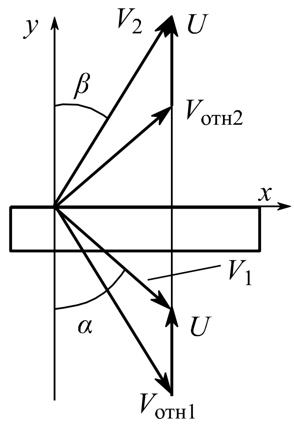
Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-01



1. 1) Вдоль горизонтальной оси x импульс сохраняется: $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$.

$V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \dfrac{3}{2} V_1 = 12$ м/с.

2) Пусть $V_{\text{ОТН}1}$ и $V_{\text{ОТН}2}$ – скорости шарика относительно плиты до и после удара. $0 \le V_{yOTH2} \le \left|V_{yOTH1}\right|$. $0 \le V_2 \cos\beta - U \le V_1 \cos\alpha + U$.

$\dfrac{1}{2}\left(V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha\right) \le U \le V_2 \cos\beta$. $\dfrac{1}{2} V_1 \left(\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cos\beta - \cos\alpha\right) \le U \le V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cos\beta$.

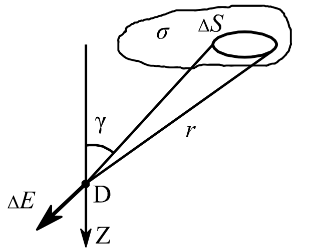
$\left(3\sqrt{3} - \sqrt{7}\right)$м/с $\le U \le 6\sqrt{3}$ м/с.

2. 1) $P_0 V_{01} = \nu R T_1$, $P_0 V_{02} = \nu R T_2$. Отсюда $V_{01} / V_{02} = T_1 / T_2 = 3/5$.

2) $\nu C_V T_1 + \nu C_V T_2 = (\nu + \nu) C_V T$. Отсюда $T = \dfrac{1}{2}\left(T_1 + T_2\right) = 400$ К.

3) Покажем, что $P = const$. $P\Delta V_1 + V_1 \Delta P = \nu R \Delta T_1$, $P\Delta V_2 + V_2 \Delta P = \nu R \Delta T_2$, $\nu C_V \Delta T_1 + \nu C_V \Delta T_2 = 0$, $\Delta V_1 = -\Delta V_2$. Отсюда $\left(V_1 + V_2\right)\Delta P = 0$, $P = const$. Тогда

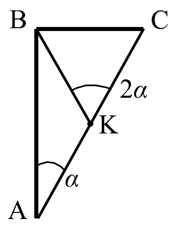
$Q = \nu\left(C_V + R\right)\left(T - T_1\right) = \dfrac{7}{4} \nu R \left(T_2 - T_1\right) = 1250$ Дж.



3. 1) Увеличится в $\sqrt{2}$ раз. **2)** Покажем, что плоская пластина произвольной формы с плотностью заряда $\sigma > 0$ создает в т. D поле с такой напряженностью E, что $E_Z = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. Здесь E_Z – проекция напряженности на ось z, перпендикулярную пластине, Ω - телесный угол, под которым из т. D видна пластина. От малой площадки площадью ΔS поле $\Delta E_Z = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{\sigma \Delta S}{r^2} \cos\gamma$. $\dfrac{\Delta S}{r^2} \cos\gamma = \Delta\Omega$ - телесный угол, под которым из т. D видна ΔS.

$E_Z = \Sigma \Delta E_Z = \Sigma \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sigma \Delta\Omega = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. ВС из т. К видна под углом Ω_1, который пропорционален 2α:

$\dfrac{\Omega_1}{2\pi} = \dfrac{2\alpha}{\pi}$. Отсюда $\Omega_1 = 4\alpha$. $E_1 = \dfrac{\sigma_1}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_1 = \dfrac{\sigma_1 \alpha}{\pi\varepsilon_0}$. Для АВ: $\Omega_2 = 2\pi - \Omega_1 = 2\pi - 4\alpha$.



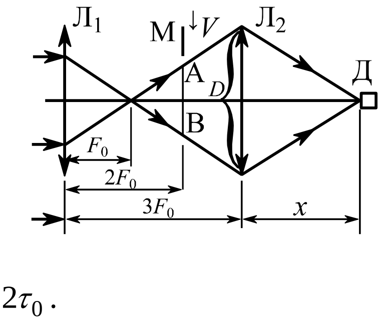
$E_2 = \dfrac{\sigma_2}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_2 = \dfrac{\sigma_2 \left(\pi/2 - \alpha\right)}{\pi\varepsilon_0}$. $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \dfrac{1}{\pi\varepsilon_0}\sqrt{\left(\sigma_1\alpha\right)^2 + \sigma_2^2\left(\pi/2 - \alpha\right)^2} = \dfrac{\sqrt{41}}{14}\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$.

4. После замыкания ключа ток возрастает, диод закрыт. Ток достигает максимальной величины $I_M = E\sqrt{C/\left(L_1 + L_2\right)}$. Когда ток начнет убывать, напряжение на L_1 изменит знак и диод откроется, напряжение на диоде станет нуль. Ток через L_1 останется в дальнейшем постоянным и равным I_M, а в контуре из E, L_2, D и C будут колебания с периодом $T = 2\pi\sqrt{L_2 C}$ и амплитудой I_M. Диод будет всегда открыт, ток через диод будет изменяться от нуля до $2 I_M$.

1) В установившемся режиме ток через L_1 постоянный ($T = \infty$).

2) $I_{M1} = I_M = E\sqrt{C/\left(L_1 + L_2\right)} = E\sqrt{C/(3L)}$. **3)** $I_{M2} = I_M = E\sqrt{C/\left(L_1 + L_2\right)} = E\sqrt{C/(3L)}$.

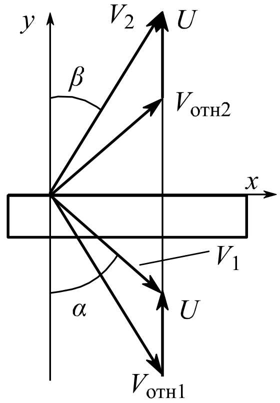
5. 1) $\dfrac{1}{2F_0} + \dfrac{1}{x} = \dfrac{1}{F_0}$. $x = 2F_0$. **2)** Мишень пересекает световой конус диаметром D_1 = AB = D/2. Из графика находим отношение диаметра мишени D_M к D_1: $\left(\dfrac{D_M}{D_1}\right)^2 = \dfrac{I_0 - I_1}{I_0}$. Имеем $D_M = D_1/2 = D/4$. За время τ_0 мишень входит в конус: $V = \dfrac{D_M}{\tau_0} = \dfrac{D}{4\tau_0}$.



3) Интервал от начала входа в конус до начала выхода из конуса $t_1 = \dfrac{D_1}{V} = 2\tau_0$.

Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-02

1. 1) Вдоль горизонтальной оси x импульс сохраняется: $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$.



$V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 2V_1 = 12$ м/с.

2) Пусть $V_{\text{ОТН1}}$ и $V_{\text{ОТН2}}$ – скорости шарика относительно плиты до и после удара. $0 \le V_{yOTH2} \le \left|V_{yOTH1}\right|$. $0 \le V_2\cos\beta - U \le V_1\cos\alpha + U$.

$\dfrac{1}{2}\left(V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha\right) \le U \le V_2\cos\beta$. $\dfrac{1}{2}V_1\left(\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta - \cos\alpha\right) \le U \le V_1\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta$.

$\left(4\sqrt{2}-\sqrt{5}\right)$м/с $\le U \le 8\sqrt{2}$ м/с.

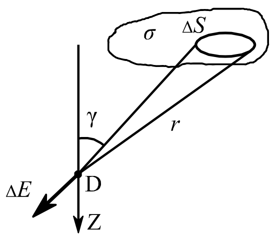
2. 1) $P_0V_{01} = \nu RT_1, P_0V_{02} = \nu RT_2$. Отсюда $V_{01}/V_{02} = T_1/T_2 = 3/4$.

2) $\nu C_V T_1 + \nu C_V T_2 = (\nu+\nu)C_V T$. Отсюда $T = \dfrac{1}{2}(T_1+T_2) = 385$ К.

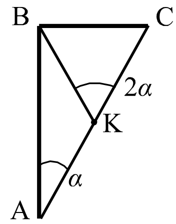
3) Покажем, что $P = const$. $P\Delta V_1 + V_1\Delta P = \nu R\Delta T_1, P\Delta V_2 + V_2\Delta P = \nu R\Delta T_2$, $\nu C_V\Delta T_1 + \nu C_V \Delta T_2 = 0$,

$\Delta V_1 = -\Delta V_2$. Отсюда $(V_1+V_2)\Delta P = 0$, $P = const$. Тогда $Q = \nu(C_V+R)(T-T_1) = \dfrac{5}{4}\nu R(T_2-T_1) = 275$ Дж.

3. 1) Увеличится в $\sqrt{2}$ раз. **2)** Покажем, что плоская пластина произвольной формы с плотностью заряда $\sigma > 0$ создает в т. D поле с такой напряженностью E, что $E_Z = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. Здесь E_Z – проекция напряженности на ось z, перпендикулярную пластине, Ω - телесный угол, под которым из т. D видна пластина. От малой площадки площадью ΔS поле



$\Delta E_Z = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{\sigma\Delta S}{r^2}\cos\gamma$. $\dfrac{\Delta S}{r^2}\cos\gamma = \Delta\Omega$ - телесный угол, под которым из т. D видна ΔS. $E_Z = \Sigma\Delta E_Z = \Sigma\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sigma\Delta\Omega = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. BC из т. K видна под углом Ω_1, который пропорционален 2α: $\dfrac{\Omega_1}{2\pi} = \dfrac{2\alpha}{\pi}$. Отсюда $\Omega_1 = 4\alpha$. $E_1 = \dfrac{\sigma_1}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_1 = \dfrac{\sigma_1\alpha}{\pi\varepsilon_0}$. Для AB:



$\Omega_2 = 2\pi - \Omega_1 = 2\pi - 4\alpha$. $E_2 = \dfrac{\sigma_2}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_2 = \dfrac{\sigma_2(\pi/2-\alpha)}{\pi\varepsilon_0}$.

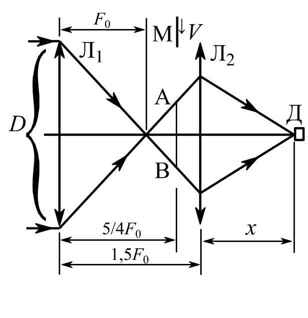
$$E = \sqrt{E_1^2+E_2^2} = \frac{1}{\pi\varepsilon_0}\sqrt{(\sigma_1\alpha)^2+\sigma_2^2(\pi/2-\alpha)^2} = \frac{5}{8}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

4. После замыкания ключа ток возрастает, диод закрыт. Ток достигает максимальной величины $I_M = E\sqrt{C/(L_1+L_2)}$. Когда ток начнет убывать, напряжение на L_1 изменит знак и диод откроется, напряжение на диоде станет нуль. Ток через L_1 останется в дальнейшем постоянным и равным I_M, а в контуре из E, L_2, D и C будут колебания с периодом $T = 2\pi\sqrt{L_2C}$ и амплитудой I_M. Диод будет всегда открыт, ток через диод будет изменяться от нуля до 2 I_M.

1) В установившемся режиме $T = 2\pi\sqrt{L_2C} = 2\pi\sqrt{2LC}$

2) $I_{01} = I_M = E\sqrt{C/(L_1+L_2)} = E\sqrt{C/(5L)}$. **3)** $I_{02} = I_M = E\sqrt{C/(L_1+L_2)} = E\sqrt{C/(5L)}$.

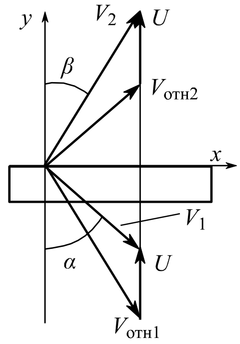
5. 1) $\dfrac{1}{F_0/2} + \dfrac{1}{x} = \dfrac{1}{F_0/3}$. $x = F_0$. **2)** Мишень пересекает световой конус диаметром D_1 = AB = D/4. Из графика находим отношение диаметра мишени $D_М$ к D_1: $\left(\dfrac{D_M}{D_1}\right)^2 = \dfrac{I_0 - I_1}{I_0}$. Имеем $D_М = D_1/3 = D/12$. За время τ_0 мишень входит в конус: $V = \dfrac{D_M}{\tau_0} = \dfrac{D}{12\tau_0}$.



3) Интервал от начала входа в конус до начала выхода из конуса $t_1 = \dfrac{D_1}{V} = 3\tau_0$

Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-03

1. 1) Вдоль горизонтальной оси x импульс сохраняется: $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$.



$V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \dfrac{3}{2} V_1 = 18$ м/с.

2) Пусть $V_{ОТН1}$ и $V_{ОТН2}$ – скорости шарика относительно плиты до и после удара. $0 \le V_{yOTH2} \le \left|V_{yOTH1}\right|$. $0 \le V_2 \cos\beta - U \le V_1 \cos\alpha + U$.

$\dfrac{1}{2}\left(V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha\right) \le U \le V_2 \cos\beta$. $\dfrac{1}{2} V_1 \left(\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta - \cos\alpha\right) \le U \le V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta$.

$3\left(2\sqrt{2} - \sqrt{3}\right)$ м/с $\le U \le 12\sqrt{2}$ м/с.

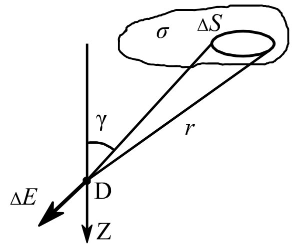
2. 1) $P_0 V_{01} = \nu R T_1,\ P_0 V_{02} = \nu R T_2$. Отсюда $V_{01} / V_{02} = T_1 / T_2 = 7/11$.

2) $\nu C_V T_1 + \nu C_V T_2 = (\nu + \nu) C_V T$. Отсюда $T = \dfrac{1}{2}\left(T_1 + T_2\right) = 450$ К.

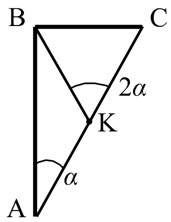
3) Покажем, что $P = const$. $P\Delta V_1 + V_1 \Delta P = \nu R \Delta T_1,\ P\Delta V_2 + V_2 \Delta P = \nu R \Delta T_2,\ \nu C_V \Delta T_1 + \nu C_V \Delta T_2 = 0$,

$\Delta V_1 = -\Delta V_2$. Отсюда $\left(V_1 + V_2\right)\Delta P = 0$, $P = const$. Тогда $Q = \nu\left(C_V + R\right)\left(T - T_1\right) = \dfrac{7}{4}\nu R\left(T_2 - T_1\right) = 2500$ Дж.

3. 1) Увеличится в $\sqrt{2}$ раз. **2)** Покажем, что плоская пластина произвольной формы с плотностью заряда $\sigma > 0$ создает в т. D поле с такой напряженностью E, что $E_Z = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. Здесь E_Z – проекция напряженности на ось z, перпендикулярную пластине, Ω - телесный угол, под которым из т. D видна пластина. От малой площадки площадью ΔS поле



$\Delta E_Z = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{\sigma\Delta S}{r^2}\cos\gamma$. $\dfrac{\Delta S}{r^2}\cos\gamma = \Delta\Omega$ - телесный угол, под которым из т. D видна ΔS. $E_Z = \Sigma\Delta E_Z = \Sigma\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sigma\Delta\Omega = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. ВС из т. К видна под углом Ω_1, который пропорционален 2α: $\dfrac{\Omega_1}{2\pi} = \dfrac{2\alpha}{\pi}$. Отсюда $\Omega_1 = 4\alpha$. $E_1 = \dfrac{\sigma_1}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_1 = \dfrac{\sigma_1 \alpha}{\pi\varepsilon_0}$. Для АВ:



$\Omega_2 = 2\pi - \Omega_1 = 2\pi - 4\alpha$. $E_2 = \dfrac{\sigma_2}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_2 = \dfrac{\sigma_2\left(\pi/2 - \alpha\right)}{\pi\varepsilon_0}$.

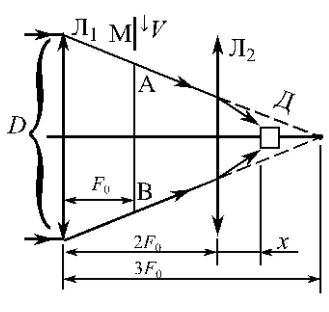
$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{1}{\pi\varepsilon_0}\sqrt{\left(\sigma_1\alpha\right)^2 + \sigma_2^2\left(\pi/2 - \alpha\right)^2} = \frac{3\sqrt{5}}{10}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

4. После замыкания ключа ток возрастает, диод закрыт. Ток достигает максимальной величины $I_M = E\sqrt{C/\left(L_1 + L_2\right)}$. Когда ток начнет убывать, напряжение на L_1 изменит знак и диод откроется, напряжение на диоде станет нуль. Ток через L_1 останется в дальнейшем постоянным и равным I_M, а в контуре из E, L_2, D и C будут колебания с периодом $T = 2\pi\sqrt{L_2 C}$ и амплитудой I_M. Диод будет всегда открыт, ток через диод будет изменяться от нуля до 2 I_M.

1) В установившемся режиме ток через L_1 постоянный ($T = \infty$).

2) $I_{M1} = I_M = E\sqrt{C/\left(L_1 + L_2\right)} = E\sqrt{C/\left(7L\right)}$. **3)** $I_{M2} = I_M = E\sqrt{C/\left(L_1 + L_2\right)} = E\sqrt{C/\left(7L\right)}$.

5. 1) $\dfrac{1}{-F_0} + \dfrac{1}{x} = \dfrac{1}{F_0}$. $x = \dfrac{1}{2}F_0$. **2)** Мишень пересекает световой конус диаметром D_1 = АВ = 2D/3. Из графика находим отношение диаметра мишени $D_М$ к D_1: $\left(\dfrac{D_M}{D_1}\right)^2 = \dfrac{I_0 - I_1}{I_0}$. Имеем $D_М$ = 2D_1/3 = 4D/9. За время τ_0 мишень входит в конус: $V = \dfrac{D_M}{\tau_0} = \dfrac{4D}{9\tau_0}$.

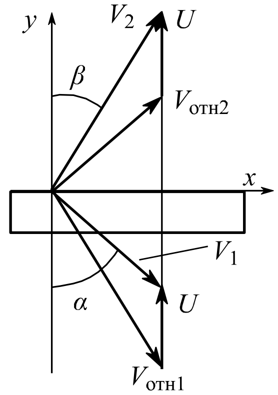


3) Интервал от начала входа в конус до начала выхода из конуса $t_1 = \dfrac{D_1}{V} = \dfrac{3}{2}\tau_0$.

Олимпиада «Физтех». 2022 г. Физика. Решения. Вариант 11-04

1. 1) Вдоль горизонтальной оси x импульс сохраняется: $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$.

$V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \dfrac{10}{9} V_1 = 20$ м/с.



2) Пусть $V_{\text{ОТН}1}$ и $V_{\text{ОТН}2}$ – скорости шарика относительно плиты до и после удара. $0 \le V_{yOTH2} \le \left|V_{yOTH1}\right|$. $0 \le V_2 \cos\beta - U \le V_1 \cos\alpha + U$.

$\dfrac{1}{2}\left(V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha\right) \le U \le V_2 \cos\beta$. $\dfrac{1}{2} V_1 \left(\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cos\beta - \cos\alpha\right) \le U \le V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cos\beta$.

$\left(8 - 3\sqrt{5}\right)$м/с $\le U \le 16$ м/с.

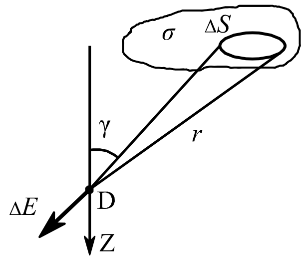
2. 1) $P_0 V_{01} = \nu R T_1, P_0 V_{02} = \nu R T_2$. Отсюда $V_{01} / V_{02} = T_1 / T_2 = 4/5$.

2) $\nu C_V T_1 + \nu C_V T_2 = (\nu + \nu) C_V T$. Отсюда $T = \dfrac{1}{2}(T_1 + T_2) = 360$ К.

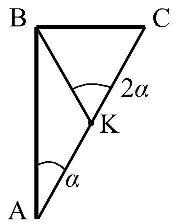
3) Покажем, что $P = const$. $P\Delta V_1 + V_1 \Delta P = \nu R \Delta T_1, P\Delta V_2 + V_2 \Delta P = \nu R \Delta T_2$, $\nu C_V \Delta T_1 + \nu C_V \Delta T_2 = 0$,

$\Delta V_1 = -\Delta V_2$. Отсюда $(V_1 + V_2)\Delta P = 0$, $P = const$. Тогда $Q = \nu(C_V + R)(T - T_1) = \dfrac{5}{4} \nu R (T_2 - T_1) = 500$ Дж.

3. 1) Увеличится в $\sqrt{2}$ раз. **2)** Покажем, что плоская пластина произвольной формы с плотностью заряда $\sigma > 0$ создает в т. D поле с такой напряженностью E, что $E_Z = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. Здесь E_Z – проекция напряженности на ось z, перпендикулярную пластине, Ω - телесный угол, под которым из т. D видна пластина. От малой площадки площадью ΔS поле $\Delta E_Z = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{\sigma \Delta S}{r^2} \cos\gamma$.



$\dfrac{\Delta S}{r^2}\cos\gamma = \Delta\Omega$ - телесный угол, под которым из т. D видна ΔS. $E_Z = \Sigma \Delta E_Z = \Sigma \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sigma \Delta\Omega = \dfrac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$. ВС из т. К видна под углом Ω_1, который пропорционален 2α: $\dfrac{\Omega_1}{2\pi} = \dfrac{2\alpha}{\pi}$. Отсюда $\Omega_1 = 4\alpha$.



$E_1 = \dfrac{\sigma_1}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_1 = \dfrac{\sigma_1 \alpha}{\pi\varepsilon_0}$. Для АВ: $\Omega_2 = 2\pi - \Omega_1 = 2\pi - 4\alpha$. $E_2 = \dfrac{\sigma_2}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_2 = \dfrac{\sigma_2(\pi/2 - \alpha)}{\pi\varepsilon_0}$.

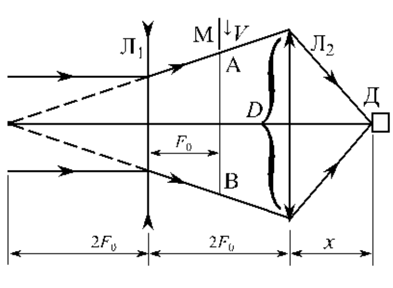
$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \dfrac{1}{\pi\varepsilon_0}\sqrt{(\sigma_1\alpha)^2 + \sigma_2^2(\pi/2 - \alpha)^2} = \dfrac{\sqrt{2}}{9}\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$.

4. После замыкания ключа ток возрастает, диод закрыт. Ток достигает максимальной величины $I_M = E\sqrt{C/(L_1 + L_2)}$. Когда ток начнет убывать, напряжение на L_1 изменит знак и диод откроется, напряжение на диоде станет нуль. Ток через L_1 останется в дальнейшем постоянным и равным I_M, а в контуре из E, L_2, D и C будут колебания с периодом $T = 2\pi\sqrt{L_2 C}$ и амплитудой I_M. Диод будет всегда открыт, ток через диод будет изменяться от нуля до 2 I_M.

1) В установившемся режиме $T = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 2\pi\sqrt{4LC} = 4\pi\sqrt{LC}$

2) $I_{01} = I_M = E\sqrt{C/(L_1 + L_2)} = E\sqrt{C/(9L)} = \dfrac{1}{3}E\sqrt{C/L}$. **3)** $I_{02} = I_M = E\sqrt{C/(L_1 + L_2)} = \dfrac{1}{3}E\sqrt{C/L}$.

5. 1) $\dfrac{1}{4F_0} + \dfrac{1}{x} = \dfrac{1}{F_0}$. $x = \dfrac{4}{3}F_0$. **2)** Мишень пересекает световой конус диаметром D_1 = AB = 3D/4. Из графика находим отношение диаметра мишени D_M к D_1: $\left(\dfrac{D_M}{D_1}\right)^2 = \dfrac{I_0 - I_1}{I_0}$. Имеем D_M = 3D_1/4 = 9D/16. За время τ_0 мишень входит в конус: $V = \dfrac{D_M}{\tau_0} = \dfrac{9D}{16\tau_0}$.



3) Интервал от начала входа в конус до начала выхода из него $t_1 = D_1 / V = 4\tau_0 / 3$.