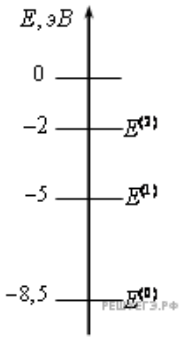
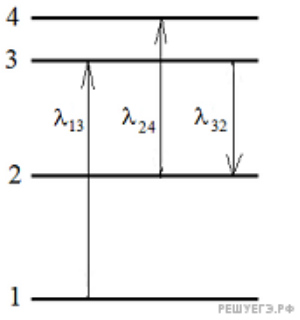
1. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода), помещенной в сосуд, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью E. Пролетев путь $S = 5 \cdot 10^{-4}$ м, он приобретает скорость $\upsilon = 3 \cdot 10^{6}$ м/с. Какова напряженность электрического поля? Релятивистские эффекты не учитывать.

2. Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких покоящихся атомов, в результате столкновения получил некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения с атомом оказался равным $1,2 \cdot 10^{-24}$ кг · м/с. Определите кинетическую энергию электрона до столкновения. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь. Эффектом отдачи пренебречь. Ответ дайте в джоулях, округлив до десятых число, умноженное на 10^{-19}.



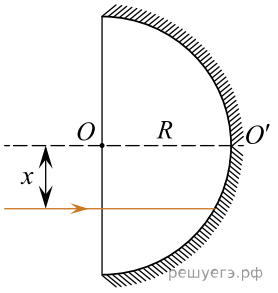
3. На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Какова длина волны фотонов, излучаемых при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 если $\lambda_{13} = 400$ нм, $\lambda_{24} = 500$ нм, $\lambda_{32} = 600$ нм?



4. Образец, содержащий радий, за 1 с испускает $3,7 \cdot 10^{10}$ α-частиц. За 1 ч выделяется энергия 100 Дж. Каков средний импульс α-частиц? Масса α-частицы равна $6,7 \cdot 10^{-27}$ кг. Энергией отдачи ядер, γ-излучением и релятивистскими эффектами пренебречь.

5. Источник в монохроматическом пучке параллельных лучей за время $\Delta t = 8 \cdot 10^{-4}$ с излучает $N = 5 \cdot 10^{14}$ фотонов. Лучи падают по нормали на площадку $S = 0,7$ см^2 и создают давление $P = 1,5 \cdot 10^{-5}$ Па . При этом 40% фотонов отражается, а 60% поглощается. Определите длину волны излучения.

6. Школьник на уроке физики получил вогнутое полусферическое зеркало радиусом R и лазерную указку, дающую узкий параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 660$ нм. Он пустил луч света от указки параллельно главной оптической оси зеркала OO' на расстоянии x от нее (см. рис.). Затем школьник так подобрал расстояние x, что луч, отразившись от зеркала один раз, отклонился от оси OO' на максимальный угол φ и вышел за пределы зеркала. Чему при таком отражении равен модуль изменения импульса каждого фотона лазерного луча?



7. Наше Солнце теряет за счет излучения света массу, примерно равную 1, 39 $\cdot 10^5$ миллиардов тонн в год. Найдите солнечную постоянную для Марса, то есть среднюю энергию, попадающую за 1 секунду на 1м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Марса вне его атмосферы. Известно, что средний радиус орбиты Марса в 1,52 раза больше среднего радиуса орбиты Земли, который составляет около 150 миллионов километров. Ответ выразите в кВт/м^2.

8. Наше Солнце теряет за счет излучения света массу, примерно равную 1, 39 $\cdot 10^5$ миллиардов тонн в год. Найдите солнечную постоянную для Венеры, то есть среднюю энергию, попадающую за 1 секунду на 1м^2 поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, около Венеры вне ее атмосферы. Известно, что средний радиус орбиты Венеры составляет 0,72 от среднего радиуса орбиты Земли, который примерно равен 150 миллионам километров. Ответ выразите в кВт/м^2.

9. Точечный источник мощностью P = 1 мВт излучает импульсно монохроматический свет с длиной волны λ = 600 нм равномерно во всех направлениях (такой источник называется изотропным). На каком расстоянии r от него концентрация фотонов (то есть число фотонов в единице объема) равна $n = 2 \cdot 10^5$ м$^{-3}$? Объем сферического слоя радиусом r и толщиной Δr равен $4\pi r^2 \Delta r$.

10. Согласно гипотезе де Бройля, все частицы обладают волновыми свойствами.

Длина волны для частицы массой m, имеющей скорость υ, составляет $\lambda = \dfrac{h}{m\upsilon}$, где $h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж $\cdot$ с — постоянная Планка. Для того, чтобы можно было применять модель идеального газа, среднее расстояние l между молекулами газа должно быть, в частности, гораздо больше λ. При какой температуре T для инертного газа гелия $\lambda \approx l$, если концентрация его молекул равна $n = 2{,}7 \cdot 10^{25}$ м$^{-3}$?

Масса молекулы гелия равна $m = 6{,}6 \cdot 10^{-24}$ г.

11. Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1{,}6 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью 130 В/м, причем вектор напряженности $\vec{E}$ поля направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Определите работу выхода электронов из данного металла.

12. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$E = -\dfrac{13{,}6}{n^2}$ эВ, где $n = 1, 2, 3, \ldots$. При переходе атома из состояния E_2 в состояние E_1 атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, этот фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода, $\nu_{\text{к}p} = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона?

13. Электрон, имеющий импульс $p = 2 \cdot 10^{-24}$ кг $\cdot$ м/с, сталкивается с покоящимся протоном, образуя атом водорода в состоянии с энергией E_n ($n = 2$). В процессе образования атома излучается фотон. Найдите частоту ν этого фотона, пренебрегая кинетической энергией атома. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\dfrac{13{,}6}{n^2}$ эВ, где $n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$.

14. Мощность излучения лазерной указки с длиной волны λ = 600 нм равна P = 2 мВт. Определите число фотонов, излучаемых указкой за 1 с.

15. Мощность излучения лазерной указки с длиной волны λ = 500 нм равна P = 1 мВт. Определите время, за которое лазерная указка излучает N = $5 \cdot 10^{15}$ фотонов.

16. Число фотонов, излучаемых лазерной указкой за t = 5 с, N = $6 \cdot 10^{16}$. Длина волны излучения указки равна λ = 600 нм. Определите мощность P излучения указки.

17. Число фотонов, излучаемых лазерной указкой мощностью P = 2 мВт за 1 с, равно $4 \cdot 10^{15}$. Определите длину волны λ излучения лазерной указки.

18. Давление света от Солнца, который падает перпендикулярно на абсолютно черную поверхность, на орбите Земли составляет около $p = 5 \cdot 10^{-6}$ Па. Оцените концентрацию n фотонов в солнечном излучении, считая, что все они имеют длину волны λ = 500 нм.

19. Лазер испускает световой импульс с энергией W = 3 Дж и длительностью τ = 10 нс. Свет от лазера падает перпендикулярно на плоское зеркало площадью S = 10 см^2. Какое среднее давление окажет свет на зеркало?

20. Два покрытых кальцием электрода, один из которых заземлен, находятся в вакууме. Один из электродов заземлен. К ним подключен конденсатор емкостью C_1 = 20 000пФ. Появившийся в начале фототок при длительном освещении прекращается, при этом на конденсаторе возникает заряд $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Работа выхода электронов из кальция $A = 4{,}42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите длину волны света, освещающего катод.

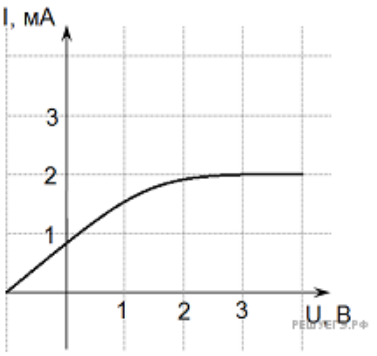
21. Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом с длиной волны λ = 300 нм. Работа выхода электронов из кальция равна $A_{вых} = 4{,}42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом R = 4 мм. Каков модуль индукции магнитного поля B?

22. Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1{,}6 \cdot 10^{15}$ Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью 130 В/м, причем вектор напряженности $\vec{E}$ направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов на расстоянии 10 см от пластины?

23. Газ неон находится при температуре T = 30 К и нормальном атмосферном давлении $P = 10^5$ Па. Оцените, во сколько раз при этих условиях отличаются среднее расстояние между атомами газа и их длина волны де Бройля λ.

24. Чему равна длина волны красной границы фотоэффекта для цезия? Работа выхода для цезия $A_{вых} = 0{,}29 \cdot 10^{-18}$ Дж. Ответ дайте в нанометрах и округлите до целого числа. (Постоянную Планка примите равной $6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с.)

25. На рисунке представлен график зависимости фототока из металлической пластины от величины запирающего напряжения. Длина волны фотонов составляет 500 нм. Чему равна мощность падающего излучения, если известно, что каждые 50 фотонов, падающих на металлическую пластинку, приводят к выбиванию одного электрона.



26. Для межпланетных полетов в космосе предлагают использовать «солнечный парус» — большое зеркало, расположенное перпендикулярно солнечным лучам. При их отражении от этого зеркала возникает сила в направлении падающих лучей, которая может ускорять космический корабль. Оцените эту силу F при следующих предположениях: площадь полностью отражающего свет зеркала равна S = 1000 м^2, а солнечная постоянная в месте нахождения корабля с зеркалом C = 1,5 кВт/м^2. Солнечная постоянная — это энергия фотонов, падающих в единицу времени на единицу площади поверхности, перпендикулярной лучам света от Солнца.

27. В настоящее время в интернет-магазине можно приобрести лазерную указку с мощностью светового потока P = 10 Вт и длиной волны λ = 445 нм (синий свет). В автономном режиме (от аккумуляторов) этот лазер может работать до двух часов. Какую скорость V приобретет такая указка массой m = 160 г в вакууме, в невесомости, вдали от других тел, после непрерывного излучения в течение времени t = 10 мин.?

28. Точечный источник монохроматического света мощностью 200 Вт находится на расстоянии 5 м от пластинки площадью 10 мм^2, на которую ежесекундно падают $1,6 \cdot 10^{13}$ фотонов. Найдите длину волны излучаемого света. Источник распределяет свет во все стороны. Площадь сферы $S = 4\pi R^2$.

29. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-6}$ м падает перпендикулярно на пластину площадью $S = 8$ мм^2, расстояние до которой 6 м. Чему равна мощность источника, если ежесекундно падает $16 \cdot 10^{16}$ фотонов? Площадь сферы рассчитывается по формуле $S = 4\pi R^2$.

30. Лазер с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ растапливает лед массой 1 кг, а затем и нагревает воду до $100°$C. Начальная температура льда $0°$. Лазер испускает 10^{22} фотонов в секунду. Сколько времени необходимо для этого процесса?

31. На пластину падает тонкий пучок света и оказывает на нее давление $P = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, концентрация фотонов $n = 10^{14}$, 80% фотонов поглощаются, остальные пролетают насквозь. Найти частоту света.

32. Одним из экспериментов по проверке справедливости утверждения о том, что частицы могут проявлять как корпускулярные, так и волновые свойства (корпускулярно-волновой дуализм), является наблюдение дифракции электронов на кристаллах. Рассмотрим опыт, в котором пучок электронов с определенной энергией E, полученной при прохождении ускоряющей их разности потенциалов U = 1 кВ, падает перпендикулярно на лист графена с периодом решетки a_0 = 0,246 нм. Под каким углом φ_1 к исходному пучку будет наблюдаться дифракционный максимум первого порядка? Графен является двумерным (плоским) кристаллом.

33. Одним из экспериментов по проверке справедливости утверждения о том, что частицы могут проявлять как корпускулярные, так и волновые свойства (корпускулярно-волновой дуализм), является наблюдение дифракции электронов на кристаллах. Рассмотрим опыт, в котором пучок электронов с определенной энергией E, полученной при прохождении ускоряющей их разности потенциалов U = 2 кВ, падает перпендикулярно на лист графена с периодом решетки a_0 = 0,246 нм. Под каким углом φ_2 к исходному пучку будет наблюдаться дифракционный максимум второго порядка? Графен является двумерным (плоским) кристаллом.

34. Порог чувствительности человеческого глаза к свету составляет примерно 5 фотонов в секунду при длине волны $\lambda = 600$ нм. Солнечная постоянная для примерно круговой орбиты Земли радиусом $R_З = 150$ миллионов километров равна $C_З = 1{,}36$ кВт/м^2. Оцените, с какого максимального расстояния R человек еще сможет увидеть Солнце своим глазом, если диаметр D его зрачка может достигать 8 мм? Ответ дайте в световых годах. Считайте, что значение C относится к той же длине волны λ, а полная мощность световой энергии Солнца не зависит от расстояния до него.

Справка: солнечная постоянная — величина, численно равная суммарной мощности солнечного излучения, падающего на участок поверхности площадью 1 квадратный метр перпендикулярно этому участку. Световой год — расстояние, которое проходит свет в вакууме за один земной год.

35. Лед массой 200 г при температуре 0 °C облучают лазером с длиной излучаемой волны 600 нм в течение 1 ч. До какой температуры нагреется вода, образовавшаяся при плавлении льда, если лазер излучает 10^{20} фотонов за 1 с, и все они поглощаются водой?

36. Излучением лазера с длиной волны $3{,}3 \cdot 10^{-7}$ м за время $2{,}5 \cdot 10^4$ с был расплавлен лед массой 1 кг, взятый при температуре 0 °C, и полученная вода была нагрета на 100 °C. Сколько фотонов излучает лазер за 1 с? Считать, что 50% излучения поглощается веществом.

37. Электромагнитное излучение с длиной волны $3{,}3 \cdot 10^{-7}$ м используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть за 70 с на 10 °C, если источник излучает $2 \cdot 10^{20}$ фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой, а тепловых потерь в окружающую среду нет.

38. На идеальное зеркало перпендикулярно ему падают лучи монохроматического света. При их отражении возникает сила давления F, действующая на зеркало. Найти F, если мощность падающего света $P = 300$ кВт.

39. Лазер испускает световой импульс с энергией $W = 12$ Дж. Свет от лазера падает перпендикулярно на плоское зеркало площадью $S = 10$ см^2. Определите длительность импульса τ, если среднее давление света на зеркало равно $p = 1$ кПа.

40. На плоскую цинковую пластинку ($A_{вых} = 3{,}75$ эВ) падает электромагнитное излучение с длиной волны 0,3 мкм. Какова напряженность задерживающего однородного электрического поля, вектор напряженности которого перпендикулярен пластине, если фотоэлектрон может удалиться от поверхности пластинки на максимальное расстояние $d = 2{,}5$ мм?

41. Препарат активностью $2{,}4 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещен в железный контейнер. За 1,5 часа температура контейнера повысилась на 16 °C. Известно, что данный препарат испускает α-частицы энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех α-частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Найдите массу контейнера. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

42. Лазер испускает световые импульсы с энергией 0,1 Дж. Частота повторения импульсов 10 Гц. Через охлаждающую систему лазера прокачивается вода массой 8,5 кг, которая в течение часа нагрелась на 10 °C. Найдите КПД лазера, если он определяется как отношение излучаемой энергии к потребляемой им.

43. В результате синтеза ${}^2_1\mathrm{H} + {}^3_2\mathrm{He} = {}^4_2\mathrm{He} + {}^1_1\mathrm{H}$ образуется гелий и протон. В результате данной реакции выделяется 18,3 МэВ энергии. Масса ядра гелия равна 4 массам протона. Какую кинетическую энергию уносит протон, если суммарный импульс исходных частиц равен нулю, а их кинетическая энергия пренебрежимо мала по сравнению с выделившейся?

44. Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1{,}6 \cdot 10^{15}$ Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью 130 В/м, причем вектор напряженности $\vec{E}$ направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов на расстоянии 10 см от пластины?

45. Лазер испускает световой импульс с энергией $W = 12$ Дж. Свет от лазера падает перпендикулярно на плоское зеркало площадью $S = 10$ см^2. Вспышка лазера длится 80 нс. Определите среднее давление света на зеркало.