

Например, для обозначения степени вместо Math.pow(x,y) в строку вида функции вводится просто pow(x,y).

Для создания сайта использовались языки html5, JavaScript и CSS.

Использование разработанного ресурса позволяет в едином окне изучить теоретический материал, выполнить практические расчеты и тем самым в более полном объеме усвоить работу и особенности численных методов интегрирования.

Литература

1 Данко, П. Е. Высшая математика в уравнениях и задачах / П. Е. Данко, А. Г. Попов, Т. Я. Кожевникова – Ч. 1. – М.: Высшая школа, 1986. – 304 с.

2 Дунаев, В. Самоучитель JavaScript / В. Дунаев. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 395 с.

УДК 539.1

М. А. Ревенок

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ФАКТОВ, ПРИВЕДШИХ К СОЗДАНИЮ ЯДЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В статье проанализированы экспериментальные факты, положенные в основу построения различных моделей атомного ядра. Показано, что ядерные модели имеют ограниченную область применимости, но, тем не менее, играют важную роль в развитии единой теории атомного ядра, а также методах обнаружения и изучения свойств атомных ядер.

В настоящее время нет точной теории атомного ядра, с помощью которой можно было бы объяснить абсолютно все свойства атомных ядер. Эта трудность не технического, а принципиального характера. По этой причине для описания структуры, свойств и взаимопревращений атомных ядер применяют разнообразные модели, каждая из которых в качестве основы использует отдельные экспериментально обнаруженные факты и, поэтому, дает возможность объяснить некоторую совокупность определенных свойств ядра.

Рассмотрим ключевые экспериментальные факты, приведшие к созданию ядерных моделей:

1. Уже исторически первые эксперименты Резерфорда по рассеянию на ядрах α -частиц дали основание считать, что плотность ядерного вещества приблизительно постоянна ($\rho \approx 2 \cdot 10^{14}$ г/см³), хотя для сферически симметричного ядра радиус ядра R должен расти с увеличением массового числа или числа нуклонов A по закону $R = r_0 A^{1/3}$, где экспериментальное значение константы $r_0 \approx 1,2 \cdot 10^{-13}$ см = 1,2 Фм. Позже данный факт был уточнен и проверен в опытах по рассеянию на ядрах электронов большой энергии (рисунок 1). В верхней части рисунка 1 представлены два различных распределения $\rho(r)$ ядерного заряда: кривая А, соответствует равномерному распределению заряда внутри сферы радиуса R_A , а кривая В, соответствует распределению вида $\rho(r) = \rho_0 \{1 - \exp[(r - R_B) / a]\}^{-1}$, которое учитывает диффузность поверхностного слоя ядра (расстояние, на котором плотность ядра падает). Этот факт является следствием нежесткости ядерной материи, и объясняется характером ядерных сил, которые имеют конечный радиус действия и являются силами притяжения между нуклонами на расстоянии большем 0,5 Фм и обладают свойством отталкивания на существенно меньших расстояниях. В модельном подходе данное поведение нуклонов в ядре можно объяснить наличием у них «твердой сердцевины».

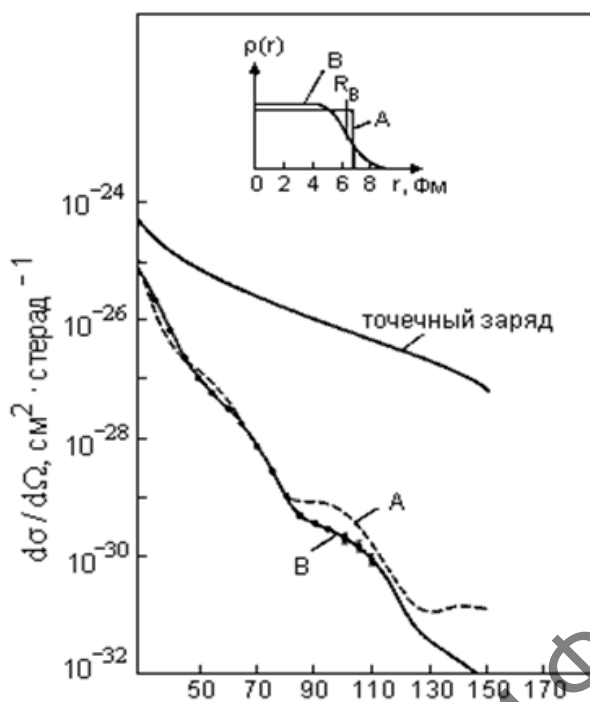


Рисунок 1 – Рассеяние электронов с энергией 153 МэВ на ядрах золота ^{79}Au .
Экспериментальные данные показаны точками

2. Разные методы измерения и вычисления энергии связи E_{cb} ядра демонстрируют примерную пропорциональность этой величины числу нуклонов A . Из чего следует приблизительная независимость удельной энергии связи E_{cb}/A от числа нуклонов (рисунок 2).

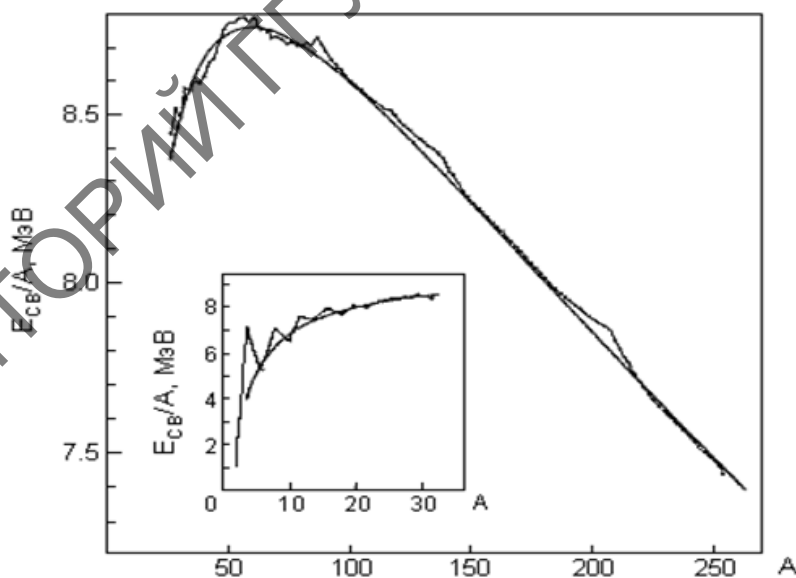


Рисунок 2 – Зависимость удельной энергии связи от числа нуклонов A .
Экспериментальные данные показаны ломаной линией.
Плавная кривая – результат вычислений по формуле Вайцзеккера

Обнаруженный экспериментальный факт объясняется тем, что ядерные силы – короткодействующие, а также обладают свойством насыщения. Теоретическое описание такого поведения нуклонов возможно в рамках капельной модели ядра, в которой

ядро трактуется как несжимаемая заряженная капля жидкости. Данный модельный подход позволил объяснить многие свойства атомных ядер и получить полуэмпирическую формулу для энергии связи атомных ядер, а также понять некоторые закономерности α - и β -распадов, процессов деления ядер и оценить массы и энергии связи ядер.

3. Для описания свойств ядер, как квантовой системы многих частиц-нуклонов, можно использовать понятия теории сплошных сред, например, средняя длина пробега. Многочисленные опытные факты говорят о том, что эта величина для нуклонов велика по сравнению с расстоянием между ними и превышает размеры ядра. «Полупрозрачность» ядра демонстрируют эксперименты по рассеянию нейтронов на ядре. Из рисунка 3 следует, что абсолютное сечение рассеяния нейтронов с увеличением энергии нейтронов не падает монотонно к предельному значению $2\pi R^2$, а испытывает сильные колебания по величине [1].

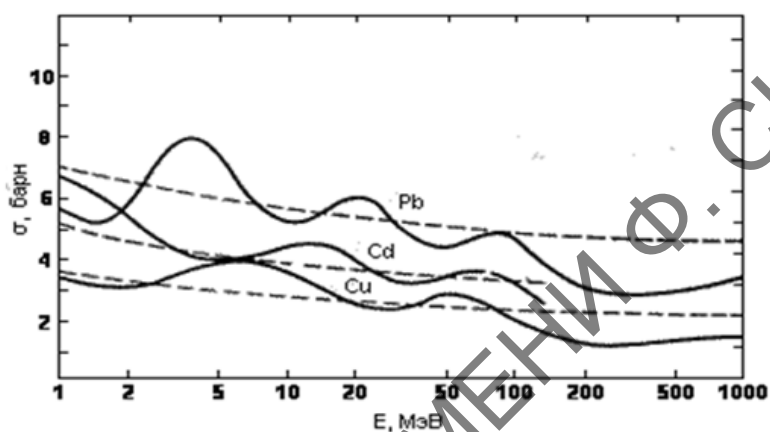


Рисунок 3 – Абсолютные сечения рассеяния нейтронов на ядрах ^{29}Cu , ^{48}Cd и ^{82}Pb . Эксперимент – сплошные кривые. Пунктир – сечения, полученные для полностью непрозрачного ядра

Такое поведение нуклонов ядра удобно описывать моделями из независимых частиц. В этих моделях нуклоны движутся независимо друг от друга в среднем потенциальном поле, созданном движением остальных нуклонов ядра. Наиболее простой из таких моделей является модель ферми-газа, которая учитывает конечный размер ядра, однако пренебрегает влиянием ядерной поверхности на движение нуклонов.

4. Экспериментальные исследования обнаружили определенную периодичность свойств основных и возбужденных состояний ядер (энергии связи, спины, магнитные моменты, четности, некоторые особенности α - и β -распада и др.) при так называемых магических числах составляющих их нуклонов: 2, 8, 20, 50, 82, 126. Например, они обладают повышенной удельной энергией связи (рисунок 2), наиболее распространены в природе и др. Так, на рисунке 4 представлен график относительной распространенности четно-четных ядер вблизи магических чисел нуклонов.

Еще одна особенность магических ядер проявляется в максимальном значении энергии частиц, вылетающих в результате радиоактивных распадов. Данные об энергиях испускаемых тяжелыми ядрами α -частиц (рисунок 5) свидетельствуют о том, что максимальная энергия (пик) соответствует случаю образования сильно связанного магического ядра-продукта ($N - 2 = 126$).

Объяснить периодичность свойств ядер, задаваемую магическими числами нуклонов A можно только в рамках модели из независимых частиц, а именно в модели ядерных оболочек. В ней нуклоны движутся в сферически симметричном потенциальном поле. Одночастичные уровни энергии нуклонов объединяются в замкнутые оболочки, которые заканчиваются магическими числами.

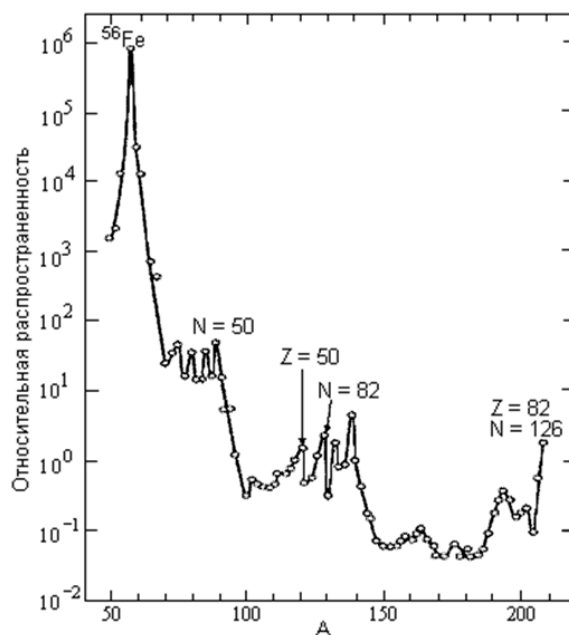


Рисунок 4 – Относительная распространенность различных четно-четных ядер с $A > 50$

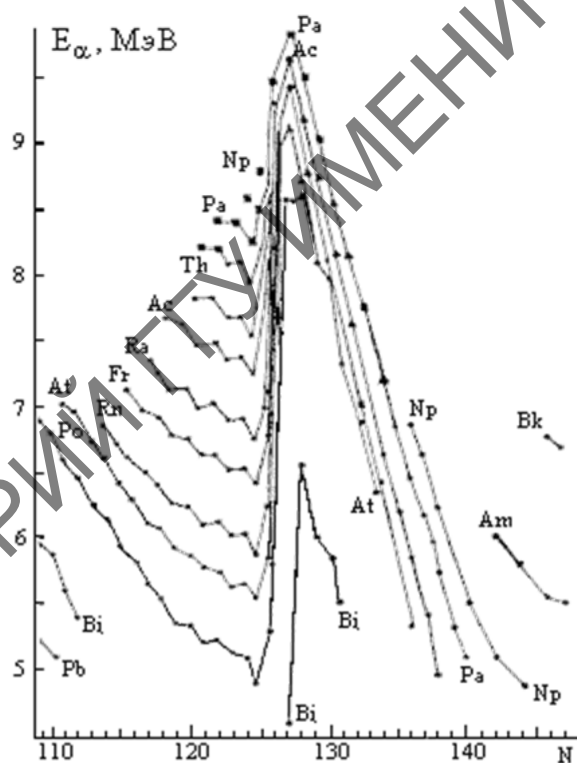


Рисунок 5 – Энергии α -частиц. Линии соединяют данные для изотопов одного и того же элемента

5. Экспериментально установлено, что свойства ядер значительно изменяются при изменении на единицу числа входящих в них протонов (Z) или нейтронов (N), т. е., энергии отделения нейтрона $B_n(N, Z) = E_{cb}(N, Z) - E_{cb}(N - 1, Z)$ и протона $B_p(N, Z) = E_{cb}(N, Z) - E_{cb}(N, Z - 1)$ меняются резкими скачками (рисунок 6). Наибольшей устойчивостью обладают четно-четные ядра; меньшей, при тех же условиях, ядра с нечетным числом нуклонов A и наименее устойчивы нечетно-нечетные ядра.

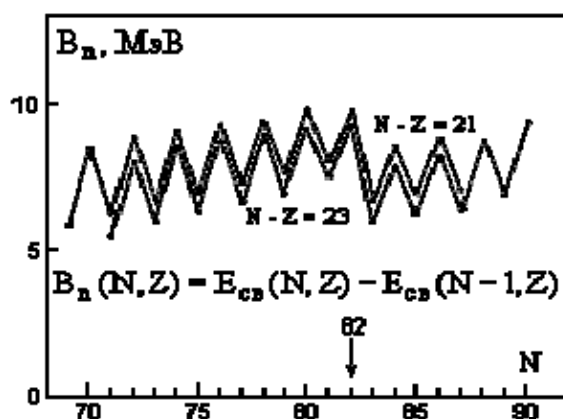


Рисунок 6 – Энергии отделения нейтронов B_n

Такое поведение нуклонов объясняется с помощью сверхтекучей модели ядра, в которой короткодействующие остаточные силы приводят к спариванию нейтронов с нейтронами и протонов с протонами.

Таким образом, различные экспериментальные данные о свойствах атомных ядер привели к созданию большого круга ядерных моделей, которые имеют ограниченную область применения, но, тем не менее, играют важную роль в развитии единой теории атомного ядра, а также методах обнаружения и изучения свойств атомных ядер.

Литература

1 Ишханов, Б.С. Модели атомных ядер: учебное пособие / Б. С. Ишханов, И. М. Капитонов, В. Н. Орлин. – М.: Изд-во Московского университета, 1997. – 81 с.

УДК 681.3.06:624.131

С. М. Романов, Е. М. Березовская

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОЁМКОСТИ ОДИНОЧНОЙ БОЛЬШОЙ СВАИ И КУСТА СВАЙ, РАВНОЗНАЧНЫХ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

В статье рассматривается использование метода компьютерного объектно-ориентированного моделирования для исследования размеров и затрат на установку одной сваи и куста свай в однородном грунтовом основании. В результате проведенных исследований установлено, что с точки зрения трудоёмкости, затрат на материалы в большинстве случаев выгодно заменить сваю больших размеров кустом меньших по размеру свай. При этом учитывалась как длина сваи, так и ее диаметр. В рассмотренных в работе случаях замена куста большего размера кустом свай меньшего размера приводит к экономии материала почти на 90%. При реализации исследований использован программный комплекс «Энергия-ОС-09_С1».

Физическая постановка задачи. Железобетонная цилиндрическая свая помещена в грунт методом завинчивания (рисунок 1). Размеры сваи 120×600 см. Вычислить несущую способность сваи, равномерно распределённую по её поверхности, при предельной осадке равной $V_{пр} = 2$ см. Определить размеры и несущую способность малой сваи той же длины с заданной предельной осадкой, составить из них куст свай, выдерживающий ту же нагрузку, что и заданная свая. Вычислить расход материалов.