

**Задание 1**

Определить температуру  $T$ , при которой энергетическая светимость абсолютно черного тела равна  $10 \text{ кВт/м}^2$ .

**Задание 2**

Максимальная спектральная плотность энергетической светимости  $(r_\lambda)_{\max}$  абсолютно черного тела равна  $4,16 \cdot 10^{11} \text{ Вт/м}^2$ . На какую длину волны  $\lambda_m$  она приходится?

**Задание 3**

Температура  $T$  абсолютно черного тела изменилась при нагревании от  $1000$  до  $3000 \text{ К}$ . Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость  $R_\epsilon$ ? На сколько изменилась длина волны  $\lambda$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости  $r_\lambda$ ?

**Задание 4**

Фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности металла светом с длиной волны  $\lambda = 311 \text{ нм}$ , полностью задерживаются напряжением  $U_3 = 1,5 \text{ В}$ . Каково будет задерживающее напряжение, если этот металл облучать светом с длиной волны  $\lambda = 249 \text{ нм}$ ?

**Задание 5**

При какой длине электромагнитной волны энергия фотона равна  $E = 3,3 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$ ?

**Задание 6**

При освещении катода светом с длиной волны, равной сначала  $207 \text{ нм}$ , а затем  $270 \text{ нм}$ , задерживающее напряжение изменилось в 2 раза. Определите красную границу фотоэффекта.

**Задание 7**

Определить силу светового давления  $F$  солнечного излучения на поверхность земного шара, считая ее абсолютно черной. Найти отношение этой силы к силе гравитационного притяжения Солнца  $F_2$ . Светимость Солнца равна  $2 \cdot 10^{26} \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{с}$

**Задание 8**

Узкий пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на рассеивающее вещество. При этом длины волн излучения, рассеянного под углами  $\theta_1 = 60^\circ$  и  $\theta_2 = 120^\circ$ , отличаются друг от друга в 2 раза. Считая, что рассеяние происходит на свободных электронах, найдите длину волны падающего излучения.

**Задание 9**

Какую минимальную длину волны де Бройля имеет электрон, выбитый в результате фотоэффекта с поверхности металла фотоном, имевшим энергию  $\epsilon_\phi = 3 \text{ эВ}$ ?

**Задание 10**

Фотоэффект вызывается фотонами с длиной волны  $\lambda = 0,3 \text{ нм}$ . Какую минимальную длину волны де Бройля имеют фотоэлектроны?

**Задание 11**

Атом водорода переведен из основного состояния в возбужденное, характеризующееся квантовым числом  $n = 3$ . Определить энергию  $\Delta E$  возбуждения атома (в эВ) и длины волн линий  $\lambda$ , которые могут появиться в спектре излучения атома водорода. Каким сериям принадлежат эти спектральные линии?

**Задание 12**

С помощью постулатов Бора дать вывод для радиуса  $r_n$  боровской орбиты электрона в водородоподобном атоме. Найти отношение  $r_{\text{He}^+}/r_{\text{H}}$  радиусов боровских орбит для иона гелия  $\text{He}^+$  и атома водорода  $\text{H}$ , находящихся в основном состоянии. Будет ли изменяться и как это отношение для возбужденных состояний тех же атомов, при одинаковых номерах  $n$  орбит?

**Задание 13**

Положение свободного электрона определено с точностью до  $1 \text{ мкм}$ . Чему равна неопределенность в его скорости?

**Задание 14**

Определить скорость  $v$  электронов, падающих на антикатод рентгеновской трубки, если минимальная длина волны  $\lambda_{\min}$  в сплошном спектре рентгеновского излучения равна  $1 \text{ пм}$ .

**Задание 1**

Поток энергии  $\Phi_e$ , излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен 34 Вт. Принимая, что печь излучает как абсолютно черное тело, определить температуру  $T$  печи, если площадь отверстия  $S = 6 \text{ см}^2$ .

**Задание 2**

Температура  $T$  абсолютно черного тела равна 2000 К. Определить: 1) спектральную плотность энергетической светимости для длины волны  $\lambda = 600 \text{ нм}$ ; 2) энергетическую светимость в интервале длин волн от  $\lambda_1 = 590 \text{ нм}$  до  $\lambda_2 = 610 \text{ нм}$ . Принять, что средняя спектральная плотность энергетической светимости тела в этом интервале равна значению, найденному для длины волны  $\lambda = 600 \text{ нм}$ .

**Задание 3**

Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 2900 \text{ К}$ . В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости изменилась на  $\Delta\lambda = 9 \text{ мкм}$ . До какой температуры  $T_2$  охладилось тело?

**Задание 4**

Найти массу  $m$  фотона: а) красных лучей света ( $\lambda = 700 \text{ нм}$ ); б) рентгеновских лучей ( $\lambda = 25 \text{ пм}$ ); в) гамма-лучей ( $\lambda = 1,24 \text{ пм}$ ).

**Задание 5**

Сколько фотонов попадает за  $t = 1 \text{ с}$  в глаз человека, если глаз воспринимает свет с длиной волны  $0,44 \text{ мкм}$  при мощности светового потока  $P = 0,45 \cdot 10^{-16} \text{ Вт}$ ? Постоянная Планка  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ , скорость света  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

**Задание 6**

Определите постоянную Планка по результатам эксперимента, в котором электроны, вырывающиеся из металла светом с частотой  $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ , полностью задерживались разностью потенциалов  $U_{31} = 6,6 \text{ В}$ , а вырывающиеся светом с частотой  $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$  - разностью потенциалов  $U_{32} = 16,5 \text{ В}$ ,

**Задание 7**

Определить давление солнечного излучения на зачерненную пластинку, расположенную перпендикулярно солнечным лучам и находящуюся вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца. Солнечная постоянная (величина, равная поверхностной плотности энергии излучения Солнца вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца)  $C = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

**Задание 8**

Рентгеновский фотон с энергией  $\epsilon_{\text{ф}} = 20 \text{ кэВ}$  претерпевает комптоновское рассеяние на свободном электроне на угол  $\theta = 90^\circ$ . Чему равна энергия электрона отдачи?

**Задание 9**

При увеличении энергии электрона на  $\Delta T = 200 \text{ эВ}$  его дебройлевская длина волны изменилась в 2 раза. Найдите первоначальную длину волны электрона.

**Задание 10**

Чему равна скорость атома гелия, если его длина волны де Бройля равна  $0,1 \text{ нм}$ ?

**Задание 11**

Атомарный водород в основном состоянии возбуждается ультрафиолетовым излучением с длиной волны  $\lambda = 100 \text{ нм}$ . Определить длины волн  $\lambda$ , которые появятся в спектре излучения атома водорода, и каким сериям они принадлежат. Указать соответствующие переходы на схеме энергетических уровней.

**Задание 12**

Определить длины волн  $\lambda_{\text{H}}$  и  $\lambda_{\text{Li}}$  ограничивающие серию Бальмера в спектре водорода и аналогичную серию в спектре ионизованного лития  $\text{Li}^{++}$ .

**Задание 13**

Поток электронов с дебройлевской длиной волны  $\lambda = 11 \text{ мкм}$  падает нормально на прямоугольную щель шириной  $b = 0,1 \text{ мм}$ . Оцените с помощью соотношения неопределенностей угловую ширину пучка за щелью (в градусах).

**Задание 14**

Определить коротковолновую границу  $\lambda_{\text{min}}$  сплошного спектра рентгеновского излучения, если рентгеновская трубка работает под напряжением  $U = 30 \text{ кВ}$ .

**Задание 1**

Определить энергию, излучаемую за время  $t = 1$  мин из смотрового окошка площадью  $S = 8 \text{ см}^2$  плавильной печи, если ее температура  $T = 1200 \text{ К}$ .

**Задание 2**

Пренебрегая потерями на теплопроводность, найти мощность  $P$  электрического тока, подводимую к вольфрамовой нити диаметром  $d = 0,5 \text{ мм}$  и длиной  $l = 20 \text{ см}$ , для накаливания ее до температуры  $T = 3000 \text{ К}$ . Считать, что нить излучает как абсолютно черное тело.

**Задание 3**

Определить температуру тела, при которой оно излучало бы энергии в 10 раз больше, чем поглощало. Температура окружающей среды  $t_0 = 23^\circ\text{С}$ .

**Задание 4**

Дифракционная решетка с постоянной  $d = 3 \text{ мк}$  расположена нормально на пути монохроматического светового потока. При этом углы дифракции, отвечающие двум соседним максимумам, равны  $\varphi_1 = 23^\circ 35'$  и  $\varphi_2 = 36^\circ 52'$ . Вычислить энергию фотонов данного светового потока.

**Задание 5**

Источник света мощностью  $N = 100 \text{ Вт}$  испускает в одну секунду  $N = 5 \cdot 10^{20}$  фотонов. Найти среднюю длину волны излучения  $\lambda$ .

**Задание 6**

Электромагнитное излучение с длиной волны  $\lambda = 207 \text{ нм}$  вырывает с поверхности титана фотоэлектроны, которые попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,01 \text{ Тл}$ . Найдите радиус окружности, по которой начнут двигаться фотоэлектроны, если их скорости перпендикулярна линиям индукции магнитного поля.

**Задание 7**

Определить поверхностную плотность потока энергии излучения, падающего на зеркальную поверхность, если световое давление при перпендикулярном падении лучей равно  $10 \text{ мкПа}$ .

**Задание 8**

Определить максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии: 1) на свободных электронах; 2) на свободных протонах.

**Задание 9**

Кинетическая энергия электрона равна удвоенному значению его энергии покоя. Вычислите длину волны де Бройля этого электрона.

**Задание 10**

Электрон и фотон имеют каждую энергию, равную  $1 \text{ эВ}$ . Во сколько раз различаются их длины волн?

**Задание 11**

Определить полное число  $N$  спектральных линий, которые появятся в спектре атомарного водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его электронами с энергией  $\epsilon = 12,75 \text{ эВ}$ . Вычислить длины волн  $\lambda$  тех спектральных линий, которые будут соответствовать серии Бальмера.

**Задание 12**

Найти радиусы  $r_k$  трех первых боровских электронных орбит в атоме водорода и скорости  $v_k$  электрона на них.

**Задание 13**

Используя соотношение неопределенностей, оцените энергию электрона в том случае, если бы он находился внутри ядра. Линейные размеры ядра принять равными  $5 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ . Сравните полученное значение с энергией связи, приходящейся на один нуклон в ядре  $E = 10 \text{ МэВ}$ .

**Задание 14**

Вычислить наибольшую длину волны  $\lambda_{\text{max}}$  в  $K$ -серии характеристического рентгеновского спектра скандия.

**Задание 1**

Температура  $T$  верхних слоев звезды Сириус равна  $10^4$  К. Определить поток энергии  $\Phi_e$  излучаемый с поверхности площадью  $S = 1 \text{ км}^2$  этой звезды.

**Задание 2**

Черный тонкостенный металлический куб со стороной  $a = 10$  см заполнен водой при температуре  $T_1 = 80$  °С. Определить время  $t$  остывания куба до температуры  $T_2 = 30$ °С, если он помещен внутрь зачерненной вакуумной камеры. Температура стенок камеры поддерживается близкой к абсолютному нулю.

**Задание 3**

Определить температуру тела, при которой оно излучало бы энергии в 10 раз больше, чем поглощало. Температура окружающей среды  $t_0 = 23$ °С.

**Задание 4**

Ртутная дуга имеет мощность  $N = 125$  Вт. Какое число фотонов испускается в единицу времени в излучении с длинами волн  $\lambda$ , равными: 612,3; 579,1; 546,1; 404,7; 365,5; 253,7 нм? Интенсивности этих линий составляют соответственно 2; 4; 4; 2,9; 2,5; 4% интенсивности ртутной дуги. Считать, что 80% мощности дуги идет на излучение.

**Задание 5**

Определите массу и импульс фотона для излучения с длиной волны  $\lambda = 1$  мкм.

**Задание 6**

Найдите частоту света, вырывающего из металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_3 = 3$  В. Фотоэффект начинается при частоте света, равной  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Определите работу выхода электронов из этого металла.

**Задание 7**

Поток энергии  $\Phi_e$ , излучаемый электрической лампой, равен 600 Вт. На расстоянии  $r = 1$  м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром  $d = 2$  см. Принимая, что излучение лампы одинаково во всех направлениях и что зеркальце полностью отражает падающий на него свет, определить силу  $F$  светового давления на зеркальце.

**Задание 8**

Определить угол  $\theta$  рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны  $\Delta\lambda$  при рассеянии равно 3,62 пм.

**Задание 9**

Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 200$  В, имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 2,02$  пм. Найдите массу частицы, если ее заряд по модулю равен заряду электрона.

**Задание 10**

Во сколько раз различаются длины волн де Бройля протона и электрона, если они имеют одинаковую кинетическую энергию  $T = 0,511$  МэВ?

**Задание 11**

Какую минимальную скорость  $v_{min}$  должен иметь электрон, чтобы при неупругом столкновении с невозбужденным атомом водорода вызвать излучение только одной линии в спектре водорода? Вычислить длину волны  $\lambda$  этой спектральной линии.

**Задание 12**

Найти кинетическую  $W_K$  потенциальную  $W_n$  и полную  $W$  энергии электрона на первой бортовой орбите.

**Задание 13**

Оцените минимальную кинетическую энергию электрона, движущегося внутри сферической области диаметром  $d = 0,1$  нм.

**Задание 14**

При исследовании линейчатого рентгеновского спектра некоторого элемента было найдено, что длина волны  $\lambda$  линии  $K_\alpha$  равна 76 пм. Какой это элемент?

**Задание 1**

Определить относительное увеличение  $\Delta R_\lambda/R_\lambda$  энергетической светимости абсолютно черного тела при увеличении его температуры на 1%.

**Задание 2**

В откачанном до высокого вакуума сосуде, стенки которого поддерживаются при температуре близкой к абсолютному нулю, находится цинковый шарик диаметром  $d = 1$  см. Начальная температура  $T$  шарика равна 400 К. Найти время  $t$ , в течение которого температура шарика уменьшится в  $n = 2$  раза. Плотность цинка равна  $6,92$  г/см<sup>3</sup>, относительная атомная масса  $A_m = 65,4$ . Шарик рассматривать как абсолютно черное тело.

**Задание 3**

В черный тонкостенный металлический сосуд, имеющий форму куба, налит 1 кг воды, нагретой до 50 °С. Определить время  $t$  остывания сосуда до 10 °С, если он помещен в черную полость, температура стенок которой поддерживается при 0 °С, а вода заполняет весь объем сосуда.

**Задание 4**

С какой скоростью  $v$  должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны  $\lambda = 520$  нм?

**Задание 5**

Вычислите в электронвольтах энергию фотона с длиной волны  $\lambda = 207$  нм.

**Задание 6**

Какой максимальный заряд приобретет удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны  $\lambda = 140$  нм? Электроемкость шарика  $C = 1$  пФ.

**Задание 7**

На зеркальце с идеально отражающей поверхностью площадью  $S = 1,5$  см<sup>2</sup> падает нормальный свет от электрической дуги. Определить импульс, полученный зеркальцем, если поверхностная плотность потока излучения, падающего на зеркальце, равна  $0,1$  МВт/м<sup>2</sup>. Продолжительность облучения  $t = 1$  с.

**Задание 8**

Рентгеновские лучи с длиной волны  $\lambda_0 = 70,8$  пм испытывают комптоновское рассеяние на парафине. Найти длину волны  $\lambda$  рентгеновских лучей, рассеянных в направлениях: а)  $\varphi = \pi/2$ ; б)  $\varphi = \pi$ .

**Задание 9**

На две очень тонкие щели, расположенные друг от друга на расстоянии  $d = 10$  мкм, падает пучок электронов с энергией  $T = 1$  эВ. Каково расстояние между соседними минимумами в центре интерференционной картины на экране, находящемся в 10 м от щелей?

**Задание 10**

Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, имеющего кинетическую энергию: а)  $W_1 = 10$  кэВ; б)  $W_2 = 1$  МэВ.

**Задание 11**

На возбужденный ( $n = 2$ ) атом водорода падает фотон и вырывает из атома электрон с кинетической энергией  $\varepsilon = 4$  эВ. Определить энергию падающего фотона  $\varepsilon_\phi$  (в эВ).

**Задание 12**

Найти кинетическую энергию  $W_K$  электрона, находящегося на  $n$ -й орбите атома водорода, для  $n = 1, 2, 3$  и  $\infty$ ?

**Задание 13**

Свободно движущаяся нерелятивистская частица имеет относительную неопределенности кинетической энергии порядка  $1,6 \cdot 10^{-4}$ . Оцените, во сколько раз неопределенность координат такой частицы больше ее дебройлевской длины волны.

**Задание 14**

Какую наименьшую разность потенциалов  $U_{min}$  нужно приложить к рентгеновской трубке, антикатод которой покрыт ванадием ( $Z = 23$ ), чтобы в спектре рентгеновского излучения появились все линии  $K$ -серии ванадия? Граница  $K$ -серии ванадия  $\lambda = 226$  пм.

**Задание 1**

Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его энергетическая светимость возросла в два раза?

**Задание 2**

Найти температуру  $T$  печи, если известно, что излучение из отверстия в ней площадью  $S = 6,1 \text{ см}^2$  имеет мощность  $N = 34,6 \text{ Вт}$ . Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

**Задание 3**

Температура  $T$  абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость  $R_\lambda$ ? На сколько изменилась длина волны  $\lambda$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости  $r_\lambda$ ?

**Задание 4**

Какую энергию  $\epsilon$  должен иметь фотон, чтобы его масса была равна массе покоя электрона?

**Задание 5**

Источник монохроматического света мощностью  $P = 66 \text{ Вт}$  испускает за  $t = 10 \text{ с}$   $N = 1,8 \cdot 10^{21}$  фотонов. Определить длину волны источника.

**Задание 6**

При исследовании фотоэффекта с поверхности цинка установлено, что при изменении длины волны падающего света в 1,4 раза для прекращения фотоэффекта необходимо увеличить задерживающее напряжение в 2 раза. Определите длину волны излучения в первом эксперименте.

**Задание 7**

Спутник в форме шара движется вокруг Земли на такой высоте, что поглощением солнечного света в атмосфере можно пренебречь. Диаметр спутника  $d = 40 \text{ м}$ . Зная солнечную постоянную (величина, равная поверхностной плотности энергии излучения Солнца вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца)  $C = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  и принимая, что поверхности спутника полностью отражает свет, определить силу давления  $F$  солнечного света на спутник.

**Задание 8**

Какова была длина волны  $\lambda_0$  рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом  $\varphi = 60^\circ$  длина волны рассеянного излучения оказалась равной  $\lambda = 25,4 \text{ пм}$ ?

**Задание 9**

При какой скорости длина волны де Бройля электрона равна его комптоновской длине волны?

**Задание 10**

Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 200 \text{ В}$ , имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 2,02 \text{ пм}$ . Найти массу  $m$  частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.

**Задание 11**

Определить скорость  $v$  фотоэлектронов, вырывааемых электромагнитным излучением с длиной волны  $\lambda = 18 \text{ нм}$  из покоящихся невозбужденных ионов гелия  $\text{He}^+$ .

**Задание 12**

Определить угловую скорость электрона на первой боровской орбите атома водорода.

**Задание 13**

Оцените наименьшие погрешности, с которыми можно определить скорости электрона и протона, локализованных в области размером 1 мкм.

**Задание 14**

Определить энергию  $\epsilon$  фотона, соответствующего линии  $K_\alpha$  в характеристическом спектре марганца ( $Z = 25$ ).

**Задание 1**

Принимая, что Солнце излучает как абсолютно черное тело, вычислить его энергетическую светимость и температуру  $T$  его поверхности. Солнечный диск виден с Земли под углом  $\theta = 32'$ . Солнечная постоянная (величина, равная поверхностной плотности энергии излучения Солнца вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца)  $C = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

**Задание 2**

Какую мощность излучения  $N$  имеет Солнце? Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно черного тела. Температура поверхности Солнца  $T = 5800 \text{ К}$ .

**Задание 3**

Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 2900 \text{ К}$ . В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 9 \text{ мкм}$ . До какой температуры  $T_2$  охладилось тело?

**Задание 4**

Импульс, переносимый монохроматическим пучком фотонов через площадку  $S = 2 \text{ см}^2$  за время  $t = 0,5 \text{ мин}$ , равен  $p = 3 \cdot 10^{-9} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Найти для этого пучка энергию  $E$ , падающую на единицу площади за единицу времени.

**Задание 5**

Рубиновый лазер излучает импульс, состоящий из  $N = 2$  миллиарда фотонов с длиной волны  $\lambda = 694 \text{ нм}$ . Найти среднюю мощность импульса лазера, если его длительность равна  $\tau = 2 \text{ мс}$ .

**Задание 6**

При освещении фотоэлемента монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda_1 = 0,4 \text{ мкм}$  он заряжается до разности потенциалов  $U = 2 \text{ В}$ . Определите, до какой разности потенциалов зарядится фотоэлемент при освещении его монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda_2 = 0,3 \text{ мкм}$ .

**Задание 7**

Давление монохроматического света ( $\lambda = 600 \text{ нм}$ ) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно  $0,1 \text{ мкПа}$ . Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 1 \text{ с}$  на поверхность площадью  $S = 1 \text{ см}^2$ .

**Задание 8**

Рентгеновские лучи с длиной волны  $\lambda_0 = 20 \text{ пм}$  испытывают комптоновское рассеяние под углом  $\varphi = 90^\circ$ . Найти изменение  $\Delta\lambda$  длины волны рентгеновских лучей при рассеянии, а также энергию  $W_e$  и импульс электрона отдачи.

**Задание 9**

Для исследования строения атомов Резерфорд обстреливал их  $\alpha$ -частицами. Допустимо ли не учитывать волновые свойства  $\alpha$ -частиц с кинетической энергией  $T = 7,7 \text{ МэВ}$ , если прицельное расстояние (наименьшее расстояние от линии прицела до ядра атома) порядка  $0,1 \text{ нм}$ ?

**Задание 10**

Составить таблицу значений длин волн де Бройля  $\lambda$  для электрона, движущегося со скоростью  $v$ , равной:  $2 \cdot 10^8$ ;  $2,2 \cdot 10^8$ ;  $2,4 \cdot 10^8$ ;  $2,6 \cdot 10^8$ ;  $2,8 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

**Задание 11**

Найти полную энергию  $E_n$  возбужденного состояния иона гелия  $\text{He}^+$ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн  $\lambda_1 = 108,5 \text{ нм}$  и  $\lambda_2 = 30,4 \text{ нм}$ .

**Задание 12**

Найти наименьшую  $\lambda_{\min}$  и наибольшую  $\lambda_{\max}$  длины волн спектральных линий водорода в видимой области спектра.

**Задание 13**

Протон в ядре локализован с точностью до размеров, равных радиусу ядра ( $R_{\text{яд}} = 6 \cdot 10^{-13} \text{ см}$ ). Чему равна неопределенность скорости протона, находящегося в ядре атома железа?

**Задание 14**

В атоме вольфрама электрон перешел с  $M$ -слоя на  $L$ -слой. Принимая постоянную экранирования  $\sigma$  равной  $5,5$ , определить длину волны  $\lambda$  испущенного фотона.

**Задание 1**

Определить установившуюся температуру  $T$  зачерненной металлической пластинки, расположенной перпендикулярно солнечным лучам вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца. Солнечная постоянная (величина, равная поверхностной плотности энергии излучения Солнца вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца)  $C = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

**Задание 2**

Какую энергетическую светимость  $R_\nu$  имеет затвердевающий свинец? Отношение энергетических светимостей свинца и абсолютно черного тела для данной температуры  $k = 0,6$ .

**Задание 3**

Определить температуру тела, при которой оно излучало бы энергии в 10 раз больше, чем поглощало. Температура окружающей среды  $t_0 = 23^\circ\text{C}$ .

**Задание 4**

Какое количество фотонов с длиной волны  $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$  в параллельном пучке имеет суммарный импульс, равный среднему абсолютному значению импульса атома гелия при температуре  $T = 300 \text{ K}$ ?

**Задание 5**

Мощность излучения лазера  $P = 100 \text{ Вт}$ , длина волны излучения  $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ . Определите число фотонов, испускаемых лазером в единицу времени.

**Задание 6**

Катод фотоэлемента освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 310 \text{ нм}$ . При ее изменении на 25% задерживающее напряжение уменьшилось на 0,8 В. По этим экспериментальным данным рассчитайте постоянную Планка.

**Задание 7**

Монохроматическое излучение с длиной волны  $\lambda = 500 \text{ нм}$  падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой  $F = 10^{-8} \text{ Н}$ . Определить число фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.

**Задание 8**

При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния  $\varphi = \pi/2$ . Найти энергию  $W$  и импульс  $p$  рассеянного фотона.

**Задание 9**

Определите дополнительную энергию, которую необходимо сообщить протону с кинетической энергией  $T = 1 \text{ кэВ}$ , чтобы длина волны де Бройля уменьшилась в 3 раза.

**Задание 10**

$\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $r = 8,3 \text{ мм}$  в однородном магнитном поле, напряженность которого  $H = 18,9 \text{ кА/м}$ . Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для  $\alpha$ -частицы.

**Задание 11**

Вычислить радиусы  $r_2$  и  $r_3$  второй и третьей орбит в атоме водорода.

**Задание 12**

Найти наибольшую длину волны  $\lambda_{\text{max}}$  в ультрафиолетовой области спектра водорода. Какую наименьшую скорость  $v_{\text{min}}$  должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атома водорода ударами электронов появилась эта линия?

**Задание 13**

Приняв, что минимальная энергия нуклона в ядре равна 10 МэВ, оцените исходя из соотношения неопределенностей линейные размеры ядра.

**Задание 14**

Рентгеновская трубка работает под напряжением  $U = 1 \text{ МВ}$ . Определить наименьшую длину волны  $\lambda_{\text{min}}$  рентгеновского излучения.



**Задание 1**

Принимая коэффициент теплового излучения  $a_T$  угля при температуре  $T = 600$  К равным 0,8, определить: 1) энергетическую светимость угля; 2) энергию  $W$ , излучаемую с поверхности угля с площадью  $S = 5 \text{ см}^2$  за время  $t = 10$  мин.

**Задание 2**

Мощность излучения абсолютно черного тела  $N = 34$  кВт. Найти температуру  $T$  этого тела, если известно, что его поверхность  $S = 0,6 \text{ м}^2$ .

**Задание 3**

Лазер на рубине излучает в импульсе длительностью  $\tau = 0,5$  мс энергию  $E = 10$  Дж в виде параллельного светового пучка. Длина волны лазера  $\lambda = 694,3$  нм, ширина линии  $\Delta\lambda = 0,001$  нм. Определить по спектральной плотности излучения эффективную температуру  $T_{\text{эфф}}$  в лазерном луче.

**Задание 4**

Электрическая лампа мощностью 100 Вт испускает 3% потребляемой энергии в форме видимого света (средняя длина волны 550 нм) равномерно по всем направлениям. Сколько фотонов видимого света попадает за 1 с в зрачок наблюдателя (диаметр зрачка 4,0 мм), находящегося на расстоянии 10 км от лампы?

**Задание 5**

Энергия фотона равна кинетической энергии электрона, имевшего начальную скорость  $v_0 = 10^6$  м/с и ускоренного разностью потенциалов  $U = 4$  В. Найти длину волны  $\lambda$  фотона.

**Задание 6**

Плоский серебряный электрод освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 183$  нм. Определите, на какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон, если вне электрода имеется задерживающее однородное электрическое поле напряженностью  $E = 0,5$  кВ/м.

**Задание 7**

Параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 662$  нм) падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление  $p = 0,3$  мкПа. Определить концентрацию  $n$  фотонов в световом пучке.

**Задание 8**

Энергия рентгеновских лучей  $\epsilon = 0,6$  МэВ. Найти энергию  $W_e$  электрона отдачи, если длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 20%.

**Задание 9**

Определите радиус окружности, по которой движется протон в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 15$  мТл, если его длина волны де Бройля равна 197 нм.

**Задание 10**

Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для атома водорода, движущегося при температуре  $T = 293$  К с наиболее вероятной скоростью.

**Задание 11**

Определить скорость электрона на второй орбите атома водорода.

**Задание 12**

Найти потенциал ионизации  $U$  атома водорода.

**Задание 13**

Определите погрешность  $\Delta x$  в определении координаты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью  $v = 1,5$  Мм/с, если допустимая погрешность  $\Delta x$  в определении скорости составляет 10% от ее значения.

**Задание 14**

Вычислить длину волны  $\lambda$  и энергию  $\epsilon$  фотона, принадлежащего  $K_\alpha$ -линии в спектре характеристического рентгеновского излучения платины.

**Задание 1**

С поверхности сажи площадью  $S = 2 \text{ см}^2$  при температуре  $T = 400 \text{ К}$  за время  $t = 5 \text{ мин}$  излучается энергия  $W = 83 \text{ Дж}$ . Определить коэффициент теплового излучения  $a_T$  сажи.

**Задание 2**

Мощность излучения раскаленной металлической поверхности  $N' = 0,67 \text{ кВт}$ . Температура поверхности  $T = 2500 \text{ К}$ , ее площадь  $S = 10 \text{ см}^2$ . Какую мощность излучения  $N$  имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение  $k$  энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.

**Задание 3**

В черный тонкостенный металлический сосуд, имеющий форму куба, налит 1 кг воды, нагретой до  $50^\circ\text{С}$ . Определить время  $t$  остывания сосуда до  $10^\circ\text{С}$ , если он помещен в черную полость, температура стенок которой поддерживается при  $0^\circ\text{С}$ , а вода заполняет весь объем сосуда.

**Задание 4**

В работе А.Г.Столетова "Актино-электрические исследования" (1888 г.) впервые были установлены основные законы фотоэффекта. Один из результатов его опытов был сформулирован так: «Разряжающим действием обладают лучи самой высокой преломляемости с длиной волны менее  $295 \text{ нм}$ ». Найти работу выхода  $A$  электрона из металла, с которым работал А.Г.Столетов.

**Задание 5**

С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны  $\lambda = 550 \text{ нм}$ ?

**Задание 6**

При освещении катода светом с длиной волны, равной сначала  $207 \text{ нм}$ , а затем  $270 \text{ нм}$ , задерживающее напряжение изменилось в 2 раза. Определите красную границу фотоэффекта.

**Задание 7**

Найти величину нормального давления на плоскую поверхность при зеркальном отражении параллельного светового потока с интенсивностью  $I = 0,5 \text{ Вт/см}^2$ , если коэффициент отражения данной поверхности  $\rho = 0,6$ , а угол между направлением света и нормалью к поверхности  $\varphi = 30^\circ$ .

**Задание 8**

Фотон с энергией  $\epsilon = 0,25 \text{ МэВ}$  рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны. Определите кинетическую энергию электрона отдачи, если длина волны рассеянного фотона изменилась на 20%.

**Задание 9**

Определите энергии фотона и электрона, если длина волны того и другого равна  $0,1 \text{ нм}$ .

**Задание 10**

Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электронов, прошедших разность потенциалов  $U_1 = 1 \text{ В}$  и  $U_2 = 100 \text{ В}$ .

**Задание 11**

Определить частоту обращения электрона на второй орбите атома водорода.

**Задание 12**

Найти первый потенциал возбуждения  $U$  атома водорода.

**Задание 13**

Можно считать, что электрон в атоме водорода заключен в сферической области вокруг ядра радиусом  $r = 0,05 \text{ нм}$ . С помощью соотношения неопределенностей оцените кинетическую энергию электрона.

**Задание 14**

При каком наименьшем напряжении  $U_{\min}$  на рентгеновской трубке начинают появляться линии серии  $K_\alpha$  меди?

**Задание 1**

Муфельная печь потребляет мощность  $P = 1$  кВт. Температура  $T$  ее внутренней поверхности при открытом отверстии площадью  $S = 25$  см<sup>2</sup> равна 1200 К. Считая, что отверстие печи излучает как абсолютно черное тело, определить, какая часть мощности  $\eta$  рассеивается стенками.

**Задание 2**

Диаметр вольфрамовой спирали в электрической лампочке  $d = 0,3$  мм, длина спирали  $l = 5$  см. При включении лампочки в сеть напряжением  $U = 127$  В через лампочку течет ток  $I = 0,31$  А. Найти температуру  $T$  спирали. Считать, что по установлении равновесия все выделяющееся в нити тепло теряется в результате излучения. Отношение энергетических светимостей вольфрама и абсолютно черного тела для данной температуры  $k = 0,31$ .

**Задание 3**

Температура  $T$  абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость  $R_3$ ? На сколько изменилась длина волны  $\lambda$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости  $r_\lambda$ ?

**Задание 4**

Найти длину волны  $\lambda_0$  света, соответствующую красной границе фотоэффекта, для лития, натрия, калия и цезия.

**Задание 5**

Катод фотоэлемента освещается ультрафиолетовыми лучами с длиной волны  $\lambda = 350$  нм. Для того чтобы фотоэлектроны не достигали анода, между катодом и анодом нужно приложить напряжение  $U > 1,55$  В. Найти работу выхода электронов из материала катода.

**Задание 6**

Определите постоянную Планка по результатам эксперимента, в котором электроны, вырывающиеся из металла светом с частотой  $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$  Гц, полностью задерживались разностью потенциалов  $U_{31} = 6,6$  В, а вырывающиеся светом с частотой  $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$  Гц – разностью потенциалов  $U_{32} = 16,5$  В,

**Задание 7**

Найти световое давление  $P$  на стенки электрической 100-ваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом  $r = 5$  см. Стенки лампы отражают 4% и пропускают 6% падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

**Задание 8**

Фотон с энергией  $\varepsilon = 0,3$  МэВ рассеялся под углом  $\theta = 180^\circ$  на свободном электроне. Определите долю энергии фотона, приходящуюся на рассеянный электрон.

**Задание 9**

В рентгеновской трубке энергия бомбардирующих антикатод электронов вся или частично переходит в энергию излучения рентгеновских квантов. Определите длину волны де Бройля электронов, если минимальная длина волны рентгеновских квантов  $\lambda = 3$  нм.

**Задание 10**

Вычислить отношение кинетической энергии электрона к кинетической энергии протона с одинаковой длиной волны де Бройля. Скорости существенно меньше, чем скорость света.

**Задание 11**

Определить потенциальную  $\Pi$ , кинетическую  $T$  и полную  $E$  энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.

**Задание 12**

Какую наименьшую энергию  $W_{min}$  (в электронвольтах) должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов появились все линии всех серий спектра водорода? Какую наименьшую скорость  $v_{min}$  должны иметь эти электроны?

**Задание 13**

Минимальная энергия  $\alpha$ -частицы, находящейся в бесконечно глубокой потенциальной яме, равна 8 МэВ. Оцените ширину ямы.

**Задание 14**

При экспериментальном определении постоянной Планка  $h$  при помощи рентгеновских лучей кристалл устанавливается под некоторым углом  $\varphi$ , а разность потенциалов  $U$ , приложенная к электродам рентгеновской трубки, увеличивается до тех пор, пока не появится линия, соответствующая этому углу. Найти постоянную Планка  $h$  из следующих данных: кристалл каменной соли установлен под углом  $\varphi = 14^\circ$ ; разность потенциалов, при которой впервые появилась линия, соответствующая этому углу,  $U = 9,1$  кВ; постоянная решетки кристалла  $d = 281$  пм.

**Задание 1**

Можно условно принять, что Земля излучает как серое тело, находящееся при температуре  $T = 280$  К. Определить коэффициент теплового излучения  $a_T$  Земли, если энергетическая светимость ее поверхности равна  $325 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

**Задание 2**

Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке  $T = 2450$  К. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре  $k = 0,3$ . Найти площадь  $S$  излучающей поверхности спирали.

**Задание 3**

Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 2900$  К. В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 9 \text{ мкм}$ . До какой температуры  $T_2$  охладилось тело?

**Задание 4**

Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_c = 275 \text{ нм}$ . Найти минимальную энергию  $\varepsilon$  фотона, вызывающего фотоэффект.

**Задание 5**

Какую скорость получают вырванные из калиевого фотокатода электроны при облучении его фиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 420 \text{ нм}$ ? Работа выхода  $A = 2$  эВ. Определите массу фотона падающего света.

**Задание 6**

Электромагнитное излучение с длиной волны  $\lambda = 207 \text{ нм}$  вырывает с поверхности титана фотоэлектроны, которые попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,01 \text{ Тл}$ . Найдите радиус окружности, по которой начнут двигаться фотоэлектроны, если их скорости перпендикулярна линиям индукции магнитного поля.

**Задание 7**

На зеркальце с идеально отражающей поверхностью площадью  $S = 1,5 \text{ см}^2$  падает нормальный свет от электрической дуги. Определить импульс, полученный зеркальцем, если поверхностная плотность потока излучения, падающего на зеркальце, равна  $0,1 \text{ МВт}/\text{м}^2$ . Продолжительность облучения  $t = 1 \text{ с}$ .

**Задание 8**

Какова была длина волны  $\lambda_0$  рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом  $\varphi = 60^\circ$  длина волны рассеянного излучения оказалась равной  $\lambda = 25,4 \text{ пм}$ ?

**Задание 9**

Протон, электрон и фотон имеют одинаковую длину волны  $\lambda = 0,1 \text{ нм}$ . Определите соотношение их скоростей.

**Задание 10**

Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для: а) электрона, движущегося со скоростью  $v = 10^6 \text{ м/с}$ ; б) атома водорода, движущегося со средней квадратичной скоростью при температуре  $T = 300 \text{ К}$ ; в) шарика массой  $m = 1 \text{ г}$ , движущегося со скоростью  $v = 1 \text{ см/с}$ .

**Задание 11**

Определить длину волны  $\lambda$ , соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.

**Задание 12**

В каких пределах должна лежать энергия бомбардирующих электронов, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов спектр водорода имел только одну спектральную линию?

**Задание 13**

Во сколько раз дебройлевская длина волны частицы меньше неопределенности  $\Delta x$  ее координаты, которая соответствует относительной неопределенности импульса в 1%.

**Задание 14**

Атомные плоскости кристалла отстоят друг от друга на  $210 \text{ пм}$ . Чему равна длина волны рентгеновских лучей, падающих на кристалл, если отражение первого порядка наблюдается под углом  $45^\circ$ ?

**Задание 1**

Мощность  $P$  излучения шара радиусом  $R = 10$  см при некоторой постоянной температуре  $T$  равна 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом теплового излучения  $a = 0,25$ .

**Задание 2**

Считая, что атмосфера поглощает 10% лучистой энергии, посылаемой Солнцем, найти мощность излучения  $N$ , получаемую от Солнца горизонтальным участком Земли площадью  $S = 0,5$  га. Высота Солнца над горизонтом  $\varphi = 30^\circ$ . Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно черного тела.

**Задание 3****Задание 4**

Квант длиной волны  $\lambda = 34,2$  нм вырывает с чистой поверхности металлического лития фотоэлектрон, который описывает в магнитном поле напряженностью  $H = 1,2 \cdot 10^3$  А/м окружность радиусом  $R = 1,2$  см. Определить энергию, затраченную на освобождение данного электрона из атома лития.

**Задание 5**

Чему равен запирающий потенциал для калиевого фотокатода при облучении его фиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 420$  нм? Работа выхода  $A = 2$  эВ. Определите массу фотона падающего света.

**Задание 6**

Найдите частоту света, вырывающего из металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_z = 3$  В. Фотоэффект начинается при частоте света, равной  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Определите работу выхода электронов из этого металла.

**Задание 7**

Спутник в форме шара движется вокруг Земли на такой высоте, что поглощением солнечного света в атмосфере можно пренебречь. Диаметр спутника  $d = 40$  м. Зная солнечную постоянную (величина, равная поверхностной плотности энергии излучения Солнца вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца)  $C = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  и принимая, что поверхности спутника полностью отражает свет, определить силу давления  $F$  солнечного света на спутник.

**Задание 8**

При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния  $\varphi = \pi/2$ . Найти энергию и импульс рассеянного фотона.

**Задание 9**

Параллельный поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью шириной  $b = 1,0$  мкм. Определите скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстоянии  $l = 50$  см, ширина центрального дифракционного максимума равна 0,36 мм.

**Задание 10**

Фотоэффект вызывается фотонами с длиной волны  $\lambda = 0,3$  нм. Какую минимальную длину волны де Бройля имеют фотоэлектроны?

**Задание 11**

Найти наибольшую  $\lambda_{\max}$  и наименьшую  $\lambda_{\min}$  длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).

**Задание 12**

Атомарный водород, возбуждаемый некоторым монохроматическим светом, испускает только три спектральные линии. Определить квантовое число энергетического уровня, на который возбуждаются атомы, а также длины волн испускаемых линий.

**Задание 13**

Чему равна неопределенность энергии нейтрона, находящегося в ядре атома платины, если нейтрон локализован с точностью до размеров, равных радиусу ядра ( $R_{\text{яд}} = 9 \cdot 10^{-13}$  см).

**Задание 14**

Определить угловую ширину дифракционных максимумов, возникающих при рассеянии плоского пучка монохроматических рентгеновских лучей с длиной волны  $\lambda$  на линейной цепочке из  $N$  рассеивающих центров с периодом  $a$ .

**Задание 1**

На какую длину волны  $\lambda_m$  приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(r_\lambda)_{\max}$  абсолютно черного тела при температуре  $t = 0^\circ\text{C}$ ?

**Задание 2**

Температура поверхности Солнца 6000 К, отношение диаметра земной орбиты к диаметру Солнца составляет  $2,14 \cdot 10^2$ . Считается, что Земля одинаково излучает по всем направлениям, вычислите ее среднюю температуру.

**Задание 3**

Лазер на рубине излучает в импульсе длительностью  $\tau = 0,5$  мс энергию  $E = 10$  Дж в виде параллельного светового пучка. Длина волны лазера  $\lambda = 694,3$  нм, ширина линии  $\Delta\lambda = 0,001$  нм. Определить по спектральной плотности излучения эффективную температуру  $T_{\text{эфф}}$  в лазерном луче.

**Задание 4**

Чему равна минимальная длина волны рентгеновского излучения, испускаемого при соударении ускоренных электронов с экраном телевизионного кинескопа, работающего при напряжении 50 кВ?

**Задание 5**

Для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением ультрафиолетовым светом платиновой пластинки, нужно приложить задерживающую разность потенциалов  $U_1 = 3,7$  В. Если платиновую пластинку заменить другой пластинкой, то задерживающую разность потенциалов придется увеличить до  $U_2 = 6$  В. Определить работу выхода  $A_2$  электронов с поверхности этой пластины, если работа выхода электронов из платиновой пластины  $A_1 = 6,3$  эВ.

**Задание 6**

Какой максимальный заряд приобретет удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны  $\lambda = 140$  нм? Емкость шарика  $C = 1$  пФ.

**Задание 7**

Давление монохроматического света ( $\lambda = 600$  нм) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно 0,1 мкПа. Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 1$  с на поверхность площадью  $S = 1$  см<sup>2</sup>.

**Задание 8**

Фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, рассеялся на свободном электроне на угол  $\theta = 120^\circ$ . Определите энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

**Задание 9**

Определите кинетическую энергию электрона, если его длина волны де Бройля равна 1 пм.

**Задание 10**

Чему равна скорость атома гелия, если его длина волны де Бройля равна 0,1 нм?

**Задание 11**

Вычислить энергию  $\epsilon$  фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

**Задание 12**

В каких пределах должны лежать длины волн  $\lambda$  монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами этого света наблюдались три спектральные линии?

**Задание 13**

Электрон с кинетической энергией  $T = 10$  эВ локализован в области размером  $l = 1$  мкм. Оцените относительную неопределенность скорости электрона.

**Задание 14**

Найти длину волны  $\lambda$ , определяющую коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на  $\Delta U = 23$  кВ увеличивает искомую длину волны в 2 раза.

**Задание 1**

Температура верхних слоев Солнца равна 5300 К. Считая Солнце абсолютно черным телом, определить длину волны  $\lambda_m$ , которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости  $(r_\lambda)_{max}$  Солнца.

**Задание 2**

Какую энергетическую светимость  $R_\lambda$  имеет абсолютно черное тело, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны  $\lambda = 484 \text{ нм}$ ?

**Задание 3**

В черный тонкостенный металлический сосуд, имеющий форму куба, налит 1 кг воды, нагретой до 50 °С. Определить время  $t$  остывания сосуда до 10 °С, если он помещен в черную полость, температура стенок которой поддерживается при 0 °С, а вода заполняет весь объем сосуда.

**Задание 4**

Найти задерживающую разность потенциалов  $U$  для электронов, вырываемых при освещении калия светом с длиной волны  $\lambda = 330 \text{ нм}$ .

**Задание 5**

Красная граница фотоэффекта для некоторого металла соответствует длине волны  $\lambda_0 = 275 \text{ нм}$ . Найти максимальную скорость электронов, вызываемых светом с длиной волны  $\lambda = 180 \text{ нм}$ . Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ .

**Задание 6**

При исследовании фотоэффекта с поверхности цинка установлено, что при изменении длины волны падающего света в 1,4 раза для прекращения фотоэффекта необходимо увеличить задерживающее напряжение в 2 раза. Определите длину волны излучения в первом эксперименте.

**Задание 7**

Монохроматическое излучение с длиной волны  $\lambda = 500 \text{ нм}$  падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой  $F = 10^{-8} \text{ Н}$ . Определить число фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.

**Задание 8**

На какую кинетическую энергию должен быть рассчитан ускоритель электронов, чтобы можно было исследовать структуры с линейными размерами  $l = 10^{-15} \text{ м}$ ?

**Задание 9**

Электрон и фотон имеют каждый энергию, равную 1 эВ. Во сколько раз различаются их длины волн?

**Задание 10**

Определить наименьшую  $\epsilon_{min}$  и наибольшую  $\epsilon_{max}$  энергии фотона в ультрафиолетовой серии спектра водорода (серии Лаймана).

**Задание 11**

На сколько изменилась кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны  $\lambda = 486 \text{ нм}$ ?

**Задание 12**

Определите относительную неопределенность импульса  $\Delta p/p$  движущейся частицы, если неопределенность ее координаты равна длине волны де Бройля.

**Задание 13**

Длина волны гамма-излучения радия  $\lambda = 1,6 \text{ пм}$ . Какую разность потенциалов  $U$  надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить рентгеновские лучи с этой длиной волны?

**Задание 14**

Найти длину волны  $\lambda$ , определяющую коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на  $\Delta U = 23 \text{ кВ}$  увеличивает искомую длину волны в 2 раза.

**Задание 1**

Определить температуру  $T$  абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(r_\lambda)_{\max}$  приходится на красную границу видимого спектра ( $\lambda_1 = 750$  нм); на фиолетовую ( $\lambda_2 = 380$  нм).

**Задание 2**

Мощность излучения абсолютно черного тела  $N = 10$  кВт. Найти площадь  $S$  излучающей поверхности тела, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны  $\lambda = 700$  нм.

**Задание 3**

Температура  $T$  абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость  $R$ ? На сколько изменилась длина волны  $\lambda$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости  $r_\lambda$ ?

**Задание 4**

При фотоэффекте с платиновой поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов  $U = 0,8$  В. Найти длину волны  $\lambda$  применяемого облучения и предельную длину волны  $\lambda_0$ , при которой еще возможен фотоэффект.

**Задание 5**

На фотоэлемент с литиевым катодом падает свет с длиной волны  $\lambda = 200$  нм. Найдите наименьшее значение задерживающей разности потенциалов, которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.

**Задание 6**

При освещении фотоэлемента монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda_1 = 0,4$  мкм он заряжается до разности потенциалов  $U = 2$  В. Определите, до какой разности потенциалов зарядится фотоэлемент при освещении его монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda_2 = 0,3$  мкм.

**Задание 7**

Параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 662$  нм) падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление  $p = 0,3$  мкПа. Определить концентрацию  $n$  фотонов в световом пучке.

**Задание 8**

Рентгеновское излучение с длиной волны  $\lambda = 10$  пм рассеивается свободными электронами. Определите максимальную длину волны рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

**Задание 9**

Какую разность потенциалов должен пройти электрон из состояния покоя, чтобы его длина волны стала равной 0,16 нм?

**Задание 10**

Во сколько раз различаются длины волн де Бройля протона и электрона, если они имеют одинаковую кинетическую энергию  $T = 0,511$  МэВ?

**Задание 11**

Атомарный водород, возбужденный светом определенной длины волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий и указать, каким сериям они принадлежат.

**Задание 12**

В каких пределах должны лежать длины волн  $\lambda$  монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами этого света радиус орбиты  $r_k$  электрона увеличился в 9 раз?

**Задание 13**

При измерении относительной неопределенности скорости локализованного в некоторой области электрона, ускоренного напряжением  $U = 10$  В, получено значение 0,01. Оцените размер области локализации.

**Задание 14**

Какую наименьшую разность потенциалов  $U$  надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить все линии  $K$ -серии, если в качестве материала антикатада взять: а) медь; б) серебро; в) вольфрам; г) платину?



**Задание 1**

Максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(r_\lambda)_{\max}$  яркой звезды Арктур приходится на длину волны  $\lambda_m = 580$  нм. Принимая, что звезда излучает как абсолютно черное тело, определить температуру  $T$  поверхности звезды.

**Задание 2**

В каких областях спектра лежат длины волн, соответствующие максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служит: а) спираль электрической лампочки ( $T = 3000\text{K}$ ); б) поверхность Солнца ( $T = 6000\text{K}$ ); в) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура  $T \approx 10^7$  К? Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

**Задание 3**

Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 2900\text{K}$ . В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 9\text{мкм}$ . До какой температуры  $T_2$  охладилось тело?

**Задание 4**

Фотоны с энергией  $\epsilon = 4,9\text{эВ}$  вырывают электроны из металла с работой выхода  $A = 4,5\text{эВ}$ . Найти максимальный импульс  $p_{\max}$  передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

**Задание 5**

Фотон с энергией  $\epsilon_\phi = 10$  эВ падает на серебряную пластинку и вызывает фотоэффект. Определите импульс, полученный пластинкой, если движения фотона и фотоэлектрона направлены одинаково и перпендикулярны поверхности пластинки.

**Задание 6**

Катод фотоэлемента освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 310$  нм. При ее изменении на 25% задерживающее напряжение уменьшилось на 0,8 В. По этим экспериментальным данным рассчитайте постоянную Планка.

**Задание 7**

Найти величину нормального давления на плоскую поверхность при зеркальном отражении параллельного светового потока с интенсивностью  $I = 0,5\text{Вт/см}^2$ , если коэффициент отражения данной поверхности  $\rho = 0,6$ , а угол между направлением света и нормалью к поверхности  $\varphi = 30^\circ$ .

**Задание 8**

Какая доля энергии фотона приходится на электрон отдачи при эффекте Комптона, если рассеяние фотона происходит на угол  $\theta = 90^\circ$ ? Энергия фотона до рассеяния  $\epsilon_\phi = 0,51$  МэВ.

**Задание 9**

В модели Бора электрон движется вокруг ядра атома водорода по круговой орбите. Считая радиус орбиты равным 0,053 нм, определите длину волны де Бройля электрона.

**Задание 10**

Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, имеющего кинетическую энергию: а)  $W_1 = 10$  кэВ; б)  $W_2 = 1\text{МэВ}$ .

**Задание 11**

Фотон с энергией  $\epsilon = 16,5$  эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какова скорость  $v$  будет иметь электрон вдали от ядра атома?

**Задание 12**

На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решетки  $d = 5\text{мкм}$ . Какому переходу электрона соответствует спектральная линия, наблюдаемая при помощи этой решетки в спектре пятого порядка под углом  $\varphi = 41^\circ$ ?

**Задание 13**

Исходя из того, что радиус атома водорода имеет значение порядка 0,1 нм, оцените скорость движения его электрона.

**Задание 14**

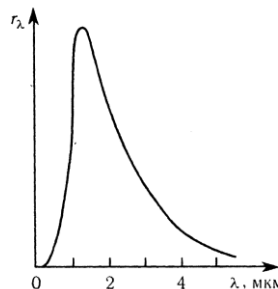
Считая, что формула Мозли с достаточной степенью точности дает связь между длиной волны  $\lambda$  характеристических рентгеновских лучей и порядковым номером элемента  $Z$ , из которого сделан антикатод, найти наибольшую длину волны  $\lambda$  линий  $K$ -серии рентгеновских лучей, даваемых трубкой с антикатодом из: а) железа; б) меди; в) молибдена; г) серебра; д) тантала; е) вольфрама; ж) платины. Для  $K$ -серии постоянная экранирования  $\sigma = 1$ .

**Задание 1**

Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности  $(r_\lambda)_{\max}$  сместился с  $\lambda_1 = 2,4$  мкм на  $\lambda_2 = 0,8$  мкм. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость тела и максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

**Задание 2**

На рисунке дана кривая зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела  $r_\lambda$  от длины волны  $\lambda$  при некоторой температуре. К какой температуре  $T$  относится эта кривая? Какой процент излучаемой энергии приходится на долю видимого спектра при этой температуре?

**Задание 3**

Определить температуру тела, при которой оно излучало бы энергии в 10 раз больше, чем поглощало. Температура окружающей среды  $t_0 = 23^\circ\text{C}$ .

**Задание 4**

Определите максимальную скорость фотоэлектрона, вырванного с поверхности золота фотоном с энергией  $\epsilon_\phi = 9,3$  эВ.

**Задание 5**

Плоский серебряный электрод освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 183$  нм. Определите, на какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон, если вне электрода имеется задерживающее однородное электрическое поле напряженностью  $E = 0,5$  кВ/м.

**Задание 6**

Найти световое давление  $P$  на стенки электрической 100-ваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом  $r = 5$  см. Стенки лампы отражают 4% и пропускают 6% падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

**Задание 7**

Определите максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии света: а) на свободных электронах; б) на свободных протонах.

**Задание 8**

Электрон движется по окружности радиусом  $r = 0,5$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 8$  мТл. Определите его дебройлевскую длину волны.

**Задание 9**

Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 200$  В, имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 2,02$  пм. Найти массу  $m$  частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.

**Задание 10**

Вычислить длину волны  $\lambda$ , которую испускает ион гелия  $\text{He}^+$  при переходе со второго энергетического уровня на первый. Сделать такой же подсчет для иона лития  $\text{Li}^{++}$ .

**Задание 11**

Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, движущегося по первой боровской орбите атома водорода.

**Задание 12**

Оцените с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером  $l = 0,2$  нм.

**Задание 13**

Найти постоянную экранирования  $\sigma$  для L-серии рентгеновских лучей, если известно, что при переходе электрона в атоме вольфрама с M- на L-слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны  $\lambda = 143$  пм.

**Задание 14**

Считая, что формула Мозли с достаточной степенью точности дает связь между длиной волны  $\lambda$  характеристических рентгеновских лучей и порядковым номером элемента  $Z$ , из которого сделан антикатод, найти наибольшую длину волны  $\lambda$  линий K-серии рентгеновских лучей, даваемых трубкой с антикатодом из: а) железа; б) меди; в) молибдена; г) серебра; д) тантала; е) вольфрама; ж) платины. Для K-серии постоянная экранирования  $\sigma = 1$ .

**Задание 1**

При увеличении термодинамической температуры  $T$  абсолютно черного тела в два раза длина волны  $\lambda_m$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, уменьшилась на  $\Delta\lambda_m = 400$  нм. Определить начальную и конечную температуры  $T_1$  и  $T_2$ .

**Задание 2**

При нагревании абсолютно черного тела длина волны  $\lambda$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась от 690 до 500 нм. Во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость тела?

**Задание 3**

Лазер на рубине излучает в импульсе длительностью  $\tau = 0,5$  мс энергию  $E = 10$  Дж в виде параллельного светового пучка. Длина волны лазера  $\lambda = 694,3$  нм, ширина линии  $\Delta\lambda = 0,001$  нм. Определить по спектральной плотности излучения эффективную температуру  $T_{\text{эфф}}$  в лазерном луче.

**Задание 4**

Вакуумный фотоэлемент состоит из центрального катода (вольфрамового шарика) и анода (внутренней поверхности посеребренной изнутри колбы). Контактная разность потенциалов между электродами  $U_0 = 0,6$  В ускоряет вылетающие электроны. Фотоэлемент освещается светом с длиной волны  $\lambda = 230$  нм. Какую задерживающую разность потенциалов  $U$  надо приложить между электродами, чтобы фототок упал до нуля? Какую скорость  $v$  получают электроны, когда они долетят до анода, если не прикладывать между катодом и анодом разности потенциалов?

**Задание 5**

Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}} = 310$  нм, а максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 4 эВ?

**Задание 6**

При освещении катода светом с длиной волны, равной сначала 207 нм, а затем 270 нм, задерживающее напряжение изменилось в 2 раза. Определите красную границу фотоэффекта.

**Задание 7**

На поверхность площадью  $S = 0,01$  м<sup>2</sup> в единицу времени падает световая энергия  $E = 1,05$  Дж/с. Найти световое давление  $P$  в случаях, когда поверхность полностью отражает и полностью поглощает падающие на нее лучи.

**Задание 8**

В результате эффекта Комптона фотон с энергией  $E_{\text{ф}} = 1,02$  МэВ рассеян на свободном электроне на угол  $\theta = 150^\circ$ . Определите энергию рассеянного фотона.

**Задание 9**

Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пм?

**Задание 10**

Составить таблицу значений длин волн де Бройля  $\lambda$  для электрона, движущегося со скоростью  $v$ , равной:  $2 \cdot 10^8$ ;  $2,2 \cdot 10^8$ ;  $2,4 \cdot 10^8$ ;  $2,6 \cdot 10^8$ ;  $2,8 \cdot 10^8$  м/с.

**Задание 11**

Вычислить частоты  $\nu_1$  и  $\nu_2$  вращения электрона в атоме водорода на второй и третьей орбитах. Сравнить эти частоты с частотой  $\nu$  излучения при переходе электрона с третьей на вторую орбиту.

**Задание 12**

Найти радиус  $r_1$  первой боровской электронной орбиты для однократно ионизованного гелия и скорость  $v$  электрона на ней.

**Задание 13**

Покажите, что для частицы, неопределенность местоположения которой  $\Delta x = \lambda_{\text{дБ}}/2\pi$  где  $\lambda_{\text{дБ}}$  - ее дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна примерно самой скорости частицы.

**Задание 14**

Найти постоянную экранирования  $\sigma$  для L-серии рентгеновских лучей, если известно, что при переходе электрона в атоме вольфрама с M- на L-слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны  $\lambda = 143$  пм.

**Задание 1**

Эталон единицы силы света - кандела - представляет собой полный (излучающий волны всех длин) излучатель, поверхность которого площадью  $S = 0,5305 \text{ мм}^2$  имеет температуру  $T$  затвердевания платины, равную  $1063^\circ \text{C}$ . Определить мощность  $P$  излучателя, принимая его за абсолютно черное тело.

**Задание 2**

На какую длину волны  $\lambda$  приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру, равную температуре  $t = 37^\circ \text{C}$  человеческого тела?

**Задание 3**

В черный тонкостенный металлический сосуд, имеющий форму куба, налит 1 кг воды, нагретой до  $50^\circ \text{C}$ . Определить время  $t$  остывания сосуда до  $10^\circ \text{C}$ , если он помещен в черную полость, температура стенок которой поддерживается при  $0^\circ \text{C}$ , а вода заполняет весь объем сосуда.

**Задание 4**

Фотон с длиной волны  $\lambda = 0,2 \text{ мкм}$  вырывает с поверхности натрия фотэлектрон, кинетическая энергия которого  $E = 2 \text{ эВ}$ . Определить работу выхода и красную границу фотоэффекта.

**Задание 5**

При облучении платиновой пластины ультрафиолетовым светом задерживающая разность потенциалов была равна  $4,7 \text{ В}$ . Когда платиновую пластину заменили на другую, то пришлось увеличить задерживающую разность потенциалов до  $6,0 \text{ В}$ . Зная работу выхода электронов из металлов, определите материал второй пластины.

**Задание 6**

Определите постоянную Планка по результатам эксперимента, в котором электроны, вырываемые из металла светом с частотой  $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ , полностью задерживались разностью потенциалов  $U_{31} = 6,6 \text{ В}$ , а вырываемые светом с частотой  $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$  - разностью потенциалов  $U_{32} = 16,5 \text{ В}$ .

**Задание 7**

Монохроматический пучок света ( $\lambda = 490 \text{ нм}$ ), падая по нормали к поверхности, производит световое давление  $P = 4,9 \text{ мкПа}$ . Какое число фотонов  $I$  падает в единицу времени на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения света  $\rho = 0,25$ .

**Задание 8**

На какой угол был рассеян при эффекте Комптона  $\gamma$ -квант с энергией  $\epsilon_{\text{ф}} = 1,53 \text{ МэВ}$ , если кинетическая энергия электрона отдачи  $T = 0,51 \text{ МэВ}$ ?

**Задание 9**

Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля для него была равна  $1 \text{ пм}$ ?

**Задание 10**

$\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $r = 8,3 \text{ мм}$  в однородном магнитном поле, напряженность которого  $H = 18,9 \text{ кА/м}$ . Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для  $\alpha$ -частицы.

**Задание 11**

Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны  $\lambda = 121,5 \text{ нм}$ . Определить радиус  $r$  электронной орбиты возбужденного атома водорода.

**Задание 12**

Найти первый потенциал возбуждения  $U_1$  а) однократно ионизованного гелия; б) двукратно ионизованного лития.

**Задание 13**

Пучок моноэнергетических электронов падает на щель шириной  $a = 10 \text{ нм}$ . Можно считать, что если электрон прошел через щель, то его координата в направлении поперек движения известна с неопределенностью  $\Delta y = a$ . Оцените получаемую при этом относительную неточность в определении импульса, если энергия электрона  $T = 10 \text{ эВ}$ .

**Задание 14**

Рентгеновская трубка работает под напряжением  $U = 1 \text{ МВ}$ . Определить наименьшую длину волны  $\lambda_{\text{min}}$  рентгеновского излучения.