

Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-05

1. 1) Начальные импульсы $9mV_0$ и $3mV_0$. Конечный импульс $6mV$. По ЗСИ, используя теорему

косинусов, $(6mV)^2 = (9mV_0)^2 + (3mV_0)^2 - 2 \cdot 9mV_0 \cdot 3mV_0 \cos 60^\circ$. Отсюда $V = \frac{\sqrt{7}}{2} V_0$.

2) ЗСЭ: $E_0 = \frac{1}{2} \cdot 3m(3V_0)^2 + \frac{1}{2} \cdot 3m(3V_0)^2 - \frac{1}{2} \cdot 6mV^2 = \frac{39}{4} mV_0^2$.

3) Перейдем в систему центра масс СЦМ. Приведенные массы до и после удара

$$\mu_1 = \frac{3m \cdot 3m}{3m + 3m} = \frac{3}{2} m, \quad \mu_2 = \frac{2m \cdot 4m}{2m + 4m} = \frac{4}{3} m.$$

Относительные скорости одинаковы в ЛСО и СЦМ. До удара,

используя теорему косинусов, $V_{10ТН}^2 = (3V_0)^2 + V_0^2 - 2 \cdot 3V_0 \cdot V_0 \cos(180^\circ - 60^\circ) = 13V_0^2$.

ЗСЭ: $\frac{1}{2} \mu_1 V_{10ТН}^2 = \frac{1}{2} \mu_2 V_{20ТН}^2 + \frac{1}{2} E_0$. $V_{20ТН} = \frac{3\sqrt{13}}{4} V_0$.

2. 1) Для смеси $\frac{P_0 HS}{T_1} = \frac{P_0 (H + \Delta H) S}{T_2}$. $\Delta H = H \frac{T_2 - T_1}{T_1} = 8 \text{ мм}$.

2) Для воздуха без пара $\frac{(P_0 - P_1) HS}{T_1} = \frac{(P_0 - P_2)(H + \Delta H + h) S}{T_2}$. $\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2} = \frac{T_1}{T_2} \frac{H + \Delta H + h}{H}$.

$$\frac{P_0 - 27}{P_0 - 130} = \frac{983}{880}. \quad P_0 = 1010 \text{ мм рт.ст. Допустимые пределы } 900 < P_0 < 1100.$$

3. 1) $d_1 = \frac{d}{3}, d_2 = \frac{d}{4}$. $U = E(d - d_1 - d_2) + \frac{E}{\epsilon_1} d_1 + \frac{E}{\epsilon_2} d_2$. Тогда $E = U / \left(d - d_1 - d_2 + \frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2} \right) = \frac{3}{2} \frac{U}{d}$.

2) $E = 2 \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$. $Q = \epsilon_0 S E = \frac{3}{2} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$.

3) Пусть q_1 и q_2 – связанные заряды правых сторон пластин. Пусть E_1 – поле от связанных зарядов q_1 и $-q_1$ в первом диэлектрике. $\frac{E}{\epsilon_1} = E - E_1$. Отсюда $E_1 = \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} E$. Так как $E_1 = 2 \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$, $E = 2 \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$, то

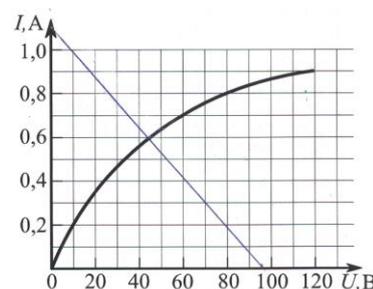
$$q_1 = \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} Q. \text{ Аналогично, } q_2 = \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} Q. \text{ У нас } q_1 = \frac{3}{4} \frac{\epsilon_0 S U}{d}, q_2 = \frac{\epsilon_0 S U}{d}. \text{ Заряд } q = q_1 + (-q_2) = -\frac{1}{4} \frac{\epsilon_0 S U}{d}.$$

4. 1) $I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} = 0,24 \text{ А}$. 2) $I' = \frac{I_{10} R_2}{L} = 240 \text{ А/с}$.

3) Пусть в установившемся режиме ток в лампочке I , напряжение U . Тогда

$$I + \frac{U}{R_2} = \frac{E - U}{R_1}. \text{ У нас } 80I + U = 96 - \text{ нагрузочная прямая. Ее пересечение с}$$

вольт-амперной характеристикой дает ток: $I \approx 0,60 \text{ А}$. Допустимые пределы $0,58 \text{ А} < I < 0,62 \text{ А}$.



5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$. $x_0 = f_0 = 40 \text{ см}$. 2) Изображение S_1 в Л1 на расстоянии $f_1 = \frac{dF_1}{d - F_1} = \frac{40}{3} \text{ см}$ от Л1,

является мнимым предметом для Л2. $\frac{1}{-(f_1 - L)} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}$. $f_2 = 4 \text{ см}$. $x = f_2 = 4 \text{ см}$.

3) Поперечное увеличение в Л2 $\Gamma = \left| \frac{f_2}{f_1 - L} \right| = \frac{6}{5}$. Направим ось x направо. S_1 движется относительно

Л2 налево со скоростью V . Проекция на ось x скорости изображения S_2 в Л2 относительно Л2

$$U_{x0ТН} = \Gamma^2 (-V) = -3,6 \text{ см/с. Проекция на ось } x \text{ скорости изображения } S_2$$

$$U_x = V + U_{x0ТН} = V(1 - \Gamma^2) = -1,1 \text{ см/с. Скорость } U = |U_x| = 1,1 \text{ см/с}.$$

Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-06

1. 1) Начальные импульсы $15mV_0$ и $5mV_0$. Конечный импульс $10mV$. По ЗСИ, используя теорему

косинусов, $(10mV)^2 = (15mV_0)^2 + (5mV_0)^2 - 2 \cdot 15mV_0 \cdot 5mV_0 \cos 60^\circ$. Отсюда $V = \frac{\sqrt{7}}{2} V_0$.

2) ЗСЭ: $E_0 = \frac{1}{2} \cdot 5m(3V_0)^2 + \frac{1}{2} \cdot 5mV_0^2 - \frac{1}{2} \cdot 10mV^2 = \frac{65}{4} mV_0^2$.

3) Перейдем в систему центра масс СЦМ. Приведенные массы до и после удара

$$\mu_1 = \frac{5m \cdot 5m}{5m + 5m} = \frac{5}{2} m, \quad \mu_2 = \frac{6m \cdot 4m}{6m + 4m} = \frac{12}{5} m.$$

Относительные скорости одинаковы в ЛСО и СЦМ. До

удара, используя теорему косинусов, $V_{10TH}^2 = (3V_0)^2 + V_0^2 - 2 \cdot 3V_0 \cdot V_0 \cos(180^\circ - 60^\circ) = 13V_0^2$.

ЗСЭ: $\frac{1}{2} \mu_1 V_{10TH}^2 = \frac{1}{2} \mu_2 V_{20TH}^2 + \frac{2}{3} E_0$. $V_{20TH} = \frac{5}{6} \sqrt{\frac{13}{2}} V_0$.

2. 1) Для смеси $\frac{P_0 LS}{T_1} = \frac{P_0(L+h_1)S}{T_2}$. $L = h_1 \frac{T_1}{T_2 - T_1} = 135$ мм.

2) Для воздуха без пара $\frac{(P_0 - P_1)LS}{T_1} = \frac{(P_0 - P_2)(L+h_1+h_2)S}{T_2}$. $\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2} = \frac{T_1}{T_2} \frac{L+h_1+h_2}{L}$. $\frac{P_0 - 38}{P_0 - 205} = \frac{1667}{1500}$.

$P_0 = 1705$ мм рт.ст. Допустимые пределы $1500 < P_0 < 1900$.

3. 1) $d_1 = \frac{2d}{5}$, $d_2 = \frac{d}{5}$. $U = E(d - d_1 - d_2) + \frac{E}{\varepsilon_1} d_1 + \frac{E}{\varepsilon_2} d_2$. Тогда $E = U / \left(d - d_1 - d_2 + \frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} \right) = \frac{30U}{17d}$.

2) $E = 2 \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$. $Q = \varepsilon_0 S E = \frac{30}{17} \frac{\varepsilon_0 S U}{d}$.

3) Пусть q_1 и q_2 – связанные заряды правых сторон пластин. Пусть E_1 – поле от связанных зарядов q_1 и $-q_1$ в первом диэлектрике. $\frac{E}{\varepsilon_1} = E - E_1$. Отсюда $E_1 = \frac{\varepsilon_1 - 1}{\varepsilon_1} E$. Так как $E_1 = 2 \frac{q_1}{2\varepsilon_0 S}$, $E = 2 \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$, то

$q_1 = \frac{\varepsilon_1 - 1}{\varepsilon_1} Q$. Ана-но, $q_2 = \frac{\varepsilon_2 - 1}{\varepsilon_2} Q$. У нас $q_1 = \frac{20}{17} \frac{\varepsilon_0 S U}{d}$, $q_2 = \frac{25}{17} \frac{\varepsilon_0 S U}{d}$. Заряд $q = q_1 + (-q_2) = -\frac{5}{17} \frac{\varepsilon_0 S U}{d}$.

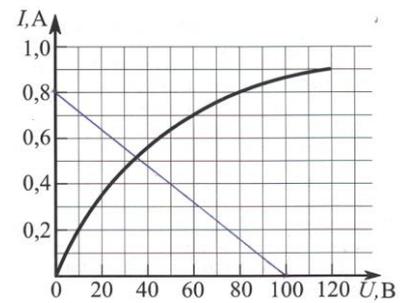
4. 1) $I_{20} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{2}{15}$ А $\approx 0,13$ А. 2) $I' = \frac{I_{20} R_2}{L} = 200$ А/с.

3) Пусть в установившемся режиме ток в лампочке I , напряжение U .

Тогда $I + \frac{U}{R_2} = \frac{E - U}{R_1}$. У нас $125I + U = 100$ – нагрузочная прямая. Ее

пересечение с вольт-амперной характеристикой дает ток: $I \approx 0,52$ А.

Допустимые пределы $0,50 \text{ А} < I < 0,54 \text{ А}$.



5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$. $x_0 = |f_0| = 12$ см. 2) Изображение S_1 в Л1 на расстоянии $f_1 = \frac{dF_1}{d - F_1} = -\frac{20}{3}$ см от

Л1, является действительным предметом для Л2. $\frac{1}{L - f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}$. $f_2 = 57/2$ см. $x = f_2 = 28,5$ см.

3) Поперечное увеличение в Л2 $\Gamma = \left| \frac{f_2}{L - f_1} \right| = \frac{9}{10}$. Направим ось x направо. S_1 движется относительно

Л2 направо со скоростью V . Проекция на ось x скорости изображения S_2 в Л2 относительно Л2

$U_{xOTH} = \Gamma^2 V = 0,81V = 1,62$ см/с. Проекция на ось x скорости изображения S_2

$U_x = -V + U_{xOTH} = V(\Gamma^2 - 1) = -0,38$ см/с. Скорость $U = |U_x| = 0,38$ см/с.

Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-07

1. 1) Начальные импульсы $8mV_0$ и $4mV_0$. Конечный импульс $8mV$. По ЗСИ, используя теорему

косинусов, $(8mV)^2 = (8mV_0)^2 + (4mV_0)^2 - 2 \cdot 8mV_0 \cdot 4mV_0 \cos 60^\circ$. Отсюда $V = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$.

2) ЗСЭ: $E_0 = \frac{1}{2} \cdot 4m(2V_0)^2 + \frac{1}{2} \cdot 4mV_0^2 - \frac{1}{2} \cdot 8mV^2 = 7mV_0^2$.

3) Перейдем в систему центра масс СЦМ. Приведенные массы до и после удара

$\mu_1 = \frac{4m \cdot 4m}{4m + 4m} = 2m$, $\mu_2 = \frac{3m \cdot 5m}{3m + 5m} = \frac{15}{8}m$. Относительные скорости одинаковы в ЛСО и СЦМ. До удара,

используя теорему косинусов, $V_{10ТН}^2 = (2V_0)^2 + V_0^2 - 2 \cdot 2V_0 \cdot V_0 \cos(180^\circ - 60^\circ) = 7V_0^2$.

ЗСЭ: $\frac{1}{2} \mu_1 V_{10ТН}^2 = \frac{1}{2} \mu_2 V_{20ТН}^2 + \frac{2}{5} E_0$. $V_{20ТН} = \frac{4\sqrt{7}}{5} V_0$.

2. 1) Для смеси $\frac{P_0 HS}{T_1} = \frac{P_0 (H + \Delta H) S}{T_2}$. $\Delta H = H \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{180}{29} \approx 6,2$ см.

2) Для воздуха без пара $\frac{(P_0 - P_1) HS}{T_1} = \frac{(P_0 - P_2)(H + \Delta H + h) S}{T_2}$. $\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2} = \frac{T_1}{T_2} \frac{H + \Delta H + h}{H}$.

$\frac{P_0 - 15}{P_0 - 305} = \frac{290}{350} \cdot \frac{30 + 180/29 + 10}{30} = \frac{134}{105}$. $P_0 = 1355$ мм рт.ст. Допустимые пределы $1200 < P_0 < 1500$.

3. 1) $d_1 = \frac{d}{2}$, $d_2 = \frac{d}{3}$. $U = E(d - d_1 - d_2) + \frac{E}{\epsilon_1} d_1 + \frac{E}{\epsilon_2} d_2$. Тогда $E = U / \left(d - d_1 - d_2 + \frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2} \right) = \frac{12}{5} \frac{U}{d}$.

2) $E = 2 \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$. $Q = \epsilon_0 S E = \frac{12}{5} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$.

3) Пусть q_1 и q_2 – связанные заряды правых сторон пластин. Пусть E_1 – поле от связанных зарядов q_1 и $-q_1$ в первом диэлектрике. $\frac{E}{\epsilon_1} = E - E_1$. Отсюда $E_1 = \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} E$. Так как $E_1 = 2 \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$, $E = 2 \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$, то

$q_1 = \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} Q$. Ана-чно, $q_2 = \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} Q$. У нас $q_1 = \frac{8}{5} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$, $q_2 = \frac{9}{5} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$. Заряд $q = q_1 + (-q_2) = -\frac{1}{5} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$.

4. 1) $I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} = 0,8$ А. 2) $I' = \frac{I_{10} R_2}{L} = 160$ А/с.

3) Пусть в установившемся режиме ток в лампочке I , напряжение U .

Тогда $I + \frac{U}{R_2} = \frac{E - U}{R_1}$. У нас $100I + 3U = 120$ - нагрузочная прямая. Ее

пересечение с вольт-амперной характеристикой дает ток: $I \approx 0,42$ А.

Допустимые пределы $0,40$ А $< I < 0,44$ А.

5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$. $x_0 = |f_0| = 20/3$ см. 2) Изображение S_1 в Л1 на «расстоянии» $f_1 = \frac{dF_1}{d - F_1} = -20$ см

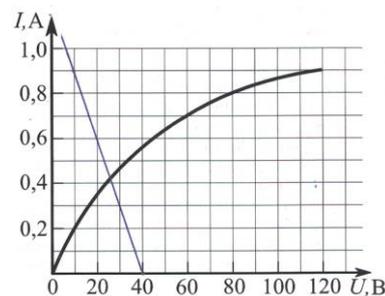
от Л1, является действительным предметом для Л2. $\frac{1}{L - f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}$. $f_2 = -8$ см. $x = |f_2| = 8$ см.

3) Поперечное увеличение в Л2 $\Gamma = \left| \frac{f_2}{L - f_1} \right| = \frac{1}{5}$. Направим ось x направо. S_1 движется относительно

Л2 направо со скоростью V . Проекция на ось x скорости изображения S_2 в Л2 относительно Л2

$U_{x0ТН} = \Gamma^2 V = \frac{1}{25} V = \frac{1}{25}$ см/с. Проекция на ось x скорости изображения S_2

$U_x = -V + U_{x0ТН} = V(\Gamma^2 - 1) = -\frac{24}{25} V = -\frac{24}{25}$ см/с. Скорость $U = |U_x| = \frac{24}{25}$ см/с = 0,96 см/с.



Олимпиада «Физтех». 2023 г. Физика. Решения. Вариант 11-08

1. 1) Начальные импульсы $12mV_0$ и mV_0 . Конечный импульс $5mV$. По ЗСИ, используя теорему

косинусов, $(5mV)^2 = (12mV_0)^2 + (mV_0)^2 - 2 \cdot 12mV_0 \cdot mV_0 \cos 60^\circ$. Отсюда $V = \frac{\sqrt{133}}{5}V_0$.

2) ЗСЭ: $E_0 = \frac{1}{2} \cdot 4m(3V_0)^2 + \frac{1}{2} \cdot mV_0^2 - \frac{1}{2} \cdot 5mV^2 = \frac{26}{5}mV_0^2$.

3) Перейдем в систему центра масс СЦМ. Приведенные массы до и после удара

$$\mu_1 = \frac{4m \cdot m}{4m + m} = \frac{4}{5}m, \quad \mu_2 = \frac{3m \cdot 2m}{3m + 2m} = \frac{6}{5}m.$$

Относительные скорости одинаковы в ЛСО и СЦМ. До удара,

используя теорему косинусов, $V_{10TH}^2 = (3V_0)^2 + V_0^2 - 2 \cdot 3V_0 \cdot V_0 \cos(180^\circ - 60^\circ) = 13V_0^2$.

ЗСЭ: $\frac{1}{2} \mu_1 V_{10TH}^2 = \frac{1}{2} \mu_2 V_{20TH}^2 + \frac{1}{3} E_0$. $V_{20TH} = \frac{2\sqrt{13}}{3}V_0$.

2. 1) Для смеси $\frac{P_0 L S}{T_1} = \frac{P_0(L+h_1)S}{T_2}$. $L = h_1 \frac{T_1}{T_2 - T_1} = 62$ мм.

2) Для воздуха без пара $\frac{(P_0 - P_1) L S}{T_1} = \frac{(P_0 - P_2)(L+h_1+h_2)S}{T_2}$. $\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2} = \frac{T_1}{T_2} \frac{L+h_1+h_2}{L}$. $\frac{P_0 - 47}{P_0 - 467} = \frac{14}{9}$.

$P_0 = 1223$ мм рт.ст. Допустимые пределы $1100 < P_0 < 1350$.

3. 1) $d_1 = \frac{d}{2}$, $d_2 = \frac{d}{4}$. $U = E(d - d_1 - d_2) + \frac{E}{\epsilon_1} d_1 + \frac{E}{\epsilon_2} d_2$. Тогда $E = U / \left(d - d_1 - d_2 + \frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2} \right) = \frac{16U}{9d}$.

2) $E = 2 \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$. $Q = \epsilon_0 S E = \frac{16}{9} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$.

3) Пусть q_1 и q_2 – связанные заряды правых сторон пластин. Пусть E_1 – поле от связанных зарядов q_1 и $-q_1$ в первом диэлектрике. $\frac{E}{\epsilon_1} = E - E_1$. Отсюда $E_1 = \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} E$. Так как $E_1 = 2 \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$, $E = 2 \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$, то

$q_1 = \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} Q$. Ана-гично, $q_2 = \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} Q$. У нас $q_1 = \frac{8}{9} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$, $q_2 = \frac{4}{3} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$. Заряд $q = q_1 + (-q_2) = -\frac{4}{9} \frac{\epsilon_0 S U}{d}$.

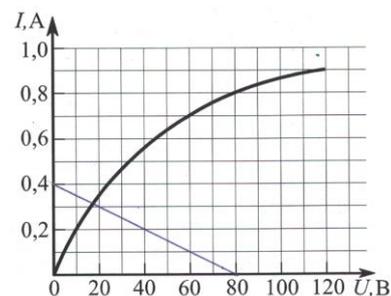
4. 1) $I_{20} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{2}{15} \text{ A} \approx 0,13 \text{ A}$. 2) $I' = \frac{I_{20} R_2}{L} = 100 \text{ A/c}$.

3) Пусть в установившемся режиме ток в лампочке I , напряжение U .

Тогда $I + \frac{U}{R_2} = \frac{E - U}{R_1}$. У нас $200I + U = 80$ – нагрузочная прямая. Ее

пересечение с вольт-амперной характеристикой дает ток: $I \approx 0,32 \text{ A}$.

Допустимые пределы $0,30 \text{ A} < I < 0,34 \text{ A}$.



5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$. $x_0 = f_0 = 90$ см. 2) Изображение S_1 в Л1 на «расстоянии» $f_1 = \frac{dF_1}{d - F_1} = -18$ см от

Л1, является действительным предметом для Л2. $\frac{1}{L - f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}$. $f_2 = 40$ см. $x = f_2 = 40$ см.

3) Поперечное увеличение в Л2 $\Gamma = \left| \frac{f_2}{L - f_1} \right| = \frac{5}{3}$. Направим ось x направо. S_1 движется относительно

Л2 налево со скоростью V . Проекция на ось x скорости изображения S_2 в Л2 относительно Л2

$U_{xOTH} = \Gamma^2 (-V) = -\frac{25}{9} V = -25 \text{ мм/с}$. Проекция на ось x скорости изображения S_2

$U_x = V + U_{xOTH} = V(1 - \Gamma^2) = -\frac{16}{9} V = -16 \text{ мм/с}$. Скорость $U = |U_x| = 16 \text{ мм/с}$.