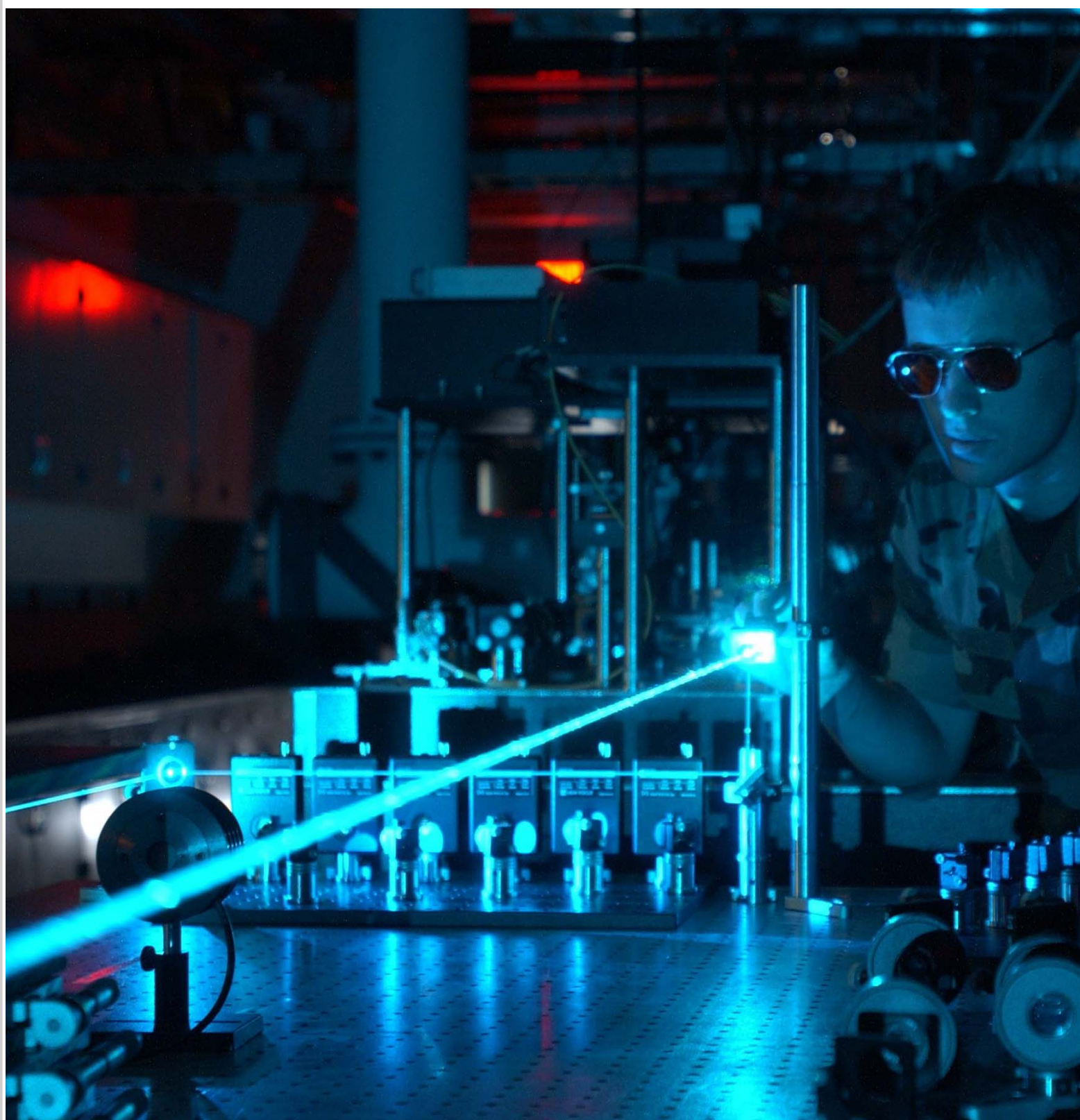


# Виртуальный курс физики

# Оптика

Квантовая оптика. Задачи с решениями





# Оптика

## Квантовая оптика

### Задачи с решениями

**З а д а ч а 1.** Вычислить энергию фотона, если известно, что в среде с показателем преломления 1,4 его длина волны равна 589 нм.

Дано: $n = 1,4, \lambda = 589 \text{ нм}$ <hr/> $W = ?$	Решение. Энергия фотона $W = \frac{hc}{\lambda_0},$
--	--

где  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$ ;  $\lambda_0$  – длина волны фотона в вакууме.

Так как длина волны в среде  $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$ , имеем

$$W = \frac{hc}{\lambda n}.$$

Подставляя численные данные, получаем

$$W = 4,7 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Ответ:  $W = 4,7 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

**З а д а ч а 2.** Какой мощностью обладает источник монохроматического света, испускающий  $10^{20}$  фотонов в секунду? Длина волны испускаемого света составляет  $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

Дано: $n = 10^{20} \text{ с}^{-1},$ $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ <hr/> $N = ?$	Решение. Так как мощность света представляет собой энергию, излучаемую в единицу времени (в 1 с), мощность данного источника
---	--

$$N = nW,$$

где  $W$  – энергия одного фотона

$$W = \frac{hc}{\lambda}.$$

Здесь  $h$  – постоянная Планка, равная  $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$ ,  $c$  – скорость света, которая составляет  $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  и  $\lambda$  – длина волны света.

Таким образом,

$$N = n \frac{hc}{\lambda}.$$

Подставляя численные значения  $n$ ,  $h$ ,  $c$  и  $\lambda$ , получаем  $N = 60$  Вт.

*Ответ:*  $N = 60$  Вт.

**З а д а ч а 3.** Работа выхода электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Определить длину волны света, падающего на поверхность кадмия, если максимальная скорость электронов равна  $7,2 \cdot 10^5$  м/с.

<p>Дано:</p> $A_{\text{вых}} = 4,08 \text{ эВ} = 6,53 \cdot 10^{-19} \text{ Дж},$ $v_{\text{max}} = 7,2 \cdot 10^5 \text{ м/с},$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	<p><i>Решение.</i> Воспользуемся уравнением фотоэффекта</p> $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}.$
$\lambda = ?$	
<p>Так как <math>\nu = \frac{c}{\lambda}</math>, имеем</p>	

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}.$$

Отсюда следует, что

$$\lambda = \frac{2hc}{2A_{\text{вых}} + mv_{\text{max}}^2}.$$

Подстановка численных значений известных величин дает следующий результат:  $\lambda = 3,5 \cdot 10^{-7}$  м.

*Ответ:*  $\lambda = 3,5 \cdot 10^{-7}$  м.

**З а д а ч а 4.** Максимальная длина волны света, при которой может наблюдаться фотоэффект на калии, равна 450 нм. Какой будет максимальная скорость фотоэлектронов, выбиваемых из калия светом с длиной волны 300 нм?

<p>Дано:</p> $\lambda_{\text{кр}} = 450 \text{ нм}, \lambda = 300 \text{ нм}$	<p><i>Решение.</i> Воспользуемся уравнением фотоэффекта</p> $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}.$
$v_{\text{max}} = ?$	
<p>Выразим <math>A_{\text{вых}}</math> через <math>\lambda_{\text{кр}}</math>:</p>	

$$A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}.$$

Подставим это выражение в уравнение фотоэффекта:

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}.$$

Преобразования приводят к формуле для нахождения  $v_{\text{max}}$ :

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2hc(\lambda_{\text{кр}} - \lambda)}{m\lambda_{\text{кр}}\lambda}}.$$

Подстановка данных дает  $v_{\text{max}} = 7 \cdot 10^5$  м/с.

*Ответ:*  $v_{\text{max}} = 7 \cdot 10^5$  м/с.

**З а д а ч а 5.** Определите импульс фотонов, вырывающих с поверхности металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов 3 В, если красная граница фотоэффекта равна  $6 \cdot 10^{14}$  Гц.

<p>Дано: <math>U_3 = 3</math> В, <math>\nu_{\text{кр}} = 6 \cdot 10^{14}</math> Гц <hr/><math>p = ?</math></p>	<p><i>Решение.</i> Импульс фотона <math display="block">p = \frac{h\nu}{c},</math></p>
--	--

где  $h$  – постоянная Планка, а  $\nu$  – частота света.

Энергию фотона  $h\nu$  можно найти из уравнения фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2},$$

где  $A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}}$ , а  $\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = U_3$ .

Таким образом,

$$p = \frac{1}{c} \left( A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} \right) = \frac{h\nu_{\text{кр}}}{c} + \frac{eU_3}{c}.$$

Подстановка численных значений дает  $p = 29,2 \cdot 10^{-28}$  кг · м/с.

*Ответ:*  $p = 29,2 \cdot 10^{-28}$  кг · м/с.

