

97680



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

C-217

6-83-107

УДК 539.142.3

САФАРОВ
Рафкат Хабибуллаевич

ВЛИЯНИЕ ВРАЩЕНИЯ
НА КОЛЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА АТОМНЫХ ЯДЕР

Специальность: 01.04.16 – физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1983

Работа выполнена в Институте ядерной физики АН УЗССР

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

К.Я. ГРОМОВ,

доктор физико-математических наук
профессор

Г.Ф. ФИЛИППОВ,

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

Р.В. ДЖОЛОС.

Ведущая организация:

Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1983 г. в _____ час
на заседании Специализированного ученого совета Д 047.01.01 Лаборато-
рии теоретической физики Объединенного института ядерных исследований,
г. Дубна, Московской области.

Автореферат разослан "___" _____ 1983 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

Р.А. АСАНОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В последние годы все больше внимания уделяется вопросам выяснения структуры атомного ядра по данным о реакции ядра на вращение, т.е. на основе анализа изменений свойств ядра, вызванных вращением. Эффективность и универсальность данного метода изучения ядра объясняется тем, что вращение является уникальным средством воздействия на систему, приводящим к большому разнообразию явлений — от неадиабатических эффектов при медленном вращении и до существенных изменений в строении ядра и его развала при быстром.

Актуальность данного направления еще более повысилась в связи с появлением возможности изучения высокоспиновых состояний в реакциях с тяжелыми ионами и их теоретической интерпретации в рамках микроскопических подходов. Большие надежды возлагаются на выявление особенностей поведения ядерной материи при быстром и сверхбыстром вращении.

Существует большое число актуальных проблем, связанных с вращением. Основной проблемой является построение микроскопической теории вращательных состояний, которая оказалась довольно сложной из-за отсутствия малого параметра вращательного движения, аналогичного малым отклонениям от равновесной формы при колебании ядра, и достаточно сложной трехмерной кинематики. Предложено несколько вариантов микроскопической теории вращательного движения ядра, которые могут претендовать лишь на частичное решение проблемы. В большинстве микроскопических подходов в первом приближении получают результаты самосогласованной модели принудительного вращения, а рассмотренные поправки внешних приближений оказываются незначительными. Это обстоятельство наводит на мысль о существовании внутренней связи различных теорий вращательного движения и на необходимость проведения систематического сравнения существующих методов описания вращения.

Центральной проблемой всех микроскопических подходов остается задача теоретического описания момента инерции, являющегося основной характеристикой, непосредственно связанной с динамикой ротационного движения. Даже небольшое расхождение между теоретическим и экспериментальным значениями момента инерции не может быть оставлено без внимания. Интерес к этой проблеме еще более повысился в связи с обнаружением аномалий ротационного спектра ядер при высоких спинах.

Новые экспериментальные данные о развязанных ротационных полосах в нечетных ядрах вызвали ряд проблем, связанных с теоретическим описанием их на основе кориолисова смешивания состояний. Одна из них — выяснение причины завышения теорией данных о взаимодействии Кориолиса — особенно занимала исследователей в течение последнего десятилетия.

Все возрастающая экспериментальная информация об особенностях состояний ротационных полос, связанных силами Кориолиса, указывает на наличие выстраивания внутренних угловых моментов и на возможное влияние ротационного выстраивания угловых моментов на интенсивности радиационных переходов из выстроенных состояний. Существует еще ряд других актуальных проблем, возникших при изучении вращения атомного ядра.

Результаты исследования автором проблем, связанных с вращением ядра, легли в основу данной диссертационной работы.

Целью работы является теоретическое исследование свойств и структуры атомного ядра в рамках микроскопических подходов на основе анализа изменений его коллективных характеристик при вращении ядра в широкой области значений углового момента.

Научная новизна и практическая ценность работы. Реферлируемая работа является систематическим исследованием структуры атомного ядра, основанным на анализе влияния вращения на коллективные характеристики ядра: параметры, определяющие ядерное самосогласованное поле, параметры ротационного спектра и коллективных возбуждений.

В диссертации получила дальнейшее развитие микроскопическая теория вращательных состояний, основанная на элементарных возбуждениях - ротонах, и установлена ее внутренняя связь с другими микроскопическими подходами.

Впервые дан систематический анализ неадиабатических эффектов в энергетических и неэнергетических явлениях на основе микроскопической теории вращательных состояний.

Развиты и реализованы оригинальные подходы для изучения особенностей поведения сильно возмущенных силами Кориолиса ротационных полос квазичастичных и коллективных состояний.

Предложены и обоснованы методы определения характеристик ротационного движения ядра: выстроенного углового момента квазичастиц, а также октупольных фононов и инерциальных параметров - по экспериментальным данным о ядерном спектре.

Полученные новые сведения об особенностях поведения ядра при вращении, касающиеся коллективных возбуждений ротационного типа и аномалий ротационных полос основного и октупольных состояний, дают ценный материал о структуре атомного ядра.

Результаты теоретических исследований были использованы в ряде экспериментальных групп у нас и за рубежом для анализа данных эксперимента (модель двойной диагонализации, изменение коллективного гироманнитного отношения при вращении и др.), были основой широкого об-

суждения в научной литературе (например, форма параметризации энергии уровней ротационной полосы) и могут быть использованы при планировании новых экспериментов по данной теме.

На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Разработка и практическая реализация эффективного метода изучения неадиабатических эффектов вращения в широком круге явлений в рамках микроскопической теории вращательных состояний.

2. Результаты исследования причины расхождения между теоретическим и экспериментальным значениями момента инерции.

3. Модели, развиваемые для описания сильно возмущенных силами Кориолиса ротационных полос квазичастичных состояний в нечетных ядрах и октупольных состояний в четно-четных ядрах.

4. Выявленные энергетические и распадные особенности поведения коллективных возбуждений при высоких спинах.

5. Предлагаемые методы определения выстроенных внутреннего и вращационного угловых моментов вращающегося ядра и его инерциальных характеристик.

Апробация диссертации и публикации

Основные результаты, изложенные в диссертационной работе, докладывались на XV, XVI, XVII, XVIII-XXI, XXII Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, на Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра (Дубна, 1976), на Всесоюзной школе по ядерной физике (Бухара, 1979), на совещаниях по спектроскопии нейтрондефицитных изотопов (Дубна), на научных семинарах отдела теории ядра Лаборатории теоретической физики ОИЯИ и Института ядерной физики АН УзССР.

По материалам диссертации опубликовано 23 работы, в том числе обзоры /II, 23/.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы - всего 259 страниц машинописного текста, 25 рисунков, 32 таблицы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается краткий обзор современных проблем, связанных с вращением ядра, изложена постановка обсуждаемой задачи и дано обоснование ее актуальности и важности.

В первой главе рассматриваются вопросы, связанные с теоретическим описанием момента инерции атомного ядра. Открытие сверхтекучести

ядерной материи существенно продвинуло наши представления о динамике ядерного вращения и дало возможность количественного описания момента инерции ядер. В результате детальных расчетов момента инерции четно-четного ядра обнаруживается систематическое занижение теорией его значения. Нами были проведены исследования с целью связать причину этого отклонения с такими вопросами, как

а) недостатки математического аппарата применяемых моделей (нарушение закона сохранения числа частиц, более последовательный учет эффекта блокировки, использование условия оптимального выделения ротационной переменной);

б) выбор потенциала среднего поля и дополнительный учет остаточных взаимодействий нуклонов определенной симметрии;

в) эффекты, обусловленные влиянием вращения на внутреннюю структуру ядра.

Показано, что последовательное рассмотрение этих вопросов не улучшает согласия теории с экспериментом.

Использование более реалистичного потенциала Саксона-Вудса вместо потенциала Нильссона не устранило расхождения между теорией и экспериментом, так же как и учет остаточных взаимодействий спин-мультипольного типа.

Обнаружено, что одновременный учет эффекта блокировки и использование проектирования на число частиц при расчете момента инерции ядра дает значения, близкие к результатам, полученным с непроектированными волновыми функциями без блокировки.

Была проведена безмодельная верхняя оценка момента инерции на основе общих кинематических соотношений с использованием условия оптимального выделения ротационной переменной. Однако численные расчеты в базе состояний независимых квазичастиц несколько превышают эту оценку. Можно показать, что этот результат связан с проблемой завышения взаимодействия Кориолиса и неадиабатических эффектов теорией, основанной на независимом движении нуклонов или квазичастиц. С аналогичной проблемой мы столкнулись при расчете моментов инерции нечетных ядер, проведенном нами несколько раньше расчетов группы Нильссона. Было обнаружено, что теория также завышает значение момента инерции нечетного ядра в состояниях, относящихся к сферической подоболочке с большим одночастичным угловым моментом.

Учет неадиабатичности вращения при безмодельной оценке момента инерции снова приводит к уменьшению момента инерции, так что первоначальное расхождение между теорией и экспериментом остается неизменным.

Естественно возникает вопрос о том, насколько точно определены момент инерции и как зависит его эффективное значение от выбора функциональной зависимости энергии уровня от углового момента.

Нами проведено уточнение определения момента инерции ядра по экспериментальным энергиям уровней ротационной полосы, основанное на более корректном вычислении производной от величины (энергия уровня), заданной в дискретном наборе точек, по угловому моменту, с использованием методов численного анализа. Данный метод определения момента инерции был применен для описания аномалий момента инерции при низких спинах ($J_{2+} - J_{0+} < 0$) и в нерегулярной области ротационного спектра при пересечении полос. На основе этого подхода также уточняется определение выстроенного углового момента i без экстраполяции хода изменения углового момента $I(\Omega)$ при низких частотах Ω на область пересечения полос.

Различные формы параметризации энергии уровней ротационной полосы приводят к не столь сильно различающимся эффективным значениям момента инерции, но при этом другие параметры могут существенно меняться (например, параметр неадиабатичности).

Так же незначительно перенормируется момент инерции (несколько процентов) в предложенной нами параметризации энергии уровней ротационной полосы, которая обладает значительной простотой по сравнению с моделью Харриса или моделью переменной момента инерции с ее различными вариантами и не уступает им по точности описания экспериментальных данных. Данная форма параметризации была в дальнейшем обобщена для применения к области высоких спинов в виде разложения квадрата углового момента по степеням энергии вращения, была использована для описания ротационной полосы нечетных ядер и для описания энергии ядра во вращающейся системе координат.

Отметим, что уточненное определение момента инерции J , как и наша параметризация энергий ротационной полосы, приводят к незначительному перенормированию J и не устраняют расхождения между теоретическим и экспериментальным значениями момента инерции.

Во второй главе автор проводит исследования изменений коллективных свойств ядра, вызванных вращением, и классификацию неадиабатических эффектов вращения ядра, отталкиваясь от микроскопической теории вращательных состояний, предложенной И.Н. Михайловым и Е.Наджаковым. Возросшие возможности экспериментальных методов измерения характеристик ядерного вращения ставят требование столь же прецизионной анализа их в рамках микроскопических подходов. С этой целью проводится аналитическое решение уравнений микроскопической теории для матрицы плотности.

ти с точностью до 3-го порядка приближения по вращению. Решения представлены через производные коллективных характеристик по угловому моменту, что позволяет с единой точки зрения обсудить неадиабатические эффекты в большом круге явлений.

Более корректный учет в нулевом приближении влияния вращения на внутреннее движение ядра приводит к перенормировке энергии одночастичных состояний и корреляционной функции, которая улучшает согласие с экспериментом теоретического значения момента инерции.

Предложен эффективный метод расчета изменения со спином коллективных характеристик ядра: корреляционной функции, химического потенциала, квадрупольных моментов и момента инерции. Он основан на процедуре численного интегрирования системы дифференциальных уравнений второго порядка, которую составляют производные по угловому моменту от коллективных характеристик ядра. Данный метод, как метод последовательных приближений по вращению, применим для невысоких спинов ($I = 8+10$); он обладает значительной простотой при сохранении всей строгости, возникающей в связи с требованием самосогласования по коллективным параметрам.

С использованием решения уравнений микроскопической теории найдено выражение для параметра неадиабатичности вращения и проведена классификация неадиабатических эффектов, которая позволяет описать причины изменения коллективных характеристик ядра с увеличением углового момента.

В рамках микроскопической теории Михайлова-Наджакова найдены поправки высших приближений по вращению к выражению момента инерции, учет которых улучшает согласие теории с экспериментом. Но при более последовательном рассмотрении этих поправок необходимо учесть также и влияние параметра неадиабатичности вращения на момент инерции, включение которого может в значительной мере компенсировать поправки первого типа.

Определены пределы применимости обобщенных правил интенсивностей радиационных переходов между уровнями ротационной полосы, для чего исследовано изменение параметра неадиабатичности γ -переходов α со спином I и выявлено уменьшение α на $\sim 30\%$ и менее при $I \sim 8+10$, что несколько меньше погрешности его определения.

В рамках микроскопической теории вращательных состояний найдено выражение для параметра изменения коллективного гиромангнитного отношения g_R при вращении, в котором более корректно учтены неадиабатические эффекты вращения и показано, что g_R для рассмотренных ядер редкоземельной области уменьшается быстрее, чем предсказывает явление кориолисова антиспаривания.

Рассмотрено явление кориолисова антиспаривания в ротационных полосах, основанных на γ -вибрационных состояниях. Проведено обобщение уравнений для корреляционной функции и химического потенциала сверхтеплой модели атомного ядра на случай ротационных полос, основанных на однофононном или двухквaziчастичном состояниях. Показано, что парные корреляции в вибрационном состоянии могут быть усилены или ослаблены по сравнению с основным состоянием в зависимости от степени коллективности состояния. В соответствии с этим момент инерции γ -вибрационного состояния может быть меньше или больше момента инерции основного состояния. С увеличением углового момента парные корреляции вибрационной полосы более резко ослабляются по сравнению с основной ротационной полосой. Частота γ -вибрации уменьшается с ростом спина, главным образом из-за понижения энергии наименьшего двухквaziчастичного полуса.

В третьей главе диссертации изучается поведение коллективных характеристик ядра при быстром вращении в рамках микроскопической модели И.Н. Михайлова и Д. Анссена, в которой комбинируются представления модели принудительного вращения в описании квазичастичных возбуждений вращающегося ядра и приближения случайной фазы для анализа коллективных возбуждений.

При изложении основ данной модели подробно рассматривается вывод секулярных уравнений для собственных частот низколежащих коллективных возбуждений различной природы, среди которых появляются колебания нутационного типа при отклонении равновесной формы ядра от аксиально-симметричной. Найдено выражение для вероятностей радиационных переходов между ирради- и однофононными состояниями быстро вращающегося ядра, изучение которых дает сведения о структуре коллективных состояний.

Изучено поведение энергии однофононных возбуждений нутационного типа при возрастании спина I на конкретном ядре ^{168}Yb . С этой целью проведено численное решение вариационных уравнений модели принудительного вращения в приближении Хартри-Фока-Боголюбова и определены равновесные параметры формы ядра ^{168}Yb при различных значениях спина вплоть до $I = 86 \frac{1}{2}$. Как показали результаты расчета, при малых спинах происходит некоторое центробежное растяжение формы, а при умеренно высоких спинах имеет место противоположная тенденция. Параметр неаксиальности γ при небольших значениях углового момента ведет себя согласно предсказаниям гидродинамической модели, а при высоких спинах изменяет знак, проявляя инерционные свойства, близкие свойствам твердого тела. Здесь опять преобладает центробежное растяжение формы.

При использовании этих значений равновесных параметров формы проведено численное решение секулярного уравнения для собственных частот низко-

лежащих коллективных возбуждений отрицательной сигнатуры и обнаружено, что энергии однофононных возбуждений прецессионного типа при низких I лежат значительно ниже 2-квазичастичных возбуждений, что соответствует коллективной моде возбуждений. При $I \rightarrow 0$ данный тип возбуждения вырождается в ветвь отрицательной сигнатуры χ -вибрационной полосы. В интервале до $I < 50$ предсказания адиабатической формулы для нутационной частоты близки решениям строгой микроскопической теории, но при более высоких спинах они значительно различаются. При $I \sim 40$ для ^{168}Yb наблюдается сильное опускание частоты нутационного возбуждения, которое тесно связано с изменением знака параметра неаксиальности. В состояниях с $I = 30$ и $I = 40$ угловой момент ядра выстраивается вдоль разных внутренних осей. В этой области спинов следует ожидать больших флуктуаций ориентации спинов по отношению к системе, связанной с телом.

Расчеты вероятностей E2-переходов с ираст-полосы на однофононные состояния показали, что коллективность фононных состояний пропадает в этой области I .

Из данного анализа следует, что энергии нутационных возбуждений сильно зависят от параметров формы и инерционных свойств ядра и теоретическое изучение их может дать полезную информацию для экспериментов по поиску этих состояний.

Решение уравнений на собственные функции и собственные значения квазичастичных возбуждений вращающегося ядра связано с трудоемкими расчетами на ЭВМ. Но для рассмотрения аномалии ираст-полосы, связанной с выстраиванием углового момента квазичастиц на уровне сферической оболочке с большим значением одночастичного момента j , расчеты можно значительно упростить, воспользовавшись приближением изолированного j -уровня. Нами решены вариационные уравнения модели принудительного вращения в данном приближении для изотопов $^{156-166}\text{Er}$ и рассчитаны значения вращенного углового момента, критической частоты вращения, при которой происходит пересечение основной (g) и вращенной (S) полос, уменьшение частоты вращения ядра при выстраивании углового момента и предельное значение потенциала взаимодействия g -и S -полос, при котором еще наблюдается аномалия ираст-полосы. Сравнение рассчитанных величин с экспериментальным значением указывает на хорошее согласие теории с экспериментом.

В четвертой главе разрабатывается модифицированный вариант неадиабатической модели для описания сильно возмущенных ротационных полос нечетного ядра.

Недавние экспериментальные данные о высокоспиновых ротационных полосах вызвали новый интерес к задаче о кориолисовом смешивании со-

стояний нечетного ядра. Вращательная модель Бора (ВМБ), на основе которой общепринято проводить анализ вращательного движения ядра, теперь уже не могла дать хорошего согласия с экспериментом без определенной модификации. Обнаружено, что ВМБ в оригинальном виде переоценивает взаимодействие Кориолиса (ВК) даже при учете парных корреляций, а при высоких угловых моментах сильно проявляются неадиабатические эффекты четного остова. Поэтому модификация ВМБ может быть связана как с перенормировкой м.э. ВК, так и с выбором иной функциональной зависимости энергии вращения остова от углового момента.

Нами предлагается естественное объяснение ослабления взаимодействия Кориолиса в нечетных ядрах на основе квазичастично-фононной модели. Из-за фрагментации одночастичных волновых функций по многим состояниям уменьшается квазичастичная амплитуда и появляется компонента фонон плюс квазичастица с другими квантовыми числами. В случае состояния с большим значением углового момента j примешиваются состояния с малыми значениями j , и это приводит к уменьшению ВК, что более соответствует экспериментальной ситуации.

Вращательное движение вызывает, помимо смешивания конфигураций $\Delta K = \pm 1$, обусловленного ВК, также некоторые динамические эффекты, такие, как возмущение внутреннего состояния из-за вращения, прямое смешивание состояний с $\Delta K > 1$, изменение коллективных параметров, в том числе и момента инерции, с возрастанием углового момента. Наличие нечетной частицы приводит к дополнительным поляризационным эффектам остова, в результате которых момент инерции становится функцией состояния нечетной частицы.

Вычисление ВК с перенормированным моментом инерции сопряжено с определенной трудностью вследствие того, что теряется контроль за эрмитовостью ротационного гамильтониана и ортогональностью различных решений.

Все эти трудности устраняются в предложенном нами методе, получившем название метода двойной диагонализации. Этот метод основан на функциональной зависимости энергии вращения от углового момента, предложенной ранее нами. Решение уравнения Шредингера с гамильтонианом $H = H_{\text{внут.}} + H_{\text{вр.}}$ ищется в представлении, в котором диагонален коллективный угловой момент $\vec{R}^2 = (\vec{I} - \vec{j})^2$, а также ротационная часть гамильтониана $H_{\text{вр.}}(\vec{R}^2)$. Таким образом, решение поставленной задачи достигается с применением ЭВМ путем предварительной диагонализации \vec{R}^2 и последующей диагонализации полного гамильтониана.

Применимость развиваемой модели была проверена на ядрах с сильно возмущенными ротационными полосами над состояниями из сферической оболочке с большим значением j ($^{159,161}\text{Dy}$, ^{235}U). Достигнута до-

статочна высокая степень воспроизведения экспериментальных значений энергий ротационных полос и показано, что основной причиной ослабления ВК является смешивание одноквазичастичных состояний нечетного ядра с колебательными возбуждениями четного остова.

При больших значениях углового момента волновая функция состояний нечетного ядра имеет очень простую структуру в R^2 -представлении, что позволяет проанализировать качественно характеристики высокоспиновых состояний и E2-переходов при сильном кориолисовом смешивании квазичастичных состояний.

Развиваемую неадиабатическую модель "ротатор плюс частица" нечетных ядер можно распространить на октупольно-вращательные полосы четно-четных ядер по аналогичной схеме "ротатор плюс фонон". Мы провели расчеты спектров октупольно-вращательных полос в ядрах ^{232}Th и $^{236,238}\text{U}$, которые являются примером полос, сильно связанных силами Кориолиса. В отличие от ротационных полос нечетных ядер в октупольных полосах рассмотренных ядер приходится вводить фактор усиления ВК, если пользоваться результатами полумикроскопической теории В.Г.Соловьева для оценки м.э. ВК, или фактор ослабления ВК в сферическом пределе, когда фононные состояния соответствуют колебаниям сферической поверхности. При этом обнаружено, что эмпирически найденные м.э. ВК, т.е. найденные по критерию χ^2 , ближе к значениям микроскопической теории, чем к м.э. сферического предела.

В пятой главе исследуются особенности спектра состояний отрицательной четности и их радиационного распада при наличии ротационного выстраивания углового момента октупольных вибраций в деформированных ядрах актинидной области. С этой целью развивается феноменологическая модель, основанная на смешивании коллективных состояний однофононных состояний октупольной и дипольной природы, связанных силами Кориолиса. Модель приводит к дифференциальному уравнению, в котором энергетические интервалы между состояниями ротационной полосы выражаются как функция угловой частоты остова $\omega_{\text{Ф}}$ и выстроенного углового момента. Путем численного интегрирования дифференциального уравнения для конкретных ядер восстанавливаются инерционные свойства остова и определяется выстроенный угловой момент октупольной полосы по данным об энергиях σ^- -полосы. Показано, что аномальная зависимость эффективного момента инерции σ^- -полосы от частоты вращения при малых спинах обусловлена выстраиванием вибрационного углового момента. Момент инерции остова линейно зависит от $\omega_{\text{Ф}}$ и отличается от момента инерции основной полосы, являющегося возрастающей функцией $\omega_{\text{Ф}}$. Это указывает на то, что присутствие октупольных возбуждений блокирует некоторые внутренние степени свободы, которые сильно подвержены действию сил Кориолиса.

Примеси дипольных фононов в октупольных состояниях ослабляют взаимодействие Кориолиса и приводят к уменьшению выстроенного углового момента по сравнению с чистым октупольным состоянием.

В рамках данной модели описаны недавно обнаруженные отклонения от адиабатических правил в поведении вероятностей E1-переходов из состояний октупольных полос на состояния основной ротационной полосы для ядер актинидной области. Показано, что причиной этих отклонений в радиационных переходах являются ротационное выстраивание вибрационного углового момента и примеси дипольных фононов в октупольных состояниях.

Основные результаты настоящей работы можно сформулировать кратко в виде следующих выводов:

1. В рамках микроскопической теории вращательных состояний разработан метод изучения неадиабатических эффектов вращения в широком круге явлений, с помощью которого выявлена относительная роль сил Кориолиса и эффектов кориолисова анτισпаривания и центробежного растяжения формы среднего поля в отклонениях энергии ротационного спектра и интенсивностей радиационных переходов от предсказаний ротационной модели, в изменении коллективного гиромангнитного отношения при вращении, а также в квантовых поправках высших приближений по вращению к моменту инерции. Предложен эффективный метод расчета изменения со спином коллективных характеристик ядра: корреляционной функции, химического потенциала, компонент квадрупольного момента и момента инерции. Этот метод обладает простотой при сохранении всей строгости, возникающей в связи с требованием самосогласования по коллективным параметрам.

2. Рассмотрено явление кориолисова анτισпаривания в ротационных полосах, основанных на γ -вибрационных состояниях, и выявлена связь величины парных корреляций со степенью коллективности состояний.

3. Проведено исследование причин, вызывающих занижение теоретического значения момента инерции в основном состоянии четно-четных ядер, и показано, что последовательное рассмотрение вопросов, связанных с недостатками математического аппарата применяемых моделей, с выбором потенциала среднего поля и учетом остаточных взаимодействий нуклонов, а также с эффектами, обусловленными влиянием вращения на внутреннюю структуру ядра, при расчете моментов инерции не улучшает согласия теории с экспериментом.

4. Предложена оригинальная параметризация энергии уровней ротационной полосы четно-четных ядер, которая обладает значительной простотой по сравнению с другими феноменологическими моделями и не уступает им по точности воспроизведения экспериментальных данных. Она была обобщена на случай высоких спинов, применена к описанию спектра не-

четных ядер и к параметризации энергии ядра во вращающейся системе координат.

5. Предложено уточненное определение момента инерции из экспериментальных энергий уровней ротационной полосы, применимое к аномальным участкам ротационного спектра как при низких спинах ($0^+ \rightarrow 2^+$), так и при пересечении полос. Обосновывается метод определения таких количественных характеристик, как выстроенный угловой момент, критическая частота вращения и ее уменьшение при пересечении ротационных полос.

6. Разработан метод численного анализа коллективных возбуждений нутационной природы в рамках микроскопической модели Михайлова-Яссена. Конкретными расчетами подтвержден вывод о характере поведения таких возбуждений: в пределе $I \rightarrow 0$ собственные частоты этих возбуждений переходят в ветвь отрицательной сигнатуры γ -вибрационной полосы. В области высоких спинов, где меняется знак параметра неаксиальности, получаются аномально низкие оценки для энергии возбуждения нутационной природы, в 2-3 раза отличающиеся от подобных оценок, полученных О.Бором и Б.Моттельсоном в модели трехосного жесткого ротора.

7. Проведен систематический анализ характеристик аномального поведения ираст-полосы изотопов E_r на основе решения уравнений ХФБ модели принудительного вращения в приближении изолированного j -уровня. Показано, что выстраивание внутреннего углового момента происходит при пересечении квазичастичных орбиталей с нулевой осью $E(\Omega) = 0$ и определяется изменением наклона орбиталей.

8. Предлагается модифицированный вариант вращательной модели для изучения сильно связанных ротационных полос нечетного ядра, основанный на более строгом рассмотрении неадиабатических эффектов, приводящих к смешиванию состояний с $\Delta K > 1$, и допускающий перенормировку моментов инерции (без потери при этом математической корректности задачи диагонализации гамильтониана со взаимодействием Кориолиса).

9. Изучение роли фононных компонент во внутренних состояниях нечетного ядра в формировании ротационных полос, сильно искаженных силами Кориолиса, показало, что основной причиной ослабления взаимодействия Кориолиса является смешивание одноквазичастичных состояний нечетного ядра с колебательными возбуждениями четного остова.

10. Развита феноменологическая модель для описания особенностей в спектре состояний отрицательной четности и их радиационного распада при наличии ротационного выстраивания вибрационного углового момента в деформированных ядрах из актинидной области. Предложен рецепт определения инерциальных свойств остова и выстроенного углового мо-

мента октупольных полос по экспериментальным энергиям полос. Показано, что примесь дипольных фононов в октупольных состояниях приводит к ослаблению взаимодействия Кориолиса между октупольными полосами и к уменьшению выстроенного углового момента по сравнению с чистым октупольным состоянием.

Результаты, вошедшие в диссертацию, опубликованы в работах:

1. Сафаров Р.Х., Ходжаев Л.Ш. О моменте инерции сверхтекучего ядра в возбужденном состоянии.- Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1964, № 6, с. 54-58.
2. Сафаров Р.Х. Расчет моментов инерции возбужденных ядер.- Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1965, № 1, с. 86-92.
3. Сафаров Р.Х. Влияние эффекта блокировки на момент инерции ядер.- Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1966, № 1, с. 69-73.
4. Сафаров Р.Х. Расчет моментов инерции возбужденных ядер в рамках улучшенной сверхтекучей модели ядра.- ДАН УзССР, 1966, № 6, с. 25-28.
5. Михайлов И.Н., Наджаков Е., Сафаров Р.Х. Условие оптимального выделения ротационной переменной и момент инерции ядра.- Дубна, 1966.- 16 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн. исслед.: Р-2866).
6. Бегжанов Р.Б., Сафаров Р.Х., Чориев Б. Об экспериментальном значении момента инерции четно-четного ядра.- Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1977, № 4, с. 65-68.
7. Михайлов И.Н., Сафаров Р.Х., Назмитдинов Р.Г., Ходжаев Л.Ш. Аналитические выражения для матрицы плотности 2-го и 3-го порядков приближения в микроскопической теории вращательных состояний четно-четного ядра.- Дубна, 1976,- 20 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн.исслед.: Р4-10224).
8. Назмитдинов Р.Г., Сафаров Р.Х., Ходжаев Л.Ш. Вычисление инерциальных параметров вращения ядер в микроскопической теории.- Изв. ВУЗов, Физика, 1979, т. 8, с. 86-90.
9. Муминов А.И., Сафаров Р.Х., Усманов Ф.Н. Изменение коллективного гиромангнитного отношения ядра.- Изв. АН СССР сер. физ., 1980, т. 44, № 9, с. 1498-1501.
10. Караджов Д., Сафаров Р.Х. Эффект кориолисова антиспаривания в состояниях гамма-ротационных полос.- Дубна, 1976.- 21 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн.исслед.: Р4-3552).
11. Сафаров Р.Х., Назмитдинов Р.Г. Явление кориолисова антиспаривания ротационной полосы гамма-вибрационного состояния ядра.- В кн.: Теоретические исследования по физике элементарных частиц и атомного ядра. Ташкент: ФАН, 1977, с. 140-165.

12. Муминов А.И., Сафаров Р.Х., Усманов Ф.Н. Неадиабатические отклонения вероятностей E2-переходов в изотопах Yb. - Тезисы докладов XXXII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л., Наука, 1982, с. 184.- Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1982, № 4, с. 62-65.
13. Сафаров Р.Х. Расчет коэффициента неадиабатичности вращения в рамках сверхтекучей модели.- Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1967, № I, с. 78-79.
14. Janssen D., Mikhailov I.N., Nazmitdinov R.G., Nerlo-Pomorska B., Pomorski K., Safarov R.Kh. Calculations of low-lying collective excitation energies in ^{168}Yb of high momenta.- Phys.Lett., 1978, v. 79B, N 4,5, p.347-350;- Dubna,1978.-12p.(Prepr/JINR: E4-11371).
15. Акбаров А., Муминов А.И., Сафаров Р.Х. Свойства коллективных возбуждений ^{168}Yb в методе силовой функции.- ДАН УзССР, 1981, № 4, с. 23-25.
16. Муминов А.И., Сафаров Р.Х., Усманов Ф.Н., Юлдашбаева Э.Х. Качественное описание аномального поведения уровней ираст-полосы в изотопах Er. - Тезисы докладов XXXII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л., Наука, 1982, с. 211.- Изв. АН СССР, сер. физ., 1982, т. 47, с.
17. Mikhailov I.N., Safarov R.Kh., Usmanov Ph.N., Briancon Ch. Negative parity collective states in actinides in a phenomenological approach.- Dubna, 1982.- 21 p. (Preprint/JINR: E4-84-489).
18. Бегжанов Р.Б., Сафаров Р.Х., Чориев Б. О взаимодействии Кориолиса в нечетных ядрах.- Проблемы ядерной физики и космических лучей. Харьков: XIY, 1979, вып. 10, с. 70-74.
19. Kvasil J., Mikhailov I.N., Safarov R.Kh., Choriev B. The influence of phonon admixture and non-adiabatic effects in the even-even core on the Coriolis mixing of odd nuclei states.- Czech. J. Phys., 1978, v. B28, p. 843-856;- Дубна, 1977.- 21 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн.исслед.: P4-II066).
20. Акбаров А., Михайлов И.Н., Сафаров Р.Х., Чориев Б. Качественные характеристики структуры высокоспиновых состояний нечетных ядер.- Дубна, 1978.- 19 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн. исслед.: P4-II969).
21. Михайлов И.Н., Сафаров Р.Х., Чориев Б. Описание ираст-полосы нечетных ядер.- Изв. АН СССР, сер. физ. 1978, т. 42, № II, с. 2338-2342.

22. Бегжанов Р.Б., Михайлов И.Н., Сафаров Р.Х., Чориев Б. Аномалия моментов инерции и взаимодействия Кориолиса в актинидах.- Изв. АН СССР, сер. физ., 1979, т. 43, № 5, с. 1026-1033.
23. Сафаров Р.Х., Чориев Б. Взаимодействие Кориолиса в атомных ядрах. - В кн.: Бухарская школа по ядерной физике.- Ташкент: Узбекистан, 1981, с. 356-380.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 февраля 1983 года.