

# Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№ 1 • 2014 • ЯНВАРЬ–ФЕВРАЛЬ

Издательство Московского университета

Выходит один раз в два месяца

## СОДЕРЖАНИЕ

### Обзор

#### Физика атомного ядра и элементарных частиц

Ишханов Б.С., Степанов М.Е., Третьякова Т.Ю. Спаривание нуклонов в атомных ядрах . 3

#### Теоретическая и математическая физика

Бабенко С.П., Бадьин А.В. Формирование функции распределения радиусов аэрозольных частиц продуктов гидролиза гексафторида урана в производственных помещениях .... 20

Новосёлов А.А., Павловский О.В., Улыбышев М.В. Монте-Карло моделирование металлического водорода: фазовый переход и уравнение состояния ..... 28

#### Физика атомного ядра и элементарных частиц

Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Кузнецов А.А., Орлин В.Н., Хан Дон Ен. Фоторасщепление изотопов молибдена ..... 35

#### Радиофизика, электроника, акустика

Шахпаронов В.М. Определение численного значения гравитационной постоянной при сложной форме взаимодействующих тел ..... 44

Арсеньян Т.И., Сухарева Н.А., Сухоруков А.П. Турбулентные возмущения лазерного пучка в фазовом пространстве ..... 51

Евстафьева Е.Н., Зайцев С.В., Рау Э.И., Татаринцев А.А. Зависимость потенциала зарядки диэлектриков и изолированных проводников от угла падения пучка электронов 56

#### Оптика и спектроскопия. Лазерная физика

Хахалин А.В., Королёва А.В. Исследование температурной зависимости спектров переохлажденной воды в средней ИК-области ..... 61

**Физика конденсированного состояния вещества**

<i>Жуковский В.Ч., Кревчик В.Д., Семенов М.Б., Разумов А.В.</i> Нелинейные оптические свойства нанотрубки со спиральным дефектом в продольном магнитном поле .....	67
<i>Кривенков М.С., Комяк А.И., Новакова А.А.</i> Исследование структурного состояния полититаната калия, замещенного железом .....	75

**Химическая физика, физическая кинетика и физика плазмы**

<i>Кралькина Е.А., Неклюдова П.А, Павлов В.Б., Вавилин К.В., Тараканов В.П.</i> Радиальная неоднородность параметров плазмы в индуктивном ВЧ-разряде низкого давления .....	79
<i>Кралькина Е.А., Неклюдова П.А., Павлов В.Б., Вавилин К.В.</i> Влияние эффекта Рамзауэра на частоту упругих столкновений в плазме индуктивного ВЧ-разряда в инертных газах .....	84
<i>Архипов Н.О., Знаменская И.А., Мурсенкова И.В., Остапенко И.Ю., Сысоев Н.Н.</i> Эволюция наносекундного комбинированного объемного разряда с плазменными электродами в потоке воздуха .....	88

# ОБЗОР ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

## Спаривание нуклонов в атомных ядрах

Б. С. Ишханов<sup>1,2</sup>, М. Е. Степанов<sup>1,2,a</sup>, Т. Ю. Третьякова<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, кафедра общей ядерной физики. Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ).

Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

E-mail: <sup>a</sup>stepanov@depni.sinp.msu.ru, <sup>b</sup>tretyakova@dubna.ru

Статья поступила 10.09.2013, подписана в печать 06.11.2013.

Рассмотрено одно из ярких проявлений ядерной динамики — спаривание нуклонов. Спаривание нуклонов для различных цепочек ядер в зависимости от числа протонов или нейтронов в ядре позволяет объяснить появление большого числа состояний положительной четности в четно-четных ядрах в области энергии возбуждения  $E^* < 4$  МэВ, образующих мультиплет основного состояния ядра. Взаимодействие спаренных нуклонов с колебательными и вращательными степенями свободы ядра приводит к большому разнообразию спектров возбуждения состояний положительной четности четно-четных ядер.

**Ключевые слова:** нуклон-нуклонное взаимодействие, модели атомных ядер, спаривание нуклонов в атомных ядрах.

УДК: 539.14. PACS: 21.10.Dr, 21.30.Fe, 29.87.+g.

### Введение

Атомные ядра, составляющие 99.9% барионной материи во Вселенной, представляют собой связанные системы, состоящие из  $Z$  протонов и  $N$  нейтронов,  $Z + N = A$ ,  $A$  — массовое число ядра.

Зависимость центрального взаимодействия двух нуклонов от расстояния  $r$  между ними показана на рис. 1. Ядерные силы являются короткодействующими: при сближении нуклонов притяжение усиливается до максимального значения в области  $r \approx 0.8$  фм, затем переходит в отталкивание при  $r < 0.7$  фм. Приведенная зависимость учитывает только центральные силы. Взаимодействие между нуклонами зависит не только от расстояния, но и от спинов нуклонов, их взаимного расположения, орбитального движения нуклонов. В частности, единственное связанное состояние двух нуклонов — дейтрон — соответствует доминирующему состоянию с полным моментом количества движения  $J = 1$ , орбитальным моментом количества движения  $L = 0$  и сонаправленным спинам нуклонов. В атомных ядрах нуклон-нуклонное взаимодействие еще больше

усложняется, так как зависит от окружения соседних нуклонов: нуклон-нуклонное взаимодействие в вакууме отличается от взаимодействия нуклонов в ядерной среде.

Свойства атомного ядра, его структура сильно зависят от массового числа  $A$  и от соотношения между числом протонов и нейтронов в ядре. С момента открытия атомного ядра предпринимаются значительные усилия по построению общей теории ядра, охватывающей весь диапазон известных ядер и обладающей устойчивой предсказательной силой. Эта задача особенно актуальна на данном этапе, когда современные экспериментальные средства позволяют получать данные по экзотическим короткоживущим атомным ядрам, расширять карту изотопов в область сверхтяжелых ядер и ядр с экстремальным соотношением между числами протонов и нейтронов.

Одной из основополагающих моделей является капельная модель ядра. В ней ядро описывается как заряженная капля жидкости, что позволяет в энергии связи ядра выделить вклады объемной, поверхностной и кулоновской энергии. Данная трактовка, а также учет энергии симметрии легли в основу полуэмпирической формулы Бете–Вайцзеккера [2, 3] масс атомных ядер

$$M(N, Z) = N \cdot m_n + Z \cdot m_p - E_{\text{bind}}(N, Z)/c^2,$$

$$E_{\text{bind}}(N, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \frac{1}{2} a_4 \frac{(N - Z)^2}{A}, \quad (1)$$

где  $M(N, Z)$  — масса атомного ядра, состоящего из  $N$  нейтронов и  $Z$  протонов,  $E_{\text{bind}}$  — энергия связи ядра (минимальная энергия, необходимая для разделения ядра на составляющие его нуклоны),  $m_n$  и  $m_p$  — массы нейтрона и протона. Параметры  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  и  $a_4$  соответствуют вкладам объемной, поверхностной энер-

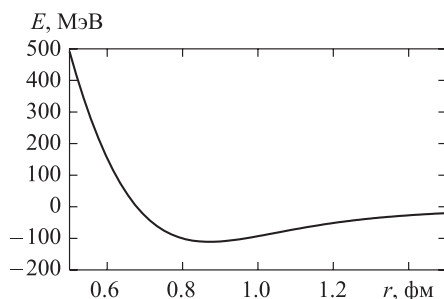


Рис. 1. NN-взаимодействие в канале  $^1S_0$  в аргоннском  $v_{18}$  потенциале [1]