1990

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики
Объединенного института ядерных исследований

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
доктор физико-математических наук
доктор физико-математических наук

Р.В.ДЖОЛОС
В.М.КОЛОМИЕЦ
М.Г.УРИН

Ведущая организация:

Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

Защита диссертации состоится "___" _____ 1990 г. в ___ час.
на заседании Специализированного совета Д047.01.01 при Лаборатории
теоретической физики Объединенного института ядерных исследований,
г. Дубна Московской области.

Автореферат разослан "___" _____ 1990 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета
кандидат физико-математических наук

В.И.ХУРАВЛЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время предпринимаются значительные усилия с целью изучения свойств и структуры атомного ядра на основе анализа изменений его коллективных характеристик при вращении в широком диапазоне значений углового момента и энергий возбуждения. При этом большие надежды возлагаются на выявление новых фундаментальных особенностей поведения ядерной материи при быстром и сверхбыстром вращении. Следует ожидать нарушения аксиальной симметрии ядра, появления разнообразных экзотических ядерных состояний из-за квантовых(оболочечных) эффектов, фазовых переходов как из сверхтекучего состояния в нормальное, так и обусловленных изменением формы ядра. Таким образом, возникает ситуация, когда необходимо существенно расширить основные предположения о ядерной структуре, сформированные при изучении ядер в отсутствие вращения или при его учете в адиабатическом приближении.

Интерес к исследованию высокоспиновых состояний особенно повысился в последние годы в связи с появлением возможности их экспериментального изучения в реакциях с тяжелыми ионами и при кулоновском возбуждении. В первом случае продукты реакции помимо большого углового момента обладают и значительной энергией возбуждения, распределенной по многим степеням свободы. Анализ γ -каскадов, индуцируемых в результате столкновения тяжелых ионов, позволяет понять основные закономерности в характере девозбуждения компаунд-ядра, углубить наши знания о ядерной динамике и, прежде всего, проверить наши представления о среднем поле посредством изучения влияния энергии возбуждения и углового момента на квантовые свойства ядра. (HI, x n)-эксперименты, позволяющие регистрировать жесткую часть γ -спектра ($E_{\gamma} \sim 10-20$ МэВ) в конкуренции с испарением нейтронов при высоких спинах, свидетельствуют о существенной роли гигантских резонансов (ГР) на начальных этапах процессов девозбуждения. Изучение свойств ГР при высоких спинах расширяет наши знания о характере различного типа коллективных корреляций между нуклонами в ядрах. Из анализа спектроскопических данных, получаемых в реакциях кулоновского возбуждения, относительно отдельных уровней удается извлечь информацию о тонких деталях влияния вращения как на одночастичные, так и коллективные степени свободы ядра. При этом свойства основной и вибрационных полос при $I \gg 4$ заметно отличаются от предсказаний, сделанных в рамках адиабатических моделей.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Следовательно, развитие подходов, позволяющих на единой микроскопической основе исследовать как одночастичные, так и коллективные эффекты в широком интервале значений углового момента и энергии возбуждения, представляет актуальную и важную задачу не только в общетеоретическом отношении, но и для интерпретации широкого круга явлений физики вращающихся ядер.

Цель работы состоит в теоретическом исследовании свойств и структуры коллективных состояний вращающихся ядер на основе единого микроскопического подхода, учитывающего оболочечную структуру ядра и когерентные коллективные эффекты, обусловленные взаимодействием нуклонов; в сравнении теоретических результатов с экспериментом, выявлении и предсказании новых явлений при быстром вращении.

Научная новизна и практическая ценность. В работе развит микроскопический подход для описания состояний вращающихся атомных ядер в терминах квазичастиц и фононов при различных значениях углового момента и энергии возбуждения. Разработанные методы расчета коллективных возбуждений позволили установить взаимосвязь свойств вибрационных состояний со структурой состояний на иррадиационной линии. При этом удается получить взаимосогласованное описание широкого круга явлений, возникающих при вращении.

Проведенные исследования формы быстро вращающихся ядер позволили выявить условия (характерные энергии возбуждения), при которых макроскопические характеристики ядра начинают доминировать над его квантовыми свойствами при определении равновесных деформаций возбужденных ядер, а также установить закономерности девозбуждения быстро вращающегося ядра посредством дипольных, квадрупольных гамма-квантов и альфа-частиц. Полученные в диссертации результаты существенно расширили и углубили существующие представления о свойствах вращающихся ядер. Предложенные и развитые методы широко используются при исследовании коллективных состояний в рамках моделей структуры атомного ядра и физики тяжелых ионов, а также при анализе экспериментальных данных как в СССР, так и за рубежом.

Для защиты выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации:

1. Развита микроскопическая модель для исследования вибрационных возбуждений однофононной природы вращающихся ядер, учитывающая оболочечную структуру спектра однонуклонных состояний в ядрах и коллективные эффекты, обусловленные взаимодействием нуклонов.

2. Разработан метод получения секулярных уравнений и силовой функции в приближении случайных фаз (ПСФ) для системы, характеризуемой га-

милтонианом с факторизованным взаимодействием общего вида при наличии определенных симметрий.

3. Предложен метод построения остаточного взаимодействия с целью восстановления ротационной инвариантности гамильтониана неаксиально-го ядра.

4. Предложена микроскопическая модель для описания состояний вращающихся атомных ядер с нарушенной внутренней симметрией отражения. Модель естественным образом обобщает известные результаты анализа состояний положительной и отрицательной четности в ПСФ при произвольных значениях углового момента.

5. С помощью метода генераторной координаты сформулирована микроскопическая модель, в которой ядро представляется как трехосный ротатор, имеющий нормальную и сверхпроводящую фазы. Показана энергетическая выгода ориентации углового момента вдоль одной из главных осей тензора инерции при произвольных значениях углового момента, за исключением области фазового перехода.

6. Впервые сформулирована модель для изучения формы быстро вращающихся нагретых ядер. Построена процедура вычисления термодинамических величин (свободная энергия F , энтропия S и другие). Проведен систематический расчет различных термодинамических потенциалов в области массовых чисел $100 < A < 210$.

7. Выявлена характеристическая температура $t = 1-1,2$ МэВ и энергия возбуждения $U = 14-17$ МэВ, при которых оболочечные эффекты перестают играть существенную роль в определении формы вращающихся нагретых ядер. При температурах или энергиях возбуждения выше указанных происходит переход к жидкокапельному характеру деформации.

8. Проанализировано влияние вращения на характер энергетической зависимости интенсивности гамма-излучения квадрупольной природы и вероятность испускания альфа-кластеров из состояний на иррадиационной линии. Показано, что при высоких спинах канал девозбуждения ядра посредством эмиссии альфа-частиц конкурентоспособен с каналом девозбуждения посредством испускания коллективных квадрупольных гамма-квантов.

9. Впервые дан анализ коллективных возбуждений положительной четности в широком интервале значений угловой частоты вращений. Получены оценки положения различных ветвей гигантского квадрупольного резонанса в отсутствие вращения и прослежено изменение его характеристик с увеличением угловой частоты вращения в простой модели.

10. Впервые проведен микроскопический анализ механизма выстраивания вибрационного углового момента, обусловленного октупольными корреляциями в ядре. Показано, что с ростом углового момента происходит потеря коллективности октупольных возбуждений.

II. Предложена микроскопическая модель гигантского дипольного резонанса в нагретых быстровращающихся ядрах. Анализ спектральной интенсивности изовекторных дипольных возбуждений на основе метода силовой функции для ядер из области $150 < A < 190$ показал, что расщепление различных компонент ГДР обусловлено деформацией формы ядра. Влияние возбуждения (температуры) на характеристики ГДР в хорошо деформированных ядрах проявляется посредством изменения равновесных параметров деформации потенциала среднего поля.

Апробация диссертации. Основные материалы диссертации неоднократно докладывались на семинарах ЛТФ ОИЯИ, Харьковского университета, ИЯФ АН УзССР, ИЯИ АН УССР, НИИЯФ МГУ, физического факультета Пражского университета (Прага), ИТФ Вроцлавского университета (Вроцлав), ЦИЯИ Россандорф (Дрезден), университета г. Катания (Италия). Они были также представлены и докладывались на Международном симпозиуме по высокоспиновым состояниям и ядерной структуре в Дрездене (ГДР, 1977), XV Собрании по ядерной спектроскопии и теории ядра в Дубне (1978), на Зимней школе по ядерной физике в Биельско-Бяло /Польша, 1980/, 28-31, 35, 36 и 39 Собраниях по ядерной спектроскопии и структуре ядра, семинарах АН СССР по ядерной физике "Коллективная ядерная динамика" (Одесса, 1985, 1987).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 26 работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Она содержит 262 страницы машинописного текста, включая 6 таблиц, 46 рисунков и библиографический список из 212 названий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается краткий обзор современных проблем, связанных с изучением вращательного движения атомных ядер, изложена постановка физической задачи, обоснована актуальность и важность исследуемых вопросов, кратко представлен материал диссертации.

В первой главе излагаются основные положения развиваемого подхода, основанного на модели принудительного вращения (МПВ) и приближении случайных фаз (ПСФ). В первом разделе главы описывается гамильтониан модели принудительного вращения, используемый для микроскопического анализа свойств вращающихся ядер. Формулируются законы сохранения, имеющие место в случае гамильтониана МПВ. Обсуждается параметризация гамильтониана и обоснованность выбора остаточного взаимодействия. Гамильтониан включает средние поля для нейтронов и протонов,

нейтрон-нейтронное и протон-протонное спаривательное взаимодействие с не зависящим от состояния матричными элементами и сепарабельные мультипольные силы, действующие в канале частица-дырка ($\lambda \leq 3$). Определяется выбор базиса одночастичных состояний с помощью квантового числа сигнатуры, характеризующего симметрию гамильтониана МПВ относительно поворота на угол π вокруг оси x . В разделе 1.2 гамильтониан МПВ, записанный в нуклонных переменных, посредством преобразования Боголюбова, учитывающего сигнатуру одночастичной волновой функции, приводится к гамильтониану квазичастиц. При этом выписаны матричные уравнения, определяющие квазичастичные энергии и коэффициенты трансформации Боголюбова для решений с разной сигнатурой. В разделе 1.3 подробно изложено приближение случайной фазы, используемое для описания вибрационных возбуждений однофононной природы различной сигнатуры с учетом симметрий, имеющих место для гамильтониана МПВ. Проводится анализ духовых мод голдстоуновского типа и устанавливается соответствие в ПСФ инерционных параметров гамильтониана МПВ и ротационно-инвариантного гамильтониана. Далее описана общая процедура получения секулярных уравнений для определения энергий однофононных возбуждений, позволяющая явным образом выделить духовые решения. В заключение раздела рассмотрена структура собственной волновой функции гамильтониана МПВ в ПСФ, характеризующая вибрационное состояние вращающегося ядра. В разделе 1.4 в первом порядке разложения операторов по бозонам ПСФ описана процедура вычисления вероятности электрических переходов между различными состояниями при произвольных значениях спина. Показана связь между типом перехода и изменением сигнатуры соответствующих этому переходу состояний. В разделе 1.5 изложен метод силовой функции применительно к бозонному гамильтониану общего вида с факторизованным взаимодействием, позволяющий существенно упростить задачу о нахождении наиболее коллективизированных состояний однофононной природы. В разделе 1.6 описан способ построения остаточного взаимодействия сепарабельного вида, позволяющий восстановить нарушенную феноменологическим потенциалом среднего поля вращательную инвариантность гамильтониана неаксиального ядра. При этом самосогласованным образом определяются эффективные силы и соответствующие константы взаимодействия. В заключение главы в разделе 1.7 на основе развиваемого подхода сформулирована модель вращающегося ядра с нарушенной внутренней симметрией отражения. Ден анализ симметрий, сохраняющихся при описании свойств таких ядер. В приближении ХФБ получены уравнения, определяющие квазичастичный спектр и собственные состояния гамильтониана модели. При этом квазичастичные энергии и состояния зависят не только от квадрупольной, но и октупольной деформации потенциала сред-

него поля и классифицируются посредством квантового числа обобщенной сигнатуры. Далее в ПСФ получены секулярные уравнения, определяющие однофононные возбуждения различной обобщенной сигнатуры, из которых явным образом выделены духовые (нефизические) решения. Учет условий симметрии позволяет самосогласованным образом определить константы остаточного взаимодействия и инерционные параметры модели. В рамках модели проанализирована вероятность электрических ($\lambda \leq 3$) переходов между различными состояниями и установлена связь между характером и типом перехода и изменением обобщенной сигнатуры соответствующих состояний. Модель как частные случаи содержит описания квадрупольных и октупольных возбуждений однофононной природы квадрупольно-деформированных ядер.

Во второй главе в рамках метода генераторной координаты формулируется модель трехосного ротатора, имеющего две фазы: сверхтекучую и нормальную, в которой щель (Δ) равна нулю, — связанные между собой. Для моментов инерции сверхтекучей фазы используется параметризация, соответствующая коллективной модели Бора-Моттельсона. Моменты инерции нормальной фазы параметризуются как для жесткого трехосного ротатора. Матричное уравнение для гамильтониана модели приводит к аналитическому выражению для энергии состояния с данным I и выражению для вероятности нахождения ядра в сверхтекучей фазе. Оба эти выражения зависят от матричных элементов различных комбинаций компонент оператора углового момента.

В разделе 2.2 проводится вычисление матричных элементов, зависящих от углового момента, в когерентных состояниях, которые позволяют определить положение вектора \mathcal{L} углового момента во внутренней системе координат.

В разделе 2.3 в рамках метода генераторной координаты получено выражение для матричного элемента произвольного неприводимого тензорного оператора $M_{\lambda\mu}$ мультипольности λ . Далее с помощью данного выражения получены формулы для вероятности E2-переходов в двухфазной модели. В случае, когда структуры состояний, между которыми происходит E2-переход, сильно различаются, интеграл перекрывания между ними приводит к дополнительному фактору задержки электрических переходов. В разделе 2.4 дается краткое изложение метода Струтинского для вычисления энергии деформации невращающегося ядра. Приводятся результаты расчетов энергии деформации по этому методу с помощью потенциала Будса-Саксона для ^{156}Er , ^{166}Er . Отмечается заметное различие в энергии деформации для этих ядер как в параметрах равновесной деформации, так и в глубине потенциальной энергии. Выявлено появление большой неаксиальной деформации в переходном ядре ^{156}Er , которая уменьшается при

переходе в нормальную фазу. В ^{166}Er величина параметра неаксиальной деформации остается небольшой до $I < 20\hbar$. Расчеты вероятности E2-переходов для ^{156}Er показали существование задержки перехода $I2^+ \rightarrow I0^+$. В разделе 2.5 приводится обсуждение полученных результатов. Отмечается, что в случае трехосного вращения направление углового момента во внутренней системе координат для хорошо деформированных ядер совпадает с направлением одной из главных осей тензора инерции. Лишь в окрестности точки перехода из сверхпроводящей фазы в нормальную в мягких относительно γ -деформации ядрах возможна промежуточная ориентация углового момента. На основании полученных результатов делается вывод о достоверности использования предположения о совпадении направления углового момента с одной из главных осей тензора инерции, например осью x , для хорошо деформированных ядер даже в области мелких спинов.

Третья глава диссертации посвящена изучению эволюции формы вращающихся ядер при произвольных значениях спина и энергии возбуждения и ее влиянию на эмиссию гамма-квантов и альфа-кластеров из ираст-состояний. В начале главы анализируются основные положения, на которых основано описание равновесной формы холодных и нагретых вращающихся ядер. В разделе 3.1 обсуждается метод численного решения вариационных уравнений ХФБ в модели принудительного вращения, а также приближения, используемые для решения этих уравнений. Излагается математическая формулировка задачи самосогласования числа частиц, щели и равновесных параметров деформации при заданной угловой частоте вращения. Представлены результаты расчета равновесных параметров формы ядра ^{168}Yb при различных значениях спина вплоть до $I=86\hbar$. Как показали результаты расчета, параметр неаксиальности γ для ядра ^{168}Yb при небольших значениях углового момента ведет себя согласно предсказаниям гидродинамической модели, а при увеличении углового момента происходит переход к твердотельному пределу. Обсуждается поведение рассчитанных минимальных двухквaziчастичных энергий для нейтронов и протонов. Отмечается хорошее соответствие рассчитанных и экспериментальных значений энергий состояний ираст-полосы для ^{168}Yb и ^{168}Er .

В разделе 3.2 формулируется модель для изучения формы быстровращающихся нагретых ядер. Теоретический подход при $t \neq 0$ строится в близкой аналогии с моделью для холодных вращающихся ядер. Вводятся термодинамические потенциалы, экстремумы которых при данных I и t , или I и S , или Ω и t в зависимости от вида потенциала, определяют равновесную конфигурацию возбужденного ядра. Сравнение полученных результатов при малой энергии возбуждения ($t=0,2$ МэВ) над ираст-полосой с результатами предыдущих исследований относительно равновесной формы

быстровращающихся холодных ядер показывает хорошее согласие и позволяет указать те характеристики, которые зависят от параметризации модели и принятой процедуры расчета. Подробно обсуждаются результаты расчета термодинамических потенциалов F_R (функция Рауса-Гиббса), F (свободная энергия) и E (энергия) для ряда ядер $100 < A < 210$. Отмечен деструктивный характер конкуренции оболочечного (квантового) и жидкокапельного (макроскопического) режимов деформации в деформированных и сферических ядрах. При этом выявлена характеристическая температура $t = 1-1,2$ МэВ и энергия возбуждения $U = 14-17$ МэВ, при которых оболочечная поправка перестает играть существенную роль в определении формы ядер. Подчеркивается, что характерная температура является универсальной величиной как для потенциала Нильссона, так и для потенциала Вудса-Саксона. В заключение раздела отмечается, что энергия компаунд-систем, полученных в результате столкновения тяжелого иона с ядром, выше характеристической, и равновесные параметры формы таких систем можно оценивать в модели жидкой капли. Однако, когда энергия возбуждения уменьшается примерно до 5 МэВ над ираст-полосой, именно оболочечные эффекты во многом определяют характер девозбуждения вращающегося ядра.

В разделе 3.3 исходя из знания эволюции формы вращающегося ядра исследуется спектр испущенных гамма-квантов квадрупольной природы из состояний ираст-линии. На примере ядра ^{118}Te показано, что максимумы в спектре интенсивности γ -квантов $n_\gamma(E_\gamma)$ обусловлены пересечением полос, отвечающих различным формам быстровращающегося ядра. Соответствующее изменение момента инерции приводит к появлению нерегулярности величины $n_\gamma(E_\gamma)$. В разделе 3.4 с помощью известной модели α -распада из невращающегося ядра и МПВ исследована вероятность испускания альфа-кластеров при высоких спинах. На примере ядра ^{122}Xe продемонстрировано, что при быстром вращении ядро может превратиться в эмиттер альфа-частиц. При этом данный канал девозбуждения может оказаться конкурентоспособным с каналом девозбуждения ядра посредством испускания коллективных квадрупольных гамма-квантов.

В четвертой главе рассмотрено влияние вращения на характер вибрационных возбуждений четно-четных деформированных ядер при различных значениях углового момента и энергии возбуждения. В разделе 4.1 рассмотрена простая, но точно решаемая в ПСФ модель вращающегося ядра, гамильтониан которой включает потенциал сферического гармонического осциллятора и изоскалярные квадруполь-квадрупольные силы. В ПСФ дан анализ спектра возбуждений положительной четности в широком интервале значений угловой частоты вращения Ω . Модель воспроизводит известные эмпирические данные о положении гигантского квадрупольного резонанса

(ГКР) в отсутствие вращения. При увеличении деформации энергия возбуждения одной из мод ГКР уменьшается до нуля. Это соответствует возникновению неустойчивости в системе относительно отклонения формы от определенной из условия самосогласования. Найдено, что устранение духового решения может налагать важные условия, дополняющие условия самосогласования. Получены аналитические выражения для энергии однофоновых состояний как функции угловой частоты вращения. Для прецессионной моды возбуждений результаты существенно отличаются от полученных в модели жесткого ротатора. Приведены результаты анализа для приведенных матричных элементов квадрупольных переходов из однофоновых состояний на состояния ираст-линии. Заметной приведенной вероятностью обладают переходы между ираст-состояниями и состояниями прецессионного характера. Зависимость вероятности таких переходов от углового момента, найденная в ПСФ, имеет иное поведение по сравнению с оценками по модели жесткого ротатора, некоторое сходство наблюдается лишь в режиме неколективного вращения. В разделе 4.2 дано практическое применение формализма, развитого в первой главе, для описания низколежащих коллективных возбуждений квадрупольной природы. Подробно рассматривается вывод секулярных уравнений положительной и отрицательной сигнатур, в которых явным образом выделены духовые решения. Далее приведены результаты численного анализа состояний прецессионной природы для ядра ^{168}Yb , которые в пределе $\Omega \rightarrow 0$ переходят в последовательность состояний γ -вибрационной полосы с нечетными спинами. Отмечается значительное расхождение микроскопических оценок и оценок в модели жесткого ротатора. Рассчитана силовая функция приведенной вероятности квадрупольных переходов с однофоновых состояний на состояния ираст-полосы в широкой области значений углового момента ($I=50\hbar$). Результаты расчета демонстрируют потерю коллективности β - и γ -вибрационных возбуждений с ростом углового момента. В разделе 4.3 проводится микроскопический анализ механизма выстраивания октупольного углового момента для ядер $^{230,232}\text{Th}$, ^{238}U . В рамках развиваемого подхода формулируется модель октупольных возбуждений во вращающихся ядрах. Дается определение величины выстроенного вибрационного углового момента в микромоде. Предложен рецепт определения экспериментальной энергии возбуждения и соответствующего выстроенного углового момента вибрационного состояния. Сравнение экспериментальных и рассчитанных величин указывает на их близкое соответствие. Удаётся воспроизвести индивидуальный характер выстраивания во всех трех ядрах до величин $\hbar\Omega < 0,2$ МэВ. Если в случае ^{232}Th при возрастании угловой частоты вращения происходит быстрая потеря коллективности октупольного фона и выстраивание идет за счет максимальной двухквaziчастичной ком-

поненты, в ядрах ^{230}Th и ^{238}U сохранение коллективности октупольного фонона определяет как величину, так и поведение вибрационного углового момента до $\hbar\Omega < 0,19$ МэВ. Однако с ростом углового момента происходит потеря коллективности октупольных возбуждений во всех ядрах. В разделе 4.4 исследуются свойства гигантского дипольного резонанса в нагретых быстровращающихся ядрах. Для изучения свойств изовекторных дипольных возбуждений используется температурный вариант ПСФ и метод силовой функции для определения наиболее коллективизированных решений однофононной природы. Результаты расчетов в ПСФ контролируются с помощью аналитических оценок для энергии различных ветвей ГДР и правил сумм, полученных для анизотропного вращающегося осциллятора. Эволюция наиболее коллективизированных решений различных ветвей ГДР на примере ядра ^{160}Yb при разных частотах вращения ($t=0$ МэВ) указывает на качественное соответствие с результатами простой осцилляторной модели. "Нагревание" ядра не оказывает существенного влияния на свойства различных ветвей ГДР, а следовательно, и на область локализации изовекторных дипольных возбуждений (ИДВ) хорошо деформированных вращающихся ядер. Однако влияние температурных эффектов на ИДВ происходит посредством изменения равновесных параметров деформации вращающегося ядра.

В заключении суммированы основные результаты диссертации.

В приложении приведено бозонное представление одночастичных операторов, используемых при изложении.

Результаты, вошедшие в диссертацию, опубликованы в работах:

1. Май Ф.Р., Михайлов И.Н., Назмитдинов Р.Г., Янссен Д. Неаксиальная деформируемость вращающихся атомных ядер в двухфазной модели. - ЯФ, 1978, т. 27, с. 916-926.
2. Janssen D., May F.R., Mikhailov I.N., Nazmitdinov R.G. - Two-phase model of rotating nuclei. (Двухфазная модель вращающихся ядер). - Phys.Lett. B, 1978, v.73, p. 271-273.
3. Михайлов И.Н., Назмитдинов Р.Г., Нерло-Поморска Б., Поморски К. - Изучение структуры вращающихся атомных ядер в рамках теории Хартри-Фока-Боголюбова и метода случайной фазы. В сб.: XV Сопещение по ядерной спектроскопии и теории ядра. Д6-II574, Дубна, 1978, с. II-14.
4. Ignatiuk A.V., Mikhailov I.N., Nazmitdinov R.G. et al. - Equilibrium properties of fast-rotating heated nuclei. (Равновесные свойства быстровращающихся нагретых ядер). Phys.Lett. B, 1978, v. 76, p. 543-546.
5. Михайлов И.Н., Назмитдинов Р.Г., Сафаров Р.Х., Янссен Д. - О вероятности E2-переходов во вращающихся ядрах. - Тезисы докладов

- 28 Сопещения по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Алма-Ата, 28-31 марта 1978). Л.: Наука, 1978, с. 401.
6. Михайлов И.Н., Молина Х.Л., Назмитдинов Р.Г. - К расчету параметров равновесной деформации и момента инерции во вращающихся ядрах. - Сопещение ОИЯИ Р4-12773, Дубна, 1979, 9 стр.
7. Акбаров А., Игнатюк А.В., Михайлов И.Н., Молина Х.Л., Назмитдинов Р.Г., Янссен Д. - Коллективные возбуждения быстровращающихся ядер в простой модели. - Сопещение ОИЯИ Р4-12772, Дубна, 1979, 16 стр.
8. Molina J.L., Nazmitdinov R.G. - The description of the one-phonon states over the yrast-line with the strength function method. (Описание однофононных состояний над ираст-линией с помощью метода силовой функции). - Proc. XVIII Winter School, Bielsko-Biala Poland, 11-21 Feb., 1980, Ed. A.Balanda, Z.Stachura, Krakow, 1980, p.162-176.
9. Михайлов И.Н., Молина Х.Л., Назмитдинов Р.Г. - Алгоритм для силовой функции в стационарной задаче. - ТМФ, 1980, т. 42, с. 253-261.
10. Ignatyuk A.V., Mikhailov I.N., Molina H.L., Nazmitdinov R.G., Pomorsky K. - The shape of the heated fast-rotating nuclei. (Форма нагретых быстровращающихся ядер). - Nucl. Phys. A, 1980, v. 346, p. 191-215.
11. Акбаров А., Игнатюк А.В., Михайлов И.Н., Молина Х.Л., Назмитдинов Р.Г., Янссен Д. - Вероятности переходов для коллективных возбуждений быстровращающихся ядер. - Сопещение ОИЯИ Р4-80-218, Дубна, 1980, 10 стр.
12. Акбаров А., Игнатюк А.В., Михайлов И.Н., Молина Х.Л., Назмитдинов Р.Г. - Расчет вероятности квадрупольных переходов в ядре ^{168}Yb при больших угловых моментах (Модель). - Сопещение ОИЯИ Р4-80-665, Дубна, 1980, 8 стр.
13. Акбаров А., Игнатюк А.В., Михайлов И.Н., Молина Х.Л., Назмитдинов Р.Г., Янссен Д. - Анализ коллективных возбуждений быстровращающихся ядер в осцилляторном потенциале. - ЯФ, 1981, т. 33, стр. 1480-1493.
14. Cwiok S., Mikhailov I.N., Nazmitdinov R.G., Nazarewicz W. - Calculated spectrum of stretched γ -rays from the high-spin states in ^{118}Te (Расчет спектра γ -квантов из высокоспиновых состояний в ^{118}Te) - Препринт ОИЯИ Дубна, 1981, Е4-81-637, 4 с.
15. Mijailov I.N. y Nazmitdinov R.G. - Parametros inerciales y de deformacion cuadrupolar de los estados rotacionales nucleares (Параметры инерции и квадрупольная деформация ротационных состояний ядер). - Ciencias Technicas, Fis. Matem., 1981, v. 1, p. 117-123.

16. Fedotkin S.N., Mikhailov I.N., Nazmitdinov R.G.- The microscopic description of the isovector dipole excitations at high spins. (Микроскопическое описание изовекторных дипольных возбуждений при высоких спинах).- Phys.Lett.B, 1983, v. 121, p. 15-20.
17. Михайлов И.Н., Назмитдинов Р.Г., Федоткин С.Н.- Силовая функция изовекторных дипольных возбуждений в быстровращающихся ядрах.- ЯФ, 1983, т. 38, с. 24-35.
18. Михайлов И.Н., Назмитдинов Р.Г., Цвек С.- Эволюция формы ядра и спектра γ -квантов при быстром вращении.- ЯФ, 1984, т. 39, с. 1368-1377.
19. Kvasil J., Nazmitdinov R.G. Microscopic description of collective states near the yrast line of nuclei with stable octupole deformation (Микроскопическое описание коллективных состояний вблизи иррест-линии ядер со стабильной октупольной деформацией).- Nucl. Phys. A, 1985, v. 439, p. 86-116.
20. Квасил Я., Назмитдинов Р.Г.- Микроскопическое описание коллективных возбуждений вращающихся ядер.- ЭЧАЯ, 1986, т. 17, вып. 4, с. 613-666.
21. Назмитдинов Р.Г., Силиштеану И.- Об α -распаде быстровращающихся ядер.- ЯФ, 1986, т. 43, с. 58-60.
22. Nazmitdinov R.G., Mikhailov I.N., Briançon Ch. On octupole alignment in actinides (Об октупольном выстраивании в актинидах) - Phys. Lett. B, 1987, v. 198, p. 171-176.
23. Назмитдинов Р.Г.- Микроскопическое описание выстраивания октупольных фононов в актинидах.- ЯФ, 1987, т. 46, стр. 732-741.
24. Silisteanu I., Nazmitdinov R.G.- The instability of rapidly rotating nuclei towards emission of α -particles. (Нестабильность быстровращающихся ядер относительно эмиссии α -частиц).- Rev. Roum. Phys., 1988, v. 33, p. 267-277.
25. Kvasil J., Nazmitdinov R.G.- Microscopical Description of the Collective States in Rotating Nuclei (Микроскопическое описание коллективных состояний во вращающихся ядрах.)- I.- Acta Univ. Carolinae, Math. Phys., 1988, v. 29, p. 33-71.
26. Kvasil J., Nazmitdinov R.G. - Semimicroscopical Description of the Collective States in Rotating Nuclei. (Полумикроскопическое описание коллективных состояний во вращающихся ядрах.)- II.- Acta Univ. Carolinae, Math. Phys., 1989, v. 30, p. 55-89.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 июня 1990 года.