

Секция 4

***ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ***

**Секция 4. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ**

**НОВОЕ НЕ КАЛИБРОВОЧНОЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, БЮОННАЯ
ЭНЕРГИЯ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УСТАНОВКАХ.
ЭКСПЕРИМЕНТЫ**

Ю. А. Бауров

ООО “Корпорация бюонная космическая энергия” 353900, Край Краснодарский, г. Новорос-
сийск, ул. Советов, дом 36-38, офис 1; тел.
84955824940, e-mail: baurov@mail.ru

В [1, 2] описаны результаты эксперимен-
тальных исследований нового не калибровочно-
го взаимодействия с использованием: крутиль-
ных весов в сильноточных магнитах, анализа
изменений в скорости бета распада и т. д. При-
рода новой силы в соответствии с теорией бюона
(не калибровочная теория формирования физи-
ческого пространства и мира элементарных час-
тиц из не наблюдаемых объектов бюонов, в оп-
ределение которых входит новая фундаменталь-
ная константа – космологический векторный по-
тенциал A_r) показана в [2]. Новое взаимодей-
ствие объясняет природу темной энергии – разбе-
гание галактик с ускорением и многие другие
явления астрофизики [2, 3]. В данном докладе
мы рассмотрим тепловые установки, исполь-
зующие бюонную энергию для нагрева воды.
Эксперименты проводились в Италии и России
(2012–2016 гг.). Для реализации действия новой
силы использовался гравитационный потенциал.
Тепло производилось в вертикальном закрытом
водяном контуре (высота от 5 м до 12 м; диаметр
трубы 0,1 м). Движение воды обеспечивал элек-
трический насос. Результаты экспериментов по-
казали, что коэффициент преобразования элек-
трической энергии в тепловую превышал 1.
Опыты показали практическое решение пробле-
мы А. Эйнштейна (создание единой теории по-
ля), поскольку наблюдалось увеличение тепло-

вой энергии под влиянием гравитационного по-
тенциала и векторного потенциала магнитного
поля (В) солнечного ветра (скачки тепла \approx в
2 раза за 10–15 минут коррелировали с измене-
нием направления B_z компоненты магнитного
поля).

Список литературы

1. Бауров Ю. А., Клименко Е. Ю., Нови-
ков С. И. // ДАН СССР, 1990, т. 315, № 5, с.1116.
2. Baurov Yu. A., Global Anisotropy of
Physical Space, Experimental and Theoretical Basis,
Nova Science, NY, 2004.
3. Бауров Ю. А., Соболев Ю. Г., Менегуц-
цо Ф. // Известия РАН. Сер. Физическая. 2015,
Т. 79, № 7. С. 1047–1052.



**NEW NON-GAUGE INTERACTION,
BYUON ENERGY AND ITS USE IN HEAT
INSTALLATION. EXPERIMENTS**

Yu. A. Baurov

“Byuon Space Energy corporation” LLC, 353900,
Krasnodarskaya region, Novorosseysk town,
Soviets street 36-38, office 1.
Phone 84955824940, e-mail: baurov@mail.ru

In [1,2] the results of experimental
investigations of new non-gauge interaction (using
high current magnets, torsion and piezoresonance
balances, changes in the rate of β - decay of
radioactive elements etc.) are described. The
physical nature of the new force, in accordance with
the Byuon theory (BT) (non-gauge theory of the
formation of physical space and the world of
ultimate particles on the basis of unobservable

objects named “byuons” which containing a new fundamental vector constant – cosmologic vector potential A_g) is showed in [2].

It was shown in [2] that ultimate particle mass ($\Delta mc^2 \approx 33$ eV) is in party proportional to the modulus of summary potential $A\Sigma$ ($A\Sigma \leq A_g = 1.95 \times 10^{11}$ G cm). Variation in the modulus of due to other field potentials ($\Delta A\Sigma$) should lead to the emergence of new natural force that is nonlinear and nonlocal and can be represented by a series in terms of $\Delta A\Sigma$. The first term of the series in terms of $\Delta A\Sigma$ has the form $\sim \Delta A\Sigma \cdot \partial \Delta A\Sigma / \partial x$, where x is a spatial coordinate in three dimensional space. The new interaction explains the origin of dark energy as a cause of receding galaxies with acceleration (byuon energy) and many other appearances in astrophysics [2, 3].

In this report we shall discuss the heat installations which use byuon energy for heat of a water. The experiments were carried out in Italy (2012–2014) and Russia (2015–2016). For realization the new force action ($\Delta A\Sigma$) we used a gravitation potential. The heat generation is produced in a vertically-shaped closed water circuit (height was equaled 5m (Italy), 6m, 8m, 12m in Russia; diameter of pipe ≈ 10 cm) using an electric pump. The results of experiments showed the ratio between the heat energy output and the electric energy input can be more 1. The experiments with heat installations practical show a decision of problem of A. Einstein, i.e. the creation of Joint Theory of Fields using BT because we saw an increasing of the heat energy from influence of gravitational potential and vector potential of magnetic field (B) of solar wind (heat peaks in 2 times correlate with a change of direction of B_z component in solar wind.)

References

1. Baurov Yu. A., Klimenko E. Y., Novikov S. I. // Dokl. Akad. Nauk SSSR. 1990. 315. 1116–1120.
2. Baurov Y. A. Global Anisotropy of Physical Space, Experimental and Theoretical Basis, Nova Science, NY, 2004.
3. Baurov Yu. A., Sobolev Yu. G. and Meneguzzo F. // Bull. of the Rus. Acad. of Sciences. Physics, 2015, Vol. 79, No. 7, pp. 935–939.

ПОИСК СТИМУЛИРОВАННОЙ РАЗРЯДКИ ИЗОМЕРНОГО СОСТОЯНИЯ ЯДЕР ^{186m}Re В ПЛАЗМЕ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ “ИСКРА-5”

В. В. Ватулин¹, Н. В. Жидков¹,
А. А. Римский-Корсаков², В. В. Карасёв²,
В. В. Кольцов², А. И. Костылев², Г. В. Тачаев¹

¹ВНИИЭФ, Россия, 607188,
Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37.

E-mail: zhidkov@iskra5.vniief.ru

²Радиевый институт, Россия, 194021,
С.-Петербург, 2-й Мурунский пр., д. 28,

E-mail: ark@khlopin.ru

Стимуляция ядерных переходов в лазерной плазме в основном изучалась для переходов энергии ΔE в десятки кэВ [1] и для перехода $\Delta E = 76$ эВ в ядре ^{235}U [2]. Мы искали стимуляцию разрядки изомера ^{186m}Re ($\Delta E \approx 3$ кэВ, рис. 1) на установке Искра-5 [3]. Лазерный пучок энергии 300 Дж длительностью 10–9 с и поперечником 0.6 мм направляли на слой металлического Re толщиной $\sim 0,1$ мкм на W-подложке, содержащий $^{186m}\text{Re} \sim 10$ кБк · г – 1. После облучения изменение во времени интенсивности γ -линии 137 кэВ дочернего ^{186}Os , наблюдавшееся в одном из опытов (рис. 2), могло свидетельствовать о нарушении в плазме радиоактивного равновесия между ^{186}Re и ^{186m}Re за счет индуцированной разрядки ~ 10 –7 % ядер ^{186m}Re с уровня 149 кэВ в основное состояние ^{186}Re .

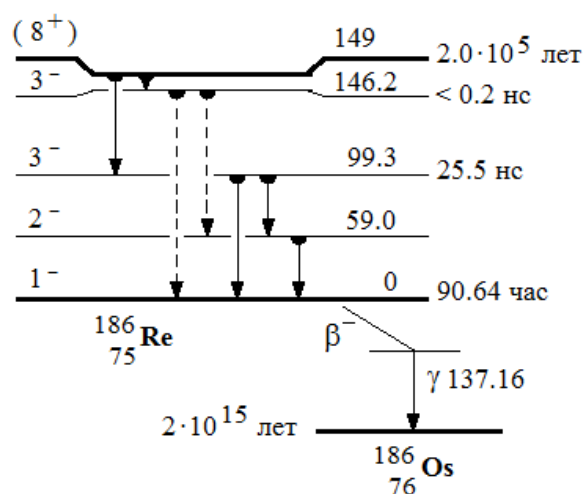


Рис. 1. Схема распада изомера ^{186m}Re

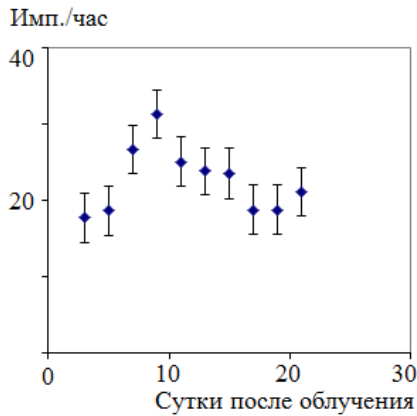


Рис. 2. Интенсивность линии 137 кэВ

Список литературы

1. Карамян С. А. //ЭЧАЯ. 2008. Т. 39, Вып. 4. С. 949–1014.
2. Арутюнян Р. В., Долгов В. А., Доршаков С. А., Кольцов В. В., Малюта Д. Д., Поляков Г. А., Римский-Корсаков А. А., Симак В. В., Ткаля Е. В. М., 1989. 13 С. Препр. ИАЭ-4829/2.
3. Анненков В. И., Багрецов В. А., Безуглов В. Г. и др. //Квантовая электроника. 1991. Т. 18, № 5, С. 74–80.



SEARCH FOR STIMULATED DE-EXCITATION OF ^{186m}Re NUCLEI ISOMERIC STATE IN “ISKRA-5” LASER PLASMA

V. V. Vatulin¹, N. V. Jidkov¹,
A. A. Rimskii-Korsakov², V. V. Karasev²,
V. V. Koltsov², A. I. Kostylev², G. V. Tachaev¹

¹ VNIIEF, Russia, 607188, Sarov, Nizhniy Novgorod Oblast, Mira st., 37.

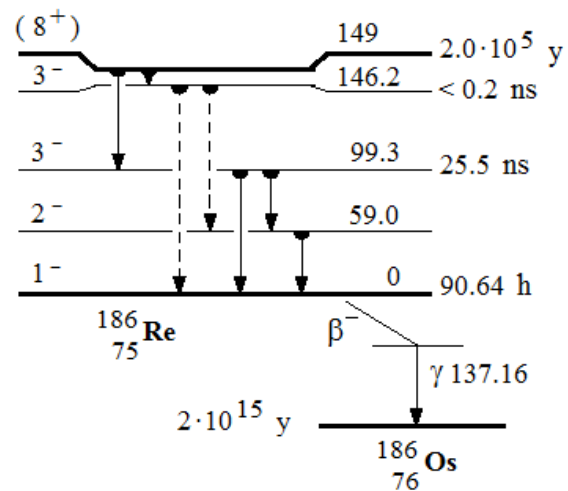
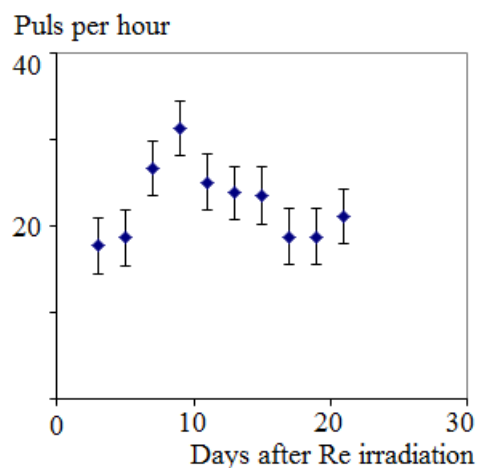
E-mail: zhidkov@iskra5.vniief.ru

² Khlopin Radium Institute, Russia, 194021, St-Petersburg, 2-nd Murinskii St., 28,

E-mail: ark@khlopin.ru

Stimulation of nuclear transitions in laser plasma was studied mainly for transition energy ΔE

of tens keV [1] and for transition $\Delta E = 76$ eV in ^{235}U nuclei [2]. We looked for stimulated de-excitation of isomer ^{186m}Re ($\Delta E \approx 3$ keV, fig 1) in “ISKRA-5” laser plasma [3]. Metallic Re films of ~ 0.1 μm in thickness (^{186m}Re content is 10 $\text{kBq} \cdot \text{g}^{-1}$) on W base plate were irradiated by laser beam of 300 joules energy, 10^{-9} s duration, and 0.6 mm cross-section. In one of the few experiments after Re irradiation we found the time variation of 137 keV γ -line intensity of daughter ^{186}Os (fig. 2), which can testify to radioactive disequilibrium between ^{186}Re and ^{186m}Re caused by stimulated transitions of $\sim 10^{-7}$ % ^{186m}Re nuclei from 149 keV state to the ^{186}Re ground state.

Fig. 1. ^{186m}Re isomer decay schemeFig. 2. Intensity of 137 keV γ -line

References

1. Karamian S. A. // *Physics of Particles and Nuclei*. – 2088. V. 39. № 4. P. 949–1014 (in Russian).
2. Arutyunyan R. V., Dolgov V. A., Dorshakov S. A., Koltsov V. V., Malyuta D. D., Polyakov G. A., Rimskii-Korsakov A. A., Simak V. V., Tkalay E. V. // *Moscow*. 1989. 13 P. Preprint IAE-4829/2 (in Russian).
3. Annenkov V. I., Bagretsov V. A., Bezuglov V. G. et al. // *Quantum Electronics*. 1991. V. 18. № 5. P. 74–80 (in Russian).



ОБ АППРОКСИМАЦИОННЫХ СВОЙСТВАХ ПАРИЖСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НУКЛОН – НУКЛОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

**М. А. Долгополов, Л. А. Минин,
В. А. Работкин**

Воронежский государственный университет
394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл.,
1, +7(473)2-208-821.
E-mail: rabotkin@phys.vsu.ru

Отсутствие замкнутого теоретического описания процессов нуклон-нуклонного взаимодействия приводит к необходимости использования феноменологических потенциалов, одним из которых и является Парижский потенциал [1, 2]. Центральные компоненты данного потенциала представляют собой линейные комбинации 12 слагаемых:

Целью данной работы являлось исследование проблемы выбора феноменологических параметров с точки зрения однозначности и устойчивости. С этой целью был вычислен определитель матрицы Грама попарных скалярных произведений, значение которого оказалось чрезвычайно малым. Этот факт свидетельствует, что данные функции близки к линейно зависимым и, следовательно, процедура подбора параметров по экспериментальным данным является неустойчивой. Исследования парциальных фаз рас-

сеяния, рассчитанных по Парижскому потенциалу для 25 различных состояний в диапазоне энергий от 25 до 330 МэВ, показали, что энергетическая зависимость парциальных фаз с высокой точностью описываются квадратичной зависимостью от энергии, что требует дополнительного анализа фаз рассеяния как экспериментальных, так и полученных с другими параметризациями нуклон-нуклонного потенциала. Показано также, что значения рассчитанных фаз чувствительны к параметрам разностной схемы, используемой для решения соответствующих уравнений Шредингера. Вариации могут составлять до 15 %, а в тензорном случае и более.

Несмотря на успехи, достигнутые в описании нуклон-нуклонного взаимодействия с помощью феноменологических потенциалов, проблему построения реалистического феноменологического N-N потенциала нельзя считать решенной, по крайней мере, в области низких и промежуточных энергий нуклонов.

Список литературы

1. Lacombe M. [et al] // *Parametrization of the Paris N-N potential* // *Physical review C*. 1980. V. 21, № 3. P. 861–873.
2. El-Bennich B. [et al] // *Paris $N\bar{N}$ potential constrained by recent antiprotonic-atom data and $\bar{p}p$ total cross sections* / *Physical review C*. 2009. V. 79, № 5, 054001. P. 1–9.



APPROXIMATION PROPERTIES OF THE PARIS POTENTIAL NUCLEON - NUCLEON INTERACTION

M. A. Dolgoplov, L. A. Minin, V. A. Rabotkin

Voronezh State University
394006, Russia, Voronezh, Universitetskaya pl., 1
+7 (473) 2-208-821. E-mail: rabotkin@phys.vsu.ru

The absence of a closed theoretical description of the nucleon-nucleon interaction leads to the necessity of using the phenomenological potentials, one of which is the Paris potential [1, 2]. The central

components of the building are 12 linear combinations of terms:

The aim of this work was to study the problem of choosing the phenomenological parameters in terms of uniqueness and sustainability. To this end it was calculated determinant of the Gram matrix of pairwise scalar products whose value was extremely small. This fact indicates that these functions are close to linearly dependent and, therefore, the selection procedure parameters from experimental data is unstable. Studies partial scattering phase calculated by the Paris potential for 25 different states in the energy range from 25 to 330 MeV, revealed that the energy dependence of the partial phases accurately describes the squared dependence of the energy, which requires further analysis of the phase shifts of both experimental and received other parametrizations of nucleon-nucleon potential. It is also shown that the calculated values of the phase sensitive to the parameters of a difference scheme used to address the corresponding Schrödinger equations. Variations may be up to 15%, and in the case of the tensor or more. Despite the progress made in the description of the nucleon-nucleon interaction using the phenomenological potential, the problem of constructing a realistic phenomenological potential N-N can not be considered solved, at least in the low and intermediate energy nucleons.

References

1. M. Lacombe [et al] // Parametrization of the Paris N-N potential // Physical review C. 1980. V. 21, № 3. P. 861–873.
2. B. El-Bennich [et al] // Paris potential constrained by recent antiprotonic-atom data and total cross sections / Physical review C. 2009. V. 79, number 5, 054001. P. 1–9.



ТРЕХНУКЛОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРАВИЛАХ СУММ КХД

**Е. Г. Друкарев, М. Г. Рыскин
В. А. Садовникова**

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

Метод правил сумм КХД был введен для вычисления характеристик адронов в вакууме [1]. Впоследствии он был распространен на случай конечной барионной плотности [2]. Одночастичные характеристики нуклона в ядерной материи были выражены через средние значения КХД операторов (конденсатов) в материи. Наиболее важными были точно вычислявшийся векторный конденсат и скалярный конденсат. Как правило, последний использовался в газовом приближении, что соответствовало вычислению характеристик нуклона с учетом только двухнуклонных (2N) сил. В газовом приближении использовался и четырехкварковый конденсат. Мы учли скалярный конденсат, выйдя за рамки газового приближения, при этом мы ограничились 2N взаимодействия нуклонов среды. Мы включили также вклад четырехкваркового конденсата, соответствующий действию двух пар кварковых операторов на два разных нуклона. Таким образом, мы нашли зависимость одночастичных характеристик нуклона от плотности среды с учетом 3N сил.

Вклад 3N взаимодействий в скалярную собственную энергию определяется, в основном, нелинейной частью скалярного конденсата и четырехкварковым конденсатом в скаляр-скалярном канале. Они выражаются через пион-нуклонный сигма-член, величина которого извлекается из экспериментальных данных. Вклад в векторную собственную энергию определяется, в основном, четырехкварковыми конденсатами в скалярно-скалярном и векторно-векторном канале. В последнем случае конденсат вычисляется точно. Таким образом, основной вклад 3N взаимодействий выражается через наблюдаемые. Получена приближенная формула для одночастичной потенциальной энергии нуклона с уче-

том 3N сил: $U(x) = (-103x + 30x^2)$ МэВ, где $x = \rho/\rho_0$ – отношение плотности среды ρ к равновесной плотности $\rho_0 = 0,17 \text{ фм}^{-3}$.

Список литературы

1. Ioffe B. L., Lipatov L. N. and Fadin V. S. Quantum Chromodynamics.– Cambridge Univ. Press, Cambridge.2010.

2. Drukarev E. G., Ryskin M. G., Sadovnikova V.A. A new approach to physics of nuclei // ЯФ. 2012. Т. 75. С. 362–398.



THREE NUCLEON INTERACTIONS IN QCD SUM RULES

**E. G. Drukarev, M. G. Ryskin
and V. A. Sadovnikova**

Petersburg Nuclear Physics Institute,
NRC «Kurchatov institute»,
Gatchina, Orlova Rosha, St Petersburg
188300 Russia,
phone (813)7146096, fax:(813)7141963;
sadovnik@thd.pnpi.spb.ru

The QCD sum rules method was suggested as a tool for calculation of the hadron characteristics in vacuum [1]. It was extended later for the case of finite baryon density [2]. The nucleon single-particle characteristics in nuclear matter were expressed in terms of the in-medium expectation values of certain QCD operators (the condensates). The vector condensate which could be calculated explicitly and the scalar condensate appeared to be the most important ones. Usually the scalar condensate was employed in the gas approximation. This corresponds to calculation of the nucleon characteristics with inclusion of the two-nucleon (2N) interactions only. The gas approximation was used also for the four-quark condensate. Here we employed the QCD sum rules approach for the nucleons in symmetric nuclear matter treating the scalar condensate beyond the gas approximation. However we included only 2N interactions between the nucleons of the matter.

We included also the contribution of the four-quark condensate corresponding to the action of two diquark operators on two different nucleons of the matter. This provided the density dependence of the nucleon characteristics with inclusion of the 3N forces.

The contributions of the 3N forces to the scalar self-energy were found to be due to the nonlinear part of the scalar condensate and to the scalar-scalar channel of the four-quark condensate. They can be expressed through the pion-nucleon sigma-term. The value of the latter can be extracted from experimental data. The contributions of the 3N forces to the vector self-energy are determined mainly by the four-quark condensates in scalar-scalar and vector-vector channels. The latter can be calculated explicitly. Thus the leading contribution to the 3N forces can be expressed through observables. We obtained the approximate equation for the single-particle nucleon potential energy $U(x) = (-103x + 30x^2)$ MeV, ($x = \rho/\rho_0$; ρ is the density of the matter, $\rho_0 = 0.17 \text{ fm}^{-3}$ is its saturation value).

References

1. Ioffe B. L., Lipatov L. N. and Fadin V. S. Quantum Chromodynamics. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 2010.

2. Drukarev E. G., Ryskin M. G., Sadovnikova V. A. A new approach to physics of nuclei // ЯФ. 2012. Т. 75. С.334–370.



ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ НУКЛИДОВ С $A = 156$

**В. Г. Калинин, В. И. Стегайлов,
Ю. А. Ваганов, Т. А. Исламов,
Ж. Сэрээтэр, Ю. В. Юшкевич**

Объединенный институт ядерных исследований,
ул. Жолио-Кюри, 6, г. Дубна, Московская обл.,
141980, тел. (49621)63606,
e-mail: kvg@nusun.jinr.ru

Нуклиды ^{156}Yb (26 с), ^{156}Tm (84 с), а также изомеры ^{156}Ho (9,5 с и 7,4 мин) были получены и изучены на изоля-установке ЯСНАПП-2 [1]. Изотопы ^{156}Er (19,3 мин) и ^{156}Ho (56 мин) получены облучением мишени Та на внутреннем пучке фазотрона с радиохимическим выделением продуктов реакции и их масс-сепарированием. Для измерения спектров излучения использован набор детекторов HPGe, Si(Li), а также магнитные бета-спектрограф, спектрометры «апельсин» и «миниапельсин».

Исследованные ядра с $N = 86-90$ лежат в переходной области, что проявляется в особенностях их структуры [2]. Для каждого из них получены новые результаты. ^{156}Yb – Измерения Кх- γ -совпадений не обнаружили иных переходов, кроме 115,2 и 202 кэВ. Экспериментально измерены α_K и α_L перехода 115,2 кэВ и твердо установлен для него тип E1. Не обнаружен ожидаемый сильно конвертированный переход с $E_e > 8,0$ кэВ. ^{156}Tm – К его распаду отнесено 20 новых γ -переходов с $E_\gamma > 1,6$ МэВ. Получены дополнительные аргументы о суперпозиции состояний 0_β^+ и 2_γ^+ в ^{156}Er при энергии 930,5 кэВ и оценен параметр $X = B(E0)/B(E2) \approx 0,6$. ^{156}Er – Схема возбужденных состояний ^{156}Ho подкреплена введением нескольких слабоинтенсивных γ -переходов малой энергии ($E_\gamma = 9,1; 26,5$ и $39,2$ кэВ). ^{156}Ho – Измерены спектры электронов внутренней конверсии для переходов с $E_\gamma > 1,2$ МэВ, установлены типы мультипольностей для некоторых из них, что вместе со значениями $lgft$ позволило приписать I^π ряду уровней ^{156}Du . При β^+ /ЕС-распаде ^{156}mHo (7,4 м) в дочернем ядре, в основном, возбуждается уровень 2788 кэВ, с которого наблюдаются переходы на состояния $6+$ и $8+$ основной полосы. На состояние 10_g^+ перехода 1062 кэВ не обнаружено.

Литература

1. Kalinnikov V. G. et al. NIM, 1992. B70. 62.
2. Nuclear Data Sheets. A = 156.



INVESTIGATION OF THE RADIOACTIVE DECAY OF NEUTRON-DEFICIENT ISOTOPES WITH $A = 156$

**V. G. Kalinnikov, V. I. Stegailov, Yu. A. Vaganov,
T. A. Islamov, Zh. Sereeter, Yu. V. Yushkevich**

Joint Institute for Nuclear Research, ul. Joliot-Curie
6, Dubna, Moscow region, 141980 Russia
tel. (49621)63606, e-mail: kvg@nusun.jinr.ru

Nuclides ^{156}Yb (26 s) and ^{156}Tm (84 s) and ^{156}Ho isomers (9.5 s and 7.4 min) were produced and studied at the YASNAPP-2 ISOL facility [1]. Isotopes ^{156}Er (19.3 min) and ^{156}Ho (56 min) were produced by irradiation of a Ta target by the internal beam of the phasotron with subsequent radiochemical separation of the reaction products and their mass separation. Radiation spectra were measured using a set of HPGe and Si(Li) detectors, a magnetic beta spectrograph, and orange and mini-orange spectrometers.

The investigated nuclei with $N = 86-90$ lie in the transition region, which is manifested in their structural features [2]. New results have been obtained for each of them.

^{156}Yb . Measurements of Кх- γ coincidences did not reveal any transitions other than those at 115.2 and 202 keV. For the 115.2-keV transition, α_K and α_L of were experimentally measured and its type was reliably established to be E1. The expected strongly converted transition with $E_e > 8.0$ keV was not observed.

^{156}Tm . Twenty new γ transitions with $E_\gamma > 1.6$ MeV were assigned to its decay. Additional arguments were obtained about the superposition of the 0_β^+ and 2_γ^+ states in ^{156}Er at the energy of 930.5 keV, and the parameter $X = B(E0)/B(E2) \approx 0.6$ was estimated.

^{156}Er . A few low-intensity γ transitions of low energy ($E_\gamma = 9.1, 26.5, \text{ and } 39.2 \text{ keV}$) were introduced in the scheme of excited states in ^{156}Ho .

^{156}Ho . Spectra of internal conversion electrons were measured for transitions with $E_\gamma > 1.2 \text{ MeV}$ and types of multipolarity were established for some of them, which together with the lgft values allowed Γ^π to be assigned to a number of levels in ^{156}Dy . During the β^+/EC decay of $^{156\text{m}}\text{Ho}$ (7.4 m) the 2788-keV level was mainly excited in the daughter nucleus, and transitions from this level to the 6^+ and 8^+ states of the ground-state band were observed. The 1062-keV transition to the 10_g^+ state was not observed.

References

1. Kalinnikov V. G. et al. NIM, B70 (1992) 62.
2. Nuclear Data Sheets. A=156.



МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЁТА ГИПОТЕТИЧЕСКИХ ИЗОМЕРНЫХ γ -РЕАКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ $^{178\text{m}2}\text{Hf}$

**В. Ф. Колесов, С. Н. Абрамович, А. Е. Шмаров,
Е. В. Интяпина**

Российский Федеральный Ядерный Центр –
Всероссийский научно-исследовательский
институт экспериментальной физики
607188, г. Саров Нижегородской обл.,
проспект Мира, 37.

Факс: (83130)4-55-69; e-mail:
kolesov@expd.vniief.ru

Высокая удельная энергоёмкость сред, состоящих из ядерных изомеров, создает серьезные стимулы для поиска способов высвобождения этой энергии для практического использования в стационарных или импульсных установках – источниках энергии и γ -излучения. В литературе рассмотрено много сред, состоящих из различных ядерных изомеров, на предмет обсуждения возможностей снятия запасённой в них энергии. Значительное внимание исследователей привлечено к среде, состоящей из ядерного изомера $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ [1].

Несмотря на исключительные трудности реализации изомерного γ -реактора, очень заманчиво было исследовать, какими свойствами обладало бы это устройство, будь оно реализовано на практике. Настоящий доклад посвящен этому вопросу. Ранее этот вопрос рассматривался в статье [2].

На примере изомера $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ была разработана методология описания кинетических и динамических явлений в изомерных γ -реакторах. Рассмотрение процессов в среде изомера $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ основано на предположении, что в результате использования резонансного механизма НЕЕТ удастся с достаточной интенсивностью перевести изомер в триггерное состояние и тем самым создавать условия для цепной реакции γ -распадов, подобной цепной реакции делений в нейтронных реакторах. В результате сформулировано условие критичности γ -реактора, составлены системы уравнений кинетики и динамики, а также программа численного решения уравнений. Проведены расчеты конкретных γ -реакторов из металлического $^{178\text{m}2}\text{Hf}$. Получено, в частности, что импульсы γ -излучения в рассматриваемом γ -реакторе отличаются очень малой длительностью (десятки нс).

Список литературы

1. Karamian S. A. $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ and Other Isomers Candidates for the Desay Stimulated by X-ray Photons. Proceedings of the 1st International Workshop, ST-Petersburg, 2000, P. 164–178.
2. Колесов В. Ф., Абрамович С. Н., Шмаров А. Е., Интяпина Е. В. Методология расчета гипотетических изомерных γ -реакторов на примере $^{178\text{m}2}\text{Hf}$. – ВАНТ, Серия: Физика ядерных реакторов, 2007. Вып. 2, с. 59–86.



METHODOLOGY OF HYPOTHETIC ISOMER γ -REACTORS CALCULATION BY THE EXAMPLE OF $^{178m2}\text{Hf}$

V. F. Kolesov, S. N. Abramovich, A. E. Shmarov,
E. V. Intjapina

Federal Nuclear Center of Russia – All-Russia
Research Institute of Experimental Physics
607188, Sarov, Nizhni Novgorod region.,
Mira prospect, 37.
Fax: (83130)4-55-69;
e-mail: kolesov@expd.vniief.ru

High specific energy capacity of media consisting of nuclear isomers creates serious stimulus to search for methods of this energy practical use in stationary or pulsed facilities – sources of energy and γ -radiation. There are considered in literature many media consisting of different nuclear isomers so that the possibilities of extracting energy stored in them are discussed. Considerable attention of researchers is attracted to medium consisting of nuclear isomer $^{178m2}\text{Hf}$ [1].

In spite of extremely difficult realization of isomer γ -reactor it was of particular attractiveness to find what properties would this facility possess if it is made in practice. The given report is dedicated to this problem. Earlier this issue was considered in article [2].

By way of example of isomer $^{178m2}\text{Hf}$ there was developed the methodology of describing kinetic and dynamic phenomena in isomer γ -reactors. The consideration of processes in the medium of isomer $^{178m2}\text{Hf}$ is based on a supposition that as a result of using resonance mechanism NEET it turns out well that the isomer is transferred to the triggered state with sufficient intensity and, thus, the conditions for chain reactions of γ -decays similar to chain reaction of fissions in neutron reactors are created. Finally the condition of γ -reactor criticality was stated, the systems of kinetic and dynamic equations were set up as well as the program of equations numeric solution. The calculations of specific γ -reactors of metal $^{178m2}\text{Hf}$ are performed. Namely, it was found that the pulses of γ -radiation in the considered γ -reactor are characterized by extremely short duration (tens of ns).

References

1. Karamian S. A. $^{178m2}\text{Hf}$ and Other Isomers Candidates for the Desay Stimulated by X-ray Pho-

tons. Proceedings of the 1st International Workshop, ST-Petersburg, 2000, P. 164–178.

2. Kolesov V. F., Abramovich S. N., Shmarov A. Ye., Intjapina Ye. V. Methodology of hypothetical isomer γ -reactors calculation by the example of $^{178m2}\text{Hf}$. – VANT, Series: Physics of nuclear reactors, 2007, No. 2, p. 59–86.



БЕТА-РАСПАД АТОМНЫХ ЯДЕР В ПОЛЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

И. В. Копытин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»;
394018, Россия, г. Воронеж, Университ. пл., 1.
Тел. +7(473)220-87-56; факс: +7 (473) 220-87-55;
e-mail: i-kopytin@yandex.ru

Изучалась возможность ускорения бета-распада атомных ядер в поле синхротронного излучения (СИ). Рассматривались естественные, но сильно запрещенные, бета-распады ядер. Это были бета-распады второго порядка запрета $^{129}\text{I} \rightarrow ^{129}\text{Xe}$ и $^{135}\text{Cs} \rightarrow ^{135}\text{Ba}$, третьего порядка запрета $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$ и четвертого порядка запрета $^{113}\text{Cd} \rightarrow ^{113}\text{In}$ и $^{115}\text{In} \rightarrow ^{115}\text{Sn}$. Скорости бета-переходов рассчитывались с параметрами СИ с непрерывным спектром от вигглеров в синхротронах третьего поколения. Для них энергия фотонов может достигать 200–300 кэВ.

В качестве основного физического процесса, способствующего ускорению бета-распада ядра, рассматривался фотобета-распад [1]. Эндотермический фотобета-распад позволяет рассматривать бета-переходы в возбужденные состояния дочернего ядра с энергией, превышающей Q_β . Именно учет разрешенных бета-переходов такого типа на фоне сильно запрещенного бета-перехода в основное состояние дочернего ядра может увеличить скорость бета-распада. Для расчета бета-распадных ядерных матричных элементов использовалась одночастичная модель ядра. Параметры СИ от вигглера брались для синхротрона SPRING-8 (Япония) [2].

Получено, что скорости фотобета-распадов для указанных ядер соответствуют бета-переходам третьего порядка запрета. Как следствие, для бета-переходов второго порядка запрета эффект от воздействия СИ пренебрежимо мал. Для бета-перехода $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$ скорость распада увеличивается на 7 %, что больше экспериментальной ошибки в ее определении (менее 1 %). Наиболее существенное увеличение скоростей бета-распада получается для бета-переходов $^{113}\text{Cd} \rightarrow ^{113}\text{In}$ и $^{115}\text{In} \rightarrow ^{115}\text{Sn}$. В этом случае фотобета-распад в поле СИ более чем на два порядка увеличивает скорости бета-переходов.

Список литературы

1. Shaw P. B., Clayton D. D., and Michel F. C. Photon-induced beta decay in stellar interiors // Phys. Rev. 1965. V. 140. P. B1433–B1441.
2. <http://www.spring8.or.jp>



BETA DECAY OF ATOMIC NUCLEI IN SYNCHROTRON RADIATION FIELD

I. V. Kopytin

Voronezh State University; 1 Universitetskaya pl.,
Voronezh, 394018, Russia
Ph. +7(473)220-87-56; fax: +7 (473) 220-87-55;
e-mail: i-kopytin@yandex.ru

The possibility of the acceleration of the atomic nucleus beta decay in synchrotron radiation field is investigated. Natural but strongly forbidden beta decays of nuclei are considered. These were $^{129}\text{I} \rightarrow ^{129}\text{Xe}$ and $^{135}\text{Cs} \rightarrow ^{135}\text{Ba}$ beta decays of the second forbidden orders, $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$ beta decay of the third forbidden order and $^{113}\text{Cd} \rightarrow ^{113}\text{In}$ and $^{115}\text{In} \rightarrow ^{115}\text{Sn}$ beta decays of the fourth forbidden orders. The beta decay rates are calculated with the use of synchrotron radiation parameters with the continuous spectrum from wigglers in the third generation synchrotrons. In this case the photon energy may come up to 200–300 keV.

Photo-beta decay is considered by the basic physical process which promotes acceleration of the nuclear beta decay [1]. Endothermic photo-beta decay allows considering beta transitions into the ex-

cited states of the daughter nucleus with the energy exceeding the Q_β magnitude. Just the taking into account of such favored transitions at the background of strongly forbidden beta transition to the ground state of the daughter nucleus may increase beta decay rate. A single-particle nuclear model is used for the calculation of beta decay nuclear matrix elements. Synchrotron radiation parameters from a wiggler were taking for the SPRING-8 synchrotron (Japan) from Ref. [2].

It is obtained that photo-beta decay rates for the stated nuclei correspond to the beta transitions of the third forbidden order. As a result for beta decays of the second forbidden orders the effect of synchrotron radiation exposure is negligible. For the $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$ beta transition the decay rate increase is 7 % that is more than the experimental error (less 1 %). The most significant increase of beta decay rates is obtained for $^{113}\text{Cd} \rightarrow ^{113}\text{In}$ and $^{115}\text{In} \rightarrow ^{115}\text{Sn}$ beta transitions. In this case photo-beta decay in the synchrotron radiation field increases more than by two orders of magnitude the beta decay rates.

References

1. Shaw P. B., Clayton D. D., and Michel F. C. Photon-induced beta decay in stellar interiors // Phys. Rev. 1965. V. 140. P. B1433–B1441.
2. <http://www.spring8.or.jp>



ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ЗАХВАТА СВОБОДНЫХ И СВЯЗАННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ НА СКОРОСТЬ СИНТЕЗА P-ЯДЕР В ЗВЕЗДАХ

И. В. Копытин, Т. А. Крыловецкая

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»; 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1;
тел. +7(473)220-87-56; факс: +7 (473) 220-87-55;
e-mail: i-kopytin@yandex.ru

В [1] было показано, что от степени ионизации К-оболочки мультибета-распадных атомных

ядер существенно зависит скорость синтеза p -ядер в сильно нагретом веществе массивной звезды. Этот результат был получен в модели синтеза p -ядер, когда бета-распадный процесс идет по цепочке «стабильное четно-четное ядро \rightleftharpoons мультибета-распадное нечетно-нечетное ядро $\rightarrow p$ -ядро» [2]. Основную роль в этом процессе играет термический бета-распад, стимулирующий бета-распад стабильного ядра и изменяющий естественные скорости бета-распада мультираспадного ядра.

В данном исследовании для процесса синтеза p -ядер проводится оценка роли двух конкурирующих процессов. Один из них – захват атомных K -электронов с учетом процесса ионизации атомов в сильно нагретой среде. Другой – захват ядром свободных электронов среды [3], плотность которых в нагретом веществе звезды не мала. Рассматривались квазиравновесные этапы горения кислородного слоя (температура вещества $(2\div 3)\cdot 10^9$ К, протяженность 5 месяцев) и кремниевого ядра (температура вещества $(3\div 5)\cdot 10^9$ К, протяженность 1 сутки). Использовалась модель синтеза p -ядер из работ [1, 2]. Мы получили, что учет дополнительного бета-распада мультираспадного ядра за счет захвата свободных электронов в веществе звезды не изменяет существенно результаты, ранее полученные в [1].

Список литературы

1. Kopytin I. V., Al-Hayali I. A. H. Ionization degree of atomic K shell and rate of p nucleus synthesis in massive star interior // LXV Intern. Conf. “Nucleus 2015”. June 29 – July 3, 2015, Saint-Petersburg, Russia. Book of Abstracts. S.-Pb., 2015. P. 151.
2. Копытин И. В., Хуссейн Имад А. Бета-процессы в высокотемпературном поле и синтез p -элементов в звездах // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: физика, математика. 2013. № 1. С. 48–62.
3. Bahcall J.N. Electron capture in stellar interior // *Astrophys. J.* 1964. V. 139. P. 318–325.

INFLUENCE OF ELECTRON CAPTURE OF UNBOUND AND BOUND ELECTRONS ON RATE OF P NUCLEUS SYNTHESIS IN STARS

I.V. Kopytin, T.A. Krylovetskaya

Voronezh State University, Voronezh, Russia
Ph. +7(473)220-87-56; fax: +7 (473) 220-87-55;
e-mail: i-kopytin@yandex.ru

It was shown in Ref. [1] that the rate of p -nucleus synthesis in high heated substance of massive star depends considerably on the ionization degrees of K shells of the multi-beta-decaying atomic nuclei. This result was received in the p -nucleus synthesis model when beta-decaying process goes according to the chain “stable even-even nucleus \rightleftharpoons multi-beta-decaying odd-odd nucleus $\rightarrow p$ -nucleus” [2]. In this process the main role is played by thermal beta decay which stimulates beta decay of a stable nucleus and it changes natural beta decay rates of the multi-beta-decaying nucleus.

In this investigation the estimation of the role of the two competing processes is carried out for p -nucleus synthesis process. One of them is atomic K electron capture with the regard to the ionization process of atoms in high heated environment. Another process is the nuclear capture of unbound electrons of the medium [3]; in the heated substance of a star their density is big enough. The quasi-equilibrium stages of the oxygen layer burning (the substance temperature is $(2\div 3)\cdot 10^9$ K, the stage duration is 5 months) and the silicon core burning (the substance temperature is $(3\div 5)\cdot 10^9$ K, the stage duration is one day) are considered. The p -nucleus synthesis model was used from Ref. [1, 2]. We have received that the accounting of additional beta decay of the multi-beta-decaying nucleus by the unbound electron capture in star substance does not considerably change the results received before in Ref. [1].

References

1. Kopytin I. V., and Al-Hayali I. A. H. Ionization degree of atomic K shell and rate of p nucleus synthesis in massive star interior // LXV Intern. Conf. “Nucleus 2015”. June 29 – July 3,

2015, Saint-Petersburg, Russia. Book of Abstracts. Saint-Petersburg, 2015. P. 151.

2. Kopytin I. V., and Hussain Imad A. Beta processes in high-temperature field and p-element synthesis in stars // Proceedings of Voronezh State University. Series: Physics. Mathematics. 2013. №1. P. 48–62.

3. Bahcall J.N. Electron capture in stellar interior // Astrophys. J. 1964. V. 139. P. 318–325.



АЛЬФА-РАСПАД АТОМНЫХ ЯДЕР В ПОЛЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

И. В. Копытин, А. С. Корнев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»; 394018, Россия, г. Воронеж, Университ. пл., 1; тел. +7(473)220-87-56; факс: +7 (473) 220-87-55; e-mail: i-kopytin@yandex.ru

В работе [1] мы изучали возможность изменения скорости альфа-распада путем воздействия на него электромагнитного излучения. Для лазерного излучения было показано, что даже при его предельно достижимой мощности полная скорость альфа-распада меняется незначительно. Иной результат может быть получен, если для облучения альфа-активного ядра использовать синхротронное излучение (СИ). В настоящее время СИ от синхротронов третьего поколения обладает большой яркостью (примерно в 1010 раз больше, чем у рентгеновской трубки), энергия фотонов может достигать 200–300 кэВ, а в перспективе, возможно ее увеличение до 1 МэВ. Такие энергии по величине сравнимы с ядерными и эффект от воздействия электромагнитного поля может оказаться более существенным.

Получено выражение для относительной скорости альфа-распада при облучении атомного ядра СИ. Рассматривалось СИ с непрерывным энергетическим спектром от вогнутого в синхротроне третьего поколения. Типичные параметры такого излучения брались из [2]. Использовалась

одночастичная модель процесса альфа-распада. Функция Грина альфа-частицы рассчитывалась с учетом кулоновского поля атомного ядра [3]. Учитывались «обходные» переходы. Оценки относительной скорости альфа-распада показали, что ее изменение в поле СИ с энергией фотонов до 200 кэВ незначительно. Но от величины энергии фотонов сильно зависит проницаемость барьера и с увеличением граничной энергии и интенсивности СИ изменение относительной скорости альфа-распада может стать более значительным.

Список литературы

1. Копытин И. В., Корнев А. С. Полуклассическая формула для скорости альфа-распада в электромагнитном поле // Ядерная физика. 2014. Т. 77, № 1. С. 56–62.

2. <http://www.spring8.or.jp>

3. Баткин И. С., Копытин И. В., Чуракова Т. А. Внутреннее тормозное излучение, сопровождающее альфа-распад // Ядерная физика. 1986. Т. 44, № 6 (12). С. 1454–1459.



ALPHA DECAY OF ATOMIC NUCLEI IN THE FIELD OF SYNCHROTRON RADIATION

I. V. Kopytin and A. S. Kornev

Voronezh State University; 1 Universitetskaya pl.,
Voronezh, 394018, Russia
Ph.: +7(473)220-87-56; fax: +7 (473) 220-87-55;
e-mail: i-kopytin@yandex.ru

In Ref. [1], we investigated the possibility of modifying the alpha decay rate by the impact of an electromagnetic radiation upon a nucleus. We showed that the laser radiation with the extreme achievable intensity slightly modifies the total rate of the alpha decay. A different result can be obtained if an alpha-active nucleus is exposed to a synchrotron radiation (SR). At present, the SR from the third generation synchrotrons has the high brilliance (by ~1010 times higher than the one from an X-ray tube); the photon energy can reach 200–

300 keV; in the future, it could be increased to 1 MeV. These energies are comparable with nuclear and therefore the impact of the electromagnetic field could be more significant.

We obtained the formula for the relative rate of the alpha decay of the atomic nucleus exposed to a SR. We considered the SR with continuous energy spectrum from the wiggler in the third generation synchrotron. Typical parameters of such radiation were taken from Ref. [2]. The one-particle model of alpha decay was used. The Green function of the alpha particle was calculated regarding the Coulomb field of the atomic nucleus [3]. The “by-passed” transitions were taken into account. Estimations of the relative rate of the alpha decay show that the SR slightly modifies it for the photon energy up to 200 keV. However, the barrier penetrability strongly depends on the photon energy, and the relative rate of the alpha decay can be changed more significantly with the growth of the limiting energy and the SR intensity.

References

1. Kopytin I. V., and Kornev A. S. Semiclassical Formula for the Alpha Decay Rate in an Electromagnetic Field // *Physics of Atomic Nuclei*. 2014. V. 77, No. 1. P. 53–59.
2. <http://www.spring8.or.jp>
3. Batkin I. S., Kopytin I. V., and Churakova T. A. Inner Bremsstrahlung Associated Alpha Decay // *Yadernaya Fizika*. 1986. V. 44, № 6 (12). P. 1454–1459.



КВАНТОВАЯ ДИФРАКЦИЯ НА НЕСФЕРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

П. М. Красовицкий, Ф. М. Пеньков

Институт ядерной физики,
Республика Казахстан, 050035,
Алматы, ул. Ибрагимова, 1,
тел.: +77273866835, факс: +7 727 3865260,
эл. адрес: pavel.kras@inp.kz

Рассматривается задача рассеяния на сферически несимметричных потенциалах, где угловой момент не только перестает быть сохра-

няющейся величиной, но и не является удобным базисом разложения волновых функций и амплитуд рассеяния. В этом случае угловая зависимость амплитуды рассеяния зависит не только от косинуса угла рассеяния, но и от его синуса. Ярким примером может служить задача дифракции на бесконечно тонком непрозрачном экране в оптике.

Показано, что уравнения Липпмана-Швингера (ЛШ) для рассеяния на бесконечно тонком диске совпадают с уравнениями Кирхгофа в оптике и, вообще говоря, не имеют единственного решения в квантовой механике. Единственным решением обладают уравнения ЛШ для потенциалов в форме диска, конечной толщины. Уравнение ЛШ позволяет найти асимптотические и граничные условия для решений двумерного дифференциального уравнения.

Получены численные решения двумерного дифференциального уравнения для амплитуды рассеяния атома и молекулы водорода на полупрозрачном диске конечной толщины. Показан эффект резонансной дифракции. Численная схема может быть применима для описания рассеяния частицы на деформированных атомных ядрах.

Работа поддержана грантом МОН РК 0333/ГФ4.



QUANTUM DIFFRACTION BY NON-SPHERICAL OBJECTS

P. M. Krassovitskiy, F. M. Pen'kov

Institute of Nuclear Physics,
Republic of Kazakhstan, 050035,
Almaty, Ibragimov str. 1
phone: +77273866835, fax: +7 727 3865260
e-mail: pavel.kras@inp.kz

This report reviews the task of scattering by spherically asymmetrical potentials, where the angular momentum ceases to be a conserved quantity, but also it is not a convenient basis for expansion of the wave functions and the scattering amplitudes. In this case, the angular dependence of the scattering amplitude depends not only on the scattering angle

cosine, but it also depends on its sine. A striking example is the task of diffraction on an infinitely thin opaque screen in optics.

It is shown that the Lippman-Schwinger (LS) equations for the scattering on an infinitely thin disk coincide with the equations of Kirchhoff in optics and, generally speaking, they have not a unique solution in quantum mechanics. LS equations for the potentials in the form of a disk of finite thickness have the unique solution. LS equations enable the asymptotic and boundary conditions to be found for the solutions of two-dimensional differential equation.

The numerical solutions of two-dimensional differential equation were obtained for the scattering amplitude of atom and hydrogen molecules on a transparent disk of finite thickness. The effect of resonant diffraction was shown. The numerical scheme can be used to describe the particle scattering on the deformed atomic nuclei.

The work is being performed under the financial support of the MES RK grant 0333/GF4.

менных характеристик процессов приближения к равновесию как в «акустическом», так и в «ультрарелятивистском» приближениях [2]. Получено выражение для средней массы объектов, образующихся в релятивистских процессах. Рассчитаны средние массовые числа ядер и спектры частиц, образующихся при глубоко неупругом рассеянии нейтрино на мишенях.

Список литературы

1. Lin E. E. Cluster Model of Formation of Subnuclear and Subatomic Objects // Journal of Modern Physics. 2014. Vol. 5. No. 3. Pp. 107–111.
2. Lin E. E. Asymptotic Models for Studying Kinetics of Formation of Compact Objects with Strong Internal Bonds // World Journal of Mechanics. 2014. Vol. 4. No. 6. Pp. 170–196.



АСИМПТОТИЧЕСКИЕ ПРЕДЕЛЫ КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ НУКЛИДОВ И СУБЪЯДЕРНЫХ ЧАСТИЦ

Э. Э. Лин

РФЯЦ-ВНИИЭФ

607190, г. Саров Нижегородской области,
пр. Мира 37, тел. (83130)20353,
факс (83130)20320

E-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

Доклад представляет собой дальнейшее развитие разработанной ранее кластерной модели образования субатомных и субъядерных объектов [1]. Показано соответствие модели с общепринятыми представлениями о нуклонных оболочках. Это позволяет проэкстраполировать известную линию стабильности нуклидов в точки, соответствующие конечным нуклидам, предсказываемым моделью. Выведено общее уравнение для определения размерных (массовых) и вре-

ASYMPTOTIC LIMITS FOR CLUSTER MODEL OF FORMATION OF NUCLIDES AND SUBNUCLEAR PARTICLES

E. E. Lin

Russian Federal Nuclear Center – All-Russian
Research Institute of Experimental Physics
607190, Sarov, Nizhniy Novgorod region, Mira
Avenue 37, tel. (83130)20353, fax (83130)20320
E-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

A report presents the subsequent development of a cluster model for formation of subatomic and subnuclear objects elaborated earlier [1]. A correspondence between the model and the generally accepted notions of nucleon shells was shown. This circumstance allows us to extrapolate a well-known stability line of nuclides to the points conforming to final nuclides, which are predicted by the model. A general equation was deduced for determining size (mass) characteristics and time characteristics of processes of approaching the equilibrium both in «acoustic» approximation and in «ultrarelativistic» approximation [2]. An expression for an average mass of objects being formed in relativistic processes was obtained. Calculations were performed for

average mass numbers of nuclei and for spectra of particles formed in the course of deep inelastic neutrino-targets scattering.

References

1. Lin E. E. Cluster Model of Formation of Subnuclear and Subatomic Objects // Journal of Modern Physics. 2014. Vol. 5. No. 3. Pp. 107–111.
2. Lin E. E. Asymptotic Models for Studying Kinetics of Formation of Compact Objects with Strong Internal Bonds // World Journal of Mechanics. 2014. Vol. 4. No. 6. Pp. 170–196.



ОБРАЗОВАНИЕ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИНТЕНСИВНЫХ НЕЙТРОННЫХ ПОТОКАХ ВО ВЗРЫВНЫХ ПРОЦЕССАХ

Ю. С. Лютостанский¹, В. И. Ляшук^{1,2},
И. В. Панов^{1,3}

¹Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт», Москва,
123182 Россия

² Институт ядерных исследований Российской
Академии Наук, Москва, 117312 Россия

³ Институт Теоретической и Экспериментальной
Физики, Москва, 117259 Россия

Рассмотрен процесс образования трансураниевых элементов в интенсивных импульсных нейтронных потоках с плотностью до 10^{25} нейтронов/см². Природа нейтронных импульсов может быть как астрофизического, так и искусственного происхождения. В астрофизических условиях образование тяжелых ядер происходит при многократных нейтронных захватах в быстром *r*-процессе [1], например, при взрывах сверхновых звезд [2]. В земных условиях такие процессы моделируются при ядерных/термоядерных взрывах [3]. Взрывной процесс искусственного происхождения отличается от астрофизического малым временем протекания ($t < 10^{-6}$ с), что позволяет разделить его на две части: процесс нейтронных захватов и процесс

последующих β -распадов *N*-избыточных ядер [2]. Такой процесс можно назвать мгновенным (*prompt*) или *pr*-процессом и решения уравнений для расчета концентраций образующихся ядер $N_{A,Z}(t)$ сильно упрощается. Результаты наших расчетов сравниваются с экспериментальными данными, термоядерных взрывов, проведенных в США («Par», «Barbel», «Mike»).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ гранты № 16-02-00228, 14-22-03040 офи_м, 16-29-13015 офи_м и гранта Швейцарского национального научного фонда № IZ73Z0_152485 SCOPES.

Список литературы

1. Burbidge B. M., Burbidge G., Fowler W., Hoyle P. // Rev. Mod. Phys. 1957. V. 29. P. 547.
2. Petermann I., K. Langanke, G. Martinez-Pinedo, I. Panov, *et al.* // Eur. Phys. J. 2012. V. 48. P. 122.
3. Bell G. I. // Phys. Rev. 1965. V.139. P.1207.
4. Лютостанский Ю. С., Ляшук В. И., Панов И. В. // Изв. РАН Сер. Физическая 2010. Т. 74. С. 542.



PRODUCTION OF TRANSURANIUM ELEMENTS UNDER INTENSIVE NEUTRON FLUXES IN EXPLOSIVE PROCESSES

Yu. S. Lutostansky¹, V. I. Lyashuk^{1,2},
V. I. Panov^{1,3}

¹National Research Center «Kurchatov Institute»,
Moscow, 123182 Russia

² Institute for Nuclear Research, Russian Academy
of Science, Moscow, 117312 Russia

³ Institute for Theoretical and Experimental Physics,
Moscow, 117259 Russia

E-mail: Lutostansky@yandex.ru

The process of transuranium elements production in the intensive pulsed neutron fluxes with a density of up to 10^{25} neutrons/cm² is considered. The

nature of neutron impulses can be both astrophysical and artificial origin. In astrophysical conditions, the formation of heavy nuclei occurs at multiple neutron capture process in rapid r -process [1], for example, at supernova explosions [2]. In terrestrial conditions, such processes are modeled in nuclear/thermonuclear explosions [3]. The explosive process of artificial origin is different from astrophysical one by small duration time ($t < 10^{-6}$ s), that allows you to split it into two parts: the neutron capturing process and the following β -decay of N -rich nuclei [2]. Such a process can be called “prompt rapid” or pr -process and solution of the equations for calculating the concentration $N_{A,Z}(t)$ of formed nuclei is greatly simplified.

When calculating $N_{A,Z}(t)$ in the pr -processes of nuclear explosion we have the problem of nuclear data for the heavy N -rich nuclei, predictions for beta-delayed and spontaneous fission, values of $T_{1/2}$ and the probabilities of emission of delayed neutrons [5]. The results of our calculations are compared with the experimental data taken from the USA thermonuclear explosions (“Par”, “Barbel”, “Mike”).

The work is supported by the Russian RFBR Grants No’s 16-02-00228, 14-22-03040 ofi_m, 16-29-13015 ofi_m and Swiss National Science Foundation grant no. IZ73Z0_152485 SCOPES.

References

1. Burbidge B. M., Burbidge G., Fowler W., Hoyle P. // Rev. Mod. Phys. 1957. V. 29. P. 547.
2. Petermann I., Langanke K., Martinez-Pinedo G., Panov I., *et al.* // Eur. Phys. J. 2012. V. 48. P. 122.
3. Bell G. I. // Phys. Rev. 1965. V. 139. P. 1207.
4. Lutostansky Yu. S., Lyashuk V. I., Panov I. V. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2010. V. 74. P. 504.
5. Panov I. V., Lutostansky Yu. S., Thielemann F.-K. // Nucl. Phys. 2016. V. A947. P. 1.; J. Phys.: Conf. Series 2016. V. 665. P. 012060.



ПЯТИМЕРНОЕ УРАВНЕНИЕ ДИРАКА В ТЕОРИИ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ СПИНОРОВ

В. В. Монахов

Санкт-Петербургский государственный университет,
198504, Россия, СПб, Старый Петергоф,
ул. Ульяновская, д. 1.
Тел. (812) 428-45-33. Факс (812) 428-72-40.
v.v.monahov@spbu.ru

В работе рассматривается уравнение Дирака

$$\gamma^\mu (\hat{p}_\mu - eA_\mu) \Psi = -m\Psi \quad (1)$$

в пятимерном пространстве, $\mu = 0, 1, 2, 3, 5$. Используется формализм алгебраических спиноров с применением фермионных переменных, по которым раскладываются образующие вещественной алгебры Клиффорда и элементы комплексного модуля над этой алгеброй (векторы состояния спиноров) [1]. В таком формализме в четырехмерном пространстве спинор может быть представлен в виде

$$\Psi = (\psi_0 + \psi_1 \theta^1 + \psi_2 \theta^2 + \psi_{12} \theta^1 \theta^2) \bar{\theta}_1 \theta^1 \bar{\theta}_2 \theta^2, \quad (2)$$

где $\theta^1, \theta^2, \bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2$ – фермионные переменные, выражаемые через клиффордовы векторы γ^μ , $\mu = 0, 1, 2, 3$, а $\psi_0, \psi_1, \psi_2, \psi_{12}$ – компоненты спинора [1]. В пятимерном случае величина $i = \gamma^0 \gamma^1 \gamma^2 \gamma^3 \gamma^5$ является клиффордовым псевдоскаляром, коммутирующим со всеми элементами алгебры и модуля, и, если $i^2 = -1$, комплексная мнимая единица может быть отождествлена с i . Это объясняет, почему для спиноров физического пространства-времени модуль комплексный, хотя алгебра Клиффорда вещественна. Требование $i^2 = -1$ ограничивает возможные сигнатуры пространства-времени (p, q) значениями (0,5), либо (2,3), либо (4,1). Вещественные алгебры Клиффорда с такими сигнатурами изоморфны, и соответствующие им пространства спиноров тоже. Поэтому можно рассматривать только алгебру с $(p, q) = (2, 3)$, в которой $(\gamma^0)^2 = 1$, $(\gamma^1)^2 = (\gamma^2)^2 = (\gamma^3)^2 = -1$, $(\gamma^5)^2 = 1$. Показано, что решения пятимерного уравнения Дирака (1) в пространстве с данной сигнатурой при

ненулевом обобщенном импульсе p_5 могут быть разложены по решениям с нулевым импульсом p_5 . В этом случае пятимерное уравнение сводится к уравнению для четырехмерного пространства-времени.

Список литературы

1. Моначов В. В. Построение фермионного вакуума и фермионных операторов рождения и уничтожения в теории алгебраических спиноров / arXiv:1604.03797 [physics.gen-ph], 2016.



FIVE-DIMENSIONAL DIRAC EQUATION IN THE ALGEBRAIC THEORY OF SPINORS

V. V. Monakhov

Saint Petersburg State University,
Ulyanovskaya 1, Stariy Peterhof, Saint Petersburg,
198504, Russia.

Tel. (812) 428-45-33. Fax (812) 428-72-40.

v.v.monahov@spbu.ru

We consider the Dirac equation

$$\gamma^\mu (\hat{p}_\mu - eA_\mu) \Psi = -m\Psi \quad (1)$$

in five-dimensional space, $\mu = 0, 1, 2, 3, 5$. We use the formalism of algebraic spinors using fermionic variables, which form basis of the real Clifford algebra and elements of a complex module over this algebra (the state vectors of fermions) [1]. In this formalism in the four-dimensional space spinor can be represented in the form

$$\Psi = (\psi_0 + \psi_1 \theta^1 + \psi_2 \theta^2 + \psi_{12} \theta^1 \theta^2) \bar{\theta}_1 \theta^1 \bar{\theta}_2 \theta^2, \quad (2)$$

where $\theta^1, \theta^2, \bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2$ – fermionic variables, expressed through Clifford vectors γ^μ , $\mu = 0, 1, 2, 3$, and $\psi_0, \psi_1, \psi_2, \psi_{12}$ – components of the spinor [1]. In the five-dimensional case $i = \gamma^0 \gamma^1 \gamma^2 \gamma^3 \gamma^5$ is a pseudoscalar of the real Clifford algebra which is commuting with all elements of the algebra. So,

if $i^2 = -1$, complex imaginary unit can be identified with i . This explains why for spinors of physical space-time module is complex, although Clifford algebra is real. Equation $i^2 = -1$ restricts the possible signatures of space-time (p, q) by values equal to either (0,5) or (2,3) or (4,1). The real Clifford algebras with such signatures are isomorphic, and the corresponding spinor spaces too.

Therefore, we can consider only Clifford algebra with (p, q) = (2,3), in which $(\gamma^0)^2 = 1$, $(\gamma^1)^2 = (\gamma^2)^2 = (\gamma^3)^2 = -1$, $(\gamma^5)^2 = 1$.

It is shown that solutions of the Dirac equation (1) in the space-time with such signature and nonzero impulse p_5 can be decomposed by solutions with zero impulse p_5 and, thus, the Dirac equation is reduced to the case of the four-dimensional space-time.

Bibliography

1. Monakhov V. V. Construction of the fermionic vacuum and of fermionic operators of creation and annihilation in the theory of algebraic spinors / arXiv:1604.03797 [physics.gen-ph], 2016.



ПОИСК И ВОЗМОЖНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕГКИХ НЕЙТРОННЫХ КЛАСТЕРОВ В ДЕЛЕНИИ ^{238}U ПРОТОНАМИ И ЯДРАМИ ГЕЛИЯ

Б. Г. Новацкий, Е. Ю. Никольский,
С. Б. Сакута, Д. Н. Степанов

Национальный Исследовательский Центр
«Курчатовский Институт»,
123182 Москва, Россия,
тел.: 07 499 196 9752, факс: 07 499 196 1612,
E-mail: sbsakuta@mail.ru

Методом наведенной активности с химически чистыми образцами высокообогащенного ^{88}Sr и ^{27}Al проведены поиски легких ядерно-стабильных мультинейтронов среди продуктов деления ^{238}U альфа-частицами ($E = 62$ МэВ).

Факт существования таких экзотических ядер мог быть установлен по характерным гамма-линиям, излучаемым изотопами из цепочек бета-распадов $^{92}\text{Sr} \rightarrow ^{92}\text{Y}$ и $^{28}\text{Mg} \rightarrow ^{28}\text{Al} \rightarrow ^{28}\text{Si}$. При измерении гамма-спектров облученных образцов ^{88}Sr была обнаружена линия с энергией $E = 1384$ кэВ. Наличие этой линии с измеренным периодом спада активности ($T_{1/2} = 2.61$ ч) связывается с образованием бета-активного ядра ^{92}Sr в реакции $^{88}\text{Sr}(^x n, (x-4)n)$. Данный результат был воспроизведен в повторных измерениях. Это указывает на возможное существование ядерно-стабильных мультинейтронов ($^x n$) с $x \geq 6$. Оценено дифференциальное сечение образования $^x n$ под углом 30° , которое оказалось равным $\sim 6 \times 10^{-2}$ mb/sr (при сечении реакции передачи 4-х нейтронов 100 mb/sr).

Поиски $^x n$ были продолжены с использованием реакции $^{27}\text{Al} + ^x n \rightarrow ^{28}\text{Mg} + p, (x-2)n$. Идентификация нейтронных ядер проводилась по характерным гамма-квантам с $E = 1342$ и 1779 кэВ, излучаемым изотопами из цепочки бета-распадов $^{28}\text{Mg} \rightarrow ^{28}\text{Al} \rightarrow ^{28}\text{Si}$. Временная зависимость активности в пределах точности измерений совпала с периодом полураспада ^{28}Mg ($T_{1/2} \sim 20,9$ ч). Этот результат подтверждает выводы эксперимента по активации изотопа ^{88}Sr , что еще раз указывает на возможное существование легких нейтронных ядер.

В настоящее время проводятся измерения выхода $^x n$ в тройном делении ^{238}U на пучке протонов с активацией образцов ^{27}Al .

α -particles ($E = 62$ MeV) was carried out by activation method with chemically pure samples of highly enriched ^{88}Sr and ^{27}Al . The existence of such exotic nuclei could be established by the characteristic gamma-rays, emitted by isotopes from the beta-decay chains $^{92}\text{Sr} \rightarrow ^{92}\text{Y}$ and $^{28}\text{Mg} \rightarrow ^{28}\text{Al} \rightarrow ^{28}\text{Si}$. When measuring the gamma-spectra of the irradiated samples ^{88}Sr a peak with the energy of $E = 1384$ keV was found. The existence of such line with an measured period of decay ($T_{1/2} = 2.61$ h) is associated with formation of beta-active nucleus ^{92}Sr in the reaction $^{88}\text{Sr}(^x n, (x-4)n)$. The result was reproduced in repeated measurements. This points to the possible existence nuclear-stable multineutrons ($^x n$) with $x \geq 6$. The differential cross section of the $^x n$ formation at the angle of 30° , was evaluated as $\sim 6 \times 10^{-2}$ mb/sr (at the cross section of four neutrons transfer 100 mb/sr).

Searches for $^x n$ were continued using the reaction $^{27}\text{Al} + ^x n \rightarrow ^{28}\text{Mg} + p, (x-2)n$. Identification of neutron nuclei were defined by the characteristic gamma-quanta with the energies of $E = 1342$ и 1779 keV, emitted by isotopes from the beta-decay chain $^{28}\text{Mg} \rightarrow ^{28}\text{Al} \rightarrow ^{28}\text{Si}$. The time dependence of activity within the measurement accuracy coincides with a half-life of ^{28}Mg ($T_{1/2} \sim 20.9$ h). This result supports the conclusions of experiment on the activation of ^{88}Sr isotope and once again points to the possible existence of light neutron nuclei.

At present time the additional measurements of the $^x n$ yield in ternary fission of ^{238}U by protons with activation of the ^{27}Al samples are performed.

▼

SEARCH AND POSSIBLE DETECTION OF LIGHT NEUTRON CLUSTERS IN FISSION OF ^{238}U BY PROTONS AND HELIUM NUCLEI

**B. G. Novatsky, E. Yu. Nikol'sky,
S. B. Sakuta, D. N. Stepanov**

National Research Center "Kurchatov Institute",
123182 Moscow, Russia, phone: 07 499 196 9752,
fax: 07 499 196 1612,
e-mail: sbsakuta@mail.ru

A search for light nuclear-stable multineutrons among products of ^{238}U fission induced by

▼

О ВЫБОРЕ МИШЕНИ ДЛЯ СИНТЕЗА ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИМПУЛЬСНОМ НУКЛЕОСИНТЕЗЕ

И. В. Панов^{1,2}, Ю. С. Лютостанский¹

¹ Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт», Москва,
123182 Россия

² Институт Теоретической и Экспериментальной
Физики, Москва, 117259 Россия

Одна из основных проблем изучения r -процесса – взрывного образования тяжелых

ядер под действием нейтронов – отсутствие экспериментальных данных о ядрах, участвующих в нуклеосинтезе. Начиная с экспериментов по синтезу трансураниевых элементов в экспериментах по импульсному нуклеосинтезу [1], проблема моделирования *r*-процесса в земных условиях остается актуальной, хотя и трудно реализуемой. В ряде работ [2,3] было показано, что не до конца ясная физика образования и трансмутации химических элементов во взрывных процессах под действием нейтронов может быть прояснена и переформулирована с рассмотрением иных мишеней, отличных от ранее использованных.

В настоящем докладе обсуждаются возможности синтеза сильно нейтронно-избыточных трансураниевых элементов и продуктов их распада с использованием мишеней отличных от U и Pu. Предполагалось, что используя мишени с большим зарядом и массовым числом, могут быть получены изотопы с массовым числом много выше $A \sim 255$ и выходами, не меньшими, чем в экспериментах с мишенью из урана и плутония [1]. Это дало бы новую возможность изучения более тяжелых ядер, и дополнительный канал проверки существующих ядерных моделей. В нашей работе показано, что осуществима только вторая возможность.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты №16-02-00228, 14-22-03040 офи_м, 16-29-13015офи_м и гранта Швейцарского национального научного фонда № IZ73Z0_152485 SCOPES.

Список литературы

1. Dorn D. W. and Hoff R. W. // *Rhys. Rev. Lett.* 1965. 14, 440.
2. Meldner H. V. // *Phys. Rev. Lett.* 1972. 28, 975.
3. Zagrebaev V., Karpov A., Mishustin I. N., Greiner W. // *Phys. Rev. C*84 (2011) 044617.



SEARCH FOR NEW TARGET FOR SYNTHESIS OF TRANSURANIUM ELEMENTS IN PULSE NUCLEOSYNTHESIS

I. V. Panov^{1,2}, Yu. S. Lutostansky¹

¹ National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, 123098 Russia

² Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow, 117259 Russia

E-mail: Igor.Panovy@itep.ru

One of the main problems of the *r*-process investigation – explosive formation of heavy nuclei under multiple neutron captures and subsequent beta-decay – absence of experimental data of nuclei participating in the nucleosynthesis. Starting from the experiments on transuranium elements synthesis in the experiments on pulse nucleosynthesis [1], the problem of the *r*-process modelling in the laboratory conditions remains up to date, but still difficult to be realized. In the number of works [2,3] it was shown, that physics of formation and transmutation of chemical elements during explosion processes is not clear yet and can be clarified and the task can be changed when new targets would be used, other than used before.

In the report the opportunities of synthesis of strong neutron-rich transuranium elements and their decay products on the basis of different targets other than U and Pu are discussed. It was supposed that utilization of targets with higher charge and atomic masses can lead to formation of the isotopes with atomic mass much higher than 255 and yields not less than in previous experiments with uranium and plutonium targets [1]. It could be the new opportunity for more heavy nuclei investigation and the additional opportunity to test the existing nuclear models. Unfortunately only the latter case is can be achieved.

This work was done under financial support of Russian Fund of Basic Research (grants № 16-02-00228, 14-22-03040офи_м, 16-29-13015офи_м) and Swiss National Scientific Fund (№ IZ73Z0_152485 SCOPES).

References

1. Dorn D. W. and Hoff R. W. // *Rhys. Rev. Lett.* 1965. 14, 440.

2. Meldner H. V. // Phys. Rev. Lett. 28 (1972) 975.

3. Zagrebaev V., Karpov A., Mishustin I. N., Greiner W. // Phys. Rev. C84 (2011) 044617.



СЛАБЫЕ ТОКИ В (НЕ)ДИАГОНАЛЬНЫХ ЛЕПТОННЫХ ПРОЦЕССАХ

Ю. И. Романов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» (ФГБОУ ВПО МГУДТ) 119997, Москва, Садовническая ул., 33
Тел. +7(495)951-58-01, факс: +7(495)953-02-97,
e-mail: romanov.yu.i@mail.ru

В настоящей работе, в развитие [1], изучены (не)диагональные лептонные процессы на основе взаимодействия как нейтральных (НТ), так и заряженных (ЗТ) слабых токов.

Среди представленных результатов следующие.

1. Проведено сравнение стандартных электрослабых спектров электронов отдачи при упругом рассеянии нейтральных (анти)лептонов и аналогичных спектров в рамках взаимодействия нейтральных токов с комплексными константами связи нейтрино с электроном, согласно модели [2]. Спектры определены как дифференциальные сечения по кинетической энергии (T) конечных электронов. Результаты количественного анализа представлены в виде таблиц для случая рассеяния (анти)нейтрино с энергией $E = 0,862$ МэВ, соответствующей бериллиевой нейтринной линии в спектре солнечных нейтрино.

2. Представлены НТ- и ЗТ-описания электронных спектров, включающие произвольные векторную и аксиально-векторную токовые константы, которые также могут быть и действительными, и комплексными или чисто мнимыми. Предельные выражения для спектров в случаях,

когда электроны рассеиваются под большими углами ($T \rightarrow 0$) и если углы их вылета малы ($T \rightarrow E$), позволяют оценить значения констант.

3. На основе НТ-описания получены спектр мюонов, рождающихся при неупругом рассеянии мюонного нейтрино на поляризованном электроне-мишени, полное сечение этого процесса и нейтринной аннигиляции электрон-мюонной пары, а также нейтральная составляющая спектра электронов, испускаемых при распаде мюона. Проанализирована возможность проявления в этих процессах «запрещенного» недиагонального нейтрального электрон-мюонного тока.

Список литературы

1. Romanov Yu.I. //Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2013. Vol. 77. No. 4. P. 476.

2. Ramanathan R. //Nuovo Cimento A. 1977. Vol. 37. No. 3. P. 233.



THE WEAK CURRENTS IN THE (NON)DIAGONAL LEPTONIC PROCESSES

Yu. I. Romanov

Moscow State University of Design and Technology,
119997, Moscow, Sadovnicheskaya str., 33
Tel. +7(495)951-58-01, fax: +7(495)953-02-97,
e-mail: romanov.yu.i@mail.ru

In the present work, a development of [1], the (non)diagonal leptonic processes are studied on the basis of neutral (NC) as well as charge (CC) weak currents interaction.

Among of presented results are the following.

1. The standard electroweak spectra of recoil electrons upon elastic (anti)neutrino-electron scattering are compared with the analogous spectra obtained within the framework of the interaction between neutral currents with complex coupling constants according to the model presented in [2]. The spectra are defined as differential cross sections

over the kinetic energy (T) of recoil electrons. The results of quantitative analysis are presented in the form of tables for the case of (anti)neutrino scattering at energy $E = 0.862$ MeV corresponding to the beryllium line in the solar neutrino spectrum.

2. The NC- and CC-descriptions of the recoil electrons spectra including arbitrary vector and axial-vector constants which also can be both real and complex or pure imaginary are demonstrated. The limiting expressions of the spectra in the cases when recoil electrons are scattered at large angles ($T \rightarrow 0$) and if the exit angles are small ($T \rightarrow E$) allow to estimate the values of constants.

3. On the basis of NC-description the spectrum of muons appearing from inelastic scattering of muonic neutrino by a polarized electron target, the total cross section of this process, and also neutrino annihilation of an electron-muon pair as well as the neutral component for the spectrum of electrons emitted in muon decay are obtained and analyzed. The possibility of the revealing on this processes of the “forbidden” nondiagonal neutral electron-muonic current is investigated.

References

1. Romanov Yu. I. //Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2013. Vol. 77. No. 4. P. 476.
2. Ramanathan R. //Nuovo Cimento A. 1977. Vol. 37. No. 3. P. 233. //



УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ЯДРАХ ПОЛУЦЕЛОГО СПИНА И ДИСКРЕТНЫЕ СИММЕТРИИ

М. Я. Сафин

Российский университет дружбы народов,
Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198, Россия
Тел.: +7 (495) 434-53-00, Факс: +7 (495) 433-95-88
misafin@gmail.com

В работах [1, 2] мы рассмотрели несколько типов поляризационных асимметрий в упругом рассеянии продольно поляризованных ($\zeta = \pm 1$)

электронов на поляризованной (\vec{s}) протонной мишени с целью выявления возможностей обнаружения нарушения P - и T -инвариантности за счёт анапольного и электрического дипольного форм-факторов протона.

В настоящее время значительное внимание уделяется поиску эффектов нарушения этих дискретных симметрий в ядерной физике за счёт анапольного и электрического дипольного момента ядра, а также исследованию механизмов возникновения этих моментов за рамками Стандартной модели [3, 4].

В данной работе изучаются спиновые асимметрии при упругом рассеянии электронов на ядрах полуцелого спина, описываемых в рамках формализма Рариты-Швингера инвариантными форм-факторами электромагнитных и слабых вершинных функций

$$\Gamma_{em;n}^{\mu} = \gamma_{\alpha} \left(F_M^{(n)} + \frac{q^2}{M^2} G_1^{(n)} \gamma_5 \right) - \frac{P_{\alpha}}{2M} \left(F_2^{(n)} - i G_2^{(n)} \gamma_5 \right),$$

$$\Gamma_{weak;n}^{\mu} = \gamma^{\mu} \left(g_M^{(n)} + g_A^{(n)} \gamma_5 \right) - \frac{P^{\mu}}{2M} f_V^{(n)},$$

где $n = 1, 2, \dots, j+1$, $j = J - 1/2$, J – спин ядра.

Для структурных функций W_j адронного тензора

$$H^{\mu\nu} = P^{\mu} P^{\nu} W_1 - 4M^2 \tau g^{\mu\nu} W_2 - q^{\mu} q^{\nu} W_3 + \\ + \frac{1}{2} i \varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta} P_{\alpha} q_{\beta} W_4$$

получены разложения по векторным и аксиально-векторным электрическим и магнитным мультипольным моментам ядра. Показано, что вклад анапольного момента, растущий с атомным номером как $A^{2/3}$, может заметно влиять на поведение спиновых асимметрий в электрон-ядерном рассеянии.

Список литературы

1. Safin M. Ya. // Book of abstracts of LXV Int. Conf. “NUCLEUS 2015”. Saint-Petersburg. Russia. June 29 – July 3, 2015. P. 171; Известия РАН, Сер. физ. 2016. Т. 80. № 4. С. 664.
2. Сафин М. Я. // Известия РАН, Сер. физ. 2014. Т. 78. № 5. С. 654; 2015. Т. 79. № 7. С. 1053.
3. Haxton W. C, Liu C.-P., M.J. Ramsey-Musolf // arXiv: nucl-th/0109014v1. 6 Sep 2001.
4. J. Engel, M.J. Ramsey-Musolf, U. van Kolck // arXiv: nucl-th/1303.237v1. 10 Mar 2013.

**ELASTIC SCATTERING OF ELECTRONS
BY NUCLEI OF HALF-INTEGER SPIN
AND DISCRETE SYMMETRIES**

M. Ya. Safin

Peoples' Friendship University of Russia,
Moscow, Miklukho-Maklaya str., bld. 6,
117198, Russia

Tel.: +7 (495) 434-53-00, Fax: +7 (495) 433-95-88
misafin@gmail.com

In the works [1, 2] we considered several types of polarization asymmetries in the elastic scattering of longitudinally polarized ($\zeta = \pm 1$) electrons on polarized (\vec{s}) proton target with an aim to clarify possibilities to detect violation of the P - and T -invariances due to anapole and electric dipole form factors of the proton.

Currently, considerable attention is paid to the search for the effects of violations of these discrete symmetries in nuclear physics caused by anapole and electric dipole moment of the nucleus, as well as the study of the mechanisms of emergence of these multipoles beyond the Standard Model [3, 4].

In this paper we study the spin asymmetries in the elastic scattering of electrons by nuclei of half-integer spin, described in the framework of the Rarita-Schwinger formalism by invariant form factors of the electromagnetic and weak vertex functions

$$\Gamma_{em;n}^\mu = \gamma_\alpha \left(F_M^{(n)} + \frac{q^2}{M^2} G_1^{(n)} \gamma_5 \right) - \frac{P_\alpha}{2M} \left(F_2^{(n)} - i G_2^{(n)} \gamma_5 \right),$$

$$\Gamma_{weak;n}^\mu = \gamma^\mu \left(g_M^{(n)} + g_A^{(n)} \gamma_5 \right) - \frac{P^\mu}{2M} f_V^{(n)},$$

where $n = 1, 2, \dots, j+1$, $j = J - 1/2$, J – nucleus spin.

For the structure functions W_j of the hadron tensor

$$H^{\mu\nu} = P^\mu P^\nu W_1 - 4M^2 \tau g^{\mu\nu} W_2 - q^\mu q^\nu W_3 + \frac{1}{2} i \varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta} P_\alpha q_\beta W_4$$

we obtained the expansions on the vector and axial-vector electric and magnetic multipole moments of the nucleus. It is shown that the contribution of the anapole moment growing with atomic number as $A^{2/3}$, may noticeably affect the behavior of the spin asymmetry in the electron-nuclear scattering.

References

1. Safin M. Ya. // Book of abstracts of LXV Int. Conf. “NUCLEUS 2015”. Saint-Petersburg, Russia. June 29 – July 3, 2015. P. 171; Izvestia RAN, Ser. fiz. 2016. V. 80. № 4. P. 664.
2. Сафин М. Я. // Izvestia RAN, Ser. fiz. 2014. V. 78. № 5. P. 654; 2015. V. 79. № 7. P. 1053.
3. Haxton W. C., Liu C.-P., M.J. Ramsey-Musolf // arXiv: nucl-th/0109014v1. 6 Sep 2001.
4. Engel J., M.J. Ramsey-Musolf, U. van Kolck // arXiv: nucl-th/1303.237v1. 10 Mar 2013.



**ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОПИСАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
РЕЛЯТИВИСТСКИХ КВАРКОВ ПРИ
ПОМОЩИ УРАВНЕНИЯ ДИРАКА С
КОРНЕЛЛСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ**

А. Я. Силенко^{1,2}, О. В. Теряев¹

¹Объединенный институт ядерных исследований,
ул. Жолио-Кюри 6, 141980 Дубна,
Московская область, Россия,

²НИУ Институт ядерных проблем Белорусского
государственного университета,
ул. Бобруйская, 11, 220030 Минск, Беларусь
тел.: +7 (49621) 63-695, факс: +7 (49621) 65-084,
e-mail: alsilenko@mail.ru

Дано феноменологическое описание взаимодействия релятивистских кварков при помощи уравнения Дирака с корнеллским потенциалом. Использован общий вид исходного уравнения, содержащего векторную и скалярную части корнеллского потенциала. Упрощающих предположений о соотношении между этими частями [1–7] не делалось. В общем случае выведен релятивистский гамильтониан в представлении Фолди-Ваутхойзена с учетом электромагнитного взаимодействия. В отличие от предшествующих исследований [1–7], он является точным для членов нулевой и первой степени по постоянной Планка \hbar и для членов второй степени по \hbar , описывающих контактное взаимодействие. Выведены общие квантово-механические уравнения

движения для импульса и спина и определен их классический предел. Определена связь между угловой скоростью прецессии спина и силой, действующей на кварк. Энергия спин-орбитального взаимодействия достаточно велика (порядка 100 МэВ). Рассчитано также спин-спиновое взаимодействие кварков.

Работа поддержана грантом ФФИ РБ – ОИЯИ № Ф16Д-004.

Список литературы

1. Jentschura U. D, Noble J. H. // *J. Phys. A: Math. Theor.* 2014. V. 47. P. 045402.
2. Hassanabadi H., E. Maghsoodi, S. Zarrinkamar, H. Rahimov // *Adv. High Energy Phys.* 2012. V. 2012. P. 707041.
3. Hassanabadi H., Maghsoodi E., Zarrinkamar S. // *Ann. Phys. (Berlin)*. 2013. V. 525. P. 944.
4. Hamzavi M., Rajabi A. A. // *Ann. Phys. (New York)*. 2013. V. 334. P. 316.
5. Hamzavi M., Rajabi A. A. // *Chin. Phys. C*. 2013. V. 37. P. 103102.
6. Rajabi A. A., Hamzavi M. // *Few-Body Syst.* 2013. V. 54. P. 2067.
7. Trevisan L. A., Mirez C., Andrade F. M. // *Few-Body Syst.* 2014. V. 55. P. 1055.



PHENOMENOLOGICAL DESCRIPTION OF INTERACTION OF RELATIVISTIC QUARKS WITH THE DIRAC EQUATION WITH THE CORNELL POTENTIAL

J. Silenko^{1,2}, O. V. Teryaev¹

¹Joint Institute for Nuclear Research,
Joliot-Curie 6, 141980 Dubna,
Moscow region, Russia,

²Research Institute for Nuclear Problems,
Belarusian State University,
Bobruiskaya 11, 220030 Minsk, Belarus
tel.: +7 (49621) 63-695, fax: +7 (49621) 65-084,
e-mail: alsilenko@mail.ru



tion with the Cornell potential. The general initial equation containing the vector and scalar parts of the Cornell potential is used. Any simplifying assumptions about a connection between these parts [1–7] are not made. The relativistic Hamiltonian in the Foldy-Wouthuysen representation is derived in the general form with allowance for the electromagnetic interaction. Unlike previous investigations [1–7], it is exact for terms of the zeroth and first orders in the Planck constant, \hbar , and for terms of the second order in \hbar describing contact interactions. General quantum-mechanical equations of motion are deduced for the momentum and spin and their classical limit is obtained. The connection between the angular velocity of the spin precession and the force acting on the quark is determined. The energy of the spin-orbit interaction is rather large (of the order of 100 MeV). The spin-spin interaction of the quarks is also calculated.

The work is supported by the FFI RB – JINR grant No. Ф16Д-004.

References

1. Jentschura U. D., Noble J. H. // *J. Phys. A: Math. Theor.* 2014. V. 47. P. 045402.
2. Hassanabadi H., Maghsoodi E., Zarrinkamar S., Rahimov H. // *Adv. High Energy Phys.* 2012. V. 2012. P. 707041.
3. Hassanabadi H., Maghsoodi E., Zarrinkamar S. // *Ann. Phys. (Berlin)*. 2013. V. 525. P. 944.
4. Hamzavi M., Rajabi A. A // *Ann. Phys. (New York)*. 2013. V. 334. P. 316.
5. Hamzavi M., Rajabi A. A. // *Chin. Phys. C*. 2013. V. 37. P. 103102.
6. Rajabi A. A., Hamzavi M. // *Few-Body Syst.* 2013. V. 54. P. 2067.
7. Trevisan L. A., Mirez C., Andrade F. M. // *Few-Body Syst.* 2014. V. 55. P. 1055.

A phenomenological description of interaction of relativistic quarks is given with the Dirac equa-

ОБНАРУЖЕНИЕ ЭКЗОТИЧЕСКИХ КВАЗИЧАСТИЦ В ВОДЕ

В. А. Скворцов

АО «МРТИ РАН»,
117519, г. Москва, Варшавское шоссе, 132
e-mail: baikal51seliger@gmail.com

Сообщается об обнаружении в воде монополюльной структуры (см. фотографию на рис. 1) в виде винтовой нити – дисклинации с отходящими от нее веером во все стороны (как в веточке сосны) нитеподобных треков, образовавшихся во льду при сильном ударе (куска льда об асфальт). Дождевая вода по капельке собиралась в маленьком ведерке, потом после многодневного медленного промерзания (в металлическом гараже) была подвергнута сильному удару (скорость удара более 1 м/с). Образовавшаяся структура похожа на структуру магнитного монополя Дирака (в виде «ежа» [1,2]). Во время фотографирования (в теплой комнате) на концах нитеподобных треков стали образовываться микропузырьки, а с торцов льда исходило излучение, от которого ладони и пальцы рук покалывало как от «заноз» (боль чувствовалась в течение 3-х часов), хотя никаких видимых повреждений, осколков стекла или металлических игл обнаружено не было.

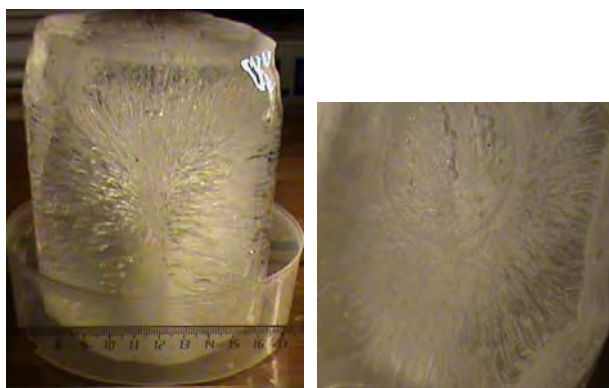


Рис. 1. Монополюльный вихревой «еж».
Вид сбоку и сверху

Разработана теоретическая модель уравнения состояния воды с учетом указанного газа квазичастиц (и их малой массы [3]). С этим УРС были проведены гидродинамические расчеты (с помощью двумерной математической модели ZEVS [4]), которые показали качественное отли-

чие (см. рис. 2–3) в гидродинамике одного и того же импульсного воздействия на воду.



Рис. 2. Плотность воды $\rho(r,z)$, $t = 33,7$ мкс. Расчет с учетом поляризационных свойств воды

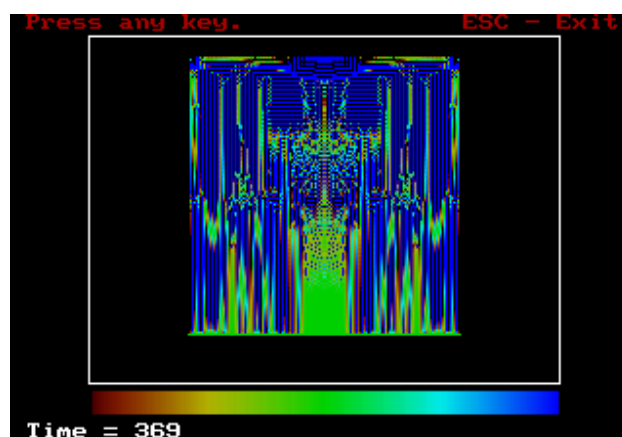


Рис. 3. Плотность воды $\rho(r,z)$, $t = 32,7$ мкс. Расчет с учетом экзотических квазичастиц

Список литературы

1. Воловик Г. Е. Крупномасштабная континуальная теория холестериков. Письма в ЖЭТФ. 1979. Т. 29. № 6. С. 357–360.
2. Курик М. В., Лаврентович О. Д. Монополюльные структуры и форма капель смектиков С. ЖЭТФ. 1983. Т. 85. № 2(8). С. 511–526.
3. Скворцов В. А., Фогель Н. И. Физика генерации экзотических квазичастиц и их взаимодействия с веществом, электрическими и магнитными полями. Тезисы докладов «Ядро-2011». Саров. РФЯЦ-ВНИИЭФ. 10–14 октября 2011. С. 193–195.
4. Скворцов В. А. Физика вещества при высоких плотностях энергии. М. МФТИ. 2007. С. 200.

DISCOVERY AN EXOTIC QUASI PARTICLES IN WATER

V. A. Skvortsov

Unitary enterprise «Moscow Radiotechnical Institute RAS», 117512, Moscow, Varshavskoe shosse, 132
e-mail: baikal51seliger@gmail.com

It is stated about the discovery monopole structure in water (see. photos on Fig.1) in view of fiber–disclination with outgoing fiber-like tracks from it as fan in all directions (as sprig of pine), which was produced in ice by strong impact (piece of ice and asphalt). Rain water by drop to drop accumulated in small pail (vedro), then after many days freezing (in metallic garage) ice was subjected to strong shock (velocity of shock was grater then 1 m/sec). The produced structure is similar to the structure of Dirac’s magnetic monopole (in view of «hedgehog» [1,2]). During photo production (in warm room) on the tips of fiber-like tracks a micro bubbles starts formation, and from the face of ice the emission of an exotic quasi particles took place, from which palms and fingers of hands punctured as from «splinters» (pain was sensed during 3 hours), but nothing visible destructions of skin on hands had not been observed.

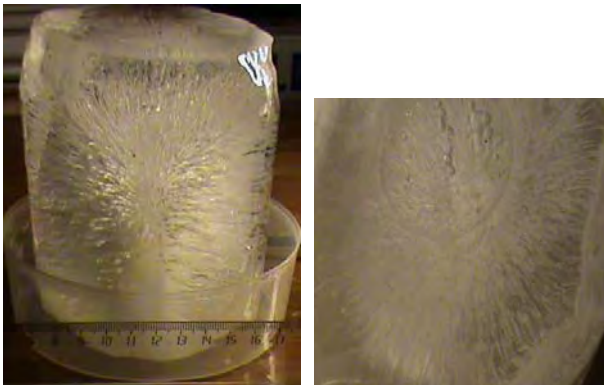


Fig. 1. The monopole vortex “hedgehog”. Side view and top view

Theoretical model of equation of state (EOS) of water was developed with taken into account a gas of an exotic quasiparticles (with its small masses [3]). With such EOS computer simulation of hydrodynamics of pulse influence on water have been produced (by using the mathematical model ZEVS [4]). Computer simulation shows the qualitative dif-

ference (see, Fig.2-3) in hydrodynamics of the one and the same pulse shock on water.

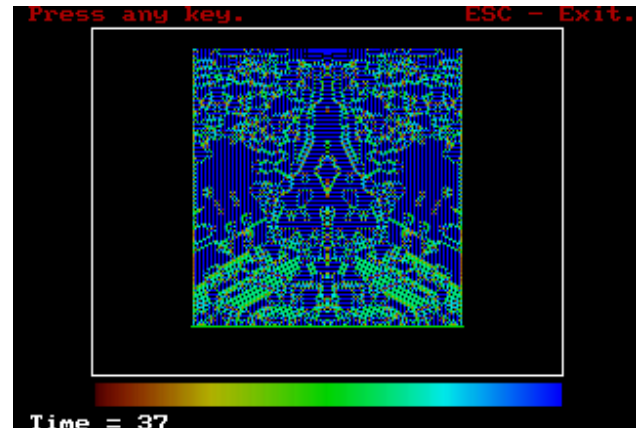


Fig. 2. Density of water $\rho(r,z)$, $t = 33.7 \mu s$. Calculation with taken into account polarization properties of water

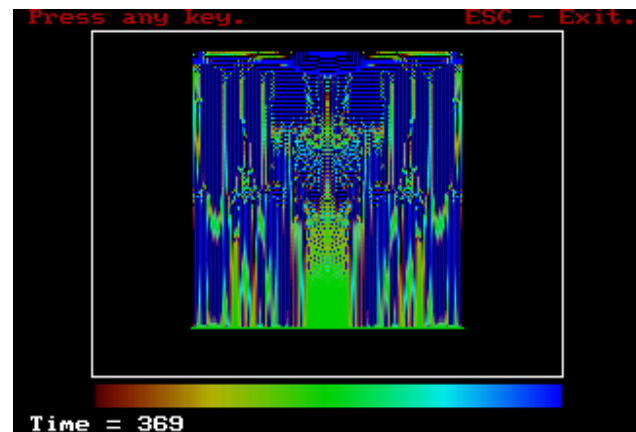


Рис. 3. Density of water $\rho(r,z)$, $t = 32.7 \mu s$. Calculation with taken into account an exotic quasi particles in water

References

1. Volovik G. E. Large scale continuum theory of holesterics. Pis'ma in Zh.E.T.F. 1979. Vol. 29. No. 6, pp. 357–360.
2. Kurik M. V., Lavrentovich O. D. Monopole structure and the shape of smectic C drops. Zh.E.T.F. 1983. Vol. 85. No.2 (8), pp.511–526.
3. Skvortsov V. A., Vogel N. I. Physics of generation an exotic quasiparticles and its interaction with matter, electric and magnetic fields. Proc. «Nucleus-2011». Sarov. RFYaC-VNIIEF. 10–14 October 2011, pp.193–195.
4. Skvortsov V. A. Physics of matter under high energy densities. M.: MIPT. 2007. P. 200.

О ВОЗМОЖНОМ «ФИЗИЧЕСКОМ МЕТАМОРФОЗЕ» МОНОПОЛИНО В НЕЙТРИНО

В. А. Скворцов

АО «МРТИ РАН»,
117519 Москва, Варшавское шоссе, 132.
baikal51seliger@gmail.com

Экзотические квазичастицы «монополино» [1–4], обладающие большим магнитным зарядом ($10^{-6} \cong q \leq 100$ СГСЭ) и малой массой ($m \approx 2 \cdot 10^{-35}$ г, кстати, о возможном сочетании таких качеств в магнитных монополях не исключал и П. Дирак [5]) могут не только отвечать за физическую природу происхождения ядерных сил, но и являются прекрасными кандидатами на роль легчайших « ψ -частиц», ответственных за процессы мышления [6]. Тем более, что недавно монополино были обнаружены и в воде [7], входящей в состав всего живого.

Покидая ядра, их топологическая структура так видоизменяется, что окружающее их сильное магнитное поле (и магнитный заряд) могут сильно уменьшаться (например, в тороидальном вихре) так, что остается только тороидальный магнитный момент, соответствующий магнитному моменту нейтрино (энергия магнитного поля переходит в кинетическую энергию нейтрино). Т.о. может иметь место своеобразный физический метаморфизм, когда магнитный заряд переходит в новое («пассивное») состояние присущее нейтрино.

Эксперименты [1–4] показывают, что этот метаморфизм не всегда происходит быстро, и часто монополино успевают поучаствовать в роли катализаторов в ядерных реакциях синтеза и деления [8].

Список литературы

1. Скворцов В. А., Фогель Н. И. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2002. Т. 7. № 7. С. 64–73.
2. Skvortsov V. A., Vogel N. I. The generation of exotic quasiparticles. Proc. 11th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics. Moscow, 25–29 Aug. 2003. In book: “Particle Physics in Laboratory. Space and Universe. Ed. by A. I. Studenikin. World Scientific. New Jersey. London. Singapore. 2005, pp. 373–382.

3. Skvortsov V. A., Vogel N. I. "The bundle for memory" from an exotic quasi particles. Proc. 14th Lomonosov Conf. on Elementary Particle Physics. Moscow. 19–25 Aug. 2009, in book: “Particle physics at the Year of Astronomy”, World Scientific Publishing Co., Singapore 2011, pp. 419–424.

4. Skvortsov V. A., Vogel N. I. “Main physical properties of an exotic quasiparticles”. VII Traditional International Symposium on Exotic Nuclei, “EXON-2014”, Kaliningrad, 8–13 September 2014, pp. 457–463.

5. Дирак П.А.М. Собрание научных трудов. М. Физматлит. 2004, Т. 3. Часть 2.

6. Кобозев Н. И. Исследование в области термодинамики процессов информации и мышления М. МГУ. 1971. С. 195.

7. Скворцов В. А. Обнаружение экзотических квазичастиц в воде (см. другой доклад).

8. Skvortsov V. A., Vogel N. I. Nuclear reactions in superstrong magnetic fields. Proc. Megagauss XI International Conference. London UK. Publ. by VNIIEF, Sarov, Russia 2009, pp. 419–423.



ABOUT POSSIBLE «PHYSICAL METAMORPHOSIS» MONOPOLINO INTO NEUTRINO

V. A. Skvortsov

Unitary enterprise “Moscow Radiotechnical
Institute RAS”,
117512, Moscow, Varshavskoe shosse, 132
baikal51seliger@gmail.com

An exotic quasiparticles «monopolino» [1–4], having a large magnetic charge ($10^{-6} \cong q \leq 100$ SGS) and small masses ($m \approx 2 \cdot 10^{-35}$ g, opportunely, the possibility of such physical properties combination of magnetic charges was not excluded by P. Dirac [5]) can not only to explain the physical nature of nuclear forces, but also are a good candidates on lightest ψ -particles, which are responsible to processes of thinking [6]. Especially as recent discovered monopolino in water [7], which involves in composition of all living bodies.

Leaving nucleus its topological structure is modified and ambient magnetic fields (and magnetic

charges) can drastically diminish (for example, in toroidal vortex) such degree, that will be only toroidal magnetic moment, which corresponding to that of neutrino (energy of magnetic fields transform into kinetic energy of neutrino). So it may be specific “physical metamorphosis”, when magnetic charge transfers into new (“passive”) condition corresponding to the neutrino.

Experiments [1-4] shows, that such «metamorphosis» not always arise quickly and often monopolino succeed to participate in role as catalyzer in nuclear reactions of fusion and fission [8].

References

1. Skvortsov V. A., Vogel N. I. // Electromagnetic waves and electronic systems. 2002. Vol. 7. N. 7, pp. 64–73.
2. Skvortsov V. A., Vogel N. I. “The generation of exotic quasiparticles”. Proc. 11th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics. Moscow, 25–29 Aug. 2003. In book: “Particle Physics in Laboratory. Space and Universe. Ed. by A.I. Studenikin. World Scientific. New Jersey. London. Singapore. 2005, pp. 373–382.
3. Skvortsov V. A., Vogel N. I. “The bundle for memory” from an exotic quasi particles”. Proc. 14th Lomonosov Conf. on Elementary Particle Physics. Moscow. 19–25 Aug. 2009, in book: “Particle physics at the Year of Astronomy”, World Scientific Publishing Co., Singapore 2011, pp. 419–424.
4. Skvortsov V. A., Vogel N. I. “Main physical properties of an exotic quasiparticles”. VII Traditional International Symposium on Exotic Nuclei, “EXON-2014”, Kaliningrad, 8-13 September 2014. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore 2015, pp. 457–463.
5. Dirac P.A.M. “Scientific Papers Collection”. M.: Fizmatlit. 2004, Volume III. Part 2.
6. Kobozev N.I. “Investigation in area of thermodynamics processes of information and thinking”. M.: MSU. 1971. P. 195.
7. Skvortsov V. A. “Discovery an exotic quasi particles in water” (see another paper of this conference).
8. Skvortsov V. A., Vogel N. I. “Nuclear reactions in superstrong magnetic fields”. Proc. Megagauss XI International Conference. London UK. Publ. by VNIIEF, Sarov, Russia 2009, pp. 419–423.

ФЕЙНМАНОВСКИЙ ПРОПАГАТОР ДЛЯ ЧАСТИЦЫ В ОСЦИЛЛИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ю. И. Сорокин

Институт Ядерных Исследований РАН,
117312 Москва, Россия.
yuransor@yandex.ru

FEYNMAN PROPAGATOR FOR PARTICLE IN VIBRATING ELECTROMAGNETIC FIELD

Yu. I. Sorokin

Institute for Nuclear Research RAS,
117312 Moscow, Russia
yuransor@yandex.ru

В развитии работ, связывающих классическую механику с квантовой, [1, 2, 3], фейнмановским интегрированием по траекториям, получен пропагатор для частицы в осциллирующем по времени однородном электромагнитном поле, в предельных случаях переходящий в соответствующие формулы, приведённые Фейнманом, если в последних исправить досадные опечатки.

Пропагатор можно разбить на два сомножителя: одномерный, соответствующий синусоидально ускоренному движению вдоль направления магнитного поля, и двумерный, соответствующий движению в плоскости перпендикулярной направлению магнитного поля.

Если пространственная неопределённость положения частицы первоначально описывалась трёхмерной гауссианой с одинаковой дисперсией по осям, то в дальнейшем центр распределения движется по классической траектории в соответствии со вторым законом Ньютона, дисперсия в направлении магнитного поля плавно растёт, [2], а в плоскости перпендикулярной магнитному полю периодически фокусируется, [3].

В процессе вычислений можно получить волну де Бройля, соотношение неопределённостей Гейзенберга, убедиться в необратимости времени, [2].

Полученная волновая функция, верная, в отличие от квазиклассики, и в точках поворота, может быть использована, например, для описа-

ния начального движения электрона при возбуждении ядер лазерным излучением, что может быть полезно для изучения фотонейтронных и фотопротонных реакций, [4,5].

Список литературы

1. Сорокин Ю. И. Функция Грина, абсолютная величина напряженности электрического поля фотона и длина фотонного цуга. // Вестник РУДН, сер. Физика. 2002. № 10, вып. 1, с. 126–128.
2. Сорокин Ю. И. Об одном специальном решении уравнения Шредингера. // Вестник РУДН, сер. Физика, 2005. № 1(13). С. 113–117.
3. Sorokin Yu. I. FEYNMAN PROPAGATOR FOR PARTICLE IN CONSTANT HOMOGENEOUS ELECTROMAGNETIC FIELD. // Proceedings of the XIII International Seminar on Electromagnetic Interaction of Nuclei. EMIN-2012. Moscow, September 20–23, 2012. Moscow 2012. P. 161–163.
4. Сорокин Ю. И., Юрьев Б. А. Фотонейтронные сечения для Sn-112, Sn-118 и Sn-120. // ЯФ, 1974. Т.20, вып.2, N8, С. 233–241.
5. Сорокин Ю. И., Хрущёв В. А., Юрьев Б. А. Реакция (γ, p) на изотопах олова Sn-112 и Sn-124. // ЯФ, 1971. Т. 14, вып.6, С.1118–1122.



ИОНИЗАЦИЯ К-ОБОЛОЧКИ ПРИ α -РАСПАДЕ ТЯЖЕЛЫХ И СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР

М. Б. Тржасковская¹, В. К. Никулин²

¹Петербургский институт ядерной физики
им. Б. П. Константинова, Гатчина 188300, Россия
Телефон: 8-813-71-460-96;

E-mail: trzhask@thd.pnpi.spb.ru

²Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе,
Санкт-Петербург 194021, Россия

Ионизация внутренних атомных оболочек при α -распаде – эффект Мигдала – предсказана в [1]. Этот процесс был подтвержден экспериментально для α -распада ядра ^{210}Po , и получено хо-

рошее соответствие с расчетом [1]. Однако позднее было показано, что это согласие случайное, связанное, в основном, с тем, что расчет [1] выполнен в дипольном приближении без учета более существенных монополюсных членов (смотри [2] и ссылки там).

Мы вычислили вероятность ионизации K -оболочки $P_K(Q_\alpha)$ дочерних атомов при α -распаде изотопов полония, «элемента 117», ^{249}Fm , ^{253}No , ^{272}Rg и других [2]. Учитывались монополюсные и дипольные члены, а также туннелирование α -частицы через кулоновский барьер атома [3]. Рассчитанные методом Дирака-Фока с более точным учетом туннелирования значения $P_K(Q_\alpha)$ для пяти изотопов полония лежат ближе к экспериментальным данным, чем расчеты [3].

Полученные впервые результаты для ионизации K -оболочки при α -распаде сверхтяжелых ядер важны для использования в спектрах внутренних конверсионных электронов в объединенной α -, γ - и электронно-конверсионной спектроскопии, применяемой в настоящее время для анализа синтеза сверхтяжелых элементов. В экспериментах [4] по α -распаду ядра ^{253}No было получено значение коэффициента внутренней конверсии (КВК) на K -оболочке ^{249}Fm в четыре раза большее, чем наше теоретическое значение [2]. Эффект Мигдала не учитывался. Ранее изменение КВК в три раза при α -распаде ^{210}Po объяснялось в работе [5], в частности, вкладом ионизации K - и L -оболочек в электронно-конверсионной спектр.

Список литературы

1. Мигдал А. Б. Ионизация атомов при α - и β - распаде // ЖЭТФ. 1941. Т. 11. С. 207–212.
2. Trzhaskovskaya M. B., Nikulin V. K. K-shell ionization during α -decay of polonium isotopes and superheavy nuclei // Phys. Rev. C. 2016.V.93. 034311(1–7).
3. Anholt R. and Amundsen P.A. K-shell ionization during α -decay // Phys. Rev. A. 1982.V. 25. P. 169–177.
4. Lopez-Martens A. et al. Detailed spectroscopy of ^{249}Fm // Phys. Rev. C. 2006. V.74. 044303(1-9).
5. Singh, B. P., Hans, H. S., and Gill, P.S. Investigation of the decay of polonium-210 // IL Nuovo Cimento. 1958. V. IX. No 4. P. 699–705.



K-SHELL IONIZATION DURING α DECAY OF HEAVY AND SUPERHEAVY NUCLEI

M. B. Trzhaskovskaya¹, V. K. Nikulin²

¹Petersburg Nuclear Physics Institute,
Gatchina 188300, Russia
Tel: 8-813-71-460-96;

E-mail: trzhask@thd.pnpi.spb.ru

²Ioffe Physical Technical Institute,
Saint Petersburg 194021, Russia

The inner-shell ionization during α decay – the Migdal effect – was predicted in [1]. This process was confirmed experimentally for α decay of ^{210}Po , the excellent agreement with theoretical estimations [1] being obtained. However it was inferred later that the agreement was accidental. It was mainly a result of calculations [1] performed in the dipole approximation while the more important monopole contribution was neglected (see paper [2] and references therein).

We calculated the K -shell ionization probability $P_K(Q_\alpha)$ for daughter atoms during α decay of polonium isotopes, “element 117”, ^{249}Fm , ^{253}No , ^{272}Rg et al. [2]. Monopole and dipole terms were taken into account. We included the α -particle tunneling through the atomic Coulomb barrier [3]. Our results obtained using the Dirac-Fock method with more appropriate consideration of tunneling, correlate better with available experimental data for five polonium isotopes than calculations [3].

Theoretical results for the K -shell ionization during α decay of superheavy nuclei obtained at the first time are of importance for using in the inner-shell conversion electrons spectra produced in the combined α , γ , and electron-conversion spectroscopy used currently in the superheavy element synthesis analysis. In experiments [4] on α decay of ^{253}No , the value of the internal conversion coefficient (ICC) in the K shell of ^{249}Fm was obtained to be by a factor of four larger than our theoretical ICC value [2]. The Migdal effect was not considered. Earlier, the change in ICC by the factor of three during α decay of ^{210}Po was attributed in paper [5] to a contribution of ionization of the K and L shells in the electron-conversion spectrum.

References

1. Migdal A. B. Ionization of atoms during α and β decay // JETP.1941. T. 4. C. 449–452.

2. Trzhaskovskaya M. B., Nikulin V. K. K -shell ionization during α -decay of polonium isotopes and superheavy nuclei // Phys. Rev. C. 2016. V. 93. 034311(1-7).

3. Anholt R. and Amundsen P. A. K -shell ionization during α -decay // Phys. Rev. A. 1982. V. 25. P. 169–177.

4. Lopez-Martens A. et al. Detailed spectroscopy of ^{249}Fm // Phys. Rev. C.2006. V. 74.044303(1-9).

5. Singh B. P., Hans H. S., and Gill P. S. Investigation of the decay of polonium-210 // IL Nuovo Cimento.1958.V.IX, No 4. P. 699–705.

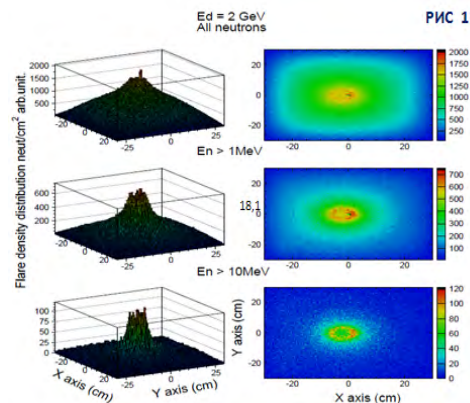


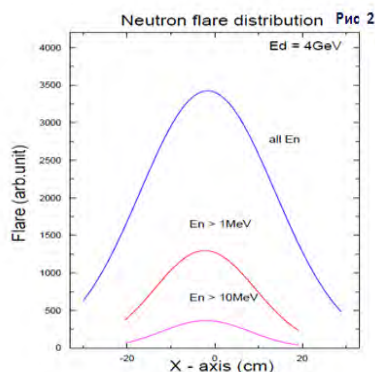
НЕЙТРОННОЕ ПОЛЕ ПОДКРИТИЧНОЙ УРАНОВОЙ (^{238}U) СБОРКИ “КВИНТА”

С. И. Тютюнников

Объединенный институт ядерных исслед.,
ул. Жолио-Кюри, 6, г. Дубна,
Моск. обл., 141980
тел. (49621)62175,
e-mail: tsi210647@yandex.ru,
stegajlov2013@yandex.ru

Целью экспериментов, проводимых на базе установки КВИНТА, является изучение (рис. 1) свойств нейтронного поля, энергетического и пространственного распределений нейтронов, а также изучение условий не-обходимых для проведения радиационного материало- ведения.





NEUTRON FIELD OF THE KVINTA SUBCRITICAL URANIUM (^{238}U) ASSEMBLY

S. I. Tyutyunnikov.

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

При определении сечений, энергетического и пространственного распределений (рис. 2) нейтронов используются методики пороговых реакций [1]. Реакции захвата и деления изучались с использованием мишеней Np, Pu, U, Am. Теоретические расчеты, проведенные в этой области ядер [2] с помощью разных модельных представлений, в определенной мере подтверждают полученные результаты.

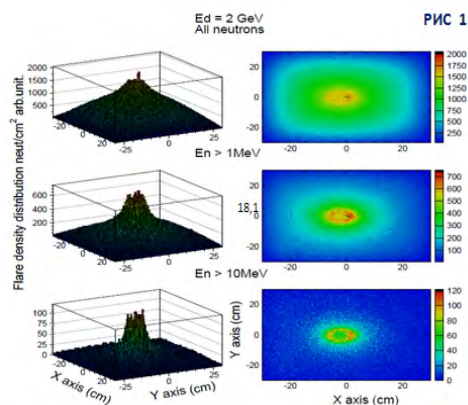
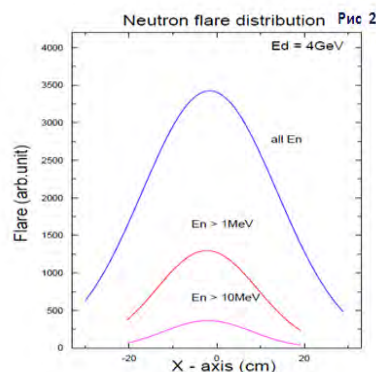
Пространственное распределение нейтронного поля исследовалось с помощью большеобъемных ($V \sim 10^3 \text{ cm}^3$) пластических сцинтилляторов, а также с помощью алмазных детекторов, позволяющих работать в сильных полях излучений.

Показано в ходе проводимых многолетних исследований, что имеется существенный процент нейтронов, покидающих объем исследуемой урановой сборки (рис. 2).

В планируемых последующих исследованиях энерговыделения подкритичной сборки на базе ^{238}U необходимо использовать возможности методической базы ИФТП [3] по изготовлению специализированных детекторов и разработке измерительных методик.

Список литературы

1. Vassilkov R. G. et al., At.Energy V. 44, p. 4, 1978. (In Russian).
2. Barashenkov V. S. et al., At.Energy V. 37, p. 475, 1974. (In Russian).
3. Smirnov A. A., Stegailov V. I., Tyutyunnikov S. I. et al. // «Nucleus2015», St-Petersburg, P. 257.



The aim of the experiments at the KVINTA facility (Fig. 1) is to study properties of the neutron field, energy and spatial distributions of neutrons, and necessary conditions for radiative study of materials. Cross sections and energy and spatial distributions (Fig. 2) of neutrons are determined using the threshold reaction technique [1]. The capture and fission reactions are studied using Np, Pu, U, and Am targets. Theoretical calculations performed in this region of nuclei [2] within different models confirm to a certain extent the results obtained by us. The spatial distribution of the neutron field is studied using large-volume ($V \sim 10^3 \text{ cm}^3$) plastic scintillators and diamond detectors capable of operating in high ionizing fields. Investigations carried out for

many years show that a substantial percentage of neutrons escape from the bulk of the uranium assembly under study (Fig. 2).

The further planned investigations of the energy deposition in the subcritical assembly based on ^{238}U should exploit the methodological capabilities of the IPTP [3] for development of special detectors and measurements techniques.

References

1. Vassilkov R. G. et al. At. Energy V. 44, p. 4, 1978. (In Russian).
2. Barashenkov V. S. et al., At. Energy V. 37, p. 475, 1974. (In Russian).
3. Smirnov A. A., Stegailov V. I., Tyutyunnikov S. I. et al. // «Nucleus 2015», St-Petersburg, P. 257.

