

Урок «Решение задач по темам Радиоактивные превращения, ядерные реакции, энергия связи»

Формулы, используемые на уроках «Задачи на Состав атома, ядерные реакции и энергия связи атомного ядра».

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Формула
<i>Масса протона</i>	m_p	а.е.м	$m_p = 1,00728$
<i>Масса нейтрона</i>	m_n	а.е.м	$m_n = 1,00867$
<i>Число протонов</i>	Z		
<i>Число нейтронов</i>	N		
<i>Масса ядра</i>	$M_{\text{я}}$	а.е.м	
<i>Дефект масс</i>	Δm	а.е.м, кг	$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}$
<i>Энергия связи ядра</i>	ΔE_0	Дж	$\Delta E_0 = \Delta mc^2$
<i>Скорость света</i>	c	м/с	$c = 3 \cdot 10^8$

Краткая теория для решения Задачи на Состав атома и ядерные реакции.

Алгоритм решения задачи на расчет энергии связи атомного ядра:

1. Определить количество протонов и нейтронов в ядре атома.
2. Вычислить дефект масс в атомных единицах массы.
3. Перевести атомные единицы массы в килограммы: $1 \text{ а.е.м.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.
4. Вычислить энергию связи; ответ записать в стандартном виде.

Важные замечания:

1. Вычисления сложные, поэтому лучше их производить с помощью микрокалькулятора.
2. В ходе вычисления дефекта масс нельзя ничего округлять, иначе дефект масс обратится в ноль. Округлить можно только результат.

Ответьте на вопросы

1. Определите число электронов, протонов и нейтронов в атоме кислорода ${}_{92}^{235}\text{U}$

2. β -излучение - это

- 1) поток нейтральных частиц гелия
- 2) поток полностью ионизированных атомов гелия
- 3) поток электронов
- 4) до настоящего момента их заряд не известен

3. Порядковый номер элемента в таблице химических элементов Менделеева равен

- 1) массовому числу атома
- 2) зарядовому числу атома
- 3) ничего не указывает
- 4) числу электронов

4. При α -распаде массовое число ядра

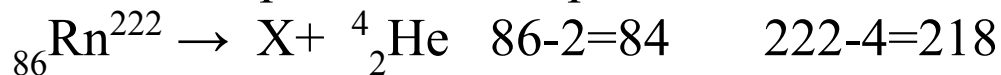
- 1) увеличивается на 2 единицы
- 2) увеличивается на 4 единицы
- 3) уменьшается на 2 единицы
- 4) уменьшается на 4 единицы

5. Порядковый номер элемента в таблице химических элементов Менделеева равен

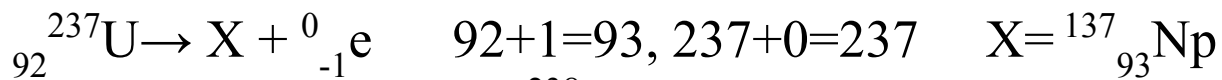
- 1) массовому числу атома
- 2) зарядовому числу атома
- 3) ничего не указывает
- 4) числу электронов

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. В результате α -распада ядро радона ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ ядро превратилось в-----
Напишите реакцию и определите элемент.



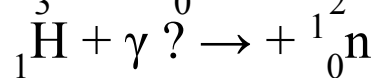
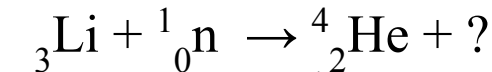
2. Что произойдет с изотопом урана-237 при β - распаде?



3. Ядро изотопа урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа ${}_{92}^{234}\text{U}$. Какие это были распады?

4. Во что превращается уран-238 после α -распада и двух β -распадов?

5. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



В какое ядро превращается сурьма ${}_{51}^{123}\text{Sb}$ после четырех β -распадов?

Решение. При β -распаде в исходном ядре один нейтрон превращается в протон, поэтому зарядовое число уменьшается на единицу, а массовое — остается неизменным, так как общее число нуклонов в ядре не изменяется. Из правила смещения для β -распада следует, что:



6. Каким образом можно осуществить давнюю мечту алхимиков средневековья — превратить ртуть в золото?

Решение. Путем осуществления, например, следующей ядерной реакции: ${}_{80}^{198}\text{Hg} + {}_0^1n \rightarrow {}_{80}^{199}\text{Hg} \rightarrow {}_{79}^{198}\text{Au} + {}_1^1\text{H}$.

В природе существует один стабильный изотоп золота (${}_{79}^{197}\text{Au}$) и семь изотопов ртути (${}_{80}^{196}\text{Hg}$, ${}_{80}^{198}\text{Hg}$, ${}_{80}^{199}\text{Hg}$, ${}_{80}^{200}\text{Hg}$, ${}_{80}^{201}\text{Hg}$, ${}_{80}^{202}\text{Hg}$, ${}_{80}^{204}\text{Hg}$). Значит, в ходе ядерной реакции необходимо «всего лишь» уменьшить число протонов на единицу и, возможно, изменить число нейтронов.

Однако, вследствие редкого попадания нейтронов в ядра ртути количество полученного золота ничтожно мало. Так как затрата энергии при этом огромна, то процесс экономически невыгоден.

7. Определите дефект масс и энергию связи ядра атома ${}_{92}^{235}\text{U}$.

Решение. Дефект масс ядра определяется по формуле $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}$. В таблицах масс изотопов приводятся значения масс нейтральных атомов, а не массы ядер. Поэтому эту формулу целесообразно преобразовать так, чтобы вместо массы данного ядра $M_{\text{я}}$ в нее входила масса соответствующего нейтрального атома $M_{\text{а}}$. Так как

$$M_{\text{я}} = M_{\text{а}} - Zm_e, \text{ то } \Delta m = Zm_p + Nm_n - (M_{\text{а}} - Zm_e) \text{ или}$$

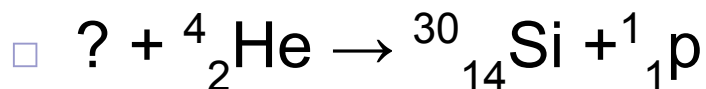
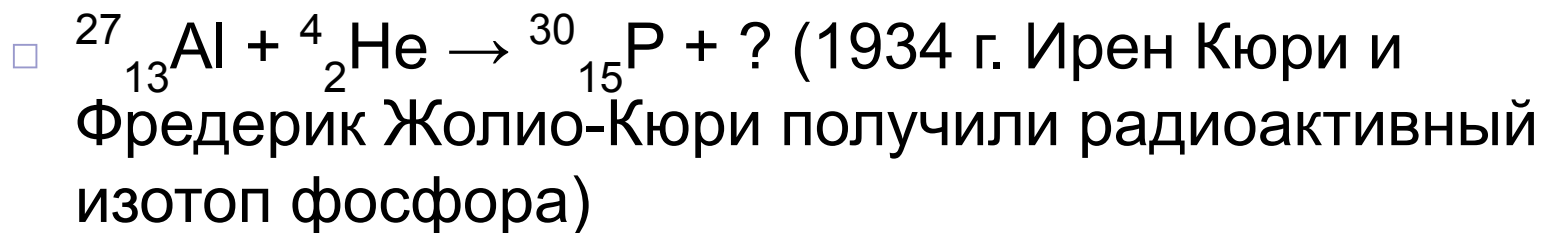
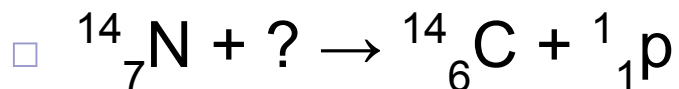
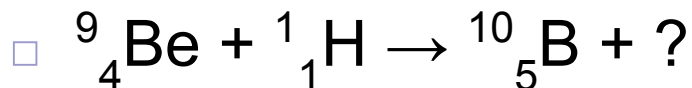
$\Delta m = Z(m_p + m_e) + Nm_n - M_{\text{а}}$. Но $m_p + m_e = m_{\text{1H}}$. Следовательно, окончательно получаем $\Delta m = (Zm_{\text{1H}} + Nm_n) - M_{\text{а}}$. Из таблиц берем следующие данные: $m_{\text{1H}} = 1,00783$ а.е.м., $m_n = 1,00866$ а.е.м.,

$M_{\text{а}} = 235,04392$. Подставляя в последнюю формулу числовые значения масс в а.е.м., получаем $\Delta m = 92 \cdot 1,00783 + 143 \times 1,00866 - 235,04392 = 1,915$ (а.е.м.). Если мы хотим получить энергию связи в джоулях, то дефект масс нужно выразить в килограммах.

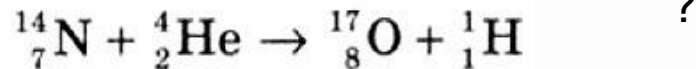
Поскольку $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг, получаем $\Delta m = 1,66 \cdot 10^{-27} \times 1,915 = 3,18 \cdot 10^{-27}$ (кг). Подставляя это значение дефекта масс в формулу $\Delta E_0 = \Delta mc^2$, получаем:

$$\Delta E_0 = 3,18 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 28,6 \cdot 10^{-11} \text{ (Дж)}.$$

8. Допишите ядерные реакции:



Выделяется или поглощается энергия при следующей ядерной реакции:



На примере данной задачи можно определить: выделяется или поглощается энергия при реакциях.

Решение. Найдем разность Δm суммарной массы ядер и частиц до реакции и после реакции. Энерговыделение при ядерной реакции равно: $\Delta E = (m_{\text{N}} + m_{\text{He}} - m_{\text{O}} - m_{\text{H}})c^2$. Если $\Delta E > 0$, реакция идет с *выделением* энергии. Если $\Delta E < 0$, реакция идет с *поглощением* энергии. Проверка единиц измерения:

$$[\Delta E] = \text{а.е.м.} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{а.е.м.}} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = \text{Дж.}$$

$$\text{Вычисления: } \Delta E = (14,00307 + 4,00260 - 16,99913 - 1,00783) \times \\ \times 1,661 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = -1,93 \cdot 10^{-13} \text{ (Дж).}$$

Так как $\Delta E < 0$, то энергия поглощается.

Выполните самостоятельно

Вычислите энергию связи ядра лития ${}^6_3\text{Li}$. Масса ядра равна 6,01512 а.е.м.

Какая из данных реакций не произойдет? Почему?

