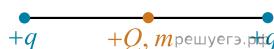


1. По гладкой горизонтальной направляющей длиной  $2l$  скользит бусинка с положительным зарядом  $Q > 0$  и массой  $m$ . На концах направляющей находятся положительные заряды  $q > 0$  (см. рис.). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия, период которых равен  $T$ .



Чему будет равен период колебаний бусинки, если ее заряд увеличить в 2 раза?

2. Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж, освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле индукцией  $7,87 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно вектору индукции. Чему равен максимальный радиус окружности  $R$ , по которой движутся электроны?

3. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластиинки (катода), помещенной в сосуд, из которого откачен воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. Какой путь пролетел в этом электрическом поле электрон, если он приобрел скорость  $v = 3 \cdot 10^6$  м/с? Релятивистские эффекты не учитывать.

4. При облучении металлической пластиинки квантами света с энергией 3 эВ из нее выбиваются электроны, которые проходят ускоряющую разность потенциалов  $\Delta U = 5$  В. Какова работа выхода  $A_{\text{вых}}$ , если максимальная энергия ускоренных электронов  $E_e$  равна удвоенной энергии фотонов, выбивающих их из металла?

5. При облучении металлической пластиинки квантами света с энергией 3 эВ из нее выбиваются электроны, которые проходят ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Работа выхода электронов из металла  $A_{\text{вых}} = 2$  эВ. Определите ускоряющую разность потенциалов  $U$ , если максимальная энергия ускоренных электронов  $E_e$  равна удвоенной энергии фотонов, выбивающих их из металла.

6. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290$  нм. При облучении катода светом с длиной волны  $\lambda$  фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом  $U = 1,5$  В. Определите длину волны  $\lambda$ .

7. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290$  нм. Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda = 220$  нм. При каком напряжении между анодом и катодом фототок прекращается?

8. Фотокатод облучают светом с длиной волны 300 нм. Красная граница фотоэффекта фотокатода 450 нм. Вычислите запирающее напряжение  $U$  между анодом и катодом.

9. В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластиинка облучалась светом с длинами волн соответственно  $\lambda_1 = 350$  нм и  $\lambda_2 = 540$  нм. В этих опытах максимальные скорости фотоэлектронов отличались в  $\frac{v_1}{v_2} = 2$  раза. Какова работа выхода с поверхности металла?

10. Для измерения величины постоянной Планка  $h$  в свое время использовался следующий опыт. В вакуумный фотоэлемент помещался катод из какого-либо металла, окруженный металлическим анодом. Катод облучали светом определенной длины волны (и частоты) и измеряли задерживающее напряжение между катодом и анодом, при котором ток в цепи с фотоэлементом прекращался. Оказалось, что при длине волны света, падающего на фотокатод, равной  $\lambda_1 = 250$  нм, задерживающее напряжение было равно  $U_1 = 2,82$  В, а при освещении светом с частотой  $v_2 = 1,5 \cdot 10^{15}$  Гц оно равнялось  $U_2 = 4,05$  В. Найдите по этим данным величину постоянной Планка.

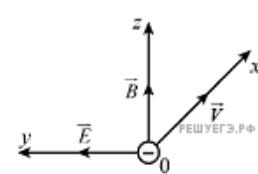
11. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$  При переходе из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Поток таких фотонов падает на поверхность фотокатода. Запирающее напряжение для фотоэлектронов, вылетающих с поверхности фотокатода,  $U_{\text{зап}} = 7,4$  В. Какова работа выхода  $A_{\text{вых}}$  фотоэлектронов с поверхности фотокатода?

12. Металлическая пластина облучается светом частотой  $v = 1,6 \cdot 10^{15}$  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?

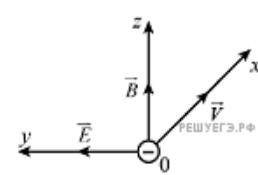
13. Металлическая пластина облучается светом. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью 130 В/м. Вектор напряженности  $\vec{E}$  поля направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Определите частоту падающего на пластину света.

14. Металлическая пластина облучается светом частотой  $v = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле, вектор напряженности  $\vec{E}$  которого направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Чему равен модуль напряженности электрического поля?

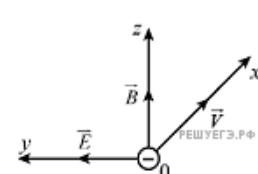
- 15.** Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси  $OX$  под действием света с катода фотоэлемента, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть работа выхода  $A$  с поверхности фотокатода, чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей действующая на них сила была направлена вдоль оси  $OY$  в положительном направлении? Частота света  $6,5 \cdot 10^{14}$  Гц, напряженность электрического поля  $3 \cdot 10^2$  В/м, индукция магнитного поля  $10^{-3}$  Тл.



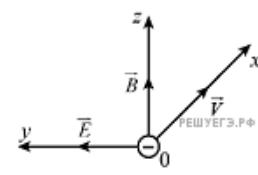
- 16.** Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси  $OX$  под действием света с катода фотоэлемента, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рис.). Какой должна быть частота падающего света  $v$ , чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей действующая на них сила была направлена против оси  $OY$ ? Работа выхода для вещества катода 2,39 эВ, напряженность электрического поля  $3 \cdot 10^2$  В/м, индукция магнитного поля  $10^{-3}$  Тл.



- 17.** Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси  $OX$  под действием света с катода фотоэлемента, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть частота падающего света  $v$ , чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей действующая на них сила была направлена в положительном направлении оси  $OY$ ? Работа выхода для вещества катода 2,39 эВ, напряженность электрического поля  $3 \cdot 10^2$  В/м, индукция магнитного поля  $10^{-3}$  Тл.



- 18.** Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси  $OX$  под действием света с катода фотоэлемента, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть напряженность электрического поля  $E$ , чтобы самые быстрые электроны отклонялись в положительном направлении оси  $OY$ ? Работа выхода для вещества катода 2,39 эВ, частота света  $6,5 \cdot 10^{14}$  Гц, индукция магнитного поля  $10^{-3}$  Тл.



- 19.** Законы фотоэффекта, как выяснилось недавно, не имеют абсолютного характера. В частности, это касается «красной границы фотоэффекта». Когда появились мощные лазерные источники света, оказалось, что за счет нелинейных эффектов в среде возможно так называемое многофотонное поглощение света, при котором закон сохранения энергии (формула Эйнштейна для фотоэффекта) имеет вид:

$$n \cdot h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}.$$

Какое минимальное число  $n$  фотонов рубинового лазера с длиной волны  $\lambda = 694,3$  нм должно поглотиться, чтобы из вольфрама с работой выхода  $A_{\text{вых}} = 4,5$  эВ был выбит один фотоэлектрон?

- 20.** В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью 4000 пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд, равный  $3,3 \cdot 10^{-10}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция составляет  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны света, освещавшего катод. Электроемкостью системы электродов по сравнению с электроемкостью конденсатора пренебречь.

- 21.** Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачен воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь  $S = 5 \cdot 10^{-4}$  м? Релятивистские эффекты не учитывать.

- 22.** В вакууме находятся два кальциевых электрода, к которым подключен конденсатор емкостью 4000 пФ. При длительном освещении катода светом фототок между электродами, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $5,5 \cdot 10^{-9}$  Кл. «Красная граница» фотоэффекта для кальция  $\lambda_0 = 450$  нм. Определите частоту световой волны, освещющей катод. Емкостью системы электродов пренебречь.

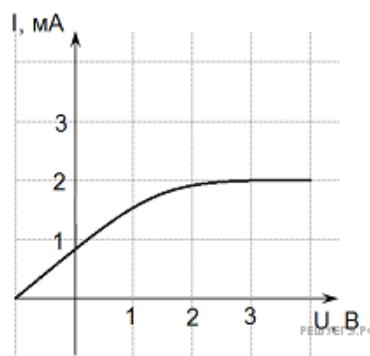
- 23.** Небольшой единичный металлический шарик долго облучали в вакууме светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм, в результате чего он зарядился и приобрел потенциал  $\varphi = 2,23$  В. Чему равна работа выхода электрона из этого металла? Ответ выразите в электрон-вольтах.

- 24.** Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается монохроматическим светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $4 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 10 мм. Какова частота  $v$  падающего света?

25. При увеличении в 2 раза частоты света, падающего на поверхность металла, запирающее напряжение для вылетающих с этой поверхности фотоэлектронов увеличилось в 3 раза. Первоначальная длина волны падающего света была равна 250 нм. Какова частота, соответствующая «красной границе» фотоэффекта для этого металла?

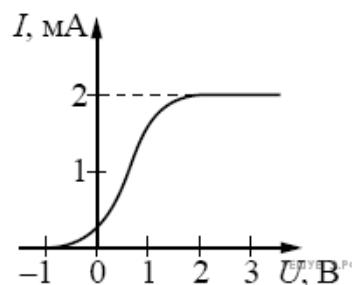
26. Частота красной границы фотоэффекта для калия равна  $5,33 \cdot 10^{14}$  Гц. Если другой металл облучить светом с такой же длиной волны, то кинетическая энергия вылетевших электронов будет в 3 раза меньше работы выхода для этого вещества. Чему равна частота красной границы фотоэффекта для неизвестного металла?

27. На рисунке представлен график зависимости фототока из металлической пластины от величины запирающего напряжения. Мощность падающего излучения составляет 0,21 Вт. Чему равна частота фотонов, если известно, что в среднем каждые 30 фотонов, падающих на металлическую пластинку, выбивают один электрон.



28. На металлическую пластину с работой выхода электронов равной 3,75 эВ падает свет. После того как электрон покинул пластину, он попадает в электрическое поле с напряженностью  $E = 10$  В/см. Максимальное расстояние, на которое электрон может удалиться от пластины, равно  $d = 1,35$  мм. Найти частоту падающего света.

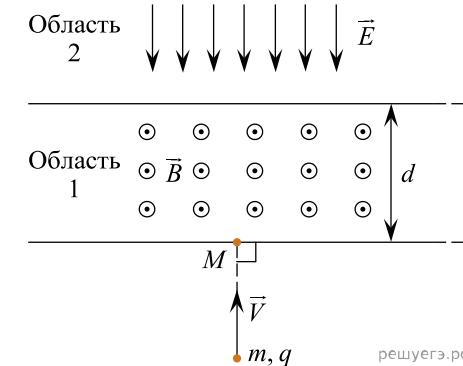
29. В опыте по изучению фотоэффекта свет частотой  $v = 6,1 \cdot 10^{14}$  Гц падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока I от напряжения U между анодом и катодом приведен на рисунке. Какова мощность падающего света  $P$ , если в среднем один из 20 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



30. Катод из ниобия облучают светом частотой  $v = 1,1 \cdot 10^{15}$  Гц, соответствующей красной границе фотоэффекта для германия. При этом максимальная кинетическая энергия вылетевших фотоэлектронов в два раза меньше, чем работа выхода для ниобия. Найдите частоту красной границы фотоэффекта для ниобия.

31. Металлическая пластина облучается в вакууме светом с длиной волны, равной 200 нм. Работа выхода электронов из данного металла  $A_{\text{вых}} = 3,7$  эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в электрическое поле напряженностью  $E = 260$  В/м, причем вектор напряженности перпендикулярен поверхности пластины и направлен к этой поверхности. Измерения показали, что на некотором расстоянии  $L$  от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Определите значение  $L$ .

32. Частица массой  $m = 4 \cdot 10^{-10}$  кг с положительным зарядом  $q = 10^{-8}$  Кл влетает с начальной скоростью  $v = 10$  м/с в область пространства 1 шириной  $d = 20$  см, в которой создано однородное магнитное поле с индукцией  $B = 1$  Тл. Начальная скорость частицы направлена перпендикулярно границе области 1. После вылета из области 1 частица попадает в непосредственно граничащую с ней протяженную область 2, в которой создано однородное электростатическое поле напряженностью  $E = 5$  В/м. Направления линий магнитного и электрического полей в областях 1 и 2 показаны на рисунке. На каком расстоянии от точки  $M$  попадания в область 1 частица вылетит из нее, двигаясь в противоположном направлении, пройдя области обоих полей?



решугэ.рф

33. Длинная медная проволока диаметром  $2r = 0,2$  мм намотана плотно, виток к витку, на очень легкий цилиндрический каркас диаметром  $D = 10$  мм. Число витков равно  $N = 1000$ , толщиной изоляции проволоки можно пренебречь. Получившаяся катушка подвешена на одинаковых жестких вертикальных проводящих выводах, присоединенных к концам обмотки. В исходном положении ось каркаса горизонтальна, плоскости витков вертикальны. Выводы могут присоединяться к идеальной батарейке с ЭДС  $\mathcal{E} = 9$  В через ключ. На какой угол  $\alpha$  отклонится после замыкания ключа плоскость, в которой лежит ось катушки с выводами, если вся система находится в вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл? Удельное сопротивление меди  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ , плотность меди  $P = 8,92 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Указание: Каждый виток катушки на самом деле не является плоским. Но его можно модельно представить в виде круглого плоского кольца, перпендикулярного оси катушки. Это кольцо разрезано в некоторой точке и соединено слева и справа с такими же соседними разрезанными кольцами при помощи коротких отрезков провода длиной  $\Delta l = 2r$ , причем все эти отрезки провода направлены вдоль оси катушки (см. рисунок, в нижней части которого показаны места разрезов колец и короткие горизонтальные участки провода, соединяющие соседние кольца).

