

Записать в тетрадь. Придете в техникум поставлю оценки.

Квантовая физика

$$E = h\nu \quad E - \text{энергия кванта (Дж)}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} - \text{постоянная Планка}$$

$$\nu - \text{частота (Гц)}$$

$$h\nu = E_k - E_n \quad E_k, E_n - \text{энергия атома до и после излучения (Дж)}$$

$$E_{\text{св}} = \Delta M \cdot c^2 \quad E_{\text{св}} - \text{энергия связи ядра (Дж)}$$

$$\Delta M - \text{дефект массы (кг)}$$

$$A(M) - \text{массовое число}$$

$$A = Z + N$$

Z – число протонов (атомный номер химического элемента в таблице Менделеева)

Z_p – количество протонов

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$$

N_n – количество нейтронов

Z_e – количество электронов

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{скорость света в вакууме}$$

$$M_{\text{я}} = M_{\text{а}} - Z \cdot m_e$$

$M_{\text{я}}$ – масса ядра (кг)

$M_{\text{а}}$ – масса атома (кг)

m_n – масса нейтрона (кг)

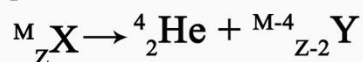
m_p – масса протона (кг)

m_e – масса электрона (кг)

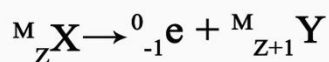
${}^M_Z X$ – массовое число

правило смещения

α - распад:



β - распад:



В атомной физике энергию часто измеряют электронвольтами (эВ).

Массу – атомными единицами (а.е.м.).

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Примеры решения задач:

1. Энергия атома водорода в нормальном состоянии $E_1 = -13,543$ эВ. Определить энергию кванта и длину волны излучения, поглощенного атомом водорода, если при этом электрон перешел с первого на третий энергетический уровень.

Дано: $E_1 = -13,53$ эВ $m = 1$ $n = 3$	Решение: $E = E_n - E_m$ $E = \frac{E_1}{n^2} - \frac{E_1}{m^2} = E_1 \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ $E = -13,53 \cdot \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{1^2} \right) = 12,03 \text{ эВ}$
$E - ? \quad \lambda - ?$	$\lambda = \frac{c \cdot h}{E} \quad \lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34}}{12,03 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,03 \cdot 10^{-7} = 103 \text{ нм}$

2. Определить длину волны электромагнитного излучения атома водорода при переходе его с пятого на второй энергетический уровень.

Дано: $E_1 = -13,53$ эВ $m = 2$ $n = 5$	Решение: $E = E_n - E_m$ $\left. \begin{aligned} E &= E_n - E_m \\ E &= \frac{c \cdot h}{\lambda} \end{aligned} \right\} \frac{c \cdot h}{\lambda} = E_n - E_m = \frac{E_1}{n^2} - \frac{E_1}{m^2}$ $\frac{c \cdot h}{\lambda} = E_1 \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ $\frac{c \cdot h}{\lambda} = E_1 \cdot \left(\frac{m^2 - n^2}{n^2 \cdot m^2} \right)$ $\frac{c \cdot h \cdot (n^2 \cdot m^2)}{E_1 \cdot (m^2 - n^2)} = \lambda$
$E - ? \quad \lambda - ?$	$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} (25 \cdot 4)}{13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (25 - 4)} = 4,37 \cdot 10^{-7} = 437 \text{ нм}$

3. Определить минимальную энергию возбуждения атома водорода, если его энергия в нормальном состоянии $E_1 = -13,543$ эВ. Указание: Энергия электрона на n -м энергетическом уровне у атома водорода определяется по формуле $E_n = E_1/n^2$

Дано: $E_1 = -13,53$ эВ $m = 1$ $n = 2$	Решение: $E = E_n - E_m$ $\Delta E = E_n - E_m = \frac{E_1}{n^2} - \frac{E_1}{m^2}$ $\Delta E = E_1 \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ $\Delta E = -13,53 \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) = 10,15 \text{ эВ}$
$\Delta E - ?$	

Примеры решения задач:

1. Допишите ядерные реакции:
- $${}^4_2\text{He} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + ?$$
- $${}^{27}_{13}\text{Al} + ? \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$$

Решение: Для первого уравнения (по закону сохранения электрического заряда)
 $2+4 = 6+ Z \Rightarrow Z = 0$

Применив закон сохранения массовых чисел, получим

$$4+9 = A + 12 \Rightarrow A = 1$$

Следовательно, искомая частица - 1_0n – нейтрон

Решение: Для второго уравнения (по закону сохранения электрического заряда)
 $13+Z = 15+0 \Rightarrow Z = 2$

Применив закон сохранения массовых чисел, получим

$$27+ A = 30 + 1 \Rightarrow A = 4$$

Следовательно, искомая частица - 4_2He – гелий

2. Дополните ядерную реакцию:

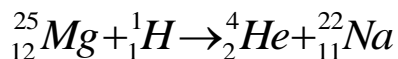


Решение: а) ${}^m_nX + {}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^{22}_{11}Na$

По закону сохранения нуклонов: $m+1=4+22$ $m=25$

По закону сохранения заряда: $n+1=2+11$ $n=12$

По периодической системе элементов Л.И. Менделеева устанавливаем, что

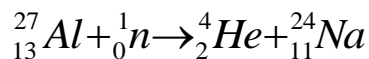


Решение: б) ${}^{27}_{13}Al + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He + {}^m_nX$

По закону сохранения нуклонов: $27+1=4+m$ $m=24$

По закону сохранения заряда: $13+0=2+n$ $n=11$

По периодической системе элементов Л.И. Менделеева устанавливаем, что

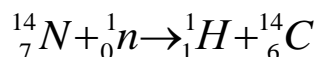


Решение: в) ${}^{14}_7N + {}^1_0n \rightarrow {}^m_nX + {}^{14}_6C$

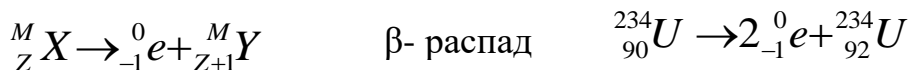
По закону сохранения нуклонов: $14+1=m+14$ $m=1$

По закону сохранения заряда: $7+0=n+6$ $n=1$

По периодической системе элементов Л.И. Менделеева устанавливаем, что



3. Какой элемент образуется из ${}^{238}_{92}U$ после α -распада и двух β -распадов?



4. Определить состав ядер никеля ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ и бериллия ${}^9_4\text{Be}$

$$A = Z + N \quad N = A - Z$$

Решение: В ядре никеля протонов $Z = 28$; число нейтронов $N = 60 - 28 = 32$

Решение: В ядре бериллия протонов $Z = 4$; число нейтронов $N = 9 - 4 = 5$

5. Назвать химические элементы, в атомном ядре которых соответственно находятся: три протона и четыре электрона, пять протонов и шесть нейтронов.

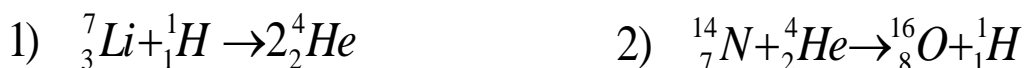
Решение: Количество протонов в ядре атомов равно порядковому номеру элемента в таблице Менделеева ($Z = 3$); массовое число равно сумме масс протонов и нейтронов, входящих в ядро: $A = Z + N$ ($A = 3 + 4 = 7$)

По таблице Менделеева находим ${}^A_Z\text{X} = {}^7_3\text{Li}$

Решение: Количество протонов в ядре атомов равно порядковому номеру элемента в таблице Менделеева ($Z = 5$); массовое число равно сумме масс протонов и нейтронов, входящих в ядро: $A = Z + N$ ($A = 5 + 6 = 11$)

По таблице Менделеева находим ${}^A_Z\text{X} = {}^{11}_5\text{B}$

6. В какой ядерной реакции энергия выделяется, а в какой поглощается:



Чему равен энергетический эффект каждой реакции?

Решение: По таблицам находим массы исходных частиц и конечных продуктов. Вычислим изменения внутренней энергии ядер в первой реакции:

$$\Delta E_1 = (8,0052 - (7,01601 + 1,00728)) \cdot 931 \text{ МэВ} = 0,01809 \cdot 931 \text{ МэВ} = -16,8 \text{ МэВ}$$

$$\Delta E_2 = ((16,99913 + 1,00728) - (14,00307 + 4,0026)) \cdot 931 = \\ = 0,00074 \cdot 931 = 0,689 \text{ МэВ}$$

7. Определить дефект массы и энергию связи ядра кислорода ${}^{16}_8\text{O}$?

Решение: По таблицам находим массу:

Протона $m_p = 1,00728$ а.е.м.; нейтрона $m_n = 1,00866$ а.е.м.; кислорода $M = 15,99491$ а.е.м.; электрона $m_e = 0,00055$ а.е.м.

Чтобы вычислить массу ядра у кислорода, необходимо из массы атома кислорода вычесть массу всех электронов, входящих в состав электронной оболочки атома:

$$M_{\text{я}} = M_{\text{а}} - Z \cdot m_e$$

$$\Delta M = 8 \cdot 1,00728 + 8 \cdot 1,00866 - (15,99491 - 8 \cdot 0,00055) = 0,13701 \text{ а.е.м.}$$

Энергия связи ядра атома кислорода $E_{\text{св}} = 0,13701 \cdot 931 = 127,5 \text{ МэВ}$

8. При делении одного ядра $^{235}_{92}\text{U}$ на два осколка выделяется 200 МэВ энергии. Какое количество энергии освобождается при сжигании в ядерном реакторе 1 г этого изотопа урана? Какое количество каменного угля необходимо сжечь для получения такого же количества энергии?

<p>Дано: $\Delta E = 200 \text{ МэВ} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$ $m = 1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$ $q = 2,9 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$</p> <hr/> <p>$E - ?$ $m_y - ?$</p>	<p>Решение: $E = \Delta E \cdot N$</p> <p>N – число атомов содержащихся в 1 г $^{235}_{92}\text{U}$</p> $N = \nu \cdot Na$ $\nu = \frac{m}{M}$ $N = \frac{m}{M} \cdot Na$ $E = \Delta E \cdot N$ $E = \Delta E \cdot \frac{m}{M} \cdot Na$ <p>ν – количество молей вещества (моль)</p> <p>$Na = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ число Авогадро</p> $E = 3,2 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10^{-3}}{235 \cdot 10^{-3}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 8,2 \cdot 10^{10} \text{ Дж}$ $E = Q \quad Q = q \cdot m_y \quad m_y = \frac{Q}{q} = \frac{E}{q}$ $m_y = \frac{8,2 \cdot 10^{10}}{2,9 \cdot 10^7} = 2,8 \cdot 10^3 \text{ кг}$
--	---

9. Определить энергию связи ядра изотопа лития ^7_3Li , если $M_p = 1,00814$ а.е.м., $M_n = 1,00899$ а.е.м., $M_{\text{я}} = 7,01823$ а.е.м.

<p>Дано: Ядро ^7_3Li $Z = 3$ $M = 7$ $M_p = 1,00814$ а.е.м. $M_n = 1,00899$ а.е.м., $M_{\text{я}} = 7,01823$ а.е.м.</p> <hr/> <p>$E_{\text{св}} - ?$</p>	<p>Решение:</p> $E_{\text{св}} = 931 \cdot \Delta M$ $E_{\text{св}} = 931 \cdot (3 \cdot M_p + 4 \cdot M_n - M_{\text{я}})$ $E_{\text{св}} = 931 \cdot (3 \cdot 1,00814 + 4 \cdot 1,00899 - 7,01823) \text{ МэВ} =$ $= 931 \cdot (3,02442 + 4,03596 - 7,01823) \text{ МэВ} =$ $= 931 \cdot 0,04215 \text{ МэВ} = 39,24 \text{ МэВ}$
--	---

10. Определить энергетический выход ядерной реакции $^{15}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^4_2\text{He}$, если энергия связи у ядер азота – 115,6 МэВ, углерода – 92,2 МэВ, гелия – 28,3 МэВ.

<p>Дано: $E_{\text{св}}(^{14}_7\text{N}) = 115,6 \text{ МэВ}$ $E_{\text{св}}(^{12}_6\text{C}) = 92,2 \text{ МэВ}$ $E_{\text{св}}(^4_2\text{He}) = 28,3 \text{ МэВ}$</p> <hr/> <p>$\Delta E - ?$</p>	<p>Решение: $\Delta E = E_{\text{св}}(^{12}_6\text{C}) + E_{\text{св}}(^4_2\text{He}) - E_{\text{св}}(^{14}_7\text{N})$</p> $\Delta E = 92,2 \text{ МэВ} + 28,3 \text{ МэВ} - 115,6 \text{ МэВ} = 4,9 \text{ МэВ}$
--	---

11. Определить удельную энергию связи в ядре атома изотопа урана $^{238}_{92}\text{U}$, если масса покоя $M_p=1,00814$ а.е.м., $M_n=1,00899$ а.е.м., $M_{\text{я}}=238,12376$ а.е.м.

<p>Дано: Ядро $^{238}_{92}\text{U}$ $Z = 92$ $M = 238$ $M_p=1,00814$ а.е.м. $M_n=1,00899$ а.е.м., $M_{\text{я}}=238,12376$ а.е.м.</p> <hr/> <p>$e_{\text{св}} - ?$</p>	<p>Решение:</p> $e_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{M} = \frac{931 \cdot (92 \cdot M_p + 146 \cdot M_n - M_{\text{я}})}{M}$ $e_{\text{св}} = \frac{931 \cdot (92 \cdot 1,00814 + 146 \cdot 1,00899 - 238,12376) \text{ МэВ}}{238 \text{ нук}} =$ $= \frac{931 \cdot (92,74888 + 147,31254 - 238,12376) \text{ МэВ}}{238 \text{ нук}} =$ $= \frac{931 \cdot 1,93766 \text{ МэВ}}{238 \text{ нук}} = 7,58 \frac{\text{МэВ}}{\text{нук}}$
---	--

12. При реакции деления ядер урана – 235 выделилось $1,204 \cdot 10^{26}$ МэВ энергии. Определить массу распавшегося урана, если при делении одного ядра выделяется 200 МэВ энергии.

<p>Дано: $E=1,204 \cdot 10^{26}$ МэВ $\Delta E=200$ МэВ $M=235 \cdot 10^{-3}$ кг/моль</p> <hr/> <p>$m - ?$</p>	<p>Решение:</p> $N = \frac{E}{\Delta E} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{E}{\Delta E} = \frac{m}{M} \cdot Na \quad \Leftrightarrow \quad m = \frac{E \cdot M}{\Delta E \cdot Na} \\ \\ \end{array}$ $N = \frac{m}{M} \cdot Na$ $m = \frac{1,204 \cdot 10^{26} \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{200 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 0,235 \text{ кг}$
---	---

13. В какое ядро превращается торий $^{234}_{90}\text{Th}$ при трех последовательных α -распадах?



14. Какой изотоп образуется из радиоактивного изотопа сурьмы $^{133}_{51}\text{Sb}$ после четырех β -распадов?



15. Какой изотоп образуется из радиоактивного изотопа лития ^8_3Li после одного α -распада и одного β -распада?

