

eISSN 2663-1296

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№4(133)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

Бас редакторы:
ф.-м.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ
А.Т. Ақылбеков (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары

Гиниятова Ш.Г. ф.-м.ғ.к., доцент
Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ (Қазақстан)

Редакция алқасы

Арынгазин А.Қ.
Алдонгаров А.А.
Балапанов М.Х.
Бахтизин Р.З.
Даулетбекова А.Қ.
Ержанов Қ.Қ.
Жұмаділов Қ.Ш.
Здоровец М.
Қадыржанов Қ.Қ.
Кайнарбай А.Ж.
Козловский А.Л.
Кутербеков Қ.А.
Луцкий А.Ч.
Попов А.И.
Морзабаев А.К.
Мырзақұлов Р.Қ.
Нұрахметов Т.Н.
Сауытбеков С.С.
Салиходжа Ж.М.
Скуратов В.А.
Тлеуенов С.К.
Усеинов А.Б.
Хоши М.
Шункеев Қ.Ш.

ф.-м.ғ. докторы, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Тарту университеті (Эстония)
ф.-м.ғ.д., проф., Латвия университеті (Латвия)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Біріккен ядролық зерттеулер институты (Ресей)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, проф., Коши университеті (Жапония)
ф.-м.ғ.д., проф., Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе мемлекеттік университеті (Қазақстан)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, 402 б., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.
Тел.: +7(7172) 709-500 (ішкі 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Журнал менеджері: Г. Мендыбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

Меншіктенуші: "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" Коммерциялық емес акционерлік қоғам

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Жазылу индексі: 76093

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.

№16999-ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

Ашық қолданудағы электрондық нұсқа: <http://bulphysast.enu.kz/>

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі, 12/1, 102 б., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Тел.: +7(7172)709-500 (ішкі 31-428)

Editor-in-Chief

Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, ENU
A.T. Akilbekov (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief

Giniyatova Sh.G., Candidate of Phys.-Math. Sciences,
Assoc. Prof., ENU (Kazakhstan)

Editorial Board

Aryngazin A.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Aldongarov A.A.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Balapanov M.Kh.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
Bakhtizin R.Z.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
Dauletbekova A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
Hoshi M.	PhD, Prof., Kyushu University (Japan)
Kadyrzhanov K.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Kainarbay A.Zh.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Kozlovskiy A.L.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Kuterbekov K.A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Lushchik A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Tartu (Estonia)
Morzabayev A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Myrzakulov R.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Nurakhmetov T.N.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Popov A.I.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Latvia (Latvia)
Sautbekov S.S.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., KazNU (Kazakhstan)
Salikhodzha Z. M	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Skuratov V.A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Joint Institute for Nuclear Research (Russia)
Tleukenov S.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Useinov A.B.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Yerzhanov K.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
Zdorovets M.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Zhumadilov K.Sh.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Shunkeyev K.Sh.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Zhubanov University (Kazakhstan)

Editorial address: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., of. 402,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008
Tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Managing Editor: G. Mendybayeva

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.
PHYSICS. ASTRONOMY Series

Owner: Non-profit joint-stock company "L.N. Gumilyov Eurasian National University"

Periodicity: 4 times a year. Subscription index: 76093

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Available at: <http://bulphysast.enu.kz/>

Address of printing house: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 12/1 Kazhimukan str.,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)

Главный редактор:
доктор ф.-м.н., профессор
А.Т. Акилбеков, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Зам. главного редактора

Ш.Г. Гиниятова к.ф.-м.н., доцент
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Редакционная коллегия

Арынгазин А.К.	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Алдонгаров А.А.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Балапанов М.Х.	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
Бахтизин Р.З.	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
Даулетбекова А.К.	д.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Ержанов К.К.	к.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Жумадилов К.Ш.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Здоровец М.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кадыржанов К.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кайнарбай А.Ж.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Козловский А.Л.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кутербеков К.А.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Лущик А.Ч.	д.ф.-м.н., проф., Тартуский университет (Эстония)
Морзабаев А.К.	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Мырзакулов Р.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Нурахметов Т.Н.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Попов А.И.	д.ф.-м.н., проф., Латвийский университет (Латвия)
Сауытбеков С.С.	д.ф.-м.н., проф., КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан)
Салиходжа Ж.М.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Скуратов В.А.	д.ф.-м.н., проф., Объединенный институт ядерных исследований (Россия)
Тлеукинов С.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Усеинов А.Б.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Хоши М.	PhD, проф., Коши университет (Япония)
Шункеев К.Ш.	д.ф.-м.н., проф., АРГУ имени К. Жубанова (Казахстан)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, каб. 402, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Менеджер журнала: Г. Мендыбаева

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

Собственник: Некоммерческое акционерное общество "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева"

Периодичность: 4 раза в год. Подписной индекс: 76093

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Электронная версия в открытом доступе: <http://bulphysast.enu.kz/>

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. тел.: +7(7172)709-500 (вн. 31-428)

**Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТИНІН
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы**

№4(133)/2020

МАЗМУНЫ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Гео стационарлық жерсеріктің орнын анықтау алгоритмінде аппроксимация әдісін қолдану	8
<i>Сәндібаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Молекулалық физикадан жалпы оқыту дағдыларын қалыптастыру	16
<i>Қойлық, Н.О., Бактыбаев Қ.Б., Қаптағай Г.Ә., Айдарбекова А.А., Далелханкызы А.</i> γ - орнықсыз ядролардың фермиондық моделі және күй құрылымы	23
<i>Ашуров А.Е., Әбдірашев Ө.К.</i> Түсіретін аппараттың орбитада қозғалысын моделдеу	33
<i>Кутербеков К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> $K_xCu_{2-x}S$ суперионды қорытпаларының электрлік және жылулық қасиеттері	39
<i>Убаев Ж., Шункеев К., Мясникова Л., Сагимбаева Ш.</i> Нүктелік және серпімді деформация кезіндегі NaCl матрицасының люминесценциясы	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шакерхан К.О., Керимбаев А.О., Мукушев Б.А.</i> Центрілік тартылыс күші өрісінде дене қозғалысын компьютерлік модельдеуі	55
<i>Шағдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> 2017 жылдың 4-10 қыркүйек аралығында CARPET құрылысында тіркелген ғарыштық сәулелердің вариациясы	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алпысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> YAG:Ce керамикасының радиациялық синтезінің тұрақтылығы	66
<i>Бижігітов Т., Жумадилов Е.</i> Тұрақты температурада VI-мүз модификациясының Юнг, ығысу модульдері мен онда тарайтын ультрадыбыс толқындарының қысымға тәуелділігін зерттеу	73
<i>Тулеков Е.А., Морзабаев А.К., Махмұтов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> ЕҰУ эксперименттік кешенінің бақылау деректері негізіндегі 2016-2019 жж. ғарыштық сәулелердің вариациялары	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я.</i> Күшті криптон-оттекті байланысындағы UO_2 -дегі криптон диффузиясы. Молекулалық динамика модельдеуі	86

**BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS.
ASTRONOMY SERIES**

№4(133)/2020

CONTENTS

<i>Ashurov A.E., Kalmanova D.M., Rahimova A.D.</i> Application of the approximation method in the algorithm for determining the position of a geostationary satellite	8
<i>Sandibaeva N.A., Aidarbekova A.A.</i> Formation of general education skills on molecular physics	16
<i>Koilyk N.O., Baktybaev K.B., Kaptagay G., Aidarbekova A.A., Dalelhankyzy A.</i> Fermion dynamical-symmetrical model and the structure of states of the γ - nuclei	23
<i>Ashurov A.E., Abdirashev O.K.</i> Information and metrological support for the complex of robotic devices	33
<i>Kuterbekov K.A., Balapanov M.Kh., Kubenova M.M., Palymbetov R.Sh., Sakhabaeva S.M., Kabyshev A.M., Bekmyrza K.Zh., Kulanova K.K.</i> Electrical and thermal properties of $K_xCu_{2-x}S$ superionic alloys	39
<i>Ubayev Zh., Shunkeyev K., Myasnikova L., Sagimbayeva Sh.</i> Luminescence of the NaCl matrix under local and elastic deformation	49
<i>Akhataeva Zh.O., Shakerkhan K.O., Kerimbaev A.O., Mukushev B.A.</i> Computer simulation of body motion under the action of Central attraction	55
<i>Shagdar N.M., Morzabaev A.K.</i> Observations of cosmic ray variations by the CARPET detector during the period from 4 to 10 September, 2017	61
<i>Karipbaev Zh., Alpyssova G., Lisitsyn V., Musahanov D.</i> Stability of radiation synthesis of YAG:Ce ceramics	66
<i>Bizhigitov T., Zhumadilov E.</i> Study dependence of Young's, shear modulus and ultrasonic waves propagation of the vi ice modification to the pressure at a constant temperature	73
<i>Tulekov Ye., Morzabaev A.K., Makhmutov V.S., Yerkhov V.I., Philippov M.V.</i> Variations of cosmic rays in the period 2016-2019 according to observations of the ENU experimental complex	79
<i>Seitov D.D., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya.</i> Krypton Diffusion in UO_2 Assuming a Strong Bonding Krypton-Oxygen. A Molecular Dynamics Simulation	86

**ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№4(133)/2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Применение метода аппроксимации в алгоритме определения положения геостационарного спутника	8
<i>Сандибаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Формирование общеобразовательных умений по молекулярной физике	16
<i>Койлык Н.О., Бактыбаев К.Б., Каптагай Г.А., Айдарбекова А.А., Далелханкызы А.</i> Фермионная модель и структура состояний γ -нестабильных ядер	23
<i>Ашуров А.Е., Абдирашев О.К.</i> Моделирование движения спускаемого аппарата на орбите	33
<i>Кутербекоев К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> Электрические и тепловые свойства суперионных сплавов $K_xCu_{2-x}S$	39
<i>Убаев Ж., Шункеев К., Мясникова Л., Сагымбаева Ш.</i> Люминесценция матрицы NaCl при локальной и упругой деформации	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шакерхан К.О., Керимбаев А.О., Мукушев Б.А.</i> Компьютерное моделирование движения тела под действием центрального притяжения	55
<i>Шагдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> Вариация космических лучей, зарегистрированная на установке CARPET в период с 4 по 10 сентября 2017 года	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алпысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> Стабильность радиационного синтеза ИАГ:Се керамики	66
<i>Бижигитов Т., Жумадилов Е.</i> Исследование зависимости модуля Юнга, модуля сдвига и распространяющихся в нем ультразвуковых волн VI модификации льда от давления при постоянной температуре	73
<i>Тулеков Е.А., Морзабаев А.К., Махмудов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> Вариации космических лучей в период 2016-2019 гг. по данным наблюдений экспериментального комплекса ЕНУ	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжский А.Я.</i> Диффузия криптона в UO_2 в предположении сильной связи криптон-кислород. Молекулярно – динамическое моделирование	86

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы, 2020, том 133, №4, 23-32 беттер
<http://bulphysast.enu.kz>, E-mail: vest_phys@enu.kz

МРНТИ: 29.15.03

Н.О. Койлык¹, К.Б. Бактыбаев², Г.А. Каптагай³, А.А. Айдарбекова⁴, А. Далелханкызы⁵

^{1,2,5} *Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*
^{3,4} *Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан*
(E-mail: ¹ nurgali.koilyk@mail.ru, ² k_baktybaev@mail.ru, ³ gulbanu.kaptagai@mail.ru,
⁴ aidarbekova@mail.ru, ⁵ dalelkhan_a@mail.ru)

Фермионная модель и структура состояний γ -нестабильных ядер

Аннотация: фермионная динамико-симметричная модель - это эффективный метод описания микроскопической структуры коллективных возбуждений в тяжелых ядрах. Предполагая, что когерентные пары S и D являются наиболее важными строительными блоками в низкоэнергетических коллективных состояниях, модель глубоко укоренена в оболочечной структуре ядер. Широко проанализированы изотопы Pt и рассмотрено понятие jf эффективной симметрии SO(6) в теории. Фермионная динамическая симметрия является важной и определяющей особенностью многочастичных систем, описывающей различные типы движения частиц в них. Математически она позволяет получить как простые аналитические, так и численные решения квантовой многочастичной проблемы. В то же время, если удастся разбить полный гамильтониан фермионной задачи на части соответствующие симметриям, ответственным различным типам движения нуклонов в системе, в том числе на части ответственной нарушенной симметрии, тогда возможно намного упростить математическую задачу, что способствует глубокому и последовательному пониманию природы коллективного и частичного движения в многонуклонных системах

Ключевые слова: фермион, динамико-симметричная модель, γ -нестабильный, гамильтониан, оболочечно-модельное пространство.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-133-4-23-32>

Поступила: 21.10.2020/ Допущена к опубликованию: 02.12.2020

Введение. В микроскопическом методе описания коллективных состояний ядерных систем, построенном на основе фермионной динамико-симметрической модели, сложные взаимодействие нуклонов аппроксимируется в обрезанном S D- пространстве так, чтобы гамильтониан многонуклонной системы стал простой функцией генераторов алгебры ЛИ. SO(6)-вариант такой теории приложен к исследованию структуры γ -нестабильных изотопов Pt. Вычисленные спектры и вероятности переходов сравниваются с экспериментом.

Методы исследования. 1. В развитой фермионной динамико-симметрической модели [1,2] коллективных движений нуклонов в ядерной системе выделяют из всевозможных квантовых степеней свободы ту часть, которая определяет коррелированные фермионные пары, связанные в полные угловые моменты 0(S-пара) и 2(D-пара). Предполагается, что именно эти пары в основном описывают самые нижние коллективные возбуждения. Другими словами, от полного оболочечно-модельного пространства отделяется подпространство когерентных S-D нуклонных пар. Тем самым удастся разбить полный гамильтониан фермионной системы на части, соответствующие симметриям, ответственным различным типам коллективных движений нуклонов в них. В таком обрезанном SD - пространстве многочастичная задача намного упрощается, а это позволяет получить все динамико-симметрические свойства коллективных возбуждений в ядрах из фермионно-оболочечной структуры.

Результаты исследования. В данной работе мы рассмотрели простейший вариант теории в обрезанном SD - пространстве, в которой сложные парные взаимодействия аппроксимируется парными SD - операторами. При этом гамильтониан системы становится простой функцией

генераторов соответствующих алгебр Ли. Таким путем в фермионной модели получены, наряду с известными асимптотическими пределами модели взаимодействующих бозонов (МВБ), новые симметрические асимптотические пределы. Поскольку любые динамические симметрии, отражающие ядерную структуру должны определяться непосредственно фермионными степенями свободы, то в работе получены все динамико-симметрические свойства коллективных возбуждений в ядрах из фермионно-оболочечной структуры.

Простейшая форма фермионной теории коллективных состояний прилагается далее к изучению свойств конкретных ядерных систем, в частности ядер тяжелого атомного веса в так называемой γ -нестабильной области [3,4]. Именно эта область ядер плохо описывалась феноменологическими моделями, даже в случае точной диагонализации SU(6) - симметричного гамильтониана МВБ.

2. В фермионной динамико-симметрической модели (ФДСМ) однонуклонный угловой момент $\vec{j}$ разбивается в псевдоорбитальный $\vec{k}$ и псевдоспиновый $\vec{i}$ угловые моменты: $\vec{j} = \vec{k} + \vec{i}$. Оператор рождения нуклона $b_{km_kim_i}^+$ в k - i - схеме относится к фермионным операторам рождения a_{jm}^+ в виде:

$$a_{jm}^+ = \sum_{m_k m_i} \langle km_kim_i | jm \rangle b_{km_kim_i}^+ \quad (1)$$

Известно, что два идентичных нуклона, участвующие в нижних коллективных модах возбуждения, имеющие угловые моменты j_1 и j_2 , связываются в полный угловой момент нуль (S пара) и 2 (D-пара). Именно эта k-i - связь осуществляет отделение подпространства когерентных S-D - пар от целого оболочечно-модельного пространства. В этой схеме имеются три возможности сконструировать операторы S и D пары, а также мультипольные операторы P^r :

- 1) принимается $\vec{i}_1 + \vec{i}_2 = 0$, а $k=1$. Такую связь назовем k - активной схемой.
- 2) $\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = 0$, $i=3/2$, - i - активная связь.
- 3) Затем одночастичный момент делится на активную и пассивную части $j = j_{act} + j_{inert}$. Инертные части j_{inert} - связываются в оставшиеся двухчастичные угловые моменты кроме 0 и 2.

$$\begin{aligned} |(k_1 k_2) K(i_1 i_2) 0; KM\rangle &= [b_{k_1 i_1}^+ + b_{k_2 i_2}^+]_{MO}^{KO} |0\rangle \begin{pmatrix} k - activ \\ K = 0, 2 \end{pmatrix} \\ |(k_1 k_2) O(i_1 i_2) I; IM\rangle &= [b_{k_1 i_1}^+ + b_{k_2 i_2}^+]_{OI}^{OM} |0\rangle \begin{pmatrix} i - activ \\ I = 0, 2 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

Важно подчеркнуть, что такие S и D фермионные пары действительно высококогерентны, т.е. они имеют коллективную природу. Это можно увидеть после преобразования k-i - базиса обратно в оболочечно-модельный базис, используя нормирующий $9j$ - символ пересвязки:

$$|(k_1 k_2) K(i_1 i_2) I; r\mu\rangle = [b_{k_1 i_1}^+ + b_{k_2 i_2}^+]_{\mu}^{(KI)r} |0\rangle = \sum_{j_1 j_2} \begin{vmatrix} k_1 & i_1 & j_1 \\ k_2 & i_2 & j_2 \\ K & I & r \end{vmatrix} [a_{j_1}^+ a_{j_2}^+]_{\mu}^r |o\rangle \quad (3)$$

Легко видеть, что S-пары и в k-активной, и в i-активной схеме являются точными куперовскими парами в парном конденсате

$$|(kk)o(ii); oo\rangle = \sum_j \sqrt{\Omega_j / \Omega_{ki}} [a_j^+ a_j^+]_0^0 |0\rangle \quad (4)$$

где $\Omega_{ki} = (2k+1)(2i+1)/2$ и $\Omega_j = (2j+2)/2$.

Таким образом, высококогерентная пара, имеющая сильное конфигурационное смешивание в оболочечно-модельном базисе, здесь имеет очень простую, т.е. чистую конфигурационную структуру. Мы имеем в данном случае именно тот базис, который необходим для описания микроскопической структуры коллективных возбуждений.

В данной работе мы пока ограничимся случаем идентичных частиц, расположенных в одной большой оболочке и учтем только двухчастичные остаточные взаимодействия. Тогда эффективный гамильтониан будет иметь вид:

$$H = \sum_j \varepsilon_j a_j^+ a_j + V_p + V_q \quad (5)$$

Где V_p и V_q – парные и мультипольные взаимодействия, которые выражаются в самом общем виде:

$$V_p = \frac{1}{4} \sum_{\lambda j_1 j_2 j'_1 j'_2} \langle j_1 j'_1 \lambda | V_p | j_2 j'_2 \lambda \rangle [a_{j_1}^+ a_{j'_1}^+]^\lambda [a_{j_2} a_{j'_2}]^\lambda \quad (6)$$

$$V_q = \frac{1}{4} \sum_{r j_1 j_2 j'_1 j'_2} \langle j_1 j_2 r | V_q | j'_1 j'_2 r \rangle [a_{j_1}^+ a_{j_2}^+]^r [a_{j'_1} a_{j'_2}]^r \quad (7)$$

Частично-дырочные матричные элементы в равенстве (7) определяются через обычные двухчастичные матричные элементы равенством:

$$\langle j_1 j'_1 \lambda | V_q | j_2 j'_2 \lambda \rangle = \sum_r \langle j_1 j_2 r | V_q | j'_1 j'_2 r \rangle \sqrt{(2r+1)(2\lambda+1)} \begin{Bmatrix} j_1 & j_2 & r \\ j'_1 & j'_2 & r \\ \lambda & \lambda & 0 \end{Bmatrix} \quad (8)$$

Поскольку любое двухчастичное взаимодействие можно выразить либо через V_p , либо через V_q , то в реальных вычислениях один из этих членов превалирует другого, либо V_p , либо V_q .

С таким сложным гамильтонианом (5) работать очень трудно в практических вычислениях. Предлагается три способа упрощения общего гамильтониана (5) для того, чтобы привести его к гамильтониану ФМДС:

1) Остаточное парное взаимодействие определяется в основном монопольными ($\lambda = 0$) и квадрупольными ($\lambda = 2$) членами.

2) Предполагая, что парные матричные элементы пропорциональны вырождению уровней, участвующих в парных корреляциях, и параметризуются в виде:

$$\begin{aligned} \langle (kk)K(ii)I\lambda | V_p | (k'k')K'(i'i')I'\lambda \rangle &= 2\sqrt{\Omega_{kl}\Omega_{k'l'}} G_{\alpha}^{\alpha'} \\ V_p &= \sum [G_0^{\alpha'} S^+(\alpha) S(\alpha') + G_2^{\alpha'} D^+(\alpha) D(\alpha')] \end{aligned} \quad (9)$$

Для уровней нормальной четности в k - активной схеме

$$\begin{aligned} S^+(\alpha = n_k) &= S^+ = \sum \sqrt{\Omega_{1_{i/2}}} [b_{1i}^+ b_{1i}^+]_0^0 \quad 0 \\ D_{\mu}^+(\alpha = n_k) &= D_{\mu}^+ = \sum_i \sqrt{\Omega_{1_{i/2}}} [b_{1i}^+ b_{1i}^+]_{\mu 0}^{20} \end{aligned}$$

а в i - активной схеме $S^+(\alpha = n_i) = \sum \sqrt{\Omega_{k3/2}/2} [b_{k3/2}^+ b_{k3/2}^+]_0^0$, а для D - оператора $\lambda = 2\mu$.

Для уровней аномальной четности имеем только S пары:

$$S^+(\alpha = a) = S^+ = \sqrt{\Omega_{j0}/2} [b_{jo}^+ b_{jo}^+]_0^0$$

Для упрощения мультипольного взаимодействия V_q наложим на матричные элементы V_q , аналогичные равенству (9) параметризации в виде:

$$\begin{aligned} \langle (k\bar{k})K(i\bar{i}); r | V_q | (\bar{k}'k')K(\bar{l}'l')I; r \rangle &= 2\sqrt{\Omega_{ki}\Omega_{k'}} B_r^{\chi\chi'} \\ V_q &= \sum_{\chi\chi'} B_r^{\chi\chi'} P^r(\chi) P^r(\chi') \end{aligned} \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} P_\mu^r(k) &= \sqrt{\Omega_{ki}/2} [b_{ki}^+ b_{ki}]_\mu^r \quad \begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix} \\ P_\mu^r(i) &= \sum_k \sqrt{\Omega_{ki}/2} [b_{ki}^+ b_{ki}]_0^0 \quad \begin{matrix} 0 \\ \mu \end{matrix} \\ P_\mu^r(\alpha) &= P_\mu^r = \sqrt{\Omega_{jo}/2} [\alpha_{jo}^+ \alpha_{jo}]_\mu^r \end{aligned}$$

При таких предположениях самый общий гамильтониан ФМДС в k-i - схеме запишется в виде:

$$H_{FDSM} = \varepsilon_0 v_0 + \sum \varepsilon_{ki} n_{ki} + \sum_{\chi\chi'} G_0^{\chi\chi'} S^+(\chi) S(\chi') + G_2 D^+ D + \sum_{r_i \chi\chi'} B_r^{\chi\chi'} P^r(\chi) P^r(\chi') \quad (11)$$

n_{ki} - оператор числа частиц, занимающих k-i орбиты, ε - одночастичные энергии.

В этом гамильтониане имеются 2 класса мультипольных операторов, связанных с активной и инертной частями угловых моментов:

Для уровней нормальной четности:

k - активные $P_\mu^r(k)$ ($r=0,1,2$), $P_\mu^r(i)$ ($r=1,3,\dots,2i$)

i - активные $P_\mu^r(i) \cdot (r=0,1,2,3)$ $P_\mu^r(k) \cdot (r=1,3,\dots,2k-1)$

Для уровней аномальной четности:

p^0 ($r=0$) p_μ^r ($r=1,3,\dots,2j_0$)

Таким образом, для уровней нормальной четности имеем мультипольные и парные операторы: 21 генераторов k - активной схемы $k=1 \{S^+ S, D_\mu^+, D_\mu, P_\mu^r(r=0,1,2),\}$ которые образуют $Sp(6)$ алгебру, и 28 генераторов i - активной схемы, где $i=3/2 \{S^+ S, D_\mu^+, D_\mu, P_\mu^r(r=0,1,2),\}$ которые образуют $SO(8)$ алгебру. А для уровней аномальной четности имеем $\{s^+, s, P^0\}$ генераторы, которые образуют su_2 алгебру.

Таким образом, в фермионной динамико-симметрической модели S, D, s - подпространство (при $\mu=0$) полностью отделяется от остальной части фермионного пространства. А это выделенное S, D, s - подпространство является разумным приближением для описания низкоэнергетических коллективных состояний четно-четных многонуклонных систем.

3. В работе обсудим ситуацию, когда отсутствуют разорванные пары как в уровнях нормальной четности, так и в уровнях аномальной четности. Тогда гамильтониан (11) F_{MDS} переписывается в удобном виде:

$$H_{FDSM} = e_0 v_0 + e_1 n_1 + H_\alpha + H_n + H' \quad (12)$$

где $H_\alpha = \Gamma_0 s^+ s + (B_0/4) v_0^2$, $H_n = G_0 S^+ S + G_2 D^+ D + \sum_r B_r P^r P_r$

$$H' = g_0 (S^+ s + s^+ S) + (b_0/2) v_0 n_1$$

Операторы чисел частиц $n_1 = 2P_0$, $v_0 = 2P^0$. Операторы: H_α - гамильтониан s пар на уровнях аномальной четности, H_n - гамильтониан S и D пар на уровнях нормальной четности. Параметры этих гамильтонианов связаны с параметрами $FMDs$ (11) следующим образом:

$$G_0 = G_0^{nn}, g_0 = G_0^{n\alpha}, \Gamma_0 = G_0^{\alpha\alpha}, G_2 = G_2^{nn}, b_r = B_r^{n\alpha}, B_0 = B_0^{\alpha\alpha}, B_r = B_r^{nn}, G_\lambda^{n\alpha} = G_\lambda^{\alpha n}.$$

Коммутаторы операторов $\mathcal{L}$ и в гамильтониане имеют вид:

$$[s^+, P_\mu^r] = [s^+, S] = [s^+, D] = 0, [s, s^+] = -2s_0 = \frac{\Omega_0 - v_0}{2}.$$

$$[S, S^+] = -2S_0 = \frac{\Omega_1 - n_1}{2}; [A_\mu^r, A_\mu^{s+}] = \Omega_1 \delta_{rs} \delta_\mu^\tau - 2 \sum_\tau K_{r\mu, s\tau}^{\tau\sigma} (-1)^\mu P_\sigma^\tau.$$

$$[P_\mu^r, P_\tau^S] = \frac{1}{2} \sum [(-1)^\tau - (-)^{r+s}] K_{r\mu, s\tau}^{\tau\sigma} P_\sigma^\tau; [P_\mu^r, A_\tau^{s+}] = \sum K_{r\mu, s\tau}^{\tau\sigma} A_\sigma^{\tau+}$$

$$\text{где } K_{r\mu, s\tau}^{\tau\sigma} = \begin{cases} \sqrt{3} \tilde{r} \tilde{s} \langle r\mu s\sigma | \tau\sigma \rangle \begin{Bmatrix} r & s & \tau \\ 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, k - \text{activ.} \\ -2 \tilde{r} \tilde{s} \langle r\mu s\tau | \tau\sigma \rangle \begin{Bmatrix} r & s & \tau \\ 3/2 & 3/2 & 3/2 \end{Bmatrix}, i - \text{activ.} \end{cases}$$

$$\text{и } A_0^{0+} = S^+, A_\mu^{2+} = D_\mu^+.$$

Как видно имеет H_a имеет su_2 - динамическую симметрию а H_n - совпадает с гамильтонианом Гинокцио [5], имеет Sp_6 и SO_8 - симметрии в зависимости от k и i - активности операторов. Поэтому модельный гамильтониан (12) имеет $Sp_6 \times su_2$ динамическую симметрию для k - активной схемы и $SO_8 \times su_2$ - динамическую симметрию для i - активной схемы.

Для дальнейшего практического использования динамико-симметрический гамильтониан удобно переписать посредством независимых Казимир операторов подгрупп, вытекающих из динамических групп.

$$\begin{aligned} H_6 &= \varepsilon n - G_0 n(n-1)/4 + G_0 [G_{SU_2}^T - \Omega(\Omega+2)/4] + B_2 C_{SU_3} - (3B_2/8) L^2 \\ H_8 &= \varepsilon n - G_0 n(n-1)/4 + G_0 [G_{SU_2}^T - \Omega(\Omega+2)/4] + B_2 C_{SO_6} - B_2 C_{SO_5} \end{aligned} \quad (13)$$

Параметры G_λ и B_r определяют глубину остаточного парного взаимодействия. Если рассматриваемая модель является самосогласованной, то эти параметры должны варьироваться систематически на малую величину по всем ядерным системам среднего и тяжелого атомных весов.

4. В данной работе рассмотрим только $SO_6 \otimes su_2$ предел (γ - нестабильный предел).

Этот предел ФМДС описывает γ - нестабильное поведение ядерных систем. Физическое условие для появления этого предела очень похоже на условие рождения SU_3 симметрии. В гамильтониане H_6 определяемого равенства (13): $G_{SU_2}^T = S_+ S + S_0(S_0 - 1)$ - Казимир оператор с собственными значениями $\frac{1}{4}(\Omega - v)(\Omega - v + 2)$; $G_{SU_3} = \sum_{r=1,3} P^r P^r$ - Казимир оператор с собственным значением $\tau(\tau + 3)$, также $G_{SO_6} = \sum_{r=1,2,3} P^r P^r$ - Казимир оператор с собственным значением $\sigma(\sigma + 4)$.

Кроме того, учитывая следующие соотношения между постоянными гамильтонианов (13):

$$\begin{aligned}\eta_0 &= (B_0 - G_0)/2 \\ \eta_1 &= (B_0 - G_2)/2\end{aligned}$$

Легко написать собственные значения полного H_6 гамильтониана. Энергия SO_6 предела при $\mu = 0$ равна:

$$E[N + 1(\sigma\tau)n_\Delta L] = E_0(N_1) - A\sigma(\sigma + 4) + B\tau(\tau + 3) + CL(L + 1) \quad (14)$$

где $A = G_2 - B_2$; $B = B_3 - B_2$; $C = (B_1 - B_3/5)$

σ, τ - квантовые числа представления $SO_6 \supset SO_5$ цепочки; n_Δ - дополнительное квантовое число. Для данного значения $N_1 (\leq \Omega/2)$ получаем:

$$\sigma = N_1, N_1 - 2, N_1 - 4, \dots, 0 \text{ or } 1; \quad \tau = 3n_\Delta + \lambda = \sigma, \sigma - 1, \sigma - 2, \dots, 0; \quad L = \lambda, \lambda + 2, \dots, 2\lambda - 2, 2\lambda$$

Величину N_1 можно определить из минимума энергии основного состояния как в случае ротационного, так и в случае γ -нестабильного предела (14). Например, для γ -нестабильного предела $E_{g.s}(N_1) = E_0(N_1) - AN_1(N_1 + 4)$, для ротационного предела $E_{g.s}(N_1) = E_0(N_1) - \beta C(2N_1 O)$.

Из условия $\frac{\partial}{\partial N_1} E_{g.s}(N_1)|_{N_1=N_{1g}} = 0$ находим:

$$a = \frac{2\Delta\varepsilon + \eta_1 - \eta_0 + 4A}{4(\eta_1 + \eta_0) - 2A}, \quad b = \frac{2\eta_0}{2(\eta_1 + \eta_0) - A} - SO_6 - limit \quad (15)$$

$$a = \frac{2\Delta\varepsilon + \eta_1 - \eta_0 + 6\beta}{4(\eta_1 + \eta_0) - 8\beta}, \quad b = \frac{4\eta_0}{2(\eta_1 + \eta_0) - 4\beta} - SU_3 - limit \quad (16)$$

SO_6 - предел ФМДС как по спектру, так и по γ -переходам идентичен с O_6 - пределом МВБ [6].

Здесь также интересно заметить, что параметры A и B имеют примерно одинаковые и положительные значения, т.к. в этом пределе также превалирует квадруполь-квадрупольное взаимодействие, которое является притягательной силой (т.е. $|B_2| \gg |B_1|$, $|B_2| \gg |G_2|$, $B_2 < 0$).

А условие $A=B$ хорошо известно из МВБ.

Таким образом, ФМДС в своем γ -нестабильном пределе дает главным образом микроскопическое обоснование МВБ.

5. Теперь рассмотрим сравнение ФДСМ с точной диагонализацией $SU(6)$ -симметричного гамильтониана МВБ и с экспериментом.

Предельные случаи МВБ не могут последовательно объяснить свойства даже самых нижних состояний ядер в переходных областях. К этой области относятся изотопы платины и осмия. Эта область интересна сильной γ -нестабильной природой, и в ней наблюдается, с точки зрения геометрической модели О. Бора - А.С. Давыдова, конкуренция между вытянутой и сплюснутой формами деформаций. Для описания свойств таких объектов, обладающих более сложной структурой, ранее нашей группой была проведена точная диагонализация полного $SU(6)$ -гамильтониана МВБ. Вот почему для приложения фермионной динамико-симметрической модели мы тоже выбрали структуру состояний таких ядер переходной области, в частности изотопов платины. И в данном параграфе мы обсудим и сравним результаты диагонализации уравнений ФДСМ с анализом структуры уровней изотопов платины проведенным методом точной диагонализации полного гамильтониана МВБ, а также с некоторыми другими подходами и экспериментальными данными.

В некоторых приложениях феноменологической МВБ изотопы платины рассматривались как типичный пример применения $O(6)$ -динамико-симметричного бозонного предела. Как показала точная диагонализация бозонного $SU(6)$ -гамильтониана, свойства тяжелых изотопов

платины являются в действительности сложной смесью SU(3) и O(6)-пределов МВБ, хотя они более близки к O(6)-динамико-симметричной асимптотике.

Как показали расчеты работ [6] с таким гамильтонианом, структура бозонных уровней показывает сильную смесь вращательных и колебательных степеней свободы рассматриваемых ядер.

В таблице 1 даны параметры теории ФДСМ, соответственно вычисленные для согласованного описания энергетического спектра и электромагнитных переходов внутри и между полосами состояний.

Таблица 1 – Значения параметров гамильтониана ФДСМ для четных изотопов платины (Мэв)

A	$G_{O\pi}$	$G_{O\nu}$	$B_{2\pi}$	B_{2N}	$B_{2\pi\nu}$
190	0,40	0,39	0,11	0,12	0,03
192	0,44	0,42	0,12	0,17	0,04
194	0,48	0,45	0,14	0,19	0,06
196	0,51	0,47	0,16	0,20	0,07

Таблица 2 – Сравнение экспериментальной ираст-полосы ^{190}Pt и ^{192}Pt с их значениями, вычисленными по ФДСМ и МВБ (Мэв)

I_π	Эксперимент	ФДСМ	МВБ	I_π	Эксперимент	ФДСМ	МВБ
^{190}Pt				^{192}Pt			
0_1^+	0	0	0	0_1^+	0	0	0
2_1^+	0,30	0,30	0,32	2_1^+	0,32	0,32	0,32
4_1^+	0,74	0,72	0,78	4_1^+	0,78	0,76	0,76
6_1^+	1,29	1,24	1,28	6_1^+	1,37	1,34	1,28
8_1^+	1,92	1,89	1,80	8_1^+	2,02	1,98	1,94
10_1^+	2,25	1,17	2,40	10_1^+	2,52	2,50	2,34
12_1^+	2,73	2,64	2,82	12_1^+	2,62	2,64	2,62
14_1^+	3,06	2,98	3,36	14_1^+	3,00	3,02	3,02
16_1^+	3,77	3,61	3,72	16_1^+	3,54	3,56	3,44
18_1^+			4,16	18_1^+	4,20	4,25	3,86

В таблице 2 даны сравнительные спектры ираст-полос, полученные по ФДСМ и точной диагонализации МВБ в сравнении с их экспериментальными значениями для ядер $^{190,192,194}Pt$ [7]. В них мы даем сравнительный анализ только для одной ираст-полосы каждого ядра.

В таблице 3 дано сравнение экспериментального значения энергии β и γ полосы для ядер $^{190,192,194}Pt$ с их значениями, вычисленными по ФДСМ и МВБ.

Как видно из таблиц, все известные состояния рассматриваемых ядер в области возбуждения до 4 МэВ хорошо описываются обеими теориями в пределах точности 5-10 % к экспериментальным значениям, хотя точность SU(6)-симметрии несколько хуже. По отдельным состояниям эта точность доходит до 20 %. Главное, обе теории хорошо передают наличие сферических состояний, наряду с ротационными, и объясняют в них так называемый эффект «бэкбендинга», который заключается в том, что разность энергии $\Delta E_I = E_I - E_{I-2}$ при малых значениях углового момента пропорциональна I - угловому моменту, а с некоторого значения I_c она резко уменьшается. Для ядер $^{190,192}Pt$ эта закономерность изменяется с

Таблица 3 – Сравнение экспериментальных β и γ полос ^{190}Pt и ^{192}Pt с их значениями, вычисленными по ФДСМ и МВБ (МэВ)

I_π	Эксперимент	ФДСМ	МВБ	I_π	Эксперимент	ФДСМ	МВБ
^{190}Pt				^{192}Pt			
2_2^+	0,60	0,58	0,60	2_2^+	0,61	0,60	0,60
3_1^+	0,92	0,89	1,05	3_1^+	0,92	0,90	0,99
4_2^+	1,13	1,10	1,07	4_2^+	1,20	1,17	1,11
5_1^+	1,45	1,46	1,55	5_1^+	1,48	1,45	1,55
6_2^+	1,73	1,70	1,65	6_2^+	1,65	1,61	1,70
7_1^+	1,95	1,91	2,0	7_1^+	2,11	2,06	2,0
8_2^+	2,03	2,0	2,15	8_2^+	2,15	2,10	2,15
9_1^+	2,43	2,45	2,55	9_1^+	2,36	2,39	2,24
10_2^+	2,52	2,50	2,70	10_2^+	2,61	2,58	2,42
0_2^+	0,92	0,95	0,95	0_2^+	1,01	1,0	0,95
2_3^+	1,20	1,22	1,25	2_3^+	1,25	1,23	1,17
4_3^+	1,49	1,51	1,51	4_3^+	1,68	1,60	1,17
6_3^+	1,97	1,99	2,06	6_3^+	2,02	1,98	1,88
8_3^+	2,20	2,20	2,41	8_3^+	2,35	2,30	2,12
10_3^+	2,50	2,45	2,55	10_3^+	2,67	2,61	2,50

$I_c = 12$, а для ^{194}Pt $I_c = 10$. Так, например, у ^{194}Pt $\Delta E(8^+ \rightarrow 10^+) = 0,62$ МэВ, а $\Delta E(10^+ \rightarrow 12^+) = 0,12$ МэВ.

В работе приведен также расчет приведенных вероятностей переходов как по ФДСМ, так и по МВБ, и вычисленные их значения сравнены с экспериментом. Наиболее полные данные приводятся в экспериментах по ядрам. Результаты расчетов и соответствующие экспериментальные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Приведенные вероятности электромагнитных E2 переходов в ядрах $^{192,194,196}\text{Pt}$ в ед. e^2b^2 , вычисленные по ФДСМ и МВБ и сравнение с экспериментальными данными

В (E2)	A = 192			A = 194			A = 196		
	Эксп.	ФДСМ	МВБ	эксп.	ФДСМ	МВБ	Эксп.	ФДСМ	МВБ
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	0,36	0,35	0,30	0,32	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0,58	0,52	0,41	0,52	0,49	0,37	0,46	0,40	0,37
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,47	0,44	0,48	0,48	0,46	0,42	0,42	0,36	0,41
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	0,31	0,38	0,49	0,36	0,34	0,44	0,32	0,32	0,47
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	-	10^{-3}	0,01	10^{-3}	10^{-4}	10^{-3}	-	10^{-4}	10^{-2}
$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$	0,005	0,04	0,02	10^{-3}	10^{-3}	10^{-2}	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0,46	0,44	0,27	0,58	0,49	0,31	0,22	0,19	0,23
$4_2^+ \rightarrow 2_1^+$	-	-		0,01	0,02	0,01	0,03	0,06	0,09
$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	-	10^{-3}	0,03	0,77	0,81	0,25	0,35	0,27	0,17
$3_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0,004	0,18	0,11	-	-	-	-	-	-
$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-

Выводы. Из последней таблицы видно, что зависимость экспериментальных величин $B(E2, I \rightarrow I-2)$ от спина в основной полосе имеет максимум при переходе $4^+ \rightarrow 2^+$. Подобное поведение этой зависимости нельзя объяснить ни с помощью чистого вибрационного, ни с помощью ротационного пределов МВБ.

Таким образом, величины $B(E2)$ могут сыграть важную роль в определении истинных значений параметров модели, а также коэффициентов разложения волновой функций состояний.

Все это показывает, что во многих случаях предельные варианты МВБ могут очень плохо работать. Но точная диагонализация полного гамильтониана $s-d$ модели МВБ может дать вполне удовлетворительные результаты. В то же время мы убеждаемся, что фермионная модель имеет больше возможностей в описании коллективных степеней свободы ядерных систем. Однако в этом случае полный гамильтониан сильно усложнится и требует дальнейшего исследования фермионной структуры коллективных возбуждений.

Список литературы

- 1 Wu Ch.L., Feng D.H., Chen X.G., Chen J.Q., Gnidry M.W. A shell-model of pair rotational states of nuclei // Phys. Rev. C. - 1987. - № 36. - P. 1157-1180.
- 2 Бактыбаев К. Отображение фермионного гамильтониана в бозонное пространство // Изв. НАН РК. Сер. физ. мат. - 2003. - № 6. - С. 25-30.
- 3 Бактыбаев К., Койлык Н.О., Раманкулов К.Е. Фермионное теоретико-групповое исследование коллективных состояний ядер // Вестник КазНУ. Сер. физ. - 2005. - № 2. - С. 65.
- 4 Baktybaev K., Koilyk N.O., Ramankulov K.E. Fermionic group-theoretic study of collective states of nuclei // The fourth Eurasian conference on nuclear Science and its applications. Baku. - 2006. - № 3 - P. 56.
- 5 Gioncchio J.N. Dynamical symmetries and structure of the collective states from the fermion degrees of freedom // Ann. Phys. - 1980. - № 126. - P. 234 - 252
- 6 Бактыбаев К., Стрыгин Д.П. Фермионное теоретико-групповое исследование атомных ядер // Изв. АН КазССР. Сер. физ. - 1981. - № 6. - С. 31-36.
- 7 Бекжанов Р.Б., Бельский В.М., Золюбовский И.И., Кузниченко А.В. Справочник по ядерной физике. - Ташкент, 1989. - 485 с.

Н.О. Қойлық¹, Қ.Б. Бактыбаев², Г.Ә. Қаптағай³, А.А. Айдарбекова⁴, А. Далелханкызы⁵

^{1, 2, 5} Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

^{3, 4} Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

γ - орныссыз ядролардың фермиондық моделі және күй құрылымы

Аннотация. Фермионды динамикалық-симметриялы модель - бұл ауыр ядролардағы ұжымдық қозудың микроскопиялық құрылымын сипаттаудың тиімді әдісі. S және D когерентті жұптары төмен энергиялы ұжымдық күйлердегі ең маңызды құрылыс блоктары деп есептесек, модель ядролардың қабық құрылымында тереңінен қарастырылған. Pt изотоптары кеңінен талданды және jf тиімді симметрия ұғымы $SO(6)$ теориялық қарастырылды. Фермиондық динамикалық симметрия-бұл бөлшектердің қозғалысының әр түрін сипаттайтын көпбөлшекті жүйелердің маңызды және анықтайтын ерекшелігі. Математикалық бұл кванттық көп бөлшекті мәселелердің қарапайым аналитикалық және сандық шешімдерін алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, егер фермиондық есептің толық гамильтонианын жүйенің нуклондық қозғалысының әртүрлі түрлеріне жауап беретін симметрияларға сәйкес бөліктерге, оның ішінде бұзылған симметрия бөліктеріне қатысты бөлуге болатын болса, онда математикалық есепті әлдеқайда жеңілдетуге болады, бұл көпнуклондық жүйелердегі ұжымдық және ішінара қозғалыстың табиғатын терең және дәйекті түсінуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: фермион, динамика-симметриялық модель, гамильтониан, γ - орныссыз, қабықшалы-моделдік кеңістік.

N.O. Koilyk¹, K.B. Baktybaev², G. Kaptagay³, A.A. Aidarbekova⁴, A. Dalelhankyzy⁵

^{1, 2, 5} Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

^{3, 4} Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

Fermion dynamical-symmetrical model and the structure of states of the γ - nuclei

Abstract. The fermion dynamical symmetry model is a powerful method for describing the microscopic structure of collective excitations in heavy nuclei. By assuming that coherent S and D pairs are the most important building blocks in low-energy collective states the model is deeply rooted in the shell structure of nuclei. The isotopes of Pt are analyzed extensively and the concept of an effective $SO(6)$ symmetry in the theory is examined. The fermion dynamical symmetry is an important and defining feature of many-particle systems describing different types of motion of particles in them. Mathematically, it allows you to obtain both simple analytical and numerical solutions to the quantum multiparty problem. At the same time, if we are able

to split the full Hamiltonian of the fermion tasks into parts corresponding to the symmetries that are responsible for various types of motion of the nucleon system, including the parts responsible for the broken symmetries, it may be a much easier math problem that leads to a deep and consistent understanding of the nature of collective and partial movement in nucleon systems.

Keywords: fermion, dynamical symmetry model, Hamiltonian, γ - non stable, shell-model space.

References

- 1 Wu Ch. L., Feng D.H., Chen X-G., Chen J.Q., Gnidry M.W., A shell-model of pair rotational states of nuclei, Phys. Rev. C, 36, 1157 - 1180 (1987).
- 2 K. Baktybaev Otobrazhenie fermionnogo gamiltoniana v bozonnoe prostranstvo, Izv. NAN RK. Ser. phys. mat., 6, 25 - 30 (2003).
- 3 K. Baktybaev, Koilyk N.O., Ramankulov K.E. Fermionnoe teoretiko-gruppovoe issledovanie kolektivnyh sostoyaniy yader, Vestnik KazNU. Ser.phys.mat., 2, 65 (2005).
- 4 Baktybaev K., Koilyk N.O., Ramankulov K.E. Fermionic group-theoretic study of collective states of nuclei, The fourth Eurasian conference on nuclear Science and its applications. Baku, 8, 56 (2006).
- 5 Gioncchio J.N. Dynamical symmetries and structure of the collective states from the fermion degrees of freedom, Ann. Phys., 3(126), 234 - 252 (1980).
- 6 K. Baktybaev K., Strigin D.P. Fermionnoe teoretiko-gruppovoe issledovanie atomnyh yader, Izv. AN Kaz SSR. Ser.phys., 6, 31 - 36 (1981).
- 7 Bekzhanov R.B., Belenky B.M., Zolubowski I.I., Kuznizhenko A.B. Sprboshnik po yadernoi fizike. Tashkent, 485 (1989).

Сведения об авторах:

Койлык Н. - **основной автор**, к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры теоретической физики КазНУ им.аль-Фараби, ул. Аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

Бактыбаев К. - д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической физики КазНУ им.аль-Фараби, ул. Аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

Каптагай Г.А. - PhD, старший преподаватель кафедры физики Казахского национального женского педагогического университета, ул. Айтеке би, 99, Алматы, Казахстан.

Айдарбекова А.А. - старший преподаватель кафедры физики Казахского национального женского педагогического университета, ул. Айтеке би, 99, Алматы, Казахстан.

Далелханкызы А. - PhD, старший преподаватель кафедры теоретической физики КазНУ им.аль-Фараби, ул. Аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

N.O. Koilyk - **The main author**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer, department of theoretical physics, Al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi str., 71, Almaty, Kazakhstan.

K. Baktybaev - d.p.-m.s., professor, department of theoretical physics, Al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi str., 71, Almaty, Kazakhstan.

Kaptagay G.A. - PhD, Senior Lecturer, Department of Physics, Kazakh National Women's Teacher Training University, Aiteke bi str., 99, Almaty, Kazakhstan.

Aidarbekova A.A. - Senior Lecturer, Department of Physics, Kazakh National Women's Teacher Training University, Aiteke bi str., 99, Almaty, Kazakhstan.

Dalelkhankizi A. - PhD, Senior Lecturer, Department of Theoretical Physics, Al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi str., 71, Almaty, Kazakhstan.