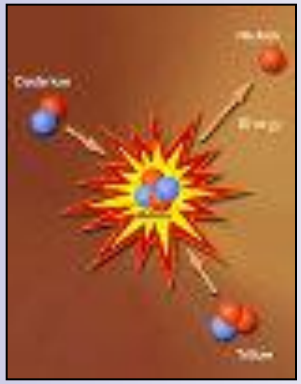

Урок «Решение задач по темам Радиоактивные превращения, ядерные реакции, энергия связи»

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

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Формула
Масса протона	m_p	а.е.м	$m_p = 1{,}00728$
Масса нейтрона	m_n	а.е.м	$m_n = 1{,}00867$
Число протонов	Z		
Число нейтронов	N		
Масса ядра	$M_я$	а.е.м	
Дефект масс	Δm	а.е.м, кг	$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_я$
Энергия связи ядра	ΔE_0	Дж	$\Delta E_0 = \Delta mc^2$
Скорость света	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 а.е.м. = $1{,}6605 \cdot 10^{-27}$ 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 $_{92}^{235}U$

2. **β-излучение - это**

1) поток нейтральных частиц 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 2 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 $_{86}Rn^{222}$ядро превратилось в-----
Напишите реакцию и определите элемент.

$_{86}Rn^{222} \rightarrow X + {}^{4}_{2}He$ 86-2=84 222-4=218

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

$_{92}{}^{237}U \rightarrow X + {}^{0}_{-1}e$ 92+1=93, 237+0=237 X= $^{137}_{93}Np$

3. Ядро изотопа урана $^{238}_{92}U$ после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа $^{234}_{92}U$. 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:

$_{3}Li + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{4}_{2}He + ?$

$_{1}H + \gamma\ ? \rightarrow + {}^{1}_{0}n$

В какое ядро превращается сурьма $^{123}_{51}Sb$ 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:

$$^{M}_{Z}X \rightarrow {}^{M}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e \text{ или } {}^{123}_{51}Sb \rightarrow {}^{123}_{55}Cs + 4\,{}^{0}_{-1}e.$$

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

Решение. Путем осуществления, например, следующей ядерной реакции: $^{198}_{80}Hg + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{199}_{80}Hg \rightarrow ^{198}_{79}Au + ^{1}_{1}H$.

В природе существует один стабильный изотоп золота ($^{197}_{79}Au$) и семь изотопов ртути ($^{196}_{80}Hg$, $^{198}_{80}Hg$, $^{199}_{80}Hg$, $^{200}_{80}Hg$, $^{201}_{80}Hg$, $^{202}_{80}Hg$, $^{204}_{80}Hg$). 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** $^{235}_{92}U$.

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

$M_я = M_a - Zm_e$, то $\Delta m = Zm_p + Nm_n - (M_a - Zm_e)$ или

$\Delta m = Z(m_p + m_e) + Nm_n - M_a$. Но $m_p + m_e = m_{^1_1H}$. Следовательно, окончательно получаем $\Delta m = (Zm_{^1_1H} + Nm_n) - M_a$. Из таблиц берем следующие данные: $m_{^1_1H} = 1{,}00783$ а.е.м, $m_n = 1{,}00866$ а.е.м., $M_a = 235{,}04392$. Подставляя в последнюю формулу числовые значения масс в а.е.м., получаем $\Delta m = 92 \cdot 1{,}00783 + 143 \times \times 1{,}00866 - 235{,}04392 = 1{,}915$ (а.е.м.). Если мы хотим получить энергию связи в джоулях, то дефект масс нужно выразить в килограммах.

Поскольку 1 а.е.м. $= 1{,}66 \cdot 10^{-27}$ кг, получаем $\Delta m = 1{,}66 \cdot 10^{-27} \times \times 1{,}915 = 3{,}18 \cdot 10^{-27}$ (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:

- $^{9}_{4}Be + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{10}_{5}B + ?$
- $^{14}_{7}N + ? \rightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}p$
- $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ? + ^{1}_{1}H$
- $^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{15}P + ?$ (1934 г. Ирен Кюри и Фредерик Жолио-Кюри получили радиоактивный изотоп фосфора)
- $? + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}p$

Выделяется или поглощается энергия при следующей ядерной реакции: $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$?

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: $\Delta E = (m_N + m_{He} - m_O - m_H)c^2$. Если $\Delta E > 0$, реакция идет с *выделением* энергии. Если $\Delta E < 0$, реакция идет с *поглощением* энергии. Проверка единиц измерения:

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

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

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

Выполните самостоятельно

Вычислите энергию связи ядра лития $^{16}_{8}O$. Масса ядра равна 15,9994 а.е.м.

Какая из данных реакций не произойдет? Почему?

а) $^{11}_{6}C \rightarrow ^{10}_{7}N + ^{0}_{-1}e$

б) $^{6}_{3}Li + ^{1}_{1}p \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{3}_{2}He$

в) $^{9}_{4}Be + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n$

г) $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He$