

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

СО Д Е Р Ж А Н И Е

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., Кривчик 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., Сысов 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^{1,2}, М. Е. Степанов^{1,2,a}, Т. Ю. Третьякова^{2,b}

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

²Научно-исследовательский институт имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ).

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

E-mail: ^astepanov@depni.sinp.msu.ru, ^btretyakova@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, расширить карту изотопов в область сверхтяжелых ядер и ядер 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_{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-

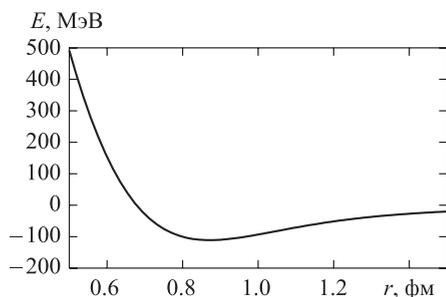


Рис. 1. NN-взаимодействие в канале 1S_0 в аргоннском v_{18} потенциале [1]