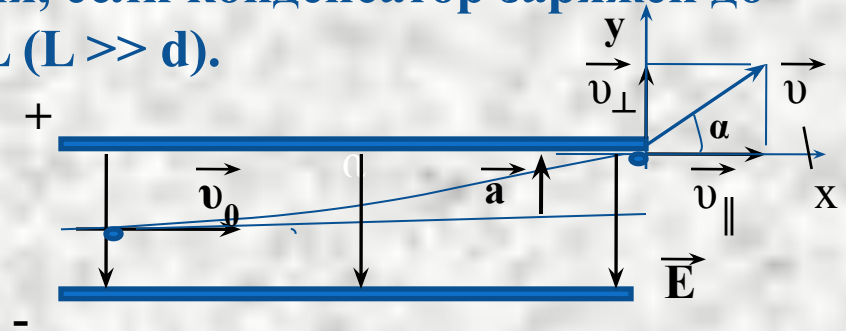


**Решение комбинированных задач  
высокого уровня  
по разделам физики**

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА  
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА**

Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью  $v_0$  ( $v_0 \ll c$ ), параллельно пластинам (см. рисунок), расстояние между которыми  $d$ . На какой угол отклонится при вылете из конденсатора вектор скорости электрона от первоначального направления, если конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U$ ? Длина пластин  $L$  ( $L \gg d$ ).



**РЕШЕНИЕ.**

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha &= v_y / v_x \\ v_y &= a \cdot t & v_x &= v_0 \cdot t \\ a &= F_{\kappa} / m_e \\ F_{\kappa} &= E \cdot e \\ E &= U/d \end{aligned}$$

$$\text{tg } \alpha = U \cdot e / (d \cdot m_e \cdot v_0)$$

$$\alpha = \text{arctg} (U \cdot e / (d \cdot m_e \cdot v_0))$$

**ОТВЕТ:**  $\alpha = \text{arctg} (U \cdot e / (d \cdot m_e \cdot v_0))$

В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m = 5 \text{ мА}$ , а амплитуда напряжения на конденсаторе  $U_m = 2,0 \text{ В}$ . В момент времени  $t$  напряжение на конденсаторе равно  $1,2 \text{ В}$ .  
Найдите силу тока в катушке в этот момент.

**РЕШЕНИЕ.**

$$W_{\text{э}}(\text{max}) = W_{\text{М}}(\text{max}) \quad W_{\text{э}} + W_{\text{М}} = W_{\text{э}}(\text{max})$$

$$C \cdot U_m^2 / 2 = L \cdot I_m^2 / 2 \quad C \cdot U^2 / 2 + L \cdot I^2 / 2 = C \cdot U_m^2 / 2$$

$$L = C \cdot U_m^2 / I_m^2$$

$$I = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{(2^2 - 1,2^2)} / 2$$

$$C \cdot U^2 / 2 + C \cdot U^2 \cdot I^2 / (I_m^2 \cdot 2) = C \cdot U_m^2 / 2$$

$$I = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{(4 - 1,44)} / 2$$

$$U^2 + U^2 \cdot I^2 / I_m^2 = U_m^2$$

$$I = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{2,56} / 2$$

$$U^2 \cdot I^2 / I_m^2 = U_m^2 - U^2$$

$$I = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 / 2$$

$$I = 4 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$I = I_m \cdot \sqrt{(U_m^2 - U^2)} / U_m$$

**ОТВЕТ:  $4 \cdot 10^{-3} \text{ А}$**

Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -13,6/n^2$  эВ, где  $n = 1; 2; 3 \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попад на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\lambda_{кр} = 300$  нм. Чему равен максимально возможный модуль импульса фотоэлектрона?

**РЕШЕНИЕ.**

$$E_{\phi} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к(max)}} \quad p_{\text{max}} = m_e \cdot v_{\text{max}}$$

$$E_{\phi} = E_2 - E_1 \quad E_{\text{к(max)}} = m_e \cdot v_{\text{max}}^2 / 2$$

$$A_{\text{вых}} = h \cdot c / \lambda_{кр}$$

$$E_2 - E_1 = h \cdot c / \lambda_{кр} + m_e \cdot v_{\text{max}}^2 / 2$$

$$m_e \cdot v_{\text{max}}^2 / 2 = E_2 - E_1 - h \cdot c / \lambda_{кр}$$

$$p_{\text{max}} = m_e \cdot \sqrt{(2 \cdot (E_2 - E_1 - h \cdot c / \lambda_{кр}) / m_e)}$$

$$p_{\text{max}} = \sqrt{(2 \cdot m_e \cdot (E_2 - E_1 - h \cdot c / \lambda_{кр}))}$$

$$p_{\text{max}} = \sqrt{(2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot ((-13,6/4 + 13,6) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} - 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^{-7}))}$$

$$p_{\text{max}} = \sqrt{(18,2 \cdot 10^{-31} \cdot (16,32 \cdot 10^{-19} - 6,6 \cdot 10^{-19}))}$$

$$p_{\text{max}} = \sqrt{(18,2 \cdot 10^{-31} \cdot 9,72 \cdot 10^{-19})}$$

$$p_{\text{max}} = \sqrt{(176,904 \cdot 10^{-50})}$$

$$p_{\text{max}} \approx 13,3 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

**ОТВЕТ:  $13,3 \cdot 10^{-25}$  кг·м/с**

$$v_{\text{max}} = \sqrt{(2 \cdot (E_2 - E_1 - h \cdot c / \lambda_{кр}) / m_e)}$$

Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с частотой  $2 \cdot 10^{15}$  Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 5 мм. Каков модуль индукции магнитного поля?

**РЕШЕНИЕ.**

$$F = m_e \cdot a_{\text{ц}} = F_{\text{л}} = B \cdot e \cdot v_{\text{max}}$$

$$m_e \cdot v_{\text{max}}^2 / R_{\text{max}} = B \cdot e \cdot v_{\text{max}}$$

$$m_e \cdot v_{\text{max}} / R_{\text{max}} = B \cdot e$$

$$E_{\phi} = A_{\text{ВЫХ}} + E_{\text{к(max)}}$$

$$E_{\phi} = h \cdot \nu \quad E_{\text{к(max)}} = m_e \cdot v_{\text{max}}^2 / 2$$

$$h \cdot \nu = A_{\text{ВЫХ}} + m_e \cdot v_{\text{max}}^2 / 2$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{(2 \cdot (h \cdot \nu - 2 \cdot A_{\text{ВЫХ}})) / m_e}$$

$$B = m_e \cdot v_{\text{max}} / (e \cdot R_{\text{max}})$$

$$B = m_e \cdot \sqrt{(2 \cdot (h \cdot \nu - 2 \cdot A_{\text{ВЫХ}})) / m_e} / (e \cdot R_{\text{max}})$$

$$B = \sqrt{(2 \cdot m_e \cdot (h \cdot \nu - 2 \cdot A_{\text{ВЫХ}}))} / (e \cdot R_{\text{max}})$$

$$B = \sqrt{(2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 2 \cdot 10^{15} - 2 \cdot 4,42 \cdot 10^{-19}))} / (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3})$$

$$B = \sqrt{(18,2 \cdot 10^{-31} \cdot (13,2 \cdot 10^{-19} - 8,84 \cdot 10^{-19}))} / 8 \cdot 10^{-22}$$

$$B = \sqrt{(18,2 \cdot 10^{-31} \cdot 4,36 \cdot 10^{-19})} / 8 \cdot 10^{-22} \approx 3,15 \cdot 10^{-14} \text{ Тл}$$

**ОТВЕТ:  $3,15 \cdot 10^{-14}$  Тл**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**