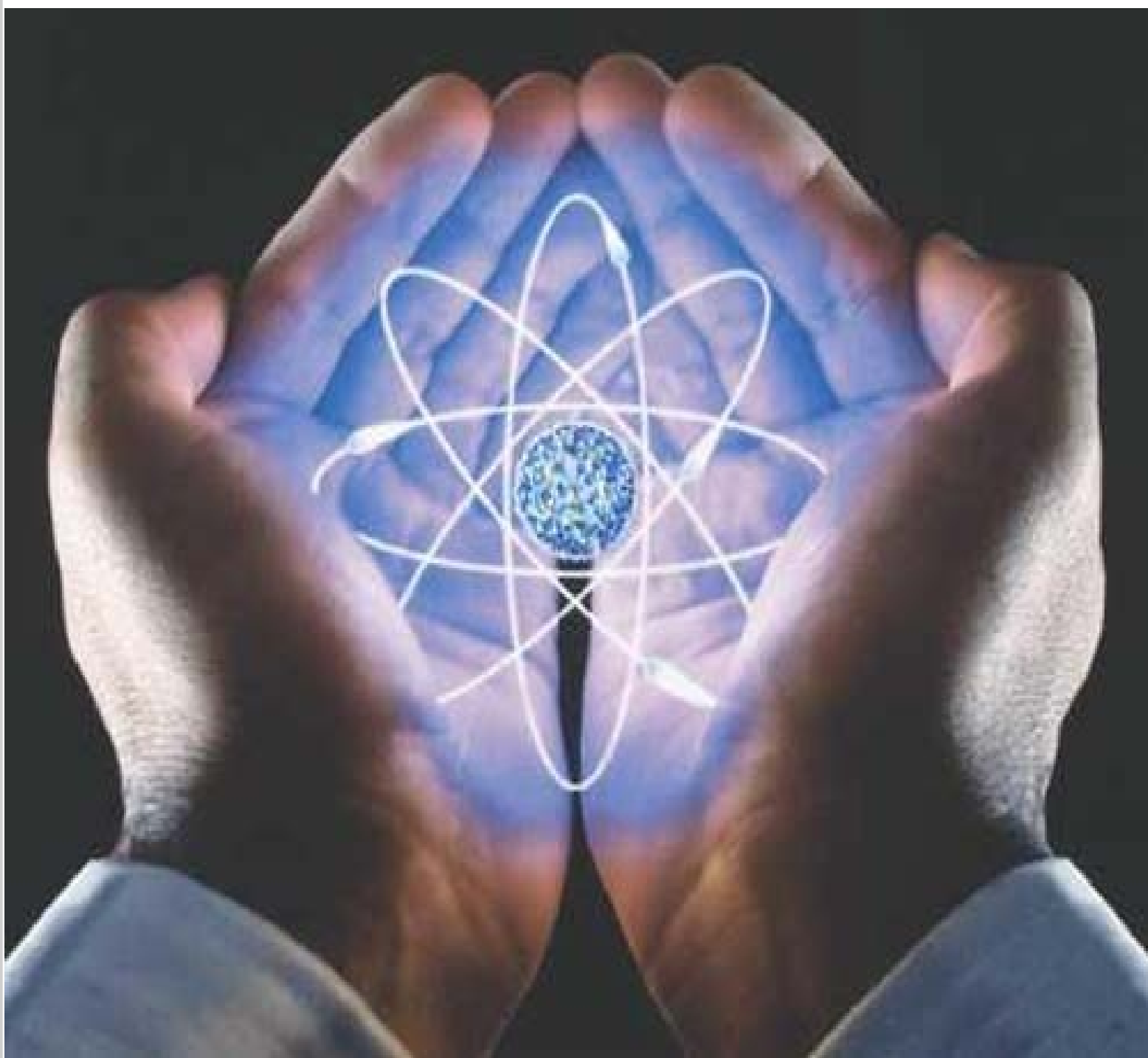


# Виртуальный курс физики

# Атом и атомное ядро

Задачи для самостоятельного решения

---





# АТОМ И АТОМНОЕ ЯДРО

## Рекомендации по решению задач

При решении задач рекомендуется:

- учитывать квантовый характер энергии атома, энергии поглощенных и излученных квантов света;
- при любых ядерных взаимодействиях учитывать выполнение законов сохранения энергии, импульса, зарядового и массового чисел;
- при расчете энергии, выделяющейся при ядерных взаимодействиях, применять закон взаимосвязи массы и энергии.

## Основные законы и соотношения

$$W_{\phi} = h\nu_{mn} = W_m - W_n$$

– энергия  $\gamma$ -кванта, образующегося при переходе атома из состояния с энергией  $W_m$  в состояние с энергией  $W_n$ ;  $\nu_{mn}$  – частота  $\gamma$ -кванта;  $h$  – постоянная Планка.

$$A = Z + N$$

– массовое число;  $Z$  – число протонов;  $N$  – число нейтронов.

$${}^A_Z X$$

– ядро химического элемента;  $Z$  – зарядовое число;  $A$  – массовое число.

$$w_{\text{св}} = \frac{W_{\text{св}}}{A}$$

– удельная энергия связи;  $W_{\text{св}}$  – энергия связи атомного ядра;  $A$  – массовое число, равное числу нуклонов, содержащихся в ядре.

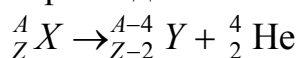
$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}$$

– дефект массы;  $Z$  – число протонов;  $m_p$  – масса протона;  $N$  – число нейтронов;  $m_n$  – масса нейтрона;  $M_{\text{я}}$  – масса атомного ядра.

$$W_{\text{св}} = \Delta mc^2$$

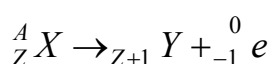
– энергия связи атомного ядра;  $\Delta m$  – дефект массы;  $c$  – скорость света.

$\alpha$ -распад:



– материнское ядро химического элемента;  $Y$  – дочернее ядро;  ${}^4_2 \text{He}$  – ядро атома гелия

$\beta$ -распад:



( $\alpha$ -частица);  ${}^0_{-1} e$  – электрон ( $\beta$ -частица).

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

– число ядра к моменту времени  $t$ ;  $N_0$  – число радиоактивных ядер в начальный момент времени;  $\lambda$  – постоянная распада;  $A$  – активность радиоактивного вещества;

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

– среднее время жизни радиоактивного ядра.

$$T \approx \frac{0,693}{\lambda} = 0,693\tau$$

– период полураспада;  $\tau$  – среднее время жизни радиоактивного ядра.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Электрон в атоме переходит с орбиты с энергией  $-8,2$  эВ на орбиту с энергией  $-4,7$  эВ. Определить энергию поглощаемого при этом кванта света.

*Ответ:* 3,5 эВ.

2. Электрон в атоме переходит с орбиты с энергией  $-4,2$  эВ на орбиту с энергией  $-7,6$  эВ. Определить энергию излучаемого фотона. Ответ привести в электрон-вольтах.

*Ответ:* 3,4 эВ.

3. Электрон в атоме находится в возбужденном состоянии. Определить его энергию, если известно, что для ионизации атома в этом состоянии необходима энергия, равная 2,4 эВ.

*Ответ:*  $-2,4$  эВ.

4. Атом водорода излучает фотон с длиной волны, равной 486 нм. Насколько при этом изменится его энергия?

*Ответ:* на 2 эВ.

5. Определить, чему равна кинетическая энергия электрона, находящегося на третьей орбите, если масса электрона равна  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, а его заряд составляет  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

*Ответ:* 1,5 эВ.

6. Чему равна частота фотона, соответствующая видимому участку спектра, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с пятой орбиты на первую?

*Ответ:*  $6,9 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ .

7. Определить, чему равны масса и импульс фотона наименьшей энергии, испускаемого атомом водорода в видимой части спектра.

*Ответ:*  $3,36 \cdot 10^{-36}$  кг,  $1,01 \cdot 10^{-27}$  кг·м/с.

8. Атом водорода испускал фотон с длиной волны, равной 656 нм. Определить, во сколько раз при этом изменился радиус орбиты электрона?

*Ответ:* в 2,25 раза.

9. Определить частоту света, излучаемого атомом водорода, если при переходе электрона с некоторой орбиты на первую радиус орбиты изменился в четыре раза.

*Ответ:*  $2,47 \cdot 10^{15}$  с<sup>-1</sup>.

10. Поверхность литиевой пластинки облучают фотонами, которые испускаются атомами водорода при переходе из состояния с энергией 0,54 эВ в состояние с энергией 3,4 эВ. Возникнет ли при этом фотоэффект, если красная граница для лития равна 520 нм?

*Ответ:* возникнет.

11. При облучении ядер алюминия-27  $\gamma$ -квантами образуются ядра магния-26. Какая частица кроме ядра магния выделяется в этой реакции?

*Ответ:*  ${}^1_1p$ .

12. При облучении ядер неизвестного химического элемента протонами образуются ядра натрия-22 и  $\alpha$ -частицы. Какие ядра облучались протонами?

*Ответ:*  ${}^{30}_{12}\text{Mg}$ .

13. Массовое число изотопа водорода трития равно трем, а его зарядовое число – 1. Во сколько раз в тритии больше нейтронов, чем протонов?

*Ответ:* в два раза.

14. Сколько протонов находится в ядре изотопа кислорода с массовым числом 17, если его зарядовое число равно восьми?

*Ответ:* 9.

15. В состав  $\alpha$ -частицы входят два протона и два нейтрона. Чему равно массовое число  $\alpha$ -частицы?

*Ответ:* 4.

16. В нейтральном атоме алюминия содержится 13 электронов. Сколько протонов содержится в ядре алюминия, если его массовое число равно 27?

*Ответ:* 13.

17. В нейтральном атоме золота содержится 79 электронов. Сколько нейтронов находится в ядре золота, если его массовое число равно 197?

*Ответ:* 118.

18. Определить, чему равен заряд двукратно ионизованного атома гелия.

*Ответ:*  $3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл.

19. Порядковый номер неона в Периодической системе химических элементов равен 10, а его массовое число равно 20. Определить, чему равен суммарный заряд всех ядер неона, содержащихся в 2 г неона.

*Ответ:*  $9,6 \cdot 10^4$  Кл.

20. Из Периодической системы химических элементов находим, что массовое и зарядовое число кальция равно соответственно 40 и 20. Определить суммарный заряд всех электронов в атоме кальция.

*Ответ:*  $-3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл.

21. Определить, какая частица  $X$  образуется в результате ядерной реакции  ${}^6_6\text{C} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^8_8\text{O} + X$ .

*Ответ:*  ${}_0^1n$  – нейтрон.

22. Баллон содержит гелий при температуре  $-73$  °С под давлением 1660 Па. Объем баллона 5 л. Чему равен суммарный заряд электронов, принадлежащих атомам этого гелия?

*Ответ:*  $-9,06 \cdot 10^3$  Кл.

23. Ядро урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$  захватывает два нейтрона и делится на два осколка:  ${}^{140}_{55}\text{Cs}$  и  ${}^{94}_{37}\text{Rb}$ . Сколько нейтронов выделяется в этой реакции?

*Ответ:* 1.

24. Ядро химического элемента  ${}^A_ZX$  испытало два  $\beta$ -распада, сопровождавшихся испусканием двух  $\gamma$ -квантов. Определить массовое и зарядовое числа нового элемента  $Y$ .

*Ответ:*  $A, Z + 2$ .

25. Серебро в Периодической системе химических элементов стоит под номером 47. Чему равен суммарный заряд всех электронов, содержащихся в 1 г серебра?

*Ответ:*  $-4,2 \cdot 10^4$  Кл.

26. Ядро изотопа урана  ${}_{92}^{238}\text{U}$  захватывает нейтрон и при этом не подвергается делению, а претерпевает два последовательных  $\beta$ -распада. Определить, какое ядро образуется при этом.

*Ответ:*  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ .

27. Ядро состоит из 92 протонов и 144 нейтронов. В результате испускания двух  $\alpha$ -частиц и одной  $\beta$ -частицы образовалось новое ядро. Сколько протонов и нейтронов оно содержит?

*Ответ:*  $p = 89, n = 140$ .

28. Неизвестное ядро  ${}^A_Z\text{X}$  испытало два  $\alpha$ -распада, сопровождавшихся испусканием двух  $\gamma$ -квантов. Найти новый элемент Y.

*Ответ:*  ${}^A_{Z+2}\text{Y}$ .

29. В какое ядро преобразуется ядро изотопа урана  ${}_{92}^{239}\text{U}$  после захвата нейтрона, если при этом оно не делится, а только претерпевает два последовательных  $\beta$ -распада?

*Ответ:*  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ .

30. Какую энергию можно получить в результате реакции деления ядер 1 г урана  ${}_{92}^{235}\text{U}$ , если при делении одного ядра выделяется  $3,2 \cdot 10^{-11}$  Дж?

*Ответ:*  $8,2 \cdot 10^{10}$  Дж.

31. При делении одного ядра урана  ${}_{92}^{235}\text{U}$  выделяется количество энергии, равное  $3,2 \cdot 10^{-11}$  Дж. Атомная электростанция расходует в сутки 235 г урана, ее КПД составляет 0,25. Определить мощность этой станции.

*Ответ:* 80 МВт.

32. Какая часть исходных радиоактивных ядер распадается за время, равное двум периодам полураспада?

*Ответ:* 1/8.

33. Имеется 1 мг полония  ${}_{84}^{210}\text{Po}$ . Сколько атомов полония распадется за 100 сут, если его период полураспада равен 140 сут, а молярная масса 210 г/моль?

*Ответ:*  $1,44 \cdot 10^{20}$ .

34. Через 100 ч после начала распада осталось  $2/3$  первоначального количества радиоактивного изотопа. Определить период его полураспада.

*Ответ:* 171 ч.

35. Во сколько раз уменьшится начальное количество некоторого радиоактивного элемента за время  $2t$ , если за промежуток времени  $t$  оно уменьшилось втрое?

*Ответ:* в девять раз.



