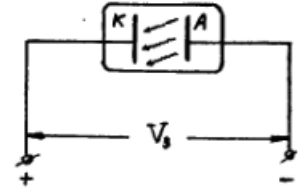


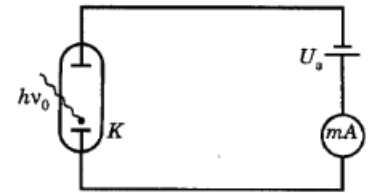
Фотоэффект

Задача 1. (МФТИ, 1980) При исследовании вакуумного фотоэлемента оказалось, что при задерживающей разности потенциалов $V_3 = 1,5$ В между катодом K и анодом A (см. рисунок) фототок с поверхности катода, освещаемого светом с длиной волны λ_0 , прекращается. Определить λ_0 , если работа выхода материалов катода и анода равна 4 эВ. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.



$$\lambda_{\text{н}} \approx \frac{eA_0 + V}{hc} = 0\gamma$$

Задача 2. (МФТИ, 1981) Для измерения величины постоянной Планка катод K вакуумного фотоэлемента освещается монохроматическим светом. При длине волны излучения $\lambda_0 = 6200 \text{ \AA}$ ток фотоэлектронов прекращается, если в цепь между катодом и анодом включить задерживающий потенциал U_3 не меньше определённой величины. При увеличении длины волны на 25% задерживающий потенциал оказывается на 0,4 вольта меньше. Определите по этим данным величину постоянной Планка.



$$c \cdot \lambda_{\text{н}} \approx 0,9 \cdot 10^{-9} = \gamma$$

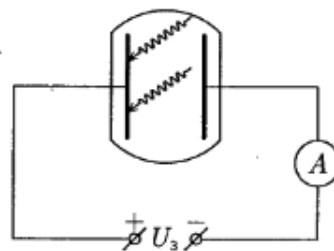
Задача 3. (МФТИ, 1997) При некотором максимальном значении задерживающей разности потенциалов на вакуумном фотоэлементе фототок с поверхности катода, облучаемого светом с длиной волны λ_0 , прекращается. Если изменить длину волны света в $\alpha = 2$ раза, то для прекращения фототока необходимо увеличить задерживающую разность потенциалов в $\beta = 3$ раза. Определить длину волны λ_0 , если известно, что работа выхода материала катода $A = 1,89$ эВ, а постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

$$\lambda_{\text{н}} \approx \frac{V}{hc} \frac{1-g}{\alpha-g} = 0\gamma$$

Задача 4. (МФТИ, 1997) Катод вакуумного фотоэлемента облучается световым пучком с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм и мощностью $W = 1$ Вт. При больших ускоряющих напряжениях между катодом и анодом фототок достигает насыщения (все электроны, выбитые из катода в единицу времени, достигают анода): $I_0 = 4$ мА. Какое количество n фотонов приходится на один электрон, выбиваемый из катода? Заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

$$001 = \frac{0I_0\gamma}{e\lambda A} = u$$

Задача 5. (МФТИ, 2005) В вакуумном фотоэлементе один из никелевых электродов освещается монохроматическим светом (см. рисунок). При увеличении задерживающей разности потенциалов U_3 фототок уменьшается и при $U_3 = 0,8$ В становится равным нулю. Определить длину волны света. Работа выхода электрона из никеля $A = 4,84$ эВ, постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.



$$h\nu - A = eU_3 \Rightarrow \nu = \frac{eU_3 + A}{h} = \nu$$

Задача 6. (МФТИ, 2005) Медный уединённый шарик радиусом $r = 5$ мм облучают светом с длиной волны $\lambda = 0,2$ мкм. До какого максимального заряда зарядится шарик? Работа выхода электрона из меди $A = 4,47$ эВ, постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

$$e\epsilon_0 \frac{Q}{4\pi r^2} = \left(V - \frac{A}{e} \right) \frac{e}{\lambda} = 0$$

Задача 7. (МФТИ, 1974) Плоский алюминиевый электрод освещается ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 83$ нм. На какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон, если вне электрода имеется задерживающее электрическое поле напряжённостью $E = 7,5$ В/см?

Красная граница фотоэффекта для алюминия соответствует длине волны $\lambda_0 = 332$ нм. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

$$e\epsilon_0 E d \approx \left(\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} \right) \frac{e}{e} = 0$$

Задача 8. (Всеросс., 2005, финал, 11) Цинковый шарик радиусом $R = 1$ см расположен в вакууме вдали от других тел и заряжен до потенциала $\varphi_0 = -0,5$ В (полагая на бесконечности $\varphi = 0$). Шарик осветили монохроматическим ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 290$ нм.

- 1) С какой максимальной скоростью v_1 вылетают фотоэлектроны из шарика?
- 2) Какую максимальную скорость v_2 будут иметь на большом расстоянии от шарика фотоэлектроны, вылетевшие из него в начале опыта?
- 3) Найдите потенциал φ_1 шарика после продолжительного облучения.
- 4) Какое число N фотоэлектронов покинет шарик при продолжительном облучении ультрафиолетом?

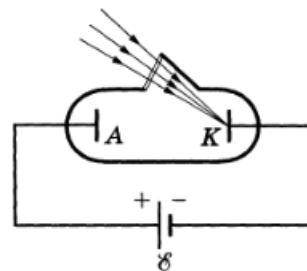
Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_0 = 332$ нм. Скорость света $c = 3,0 \cdot 10^8$ м/с. Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Заряд электрона $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Масса электрона $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

$$e\epsilon_0 \frac{Q}{4\pi R^2} = 0$$

Задача 9. (МФТИ, 1974) Излучение аргонового лазера с длиной волны $\lambda = 500$ нм сфокусировано на фотокатоде в пятно диаметром $d = 0,1$ мм. Работа выхода фотокатода $A = 2$ эВ. На анод, расположенный на расстоянии $l = 30$ мм от катода, подано ускоряющее напряжение $U = 4$ кВ. Найти диаметр пятна на аноде, на которое попадают фотоэлектроны. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

$$eU = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{v}{\lambda} \right)^2 \lambda^2 = D$$

ЗАДАЧА 10. (Всеросс., 1995, финал, 11) Излучение аргонного лазера сфокусировано на плоском фотокатоде вакуумного фотоэлемента (рис.). Между плоским анодом A , расположенным параллельно фотокатоду, и фотокатодом K подключают источник тока с постоянной ЭДС \mathcal{E} . При ускоряющей разности потенциалов между анодом и фотокатодом диаметр пятна фотоэлектронов на аноде в два раза превышает диаметр пятна фотоэлектронов на аноде при смене полярности напряжения, т. е. при тормозящей разности потенциалов между анодом и фотокатодом. Работа выхода материала фотокатода $A = 2$ эВ. Длина волны излучения лазера $\lambda = 500$ нм. Определите ЭДС источника.



$$\mathcal{E} \approx \left(\sqrt{A - \frac{hc}{\lambda}} - \frac{hc}{\lambda} \right) \frac{2}{3} = \mathcal{E}$$

Ответ к задаче 8

$$1) v_1 = \sqrt{\frac{2hc}{m} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)} \approx 4,37 \cdot 10^5 \text{ м/с};$$

$$2) v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2e\varphi_0}{m}} \approx 6,05 \cdot 10^5 \text{ м/с};$$

$$3) \varphi_1 = -\frac{mv_1^2}{2e} \approx +0,54 \text{ В};$$

$$4) N = \frac{4\pi\epsilon_0}{-e} R(\varphi_1 - \varphi_0) \approx 7,2 \cdot 10^6.$$