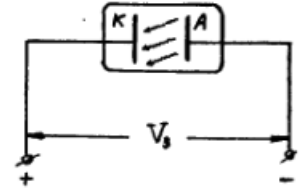


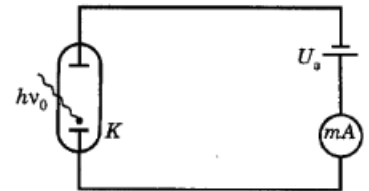
## Фотоэффект

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  $\lambda_0$ , прекращается. Определить  $\lambda_0$ , 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.



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

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.



$$c \cdot \lambda_{\text{н}} \approx 0,1 \cdot 9 \cdot 9 = \gamma$$

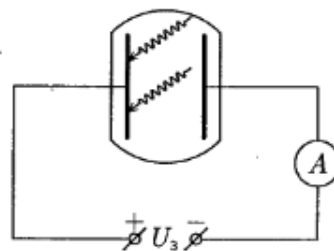
Задача 3. (МФТИ, 1997) При некотором максимальном значении задерживающей разности потенциалов на вакуумном фотоэлементе фототок с поверхности катода, облучаемого светом с длиной волны  $\lambda_0$ , прекращается. Если изменить длину волны света в  $\alpha = 2$  раза, то для прекращения фототока необходимо увеличить задерживающую разность потенциалов в  $\beta = 3$  раза. Определить длину волны  $\lambda_0$ , 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.

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

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.

$$00\Gamma = \frac{0\Gamma c\gamma}{e\lambda\Delta} = u$$

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  $\varphi_1$  шарика после продолжительного облучения.
- 4) Какое число  $N$  фотоэлектронов покинет шарик при продолжительном облучении ультрафиолетом?

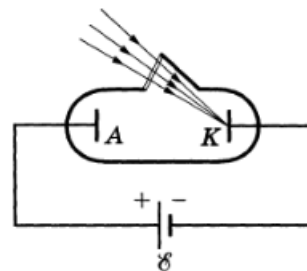
Красная граница фотоэффекта для цинка  $\lambda_0 = 332$  нм. Скорость света  $c = 3,0 \cdot 10^8$  м/с. Постоянная Планка  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж · с. Электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м. Заряд электрона  $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Масса электрона  $m = 9,1 \cdot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

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

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

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

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