

Секция 1

***СВОЙСТВА АТОМНЫХ ЯДЕР
(ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ)***

**СТРУКТУРА
ВОЗБУЖДЕНИЙ $2_{1,2}^+$ В $^{88,90}\text{Sr}$**

Н. Н. Арсеньев, А. П. Северюхин

Лаборатория Теоретической Физики
им. Н. Н. Боголюбова,
Объединенный Институт Ядерных
Исследований,
141980 Дубна, Московская область, Россия,
ул. Жолио-Кюри, 6
Тел.: +7(49621)63-665, Факс: +7(49621)65-084,
arsenev@theor.jinr.ru

Квадрупольные изовекторные возбуждения валентной оболочки в ядрах представляют собой уникальный полигон для изучения оболочечной структуры и изоспиновых степеней свободы. Эти возбуждения, так называемые состояния смешанной симметрии, были предсказаны в протон-нейтронной версии модели взаимодействующих бозонов. Несимметричный протон-нейтронный вклад в волновую функцию состояния 2^+ можно интерпретировать как конфигурационно-изоспиновую поляризацию, которая проявляется благодаря особенностям структуры. Состояния смешанной симметрии часто проявляются сильным M1 переходом между низколежащими состояниями 2^+ . Свойства таких возбуждений были изучены в рамках метода с эффективными силами Скирма [1, 2] с учетом взаимодействия между простыми и сложными конфигурациями [3]. Сепарабельная аппроксимация частично-дырочного взаимодействия позволяет выполнить расчеты в расширенном конфигурационном пространстве [4, 5]. В данном докладе мы анализируем возбуждения $2_{1,2}^+$ в $^{88,90}\text{Sr}$. Эта работа была выполнена при поддержке программы Гейзенберг – Ландау.

Список литературы

1. Severyukhin A. P., Arsenyev N. N., Pietralla N. Proton-neutron symmetry in ^{92}Zr , ^{94}Mo with Skyrme interactions in a separable

approximation // Phys. Rev. C. 2012. Vol. 86. P. 024311-1–024311-8.

2. Severyukhin A. P., Arsenyev N. N., Pietralla N., Werner V. Impact of variational space on M1 transitions between first and second quadrupole excitations in $^{132,134,136}\text{Te}$ // Phys. Rev. C. 2014. Vol. 90. P. 011306-1–011306-4.

3. Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguyen Van Giai. Effects of phonon-phonon coupling on low-lying states in neutron-rich Sn isotopes // Eur. Phys. J. A. 2004. Vol. 22. P. 397–403.

4. Nguyen Van Giai, Stoyanov Ch., Voronov V. V. Finite rank approximation for random phase approximation calculations with Skyrme interactions: an application to Ar isotopes // Phys. Rev. C. 1998. Vol. 57. P. 1204–1209.

5. Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguyen Van Giai. Effects of the particle-particle channel on properties of low-lying vibrational states // Phys. Rev. C. 2008. Vol. 77. P. 024322-1–024322-8.



**STRUCTURE OF $2_{1,2}^+$ EXCITATIONS
IN $^{88,90}\text{Sr}$**

N. N. Arsenyev, A. P. Severyukhin

Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, Joint
Institute for Nuclear Research,
141980 Dubna, Joliot-Curie, 6,
Moscow region, Russia,
Phone: +7(49621)63-665, Fax: +7(49621)65-084,
arsenev@theor.jinr.ru

Quadrupole isovector excitations of the valence shell of nuclei represent a unique laboratory for studying the balance between collectivity, shell structure, and the isospin degree of freedom. These excitations, so-called mixed-symmetry (MS) states, have been predicted in the proton-neutron (pn)

version of the interacting boson model. An unbalanced pn-content of the wave functions can be interpreted as configurational isospin polarization which denotes varying contributions to the 2^+ states by the active proton and neutron configurations due to subshell structure. M1 transitions between low-energy quadrupole excitations of the valence shell are often used as signature for states of MS-character. Starting from a Skyrme interaction we study the properties of the low-energy spectrum of quadrupole excitations [1, 2]. The coupling between one- and two-phonon terms in the wave functions of excited states is taken into account [3]. We use the finite-rank separable approximation [4, 5] which enables one to perform the QRPA calculations in very large two-quasiparticle spaces. In the present talk we study the evolution of first and second quadrupole excitations of $^{88,90}\text{Sr}$. The work was supported by the Heisenberg–Landau program.

References

1. Severyukhin A. P., Arsenyev N. N., Pietralla N. Proton-neutron symmetry in ^{92}Zr , ^{94}Mo with Skyrme interactions in a separable approximation // Phys. Rev. C. – 2012. – Vol. 86. – P. 024311-1–024311-8.
2. Severyukhin A. P., Arsenyev N. N., Pietralla N., Werner V. Impact of variational space on M1 transitions between first and second quadrupole excitations in $^{132,134,136}\text{Te}$ // Phys. Rev. C. – 2014. – Vol. 90. – P. 011306-1–011306-4.
3. Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguyen Van Giai. Effects of phonon-phonon coupling on low-lying states in neutron-rich Sn isotopes // Eur. Phys. J. A. – 2004. – Vol. 22. – P.397–403.
4. Nguyen Van Giai, Stoyanov Ch., Voronov V. V. Finite rank approximation for random phase approximation calculations with Skyrme interactions: an application to Ar isotopes // Phys. Rev. C. – 1998. – Vol. 57. – P.1204–1209.
5. Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguyen Van Giai. Effects of the particle-particle channel on properties of low-lying vibrational states // Phys. Rev. C. – 2008. – Vol. 77. – P. 024322-1–024322-8.



ИЗУЧЕНИЕ КЛАСТЕРНЫХ СВОЙСТВ ЛЕГКИХ НЕЙТРОННО-ДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР ВО ФРАГМЕНТАЦИИ НА ЯДРАХ ФОТОЭМУЛЬСИИ

Д. А. Артеменков

Объединенный институт ядерных исследований,
141980, ул. Жолио-Кюри д.6, Дубна, Московская
область, Российская Федерация, Тел.
+7(49621)65-059, Факс +7(49621)65-146,
post@jinr.ru

STUDY OF LIGHT NEUTRON DEFICIENT NUCLEI CLUSTER STRUCTURE WITH NUCLEAR TRACK EMULSIONS

D. A. Artemenkov

Joint Institute for Nuclear Research, 141980,
st. Joliot-Curie 6, Dubna, Moscow region,
Russian Federation, phone +7(49621)65-059,
fax +7(49621)65-146, post@jinr.ru

В докладе обсуждаются последние результаты по исследованию кластерных свойств легких ядер с использованием методики ядерных фотоэмульсий (ЯЭ) [1–3]. Обсуждается роль изотопов ^6Be , ^8Be и ^9Be в описании спектров продуктов фрагментации ядер $^{7,9}\text{Be}$, ^{10}B , $^{10,11}\text{C}$ в исследованиях на вторичных пучках Нуклотрона ОИЯИ с использованием методики ядерных эмульсий [4–6].

Облучение ЯЭ ядрами ^8He с энергией 60 МэВ позволило идентифицировать их распады при остановке, оценить возможности α -спектрометрии и наблюдать дрейф термализованных атомов ^8He . Корреляции α -частиц, изучавшиеся в расщеплениях $^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$, вызванных нейтронами с энергией 14,1 МэВ, указывают на наличие суперпозиции состояний $0+$ и $2+$ ядра ^8Be в основном состоянии ^{12}C . В ЯЭ, обогащенной бором, исследованы угловые корреляции фрагментов, Обсуждаются перспективы ЯЭ в исследованиях радиоактивности и ядерного деления [4].

Список литературы

1. Powell C. F., Fowler P. H., and Perkins D. H. // "Study of Elementary Particles by the Photographic Method" 1959, Pergamon, London
2. Barkas W. H. // "Nuclear Research Emulsions" 1963, New York – London: Academic Press.
3. "The BECQUEREL Project" // <http://becquerel.jinr.ru/>.
4. Zarubin P. I. // Lect. Notes in Physics 2014, V. 875, Clusters in Nuclei, № 3, P. 51, Springer Int. Publ.; arXiv: 1309.4881.
5. Artemenkov D. A. et al. // Few-Body Syst. 2014, V. 55, № 8-10, P. 733736; arXiv: 1410.5188.
6. Zarubin P. I. et al. // EPJ Web of Conf. 2014, V. 66, P. 11044



МОДИФИКАЦИЯ ОСЦИЛЛЯТОРНЫХ ВОЛНОВЫХ ФУНКЦИЙ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ЯДЕР ^{11}B , ^{13}C И ^{17}O

Н. В. Афанасьева, Н. А. Буркова

Институт Ядерной Физики, ул. Ибрагимова 1,
Алматы, 050032, Республика Казахстан
n.v.afanasyeva@gmail.com

Казахский национальный университет имени
аль-Фараби, пр. аль-Фараби 71, Алматы, 050040,
Республика Казахстан, natali.burkova@gmail.com

Для основного состояния изотопов ^{11}B , ^{13}C и ^{17}O малая величина энергии связи нейтрона и короткодействующий характер ядерных сил может привести к туннелированию нейтронов во внешнюю периферийную область на большие расстояния от кора ядра, превышающие его радиус, определяемый соотношением $R = 1,3 \cdot A^{1/3}$. В случае ядра $^{17}\text{O}_{gs}$ наблюдается эффект гало уже в основном состоянии. Ядра $^{11}\text{B}_{gs}$ и $^{13}\text{C}_{gs}$ таковыми не являются, однако их можно рассматривать как кор для более тяжелых нейтронно-избыточных изотопов. Таким образом, требуется корректное описание протяжен-

ной асимптотики соответствующих волновых функций.

В качестве исходных используются функции модели оболочек по ряду причин: в этой модели точно учитывается принцип Паули, удается корректно передать последовательность низколежащих возбужденных уровней, полуфеноменологические потенциальные кластерные модели опираются на оболочечные функции в качестве критерия правильного узлового поведения во внутренней области ядер и т. д. В работе решена задача модификации радиальных функций модели оболочек $R_{nl}(r)$ для нуклонов s -, p - и d -оболочки: приводится процедура шивки с функциями Уиттекера. Радиус шивки R_0 является функцией осцилляторного параметра r_0 или волнового вектора k_0 . Обоснование выбора R_0 : параметры r_0 определяются из экспериментальных или теоретических модельных значений среднеквадратичного радиуса, асимптотических нормировочных констант, а также из соотношения $r_0 = 1/k_0$, то есть через энергию связи $\varepsilon = \hbar^2 k_0^2 / 2\mu$. Для основного состояния изотопов ^{11}B , ^{13}C и ^{17}O функции $R_{nl}^{mod}(r)$ представлены аналитически в виде разложения по гауссовскому базису. Показано, что вклад асимптотической области зависит от значений радиуса шивки R_0 и может составлять до 20 %. Функции $R_{nl}^{mod}(r)$ целенаправленно будут использованы для расчетов ядерных реакций упругого рассеяния протонов в широком диапазоне переданных импульсов.



MODIFICATION OF OSCILLATOR WAVE FUNCTIONS FOR THE GROUND STATES OF ^{11}B , ^{13}C AND ^{17}O

N. V. Afanasyeva, N. A. Burkova

Institute of Nuclear Physics, Ibragimova 1,
Almaty, 050032, Kazakhstan
n.v.afanasyeva@gmail.com
al-Farabi Kazakh National University,
al-Farabi prospect 71 Almaty, 050040, Kazakhstan
natali.burkova@gmail.com

For the ground states of ^{11}B , ^{13}C and ^{17}O isotopes a small value of the neutron binding energy and the short-range nature of nuclear forces may lead to the tunneling of neutrons in the outer peripheral region over long distances from the nuclear core, rather exceeding the conventional radius $R = 1,3 \cdot A^{1/3}$. Actually, halo-effect is observing in case of $^{17}\text{O}_{gs}$, and not for $^{11}\text{B}_{gs}$ and $^{13}\text{C}_{gs}$ nuclei, but those might be treated as a core for higher A-number neutron-rich isotopes. Thus, a correct description of the extended asymptotic behavior of the corresponding wave functions is necessary.

The initial functions of the shell model are used for several reasons: in this model the Pauli principle is accurately taken into account, it is possible to reproduce correctly the sequence of low-lying excited states, phenomenological potential cluster models are basing on the shell model functions as a criterion for the proper node behavior in the interior region of the nuclei, etc. However, these functions have a drawback as rapid decreasing Gaussian asymptotics $\sim e^{-r^2/2r_0^2}$.

The modified radial functions $R_{nl}^{mod}(r)$ have been constructed basing on the shell model radial functions $R_{nl}(r)$ for s -, p - and d -shell nucleons. The matching procedure was performed while using the corresponding Whittaker exponential-like asymptotics. To find the matching radius R_0 via the oscillator parameter r_0 three options were examined related to the experimental and theoretical data on the mean square radiuses, and relation $r_0 = 1/k_0$ corresponding to the binding energy $\varepsilon = \hbar^2 k_0^2 / 2\mu$.

The obtained $R_{nl}^{mod}(r)$ functions for the ground states of ^{11}B , ^{13}C and ^{17}O isotopes are presented as

parametrization by Gauss basis. The renormalization of the modified functions shows the input of the asymptotic region near 15–20 % depending on the matching radius R_0 . Functions R_{nl}^{mod} will be used specifically for the treating of elastic proton scattering in a wide range of momentum transfers.



МОДИФИКАЦИЯ ОСЦИЛЛЯТОРНЫХ ВОЛНОВЫХ ФУНКЦИЙ 2s-, 2d-ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР ^{11}B , ^{13}C И ^{17}O

Н. В. Афанасьева, Н. А. Буркова

Институт ядерной физики, ул. Ибрагимова, 1,
г. Алматы, 050032, Республика Казахстан,
n.v.afanasyeva@gmail.com
Казахский Национальный университет
им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71,
г. Алматы, 050040, Республика Казахстан,
natali.burkova@gmail.com

В настоящей работе приводится решение задачи модификации осцилляторных волновых функций низколежащих 2s-, 2d-возбужденных состояний с $J^\pi = 1/2^+, 3/2^+, 5/2^+$ ядер ^{11}B , ^{13}C и ^{17}O . Для построения модифицированных функций была проведена процедура сшивки осцилляторных волновых функций с соответствующими функциями Уиттекера.

Основная проблема заключается в обосновании выбора радиуса сшивки R_0 : с одной стороны он однозначно определяется из условия равенства логарифмических производных осцилляторных функций $R_{nl}(r)$ и функций Уиттекера. С другой стороны, значение R_0 прямо пропорционально зависит от осцилляторного параметра r_0 , для которого в расчетах были использованы несколько значений, одни из которых позволяют воспроизвести имеющиеся экс-

периментальные или теоретические данные для среднеквадратичных радиусов $\langle r^2 \rangle^{1/2}$ ядер ^{11}B , ^{13}C , ^{17}O в состояниях с $J^\pi = 1/2^+, 3/2^+, 5/2^+$, а другие получены из соотношения $r_0 = 1/k_0$, где k_0 – волновой вектор.

Заметим, что среди рассмотренных возбужденных состояний ядер ^{11}B , ^{13}C и ^{17}O уровни с $J^\pi = 1/2^+$ ядер ^{13}C и ^{17}O являются ярко выраженными гало-состояниями, корректное описание которых также требует правильной протяженной асимптотики. Сравнение модифицированных $R_{nl}^{\text{mod}}(r)$ и исходных осцилляторных $R_{nl}(r)$ функций определяет вклад асимптотической области в распределения плотности вероятности, то есть позволяет идентифицировать гало- и скин-состояния. Представлены оценки для целого ряда систематизированных значений r_0 и $\langle r^2 \rangle^{1/2}$.

Все полученные модифицированные волновые функции для низколежащих 2s-, 2d-возбужденных состояний ядер ^{11}B , ^{13}C , и ^{17}O представлены в виде разложения по гауссовскому базису для удобства их дальнейшего применения в расчетах ядерных реакций.



MODIFICATION OF OSCILLATORY WAVE FUNCTIONS FOR 2s-, 2d-EXCITED STATES OF ^{11}B , ^{13}C , AND ^{17}O

N.V. Afanasyeva , N.A. Burkova

Institute of Nuclear Physics, Ibragimov str., 1,
Almaty, 050032, Kazakhstan,
n.v.afanasyeva@gmail.com

Al-Farabi Kazakh National University,
al-Farabi Ave., 71, Almaty, 050040, Kazakhstan,
natali.burkova@gmail.com

The present work reports on the solution of the problem about the modification of oscillatory wave functions for low-lying 2s-, 2d-excited states with

$J^\pi = 1/2^+, 3/2^+, 5/2^+$ of ^{11}B , ^{13}C , and ^{17}O nuclei. To construct the modified functions the matching procedure of oscillatory wave functions with corresponding Whittaker functions was used.

The main problem consists in the justification of R_0 matching radius selection: on the one hand it is uniquely determined from the logarithmic derivatives equality condition for the oscillatory functions $R_{nl}(r)$ and the Whittaker functions. On the other hand, the value R_0 is in direct proportion to the oscillatory parameter r_0 , for which we used several values: some of them allow to reproduce available experimental or theoretical data for root mean square radii $\langle r^2 \rangle^{1/2}$ of ^{11}B , ^{13}C , ^{17}O nuclei in the states with $J^\pi = 1/2^+, 3/2^+, 5/2^+$, and another ones are obtained from the $r_0 = 1/k_0$ relation where k_0 is wave vector.

Note that among considered excited states of ^{11}B , ^{13}C , ^{17}O nuclei there are the levels with $J^\pi = 1/2^+$ in ^{13}C and ^{17}O , which show the pronounced halo-nature so that they require the correct description of the proper extensive asymptotics. The comparison of modified $R_{nl}^{\text{mod}}(r)$ and initial oscillatory $R_{nl}(r)$ functions allows to estimate the contribution of asymptotic region to the probability density distributions, i.e. to identify the halo- and skin-states. The estimates for the set of systematized values of r_0 and $\langle r^2 \rangle^{1/2}$ are presented.

All of the obtained modified wave functions for low-lying 2s-, 2d-excited states of ^{11}B , ^{13}C , ^{17}O nuclei were represented in the form of Gauss expansion actual for the practical using in the subsequent theoretical calculations of nuclear reactions.

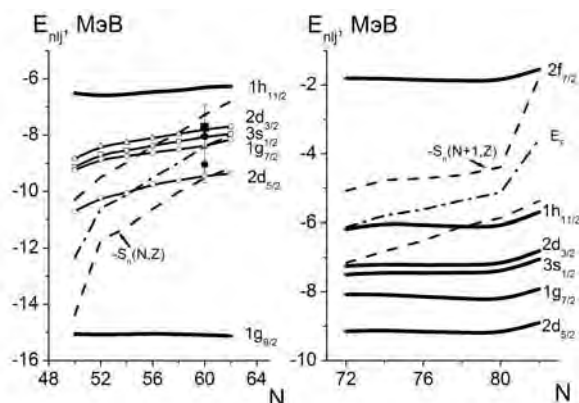


НЕЙТРОННЫЕ ОДНОЧАСТИЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОТОПОВ Ag В ДИСПЕРСИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

О. В. Беспалова, Т. А. Ермакова,
А. А. Климошкина, Т. И. Спасская

МГУ им. М. В. Ломоносова,
НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына,
119991, Москва, Ленинские Горы, д.1, стр. 2,
телефон: +7 (495) 939-49-07, факс: +7(495)939-08-
96, e-mail: besp@sinp.msu.ru

В [1] получены новые экспериментальные данные об одночастичных энергиях $E_{nlj}^{\text{эксп}}$ изотопа ^{107}Ag вблизи энергии Ферми. Нами проведено сравнение с этими данными результатов расчета $E_{nlj}^{\text{ДОМ}}$ для нейтронных состояний ^{107}Ag по дисперсионной оптической модели (ДОМ). Энергии



Энергии E_{nlj} изотопов Ag. Сплошные линии – расчет по ДОМ, точки – экспериментальные данные [1]

$E_{nlj}^{\text{ДОМ}}$, вычисленные с глобальными параметрами [2, 3], согласуются с $E_{nlj}^{\text{эксп}}$ в пределах погрешностей их определения. Далее глобальные параметры [2, 3] были использованы для расчета эволюции одночастичных спектров близких к сферическим изотопов Ag, которая демонстрирует замыкание оболочек $N = 50$ и 82 (см. рис.). Результаты расчета свидетельствуют о применимости ДОМ для вычислений одночастичных характеристик ядер с открытой оболочкой и о

предсказательных возможностях глобальных параметров [2, 3].

Список литературы

1. Бобошин И. Н. // Ядерная физика. 2017. В печати.
2. Koning A. J., Delaroche J. P. // Nucl. Phys. A. 2003. V. 713. P. 23.
3. Беспалова О. В. и др. // Изв. РАН. Сер. физ. 2007. Т. 71. № 3. С. 438.

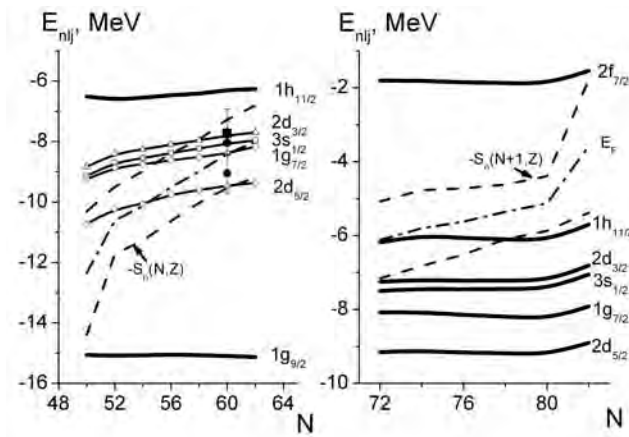


NEUTRON SINGLE-PARTICLE CHARACTERISTICS OF AG ISOTOPES WITHIN THE DISPERSIVE OPTICAL MODEL

Bespalova O. V., Ermakova T. A., Klimochkina
A. A., Spasskaya T. I.

Scobeltsyn Institute of Nuclear Physics,
Lomonosov State University,
119991, Moscow, Leninskie Gory, .1, b. 2,
tel: +7 (495) 939-49-07, fax: +7(495)939-08-96,
e -mail: besp@sinp.msu.ru

The new experimental single-particle energies E_{nlj}^{exp} near the Fermi energy for ^{107}Ag nucleus were obtained in [1]. We calculated neutron single-particle energies E_{nlj}^{DOP} for this open shell nucleus within the dispersive optical model with the global parameters [2, 3] and the agreement with the data [1] was achieved within experimental uncertainty. Then global parameters [2, 3] were used to calculate neutron single-particle energy evolution for near spherical Ag isotopes (see fig.). Evolution demonstrates shell closure effect at $N = 50$ and 82 . The results show applicability of DOM to the open shell nuclei and predictive power of the global parameters [2, 3].



Single-particle energies E_{nlj}^{DOP} of Ag isotopes

References

1. Boboshin I.N. // Physics of Atomic Nuclei. 2017. To be published.
2. Koning A.J., Delaroche J.P. // Nucl. Phys. A. 2003. V. 713. P. 23.
3. O. V. Bepalova, I. N. Boboshin, V. V. Varlamov et al. // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics Vol. 71, No. 3, 2007, p. 423.

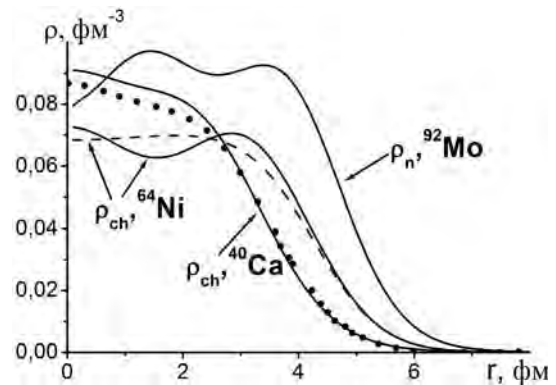


ЗАРЯДОВЫЕ И НЕЙТРОННЫЕ ПЛОТНОСТИ ИЗОТОПОВ Ca, Ni, Mo В ДИСПЕРСИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

О. В. Беспалова, А. А. Климочкина

МГУ им. М. В. Ломоносова,
НИИЯФ им. Д. В. Скобельцына,
119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 2,
телефон: +7 (495) 939-49-07,
факс: +7(495)939-08-96,
e-mail: besp@sinp.msu.ru

Проведен расчет распределений плотности стабильных изотопов Ca, Ni, Mo в рамках одночастичного подхода с найденными ранее параметрами дисперсионной оптической модели (ДОМ). Достигнуто соответствие с экспериментальными данными о зарядовых распределениях



Распределения зарядовой и нейтронной плотности. Сплошные линии – расчет по ДОМ, штриховая и точки – данные [1, 2]

Радиусы r_{ch} (в фм) изотопов Ni

Ядро	$r_{ch}^{ДОМ}$	$r_{ch}^{эксп}$
^{60}Ni	3,83	3,811(1)
^{62}Ni	3,83	3,838(1)
^{64}Ni	3,84	3,855(1)

и rms-радиусах. В качестве примера на рисунке показаны зарядовые плотности ядер ^{40}Ca , ^{64}Ni и нейтронная плотность ^{92}Mo , а в таблице – зарядовые среднеквадратичные радиусы r_{ch} изотопов $^{60,62,64}\text{Ni}$ в сравнении с экспериментальными данными [1–3]. Расчет демонстрирует возможности ДОМ для описания и предсказания распределений плотности ядер. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-32-00388 мол_а.

Список литературы

1. H. De Vries, C.W. De Jager, and C. De Vries // Data Nucl. Data Tables, 36, 495536 (1987).
2. H. J. Emrich. Ph.D. thesis, University of Mainz, 1983.
3. A. Steudel, U. Triebe, D. Wendlandt // At. Data Nucl. Data Tables, 56, 133(1994).

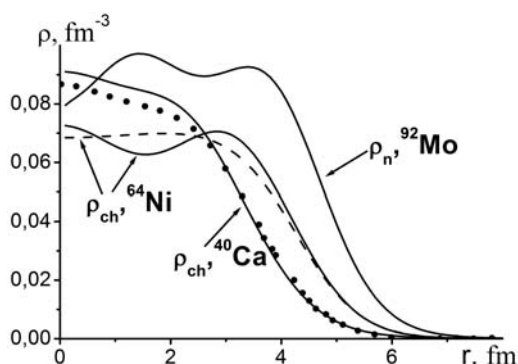


CHARGE AND NEUTRON DENSITY DISTRIBUTIONS OF CA, NI, MO ISOTOPES WITHIN THE DISPERSIVE OPTICAL MODEL

O. V. Bepalova, A. A. Klimochkina

Scobeltsyn Institute of Nuclear Physics,
Lomonosov State University,
119991, Moscow, Leninskie Gory, .1, b. 2,
tel: +7 (495) 939-49-07, fax: +7(495) 939-08-96,
e -mail: besp@sinp.msu.ru

Charge and neutron density distribution of stable isotopes of Ca, Ni, Mo are calculated in the framework of the single-particle approach with the found earlier parameters of the dispersive optical model (DOM). Good agreement with available experimental charge density distributions and rms charge radii was achieved. As an example, charge



Charge and neutron density distributions. Solid lines – calculation within DOM, dashed line and filled circles – the experimental data [1, 2]

Rms charge radii (in fm) of Ni isotopes

	r_{ch}^{DOM}	r_{ch}^{exp}
^{60}Ni	3,83	3,811(1)
^{62}Ni	3,83	3,838(1)
^{64}Ni	3,84	3,855(1)

density distribution of ^{40}Ca , ^{64}Ni and neutron density distribution of ^{92}Mo are shown in Fig. in comparison with the experimental charge density [1, 2]. Charge root-mean-square radius of $^{60,62,64}\text{Ni}$ are presented in table in comparison with the experimental data [3]. The results demonstrate opportunities of DOM to describe and predict density distributions. The study was funded by RFBR according to the research project N 16-32-00388 mol_a.

References

1. H. De Vries, C.W. De Jager, and C. De Vries // Data Nucl. Data Tables, 36, 495536 (1987).
2. H. J. Emrich. Ph.D. thesis, University of Mainz, 1983.
3. A. Steudel, U. Triebe, D. Wendlandt // At. Data Nucl. Data Tables, 56, 133(1994).

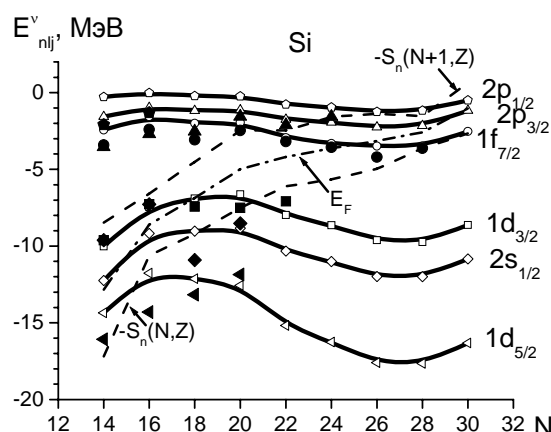


ЭВОЛЮЦИЯ ОДНОЧАСТИЧНОГО СПЕКТРА ИЗОТОПОВ Si С N ОТ 14 ДО 30 В ДИСПЕРСИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

O. V. Bepalova, T. A. Ermaikova,
A. A. Klimochkina, T. I. Spasskaya

МГУ им. М. В. Ломоносова,
НИИЯФ им. Д. В. Скобельцына,
119991, Москва, Ленинские Горы, д.1, стр. 2,
телефон:+7 (495) 939-49-07, факс: +7(495)939-08-96,
e-mail: besp@sinp.msu.ru

В [1] получены новые экспериментальные данные об энергиях $E_{nlj}^{эксн}$ одночастичных состояний изотопов Si вблизи энергии Ферми.



Энергии E_{nlj}^V изотопов Si. Светлые значки, соединенные линиями – расчет по ДОМ, темные значки – данные [1]

Сравнение с этими данными результатов расчета E_{nlj}^{DOM} для нейтронных состояний изотопов Si с N от 14 до 30 по дисперсионной оптической модели (ДОМ) показало их хорошее согласие. Энергии E_{nlj}^{DOM} были вычислены с глобальными параметрами мнимой части оптического потенциала [2]. Параметр V_{HF} находился из условия согласия суммарного числа нейтронов N_n в связанных состояниях с N. Число N_n находилось по результатам расчета вероятностей заполнения одночастичных орбит с использованием выражения, заимствованного из теории БКШ, и энергий E_{nlj}^{DOM} . Эволюция нейтронного одночастичного спектра представлена на рисунке. Расчет предсказывает существенное ослабление эффекта замыкания оболочки N = 28 изотопах Si, перегруженных нейтронами.

Список литературы

1. Маркова М. Л., Третьякова Т. Ю., Федоров Н. А. См. наст. сборник.
2. Koning A. J., Delaroche J. P. // Nucl. Phys. A. 2003. V. 713. P. 23.



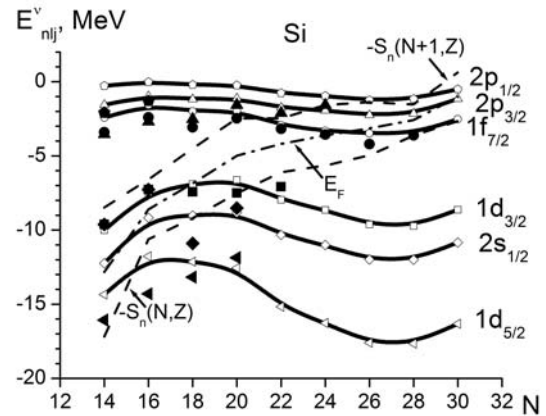
EVOLUTION OF THE SINGLE-PARTICLE SPECTRUM OF SI ISOTOPES WITH N FROM 14 TO 30 WITHIN THE DISPERSIVE OPTICAL MODEL

Bespalova O. V., Ermakova T. A., Klimochkina A. A., Spasskaya T. I.

Scobeltsyn Institute of Nuclear Physics,
Lomonosov State University,
119991, Moscow, Leninskie Gory, .1, b. 2,
tel: +7 (495) 939-49-07, fax: +7(495)939-08-96,
e -mail: besp@sinp.msu.ru

The new experimental data on single-particle energies E_{nlj}^{exp} near the Fermi energy of Si isotopes were obtained in [1]. We calculated neutron

energies E_{nlj}^{DOM} of Si isotopes with N from 14 to 30 within the dispersive optical model using the global parameters of imaginary part of the optical potential [2] and good agreement with the data [1] was achieved. The Hartree-Fock type potential was determined from



Neutron single-particle energies E_{nlj} of Si isotopes.

Open symbols connected with the lines – E_{nlj}^{DOM} , filled symbols – data [1]

the condition that summed number N_n of neutrons in bound states agrees with N of isotope. Number N_n was found from the data on occupation probabilities N_{nlj} which were calculated using the expression taken from BCS theory with the energies E_{nlj}^{DOM} . The evolution of the calculated neutron single-particle spectrum of Si isotopes is shown in Fig. The obtained results are in agreement with the notion that shell closure effect N = 28 is weakened in nuclei with the neutron excess.

References

1. Markova M. L., Tretyakova T. Yu., Fedorov N. A. See the present Book of Abstracts.
2. Koning A. J., Delaroche J. P. // Nucl. Phys. A. 2003. V. 713. P. 23.



ПАРНЫЕ ЭНЕРГИИ НЕЧЕТНЫХ И НЕЧЕТНО-НЕЧЕТНЫХ ЯДЕР В ФИКСИРОВАННЫХ КВАНТОВЫХ СОСТОЯНИЯХ

А. К. Власников, А. И. Зиппа, В. М. Михайлов

Санкт-Петербургский государственный университет, Ульяновская ул., 1, Санкт-Петербург, 198504,
Россия, тел.: (812)4289942,
факс: (812)4287240, e-mail: a.vlasnikov@spbu.ru

Определение вклада парных энергий (П.Э.) в массы M нечетных и нечетно-нечетных ядер основано на широко распространенной гипотезе, что M ядер с $A \geq 50$, отличающихся от магических, состоят из двух компонент: 1) гладкой функции от количества нуклонов, совпадающей в четно-четных ядрах с их массами, а в остальных случаях вычисляемой путем разложения гладкой функции масс в ряд Тейлора [1]; 2) П.Э. $P_n(N', Z)$, $P_p(N, Z')$ (см. [2]),

$$P_{np}(N', Z') = M(N', Z') - 9[M(N'+1, Z'-1) + M(N'-1, Z'+1)]/16 + \\ + [M(N'+3, Z'-3) + M(N'-3, Z'+3)]/16 = P_n(N', Z) + P_p(N, Z') - \delta_{np}(N', Z'),$$

где N (N') и Z (Z') обозначают четные (нечетные) числа нейтронов и протонов. Включение в предлагаемые формулы для П.Э. лишь одной массы нечетного или нечетно-нечетного ядра позволяет показать зависимость П.Э. от квантовых состояний нечетных квазичастиц.

В Таблице – результат расчета парных энергий деформированных ядер ($150 < A < 190$) с надежно установленными квантовыми числами Нильссона $\Omega[N n_z \lambda]$ нечетных квазичастиц.

N'	Z	P_n , кэВ	$\Omega[N n_z \lambda]$ нейтроны	N	Z'	P_p , кэВ	$\Omega[N n_z \lambda]$ протоны	$P_{np}(N', Z')$, кэВ	I^π	δ_{np} , кэВ
93	64	887	3/2 [531]	92	65	984	3/2 [411]	1736	3^-	135
99	66	777	7/2 [633]	98	67	862	7/2 [523]	1396	0^-	243
101	68	733	1/2 [521]	100	69	900	1/2 [411]	1325	1^-	308

Список литературы

1. Madland D.G., Nix J.R. New model of the average neutron and proton pairing gaps // Nucl. Phys. A. 1988. Vol. 476. P. 1–38.
2. Власников А.К., Зиппа А.И., Михайлов В.М. Парные энергии деформированных ядер, $150 < A < 190$, для фиксированных квантовых состояний нечетных нуклонов // Изв. РАН. Сер. физическая. 2016. Т. 80. № 8.



PAIRING ENERGIES OF ODD AND ODD-ODD NUCLEI IN FIXED QUANTUM STATES

A. K. Vlasnikov, A. I. Zippa, V. M. Mikhajlov

Saint-Petersburg State University, Uljanovskaya Street, 1, St. Petersburg, 198504, Russia, phone:
(812)4289942, fax: (812)4287240, e-mail: a.vlasnikov@spbu.ru

Separation of pairing energies (P.E.) from masses M of odd and odd-odd nuclei is based on the widespread hypothesis that M of nonmagic nuclei with $A \geq 50$ consist of two components:

1) a smooth function of nucleon numbers identical to the nucleus mass for even-even nuclei and calculated by means of Taylor series expansion for odd and odd-odd nuclei [1];

2) P.E.: $P_n(N', Z)$, $P_p(N, Z')$ and $P_{np}(N', Z')$. To demonstrate dependence of P.E. on the quantum states of the odd quasiparticles we suggest equations including only one mass of an odd or odd-odd nucleus. $P_n(N', Z)$ and $P_p(N, Z')$ are obtained in [2],

$$P_{np}(N', Z') = M(N', Z') - 9[M(N'+1, Z'-1) + M(N'-1, Z'+1)]/16 + \\ + [M(N'+3, Z'-3) + M(N'-3, Z'+3)]/16 = P_n(N', Z) + P_p(N, Z') - \delta_{np}(N', Z'),$$

where $N (N')$ and $Z (Z')$ denote even (odd) numbers of neutrons and protons.

The results of calculations of pairing energies of deformed nuclei ($150 < A < 190$) with reliably established Nilsson quantum numbers $\Omega [N n_z \lambda]$ of odd quasiparticles are given in the Table.

N'	Z	P_n , keV	$\Omega [N n_z \lambda]$ neutrons	N	Z'	P_p , keV	$\Omega [N n_z \lambda]$ protons	$P_{np}(N', Z')$, keV	I^π	δ_{np} , keV
93	64	887	3/2 [531]	92	65	984	3/2 [411]	1736	3^-	135
99	66	777	7/2 [633]	98	67	862	7/2 [523]	1396	0^-	243
101	68	733	1/2 [521]	100	69	900	1/2 [411]	1325	1^-	308

Bibliography

1. Madland D.G., Nix J.R. New model of the average neutron and proton pairing gaps // Nucl. Phys. A. 1988. Vol. 476. P. 1–38.

2. Vlasnikov A.K., Zippa A.I., Mikhajlov V.M. Pairing energies of $150 < A < 190$ deformed nuclei for fixed quantum states of odd nucleons // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 2016. Vol. 80. № 8.



ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МЕХАНИЗМА СПОНТАННОГО ДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ДВОЙНОЙ ЯДЕРНОЙ СИСТЕМЫ

**В. В. Волков,¹ Е. А. Черепанов,^{1,2}
Ш. А. Каландаров³**

¹Объединённый институт ядерных исследований. Россия, 141980 г. Дубна. E-mail:

cher@jinr.ru

²«Государственный университет «Дубна». Дубна, Российская Федерация»

³Институт ядерной физики, Ташкент

Деление тяжелого ядра представляет собой эволюционный процесс, в котором делящееся ядро происходит через множество промежуточных состояний. Классическим аналогом такого процесса может служить капля жидкости, форма которой может плавно изменяться, а сама капля распадаться на две капли меньшего размера. Интерпретация и описание деления тяжелых ядер в рамках жидкокапельной модели ядра [1] надолго вошло в ядерную физику.

Рассмотрена возможность нового подхода к интерпретации механизма спонтанного деления тяжелых ядер. Она базируется на информации о взаимодействии ядер, полученной в ядерно-физических исследованиях с тяжелыми ионами. Ключевое значение имеет открытие двойных ядерных систем и их эволюции, протекающей путем передачи нуклонов от ядра к ядру и направляемой потенциальной энергией системы. Согласно новому подходу процесс спонтанного деления тяжелых ядер включает в себя три последовательно протекающие стадии. На первой стадии происходит конденсация валентных нуклонов тяжелого ядра в легкое ядро-кластер, в результате чего формируется двойная ядерная система. Вторая стадия представляет собой эволюцию двойной ядерной системы, протекающей путем передачи нуклонов тяжелого ядра ядру-кластеру. Эволюция направляется потенциальной энергией системы – функцией ее зарядовой и массовой асимметрии. Эволюция завершается, когда ДЯС достигнет минимума потенциальной энергии. В этом состоянии ДЯС неустойчива и за счет кулоновских сил распадается на два близких по массе ядра-осколка. Это третья стадия спонтанного деления.

Предлагаемый подход к интерпретации механизма [2] спонтанного деления тяжелых ядер дает лишь качественную картину этого ядерного процесса. Вместе с тем, поскольку этот подход опирается на экспериментальные данные о взаимодействии ядер, авторы надеются, что он дает более реалистическую картину механизма спонтанного деления тяжелых ядер.

Список литературы

1. Bohr N. and Wheeler J. A. The mechanism of nuclear fission // Phys. Rev. 1939. V. 56. p. 426.
2. Volkov V.V., Cherepanov E.A., Kalandarov Sh.A Preprint JINR E7-2016-21.



INTERPRETATION OF THE MECHANISM OF SPONTANEOUS FISSION OF HEAVY NUCLEI IN THE FRAMEWORK OF DINUCLEAR SYSTEM CONCEPTION

**V. V. Volkov,¹ E. A. Cherepanov,^{1,2}
Sh. A. Kalandarov³**

¹Joint Institute for Nuclear Research. 141980 Dubna, Russia. E-mail: cher@jinr.ru

²State University «Dubna», Russia

³Institute of Nuclear Physics, Tashkent

The fission of a heavy nucleus is an evolutionary process where the fissioning nucleus is to pass through an array of intermediate states. A classical analogue of this process will be a liquid drop of a smoothly varying shape that may break up into two smaller droplets. The interpretation and description of the heavy-nucleus fission in the framework of the liquid-drop nuclear model [1] have stayed in nuclear physics for quite a long time.

A possibility for a new approach to the interpretation of the mechanism of spontaneous fission of heavy nuclei is considered. It is based on the information about nuclear interactions obtained in nuclear physics research using heavy ions. Of key importance here is the discovery of dinuclear systems and their evolution via the nucleon transfer from nucleus to nucleus and governed potential energy of the system. According to the new approach, the process of spontaneous fission of heavy nuclei in-

cludes three consecutive stages. At the first stage, the valence nucleons of the heavy nucleus are condensed into the light cluster nucleus, which leads to the formation of a dinuclear system. At the second stage, the evolution of the dinuclear system takes place proceeding by way of nucleon transfer from the heavy nucleus to the cluster nucleus. Such evolution is governed by the potential energy of the system, which is a function of its charge and mass asymmetry. It ends when the DNS reaches the potential energy minimum. In this state the DNS is unstable and falls into two fragment nuclei close in mass under the action of the Coulomb forces. This is the third stage of the spontaneous fission process.

A qualitative interpretation of some properties of spontaneous fission of heavy nuclei [2] is made in frames of the developed approach. Along with this, the authors hope that it provides a more realistic picture of the mechanism of spontaneous fission of heavy nuclei as our approach relies on the experimental data on nuclear interactions.

References

1. Bohr N. and Wheeler J. A. The mechanism of nuclear fission // *Phys. Rev.* 1939. V. 56. p. 426.
2. Volkov V. V., Cherepanov E. A., Kalandarov Sh.A Preprint JINR E7-2016-21.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОДТВЕРЖДЕНИЮ ГАМОВ- ТЕЛЛЕРОВСКОГО РЕЗОНАНСА В СОСТАВНОМ ЯДРЕ ^{118}Sb

**Л. Н. Генералов, И. А. Карпов,
О. П. Вихлянец, А. Д. Тумкин, Д. А. Федотов,
К. С. Величко, С. М. Селянкина**

РФЯЦ-ВНИИЭФ
607188, г. Саров, Нижегородская обл.,
пр. Мира, 37. Факс: (83130) 4-55-69,
e-mail: generalov@expd.vniief.ru

EXPERIMENTAL STUDY ON VERIFICATION OF GAMOV-TELLER RESONANCE EXISTANCE ON ^{118}Sb COMPOUND NUCLEI

**L. N. Generalov, I. A. Karpov, O. P. Vikhlyantsev,
A. D. Tumkin, D. A. Fedotov, K. S. Velichko,
S. M. Selyankina**

Russian Federal Nuclear Center – All-Russia
Research Institute of Experimental Physics
607188, Sarov, Nizhnii Novgorod region, Mira ave,
37. Fax: (831 30) 4-55-69,
e-mail: generalov@expd.vniief.ru

Экспериментально-теоретическое подтверждение возбуждения Гамов-Теллеровского резонанса (ГТР) 1^+ в составном ядре ^{118}Sb , предположительно обнаруженного группой Б. Я. Гужовского в реакции $^{117}\text{Sn}(p, xn)$ [1], имеет фундаментальное значение для понимания возбуждения гигантских резонансов [2, 3, 4]. Уникальный и единственный эксперимент [1] не стал окончательным доказательством возбуждения ГТР в составном ядре.

В настоящей работе на протонном пучке ускорителя ЭПП-10 (РФЯЦ-ВНИИЭФ) проведены пробные исследования по подтверждению возбуждения низкоэнергетического компонента ГТР в составном ядре ^{118}Sb . Нейтроны из реакции $^{117}\text{Sn}(p, xn)$ и фоновые нейтроны регистрировались всеволновым детектором под углом 140 градусов по отношению к направлению движения протонного пучка. В то же время в работе [1], регистрация нейтронов выполнялась 4π-детектором. Всеволновой детектор нейтронов находился на расстоянии 1,5 м от мишени. Прямых измерений нейтронного фона не проводилось. Использовалась самоподдерживающаяся мишень толщиной $530 \text{ мкг}\cdot\text{см}^{-2}$ с 89,3 % содержанием ^{117}Sn , которая располагалась под углом 45 градусов по отношению к протонному пучку. Энергетическая толщина мишени составляла 20–30 кэВ. Шаг измерений по энергии протонов был 100–200 кэВ. С целью обнаружения резонанса в упругом канале [3] регистрировались упруго рассеянные протоны под углами 20 и 160 градусов. Поток протонов на мишень измерялся интегратором тока.

На рис. 1 показана измеренная энергетическая зависимость выхода нейтронов

$N_n^\Sigma = N_n^{nR} + N_n^R + N_{fon}$ (где N_n^{nR} – нерезонансная составляющая реакции, N_n^R – резонансная составляющая реакции, N_{fon} – фоновая составляющая), деленная на Q отсчетов интегратора тока. Резонансный выход нейтронов N_n^R/Q определялся вычитанием из полного выхода N_n^Σ/Q подбираемой фоновой подложки $[N_n^{nR} + N_{fon}]/Q$ (обсуждается в докладе).

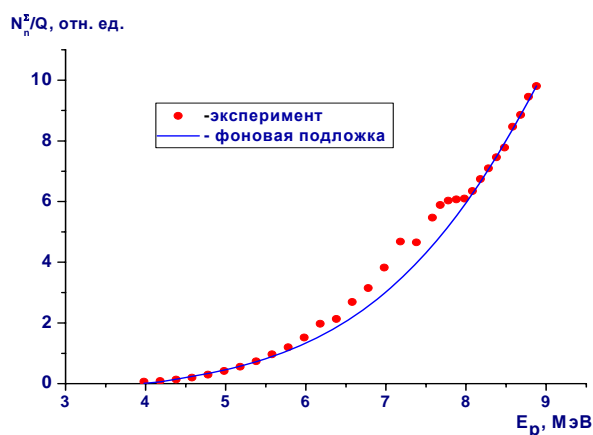


Рис. 1. Выход нейтронов в зависимости от энергии протонов E_p

На рис. 2 показана резонансная зависимость сечения реакции. Данные [1], представленные в виде отношения резонансного сечения σ_{pn}^{res} к полному сечению реакций σ_R , нами переведены в абсолютные единицы (обсуждается в докладе).

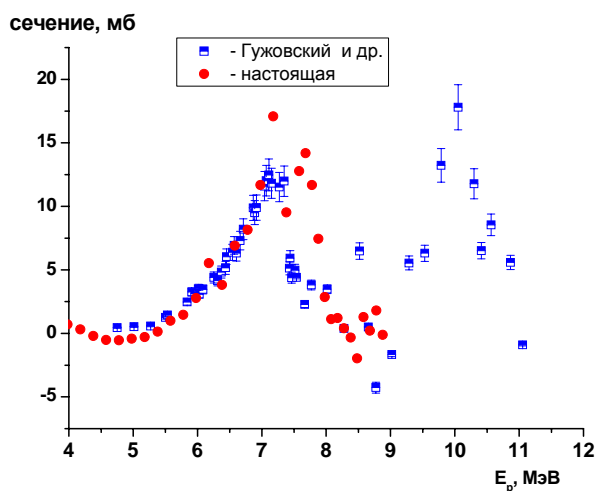


Рис.2. Резонансная зависимость сечения реакции $^{117}\text{Sn}(p,xn)$

Абсолютные резонансные данные [1] приводятся впервые. Результаты настоящих исследований, полученные в относительных единицах и совмещенные с абсолютными данными [1] с целью сравнения, в целом по форме неплохо согласуются с ними. В этой энергетической области в упругом канале пока не получено отчетливого подтверждения резонансной зависимости.

Список литературы

1. Гужовский Б. Я., Дзюба Б. М., Протопопов В. Н. // Письма в ЖЭТФ -1984. – т.40.-с.48.
2. Игашов С.Ю., Родин В.А., Урин М.Г. // ЯФ. 2013. Т. 76. № 4. С. 468.
3. Абрамович С. Н., Звенигородский А. Г. // Ядерная физика и инжиниринг. 2013. Т. 3. С. 1097.
4. Урин М. Г. // ЯФ. 2016.-Т. 79. № 2. С. 101.



СТРУКТУРА НЕЧЕТНЫХ И НЕЧЕТНО-НЕЧЕТНЫХ ЯДЕР В ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ ДЕФОРМАЦИЙ (N=86-90)

З. Гонс, В. Г. Калинин, В. И. Стегайлов, А. В. Сушков

Объединенный институт ядерных исследований,
ул. Жолио-Кюри, 6, г. Дубна, Московской обл.,
141980 тел. (49621)62175, e-mail:
stegajlov2013@yandex.ru

Целью работы является экспериментальное и теоретическое изучение нечетных ядер и установление на основе полученных данных структуры нечетно-нечетных ядер в переходной области деформаций ($N = 86-90$) и ($Z = 63-69$).

Теоретические расчеты, проведенные в этой области ядер [1,2] с помощью разных модельных представлений (на базе потенциалов Саксона-Вудса [1] и Нильсона [2]), дают похожие результаты, так в ядрах гольмия поведение орбиталей $1/2^+[411]$, $5/2^+[413]$, $5/2^+[402]$ и т. д. не согласуется с экспериментом. Это позволяет говорить о не полном модельном описании деталей структуры ядра и неиспользованных параметрах при проводимых расчетах. В исследуемом диапазоне находятся ядра Eu, Tb, Ho, Tm, в

которых структуру неротационных уровней до сих не удалось описать [3] в рамках энергетического базиса нечетно-протонных и нечетно-нейтронных ядер по правилам Г.–М., хотя такие попытки предпринимались. В данных исследованиях необходимо учитывать возможность существования в ядрах этой области состояний с различными параметрами деформации [4]. Близость заполненной оболочки с $Z = 64$ может также существенно влиять на структуру и положение уровней ядер.

Экспериментальные результаты о схемах распада и изомерии для ядер Ho, полученные нами, регулярно докладывавшиеся в материалах международных совещаний по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (1990–2016 гг.) позволяют продвинуться в понимании проблемы несовместимости экспериментальных и теоретических подходов

Литература

1. Бонч-Осмоловская Н. А. и др. // Изв. Ан., сер. физ., т. 56, н. 11, 1992. С. 53–63.
2. P. Aleksa, Z. Hons, J. Kvasil // Phys. G. Nucl. Phys. 2011
3. Jain A. K., Sheline R. K. et al. // Rev. Mod. Phys., 1998. Vol. 70, No 3, p. 851–852
4. Kalinnikov V. G., Kuznezov V. V., Stegailov V. I. et al. // Izv. RAN. ser. fiz. 1980. V. 44, n.5, p. 912–917



STRUCTURE OF ODD AND ODD–ODD NUCLEI IN THE TRANSITION DEFORMATION REGION ($N = 86–90$)

Z. Hons, V. G. Kalinnikov, V. I. Stegailov,
A. V. Sushkov

Joint Institute for Nuclear Research, ul. Joliot-Curie
6, Dubna, Moscow region, 141980, Russia.
tel. (49621)62175, e-mail: stegajlov2013@yandex.ru

The aim of the work is experimental and theoretical study of odd nuclei to obtain data for establishing the structure of odd–odd nuclei in the transition deformation region ($N = 86–90$ and $Z = 63–69$).

Theoretical calculations for nuclei in this region [1, 2] performed using different models (based on the Woods–Saxon [1] and the Nielson potential [2]) yield similar results, e.g., disagreement of the behavior of the $1/2^+[411]$, $3/2^+[411]$, and $5/2^+[411]$ orbitals in the holmium nucleus with experiment. This suggests incomplete model description of nuclear structure details and failure to use some parameters during the calculations. The nuclei under investigation include, among others, Eu, Tb, Ho, and Tm, in which the structure of nonrotational levels has not been described so far [3] within the energy basis of the proton-odd and neutron-odd nuclei using the GM rules though attempts were made [3]. In these studies it is necessary to consider possible coexistence of was states with different deformation parameters in nuclei from this region [4]. The proximity of the filled shell with $Z = 64$ can also appreciably affect the structure and position of nuclear levels.

Our experimental results on the decay schemes and isomerism of Ho nuclei regularly reported in materials of international conferences on nuclear spectroscopy and nuclear structure (1990–2016) allow an advance in the understanding of the incompatibility of the experimental and theoretical approaches.

References

1. Bonsh-Osmolovskaia N. A. et al. // Izv. RAN. Ser. Fiz. 1992. V. 56, n. 11, p. 53–63.
2. Aleksa P., Hons Z., Kvasil J. // Phys. G. Nucl. Phys. 2011.
3. Jain A. K., Sheline R. K. et al. // Rev. Mod. Phys., 1998, Vol. 70, N. 3, p. 851–852.
4. Kalinnikov V. G., Kuznezov V. V., Stegailov V. I. et al. // Izv. RAN. Ser. Fiz. 1980. V. 44, n. 5, p. 912–917.

УНИТАРНАЯ ВЕРСИЯ ЧАСТИЧНО-ДЫРОЧНОЙ ДИСПЕРСИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

М. Л. Горелик¹⁾, Б. А. Тулупов^{2,*)}, М. Г. Урин¹⁾

¹⁾Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

²⁾Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия

*) boris.tulupov@mail.ru

Частично-дырочная дисперсионная оптическая модель сформулирована с целью совместного описания основных мод релаксации высокоэнергетических возбуждений типа частица-дырка в средне-тяжелых сферических ядрах [1]. К указанным модам относятся: распределение частично-дырочной силы (затухание Ландау), связь состояний типа частица-дырка с одночастичным континуумом, а также с многоквaziчастичными конфигурациями (фрагментационный эффект). В представленной работе предложен метод восстановления унитарности модели, слабо нарушенной за счет феноменологического (и в среднем по энергии) описания фрагментационного эффекта, а также использования в рамках модели приближенного спектрального разложения функции Грина одночастичного уравнения Шредингера, содержащего энергoзависимый потенциал. Свидетельством нарушения унитарности модели является существование "духовой" силовой функции, отвечающей внешнему единичному полю, и небольших отрицательных значений силовой функции изоскалярного монополярного гигантского резонанса при энергиях, далеких от максимума этого резонанса. Эти значения приводят к некоторой недооценке соответствующего энергетически взвешенного правила сумм при условии рассмотрения больших энергетических интервалов. Предложенный метод реализован на примере количественного анализа усредненных по энергии изоскалярной монополярной двойной переходной плотности и силовых функций в широком энергетическом интервале, включающем изоскалярный гигантский монополярный резонанс и его обертоны в ядре ^{208}Pb [2, 3].

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 15-02-08007).

Список литературы

1. М.Г. Урин, ЯФ **74**, 1219 (2011);); М.Н. Urin, Phys. Rev. C **87**, 044330 (2013).
2. М.Л. Горелик, Ш. Шломо, Б.А. Тулупов, М.Г. Урин, ЯФ **78**, 1 (2015); M.L. Gorelik, S. Shlomo, B.A. Tulupov, and M. N. Urin, ArXiv: 1512.05473 [nucl-th].
3. М.Л. Горелик, Б.А. Тулупов, М.Г. Урин, ЯФ (2016) в печати.



UNITARY VERSION OF THE PARTICLE-HOLE DISPERSIVE OPTICAL MODEL

M. L. Gorelik¹⁾, B. A. Tulupov^{2,*)}, M. N. Urin¹⁾

¹⁾National Research Nuclear University "MEPhI", Moscow, Russia

²⁾Institute for Nuclear Research RAS, Moscow, Russia

*) boris.tulupov@mail.ru

Partical-hole dispersion optical model has been developed for the purpose to describe in common the main modes of relaxation of the particle-hole high-energy excitations in the medium-heavy mass spherical nuclei [1]. These modes are: the distribution of particle-hole strength (Landau damping), coupling of the particle-hole-type states to the single-particle continuum and to manyquasi-particle configurations (the spreading effect) . In the presented paper we propose a method for restoration of the model unitarity, slightly violated due to phenomenological (and in average over the energy) description of the spreading effect, as well as the use within the model of an approximate spectral expansion of the Green function of the single-particle Schrödinger equation containing energy-dependent potential. Violation of the model unitarity manifests itself in the appearance of the "spurious" strength function corresponding to the external unit field, and small negative values of the isoscalar monopole giant resonance strength function at energies far from the maximum of this resonance. These values lead to some

underestimation of the corresponding energy-weighted some rule provided that the large energy intervals are considered. The method is implemented by the example of the quantitative analysis of energy-averaged isoscalar monopole double transition density and strength functions in a wide energy range, including isoscalar giant monopole resonance and its overtone in the ^{208}Pb nucleus [2, 3].

This work is partially supported by Russian Foundation for Basic Research under Grant No.15-02-08007.

References:

1. Urin M. H. Phys. At. Nucl. **74**, 1189 (2011); Phys. Rev. 2013. C **87** 044330 .
2. Gorelik M. L., Shlomo S., Tulupov B. A., and Urin M. H., Phys. At. Nucl. 2015. **78**, 551; Gorelik M. L., Shlomo S., Tulupov B. A., and Urin M. H., ArXiv: 1512.05473 [nucl-th].
3. Gorelik M. L., Tulupov B. A., and Urin M. H., Phys. At. Nucl., 2016 (in press).



СУЩЕСТВУЮТ ЛИ АНАЛОГИ СОСТОЯНИЯ ХОЙЛА В ^{16}O ?

**А. Н. Данилов¹, А. А. Оглоблин¹,
А. С. Демьянова¹, Т. Л. Беляева²,**

¹Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1, 8 (499) 196-96-39, danilov1987@mail.ru

²Независимый университет штата Мехико, 5000, Толуса, Мексика

Упругое и неупругое рассеяния $^{16}\text{O}+\alpha$ были проанализированы в рамках Модифицированной дифракционной модели, которая позволила впервые определить радиусы возбужденных состояний, значения которых предсказывались только теоретическими моделями. Основным результатом касается состояния 15,1 МэВ 0^+_{6-6} ^{16}O , который по предположениям может быть аналогом известного состояния Хойла 7,65 МэВ 0^+_{2-2} в ^{12}C . Состояние 0^+_{6-6} ^{16}O расположено всего на

0,375 МэВ выше порога распада $^{12}\text{C}^*(0^+_{2-2}) + \alpha$. Радиус этого состояния оказался близок к радиусам других состояний 0^+ вопреки предсказаниям α -конденсатных моделей [1] о том, что радиус в два раза превышает радиус основного состояния.

Список литературы

1. Funaki Y., Yamada T., Horiuchi H., Röpke G., Schuck P., and Tohsaki A. α -cluster states and 4α -particle bose condensate in ^{16}O // Journal of Physics: Conf. Series. 2008. V. 111. 012012. P. 1–6



DOES THE ANALOGUE OF THE HOYLE STATE EXIST IN ^{16}O ?

**A.N. Danilov¹, A.A. Ogloblin¹, A.S. Demyanova¹,
T.L. Belyaeva².**

¹National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow 123182, Russia, Academic Kurchatov sq. 1, 8 (499) 196-96-39, danilov1987@mail.ru

²Universidad Autonoma del Estado de Mexico, C. P. 50000, Toluca, Mexico

The $^{16}\text{O}+\alpha$ elastic and inelastic scattering data were analyzed by the modified diffraction model, which allowed us to determine for the first time the radii of the excited states, which values were estimated only by theoretical models. The main result concerns the 15.1-MeV 0^+_{6-6} state of ^{16}O , which is supposed to be analogue of the famous 7.65-MeV 0^+_{2-2} Hoyle state of ^{12}C . The 0^+_{6-6} state of ^{16}O is located 0.375 MeV above the $^{12}\text{C}^*(0^+_{2-2}) + \alpha$ -emission threshold. The radius of this state proved to be similar to that of other 0^+ states contrary to the predictions by α -condensate models [1], that this radius is twice the radius of the ground state.

References

1. Funaki Y., Yamada T., Horiuchi H., Röpke G., Schuck P., and Tohsaki A. α -cluster states and 4α -particle bose condensate in ^{16}O // Journal of Physics: Conf. Series. 2008. V. 111. 012012. p. 1–6.

ПОИСК ПРОТОННОГО ГАЛО В ЯДРЕ ^{13}N

А. С. Демьянова¹, А. А. Оглоблин¹,
А. Н. Данилов¹, Т. Л. Беляева² и W. Trzaska³

¹Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт», Россия, 123182,
Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1;
Тел.: 8 (499) 196-93-09, Факс: 8(499)1961612,
E-mail: a.s.demyanova@bk.ru

²Независимый университет штата Мехико,
5000, Толуца, Мексика

³University of Jyväskylä, Surfontie 9, FI-40500
Jyväskylä, Finland

Протонное гало было надежно идентифицировано только для двух ядер, ^8B and ^{17}F . Тем не менее, имея в виду то, что состояние $1/2^+$ 3.09 МэВ в ^{13}C имеет нейтронное гало, разумно предположить, что состояние в ^{13}N ($1/2^+$, $E^* = 2.37$ МэВ), которое расположено на 0.42 МэВ выше порога развала $^{13}\text{N} \rightarrow ^{12}\text{C} + p$, может иметь протонное гало. Аргументом в пользу такого предположения является тот факт, что оба упомянутых состояния являются зеркальными.

Целью данной работы было выяснить, действительно ли ^{13}N имеет протонное гало. По этой причине мы решили протестировать новый подход, а именно, использование хорошо известной аналогии, отмеченной Лэйном [1], между неупругим рассеянием и реакцией перезарядки.

Список литературы

1. Lane A. M. Isobaric spin dependence of the optical potential and quasi-elastic (p, n) reactions // Nuclear Physics. 1962. Vol. 35. p. 676–685

SEARCH OF THE PROTON HALO IN ^{13}N

A. S. Demyanova¹, A. A. Ogloblin¹,
A. N. Danilov¹, T. L. Belyaeva² and W. Trzaska³

¹National Research Centre «Kurchatov Institute»,
Moscow 123182, Russia, Academic Kurchatov sq. 1,
8 (499) 196-93-09, a.s.demyanova@bk.ru

²Universidad Autonoma del Estado de Mexico,
C. P. 50000, Toluca, Mexico

³University of Jyväskylä, Surfontie 9,
FI-40500 Jyväskylä, Finland

Proton halos have been reliably identified only for two nuclei, ^8B and ^{17}F . However, keeping in mind what the $1/2^+$ 3.09 MeV excited state in ^{13}C have a neutron halo it is reasonable to suggest that the first excited state of ^{13}N ($1/2^+$, $E^* = 2.37$ MeV) located 0.42 MeV above the $^{13}\text{N} \rightarrow ^{12}\text{C} + p$ threshold might have a proton halo. The argument in favor of such conjecture is the fact that both mentioned states are the mirror ones.

The aim of this work was to find out if ^{13}N really has a proton halo in its first excited state. For this reason we decided to test a new approach, namely making use of the well-known analogy noted by Lane [1] between the inelastic scattering and the charge-exchange reactions.

References

1. Lane A.M. Isobaric spin dependence of the optical potential and quasi-elastic (p, n) reactions // Nuclear Physics. 1962. Vol. 35. P. 676–685.



ВЛИЯНИЕ СПИН-ОРБИТАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА НА СВОЙСТВА КОЛЛЕКТИВНЫХ СОСТОЯНИЙ В ЧЕТНЫХ ИЗОТОПАХ Те

А. Д. Ефимов^{1,2}, В. М. Михайлов³

¹ Гос. университет мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. efimov98@mail.ru

² Физ.-Техн. Институт им. А. Ф. Иоффе РАН, СПб; ³ СПб университет.

Модель Взаимодействующих Бозонов с одним типом коллективных бозонов (МВБ1) применяется для описания коллективных состояний в четных изотопах Те. Параметры модели мы вычисляем [1], используя одночастичные энергии, монопольное и квадрупольное спаривание, квадрупольное частично-дырочное взаимодействие. Все параметры МВБ1 за исключением одного, k_2 , обладают слабой чувствительностью к малым вариациям параметров среднего поля. Параметр k_2 входит в гамильтониан МВБ1 с бозонными операторами $[(d^+ d^+)^{(2)} \cdot ds + \text{H.c.}]$ и $\text{sign}(k_2) = -\text{sign}(Q(2_1^+))$, $Q(2_1^+)$ есть квадрупольный момент первого 2^+ -состояния. Кроме того, k_2 влияет на энергии и вероятности $E2$ -переходов квази-гамма полос. Главный вклад в k_2 при микроскопических вычислениях дает член, пропорциональный $(u_i u_k - v_i v_k)$, u, v – амплитуды Боголюбова. Следовательно даже малые сдвиги одночастичных уровней влияют на значения k_2 , которые мы регулируем глубиной одночастичного спин-орбитального потенциала αV_{ls} .

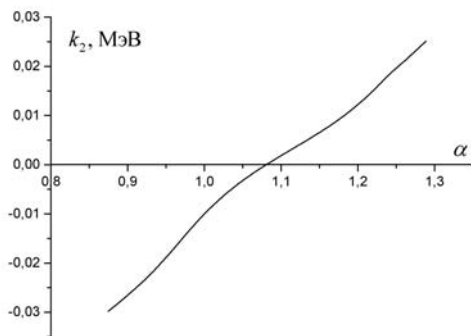


Рис.1

Рис. 1 показывает зависимость k_2 для ^{122}Te от α , в то время как другие параметры V_{ls} такие же как в [2]. Все данные о коллективных состояниях в изотопах Те включая $Q(2_1^+)$ дают значения α от 1,35 ($A = 120$) до 0,90 ($A = 126$). Микроскопические вычисления параметров МВБ1 с этими значениями приводят к достаточно разумному описанию коллективных состояний (вплоть до спина 10^+).

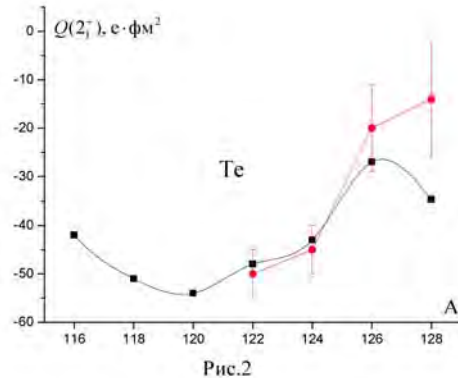


Рис.2

На рис. 2 сравниваются экспериментальные и теоретические $Q(2_1^+)$ как функции A.

Список литературы

1. Ефимов А. Д., Михайлов В. М. // Известия РАН. Сер. физ. 2011. Т.75.С.945; 2013. Т. 77. С. 948; // EPJ Web of Conferences. 2016. V. 107. 03013.
2. Isakov V. I., Erokhina K. I., Mach H. et al. //Eur. Phys. J. A. 2002. V. 14. P. 29.



IMPACT OF SINGLE-PARTICLE SPIN-ORBITAL POTENTIAL ON PROPERTIES OF COLLECTIVE STATES IN EVEN Te -ISOTOPES

A. D. Efimov^{1,2}, V. M. Mikhajlov³

¹Admiral Makarov State University of Maritime and
Inland Shipping efimov98@mail.ru

²Ioffe Physical Technical Institute,
St.-Petersburg, Russia

³St.-Petersburg State University, Russia

The Interacting Bosons Model with one type of collective boson (IBM1) is applied to description of collective states of even Te-isotopes. Model parameters are calculated microscopically [1] by using single-particle energies, the monopole and quadrupole pairing and quadrupole particle-hole interaction. All IBM1 parameters, except one, k_2 , are practically weakly sensitive to small variations of mean field parameters near those given in [2]. Parameter k_2 enters the IBM1 Hamiltonian with boson operators $[(d^+d^+)^{(2)} \cdot ds + H.c.]$. Therefore, $\text{sign}(k_2) = -\text{sign}(Q(2_1^+))$, $Q(2_1^+)$ is the quadrupole moment of the first 2^+ -state. Besides, k_2 influences the energies and $E2$ -probabilities of quasigamma bands. The main contribution to k_2 in microscopical calculations is produced by a term proportional to $(u_i u_k - v_i v_k)$, u, v are Bogolubov amplitudes. Hence, even a small shift of single-particle levels can affect k_2 . Such shifts of interlevel spacings are governed by the single-particle spin-orbital potential V_{ls} .

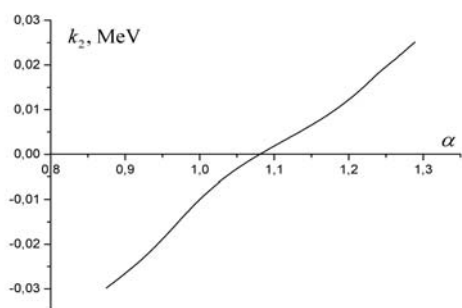


Fig.1

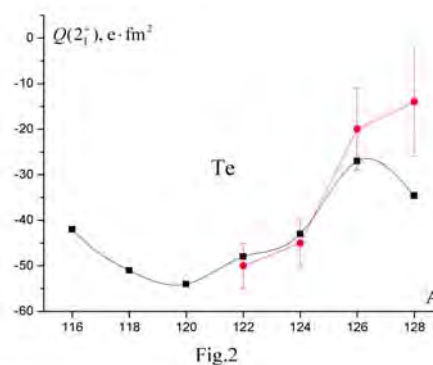


Fig. 1 shows the dependence of k_2 for ^{122}Te on α changing the depth of V_{ls} while other parameters of V_{ls} are the same as in [2]. All data on collective states of Te including $Q(2_1^+)$ give values of α ranging from 1,35 ($A = 120$) down to 0,90 ($A = 126$). Microscopical calculations of IBM1-parameters with these α 's lead to quite reasonable description of collective states (up to spin 10^+). As an example, experimental and theoretical $Q(2_1^+)$ vs A are compared in Fig. 2.

References

1. Efimov A. D., Mikhajlov V. M. // Bull. RAS. Ser. Phys. 2011. V. 75. P. 890; ibid. 2013. V. 77, N7; // EPJ Web of Conferences. 2016. V. 107. 03013.
2. Isakov V. I., Erokhina K. I., Mach H. et al. // Eur. Phys. J. A. 2002. V. 14. P. 29.



КЛАСТЕРНАЯ СТРУКТУРА ЯДЕР И НОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Ю. А. Зарипова, В. В. Дьячков, А. В. Юшков

НИИ экспериментальной и теоретической
физики Казахского национального университета
им. аль-Фараби, Республика Казахстан,
050040, г. Алматы, аль-Фараби 71,
E-mail: ZJ_KazNU@mail.ru

Коллективом авторов данной работы за последние годы экспериментально обнаружен ряд новых ядерно-физических эффектов и закономерностей приводящих к пересмотру некоторых устоявшихся взглядов на состав и структуру ядер – их кластеризацию и упорядоченность в объеме ядра.

1. Новые закономерности в угловых распределениях, как прямые доказательства мультикластерной структуры ядер

Первое доказательство. В экспериментальных угловых распределениях дифференциальных сечений упругого рассеяния обнаруживаются два новых эффекта:

1) экспериментальное угловое распределение раскладывается на две дифракционные моды – первая с малым периодом осцилляций на ядре как целом; вторая – на α -кластерных подструктурах с большими периодами осцилляций;

2) обнаруживается подъем сечений выше резерфордского для легких и средних ядер за счет сложения амплитуд двух дифракционных процессов, указанных выше.

Второе доказательство. В данной работе впервые найден прямой экспериментальный метод обнаружения внутриядерных мультикластеров на основе уникальных кинематических особенностей упругого рассеяния тождественных частиц, а также тяжелой ускоренной частицы на легком ядре-мишени. Такие кинематические особенности найдены нами в кинематиках упругого рассеяния налетающих α -частиц с энергией $E_\alpha = 29,0$ МэВ на матричном ядре ^{24}Mg на пучках казахстанского ускорителя У-150 м.

2. Новые закономерности в структуре ядра

Третье доказательство. Путем систематизации параметров несферичности легких и средних ядер от Z и N (поверхность $\beta(Z, N)$) найдена новая закономерность изменения формы, так называемых, $4n$ -ядер от числа α -кластеров n , а также Z и N – периодические изменения формы ядер от вытянутого сфероида ($\sin g \beta > 0$) к сплюснутому ($\sin g \beta < 0$) и обратно, что возможно лишь при α -кластерном строении этих ядер.



CLUSTER STRUCTURE OF NUCLEI AND NEW EXPERIMENTAL REGULARITIES

Y. A. Zaripova, V. V. Dyachkov, A. V. Yushkov

Scientific Research Institute of Experimental
and Theoretical Physics, Al-Farabi Kazakh
National University, Republic of Kazakhstan,
050040, Almaty, al-Farabi av., 71,
E-mail: ZJ_KazNU@mail.ru

By the authors of this work in recent years experimentally found of several new nuclear-physical effects, phenomena and regularities which are in detail described below, that are leading to revision of some established views on the composition and structure of nuclei – their clustering and ordering in the volume of the nucleus.

1. New regularities in angular distributions, as direct proofs of multicluster structure of nuclei

First proof. In experimental angular distributions of differential cross sections of elastic scattering two new effects are found:

1) experimental angular distribution splits on two diffraction modes – the first with the small period of oscillations on the nucleus as whole; the second – on the alpha-cluster substructures with large periods of the oscillations;

2) rise in cross sections above the Rutherford for light and medium nuclei due to addition of amplitudes of two diffraction processes stated above is found.

Second proof. The direct experimental method of detection of intranuclear multiclusters on the basis of unique kinematic features of elastic scattering of identical particles, and also the heavy accelerated particle on light target nucleus is for the first time found in this work. Such kinematic features are found by us in the kinematics of elastic scattering of incident α -particles with energy of $E_\alpha = 29.0$ MeV on the nucleus ^{24}Mg on beams of Kazakh accelerator U-150m.

2. New regularities in structure of the nucleus

Third proof. By systematization parameters of nonsphericity for light and medium nuclei from Z and N (surface $\beta(Z,N)$) new regularity of change of a shape, so-called, $4n$ -cores from number of alpha clusters n is found, and also Z and N – periodic changes in the shape of extended spheroid cores ($\text{sing}\beta > 0$) to the flattened ($\text{sing}\beta < 0$) and back that is possible only at an alpha-cluster structure of nuclei.



ИЗМЕРЕНИЕ СТАТВОСОВ ВОЛНОВЫХ ФУНКЦИЙ КЛАСТЕРНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ НА ПУЧКАХ УСКОРИТЕЛЯ

Ю. А. Зарипова, В. В. Дьячков, А. В. Юшков

НИИ экспериментальной и теоретической физики Казахского национального университета им. аль-Фараби, Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, аль-Фараби 71, Тел., факс: 7(727)3 773174, E-mail: ZJ_KazNU@mail.ru

Мультикластерные подсистемы ядра, их динамика и взаимодействие друг с другом определяют все его свойства. В модели подразумевается, что внутриядерные подсистемы (ядра с меньшей массой) имеют те же свойства, которые они имеют в свободном состоянии. Волновая функция матричного ядра представляется в виде

$$\Psi_N = \sum_{\lambda} \theta_{2\lambda} \Psi_{2\lambda} + \sum_{\mu} \theta_{3\mu} \Psi_{3\mu} + \dots,$$

где $\Psi_{2\lambda}, \Psi_{3\mu}$ – волновые функции двухкластерной конфигурации в λ -канале, трехкластерной конфигурации в μ -канале; $\theta_{2\lambda}, \theta_{3\mu}$ – ширины этих конфигураций. Сумма квадратов ширин определяет полную вероятность равновесного состояния ядра.

Целью данной работы явились измерения статвесов волновых функций кластерных конфигураций при проведении экспериментов на пучках ускорителя У-150м. Были измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния налетающих α -частиц с энергией $E_\alpha = 29,0$ МэВ на матричном ядре ^{24}Mg и на его кластерах. Априори казалось, что в эксперименте будут обнаружены только конфигурации, соответствующие α -частичным кластерам, так как ранее было доказано экспериментально, что данное ядро состоит из шести α -кластеров. Неожиданно очень отчетливо проявились нуклоны, а также и все легкие кластеры. Это навело на мысль о возможности впервые в одном эксперименте с большой точностью измерить статвеса ширин всех мультикластеров. В данном эксперименте эти числа статвесов соответствующих внутриядерных нуклонных конфигураций получены с точностью около 10 %. Для нуклонов 52 %, альфа – 30 %, трития – 16 %, дейтронов – 2 %. Данная методика имеет определенные перспективы обнаружения и более тяжелых кластеров для тяжелоионных пучков.



MEASUREMENT OF STATISTICAL WEIGHTS OF WAVE FUNCTIONS OF CLUSTER CONFIGURATIONS ON ACCELERATOR BEAMS

Y.A. Zaripova, V.V. Dyachkov, A.V. Yushkov

Scientific Research Institute of Experimental and Theoretical Physics, Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, 050040, Almaty, al-Farabi av., 71
Phone-fax: 7(727)3 773174, E-mail: ZJ_KazNU@mail.ru

Multicluster subsystems of nucleus, their dynamics and interactions with each other determine

all its properties. In the model assumes that intranuclear subsystem (the nucleus with a smaller mass) have the same properties, which they have in a free state. The wave function of matrix-nucleus is represented as $\Psi_N = \sum_{\lambda} \theta_{2\lambda} \Psi_{2\lambda} + \sum_{\mu} \theta_{3\mu} \Psi_{3\mu} + \dots$, where

$\Psi_{2\lambda}, \Psi_{3\mu}$ – wave functions of a two-cluster configuration in λ -channel, three-cluster configuration in μ -channel; $\theta_{2\lambda}, \theta_{3\mu}$ – the width of these configurations. The sum of squares of width determines the total probability of the equilibrium state of the nucleus.

The aim of this work was measuring the statistical weights of wave functions in cluster configurations at experiments on the accelerator beams U-150m. Differential cross sections of elastic scattering of incident alpha particles with energy $E_{\alpha} = 29,0$ MeV on matrix nucleus ^{24}Mg and on its clusters have been measured. A priori, it seemed that in the experiment will be only detected configuration corresponding to alpha-particle clusters as previously has been proven experimentally that the nucleus consists of six alpha clusters. Nucleons, as well as all light clusters were unexpectedly clearly manifested. This led to the idea about the possibility for the first time with high accuracy to measure the widths of the statistical weight of all multi clusters in a single experiment. In this experiment these number of statistical weights relevant to intranuclear nucleon configurations obtained with an accuracy of about 10 %. For nucleons – 52 %, alpha – 30 %, tritium – 16 %, deuterons – 2 %. This technique has some prospects of finding more heavy clusters for the heavy ion beams.



КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ДОМИНИРУЮЩИХ ТИПОВ КЛАСТЕРНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ В СЛОЖНОМ ЯДРЕ

**Ю. А. Зарипова, В. В. Дьячков, А. В. Юшков,
Н. Т. Буртебаев, Т. К. Жолдыбаев,
Ж. К. Керимкулов**

НИИ экспериментальной и теоретической
физики Казахского национального университета
им. аль-Фараби, Республика Казахстан, 050040,
г. Алматы, аль-Фараби 71,
Тел., факс: 7(727)3 773174, E-mail:
ZJ_KazNU@mail.ru

KINEMATIC METHOD SEPARATION OF DOMINANT TYPES OF CLUSTER CONFIGURATIONS IN COMPLEX NUCLEUS

**Y. A. Zaripova, V. V. Dyachkov, A. V. Yushkov,
N. T. Burtebayev, T. K. Zholdybayev,
Zh. K. Kerimkulov**

Scientific Research Institute of Experimental
and Theoretical Physics, Al-Farabi Kazakh National
University, Republic of Kazakhstan, 050040,
Almaty, al-Farabi av., 71,
E-mail: ZJ_KazNU@mail.ru

Прямых экспериментов, подтверждающих наличие в объеме ядра пространственно обособленных мультикластеров, в мировой литературе нет. В работе впервые найден такой метод обнаружения внутриядерных мультикластеров на основе уникальных кинематических особенностей упругого рассеяния тождественных частиц, а также тяжелой ускоренной частицы на легком ядре-мишени. В нем кинематика рассеянной частицы в л.с.к. упирается в критический угол $\theta_{\text{крит}}$: $\sin \theta_{\text{крит}} = a / A$ (НЕВЕРНО), равный 90° для тождественных частиц, и $< 90^\circ$ для $a > A$.

Идея метода состоит в том, что, если ядро не однородная 3D-структура из нуклонов, а из пространственно обособленных кластеров типа $d, t, ^3\text{He}, \alpha$, тогда в спектре рассеянных α -частиц появляются их пики. Этот эффект был впервые нами найден в рассеянии α -частиц с $E_{\alpha} = 29,0$ МэВ на матричном ядре ^{24}Mg и в рассеянии дейтронов с $E_d = 18,0$ МэВ на ^9Be на ускорителе

У-150м. Оказалось, что «петля» для ${}^1\text{H}(\alpha,\alpha){}^1\text{H}$ упирается в $\theta_{\text{крит}} = 14,5^\circ$; ${}^4\text{He}(\alpha,\alpha){}^4\text{He}$ – 90° ; а ${}^{24}\text{Mg}(\alpha,\alpha){}^{24}\text{Mg}$ – до угла 180° . Это и есть прямое доказательство существования кластеров, так как в ядрах с однородным распределением ядерной материи никаких «петель» быть не может.

Достоверность описанного метода дополнительно была подтверждена путем сравнения дифференциальных сечений упруго рассеянных α -частиц с энергией 29 МэВ на ${}^{24}\text{Mg}$, полученных с помощью вышеописанного метода, с мировыми литературными данными упругого рассеяния на ядре-матрице и на всех его кластерных подструктурах (нуклоны, дейтроны, тритоны, гелионы и α -частицы). Дополнительным, еще более наглядным, экспериментом было сравнение теоретической и экспериментальной кинематики, выделенной в канале ${}^4\text{He}(\alpha,\alpha){}^4\text{He}$ с помощью методики совпадений «справа–слева», то есть совпадений «рассеянная частица – ядро отдачи» с указанной энергией.

hindrance between halo-no halo states will be $M1$ (or may be $E1$ and $M2$) γ -transitions.

$B(M\lambda)$ and $B(E\lambda)$ for γ -transitions in ${}^6\text{--}8\text{Li}$, ${}^{8\text{--}10}\text{Be}$, ${}^{8,10,11}\text{B}$, ${}^{10\text{--}14}\text{C}$, ${}^{13\text{--}17}\text{N}$, ${}^{15\text{--}17,19}\text{O}$, and ${}^{17}\text{F}$ are analyzed and systematics are presented. Special attention is given to nuclei whose g. s. does not exhibit halo structure, but the excited state may have one.

For $A = 6\text{--}17$ nuclei the hindrance factor of $M1$ γ -transitions is up to 10^4 , of $E1$ γ -transitions is up to $5 \cdot 10^4$, and of $E2$ γ -transitions is up to 10^2 for halo \rightarrow no halo in comparison with halo-halo γ -transitions. On the contrary, observed halo \rightarrow halo γ -transitions are enhanced. The IAS (3.56 MeV) in ${}^6\text{Li}$ has the Borromian n - p halo structure [7,8]. A large $B(M1,\sigma)$ value of the $M1$ γ -transition from IAS to the g. s. is the evidence for the existence of «tango» n - p halo structure [3-5] in the ${}^6\text{Li}$ g. s.

The structure of the ground and excited states with different isospin in halo-like nuclei is discussed.

References

1. Izosimov I. N. Joint Institute for Nuclear Research Preprint E6-2012-121, Dubna (2012).
2. Izosimov I. N. Proceedings of the International Symposium on Exotic Nuclei (EXON2012), Vladivostok, Russia, 2012 (World Scientific, 2013), p. 129.
3. Izosimov I. N. AIP Conference Proceedings 1681, 030006 (2015). doi: 10.1063/1.4932250
4. Izosimov I. N. Joint Institute for Nuclear Research Preprint E6-2015-41, Dubna (2015).
5. Izosimov I. N. EPJ Web of Conferences 107, 09003 (2016). doi: 10.1051/epjconf/201610709003
6. Jensen A. S., et al., Rev. Mod. Phys. 76, 215(2004).
7. Suzuki Y., Yabana K. Phys. Lett. B 272,173(1991).
8. Zhihong L. et al., Phys. Lett. B 527, 50(2002).

ISOSPIN IN HALO NUCLEI. BORROMEAN HALO, TANGO HALO, AND HALO-ISOMERS

I. N. Izosimov

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia
E-mail: izosimov@jinr.ru

It has been shown that isobar-analog (IAS), double isobar-analog (DIAS), configuration (CS), and double configuration states (DCS) can simultaneously have n - n , n - p , and p - p halo components in their wave functions [1,2]. Both the Borromean and «tango» halo types can be observed for n - p configurations of atomic nuclei [3-6]. Differences in halo structure of the excited and ground states (g,s.) can result in the formation of isomers (halo-isomers) [3-5]. The radial factor r^λ for the electric and $r^{\lambda-1}$ for the magnetic multipole γ -transition operator of order λ may compensate the differences in the large-distance parts of halo and no halo wave functions. The most sensitive for detection of the γ -transition

**FINE STRUCTURE
OF THE β -DECAY STRENGTH
FUNCTIONS $S_{\beta}(E)$ IN SPHERICAL,
DEFORMED, AND TRANSITION NUCLEI**

**I. N. Izosimov, V. G. Kalinnikov,
A. A. Solnyshkin**

Joint Institute for Nuclear Research,
141980 Dubna, Russia. E-mail: izosimov@jinr.ru

The β -decay probability is proportional to the product of the lepton part described by the Fermi function $f(Q\beta - E)$ and the nucleon part described by $S_{\beta}(E)$ [1]. At the nuclear excitation energies E up to $Q\beta$ (total energy of β -decay) $S_{\beta}(E)$ determines the character of the β -decay and the half-lives ($T_{1/2}$) of the β -decay, spectra of β -particles and neutrinos emitted in β -decay, spectra of γ -rays and internal conversion electrons resulting from de-excitation of daughter nucleus states excited in the β -decay, and probabilities of delayed processes accompanying the β -decay [1-4]. Development of experimental technique allows application of methods of nuclear spectroscopy with high energy resolution for $S_{\beta}(E)$ fine structure measurement [2-4]. The combination of the total absorption spectroscopy (TAS) with high resolution γ -spectroscopy may be applied for detailed decay schemes construction [2].

High-resolution nuclear spectroscopy methods [2-4] made it possible to demonstrate experimentally the resonance nature of $S_{\beta}(E)$ for first-forbidden (FF) β -transitions and reveal splitting of the peak in the $S_{\beta}(E)$ for the GT β +/ EC decay of the deformed nuclei into two components. This splitting indicates anisotropy of oscillation of the isovector nuclear density component.

It is shown that the high-resolution nuclear spectroscopy methods give conclusive evidence of the $S_{\beta}(E)$ resonance structure for GT and FF β -transitions in spherical (147 Tb), deformed (160 Ho), and transition (156 Ho) nuclei.

References

1. Naumov Yu. V., Bykov A. A., Izosimov I. N. // Sov. J. Part. Nucl. 1983. V. 14. P. 175.
2. Izosimov I. N., Kalinnikov V. G., Solnyshkin A. A. // Physics of Particles and Nuclei. 2011. V. 42. P.1804. DOI: 10.1134 / S1063779611060049.

3. Izosimov I. N., Kalinnikov V. G., Solnyshkin A. A. // Physics of Atomic Nuclei. 2012. V. 75. p.1400. DOI: 10.1134/S1063778812110099.

4. Izosimov I. N., Kalinnikov V. G., Solnyshkin A. A. // Journal of Physics: Conf. Ser. 2012. V. 381. P. 012054. DOI:10.1088 / 1742-6596/381/1/012054.



**ИССЛЕДОВАНИЕ
СВОЙСТВ ЯДЕР ^{237}Np , ^{239}Pu , ^{241}Am
В ПОЛЕ НЕЙТРОНОВ УСТАНОВКИ
КВИНТА ФАЗОТРОНА ОИЯИ**

**С. Килим, С. И. Тютюнников,
В. И. Стегайлов, М. Белевич,
Е. Стругальска-Кола, М. Шута,
М. Базнат, А. И. Смирнов, О. Далхажав,
И. А. Крячко,**

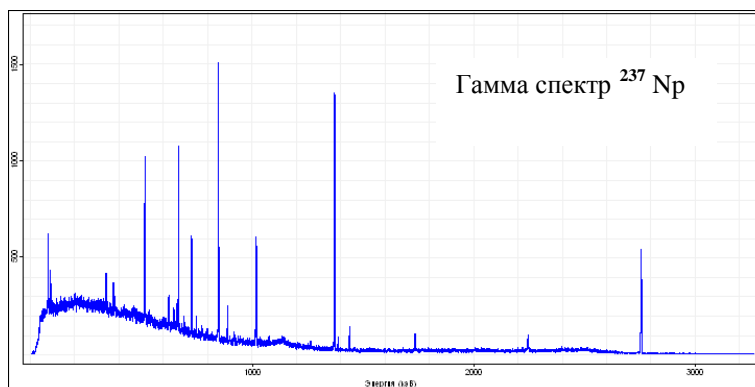
тел. (49621)62175, e-mail:
stegajlov2013@yandex.ru

Эксперимент проводился на выведенном пучке протонов фазотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ при токе 1 мкА и энергии 660 МэВ.

Целью работы является определение отношения сечений реакций захвата и деления и определение сечений образования остаточных ядер в мишенях ^{237}Np (рис), ^{241}Am , ^{239}Pu в поле нейтронов [1] на далеком радиусе (~200 мм) урановой (^{238}U) сборки «КВИНТА» при её облучении протонами с энергией 660 МэВ. В данной точке процентное отношение низкоэнергетических нейтронов максимально, что позволяет выделить реакции захвата.

Измерение гамма спектров облученных мишеней проводилось с помощью HPGe детектора с эффективностью 30 %, изготовленного в ИФТП [2], с использованием фильтра (Pb 50 мм+Kd 2 мм+Gu 2 мм +Al 2 мм), на расстояниях 100 мм и 200 мм.

В процессе обработки результатов в продуктах каждого ядра мишени найдены короткоживущие остаточные ядра с периодом $T_{1/2} > 5$ мин.



Список литературы

1. Kilim S. et al.//XXII International Baldin Seminar, Russia, Dubna, September 15–22, 2014.
2. A. A. Smirnov, V. I. Stegailov, S. I. Tyutyunnikov et al. // «Nucleus 2015», St-Petersb., P. 257



INVESTIGATION OF PROPERTIES OF THE ^{237}Np , ^{239}Pu , AND ^{241}Am NUCLEI IN THE NEUTRON FIELD OF THE KVINTA FACILITY AT THE JINR PHASOTRON

S. Kilim, S. I. Tyutyunnikov, V. I. Stegailov, M. Belevich, E. Strugalska-Kola, M. Szuta, M. Baznat, A. I. Smirnov, O. Dalkhzhay, I. A. Cryachko

tel. (49621)62175, e-mail: stegajlov2013@yandex.ru

The experiment was carried out with the extracted proton beam from the Phasotron of the Labo-

ratory of Nuclear Problems, JINR, at a current of $1\ \mu\text{A}$ and energy of 660 MeV.

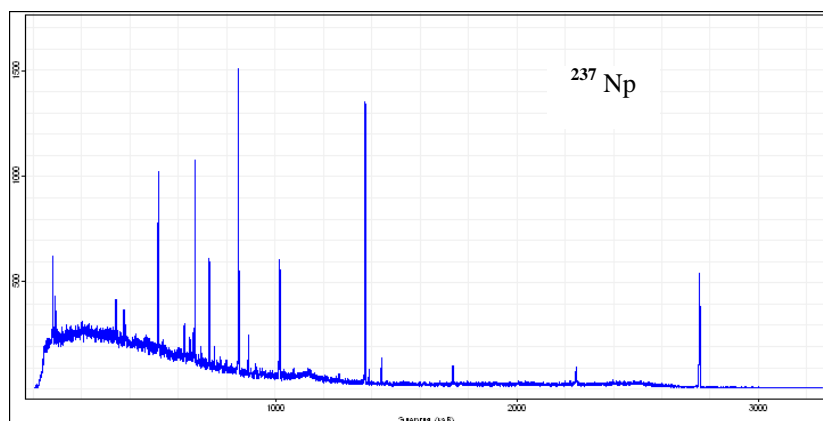
The aim of the investigation is to determine the capture-to-fission cross section ratio and the cross sections for production of residual nuclei in the targets of ^{237}Np (fig.), ^{241}Am , and ^{239}Pu in the neutron field [1] at the far radius ($\sim 200\ \text{mm}$) of the KVINTA uranium (^{238}U) assembly irradiated with 660-MeV protons. At this point the percentage ratio of the low-energy neutron is the largest, which allows capture reactions to be separated.

Gamma spectra of the irradiated targets were measured at a distance of 100 and 200 mm using an HPGe detector with the efficiency of 30 % fabricated at the IPTP [3] and a filter (Pb50 mm+Kd2 mm+Gu2 mm +Al2 mm).

The processing of the experimental data resulted in finding short-lived residual nuclei with a half-life $T_{1/2} > 5\ \text{min}$ among the reaction products of each target nucleus.

References

1. Kilim S. et al. // XXII International Baldin Semina, Russia, Dubna, September 15–22, 2014
2. Smirnov A. A., Stegailov V. I., Tyutyunnikov S. I. et al. // «Nucleus2015», St-Petersb., P. 257.



О ФРАГМЕНТАЦИОННОЙ ШИРИНЕ ИЗОБАРИЧЕСКИХ АНАЛОГОВЫХ РЕЗОНАНСОВ

Г. В. Коломийцев¹⁾, М. Л. Горелик^{1,*)},
М. Г. Урин¹⁾

¹⁾Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия
^{*)} gorelik@theor.mephi.ru

Ярким проявлением приближенного сохранения изоспина в среднетяжелых ядрах является малость фрагментационной ширины изобарических аналоговых резонансов (ИАР), Γ_A^\downarrow . Фрагментационная ширина произвольного гигантского резонанса (включая ИАР) определяется связью соответствующих коллективных состояний типа частица-дырка с многоквaziчастичными конфигурациями. В случае ИАР эта связь существенно подавлена, поскольку реализуется только в меру смешивания по изоспину.

В среднетяжелых ядрах основной механизм смешивания заключается в связи ИАР и обертона ИАР (изовекторного монополюного гигантского резонанса в $\beta^{(-)}$ -канале (ИВМГР⁽⁻⁾)) за счет переменной части среднего кулоновского поля ядра [1]. Реалистическая попытка количественной оценки ширины Γ_A^\downarrow предпринята сравнительно недавно [2] в рамках включающего точный учет одночастичного континуума «кулоновского описания» ИАР и феноменологического описания фрагментационного эффекта для гигантских резонансов с «нормальным» изоспином в рамках полумикроскопического подхода. Недостатком последнего является некорректное описание релаксации указанных гигантских резонансов на далеких энергетических «хвостах» (ИАР находится на низкоэнергетическом «хвосте» ИВМГР⁽⁻⁾). В представленной работе для описания фрагментационного эффекта мы используем сформулированную недавно частично-дырочную дисперсионную оптическую модель, свободную от указанного недостатка [3]. В качестве первого примера применения этой модели к описанию зарядово-обменных гигантских резонансов, мы, следуя изложенному в [2] методу, оценили ширину Γ_A^\downarrow для ИАР в ядре ²⁰⁸Bi.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 15-02-08007).

Список литературы

1. Auerbach N., Phys. Rep. 1983. 98, 273.
2. Горелик М. Л., Рыкованов В. С., Урин М. Г., ЯФ, 2010. 73, 2052.
3. Urin M. H. Phys. Rev. C 2013. 87, 044330.



ON THE SPREADING WIDTH OF ISOBARIC ANALOG RESONANCES

G. V. Kolomiytsev¹⁾, M. L. Gorelik^{1,*)},
M. H. Urin¹⁾

¹⁾National Research Nuclear University “MEPhI”
(Moscow Engineering Physics Institute), Moscow,
Russia

^{*)} gorelik@theor.mephi.ru

A small value of the spreading width of the Iso-baric Analog Resonances (IAR), Γ_A^\downarrow , is the impressive manifestation of the approximate isospin-symmetry conservation in medium-heavy mass nuclei. The spreading width of an arbitrary giant resonance (including IAR) is determined by coupling the corresponding collective particle-hole-type states to many-quasiparticle configurations. In case of IAR, this coupling is significantly suppressed because it is realized only due to isospin mixing.

In medium-heavy mass nuclei the main mixing mechanism consists in IAR coupling to its overtone (the Isovector Monopole Giant Resonance in the $\beta^{(-)}$ -channel (IVMGR⁽⁻⁾) via a variable part of the mean Coulomb field [1]. A realistic attempt to estimate quantitatively the width Γ_A^\downarrow has been undertaken rather recently [2] within the theoretical scheme, which contains “Coulomb description” of the IAR, including exact consideration for the single-particle continuum, and a phenomenological description of the spreading effect for giant resonances with the “normal” isospin within a semi-microscopic approach. The shortcoming of this approach is the non-correct description of mentioned giant resonances at their distant energy “tails”. (IAR is at the low-energy “tail” of the IVMGR⁽⁻⁾). In the present work we use for description of the spreading

effect the formulated recently particle-hole dispersive optical model, which is free from the mentioned shortcoming [3]. As the first implementation of this model to description of high-energy charge-exchange particle-hole type excitations, we, following the method of Ref. [2], estimate the width Γ_A^\downarrow for the IAR in ^{208}Bi .

This work is partially supported by RFBR (grant No. 15-02-08007).

List of references

1. Auerbach N. Phys. Rep. 1983. 98, 273.
2. Gorelik M. L., Rykovanov V. S., Urin M. H., Phys. Atom. Nucl. 2010. 73, 1997.
3. Urin M. H., Phys. Rev. 2013. C 87, 044330.



УНИТАРНАЯ ВЕРСИЯ ОДНОКВАЗИЧАСТИЧНОЙ ДИСПЕРСИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ЗАТУХАНИЕ ОДНОДЫРОЧНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В СРЕДНЕТЯЖЕЛЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЯДРАХ

Г. В. Коломийцев^{1,*}, С. Ю. Игашов²,
М. Г. Урин¹

¹) Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

²) Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Автоматики им. Н. Л. Духова, Москва, Россия

^{*}) flight160@gmail.com

Физическое содержание широко используемой одноквазичастичной оптической модели заключается в феноменологическом (и в среднем по энергии) описании фрагментационного эффекта в терминах мнимой части оптико-модельного потенциала. В рамках дисперсионного варианта модели явно учитывается действительная фрагментационная часть указанного потенциала, определяемая мнимой частью с по-

мощью соответствующего дисперсионного соотношения [1]. Физическая интерпретация этого соотношения предложена в [2] в рамках микроскопически обоснованного перехода к одноквазичастичной дисперсионной оптической модели, реализованного в терминах соответствующих функций Грина. В [2] отмечено существенное нарушение унитарности модели (сохранения числа частиц) за счет использования энергозависящего оптико-модельного потенциала. В представленной работе, являющейся развитием предложенного в [2] подхода, в применении к описанию высокоэнергетических однодырочных возбуждений сформулирована унитарная версия модели. В рамках этой версии предложен метод количественной оценки вклада фрагментационного эффекта в действительную часть оптико-модельного потенциала. Попытка реализации этого метода, отвечающего теории возмущений по дисперсионной компоненте действительной части энергозависящего оптико-модельного потенциала, предпринята в [3]. В работе метод реализован без указанного ограничения на примере высокоэнергетических однодырочных возбуждений в материнских ядрах ^{90}Zr и ^{208}Pb .

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 15-02-08007).

Список литературы

1. C. Mahaux and R. Sartor, Adv. Nucl. Phys. 1991. 20, 1.
2. Коломийцев Г. В., Игашов С. Ю., Урин М. Г. ЯФ 2014. 77, 1164.
3. Kolomiytsev G. V., Igashov S. Yu., Urin M. H. EPJ Web of Conferences, 2016. 107, 05009.



**AN UNITARY VERSION
OF SINGLE-QUASIPARTICLE
DISPERSIVE OPTICAL MODEL
AND DAMPING OF SINGLE-HOLE
EXCITATIONS IN MEDIUM-HEAVY
MASS SPHERICAL NUCLEI**

**G. V. Kolomiytsev^{1, *)}, S. Yu. Igashov²⁾,
M. H. Urin¹⁾**

¹⁾ National Research Nuclear University “MEPhI”
(Moscow Engineering Physics Institute),
Moscow, Russia

²⁾ All-Russia Research Institute of Automatics,
Moscow, Russia. ^{*} flight160@gmail.com

The physical content of the widely used single-quasiparticle optical model consists in a phenomenological (and in average over the energy) description of the spreading effect in terms of the imaginary part of an optical-model potential. Within the dispersive version of this model, the contribution of the spreading effect to the real part of the mentioned potential is explicitly taken into account via a proper dispersive relationship [1]. The physical interpretation of this relationship has been proposed in Ref. [2] within the microscopically based transition to the single-quasiparticle dispersive optical model. The transition performed in terms of corresponding Green functions. The essential violation of the model unitarity (the number of particles conservation), which is due to an energy dependence of the optical-model potential, has been noted in Ref. [2].

As applied to description of high-energy single-hole excitations, in the presented work, which is direct continuation of the study of Ref. [2], an unitary version of the model is formulated. Within this version, a method for quantitative estimation of the spreading effect contribution to the optical-model potential real part is proposed. An attempt to realize this method has been undertaken in Ref. [3] within the perturbation theory on the mentioned contribution. In this work the method is realized without such a limitation in applying to single-hole excitations in the ⁹⁰Zr and ²⁰⁸Pb parent nuclei.

This work is partially supported by RFBR (grant No. 15-02-08007).

List of references

1. Mahaux C. and Sartor R. Adv. Nucl. Phys. 1991. 20, 1.

2. Kolomiytsev G. V., Igashov S. Yu., Urin M. H. Phys. Atom. Nucl., 2014. 77, 1105.

3. Kolomiytsev G. V., Igashov S. Yu., Urin M. H. EPJ Web of Conferences, 2016. 107, 05009.



**СТРУКТУРА 1d_{2s} ОБОЛОЧКИ
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
РЕАКЦИЙ ОДНОНУКЛОННЫХ
ПЕРЕДАЧ**

**М. Л. Маркова^{a)}, Т. Ю. Третьякова^{b)},
Н. А. Федоров^{a)}**

^{a)}Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, физический факультет. Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

^{b)}Научно-исследовательский институт им. Д. В. Скобельцына, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова Россия, 119991 Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.
e-mail: na.fedorov@physics.msu.ru

Реакции срыва и подхвата нуклонов являются ценным источником информации о структуре нуклонных оболочек в атомном ядре, однако получаемые на их основе данные не отличаются высокой точностью. Метод совместной оценки позволяет минимизировать систематические ошибки благодаря согласованному использованию большого количества экспериментальных данных в рамках единого расчета.

В данной работе были проанализированы данные 44 экспериментов срыва и подхвата нуклонов на стабильных изотопах кремния ²⁸Si и ³⁰Si и отобраны наиболее согласованные с точки зрения оболочечной модели наборы экспериментальных данных. В работе обсуждаются полученные на их основе энергии и заселенности одночастичных нуклонных состояний, а также рассматривается изменение характеристик одночастичных состояний по мере увеличения нейтронного избытка.



1d2s SHELL STRUCTURE BASED ON ONE-NUCLEON TRANSFER REACTION DATA

M. Markova^{a)}, T. Tretyakova^{b)}, N. Fedorov^{a)}

^{a)} Lomonosov Moscow State University, Department of Physics, Moscow 119991, Russia

^{b)} Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics Lomonosov Moscow State University Moscow, 119991, Russia, e-mail: na.fedorov@physics.msu.ru

One-nucleon transfer reactions are a well-established tool of nuclear spectroscopy, but the extracted data have the high uncertainty. The method of joint analysis reduces the systematic errors due to the consistent use of a large amount of experimental data within a unified calculation.

In this paper the 44 experiments data on one-nucleon transfer reactions on stable silicon isotopes ^{28}Si and ^{30}Si were analyzed, and experimental data sets, the most consistent in terms of the shell model, were selected. The energy and the population of single-particle states derived from them are discussed, as well as changes in the characteristics of single-particle states with increasing neutron excess is considered.



ПОВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРА КВАДРУПОЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЧЕТНО-ЧЕТНЫХ ЯДЕР В ОБЛАСТИ $58 \leq A \leq 250$ С УЧЕТОМ МАГИЧЕСКИХ И ПОЛУМАГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯДЕР

В. П. Заварзина, М. В. Мордовской,
И. В. Суркова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук
117312, Москва, проспект 60-летия Октября д.7а
Тел.: (499)135 7760. E-mail: mvmordovsk@mail.ru

Проводимый авторами анализ экспериментальных данных по нейтрон-ядерному взаимодействию показал, что для четно-четных изото-

пов в широкой области ядер при энергии нейтронов 0,04–3 МэВ возможно получение единого описания нейтронных данных в рамках оптической модели со связью каналов (ОМСК) [1]. Несмотря на то, что рассматриваемые ядра значительно отличаются по своим свойствам, учет оболочечных эффектов в нейтронных сечениях позволяет не только приводить описание в единые рамки, а и находить путем анализа проявление “нетрадиционных” магических чисел для ядер. При анализе данных использовались различные варианты потенциала Вудса-Саксона. Для четно-четных ядер в области $58 \leq A \leq 250$ общее описание с единым набором параметров потенциала получается при учете влияния магических (как традиционных, так и нетрадиционных) чисел. Например, отклонение величины параметра диффузности от средней хорошо укладывается в систематику произведения $N_p N_n$, где N_p и N_n – числа валентных протонов и нейтронов. Такая же попытка была предпринята авторами и в отношении анализа величины параметра деформации β_2 .

В литературе широко обсуждается влияние магических чисел на устойчивость нуклидов. Например, в [2] утверждается, что у сильно деформированных ядер проявляются свойства дважды магических ядер, а их устойчивость объясняется без введения дополнительных магических чисел. Другой подход заключается в предположении различия ядерных и электромагнитных параметров деформации и учете влияния оболочечных эффектов. Например, в работе [3] описание упругого рассеяния и полных сечений нейтронов для деформированных ядер было получено при β_2 на 30 % меньших, чем величин, определенных из кулоновского возбуждения. Нами при поиске единого описания считались исходными значения квадрупольной деформации из данных по электромагнитным процессам [4]. Изменения параметра в ту или иную сторону затем анализировались с точки зрения $N_p N_n$ систематики.

Список литературы

1. Zaikin D. A., Surkova I. V, Mordovskoy M. V. // Eur. Phys. J. A. 1999. V. 5. PP. 53–62.
2. Okunev V.S. // Vestnik MGTU. Ser. Est. Nauki. 2013. N 4. PP. 34–55.
3. Mc Ellistrem M.T. et al. // Phys. Rev. C. 1977. V. 15. PP. 927–938.
4. Raman S. et al. // Atom. Data. Nucl. Data Tabl. 1987. V. 36. PP. 1–96.

**BEHAVIOR OF QUADRUPOLE
DEFORMATION PARAMETER
OF EVEN-EVEN NUCLEI IN $58 < A < 250$
REGION WITH ACCOUNT
OF MAGIC AND SEMIMAGIC
PROPERTIES OF NUCLEI**

M. Mordovskoy, I. Surkova, V. Zavarzina

Institute for Nuclear Research of the Russian
Academy of Sciences
117312, Moscow, prospekt 60-letiya Oktyabrya, 7a
Tel.: (499)135 7760. Fax: (499)135 2268. E-mail:
mvmordovsk@mail.ru

Analysis of the of experimental data on neutron-nuclear interactions with neutron energy of 0.04 - 3 MeV showed that obtaining the uniform description of neutron data for even-even isotopes in a wide range of nuclei is possible in the context of the coupled channel optical model (CCOM) [1]. Despite the fact that the considered nuclei differing considerably in their properties, taking into account the shell effects in neutron cross sections allow us not only performing an uniform description but also discovering the non-traditional magic numbers for nuclei.

In the analysis we used a variety of versions of Woods-Saxon potential. A good description with uniform set of potential parameters for even-even nuclei in $58 \leq A \leq 246$ region was obtained by taking into account the influence of both traditional and non-traditional magic numbers. For example, the deviation of the diffuseness parameter value from the average one are well follow the behavior of the product $N_p N_n$, where N_p and N_n - number of valence protons and neutrons. The authors follow the same type of analysis concerning the deformation parameter value β_2 .

In literature the impact of the magic numbers on the properties of nuclides is widely discussed. For example, in [2] the authors claim that the strongly deformed nuclei have properties of the doubly magic nuclei and their stability is explained without introducing additional magic numbers. Another approach is in assuming a difference of nuclear and electromagnetic deformation parameters and considering the influence of shell effects. For example [3], the description of neutron elastic scattering and total cross sections for deformed nuclei was obtained with β_2 parameters 30% lower than the values determined from Coulomb excitation. In our

consideration the values of the quadrupole deformation parameters were chosen equal to values obtained mainly from electromagnetic processes [4]. We attempted to obtain an optimal description in terms of a unified approach by changing the core values β_2 and analyze these changes in terms of $N_p N_n$ systematic.

References

1. Zaikin D.A., Surkova I.V, Mordovskoy M.V. // Eur. Phys. J. A. – 1999. – V.5. – PP. 53–62.
2. Okunев V.S. // Vestnik MGTU. Ser. Est. Nauki. – 2013. – N4. – PP. 34–55.
3. Mc Ellistrem M.T. et al. // Phys. Rev. C. – 1977. – V.15. – PP. 927–938.
4. Raman S. et al. // Atom. Data. Nucl. Data Tabl. – 1987. – V.36. – PP. 1–96.



**ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ
СОСТОЯНИЙ ЯДЕР ${}^3\text{H}$, ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$
МЕТОДОМ ФЕЙНМАНОВСКИХ
КОНТИНУАЛЬНЫХ ИНТЕГРАЛОВ**

М. А. Наumenко, В. В. Самарин

Объединенный институт ядерных исследований
ул. Жолио-Кюри, 6, г. Дубна, Московская обл.,
Россия, 141980. Телефон: (7-49621) 62-023.
Телефакс: (7-49621) 28-933

Электронная почта: anaumenko@jinr.ru

Волновые функции основных состояний ядер ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ были вычислены в [1] методом фейнмановских континуальных интегралов в евклидовом времени [2–5]. Настоящая работа посвящена изучению ядер ${}^3\text{H}$, ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ в рамках того же подхода. Использовались нуклон-нуклонные потенциалы взаимодействия, аналогичные потенциалу МЗУ [6, 7]. Ядра ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ рассматривались как состоящие из протонов и нейтронов, в то время как ядра ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ рассматривались в качестве кластерных ядер. Правильность расчетов была проверена путем сравнения с результатами разложения по гиперсфе-

рическим функциям (K -гармоникам) [8]. Полученные плотности вероятности могут быть использованы для правильного определения начальных условий в нестационарных расчетах реакций с рассмотренными ядрами [1].

Список литературы

1. V.V. Samarin and M.A. Naumenko. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2016. Vol. 80, No. 3. P. 283.
2. Monte Carlo Methods in Statistical Physics. Ed. by K. Binder. Springer Verlag, Berlin. 1979.
3. R.P. Feynman and A.R. Hibbs. Quantum Mechanics and Path Integrals. McGraw-Hill, New York. 1965.
4. E.V. Shuryak // Sov. Phys. Usp. 1984. V. 27. P. 448 [UFN. V. 143. P. 309].
5. V.V. Samarin and G.M. Filippov. Laboratory Practice on the Field Theory. Chuvash University. Cheboksary. 1985.
6. G.R. Satcher and W.G. Love // Phys. Rep. 1979. V. 55. P. 185.
7. M.A.G. Alvarez et al. // Nucl. Phys. A. 1999. V. 635. P. 187.
8. R.I. Dzhibuti and K.V. Shitikova. Metod gipersfericheskikh funktsiy v atomnoy i yadernoy fizike [Method of Hyperspherical Functions in Atomic and Nuclear Physics]. Energoatomizdat, Moscow. 1993.



STUDY OF GROUND STATES OF ${}^3\text{H}$, ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ NUCLEI BY FEYNMAN'S CONTINUAL INTEGRALS METHOD

M. A. Naumenko, V. V. Samarin

Joint Institute for Nuclear Research.
Joliot-Curie, 6, Dubna, Moscow region,
Russia, 141980
Phone: (7-49621) 62-023.
Telefax: (7-49621) 28-933
E-mail: anaumenko@jinr.ru

The wave functions of the ground states of ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ nuclei were calculated in [1] by Feynman's con-

tinual integrals method in Euclidean time [2-5]. The present work is devoted to studying ${}^3\text{H}$, ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ nuclei using the same approach. The nucleon-nucleon interaction potentials similar to the M3Y potential [6, 7] were used. The nuclei ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ were considered as consisting of protons and neutrons, whereas the nuclei ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ were considered as cluster nuclei. The correctness of calculations was checked by comparison with the results of the expansion in hyperspherical functions (K -harmonics) [8]. The obtained probability densities may be used for the correct definition of the initial conditions in the time-dependent calculations of reactions with the considered nuclei [1].

References

1. V.V. Samarin and M.A. Naumenko. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2016. Vol. 80, No. 3. P. 283.
2. Monte Carlo Methods in Statistical Physics. Ed. by K. Binder. Springer Verlag, Berlin. 1979.
3. R.P. Feynman and A.R. Hibbs. Quantum Mechanics and Path Integrals. McGraw-Hill, New York. 1965.
4. E.V. Shuryak // Sov. Phys. Usp. 1984. V. 27. P. 448 [UFN. V. 143. P. 309].
5. V.V. Samarin and G.M. Filippov. Laboratory Practice on the Field Theory. Chuvash University. Cheboksary. 1985.
6. G.R. Satcher and W.G. Love // Phys. Rep. 1979. V. 55. P. 185.
7. M.A.G. Alvarez et al. // Nucl. Phys. A. 1999. V. 635. P. 187.
8. R.I. Dzhibuti and K.V. Shitikova. Metod gipersfericheskikh funktsiy v atomnoy i yadernoy fizike [Method of Hyperspherical Functions in Atomic and Nuclear Physics]. Energoatomizdat, Moscow. 1993.

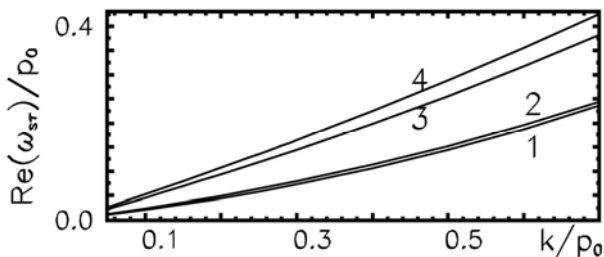


НУЛЬЗВУКОВЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В АСИММЕТРИЧНОЙ ЯДЕРНОЙ МАТЕРИИ: ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПЛОТНОСТИ

В. А. Садовникова, М. А. Соколов

Петербургский институт ядерной физики,
НИЦ «Курчатовский институт», 188300 Гатчина,
Орлова Роща, Ленинградская обл. Россия,
тел.:(813)7146096, факс:(813)7141963,
sadovnik@thd.pnpi.spb.ru

Мы продолжаем изучение нульзвуковых возбуждений в ядерной материи асимметричной по изоспину (АЯМ). Частично-дырочный поляризационный оператор $\Pi(\omega, k)$ в АЯМ построен в соответствии с [1]. АЯМ характеризуется параметром асимметрии $\beta = (\rho_n - \rho_p) / (\rho_n + \rho_p)$, ρ_n (ρ_p) - это плотность нейтронов (протонов). Используя метод работы [2], мы получаем комплексные решения, $\omega_s(k)$, нульзвукового дисперсионного уравнения. Мнимая часть $\omega_s(k)$ соответствует эмиссионной ширине возбуждений в ядрах, отвечающей испусканию одной частицы. В АЯМ различаются решения, описывающие испускание протона ($\omega_{sp}(k)$) и нейтрона ($\omega_{sn}(k)$). Ветви возбуждений $\omega_{sr}(k)$ ($\tau = p, n$) получены в изовекторном дипольном канале [2]. Дисперсионное уравнение включает изовекторную часть эффективного частично-дырочного взаимодействия [1] с константой $F' = 1,0$. Влияние изоскалярного взаимодействия мало в согласии с работой [1]. На рисунке показаны результаты для $\beta = 0,8$ и плотностей $\rho = 1,0\rho_0, 1,5\rho_0$ ($\rho_0 = 0,17\text{Фм}^{-3}$, $\rho_0 = 268\text{ МэВ}$).



Зависимость $\omega_{sr}(k)$ от плотности ρ . Кривые 1 и 2 (3 и 4) получены для $\omega_{sp}(k)$ ($\omega_{sn}(k)$). Кривые 1 и 3 (2 и 4) вычислены для $\rho = 1,0\rho_0, (1,5\rho_0)$.

Список литературы

1. Мигдал А. Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер. М.: Наука. 1983.
2. Садовникова В. А. Оценка эмиссионной ширины гигантских дипольных резонансов в модели ферми-жидкости // Изв. РАН, сер. физ. 2014. Т. 78. С. 853–856.

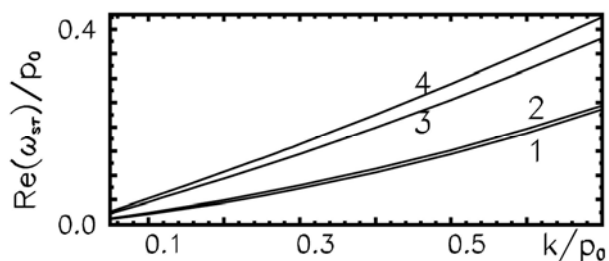


ZERO-SOUND EXCITATIONS IN THE ASYMMETRIC NUCLEAR MATTER: DEPENDENCE ON THE DENSITY

V. A. Sadovnikova, M. A. Sokolov

Petersburg Nuclear Physics Institute, NRC
“Kurchatov Institute”, 188300 Gatchina,
Orlova Roscha, Leningrad district, Russia,
Tel.:(813)7146096, Fax:(813)7141963,
E-mail: sadovnik@thd.pnpi.spb.ru

We continue our study of zero-sound excitations in the isospin asymmetric nuclear matter (ANM). The particle-hole polarization operator $\Pi(\omega, k)$ for ANM is constructed in accordance with [1]. The ANM is characterized by the asymmetry parameter $\beta = (\rho_n - \rho_p) / (\rho_n + \rho_p)$, where ρ_n (ρ_p) is the neutron (proton) density. In the framework of the method [2] we calculate the complex solutions, $\omega_s(k)$, to the dispersion zero-sound equation. The imaginary part of $\omega_s(k)$ corresponds to the emission width of excitations in nuclei, when one particle is emitted. In ANM the solutions $\omega_s(k)$ are different when the proton is emitted ($\omega_{sp}(k)$) and when the neutron ($\omega_{sn}(k)$). The branches $\omega_{sr}(k)$ ($\tau = p, n$) are obtained in the isovector dipole channel [2]. The dispersion equation includes the isovector part of the effective particle-hole interaction [1] with the constant parameter $F' = 1,0$. The influence of the isoscalar interaction on the results is negligible in agreement with [1]. In figure we demonstrate results for $\beta = 0,8$ and density $\rho = 1,0\rho_0, 1,5\rho_0$ ($\rho_0 = 0,17\text{fm}^{-3}$, $\rho_0 = 268\text{ MeV}$).



Dependence of $\omega_{st}(k)$ on the density ρ . Curves 1 and 2

(3 and 4) are obtained for $\omega_{sp}(k)$ ($\omega_{sn}(k)$). Curves 1 and 3 (2 and 4) are calculated for $\rho = \rho_0$ ($1.5\rho_0$)

References

1. Migdal A. B. Theory of Finite Fermi Systems and Properties of Atomic Nucleus. M.: Nauka. 1983.

2. Sadovnikova V. A. Evaluating Emission Width of Giant Dipole Resonances in a Fermi Liquid Model // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 2014. V. 78. P. 636–639.



ВЛИЯНИЕ НЕСПАРЕННОГО НУКЛОНА НА СВОЙСТВА β -РАСПАДА НЕЙТРОННО-ИЗБЫТОЧНЫХ ЯДЕР

Е. О. Сушенок, А. П. Северюхин

Государственный университет “Дубна”,
141982 Дубна, Московская область, Россия,
ул. Университетская, 19

Лаборатория Теоретической Физики
им. Н. Н. Боголюбова,

Объединенный Институт Ядерных Исследований,
141980 Дубна, Московская область, Россия,
ул. Жолио-Кюри, 6

Тел.: +7(49621)64-529, Факс: +7(49621)65-084,
sushenok@theor.jinr.ru



Изучение свойств β -распада нейтронно-избыточных ядер, удаленных от линии стабильности, является интересной задачей как для низ-

коэнергетической ядерной физики, так и для ряда астрофизических приложений. Правильное описание величины Q_β , энергии отрыва одного или нескольких нейтронов в дочернем ядре дает надежное предсказание периода полураспада и вероятности эмиссии запаздывающих нейтронов. При расчете энергии связи нечетно-нечетных и четно-нечетных ядер необходимо учитывать хорошо известный эффект блокировки – влияние неспаренного нуклона на сверхтекучие свойства ядер [1]. В качестве примера был изучен β -распад цепочки нейтронно-избыточных ядер $^{72-80}\text{Ni}$. Свойства основного состояния родительского и дочернего ядер рассчитаны в рамках метода ХФ-БКШ с взаимодействием Скирма, включающим тензорные члены. Показано, что учет эффекта блокировки улучшает описание величины Q_β . В рамках приближения случайных фаз [2, 3] описаны периоды полураспада и сделано предсказание об эмиссии запаздывающих нейтронов при β -распаде изотопов $^{78-80}\text{Ni}$.

Список литературы

1. Soloviev V. G. Effect of pairing correlation on energies and β -transition probabilities in deformed nuclei // Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selsk. – 1961. – Vol. 1. – No. 11. – P. 1–32.

2. Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguen Van Giai. Charge-exchange excitations with Skyrme interactions in a separable approximation // Prog. Theor. Phys. – 2012. – Vol. 128. – P. 489–506.

3. Severyukhin A. P., Sagawa H. Tensor correlation effects on Gamow–Teller resonances in ^{120}Sn and $N = 80, 82$ isotones // Prog. Theor. Exp. Phys. – 2013. – Vol. 2013. – P. 103D03-1–103D03-10.

**THE EFFECT
OF THE UNPAIRED NUCLEON
ON THE β -DECAY PROPERTIES
OF THE NEUTRON-RICH NUCLEI**

E. O. Sushenok, A. P. Severyukhin

Dubna University, 141982 Dubna, Moscow region,
Russia, Universitetskaia, 19
Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics,
Joint Institute for Nuclear Research,
141980, Dubna, Moscow region, Russia,
Jolio-Curie, 6
Phone: +7(49621)64-529, Fax: +7(49621)65-084,
sushenok@theor.jinr.ru

The study of the β -decay of neutron-rich nuclei far from stability is an interesting problem for low-energy nuclear physics, as well as for a number of astrophysical applications. The correct description of the Q_β -values, neutrons separation energy in the daughter nucleus provides a reliable prediction of the half-life and the probability of emission of delayed neutrons. To calculate the binding energy of the odd-odd and even-odd nuclei we consider the effect of the unpaired nucleon on the superfluid properties of nuclei, a well-known blocking effect [1]. As an example, we study the β -decay of neutron-rich nuclei $^{72-80}\text{Ni}$. The properties of the ground state of the parent and daughter nuclei are calculated in the HF-BCS method with Skyrme force, taking into account the tensor terms. It is shown that taking into account the blocking effect improves the description of the Q_β -values. Using the quasiparticle random phase approximation [2, 3] we describe the β -decay half-lives. The emission of delayed neutrons in the β -decay of $^{78-80}\text{Ni}$ isotopes is predicted.

References

1. Soloviev V. G. Effect of pairing correlation on energies and β -transition probabilities in deformed nuclei // *Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selsk.* 1961. Vol. 1. No. 11. P. 1–32.
2. Severyukhin A. P., Voronov V. V., Nguen Van Giai. Charge-exchange excitations with Skyrme interactions in a separable approximation // *Prog. Theor. Phys.* 2012. Vol. 128. P. 489–506.
3. Severyukhin A. P., Sagawa H. Tensor correlation effects on Gamow–Teller resonances in ^{120}Sn and $N = 80, 82$ isotones // *Prog. Theor. Exp. Phys.* 2013. Vol. 2013. P. 103D03-1–103D03-10.

**РЕЛАКСАЦИЯ ПРОСТЫХ МОД
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ЯДЕРНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ:
ДИСПЕРСИОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ
МОДЕЛИ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ**

М. Г. Урин^{1,*}

¹) Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия
*) urin@theor.mephi.ru

В докладе обсуждается физическое содержание и некоторые приложения полумикроскопических моделей, претендующих на описание высокоэнергетических одноквазичастичных и частично-дырочных возбуждений в среднетяжелых сферических ядрах. Основное внимание уделено сформулированной относительно недавно частично-дырочной дисперсионной оптической модели [1]. Будучи обобщением стандартной и нестандартной версий континуумного приближения случайной фазы на случай феноменологического (и в среднем по энергии) учета фрагментационного эффекта, модель обладает рядом уникальных возможностей в интерпретации свойств высокоэнергетических частично-дырочных возбуждений. К этим возможностям относится описание: распределения частично-дырочной силы в широком энергетическом интервале, включающем далекие «хвосты» гигантских резонансов; двойной переходной плотности, определяющей соответствующие сечения неупругого адрон-ядерного рассеяния; прямого нуклонного распада и родственных явлений. Приведены примеры применения модели [2, 3] вместе с некоторыми результатами текущих исследований зарядово-обменных возбуждений.

В применении к описанию глубоких дырочных состояний, обсуждается формулировка одноквазичастичной дисперсионной оптической модели в терминах соответствующих функций Грина [4]. Такой метод позволяет предложить унитарную версию модели. Эта версия реализована на примере количественной оценки фрагментационного (дисперсионного) вклада в оптико-модельный потенциал.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 15-02-08007).

Список литературы

1. М. Г. Урин, ЯФ 74, 1219 (2011); М.Н. Urin, Phys. Rev. C 87, 044330 (2013).
2. В. А. Tulupov and M. H. Urin, Phys. Rev. C 90, 034613 (2014).
3. М. Л. Горелик, Ш. Шломо, Б. А. Тулупов, М. Г. Урин, ЯФ 78, 1 (2015); M. L. Gorelik, S. Shlomo, B. A. Tulupov, and M. H. Urin, ArXiv: 1512.05473 [nucl-th].
4. Г. В. Коломийцев, С. Ю. Игашов, М. Г. Урин, ЯФ 77, 1164 (2014).



**DAMPING OF SIMPLE MODES
OF HIGH-ENERGY NUCLEAR
EXCITATIONS: DISPERSIVE
OPTICAL MODELS AND THEIR
IMPLEMENTATIONS**

М. Н. Urin^{1,*}

¹) National Research Nuclear University “MEPhI”
(Moscow Engineering Physics Institute),
Moscow, Russia,

^{*}) urin@theor.mephi.ru

The physical content and some implementations of the semi-microscopic models, which are able to describe the high-energy single-quasiparticle and particle-hole-type nuclear excitations in medium-heavy mass spherical nuclei, are presented in this report. The particle-hole dispersive optical model, developed recently [1], is mainly discussed. Being an extension of the standard and non-standard continuum-RPA versions to a phenomenological (and in average over the energy) consideration of the spreading effect, the model possess a set of unique possibilities in description of the high-energy particle-hole-type nuclear excitations. This set includes the description: of the particle-hole strength distribution in a wide excitation-energy interval, which includes distant “tails” of giant resonances; of the double transition density, which determines the corresponding hadron-nucleus inelastic scattering cross sections; of direct-nucleon-decay properties of the mentioned excitations and related phenomena.

Some implementations of the model [2, 3] are presented together with current results concerned with charge-exchange excitations.

As applied to description of deep-hole states, formulation of the single-quasiparticle dispersive optical model in terms of corresponding Green functions [4] is discussed. Such a method allows one to propose an unitary version of the model. This version is employed for a quantitative estimation of the spreading (dispersive) contribution to the optical-model potential.

This work is partially supported by RFBR (grant No. 15-02-08007).

List of references

1. M. H. Urin, Phys. At. Nucl. 74, 1189 (2011); Phys. Rev. C 87 044330 (2013).
2. В. А. Tulupov and M. H. Urin, Phys. Rev. C 90, 034613 (2014).
3. M. L. Gorelik, S. Shlomo, B. A. Tulupov, and M. H. Urin, Phys. At. Nucl. 78, 551 (2015); ArXiv: 1512.05473 [nucl-th].
4. G. V. Kolomiitsev, S. Yu. Igashov, and M. H. Urin, Phys. At. Nucl. 77, 1105 (2014).



**ВЫСОКОВОЗБУЖДЕННЫЕ
СОСТОЯНИЯ ИЗОТОПОВ 6-12Li**

**Б. А. Чернышев, Ю. Б. Гуров,
Л. Ю. Короткова, С. В. Лапушкин,
Р. В. Пригула, М. В. Телькушев,
В. Г. Сандуковский**

Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»
115409, Россия, Москва, Каширское ш. 31,
+7 (495) 788-56-99, e-mail chernyshev@mephi.ru

Экспериментальное исследование структуры уровней изотопов лития ⁶⁻¹²Li было выполнено в реакциях поглощения остановившихся пионов легкими ядрами [1–3]. Поиск возбужденных состояний проводился в спектрах недостающих масс, полученных в инклюзивных и корреляци-

онных измерениях заряженных частиц. Для изотопов ${}^{7-10}\text{Li}$ данные были получены сразу в нескольких каналах реакции.

Важным преимуществом использования реакции поглощения остановившихся пионов для поиска новых ядерных состояний является возможность исследования широкого диапазона энергий возбуждения вплоть до 30 МэВ. В наших измерениях почти во всех каналах реакции наблюдалось образование высоковозбужденных ($E_x > 7$ МэВ) состояний изотопов лития. Полученные данные анализировались с целью определения природы наблюдаемых состояний, механизмов их образования и поиска изобар-аналоговых состояний. Выполнено сравнение с теоретическими и экспериментальными результатами по высоковозбужденным состояниям Li, полученными другими авторами.

Список литературы

1. Chernyshev B. A. et al., EPJA A, 2014. V. 50, P. 150.
2. Chernyshev B. A. et al., EPJA A, 2013. V. 49, P. 68.
3. Chernyshev B. A. et al., IJMP E, 2015. V. 24, P. 1550004.



HIGH EXCITATION STATES OF THE LITHIUM ISOTOPES ${}^{6-12}\text{Li}$

**B. A. Chernyshev, Yu. B. Gurov,
L. Yu. Korotkova, S. V. Lapushkin, R. V. Pritula,
M. V. Tel'kushev, V. G. Sandukovsky**

National Research Nuclear University MEPhI,
Moscow, Russia
115409, Russia, Moscow, Kashirskoe sch. 31,
+7 (495) 788-56-99, e-mail chernyshev@mephi.ru

Experimental study of the level structure of lithium isotopes ${}^{6-12}\text{Li}$ was carried out in the reactions of stopped pion absorption by light nuclei [1–3]. Search for the excited states was carried out in the missing mass spectra, obtained in inclusive and correlation measurements of charged particles. For isotopes ${}^{7-10}\text{Li}$, the data were obtained in several reaction channels.

The important advantage of the application of stopped pion absorption reactions in searching for new nuclear states is the possibility to study a wide range of excitation energies, up to 30 MeV. In our measurements, one can see the formation of highly excited ($E_x > 7$ MeV) states of lithium isotopes in almost all reaction channels. Obtained data were analyzed in order to define the nature of the observed states, possible mechanisms of their formation and search for isobar-analog states. The comparison to theoretical and experimental results for highly excited states of lithium, obtained by other authors, was also provided.

References

1. Chernyshev B. A. et al., EPJA A, 2014. V. 50, P. 150.
2. Chernyshev B. A. et al., EPJA A, 2013. V. 49, P. 68.
3. Chernyshev B. A. et al., IJMP E, 2015. V. 24, P. 1550004.

