

## Решения задач домашнего задания к лекции 1. Фотоэффект.

### Задача 1

Установлено, что хорошо приспособленный к полной темноте человеческий глаз способен заметить свет мощностью порядка сотни фотонов в течении 1 секунды. На каком максимальном расстоянии еще есть возможность заметить свет яркого зеленого светодиода (длина волны излучаемого света 520 нм, мощность 0,06 Вт, угол излучения 180°). Диаметр зрачка в условиях темноты считать равным 6 мм.

#### Решение:

Мощность, которая должна попасть на зрачок, для того чтобы он заметил свет равна произведению числа попадающих за секунду в глаз фотонов (100 шт/сек) на энергию одного фотона  $E = h\nu$  :

$$W_{\text{дем}} = h\nu \frac{N}{\Delta t} = h \frac{c}{\lambda} \frac{N}{\Delta t} = 6.6 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{520 \cdot 10^{-9}} \times 100 \text{ (Вт)} = 3.8 \cdot 10^{-17} \text{ (Вт)} .$$

Мощность, излучённая светодиодом в переднюю полусферу (угол излучения 180°), равномерно распределяется по всей площади полусферы, на расстоянии  $L$  равной  $2\pi L^2$ . Доля этой мощности, попавшая в глаз (та самая обнаружимая глазом мощность, вычисленная выше)

определяется отношением площади зрачка и площади полусферы:  $W_{\text{дем}} = W_{\text{полн}} \frac{\pi d^2/4}{2\pi L^2}$ , где

$W_{\text{полн}} = 0.06 \text{ Вт}$  мощность, излучаемая светодиодом, а  $d = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  – диаметр зрачка.

Отсюда искомое расстояние  $L = d \sqrt{\frac{W_{\text{полн}}}{8 W_{\text{дем}}}} = 6 \cdot 10^{-3} \times \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-2}}{8 \times 3.8 \cdot 10^{-17}}} \text{ (м)} = 8.4 \cdot 10^4 \text{ (м)} = 84 \text{ (км)} .$

**Ответ:** при полном отсутствии других источников освещения человеческий глаз может заметить такой светодиод с расстояния 84 километра.

### Задача 2

По классической электромагнитной теории света поток световой энергии от источника непрерывно распространяется во все стороны. Через какой промежуток времени, согласно этой теории, отдельный атом танталового катода может накопить столько энергии чтобы стал возможным вылет фотоэлектрона, если катод находится на расстоянии  $L = 10 \text{ м}$  от 25-ваттной лампочки? Работа выхода для тантала составляет  $A = 4 \text{ эВ}$ . Считать, что фотоэлектрону передается вся энергия, накапливающаяся в атоме тантала, диаметр которого можно считать равным  $d = 0,3 \text{ нм}$ .

#### Решение:

Мощность, приходящаяся на единицу площади на расстоянии  $L$  от источника с мощностью  $W$  равна  $P = \frac{W}{4\pi L^2}$ .

В рамках высказанной в задаче модели накопления энергии, энергия, поглощаемая атомом за время

$$t \text{ равна } \frac{W}{4\pi L^2} \times \frac{\pi d^2}{4} \times t .$$

Соответственно время за которое эта энергия станет равной работе выхода:

$$t = 16 \frac{A}{W} \left( \frac{L}{a} \right)^2 = 16 \times \frac{4 \times 1.6 \cdot 10^{-19}}{25} \times \left( \frac{10}{3 \cdot 10^{-10}} \right)^2 \text{ (с)} = 455 \text{ (с)}$$

**Ответ:** в классической модели энергия накапливалась бы 455 секунд, что противоречит наблюдаемому практически мгновенному возникновению фототока при освещении фотокатода.