

ПРИМЕНЕНИЕ КАЛЬКУЛЯТОРОВ САЙТА ЦДФЭ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «Порог ядерной реакции»

Статья посвящена решению задач с помощью калькулятора «Пороги и энергии реакций» базы данных ЦДФЭ НИИЯФ МГУ. Для демонстрации работы калькулятора выбраны три реакции под действием основных налетающих частиц (p , γ , α) на различных ядрах. Для каждой реакции получены числовые значения порога и энергии, проведено их сравнение с данными, вычисленными вручную.

Порог ядерной реакции – это минимальная кинетическая энергия падающей частицы, при которой возможен эндотермический процесс ($Q < 0$), при этом $E_{\text{пор}} \neq Q$. Вычисляют порог реакции в лабораторной системе. Для этого используют релятивистский инвариант $E^2 - p^2 c^2 = (mc^2)^2 = \text{inv}$ или $E^2 - p^2 = \text{inv}$ при $c = \hbar = 1$. Формула для определения порога эндотермической реакции $1 + 2 \rightarrow 1' + 2' + \dots + n' - Q$ имеет вид:

$$E_{\text{пор}} = \frac{(\sum m_{\text{кон}})^2 - (\sum m_{\text{нач}})^2}{2m_2}, \quad (1)$$

где m_2 – масса покоящейся частицы (мишень) или эквивалентное выражение:

$$E_{\text{пор}} = |Q| \left(1 + \frac{m_1}{m_2} + \frac{|Q|}{2m_2} \right). \quad (2)$$

Формула (2) упрощается в нерелятивистском приближении, когда $|Q| \ll 2m_2$, т. е. $E_{\text{пор}} = |Q| \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right)$. Таким образом, для определения порога ядерной реакции достаточно знать численные значения масс частиц, участвующих в реакции в начальном и конечном состояниях (смотри (1)). При использовании в расчетах выражения (2) необходимо численное значение энергии реакции Q .

Применим формулы (1) и (2), а также калькулятор «Пороги и энергии реакций» базы данных ЦДФЭ НИИЯФ МГУ для определения и сравнения полученных результатов по порогу и энергии в трех реакциях:

1. $p + {}^7\text{Li} \rightarrow n + {}^3\text{He} + {}^4\text{He}$,
2. $\gamma + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{11}\text{C} + n$,
3. $\alpha + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{17}\text{O} + p$.

На рисунке 1 приведена поисковая форма базы данных (БД) «Калькулятор порогов и энергий ядерных реакций», которая включает в себя поля для заполнения информацией о входном и выходном канале исследуемой ядерной реакции. На форме как налетающую частицу в выпадающем меню по умолчанию можно выбирать γ -квант, протон, нейтрон, позитрон, дейтрон, тритий и другие. Остальные поля (ядро-мишень, вылетающие частицы) необходимо заполнить самостоятельно, указав числа протонов Z и нуклонов A для выбранных элементов. Ядро-продукт реакции заполняется автоматически [1].

4. Пороги и энергии реакций

Каждое поле формы может быть пустым [Помощь...]

Входные параметры:	Z:	A:	Число частиц
Ядро-мишень:	3	7	1
Налетающая частица:	p(протон) (для ввода ионов >>)		
Вылетающая частица 1:	0	1	1
Вылетающая частица 2: (если больше частиц >>)	2	3	
Ядро-продукт реакции:	2	4	1

Вычислить Очистить

а)

4. Пороги и энергии реакций

Каждое поле формы может быть пустым [Помощь...]

Входные параметры:	Z:	A:	Число частиц
Ядро-мишень:	6	12	1
Налетающая частица:	g(гамма-квант) (для ввода ионов >>)		
Вылетающая частица 1:	6	11	1
Вылетающая частица 2: (если больше частиц >>)			
Ядро-продукт реакции:	0	1	1

Вычислить Очистить

б)

4. Пороги и энергии реакций

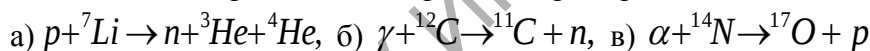
Каждое поле формы может быть пустым [Помощь...]

Входные параметры:	Z:	A:	Число частиц
Ядро-мишень:	7	14	1
Налетающая частица:	4He (для ввода ионов >>)		
Вылетающая частица 1:	8	17	1
Вылетающая частица 2: (если больше частиц >>)			
Ядро-продукт реакции:	1	1	1

Вычислить Очистить

в)

Рисунок 1 – Поисковая форма БД «Калькулятор порогов и энергий ядерных реакций» для определения энергии и порога реакций:



Для первой реакции как налетающая частица был выбран протон p (рисунок 1, а)), для второй реакции – γ -квант (рисунок 1, б)), для третьей – α -частица (рисунок 1, в)). Работа калькулятора осуществляется при нажатии кнопки «Вычислить», т. е. для данных реакций будут найдены пороги и энергии реакций.

На рисунке 2 представлены результаты расчета или выходная форма запроса, которая формирует таблицу, содержащую численную информацию по массам ядер, участвующих и образующихся в исследуемой реакции, необходимую при вычислении, а также численный ответ по значению порога и энергии с соответствующей размерностью и заданной точностью.

Калькулятор энергий реакций

Входные параметры:	Символ:	Z:	A:	Масса, u:
Ядро-мишень:	Li	3	7	7.016004548
Налетающая частица:	протон	1	1	0
Вылетающая частица 1:	n	0	1	0
Вылетающая частица 2:	He	2	3	3.0160293191
Ядро-продукт реакции:	He	2	4	0

Результаты расчета: Порог реакции: 3. МэВ
Энергия реакции: -3.230337 (78) МэВ

а)

Калькулятор энергий реакций

Входные параметры:	Символ:	Z:	A:	Масса, u:
Ядро-мишень:	C	6	12	12
Налетающая частица:	гамма-квант	0	0	0
Вылетающая частица 1:	C	6	11	0
Ядро-продукт реакции:	n	0	1	0

Результаты расчета: Порог реакции: 18.73733 МэВ
Энергия реакции: -18.72166 (95) МэВ

б)

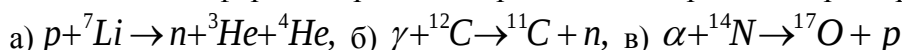
Калькулятор энергий реакций

Входные параметры:	Символ:	Z:	A:	Масса, u:
Ядро-мишень:	N	7	14	0
Налетающая частица:	альфа-частица	2	4	0
Вылетающая частица 1:	O	8	17	16.999131703
Ядро-продукт реакции:	H	1	1	0

Результаты расчета: Порог реакции: 1.53254 МэВ
Энергия реакции: -1.19182 (11) МэВ

в)

Рисунок 2 – Выходная форма запроса по определению порога и энергии реакций:



Так для первой реакции калькулятор выдал следующие значения: энергия реакции $Q=-3,230337(78)$ МэВ, пороговая энергия $E_{\text{пор}}=3$ МэВ (рисунок 2, а)), для второй реакции – $Q=-18,72166(95)$ МэВ, $E_{\text{пор}}=18,73733$ МэВ (рисунок 2, б)), для третьей – $Q=-1,1982(11)$ МэВ, $E_{\text{пор}}=1,53254$ МэВ (рисунок 2, в)). При нахождении этих энергетических характеристик вручную, получены значения с меньшей точностью: для первой реакции – $Q=-3,230$ МэВ, $E_{\text{пор}}=3,69$ МэВ, для второй реакции – $Q=-18,721$ МэВ, пороговая энергия практически совпадает с энергией реакции, поскольку удобно использовать нерелятивистское приближение $|Q| \ll 2m_2$, для третьей – $Q=1,18$ МэВ, $E_{\text{пор}}=1,52$ МэВ.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование калькулятора «Пороги и энергии реакций» позволяет более точно, опираясь на последние экспериментальные данные, рассчитать необходимые численные значения и значительно уменьшить затраты времени на получение результата для любой известной частицы, нежели при решении задачи по ядерной физике вручную. При этом точность решения гораздо выше, а погрешности сведены к минимуму, также увеличивается число решенных задач. Значит, практическое занятие становится не только современным, с точки зрения использования информационных технологий, но и более насыщенным и продуктивным.

Литература

1 Центр данных фотоядерных экспериментов (ЦДФЭ) [Электронный ресурс] / Центр данных фотоядерных экспериментов (ЦДФЭ) – ЦДФЭ, 2003. – URL: <http://cdfe.sinp.msu.ru/index.ru.html>. – Дата доступа: 07.05.2019.

УДК 53(075.3)

О. Н. Семенченко

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В СЕДЬМОМ И ДЕВЯТОМ КЛАССАХ

Статья подготовлена на основе личного педагогического опыта, приобретенного автором в ходе педагогической практики в ГУО «Гимназия № 14 г. Гомеля» и самостоятельной работы учителем физики в седьмых классах ГУО «Средняя школа № 59 г. Гомеля», один из которых спортивного профиля. В соответствии с календарно-тематическим планом образовательного процесса разработаны и проведены уроки разного типа – с акцентированием преемственности в содержании, расширения и углубления знаний, системности в работе учителя и учащихся.

Физика – это постоянно развивающаяся наука, обогащаемая новыми теориями, моделями окружающей человека природы, базирующаяся на фундаментальных и частных законах, открытых в разное время. Множественность изучаемых в физике объектов, явлений и процессов и используемых для их описания моделей, ее тесные связи со смежными науками обуславливают сложность этой учебной дисциплины и необходимость тщательного планирования образовательного процесса на всех его этапах, обдуманного, логического построения каждого урока с соблюдением принципа преемственности.