

1. Поток излучения первой плавильной печи через смотровое окошечко площадью  $S_1 = 8 \text{ см}^2$  составляет  $\Phi_{e1} = 94 \text{ Вт}$ . А из смотрового окошечка второй печи, имеющего площадь  $S_2 = 9 \text{ см}^2$ , излучается поток энергии  $\Phi_{e2} = 51 \text{ Вт}$ . Чему равно отношение температуры внутри первой печи к температуре внутри второй печи?

Ответ:  $n = 1,2$ .

2. Максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении фотонами,  $V_{\max} = 0,88c$ . Определить энергию фотонов.

Ответ:  $\varepsilon = 0,565 \text{ МэВ}$ .

3. Сколько квантов содержит излучение с длинами волн  $\lambda_1 = 1 \text{ мкм}$  и  $\lambda_2 = 2 \cdot 10^{-12} \text{ м}$  в потоке с энергией  $E = 0,5 \text{ Дж}$ ?

Ответ:  $N_1 = 2,52 \cdot 10^{18}$  частиц;  $N_2 = 5,04 \cdot 10^{12}$  частиц.

4. Фотон с длинной волны  $\lambda_1 = 10 \text{ пм}$  рассеялся на свободном электроне, причём угол рассеяния  $\theta = \pi/4$ . Определить длину волны рассеянного фотона и его энергию.

Ответ:  $\lambda = 10,7 \text{ пм}$ ;  $\varepsilon = 0,116 \text{ МэВ}$ .

5. Электрон обладает кинетической энергией  $T = 1,02 \text{ МэВ}$ . Во сколько раз изменится длина волны де Бройля, если его кинетическая энергия уменьшится вдвое?

Ответ:  $n = 1,63$ .

6. Длительность возбуждённого состояния атома водорода соответствует примерно  $\Delta t = 10^{-8} \text{ с}$ . Определить неопределённость энергии в этом состоянии.

Ответ:  $\Delta E \geq 6,6 \cdot 10^{-8} \text{ эВ}$ .

7. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-11} \text{ м}$  с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти наименьшее значение энергии электрона.

Ответ:  $E_{\min} = 3,7 \text{ кэВ}$ .

8. Электрон выбивается из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном с энергией  $17,7 \text{ эВ}$ . Определить скорость электрона за пределами атома.

Ответ:  $v = 1,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

9. Активность  $A$  некоторого изотопа за время  $t = 10$  суток уменьшилась на 20 %. Определить период полураспада этого изотопа.

Ответ:  $T_{1/2} = 31,4$  суток.

10. Следующую ядерную реакцию напишите в развернутом виде и определите  $X$ :  $X(t, \alpha)^{22}\text{Na}$ .

Ответ:  $^{23}_{12}\text{Mg}$ .

11. Определите удельную энергию связи для ядра  $^4_2\text{He}$ .

Ответ:  $\varepsilon_{\text{уд}} = 7,07 \text{ МэВ/нуклон}$ .

12. Ядро бора  $^{10}_5\text{B}$  захватывает нейтрон, в результате чего получается ядро лития  $^7_3\text{Li}$  и гелия. Напишите ядерную реакцию. Какая энергия высвобождается в ней?

Ответ:  $Q = 2,79 \text{ МэВ}$ .

1. Температура внутренней поверхности муфельной печи при открытом отверстии площадью  $30 \text{ см}^2$  равна  $1300 \text{ К}$ . Считая, что отверстие печи излучает как абсолютно чёрное тело, определить, какая часть мощности излучения рассеивается стенками печи, если потребляемая ей мощность составляет  $1,5 \text{ кВт}$ .

Ответ:  $n = 0,676$ .

2. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения ( $\lambda = 0,25 \text{ мкм}$ ). Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов  $U_3 = 0,96 \text{ В}$ . Определить работу выхода  $A$  электронов из металла.

Ответ:  $A_{\text{вых}} = 4 \text{ эВ}$ .

3. Определить длину волны фотонов, которые имеют такую же энергию, что и электрон, прошедший разность потенциалов  $5 \text{ В}$ .

Ответ:  $\lambda = 2,48 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

4. Определить скорость электрона отдачи при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол  $\theta = 180^\circ$ .

Ответ:  $v = 2,4 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

5. Протон обладает кинетической энергией, равной  $E = 78 \text{ эВ}$ . Определите длину волны де Бройля для протона.

Ответ:  $\lambda_B = 3,2 \text{ пм}$ .

6. Длина волны излучаемого атомом фотона составляет  $0,6 \text{ мкм}$ . Время жизни атома в возбужденном состоянии  $10^{-8} \text{ с}$ . Определите отношение естественной ширины энергетического уровня к энергии, излученной атомом.

Ответ:  $\Delta E/E \sim 3 \cdot 10^{-8}$ .

7. Частица находится во втором возбужденном состоянии ( $n = 3$ ) в одномерном потенциальном ящике шириной  $L$  с абсолютно непрозрачными стенками ( $0 < x < L$ ). Определить вероятность обнаружения частицы в средней трети ящика.

Ответ:  $w = 0,33$ .

8. В ионе лития  $Li^{++}$  электрон перешёл с четвёртого энергетического уровня на второй. Определить длину волны  $\lambda$  излучения, испущенного ионом лития.

Ответ:  $\lambda = 54 \text{ нм}$ .

9. Активность некоторого препарата уменьшается в пять раз за  $14$  дней. Определить его период полураспада.

Ответ:  $T = 6 \text{ дней}$ .

10. Радиоактивный изотоп урана  ${}_{92}^{238}\text{U}$  претерпевает последовательно  $\alpha$ -распад, два  $\beta^-$ -распада и еще два  $\alpha$ -распада. Какой изотоп образуется в результате этой серии распадов?

Ответ:  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ .

11. Определите энергию  $E$ , которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра  ${}_{11}^{23}\text{Na}$ .

Ответ:  $E = 12,41 \text{ МэВ}$ .

12. Определить энергию ядерной реакции  ${}^9_4\text{Be} (p, \alpha) {}^6_3\text{Li}$ , ядро-мишень  ${}^9_4\text{Be}$  считать неподвижным.

Ответ:  $Q = 2,13 \text{ МэВ}$ .

1. Абсолютно чёрное тело находится при температуре  $T_1 = 290$  К. При нагревании тела длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 6$  мкм. Определить температуру  $T_2$ , до которой нагрелось тело. Ответ:  $T_2 = 725$  К.

2. Работа выхода электронов с поверхности натрия равна  $A_{\text{вых}} = 2,3$  эВ. Какой длины волны свет необходимо направить, чтобы максимальная скорость электронов была равна  $1,5 \cdot 10^6$  м/с? Ответ:  $\lambda = 143$  нм.

3. Определите энергию фотона для  $\lambda_1 = 0,43$  мкм и  $\lambda_2 = 2,4$  нм.

Ответ:  $\varepsilon_1 = 2,89$  эВ;  $\varepsilon_2 = 518$  эВ.

4. Фотон при эффекте Комптона был рассеян на свободном электроном на угол  $\theta = \pi/2$ . Определить длину волны рассеянного фотона, если энергия фотона до рассеяния была  $\varepsilon_1 = 1,08$  МэВ.

Ответ:  $\lambda = 3,58 \cdot 10^{-12}$  м.

5. Электрон обладает кинетической энергией  $T = 1$  кэВ. Определите длину волны де Бройля для такого электрона. Ответ:  $\lambda_B = 38,8$  пм.

6. Определить неточность  $\Delta x$  в определении координаты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью  $v = 2,2 \cdot 10^6$  м/с, если допустимая неточность  $\Delta v$  составляет 10 % от её величины. Указать, применимо ли понятие траектории в данном случае. Ответ:  $\Delta x = 0,5$  нм.

7. Частица в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" шириной  $L$  с бесконечно высокими "стенками" находится в возбуждённом состоянии ( $n=2$ ). Определить вероятность обнаружения частицы в области  $3L/8 \leq x \leq 5L/8$ . Ответ:  $\omega = 0,091$ .

8. Определить длину волны  $\lambda$ , соответствующую второй спектральной линии в серии Пашена для атома водорода. Ответ:  $\lambda = 1,28$  мкм.

9. Определить период полураспада висмута  $^{210}_{83}\text{Bi}$ , если известно, что висмут массой  $m = 1$  г выбрасывает  $N = 4,6 \cdot 10^{15}$   $\beta$ -частиц за  $t = 1$  с. Ответ:  $T = 4,32 \cdot 10^5$  с.

10. Следующую ядерную реакцию напишите в развернутом виде и определите X:  $^{17}\text{O} (d, n) X$ .

Ответ:  $^{18}_9\text{F}$ .

11. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить ядро  $^4_2\text{He}$  на две одинаковые части.

Ответ:  $E = 23,85$  МэВ.

12. Найти энергию ядерных реакций: 1)  $^3_1\text{H} (p, \gamma) ^4_2\text{He}$ , 2)  $^2_1\text{H} (d, \gamma) ^4_2\text{He}$ . Выделяется или поглощается энергия в этих реакциях? Ответ:  $Q_1 = 19,81$  МэВ;  $Q_2 = 23,85$  МэВ.

2013\_\_зМПТ-13-1\_\_Данилкин Д.Ю.

1. Определить температуру тела, при которой оно при температуре окружающей среды  $t_0 = 23^\circ\text{C}$  излучает в 10 раз больше энергии, чем поглощает. Ответ:  $T = 526\text{ K}$ .

2. Работа выхода для цинка  $A_{\text{вых}} = 3,74\text{ эВ}$ . Возникает ли фотоэффект под действием излучения, имеющего длину волны  $\lambda = 0,5\text{ мкм}$ ? Ответ:  $\lambda_{\text{max}} = 0,33\text{ мкм}$ ;  $\lambda > \lambda_{\text{max}} \Rightarrow$  нет.

3. Длина волны излучения  $\lambda = 5,4 \cdot 10^{-12}\text{ м}$ . Определить количество квантов, содержащихся в потоке излучения с энергией  $\epsilon = 127\text{ кДж}$ . Ответ:  $N = 3,45 \cdot 10^{18}$  частиц.

4. На какой угол был рассеян фотон с энергией  $\epsilon_1 = 1,36\text{ МэВ}$  на свободном электроны, если кинетическая энергия отдачи электрона составляет  $T_e = 0,68\text{ МэВ}$ . Ответ:  $\theta \approx 51^\circ$ .

5. Найдите длину волны де Бройля электрона, движущегося со скоростью  $V = 0,3 \cdot c$ , где  $c$  – скорость света.

Ответ:  $\lambda_B = 7,7 \cdot 10^{-12}\text{ м}$ .

6. Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии составляет около  $10^{-8}\text{ с}$ . При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон, средняя длина волны которого равна  $400\text{ нм}$ . Оценить относительную ширину  $\Delta E/E$  излучаемой спектральной линии, если не происходит уширения линии за счет других процессов. Ответ:  $\Delta E/E \sim 2 \cdot 10^{-8}$ .

7. Электрон находится в бесконечно глубоком одномерном прямоугольном потенциальном ящике шириной  $l$ . Вычислите вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=2$ ), будет обнаружен в средней трети ящика. Ответ:  $\omega = 0,195$ .

8. Вычислить постоянную Ридберга  $R'$ , если известно, что для ионов гелия  $He^+$  разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана  $\Delta\lambda = 133,7\text{ нм}$ . Ответ:  $R' = 1,097 \cdot 10^7\text{ м}^{-1}$ .

9. Определить, сколько ядер радиоактивного изотопа висмута  ${}^{210}_{83}Bi$  массой  $m = 1\text{ мг}$  распадется в течение  $t = 35$  часов. Период полураспада  $T_{1/2} = 5,02$  суток. Ответ:  $\Delta N = 5,23 \cdot 10^{17}$ .

10. Определите, с каким атомным ядром была осуществлена реакция  $X + {}^1_0n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3 {}^1_0n$ .

Ответ:  ${}^{235}_{92}U$ .

11. Энергия связи ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона, равна  $7,72\text{ МэВ}$ . Определите массу нейтрального атома, имеющего это ядро. Ответ:  $m_A = 3,01603\text{ а.е.м.}$

12. Ядро атома лития  ${}^7_3Li$  бомбардируются протонами, кинетическая энергия которых  $1,4\text{ МэВ}$ . Образующиеся при этом две  $\alpha$ -частицы летят с одинаковой скоростью. Определите кинетическую энергию каждой  $\alpha$ -частицы. Ответ:  $T = 9,37\text{ МэВ}$ .

1. Найти, какое количество энергии в 1 с излучает абсолютно чёрное тело с поверхности площадью  $1 \text{ см}^2$ , если известно, что максимальная спектральная плотность его энергетической светимости приходится на длину волны  $484 \text{ нм}$ .  
 Ответ:  $\Delta E = 7,3 \text{ кДж}$ .

2. Какой частоты свет следует направить на поверхность никеля, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна  $v_{\text{max}} = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ? Работа выхода для никеля равна  $A_{\text{вых}} = 4,84 \text{ эВ}$ .

Ответ:  $\nu = 7,36 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ .

3. Определить энергетическую освещённость (облучённость)  $E_e$  зеркальной поверхности, если давление  $p$ , производимое излучением, равно  $P = 80 \text{ мкПа}$ . Излучение падает нормально к поверхности.

Ответ:  $E_e = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2$ .

4. Длина волны  $\lambda$  фотона равна комптоновской длине  $\lambda_c$  электрона. Фотон рассеялся на свободном электроне на угол  $\theta = 60^\circ$ . Определить энергию и скорость электрона отдачи.

Ответ:  $\varepsilon = 0,17 \text{ МэВ}$ ,  $v = 1,99 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

5. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов  $U = 511 \text{ кВ}$ . Найдите длину волны де Бройля для этого электрона.  
 Ответ:  $\lambda_B = 1,4 \text{ пм}$ .

6. Неопределённость скорости электронов, движущихся вдоль оси абсцисс, составляет  $\Delta v = 100 \text{ м/с}$ . Какова при этом неопределённость координаты  $\Delta x$ , определяющей местоположение электрона?

Ответ:  $\Delta x = 1,15 \text{ мкм}$ .

7. Электрон в одномерной прямоугольной “потенциальной яме” шириной  $L$  с бесконечно высокими “стенками” находится в возбуждённом состоянии ( $n=4$ ). Определите вероятность обнаружения электрона в первой четверти “ямы”.  
 Ответ:  $\omega = 0,25$ .

8. Найти энергию ионизации водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна  $108,5 \text{ нм}$ .  
 Ответ:  $E_i = 54,4 \text{ эВ}$ .

9. Определите период полураспада  $T_{1/2}$  радиоактивного изотопа, если  $5/8$  начального количества ядер этого изотопа распалось за время  $t = 849 \text{ с}$ .  
 Ответ:  $T_{1/2} = 10 \text{ мин}$ .

10. Следующую ядерную реакцию напишите в развернутом виде и определите  $X$ :  $^{27}_{11}\text{Al} (\alpha, n) X$ .

Ответ:  $^{30}_{15}\text{P}$ .

11. Определите энергию связи для ядра атома  $^{23}_{11}\text{Na}$ .

Ответ:  $E_{\text{св}} = 186,56 \text{ МэВ}$ .

12. Определить энергию ядерной реакции  $^9_4\text{Be} (n, \gamma) ^{10}_4\text{Be}$ , если известно, что энергия связи ядра  $^9_4\text{Be}$   $E_1 = 58,16 \text{ МэВ}$ , а ядра  $^{10}_4\text{Be}$   $E_2 = 64,98 \text{ МэВ}$ .  
 Ответ:  $Q = 6,82 \text{ МэВ}$ .

1. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при температуре 0 °С? Чему равна энергетическая светимость тела при этой температуре?

Ответ:  $\lambda_m = 10,6$  мкм;  $R_e = 315$  Вт/м<sup>2</sup>.

2. Определить максимальную скорость  $V_{\max}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла под действием  $\gamma$ -излучения с длиной волны  $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-11}$  м.

Ответ:  $V_{\max} = 2,68 \cdot 10^8$  м/с.

3. На поверхность площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup> падает каждую секунду пучок фотонов в количестве  $n = 10^{18}$  с<sup>-1</sup>. Длина волны падающего света  $\lambda = 500$  нм. Определить световое давление на поверхность, если коэффициент отражения  $\rho = 0,7$ .

Ответ:  $p = 2,25$  мкПа.

4. Фотон при эффекте Комптона рассеялся на свободном электроне на угол  $\pi/4$ . Определить энергию падающего фотона, если длина волны рассеянного фотона  $\lambda_2 = 11,3$  пм.

Ответ:  $\epsilon_1 = 0,12$  МэВ.

5. Найдите длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, обладающего кинетической энергией  $E_k = 3$  МэВ.

Ответ:  $\lambda = 0,36$  пм.

6. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером  $L = 0,20$  нм.

Ответ:

$T_{\min} \approx 1$  эВ.

7. В прямоугольной "потенциальной яме" шириной  $L$  с абсолютно непроницаемыми "стенками" находится частица в основном состоянии. Найти вероятность нахождения этой частицы в области  $L/4 < x < 3L/4$ . Поясните физический смысл полученного результата, изобразив графически плотность вероятности обнаружения частицы в данном состоянии.

Ответ:  $\omega = 0,818$ .

8. Фотон с энергией  $E = 12,12$  эВ, поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определить главное квантовое число этого состояния.

Ответ:  $n = 3$ .

9. Сколько атомов полония распадется за сутки из 1 млн. атомов? Период полураспада полония  $T_{1/2} = 138$  дней.

Ответ:  $\Delta N = 5 \cdot 10^3$  атомов.

10. В результате серии радиоактивных распадов нептуний  ${}_{93}^{237}\text{Np}$  превращается в висмут  ${}_{83}^{209}\text{Bi}$ . Какое количество  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -распадов он испытывает при этом?

Ответ: 7  $\alpha$  и 4  $\beta^-$ .

11. Определите удельную энергию связи для ядра  ${}_{6}^{12}\text{C}$ .

Ответ:  $\epsilon_{\text{уд}} = 7,68$  МэВ/нуклон.

12. Определите, какая энергия необходима, чтобы разделить ядро  ${}_{4}^9\text{Be}$  на две  $\alpha$ -частицы и нейтрон.

Ответ:  $Q = 1,57$  МэВ.

2013\_\_зМПТ-13-1\_\_Кораблева А.В.

1. Абсолютно чёрное тело находится при температуре  $T_1 = 2900$  К. При остывании тела длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 4$  мкм. Определить температуру  $T_2$ , до которой охладилось тело. Ответ:  $T_2 = 580$  К.
2. При фотоэффекте с поверхности платины величина задерживающего потенциала оказалось равной 0,8 В. Вычислить длину волны используемого света, если работа выхода  $A_{\text{вых}} = 5,29$  эВ. Ответ:  $\lambda = 204$  нм.
3. Монохроматический пучок света ( $\lambda = 0,58$  мкм) падает нормально на поверхность с коэффициентом отражения  $\rho = 0,7$ . определить число фотонов, ежесекундно падающих на  $1 \text{ см}^2$  этой поверхности, если давление света на эту поверхность  $p = 1,2$  мкПа. Ответ:  $n = 6,2 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$ .
4. Определить угол  $\theta$ , на который был рассеян фотон с энергией  $\epsilon_1 = 1,43$  МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи  $T_e = 0,55$  МэВ. Ответ:  $\theta \approx 39^\circ$ .
5. Определить длину волны де Бройля  $\lambda_B$  для электронов, бомбардирующих антикатод рентгеновской трубки, если граница сплошного рентгеновского спектра приходится на длину волны  $\lambda = 3$  нм. Ответ:  $\lambda_B = 0,06$  нм.
6. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, движущегося в области, размер которой  $L = 10^{-10}$  м. Ответ:  $T_{\min} = 3,8$  эВ.
7. Найти наименьшее значение энергии нейтрона, находящегося в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-15}$  м. Ответ:  $E_{\min} = 3,26 \cdot 10^{-11}$  Дж.
8. У какого водородоподобного иона разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана равна 59,3 нм? Ответ:  $Z = 3, Li^{++}$ .
9. Препарат  $U^{238}$  массы 1,0 г излучает  $\Delta N = 1,24 \cdot 10^4$   $\alpha$ -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата. Ответ:  $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  лет;  $A = 1,24 \cdot 10^4$  расп./с.
10. Определите, с каким атомным ядром была осуществлена реакция  $X + {}^{243}_{95}Am \rightarrow {}^{256}_{103}Lr + 5 {}^1_0n$ . Ответ:  ${}^{18}_8O$ .
11. Определите энергию связи для ядра атома свинца  ${}^{206}_{82}Pb$ . Ответ:  $E_{\text{св}} = 1,622$  ГэВ.
12. При соударении  $\gamma$ -кванта с дейтроном, последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию  $\gamma$ -кванта, способного вызвать такое расщепление. Ответ:  $T_\gamma = 2,22$  МэВ.

2013\_\_зМПТ-13-1\_\_Матвиенков Л.В.

1. Энергетическая светимость абсолютно черного тела  $R_e = 10 \text{ кВт/м}^2$ . Определить длину волны, которая соответствует максимуму спектральной плотности энергетической светимости этого тела.

Ответ:  $\lambda_m = 4,48 \text{ мкм}$ .

2. Фотоэффект происходит под действием излучения с  $\lambda = 0,09 \text{ мкм}$ . Определить работу выхода электронов из металла, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов  $U_3 = 3,8 \text{ В}$ .

Ответ:  $A_{\text{вых}} = 10 \text{ эВ}$ .

3. Определите длину волны фотона, обладающего энергией  $2,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . К какой части спектра принадлежит эта длина волны?

Ответ:  $\lambda = 0,796 \text{ мкм}$ ; красная часть видимого спектра.

4. Фотон с длиной волны  $\lambda_1 = 2,04 \text{ пм}$  был рассеян на свободном электроны, кинетическая энергия отдачи которого составила  $T = 0,103 \text{ МэВ}$ . Определить угол рассеяния фотона.

Ответ:  $\theta \approx 34^\circ$ .

5. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 200 \text{ В}$ , имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 2 \text{ пм}$ . Найдите массу частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.

Ответ:  $m = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

6. Электрон с кинетической энергией  $T = 4 \text{ эВ}$  локализован в области размером  $\ell = 1 \text{ мкм}$ . Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

Ответ:  $\Delta v/v \sim 10^{-4}$ .

7. Волновая функция  $\Psi(x) = (2/L)^{1/2} \sin(\pi x/L)$  описывает основное состояние частицы в бесконечно глубоком прямоугольном ящике шириной  $L$ . Вычислите вероятность нахождения частицы в малом интервале  $\Delta L = 0,01L$  в средней части ящика  $(L-\Delta L)/2 \leq x \leq (L+\Delta L)/2$ . Поясните физический смысл полученного результата, изобразив графически плотность вероятности обнаружения частицы в данном состоянии.

Ответ:  $\omega = 0,02$ .

8. Определить энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Лаймана.

Ответ:  $10,2 \text{ эВ}$ .

9. Найти массу радона, активность которого равна  $1 \text{ Кюри} = 3,7 \cdot 10^7 \text{ расп/с}$ . Период полураспада радона  $T_{1/2} = 3,8 \text{ дня}$ .

Ответ:  $m = 6,5 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$ .

10. Следующую ядерную реакцию напишите в развернутом виде и определите  $X$ :  $X(\alpha, p)^{17}\text{O}$ .

Ответ:  $^{14}_7\text{N}$ .

11. Определите, какая необходима энергия, чтобы разделить ядро  $^{12}_6\text{C}$  на три  $\alpha$ -частицы.

Ответ:  $E = 7,27 \text{ МэВ}$ .

12. Определить суммарную кинетическую энергию ядер, образовавшихся в результате реакции  $(d, \alpha)^{11}_5\text{B}$ , если кинетическая энергия дейтрона равна  $1,5 \text{ МэВ}$ . Ядро-мишень считать неподвижным.

$^{13}_6\text{C}$

Ответ:  $T = 6,67 \text{ МэВ}$ .



1. Абсолютно чёрное тело имеет температуру  $T_1 = 500$  К. Какова будет температура  $T_2$  тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в  $n = 5$  раз. Ответ:  $T_2 = 748$  К.

2. Определить максимальную скорость фотоэлектронов и красную границу фотоэффекта, если электроны вырываются с поверхности никеля ультрафиолетовым излучением с длиной волны  $0,2$  мкм. Работа выхода  $A_{\text{вых}} = 5$  эВ. Ответ:  $V_{\text{max}} = 6,5 \cdot 10^5$  м/с;  $\lambda_{\text{max}} = 248$  нм.

3. Давление света на абсолютно чёрную поверхность, расположенную перпендикулярно лучам с длиной волны  $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$  м, равно  $p = 10$  мкПа. Найти число фотонов  $N$ , падающих за  $t = 1$  с на  $S = 1$  см<sup>2</sup> этой поверхности. Ответ:  $N = 7,55 \cdot 10^{17}$ .

4. Определить энергию, приходящуюся на электрон отдачи при эффекте Комптона, если рассеяние фотона происходит на угол  $\theta = \pi/3$ ? Энергия фотона до рассеяния  $\epsilon_1 = 0,46$  МэВ. Ответ:  $T_e = 0,14$  МэВ.

5. При какой скорости  $V$  электрона его дебройлевская длина волны будет равна: 1) 650 нм, 2) 3 пм?

Ответ:  $V_1 = 1,1 \cdot 10^3$  м/с,  $V_2 = 1,9 \cdot 10^8$  м/с.

6. Электрон с кинетической энергией  $T = 15$  эВ находится в металлической пылинке диаметром  $d = 0,5$  мкм. Оценить относительную неточность  $\Delta v/v$ , с которой может быть определена скорость электрона.

Ответ:  $\Delta v/v \sim 10^{-4}$ .

7. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-12}$  м. Определите наименьшую разность двух соседних энергетических уровней. Ответ:  $\Delta E_{\text{min}} = 1,1$  МэВ.

8. Определить длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестого энергетического уровня на второй. К какой серии относится эта линия и какая она по счёту в этой серии? Ответ:  $\lambda = 0,41$  мкм; 4-ая линия серии Бальмера.

9. Определить постоянную  $\lambda$  радиоактивного распада стронция  $^{90}_{38}\text{Sr}$ . Какая доля от первоначального числа атомов распадается за 10 лет? Период полураспада 28 лет. Ответ:  $\lambda = 7,85 \cdot 10^{-10}$  с<sup>-1</sup>; 22%.

10. Ядра радиоактивного изотопа радона  $^{219}_{86}\text{Rn}$  претерпевают последовательно два  $\alpha$ -распада, два  $\beta^-$ -распада и опять  $\alpha$ -распад. Определите конечный продукт распада. Ответ:  $^{207}_{82}\text{Pb}$ .

11. Определите энергию  $E$ , которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра  $^4_2\text{He}$ .

Ответ:  $E = 20,58$  МэВ.

12. Ядро атома лития  $^6_3\text{Li}$ , захватывая дейтрон, распадается на две  $\alpha$ -частицы. Написать ядерную реакцию и определить энергию, выделяющуюся при этой реакции. Ответ:  $Q = 22,38$  МэВ.

1. Мощность излучения абсолютно чёрного тела равна  $10^5$  кВт. Найти площадь излучающей поверхности тела, если известно, что длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, равна  $7 \cdot 10^{-5}$  см. Ответ:  $S = 6 \text{ м}^2$ .

2. Какую максимальную скорость могут получить вырванные из калия электроны при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 0,2 \text{ мкм}$ ? Работа выхода для калия равна  $A_{\text{вых}} = 2 \text{ эВ}$ .

Ответ:  $v_{\text{max}} = 1,22 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

3. Найти длину волны и частоту излучения, если энергия фотонов равна энергии покоя электрона. Какого типа это излучение? Ответ:  $\lambda = 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ ,  $\nu = 1,2 \cdot 10^{20} \text{ Гц}$ ,  $\gamma$ -излучение.

4. Фотон рассеялся на свободном электроны, изменение длины составляет  $\Delta\lambda = 1,44 \text{ пм}$ . Определить угол рассеяния фотона. Ответ:  $\theta \approx 66^\circ$ .

5. Определите, при каком числовом значении кинетической энергии  $T$  длина волны де Бройля электрона равна его комптоновской длине волны  $\lambda_c = h/mc$ . Ответ:  $T = 0,212 \text{ МэВ}$ .

6. Определить неточность  $\Delta x$  в определении координаты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью  $v = 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ , если допускаемая неточность  $\Delta v$  составляет 10 % от её величины. Указать, применимо ли понятие траектории в данном случае. Ответ:  $\Delta x = 0,5 \text{ нм}$ .

7. Нейтрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-10} \text{ м}$  с абсолютно непроницаемыми стенками. Найдите наименьшую разность двух соседних энергетических уровней нейтрона. Ответ:  $\Delta E_{\text{min}} = 0,062 \text{ эВ}$ .

8. Во сколько раз изменится период вращения электрона в атоме водорода, если при переходе в основное состояние атом излучал фотон с длиной волны  $\lambda = 97,5 \text{ нм}$ ? Ответ: в 64 раза.

9. Найти активность 1г радия, если его период полураспада  $T_{1/2} = 1620 \text{ лет}$ . Ответ:  $A = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп./с}$ .

10. Определите, с каким атомным ядром была осуществлена реакция  $X + {}^1_0n \rightarrow {}^{104}_{42}\text{Mo} + {}^{132}_{50}\text{Sn} + 3 {}^1_0n$ .

Ответ:  ${}^{238}_{92}\text{U}$ .

11. Определите удельную энергию связи для ядер  ${}^2_1\text{H}$  и  ${}^3_1\text{H}$ .

Ответ:  $\epsilon_{\text{уд1}} = 1,11 \text{ МэВ/нуклон}$ ;  $\epsilon_{\text{уд2}} = 2,82 \text{ МэВ/нуклон}$ .

12. Найти энергию ядерных реакций: 1)  ${}^3_1\text{H} (p, \gamma) {}^4_2\text{He}$ , 2)  ${}^2_1\text{H} (d, \gamma) {}^4_2\text{He}$ . Выделяется или поглощается энергия в этих реакциях? Ответ:  $Q_1 = 19,81 \text{ МэВ}$ ;  $Q_2 = 23,85 \text{ МэВ}$ .

1. Сколько энергии излучает абсолютно черное тело за время  $t = 2$  с, площадь светящейся поверхности которого  $S = 3 \text{ см}^2$ , если максимум энергии в его спектре излучения приходится на длину волны  $\lambda_m = 750 \text{ нм}$ ?

Ответ:  $\Delta E = 7,6 \text{ кДж}$ .

2. На поверхность калия падает ультрафиолетовый свет с длиной волны  $\lambda = 0,04 \text{ мкм}$ . Определить величину задерживающей разности потенциалов, которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы фототок прекратился. Работа выхода  $A_{\text{вых}} = 2 \text{ эВ}$ .

Ответ:  $U_3 = 29 \text{ В}$ .

3. Определить коэффициент отражения  $\rho$  поверхности, площадью  $S = 10^{-2} \text{ м}^2$ , если при мощности излучения  $N = 12 \text{ Вт}$  давление света на эту поверхность оказалось  $p = 7,02 \text{ мкПа}$ .

Ответ:  $\rho = 0,755$ .

4. В результате эффекта Комптона на свободном электроне фотон был рассеян на угол  $\pi/3$ . Энергия фотона до рассеяния была  $\epsilon_1 = 0,59 \text{ МэВ}$ . Определить длину волны рассеянного фотона.

Ответ:  $\lambda_2 = 3,3 \text{ пм}$ .

5. Электрон обладает кинетической энергией  $T = 1 \text{ кэВ}$ . Определите длину волны де Бройля для такого электрона.

Ответ:  $\lambda_5 = 38,8 \text{ пм}$ .

6. Неопределённость скорости электронов, движущихся вдоль оси абсцисс, составляет  $\Delta v = 100 \text{ м/с}$ . Какова при этом неопределённость координаты  $\Delta x$ , определяющей местоположение электрона?

Ответ:  $\Delta x = 1,15 \text{ мкм}$ .

7. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-11} \text{ м}$  с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти наименьшее значение энергии электрона.

Ответ:  $E_{\min} = 3,7 \text{ кэВ}$ .

8. В ионе лития  $Li^{++}$  электрон перешёл с четвёртого энергетического уровня на второй. Определить длину волны  $\lambda$  излучения, испущенного ионом лития.

Ответ:  $\lambda = 54 \text{ нм}$ .

9. Сколько  $\alpha$ -частиц выбрасывает торий  ${}_{90}^{232}Th$  массой  $m = 1 \text{ кг}$  за  $t = 1$  год? Период полураспада тория  $T_{1/2} = 1,39 \cdot 10^4$  лет.

Ответ:  $N_\alpha = 1,29 \cdot 10^{20}$ .

10. Радиоактивный изотоп радия  ${}_{88}^{225}Ra$  претерпевает последовательно  $\beta^-$ -распад, четыре  $\alpha$ -распада и еще два  $\beta^-$ -распада. Какой изотоп образуется в результате этой серии распадов?

Ответ:  ${}_{83}^{209}Bi$ .

11. Определите удельную энергию связи для ядер  ${}^2_1H$  и  ${}^3_1H$ .

Ответ:  $\epsilon_{\text{уд1}} = 1,11 \text{ МэВ/нуклон}$ ;  $\epsilon_{\text{уд2}} = 2,82 \text{ МэВ/нуклон}$ .

12. Определить энергию ядерной реакции  ${}^9_4Be(n, \gamma){}^{10}_4Be$ , если известно, что энергия связи ядра  ${}^9_4Be$   $E_1 = 58,16 \text{ МэВ}$ , а ядра  ${}^{10}_4Be$   $E_2 = 64,98 \text{ МэВ}$ .

Ответ:  $Q = 6,82 \text{ МэВ}$ .

## 2013\_\_зМПТ-13-1\_\_Резерв\_1

1. Чему равно отношение потоков энергии, излучаемых из смотровых окошек двух плавильных печей, если внутри первой печи поддерживается температура  $T_1 = 1100$  К и площадь ее смотрового окошечка составляет  $S_1 = 8 \text{ см}^2$ , а температура внутри второй печи  $T_2 = 1000$  К и площадь смотрового окошечка  $S_2 = 9 \text{ см}^2$ ?

Ответ:  $n = 1,3$ .

2. На цинковую пластину ( $A_{\text{вых}} = 3,74$  эВ) направлен монохроматический пучок света. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов  $U_3 = 2$  В. Определить длину волны  $\lambda$  света, падающего на пластину.

Ответ:  $\lambda = 2,16 \cdot 10^{-7}$  м.

3. На поверхность, площадь которой  $S = 0,01 \text{ м}^2$  ежеминутно падает  $E = 63$  Дж световой энергии (в направлении, перпендикулярном поверхности). Вычислить световое давление на эту поверхность, если она: а) полностью отражает свет; б) полностью поглощает свет.

Ответ:  $P_a = 7 \cdot 10^{-7}$  Па;  $P_6 = 3,5 \cdot 10^{-7}$  Па.

4. Фотон с длиной волны  $\lambda_1 = 4,3$  пм рассеялся на свободном электроны. Угол рассеяния составил  $\pi/2$ . Определить энергию рассеянного фотона и энергию, приходящуюся на электрон отдачи.

Ответ:  $\epsilon' = 0,185$  МэВ;  $T_e = 0,106$  МэВ.

5. Найдите длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, обладающего кинетической энергией  $E_k = 3$  МэВ.

Ответ:  $\lambda = 0,36$  пм.

6. Электрон с кинетической энергией  $T = 4$  эВ локализован в области размером  $\ell = 1$  мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

Ответ:  $\Delta v/v \sim 10^{-4}$ .

7. Электрон в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" шириной  $L$  с бесконечно высокими "стенками" находится в возбужденном состоянии ( $n=4$ ). Определите вероятность обнаружения электрона в первой четверти "ямы".

Ответ:  $\omega = 0,25$ .

8. Определить энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Лаймана.

Ответ:  $10,2$  эВ.

9. Найти активность 1 г радона  $^{222}_{86}\text{Rn}$ . Период полураспада  $3,823$  дня.

Ответ:  $A = 5,69 \cdot 10^{15}$  расп/с.

10. Ядра радиоактивного изотопа тория  $^{232}_{90}\text{Th}$  претерпевают последовательно  $\alpha$ -распад, два  $\beta^-$ -распада и опять  $\alpha$ -распад. Определите конечный продукт распада.

Ответ:  $^{224}_{88}\text{Ra}$ .

11. Определите энергию  $E$ , которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра  $^{23}_{11}\text{Na}$ .

Ответ:  $E = 12,41$  МэВ.

12. Ядро атома лития  $^6_3\text{Li}$ , захватывая дейтрон, распадается на две  $\alpha$ -частицы. Написать ядерную реакцию и определить энергию, выделяющуюся при этой реакции.

Ответ:  $Q = 22,38$  МэВ.

## 2013\_\_зМПТ-13-1\_\_Резерв\_2

1. Чёрное тело нагрели от температуры  $T_1 = 600 \text{ K}$  до температуры  $T_2 = 2400 \text{ K}$ . Определите, во сколько раз увеличилась энергетическая светимость тела и на сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости? Ответ:  $n = 256$ ;  $\Delta\lambda = -3,63 \text{ мкм}$ .

2. При исследовании фотоэффекта с поверхности натрия были получены данные: при частоте излучения  $\nu_1 = 6,92 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$  задерживающий потенциал  $U_1 = 1,02 \text{ В}$ , а при частоте излучения  $\nu_2 = 7,41 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$  задерживающий потенциал  $U_2 = 1,22 \text{ В}$ . Используя эти данные, определить значение постоянной Планка.

Ответ:  $h = 5,9 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ .

3. Давление света с длиной волны  $\lambda = 600 \text{ нм}$ , падающего нормально на чёрную поверхность,  $P = 3 \text{ кПа}$ . Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 20 \text{ сек}$  на площадь  $S = 1 \text{ мм}^2$  этой поверхности.

Ответ:  $N = 5,43 \cdot 10^{25}$ .

4. Какая часть энергии падающего фотона приходится на электрон отдачи при комптоновском эффекте, если рассеяние фотона произошло на угол  $\pi/6$ . Длина волны падающего фотона  $\lambda_1 = 12 \text{ пм}$ . Ответ:  $T/\varepsilon_1 = 0,03$ .

5. Электрон обладает кинетической энергией  $T = 1,02 \text{ МэВ}$ . Во сколько раз изменится длина волны де Бройля, если его кинетическая энергия уменьшится вдвое? Ответ:  $n = 1,63$ .

6. Электрон с кинетической энергией  $T = 15 \text{ эВ}$  находится в металлической пылинке диаметром  $d = 0,5 \text{ мкм}$ . Оценить относительную неточность  $\Delta v/v$ , с которой может быть определена скорость электрона.

Ответ:  $\Delta v/v \sim 10^{-4}$ .

7. Нейтрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-10} \text{ м}$  с абсолютно непроницаемыми стенками. Найдите наименьшую разность двух соседних энергетических уровней нейтрона. Ответ:  $\Delta E_{\min} = 0,062 \text{ эВ}$ .

8. Вычислить постоянную Ридберга  $R'$ , если известно, что для ионов гелия  $\text{He}^+$  разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана  $\Delta\lambda = 133,7 \text{ нм}$ . Ответ:  $R' = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

9. Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа  $^{14}\text{C}$  у них составляет 0,6 удельной активности этого изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ядер  $^{14}\text{C}$   $T_{1/2} = 5570 \text{ лет}$ . Ответ:  $t = 4,1 \cdot 10^3 \text{ лет}$ .

10. В результате серии радиоактивных распадов радий  $^{223}_{88}\text{Ra}$  превращается в свинец  $^{207}_{82}\text{Pb}$ . Какое количество  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -распадов он испытывает при этом? Ответ:  $4 \alpha$  и  $2 \beta^-$ .

11. Определите, какая необходима энергия, чтобы разделить ядро  $^{12}_6\text{C}$  на три  $\alpha$ -частицы.

Ответ:  $E = 7,27 \text{ МэВ}$ .

12. Ядро бора  $^{10}_5\text{B}$  захватывает нейтрон, в результате чего получается ядро лития  $^7_3\text{Li}$  и гелия. Напишите ядерную реакцию. Какая энергия высвобождается в ней? Ответ:  $Q = 2,79 \text{ МэВ}$ .

### 2013\_\_зМПТ-13-1\_\_Резерв\_3

1. Муфельная печь, потребляющая мощность 1 кВт, имеет отверстие площадью  $40 \text{ см}^2$ . Определить долю мощности, рассеиваемой стенками печи, если температура ее внутренней поверхности равна 1200 К. Считать, что отверстие печи излучает как абсолютно черное тело. Ответ:  $n = 0,53$ .

2. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,08 \text{ мкм}$ . Красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 0,3 \text{ мкм}$ . Найти значение задерживающей разности потенциалов  $U_3$ , которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок. Ответ:  $U_3 = 11,38 \text{ В}$ .

3. Определите энергию фотонов для: 1) красного света ( $\nu_1 = 4,1 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ ); 2) инфракрасного излучения ( $\nu_2 = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$ ). Ответ:  $\epsilon_1 = 1,7 \text{ эВ}$ ;  $\epsilon_2 = 0,1 \text{ эВ}$ .

4. На какой угол был рассеян фотон с энергией  $\epsilon_1 = 1,36 \text{ МэВ}$  на свободном электроны, если кинетическая энергия отдачи электрона составляет  $T_e = 0,68 \text{ МэВ}$ . Ответ:  $\theta \approx 51^\circ$ .

5. Определить длину волны де Бройля  $\lambda_B$  для электронов, бомбардирующих антикатод рентгеновской трубки, если граница сплошного рентгеновского спектра приходится на длину волны  $\lambda = 3 \text{ нм}$ .

Ответ:  $\lambda_B = 0,06 \text{ нм}$ .

6. Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии составляет около  $10^{-8} \text{ с}$ . При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон, средняя длина волны которого равна 400 нм. Оценить относительную ширину  $\Delta E/E$  излучаемой спектральной линии, если не происходит уширения линии за счет других процессов. Ответ:  $\Delta E/E \sim 2 \cdot 10^{-8}$ .

7. Найти наименьшее значение энергии нейтрона, находящегося в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-15} \text{ м}$ . Ответ:  $E_{\min} = 3,26 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$ .

8. Определить длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестого энергетического уровня на второй. К какой серии относится эта линия и какая она по счёту в этой серии? Ответ:  $\lambda = 0,41 \text{ мкм}$ ; 4-ая линия серии Бальмера.

9. Найти постоянную распада радона, если известно, что число атомов уменьшается за сутки на 18,2 %.

Ответ:  $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ .

10. В результате серии радиоактивных распадов торий  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  превращается в таллий  ${}_{81}^{206}\text{Tl}$ . Какое количество  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -распадов он испытывает при этом? Ответ: 7  $\alpha$  и 5  $\beta^-$ .

11. Энергия связи ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона, равна 7,72 МэВ. Определите массу нейтрального атома, имеющего это ядро. Ответ:  $m_A = 3,01603 \text{ а.е.м.}$

12. Ядро атома лития  ${}^7_3\text{Li}$  бомбардируются протонами, кинетическая энергия которых 1,4 МэВ. Образующиеся при этом две  $\alpha$ -частицы летят с одинаковой скоростью. Определите кинетическую энергию каждой  $\alpha$ -частицы. Ответ:  $T = 9,37 \text{ МэВ}$ .

1. Абсолютно черное тело нагрето до температуры 227 °С. После понижения температуры суммарная мощность его теплового излучения уменьшилась в 3 раза. На сколько градусов понизилась температура тела?

Ответ:  $\Delta T = 120$  К.

2. Работа выхода электрона с поверхности цезия равна  $A_{\text{вых}} = 1,89$  эВ. С какой скоростью вылетают электроны из цезия, если металл освещён жёлтым светом с длиной волны  $\lambda = 0,589$  мкм?

Ответ:  $v_{\text{max}} = 2,76 \cdot 10^5$  м/с.

3. Электрическая лампа рассчитана на мощность  $N = 45$  Вт. Вычислить давление лучистой энергии на зеркальную поверхность с коэффициентом отражения  $\rho = 1$ , расположенную нормально к падающим лучам на расстоянии  $r = 1$  м от лампы.

Ответ:  $p = 24$  нПа.

4. Определить угол  $\theta$ , на который был рассеян фотон с энергией  $\epsilon_1 = 1,43$  МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи  $T_e = 0,55$  МэВ.

Ответ:  $\theta \approx 39^\circ$ .

5. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов  $U = 511$  кВ. Найдите длину волны де Бройля для этого электрона.

Ответ:  $\lambda_b = 1,4$  пм.

6. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером  $L = 0,20$  нм.

Ответ:

$T_{\text{min}} \approx 1$  эВ.

7. В прямоугольной "потенциальной яме" шириной  $L$  с абсолютно непроницаемыми "стенками" находится частица в основном состоянии. Найти вероятность нахождения этой частицы в области  $L/4 < x < 3L/4$ . Поясните физический смысл полученного результата, изобразив графически плотность вероятности обнаружения частицы в данном состоянии.

Ответ:  $\omega = 0,818$ .

8. Электрон выбивается из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном с энергией 17,7 эВ. Определить скорость электрона за пределами атома.

Ответ:  $v = 1,2 \cdot 10^6$  м/с.

9. Вычислить удельные активности изотопов иридия  $^{192}\text{Ir}$  и урана  $^{235}\text{U}$ , периоды полураспада которых равны соответственно 75 суток и  $7,1 \cdot 10^8$  лет.

Ответ:  $A_{\text{уд1}} = 3,35 \cdot 10^{17}$  расп/с·кг;  $A_{\text{уд2}} = 7,93 \cdot 10^7$  расп/с·кг.

10. Следующую ядерную реакцию напишите в развернутом виде и определите X:  $X(p, \alpha) {}^{20}\text{Ne}$ .

Ответ:  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ .

11. Определите удельную энергию связи для ядра  ${}^4_2\text{He}$ .

Ответ:  $\epsilon_{\text{уд}} = 7,07$  МэВ/нуклон.

12. Определите, какая энергия необходима, чтобы разделить ядро  ${}^9_4\text{Be}$  на две  $\alpha$ -частицы и нейтрон.

Ответ:  $Q = 1,57$  МэВ.

1. При каких температурах абсолютно черного тела максимумы энергии теплового излучения приходятся на границы видимого спектра: фиолетовую ( $\lambda_{\text{ф}} = 380 \text{ нм}$ ) и красную ( $\lambda_{\text{кр}} = 760 \text{ нм}$ )? Во сколько отличаются энергетические светимости тел при этих температурах? Ответ:  $T_{\text{ф}} = 7632 \text{ К}$ ,  $T_{\text{кр}} = 3816 \text{ К}$ ;  $n = 16$ .

2. Какой длины волны свет следует направить на поверхность серебра, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна  $v_{\text{max}} = 2 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ . Работа выхода для серебра равна  $A_{\text{вых}} = 7,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

Ответ:  $\lambda = 2,55 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

3. Световой поток с мощностью излучения  $N = 2,3 \text{ Вт}$  падает нормально на зеркальную поверхность. Определить силу давления, испытываемую этой поверхностью. Ответ:  $F = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$

4. Определить энергию, приходящуюся на электрон отдачи при эффекте Комптона, если рассеяние фотона происходит на угол  $\theta = \pi/3$ ? Энергия фотона до рассеяния  $\epsilon_1 = 0,46 \text{ МэВ}$ . Ответ:  $T_e = 0,14 \text{ МэВ}$ .

5. Протон обладает кинетической энергией, равной  $E = 78 \text{ эВ}$ . Определите длину волны де Бройля для протона. Ответ:  $\lambda_b = 3,2 \text{ пм}$ .

6. Длина волны излучаемого атомом фотона составляет  $0,6 \text{ мкм}$ . Время жизни атома в возбужденном состоянии  $10^{-8} \text{ с}$ . Определите отношение естественной ширины энергетического уровня к энергии, излученной атомом. Ответ:  $\Delta E/E \sim 3 \cdot 10^{-8}$ .

7. Частица находится во втором возбужденном состоянии ( $n = 3$ ) в одномерном потенциальном ящике шириной  $L$  с абсолютно непрозрачными стенками ( $0 < x < L$ ). Определить вероятность обнаружения частицы в средней трети ящика. Ответ:  $\omega = 0,33$ .

8. Найти энергию ионизации водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна  $108,5 \text{ нм}$ . Ответ:  $E_i = 54,4 \text{ эВ}$ .

9. Сколько атомов радона распадется за сутки из 1 млн. атомов? Период полураспада радона  $T_{1/2} = 3,8 \text{ дня}$ .

Ответ:  $\Delta N = 1,67 \cdot 10^5 \text{ атомов}$ .

10. В результате серии радиоактивных распадов уран  ${}^{235}_{92}\text{U}$  превращается в полоний  ${}^{215}_{84}\text{Po}$ . Какое количество  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -распадов он испытывает при этом?

Ответ: 5  $\alpha$  и 2  $\beta^-$ .

11. Определите энергию  $E$ , которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра  ${}^4_2\text{He}$ .

Ответ:  $E = 20,58 \text{ МэВ}$ .

12. При соударении  $\gamma$ -кванта с дейтроном, последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию  $\gamma$ -кванта, способного вызвать такое расщепление.

Ответ:  $T_{\gamma} = 2,22 \text{ МэВ}$ .



1. Абсолютно черное тело нагрето до температуры  $t_1 = 327^\circ\text{C}$ . После повышения температуры суммарная мощность его теплового излучения увеличилась в 2,5 раза. На сколько градусов повысилась температура тела?

Ответ:  $\Delta T = 154\text{ K}$ .

2. Определить максимальную скорость  $V_{\text{max}}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении фотонами с энергией 1,4 МэВ.

Ответ:  $V_{\text{max}} = 2,89 \cdot 10^8\text{ м/с}$ .

3. Определить мощность излучения  $N$  светового потока, который, падая нормально на зеркальную поверхность площади  $S=1\text{ см}^2$ , оказывает давление  $p=30\text{ мПа}$ .

Ответ:  $N = 450\text{ Вт}$ .

4. Фотон с длиной волны  $\lambda_1 = 2,04\text{ пм}$  был рассеян на свободном электроны, кинетическая энергия отдачи которого составила  $T = 0,103\text{ МэВ}$ . Определить угол рассеяния фотона.

Ответ:  $\theta \approx 34^\circ$ .

5. Найдите длину волны де Бройля электрона, движущегося со скоростью  $V = 0,3 \cdot c$ , где  $c$  – скорость света.

Ответ:  $\lambda_B = 7,7 \cdot 10^{-12}\text{ м}$ .

6. Длительность возбуждённого состояния атома водорода соответствует примерно  $\Delta t = 10^{-8}\text{ с}$ . Определить неопределённость энергии в этом состоянии.

Ответ:  $\Delta E \geq 6,6 \cdot 10^{-8}\text{ эВ}$ .

7. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $d = 10^{-12}\text{ м}$ . Определите наименьшую разность двух соседних энергетических уровней.

Ответ:  $\Delta E_{\text{min}} = 1,1\text{ МэВ}$ .

8. Во сколько раз изменится период вращения электрона в атоме водорода, если при переходе в основное состояние атом излучал фотон с длиной волны  $\lambda = 97,5\text{ нм}$ ?

Ответ: в 64 раза.

9. Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 дня, распадается за два месяца?

Ответ: 44%.

10. Определите, с каким атомным ядром была осуществлена реакция  $X + {}^{242}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{260}_{104}\text{Ku} + 4 {}^1_0\text{n}$ .

Ответ:  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ .

11. Определите энергию связи для ядра атома  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ .

Ответ:  $E_{\text{св}} = 186,56\text{ МэВ}$ .

12. Определить суммарную кинетическую энергию ядер, образовавшихся в результате реакции  $(d, \alpha) {}^{11}_5\text{B}$ , если кинетическая энергия дейтрона равна 1,5 МэВ. Ядро-мишень считать неподвижным.

Ответ:  $T = 6,67\text{ МэВ}$ .

1. Определить мощность, необходимую для поддержания неизменной температуры расплавленного никеля 1453 °С, если площадь его поверхности 0,5 см<sup>2</sup>. Считать, что излучение расплавленного никеля происходит по законам абсолютно чёрного тела, потерями энергии пренебречь. Ответ: N = 25,2 Вт.
2. Определить максимальную скорость, которую может получить электрон, вырванный из платины под действием излучения с длиной волны  $\lambda = 203 \text{ нм}$ . Работа выхода электрона  $A_{\text{вых}} = 5,29 \text{ эВ}$ .  
 Ответ:  $V_{\text{max}} = 5,4 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ .
3. Энергия фотона 1,2 МэВ. Определите импульс фотона. Какого типа это излучение?  
 Ответ:  $p = 6,4 \cdot 10^{-22} \text{ кг·м/с}$ ;  $\gamma$ -излучение.
4. Фотон рассеялся на свободном электроны, изменение длины составляет  $\Delta\lambda = 1,44 \text{ пм}$ . Определить угол рассеяния фотона.  
 Ответ:  $\theta \approx 66^\circ$ .
5. При какой скорости  $V$  электрона его дебройлевская длина волны будет равна: 1) 650 нм, 2) 3 пм?  
 Ответ:  $V_1 = 1,1 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ ,  $V_2 = 1,9 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .
6. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, движущегося в области, размер которой  $L = 10^{-10} \text{ м}$ .  
 Ответ:  $T_{\text{min}} = 3,8 \text{ эВ}$ .
7. Электрон находится в бесконечно глубоком одномерном прямоугольном потенциальном ящике шириной  $l$ . Вычислите вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=2$ ), будет обнаружен в средней трети ящика.  
 Ответ:  $\omega = 0,195$ .
8. У какого водородоподобного иона разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана равна 59,3 нм?  
 Ответ:  $Z = 3$ ,  $Li^{++}$ .
9. Сколько ядер распадается за 1 с в куске урана  $^{238}_{92}\text{U}$  массой 1 кг? Период полураспада  $T_{1/2} = 4,51 \cdot 10^9 \text{ лет}$ .  
 Ответ:  $\Delta N = 1,23 \cdot 10^7 \text{ расп/с}$ .
10. Определите, с каким атомным ядром была осуществлена реакция  $X + {}^1_0n \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0n$ .  
 Ответ:  $^{235}_{92}\text{U}$ .
11. Определите удельную энергию связи для ядра  $^{12}_6\text{C}$ .  
 Ответ:  $\epsilon_{\text{уд}} = 7,68 \text{ МэВ/нуклон}$ .
12. Определить энергию ядерной реакции  ${}^9_4\text{Be} (p, \alpha) {}^6_3\text{Li}$ , ядро-мишень  ${}^9_4\text{Be}$  считать неподвижным.  
 Ответ:  $Q = 2,13 \text{ МэВ}$ .

1. Определите мощность теплового излучения абсолютно черного тела, если длина волны, которая соответствует максимуму энергии в спектре излучения,  $\lambda_m = 680$  нм, а площадь излучающей поверхности  $S = 10 \text{ см}^2$ .  
 Ответ:  $N = 19 \text{ кВт}$ .

2. Определить максимальную скорость, которую может получить электрон, вырванный из платины под действием излучения с длиной волны  $\lambda = 203 \text{ нм}$ . Работа выхода электрона  $A_{\text{вых}} = 5,29 \text{ эВ}$ .  
 Ответ:  $V_{\text{max}} = 5,4 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ .

3. Определите энергию  $\epsilon$  и импульс  $p$  фотонов для лучей с длинами волн: 1)  $\lambda_1 = 3,5 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ ; 2)  $\lambda_2 = 2,34 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ .

Ответ:  $\epsilon_1 = 35,5 \text{ кэВ}$ ;  $p_1 = 1,89 \cdot 10^{-23} \text{ кг·м/с}$ ;  $\epsilon_2 = 53 \text{ эВ}$ ;  $p_2 = 2,83 \cdot 10^{-26} \text{ кг·м/с}$ .

4. Какая часть энергии падающего фотона приходится на электрон отдачи при комптоновском эффекте, если рассеяние фотона произошло на угол  $\pi/6$ . Длина волны падающего фотона  $\lambda_1 = 12 \text{ пм}$ .  
 Ответ:  $T/\epsilon_1 = 0,03$ .

5. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 200 \text{ В}$ , имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 2 \text{ пм}$ . Найдите массу частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.  
 Ответ:  $m = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

6. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером  $L = 0,20 \text{ нм}$ .  
 Ответ:

$T_{\text{min}} \approx 1 \text{ эВ}$ .

7. Волновая функция  $\Psi(x) = (2/L)^{1/2} \sin(\pi x/L)$  описывает основное состояние частицы в бесконечно глубоком прямоугольном ящике шириной  $L$ . Вычислите вероятность нахождения частицы в малом интервале  $\Delta L = 0,01L$  в средней части ящика  $(L-\Delta L)/2 \leq x \leq (L+\Delta L)/2$ . Поясните физический смысл полученного результата, изобразив графически плотность вероятности обнаружения частицы в данном состоянии.

Ответ:  $\omega = 0,02$ .

8. Фотон с энергией  $E = 12,12 \text{ эВ}$ , поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определить главное квантовое число этого состояния.

Ответ:  $n = 3$ .

9. За какое время произойдет распад массы  $\Delta m = 3 \text{ мг}$  кальция  $^{45}_{20}\text{Ca}$ , если в начальный момент его масса была равна  $m_0 = 0,3 \text{ г}$ ? Период полураспада  $T_{1/2} = 164$  суток.  
 Ответ:  $t = 2,38$  суток.

10. В результате серии радиоактивных распадов уран  $^{238}_{92}\text{U}$  превращается в свинец  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . Какое количество  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -распадов он испытывает при этом?

Ответ:  $8 \alpha$  и  $6 \beta^-$ .

11. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить ядро  $^4_2\text{He}$  на две одинаковые части.

Ответ:  $E = 23,85 \text{ МэВ}$ .

12. При соударении  $\gamma$ -кванта с дейтроном, последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию  $\gamma$ -кванта, способного вызвать такое расщепление.

Ответ:  $T_\gamma = 2,22 \text{ МэВ}$ .

1. Мощность излучения абсолютно черного тела равна 34 кВт. Найти температуру этого тела, если известно, что его поверхность излучения равна  $0,6 \text{ м}^2$ .  
 Ответ:  $T = 1000 \text{ К}$ .

2. Какую максимальную скорость могут получить вырванные из калия электроны при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 0,2 \text{ мкм}$ ? Работа выхода для калия равна  $A_{\text{вых}} = 2 \text{ эВ}$ .

Ответ:  $v_{\text{max}} = 1,22 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

3. Определить коэффициент отражения  $\rho$  поверхности, если при энергетической освещённости  $E_e = 150 \text{ Вт/м}^2$  давление света на неё оказалось  $P = 0,65 \text{ мкПа}$ .  
 Ответ:  $\rho = 0,3$ .

4. Фотон с длиной волны  $\lambda_1 = 4,3 \text{ пм}$  рассеялся на свободном электроне. Угол рассеяния составил  $\pi/2$ . Определить энергию рассеянного фотона и энергию, приходящуюся на электрон отдачи.

Ответ:  $\epsilon' = 0,185 \text{ МэВ}$ ;  $T_e = 0,106 \text{ МэВ}$ .

5. Определите, при каком числовом значении кинетической энергии  $T$  длина волны де Бройля электрона равна его комптоновской длине волны  $\lambda_c = h/mc$ .  
 Ответ:  $T = 0,212 \text{ МэВ}$ .

6. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, движущегося в области, размер которой  $L = 10^{-10} \text{ м}$ .  
 Ответ:  $T_{\text{min}} = 3,8 \text{ эВ}$ .

7. Частица в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" шириной  $L$  с бесконечно высокими "стенками" находится в возбуждённом состоянии ( $n=2$ ). Определить вероятность обнаружения частицы в области  $3L/8 \leq x \leq 5L/8$ .  
 Ответ:  $\omega = 0,091$ .

8. Определить длину волны  $\lambda$ , соответствующую второй спектральной линии в серии Пашена для атома водорода.  
 Ответ:  $\lambda = 1,28 \text{ мкм}$ .

9. Сколько ядер распадается за  $1 \text{ с}$  в куске урана  $^{238}_{92}\text{U}$  массой  $1 \text{ кг}$ ? Период полураспада  $T_{1/2} = 4,51 \cdot 10^9 \text{ лет}$ .

Ответ:  $\Delta N = 1,23 \cdot 10^7 \text{ расп/с}$ .

10. Ядра радиоактивного изотопа таллия  $^{210}_{81}\text{Tl}$  претерпевают последовательно три  $\beta^-$ -распада и один  $\alpha$ -распад. Определите конечный продукт распада.  
 Ответ:  $^{206}_{82}\text{Pb}$ .

11. Определите энергию связи для ядра атома свинца  $^{206}_{82}\text{Pb}$ .

Ответ:  $E_{\text{св}} = 1,622 \text{ ГэВ}$ .

12. Ядро атома лития  $^6_3\text{Li}$ , захватывая дейтрон, распадается на две  $\alpha$ -частицы. Написать ядерную реакцию и определить энергию, выделяющуюся при этой реакции.  
 Ответ:  $Q = 22,38 \text{ МэВ}$ .

1. Мощность излучения абсолютно чёрного тела равна  $10^5$  кВт. Найти площадь излучающей поверхности тела, если известно, что длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, равна  $7 \cdot 10^{-5}$  см. Ответ:  $S = 6 \text{ м}^2$ .

2. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,08$  мкм. Красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 0,3$  мкм. Найти значение задерживающей разности потенциалов  $U_3$ , которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок. Ответ:  $U_3 = 11,38 \text{ В}$ .

3. Световой поток падает нормально на поверхность с коэффициентом отражения  $\rho = 0,6$ , при этом он производит давление  $p = 0,2$  Па. Определить энергетическую освещённость поверхности.

Ответ:  $E_e = 37,5 \text{ МВт/м}^2$

4. Длина волны  $\lambda$  фотона равна комптоновской длине  $\lambda_c$  электрона. Фотон рассеялся на свободном электроны на угол  $\theta = 60^\circ$ . Определить энергию и скорость электрона отдачи.

Ответ:  $\varepsilon = 0,17 \text{ МэВ}$ ,  $v = 1,99 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

5. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 200 \text{ В}$ , имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 2$  пм. Найдите массу частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона. Ответ:  $m = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

6. Длина волны излучаемого атомом фотона составляет  $0,6$  мкм. Время жизни атома в возбужденном состоянии  $10^{-8}$  с. Определите отношение естественной ширины энергетического уровня к энергии, излученной атомом. Ответ:  $\Delta E/E \sim 3 \cdot 10^{-8}$ .

7. Электрон в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" шириной  $L$  с бесконечно высокими "стенками" находится в возбуждённом состоянии ( $n=4$ ). Определите вероятность обнаружения электрона в первой четверти "ямы". Ответ:  $\omega = 0,25$ .

8. Найти энергию ионизации водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна  $108,5 \text{ нм}$ . Ответ:  $E_i = 54,4 \text{ эВ}$ .

9. Найти постоянную распада радона, если известно, что число атомов уменьшается за сутки на  $18,2 \%$ .

Ответ:  $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ .

10. Следующую ядерную реакцию напишите в развернутом виде и определите  $X$ :  $X(p, \alpha) {}^{20}_{10}\text{Ne}$ .

Ответ:  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ .

11. Определите энергию  $E$ , которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра  ${}^4_2\text{He}$ .

Ответ:  $E = 20,58 \text{ МэВ}$ .

12. Найти энергию ядерных реакций: 1)  ${}^3_1\text{H}(p, \gamma){}^4_2\text{He}$ , 2)  ${}^2_1\text{H}(d, \gamma){}^4_2\text{He}$ . Выделяется или поглощается энергия в этих реакциях? Ответ:  $Q_1 = 19,81 \text{ МэВ}$ ;  $Q_2 = 23,85 \text{ МэВ}$ .