

2 Осипенко, Н. Б. Методологические аспекты автоматизации поддержки принятия стратегических решений / А. Н. Осипенко, Н. Б. Осипенко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2016. – № 6 (99). – С. 59–64.

3 Математические модели текста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lab314.brsu.by/kmp-lite/kmp2/JOB/CModel/BoW-Q.htm/>. – Дата доступа: 01.04.2018.

4 Про интернет-маркетинг и не только [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://netpeak.net/ru/blog/algorithm-lsa-dlya-poiska-pohozhih-dokumentov/>. – Дата доступа: 01.04.2018.

УДК 539.1

*А. С. Парахневич*

### ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВАЖДЫ МАГИЧЕСКИХ ЯДЕР

*Статья посвящена изучению особенностей дважды магических ядер и извлечению информации о них с помощью банков ядерных данных. Подробно рассмотрены ядра гелия  ${}^2\text{He}^4$  и свинца  ${}^{82}\text{Pb}^{208}$ , проведены исследования по определению их характеристик с использованием калькуляторов «Энергии связи ядер» и «Энергии отделения нуклонов и ядер», построены графики зависимости энергии связи и энергии отделения дважды магических ядер от числа нуклонов.*

Дважды магические ядра – атомные ядра, содержащие так называемые магические числа протонов  $p$  и (или) нейтронов  $n$ . Магические числа 2, 8, 20, 28, 50, 82 и 126 являются проявлением оболочечной структуры ядра и получены для ядер вблизи долины стабильности. Микроскопические модели атомных ядер предсказывают новые магические числа  $Z=110, 114, 120$  и  $N=184$ . Это означает возможность существования новых областей повышенной стабильности атомных ядер. Т.е. магическим числам нуклонов отвечают ядра с заполненными нуклонными оболочками, имеющими повышенную устойчивость. Такими ядрами являются дважды магические природные стабильные ядра  ${}^2\text{He}^4$ ,  ${}^8\text{O}^{16}$ ,  ${}^{20}\text{Ca}^{40}$ ,  ${}^{28}\text{Ni}^{56}$ ,  ${}^{50}\text{Sn}^{100}$ ,  ${}^{82}\text{Pb}^{208}$  и дважды магические изотопы, полученные экспериментально  ${}^2\text{He}^{10}$ ,  ${}^8\text{O}^{28}$ ,  ${}^{28}\text{Ni}^{48}$ ,  ${}^{28}\text{Ni}^{56}$ ,  ${}^{28}\text{Ni}^{78}$ ,  ${}^{50}\text{Sn}^{100}$ ,  ${}^{50}\text{Sn}^{132}$ . Данные ядра хотя и отличаются своими термодинамическими, химическими и физическими свойствами, имеют ряд общих ядерных особенностей, которые подтверждаются следующими экспериментальными фактами, свидетельствующими о проявлении магических чисел:

1. Увеличение энергии связи ядер с заполненными оболочками по сравнению с соседними ядрами.
2. Увеличение энергии отделения одного или двух нуклонов. Наиболее отчетливо этот эффект заметен в энергии отделения двух нейтронов.
3. Увеличение энергии  $\alpha$ -распада для  $\alpha$ -радиоактивных ядер вблизи магического числа 126.
4. Увеличение числа  $\beta$ -стабильных изотопов для ядер с магическими числами нейтронов или протонов.
5. В ядрах с заполненными оболочками первый  $2+$  уровень расположен значительно выше по энергии по сравнению с соседними ядрами.
6. Магические числа соответствуют сферическим ядрам, имеющим нулевые значения электрических квадрупольных моментов.
7. Ядра, с заполненными оболочками, имеют меньшую величину сечения захвата низкоэнергичных нейтронов.

Продemonстрируем возможности банка ядерных данных (БД) ЦДФЭ НИИЯФ МГУ для изучения, сравнения и анализа энергетических характеристик дважды магических ядер на примере самого легкого из них – ядра гелия  ${}^2\text{He}^4$  и самого тяжелого – ядра свинца  ${}^{82}\text{Pb}^{208}$ . На настоящий момент накоплена большая экспериментальная информация о 2 изотопах гелия от самого легкого  ${}^2\text{He}^3$  ( $N = 1$ ) до самого тяжелого  ${}^2\text{He}^4$  ( $N = 2$ ) и 32 изотопах свинца от самого легкого  ${}^{82}\text{Pb}^{178}$  ( $N = 96$ ) до самого тяжелого  ${}^{82}\text{Pb}^{214}$  ( $N = 132$ ).

Рассмотрим работу калькуляторов системы реляционных баз данных. Они дают возможность рассчитать энергию связи, энергию отделения нуклонов и ядер, энергию распадов всех известных ядер и построить графики зависимости энергий от полного числа нуклонов  $A$ . Для этого необходимо задать числа протонов  $Z$ , нейтронов  $N$  и нуклонов  $A$  на оси абсцисс и выбрать необходимые варианты расчета. При этом поля  $N$  и  $A$  можно не задавать, тогда они заполнятся автоматически.

а)

**1. Энергии связи ядер**

Каждое поле формы может быть пустым. [\[ Помощь \]](#)

Входные параметры	
Z:	<input type="text" value="2"/> Пример: 20, 40-60
N:	<input type="text"/> Пример: 20, 40-60
A:	<input type="text" value="4"/> Пример: 20, 40-60
Варианты расчета:	<input checked="" type="checkbox"/> Энергия связи <input checked="" type="checkbox"/> Удельная энергия связи <input checked="" type="checkbox"/> Разность энергий связи (Эксперимент - Вайцзеккер)
На оси абсцисс:	<input type="radio"/> Z <input type="radio"/> N <input checked="" type="radio"/> A
<input type="button" value="Вычислить"/> <input type="button" value="Построить график"/> <input type="button" value="Очистить"/>	

Result -  $E_{\text{св}}(A,Z)$ ,  $\varepsilon(A,Z) = E_{\text{св}}(A,Z)/A$ ,  $\delta(A,Z) = E_{\text{св}}(A,Z)_{\text{exp}} - E_{\text{св}}(A,Z)_{\text{theor}}$ :

Elem	Z	N	A	$E_{\text{св}}$	$\varepsilon$	$\delta$
He	2	2	4	28.2961	7.0740	-0.0825

б)

**1. Энергии связи ядер**

Каждое поле формы может быть пустым. [\[ Помощь \]](#)

Входные параметры	
Z:	<input type="text" value="82"/> Пример: 20, 40-60
N:	<input type="text"/> Пример: 20, 40-60
A:	<input type="text" value="208"/> Пример: 20, 40-60
Варианты расчета:	<input checked="" type="checkbox"/> Энергия связи <input checked="" type="checkbox"/> Удельная энергия связи <input checked="" type="checkbox"/> Разность энергий связи (Эксперимент - Вайцзеккер)
На оси абсцисс:	<input type="radio"/> Z <input type="radio"/> N <input checked="" type="radio"/> A
<input type="button" value="Вычислить"/> <input type="button" value="Построить график"/> <input type="button" value="Очистить"/>	

Result -  $E_{\text{св}}(A,Z)$ ,  $\varepsilon(A,Z) = E_{\text{св}}(A,Z)/A$ ,  $\delta(A,Z) = E_{\text{св}}(A,Z)_{\text{exp}} - E_{\text{св}}(A,Z)_{\text{theor}}$ :

Elem	Z	N	A	$E_{\text{св}}$	$\varepsilon$	$\delta$
Pb	82	126	208	1636.4598	7.8676	11.0560

Рисунок 1 – Входная и выходная формы запроса по определению энергии связи ядер: а) для гелия  ${}^2\text{He}^4$ , б) для свинца  ${}^{82}\text{Pb}^{208}$

На рисунке 1 приведена поисковая форма БД «Калькулятор энергии связи ядер» для определения энергии связи выбранного ядра, а также выходная форма запроса [1]. Энергия связи является важнейшей характеристикой прочности ядра. Её можно вычислить двумя способами:

1) в соответствии с определением данной характеристик

$$E_{св} (Z, A) = Zm_p + Nm_n - M_{яд} (Z, A);$$

2) с использованием формулы Вайцзеккера

$$E_{св} = a_1 A - a_2 A^{\frac{2}{3}} - a_3 Z^2 A^{-\frac{1}{3}} - a_4 (N - Z)^2 A^{-1} + \delta E_{св}.$$

Удельная энергия связи – это энергия связи, приходящаяся на один нуклон:

$\epsilon_{св} (Z, A) = \frac{E_{св} (Z, A)}{A}$ . Энергетические характеристики (энергия связи, удельная энергия связи и разность энергий связи (Эксперимент – Вайцзеккер)) определены для гелия  ${}^4_2\text{He}$  ( $Z = 2, A = 4$ ) и свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$  ( $Z = 82, A = 208$ ).

Используя полученные численные данные (рисунок 1) можно построить графики зависимости трех видов энергий связи от полного числа нуклонов  $A$  для изотопов гелия  ${}^4_2\text{He}$  и свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$  (рисунок 2).

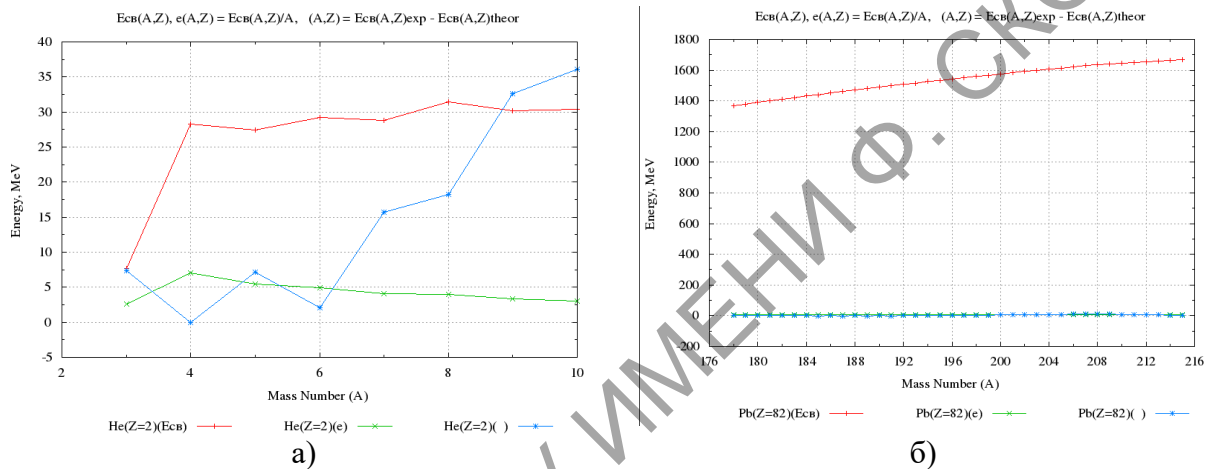


Рисунок 2 – График зависимости энергии связи от полного числа нуклонов  $A$ : а) для гелия  ${}^4_2\text{He}$ , б) для свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$

Из графиков видно, что удельная энергия связи для ядра гелия  ${}^4_2\text{He}$  и ядра свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$  максимальна в сравнении с их изотопами и равна соответственно 2,5 МэВ/нуклон и 8 МэВ/нуклон.

На рисунке 3 приведена поисковая или входная форма БД «Энергии отделения нуклонов и ядер» для определения энергий отделения нуклонов и ядер [1]. В меню указывается ядро гелия  ${}^4_2\text{He}$  ( $Z = 2, A = 4$ ) или свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$  ( $Z = 82, A = 208$ ). Поле  $N$  можно не задавать, тогда оно заполнится автоматически. На форме расположены кнопки, которые позволяют вычислить энергию отделения по заданным входным параметрам, а также построить график необходимой зависимости и очистить форму для введения новых параметров. Энергии отделения протона и нейтрона от ядра можно найти по формулам:

$$E_{om} (p) = M_p + M_{яд} (Z - 1, A - 1) - M_{яд} (Z, A),$$

$$E_{om} (n) = M_n + M_{яд} (Z, A - 1) - M_{яд} (Z, A).$$

Ядро перестаёт быть связанным и, следовательно, перестаёт существовать, когда энергия отделения нуклона становится меньше нуля:  $B_n < 0, B_p < 0$ , т. е. когда существование ядра ( $A, Z$ ) энергетически не выгодно.

На основе полученных численных данных (рисунок 3) можно построить графики зависимости энергий отделения нейтрона  $B_n$  от полного числа нуклонов  $A$  для изотопов гелия  ${}^4_2\text{He}$  и двух нейтронов  $B_{2n}$  для изотопов свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$  (рисунок 4).

а)

2. Энергии отделения нуклонов и ядер

Каждое поле формы может быть пустым. [\[ Помощь... \]](#)

Входные параметры	
Z:	<input type="text" value="2"/> Пример: 20, 40-60
N:	<input type="text"/> Пример: 20, 40-60
A:	<input type="text" value="4"/> Пример: 20, 40-60
Варианты отделения:	<input type="text" value="n"/> Примеры: n, 2n, 2d, 16O+2t+n, n+p, 13C+a, 62Ni, 13C+1H
Тип атомных ядер:	<input type="radio"/> Все ядра <input checked="" type="radio"/> Только четные <input type="radio"/> Только нечетные
На оси абсцисс:	<input type="radio"/> Z <input type="radio"/> N <input checked="" type="radio"/> A
<input type="button" value="Вычислить"/> <input type="button" value="Построить график"/> <input type="button" value="Очистить"/>	

Result - Energy of separation 1 neutron (Bn):

Elem	Z	N	A	Bn
He	2	2	4	20.5775

б)

2. Энергии отделения нуклонов и ядер

Каждое поле формы может быть пустым. [\[ Помощь... \]](#)

Входные параметры	
Z:	<input type="text" value="82"/> Пример: 20, 40-60
N:	<input type="text"/> Пример: 20, 40-60
A:	<input type="text" value="208"/> Пример: 20, 40-60
Варианты отделения:	<input type="text" value="2n"/> Примеры: n, 2n, 2d, 16O+2t+n, n+p, 13C+a, 62Ni, 13C+1H
Тип атомных ядер:	<input type="radio"/> Все ядра <input checked="" type="radio"/> Только четные <input type="radio"/> Только нечетные
На оси абсцисс:	<input type="radio"/> Z <input type="radio"/> N <input checked="" type="radio"/> A
<input type="button" value="Вычислить"/> <input type="button" value="Построить график"/> <input type="button" value="Очистить"/>	

Result - Energy of separation 2 neutrons (B2n):

Elem	Z	N	A	B2n
Pb	82	126	208	14.1061

Рисунок 3 – Входная и выходная формы запроса по определению энергии отделения нуклонов и ядер: а) для гелия  ${}^4_2\text{He}$ , б) для свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$

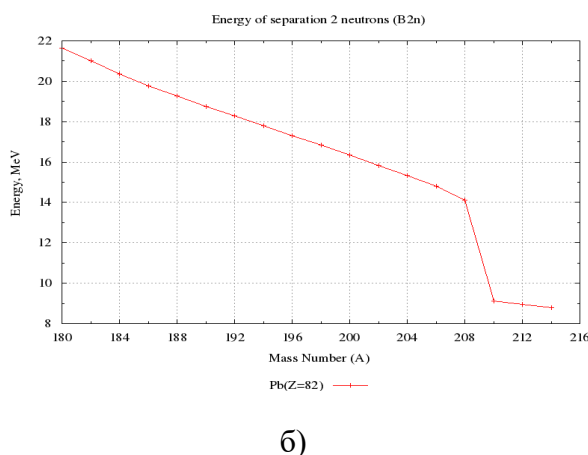
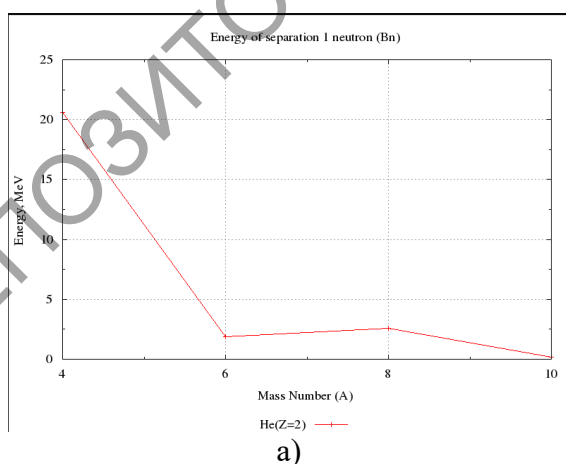


Рисунок 4 – График зависимости энергии отделения нейтронов  $B_n(A, Z)$  от полного числа нуклонов  $A$ : а) для гелия  ${}^4_2\text{He}$ , б) для свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$

Из графиков а) и б) рисунка 4 можно сделать следующий вывод: энергия отделения нейтрона  $B_n$  уменьшается с ростом числа нуклонов и лежит в интервале 3–21 МэВ для изотопов гелия  ${}^2\text{He}$  с максимумом для дважды магического ядра  ${}^4\text{He}$ . Для изотопов свинца  ${}^{82}\text{Pb}$  энергия отделения двух нейтронов  $B_{2n}$  меняется в пределах 8,8–21,6 МэВ и после прохождения дважды магического ядра  ${}^{208}\text{Pb}$  резко уменьшается.

Таким образом, действительно, дважды магические ядра обладают одинаковыми проявлениями ядерных свойств, что объясняется оболочечной моделью ядра.

### Литература

1 Центр данных фотоядерных экспериментов (ЦДФЭ) [Электронный ресурс] / Центр данных фотоядерных экспериментов (ЦДФЭ) – ЦДФЭ, 2003. – Режим доступа: <http://cdfe.sinp.msu.ru/index.ru.html>. – Дата доступа: 21.04.2018.

УДК 004.7

*А. А. Петушков, М. И. Жадан*

### ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИК-ИЗЛУЧЕНИЙ

*Статья посвящена разработке компьютерной системы передачи и обработки информации, используя ИК-излучение. Реализуется выделение автономных этапов создания системы, изучение основных характеристик и методик работы микроконтроллерных систем, построение структуры приложения, выбор технической составляющей системы, разработка программного обеспечения на основе созданной логики. Предлагаемая система может быть использована для моделирования работы огнестрельного оружия. Обеспечена простота добавления новых компонентов, возможность создания дополнительных устройств, а также их тонкое конфигурирование.*

Интерес к инфракрасным каналам (ИК) становился все больше, так как росла потребность в беспроводных высокоскоростных каналах связи. Многие производители оборудования для телекоммуникации интересуются ИК частью электромагнитного спектра, так как считают ее наиболее подходящей средой передачи сигналов. ИК используют для передачи данных через ИК-излучение. Эти соединения можно создать мало помех и у них довольно высокая степень защиты информации.

Разработанная система передачи информации представляет собой совокупность конечных автоматов, выполняющихся параллельно и обменивающихся между собой различными сообщениями, состоит из:

- блока отправки информации, состоящим из ИК-передатчика;
- блока приёма информации, состоящий из нескольких ИК-приёмников;
- блока индикации, состоящим из LED дисплея.

Пользователь взаимодействует с системой посредством нажатия на те или иные кнопки на модуле. Для обмена данными между различными устройствами системы был разработан протокол передачи информации.

В связи с тем, что каждое устройство оснащено только одним микроконтроллером и все операции с вводом и выводом данных будет выполнять он один, перед ним ставится следующий ряд задач [1]:

- обмен информацией по параллельному порту – для настройки параметров устройства;
- обработка нажатий кнопок (действия пользователя);