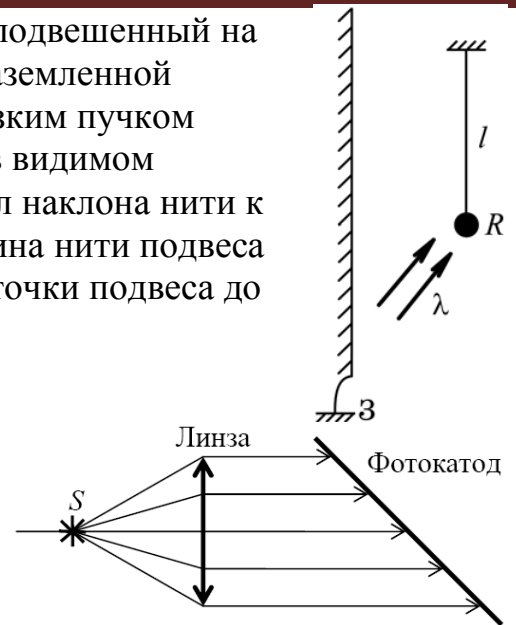


**С1.1.** Маленький незаряженный металлический шарик, подвешенный на непроводящей нити в вакууме около большой вертикальной заземленной металлической плоскости (см. рисунок), начинают облучать узким пучком монохроматического света, длина волны которого находится в видимом диапазоне. Опишите, как может в дальнейшем изменяться угол наклона нити к вертикали. Силами светового давления можно пренебречь, длина нити подвеса намного больше радиуса шарика, и превышает расстояние от точки подвеса до плоскости.



**С1.2.** В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника  $S$ , пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с бóльшим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

**С6.1.** Движущаяся нейтральная частица ( $\pi^0$ -мезон) распалась на два  $\gamma$ -кванта с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , которые летят в противоположных направлениях. Найдите скорость частицы до распада, если  $\frac{E_1}{E_2} = 1,5$ .

**Ответ:**  $v = 0,2c = 6 \cdot 10^7$  м/с.

**С6.2. (ОБЗ)**  $\pi^0$ -мезон массой  $2,4 \cdot 10^{-28}$  кг распадается на два  $\gamma$ -кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся  $\gamma$ -квантов в системе отсчета, где первичный  $\pi^0$ -мезон покоится.

**Ответ:**  $p = \frac{mc}{2} = 3,6 \cdot 10^{-20}$  кг·м/с.

**С6.3.** Фотоны, имеющие энергию  $5 \text{ эВ}$ , выбивают электроны с поверхности металла. Работа выхода электронов из металла равна  $4,7 \text{ эВ}$ . Какой импульс приобретает электрон при вылете с поверхности металла?

$\approx 3 \cdot 10^{-25}$  (кг·м/с).

**С6.4.** Фотон частоты  $\nu = 5 \cdot 10^{18}$  Гц летит вдоль оси  $Ox$  и сталкивается с электроном, при этом наблюдается рассеяние фотона на электроне (так называемый эффект Комптона). В результате рассеяния электрон приобретает скорость  $V = 0,2 \cdot 10^8$  м/с, а рассеянный фотон летит в направлении, противоположном направлению оси  $Ox$ . Считая, что электрон изначально покоился, найти частоту рассеянного фотона. Какой части шкалы электромагнитных волн соответствует эта частота?

**Ответ:**  $\nu' = \frac{mV}{2h} \left( c - \frac{V}{2} \right) \approx 4 \cdot 10^{18}$  Гц.

**С6.5.** Электромагнитное излучение с длиной волны  $3,3 \cdot 10^{-7}$  м используется для нагревания воды массой 1 кг. Сколько времени потребуется для нагревания воды на  $10^\circ \text{C}$ ,

если источник за 1 с излучает  $10^{20}$  фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

**Ответ:** 11,7 мин

**С6.6.** Электромагнитное излучение используется для нагревания воды массой 1 кг. За время 700 с температура воды увеличивается на  $10^\circ\text{C}$ . Какова длина волны излучения, если источник испускает  $10^{20}$  фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

**Ответ:**  $3,3 \cdot 10^{-7}$  м

**С6.7.** Электромагнитное излучение с длиной волны  $3,3 \times 10^{-7}$  м используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть за 700 с на  $10^\circ\text{C}$ , если источник излучает  $10^{20}$  фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

**Ответ:** 1 кг

**С6.8.** Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из металлической пластины светом с длиной волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$  м, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}} = 540$  нм?

$v \approx 800$  км/с.

**С6.9.** Катод вакуумного фотоэлемента облучается световым пучком с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм и мощностью  $W = 0,5$  Вт. На один электрон, выбитый из катода, приходится  $N = 50$  фотонов. При больших ускоряющих напряжениях между катодом и анодом фототок достигает насыщения (все электроны, выбитые из катода в единицу времени, достигают анода). Найти силу фототока насыщения.

**Ответ:**  $4,8 \cdot 10^{-3}$  А.

**С6.10.** При длительном освещении монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 450$  нм незаряженного металлического шарика, находящегося в вакууме, выяснилось, что потенциал шарика достиг величины  $\phi = 0,95$  В после чего перестал возрастать. Чему равна работа выхода электронов из металла шарика? Ответ выразите в эВ и округлите до десятых долей.

**Ответ:**  $A_{\text{вых}} = 1,8$  эВ

**С6.11.** В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью  $C = 8000$  нФ. При длительном освещении катода светом с частотой  $\nu = 10^{15}$  Гц фототок, возникший вначале, прекращается. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Какой заряд  $q$  при этом оказывается на обкладках конденсатора?

**Ответ:**  $q = 11$  нКл.

**С6.12.** В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью  $C = 8000$  нФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $q = 11 \cdot 10^{-9}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны  $\lambda$  света, освещающего катод.

**Ответ:**  $\lambda = 300$  нм.

**С6.13.** Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное

магнитное поле с индукцией  $8,3 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$  перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности, по которой движутся электроны?

**Ответ:**  $R \approx 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

**С6.14.** При облучении металла светом с длиной волны  $245 \text{ нм}$  наблюдается фотоэффект. Работа выхода электрона из металла равна  $2,4 \text{ эВ}$ . Рассчитайте величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза.

**Ответ:**  $U_3 = 2 \text{ В}$ .

**С6.15.** Фоток с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем с напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ . Какой должна быть длина пути электрона  $S$  в электрическом поле, чтобы он разогнался до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать.

**Ответ:**  $S \approx 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$ .

**С6.16.** Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ . До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь  $S = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ ? Релятивистские эффекты не учитывать.

**Ответ:**  $v = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

**С6.17.** Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем. Чему равен модуль напряженности этого поля, если на пути  $S = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$  электрон разгоняется до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать.

**Ответ:**  $E \approx 5 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ .

**С6.18.** 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  $S = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ , он приобретает скорость  $v = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ . Какова напряженность электрического поля? Релятивистские эффекты не учитывать.

**Ответ:**  $E = 5 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ .

**С6.19.** 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  $E = 5 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ . Какой путь пролетел в этом электрическом поле электрон, если он приобрел скорость  $v = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ? Релятивистские эффекты не учитывать.

**Ответ:**  $S \approx 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ .

**С6.20.** При облучении металлической пластинки квантами света с энергией  $3 \text{ эВ}$  из нее выбиваются электроны, которые проходят ускоряющую разность потенциалов  $\Delta U = 5 \text{ В}$ .

Какова работа выхода  $A_{\text{вых}}$ , если максимальная энергия ускоренных электронов  $E_e$  равна удвоенной энергии фотонов, выбивающих их из металла?

**Ответ:**  $A_{\text{вых}} = 2 \text{ эВ}$ .

**С6.21.** При облучении металлической пластинки квантами света с энергией  $3 \text{ эВ}$  из нее выбиваются электроны, которые проходят ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Работа выхода электронов из металла  $A_{\text{вых}} = 2 \text{ эВ}$ . Определите ускоряющую разность потенциалов  $U$ , если максимальная энергия ускоренных электронов  $E_e$  равна удвоенной энергии фотонов, выбивающих их из металла.

**Ответ:**  $U = 5 \text{ В}$ .

**С6.22.** Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290 \text{ нм}$ . При облучении катода светом с длиной волны  $\lambda$  фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом  $U = 1,5 \text{ В}$ . Определите длину волны  $\lambda$ .

**Ответ:**  $\lambda \approx 215 \text{ нм}$ .

**С6.23.** Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290 \text{ нм}$ . При облучении катода светом с длиной волны  $\lambda$  фототок прекращается при запирающем напряжении между анодом и катодом  $U = 1,9 \text{ В}$ . Определите длину волны  $\lambda$ .

**Ответ:**  $\lambda \approx 200 \text{ нм}$ .

**С6.24.** Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290 \text{ нм}$ . Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda_0 = 220 \text{ нм}$ . При каком напряжении между анодом и катодом фототок прекращается?

**Ответ:**  $U \approx 1,36 \text{ В}$ .

**С6.25.** 2BD5FC При облучении катода светом с длиной волны  $\lambda = 300 \text{ нм}$  фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом  $U = 1,4 \text{ В}$ . Определите красную границу фотоэффекта  $\lambda_0$  для вещества фотокатода.

**Ответ:**

**С6.26.** Катод фотоэлемента с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$  освещается светом частотой  $1,0 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ . Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $8,3 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$  перпендикулярно линиям индукции этого поля. Чему равен максимальный радиус окружности  $R$ , по которой движутся электроны?

**Ответ:**  $R \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 5 \text{ мм}$

**С6.27.** Фотоэффект с поверхности данного металла наблюдается при частоте излучения не менее  $6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ . Найдите частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет  $3 \text{ В}$ .

**Ответ:**  $\nu \approx 1,33 \cdot \text{Гц}$ .

**С6.28.** **(ОБЗ)** Фотокатод облучают светом с длиной волны  $300 \text{ нм}$ . Красная граница фотоэффекта фотокатода  $450 \text{ нм}$ . Вычислите запирающее напряжение  $U$  между анодом и катодом.

**Ответ:**  $U \approx 1,4 \cdot \text{В}$ .

**С6.29.** Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $2 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см. Какова частота  $\nu$  падающего света?

**Ответ:**  $\nu \approx 1 \cdot 10^{15}$  Гц.

**С6.30.** 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<sup>2</sup> и создают давление  $P = 1,5 \cdot 10^{-5}$  Па. При этом 40% фотонов отражается, а 60% поглощается. Определите длину волны излучения.

**Ответ:**  $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-7}$  м.

**С6.31.** При какой температуре газа средняя энергия теплового движения частиц будет равна энергии электронов, выбиваемых из металлической пластинки с работой выхода  $A_{\text{вых}} = 2$  эВ, при облучении монохроматическим светом с длиной волны 300 нм?

**Ответ:**  $T = 16425$  К.

**С6.32.** На большом адронном коллайдере (БАК) в конце 2009 года проведены первые эксперименты по ускорению протонных сгустков, содержащих  $N = 20$  миллиардов частиц, до энергии  $E_p = 1,18$  ТэВ = 1180 ГэВ, приходящейся на каждый протон. Представим себе, что такой сгусток полностью поглощается шариком массой  $m = 1$  г и теплоемкостью  $C = 5$  Дж/К. Какую скорость приобретет после этого шарик и на сколько градусов он нагреется?

**Ответ:**  $v = \frac{NE_p}{mc} \approx 1,26 \cdot 10^{-2}$  м/с,  $\Delta T \approx \frac{NE_p}{C} \approx 755$  К.