

Олимпиада «Физтех». 2024 г. Физика. Решения. Вариант 11-01

1. 1) $mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$. $F_1 = 14mg/65$.

2) $4mg \sin \alpha_2 - F_2 = 4ma_2$. $F_2 = 55mg/78$.

3) Для системы из бруска, клина и цилиндра за малое время Δt справедливо $\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2$. Здесь \vec{F} - сумма внешних сил, $\Delta \vec{p}_1$ и $\Delta \vec{p}_2$ - изменения импульсов бруска и цилиндра. В проекциях на горизонтальное направление (направо) $F_3 \Delta t = 4m \Delta V_2 \cos \alpha_2 - m \Delta V_1 \cos \alpha_1$. Отсюда $F_3 = 4ma_2 \cos \alpha_2 - ma_1 \cos \alpha_1$. $F_3 = 6mg/13$.

2. Можно показать, что для одноатомного идеального газа в линейном процессе 1-2 или 2-1 (см. рис.) максимальная температура при $V_M = V_A/2$, а точка инверсии К в подводе и отводе тепла при $V_K = 5V_A/8$. При этом в процессе 1-2 на участке 1-К тепло подводится, а на участке К-2 отводится. В процессе 2-1 на участке 2-К тепло подводится, а на участке К-1 отводится.

1) $U_3 - U_2 = \frac{3}{2} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_2 V_2 = -\frac{63}{4} P_0 V_0$.

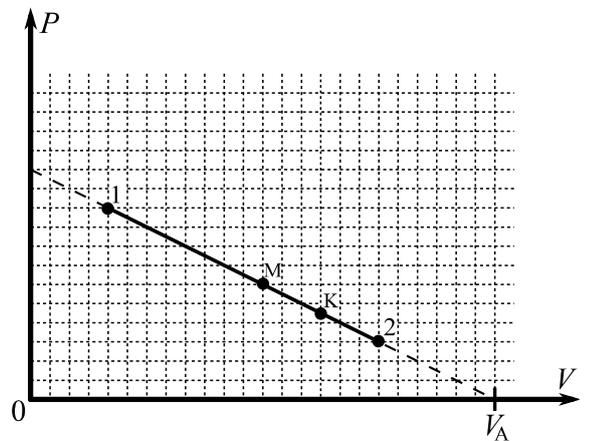
Работа за цикл $A_C = \frac{9}{4} P_0 V_0$. $\frac{|U_3 - U_2|}{A_C} = 7$.

2) $T_M = \frac{P_M V_M}{\nu R} = \frac{18 P_0 V_0}{\nu R}$. $T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R} = \frac{16 P_0 V_0}{\nu R}$. $\frac{T_M}{T_1} = \frac{9}{8}$.

3) В процессе 1-2 точка инверсии лежит вне 1-2, тепло непрерывно подводится:

$Q_{12} = \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1) = 12 P_0 V_0$. В процессе 3-1 $V_K = 5V_0$.

$Q_{3K} = \frac{3}{2} P_K V_K - \frac{3}{2} P_3 V_3 - \frac{1}{2} (P_K + P_3) (V_3 - V_K) = 8 P_0 V_0$. $Q^+ = Q_{12} + Q_{3K} = 20 P_0 V_0$. $\eta = \frac{A_C}{Q^+} = \frac{9}{80}$.



3. 1) Разность потенциалов в диэлектрике в ϵ раз меньше, чем в отсутствии диэлектрика:

$\varphi(x) - \varphi(R) = \frac{1}{\epsilon} \left(k \frac{Q}{x} - k \frac{Q}{R} \right)$. Так как $\varphi(R) = k \frac{Q}{R}$, то $\varphi(x) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{x} \right)$. $\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = k \frac{Q}{\epsilon R} (\epsilon + 3)$.

2) Пусть $r_1 = \frac{R}{3}$, $r_2 = \frac{2R}{3}$. $\varphi(r_1) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{r_1} \right)$, $\varphi(r_2) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{r_2} \right)$. Отсюда

$\frac{\varphi(r_1)}{\varphi(r_2)} = \frac{\epsilon - 1 + R/r_1}{\epsilon - 1 + R/r_2} = \frac{\epsilon + 2}{\epsilon + 1/2}$. Используя график, получаем $\frac{4}{3} = \frac{\epsilon + 2}{\epsilon + 1/2}$. Отсюда $\epsilon = 4$.

4. 1) $-n_1 \frac{\Delta B}{\Delta t} S - L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} - L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$. $\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{n_1 \alpha S}{L_1 + L_2} = \frac{n \alpha S}{5L}$.

2) Выберем положительное направление тока так, чтобы поток внешнего поля через L_1 был положительным. Тогда поток внешнего поля через L_2 будет отрицательным. Из второго правила Кирхгофа можно получить, что сумма магнитных потоков сохраняется:

$$B_0 n_1 S - 2B_0 n_2 S = \frac{B_0}{2} n_1 S - \frac{2B_0}{3} n_2 S + L_1 I + L_2 I. \text{ Отсюда } I = -\frac{13}{30} \frac{B_0 n S}{L}. \quad |I| = \frac{13}{30} \frac{B_0 n S}{L}.$$

Типичный неверный ответ $|I| = \frac{19}{30} \frac{B_0 n S}{L}.$

5. Ход лучей показан на рисунке. S_1 – изображение в линзе от S , S_2 – изображение в зеркале от S_1 , S_3 – изображение в линзе от S_2 . S_3 случайно совпало с S_1 , так как по формуле линзы $\frac{1}{h/3} + \frac{1}{f} = \frac{1}{h/2}.$

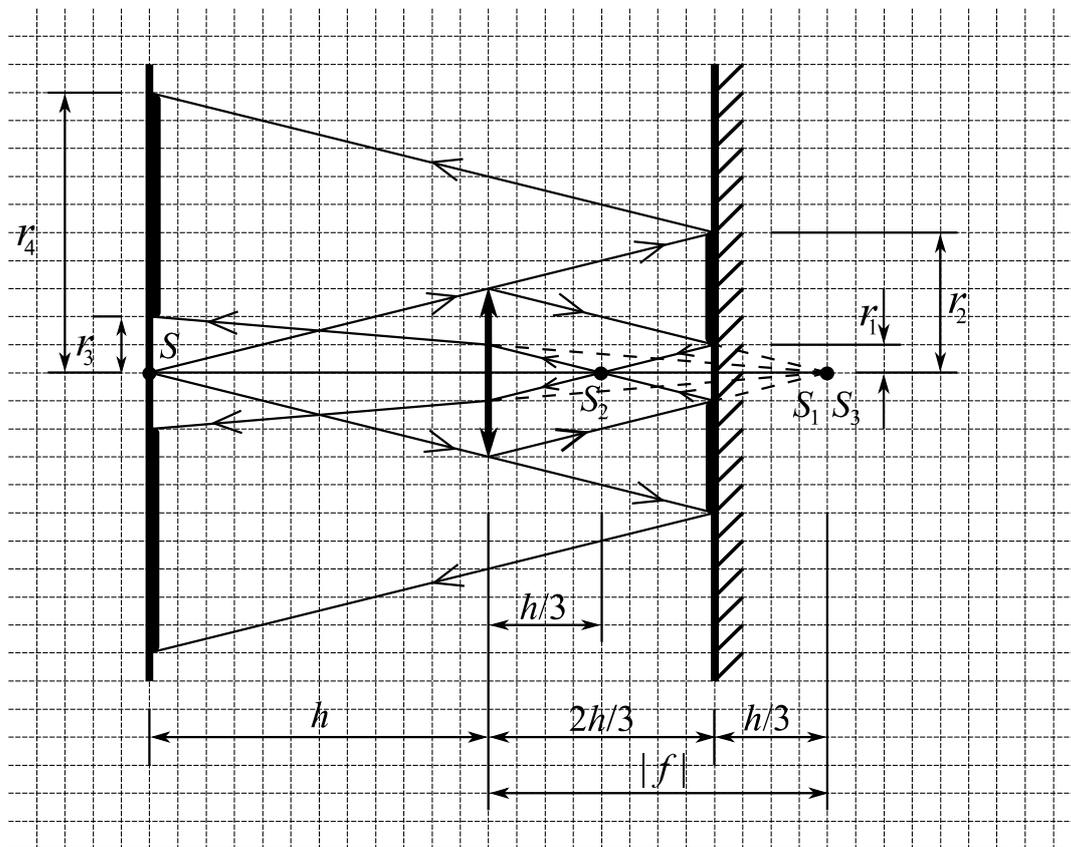
Неосвещенные области показаны жирной линией. Из подобия треугольников

$$r_1 = \frac{r}{3}, \quad r_2 = \frac{5r}{3}, \quad r_3 = \frac{2r}{3}, \quad r_4 = \frac{10r}{3}.$$

1) Площадь неосвещенной части зеркала $S_Z = \pi r_2^2 - \pi r_1^2 = \frac{8}{3} \pi r^2 = 24\pi \text{ см}^2.$

2) Площадь неосвещенной части стены $S_C = \pi r_4^2 - \pi r_3^2 = \frac{32}{3} \pi r^2 = 96\pi \text{ см}^2.$

Замечание. Можно упростить нахождение радиусов, построив зеркальное отражение линзы и стены, как продолжение пространства, в котором лучи, отраженные от зеркала, идут в том же направлении, что и падающие.



Олимпиада «Физтех». 2024 г. Физика. Решения. Вариант 11-02

1. 1) $mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$. $F_1 = 16mg/85$.

2) $5mg \sin \alpha_2 - F_2 = 5ma_2$. $F_2 = 64mg/85$.

3) Для системы из бруска, клина и шара за малое время Δt справедливо $\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2$. Здесь \vec{F} - сумма внешних сил, $\Delta \vec{p}_1$ и $\Delta \vec{p}_2$ - изменения импульсов бруска и шара. В проекциях на горизонтальное направление (направо) $F_3 \Delta t = 5m \Delta V_2 \cos \alpha_2 - m \Delta V_1 \cos \alpha_1$. Отсюда

$$F_3 = 5ma_2 \cos \alpha_2 - ma_1 \cos \alpha_1. \quad F_3 = 92mg / 85.$$

2. Можно показать, что для одноатомного идеального газа в линейном процессе 1-2 или 2-1 (см. рис.) максимальная температура при $V_M = V_A / 2$, а точка инверсии К в подводе и отводе тепла при $V_K = 5V_A / 8$. При этом в процессе 1-2 на участке 1-К тепло подводится, а на участке К-2 отводится. В процессе 2-1 на участке 2-К тепло подводится, а на участке К-1 отводится.

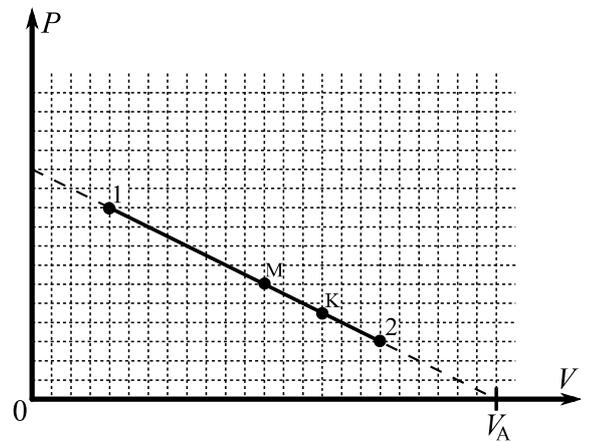
1) $U_1 - U_3 = \frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_3 V_3 = 9P_0 V_0$.

Работа за цикл $A_C = 3P_0 V_0$. $\frac{|U_1 - U_3|}{A_C} = 3$.

2) $T_M = \frac{P_M V_M}{\nu R} = \frac{16P_0 V_0}{\nu R}$. $T_2 = \frac{P_2 V_2}{\nu R} = \frac{12P_0 V_0}{\nu R}$. $\frac{T_M}{T_2} = \frac{4}{3}$.

3) В процессе 1-2 $V_K = 5V_0$. $Q_{1K} = \frac{3}{2} P_K V_K - \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{1}{2} (P_K + P_1)(V_K - V_1) = 8P_0 V_0$.

$$Q_{31} = \frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_3 V_3 + 0 = 9P_0 V_0. \quad Q^+ = Q_{31} + Q_{1K} = 17P_0 V_0. \quad \eta = \frac{A_C}{Q^+} = \frac{3}{17}.$$



3. 1) Разность потенциалов в диэлектрике в ϵ раз меньше, чем в отсутствии диэлектрика:

$$\varphi(x) - \varphi(R) = \frac{1}{\epsilon} \left(k \frac{Q}{x} - k \frac{Q}{R} \right). \text{ Так как } \varphi(R) = k \frac{Q}{R}, \text{ то } \varphi(x) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{x} \right). \quad \varphi\left(\frac{3R}{4}\right) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon + \frac{1}{3} \right).$$

2) Пусть $r_1 = \frac{R}{3}$, $r_2 = \frac{2R}{3}$. $\varphi(r_1) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{r_1} \right)$, $\varphi(r_2) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{r_2} \right)$. Отсюда

$$\frac{\varphi(r_1)}{\varphi(r_2)} = \frac{\epsilon - 1 + R/r_1}{\epsilon - 1 + R/r_2} = \frac{\epsilon + 2}{\epsilon + 1/2}. \text{ Используя график, получаем } \frac{8}{5} = \frac{\epsilon + 2}{\epsilon + 1/2}. \text{ Отсюда } \epsilon = 2.$$

$$4. 1) -n_1 \frac{\Delta B}{\Delta t} S - L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} - L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0. \quad \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{n_1 \alpha S}{L_1 + L_2} = \frac{n \alpha S}{10L}.$$

2) Выберем положительное направление тока так, чтобы поток внешнего поля через L_1 был положительным. Тогда поток внешнего поля через L_2 будет отрицательным. Из второго правила Кирхгофа можно получить, что сумма магнитных потоков сохраняется:

$$B_0 n_1 S - \frac{B_0}{3} n_2 S = \frac{2B_0}{3} n_1 S - \frac{B_0}{12} n_2 S + L_1 I + L_2 I. \quad \text{Отсюда } I = -\frac{1}{24} \frac{B_0 n S}{L}. \quad |I| = \frac{1}{24} \frac{B_0 n S}{L}.$$

Типичный неверный ответ $|I| = \frac{13}{120} \frac{B_0 n S}{L}.$

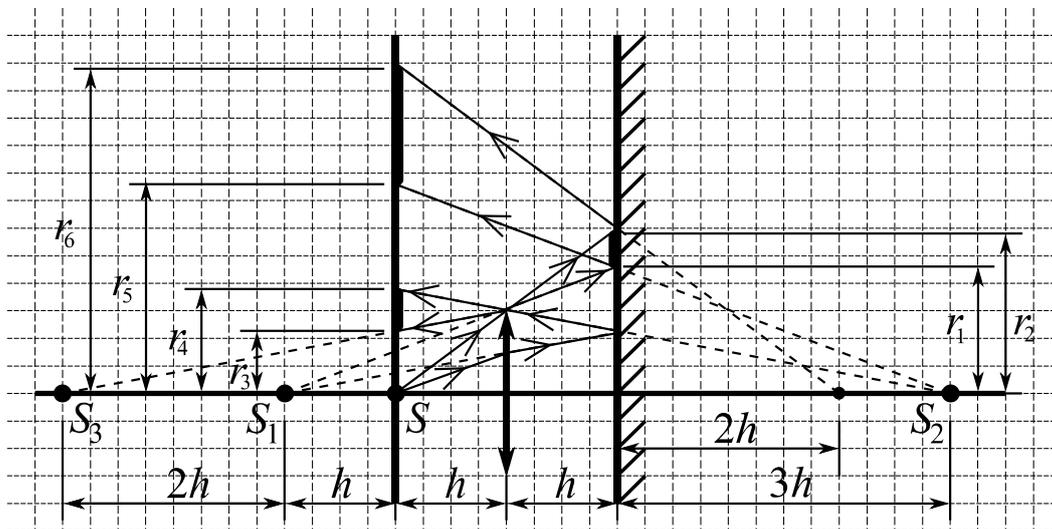
5. Ход лучей показан на рисунке. S_1 – изображение в линзе от S , S_2 – изображение в зеркале от S_1 , S_3 – изображение в линзе от S_2 . Неосвещенные области показаны жирной линией. Из подобия треугольников

$$r_1 = \frac{3r}{2}, \quad r_2 = 2r, \quad r_3 = \frac{3r}{4}, \quad r_4 = \frac{5r}{4}, \quad r_5 = \frac{5r}{2}, \quad r_6 = 4r.$$

1) Площадь неосвещенной части зеркала $S_Z = \pi r_2^2 - \pi r_1^2 = \frac{7}{4} \pi r^2 = 7\pi \text{ см}^2.$

2) Площадь неосвещенной части стены $S_C = (\pi r_4^2 - \pi r_3^2) + (\pi r_6^2 - \pi r_5^2) = \frac{43}{4} \pi r^2 = 43\pi \text{ см}^2.$

Замечание. Можно упростить нахождение радиусов, построив зеркальное отражение линзы и стены, как продолжение пространства, в котором лучи, отраженные от зеркала, идут в том же направлении, что и падающие.



Олимпиада «Физтех». 2024 г. Физика. Решения. Вариант 11-03

1. 1) $mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$. $F_1 = 9mg/65$.

2) $2mg \sin \alpha_2 - F_2 = 2ma_2$. $F_2 = 7mg/26$.

3) Для системы из бруска, клина и цилиндра за малое время Δt справедливо $\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2$. Здесь \vec{F} - сумма внешних сил, $\Delta \vec{p}_1$ и $\Delta \vec{p}_2$ - изменения импульсов бруска и цилиндра. В проекциях на горизонтальное направление (направо) $F_3 \Delta t = 2m \Delta V_2 \cos \alpha_2 - m \Delta V_1 \cos \alpha_1$. Отсюда $F_3 = 2ma_2 \cos \alpha_2 - ma_1 \cos \alpha_1$. $F_3 = 6mg / 65$.

2. Можно показать, что для одноатомного идеального газа в линейном процессе 1-2 или 2-1 (см. рис.) максимальная температура при $V_M = V_A / 2$, а точка инверсии К в подводе и отводе тепла при $V_K = 5V_A / 8$. При этом в процессе 1-2 на участке 1-К тепло подводится, а на участке К-2 отводится. В процессе 2-1 на участке 2-К тепло подводится, а на участке К-1 отводится.

1) $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 = 9P_0 V_0$.

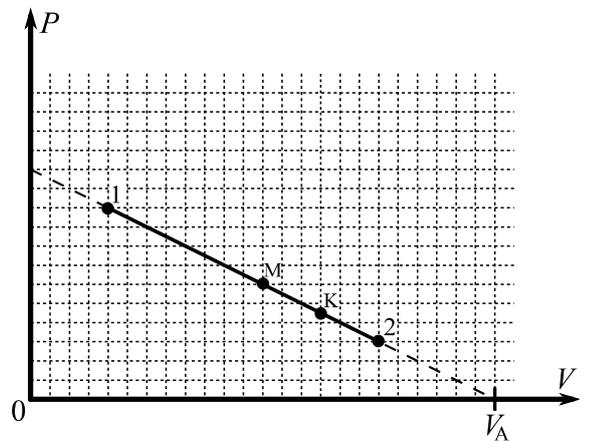
Работа за цикл $A_C = 9P_0 V_0$. $\frac{|U_2 - U_1|}{A_C} = 1$.

2) $T_M = \frac{P_M V_M}{\nu R} = \frac{72P_0 V_0}{\nu R}$. $T_3 = \frac{P_3 V_3}{\nu R} = \frac{28P_0 V_0}{\nu R}$. $\frac{T_M}{T_3} = \frac{18}{7}$.

3) В процессе 1-2 точка инверсии лежит вне 1-2, тепло непрерывно подводится:

$Q_{12} = \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1) = 48P_0 V_0$. В процессе 3-1 $V_K = 10V_0$.

$Q_{3K} = \frac{3}{2} P_K V_K - \frac{3}{2} P_3 V_3 - \frac{1}{2} (P_K + P_3) (V_3 - V_K) = 32P_0 V_0$. $Q^+ = Q_{12} + Q_{3K} = 80P_0 V_0$. $\eta = \frac{A_C}{Q^+} = \frac{9}{80}$.



3. 1) Разность потенциалов в диэлектрике в ϵ раз меньше, чем в отсутствии диэлектрика:

$\varphi(x) - \varphi(R) = \frac{1}{\epsilon} \left(k \frac{Q}{x} - k \frac{Q}{R} \right)$. Так как $\varphi(R) = k \frac{Q}{R}$, то $\varphi(x) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{x} \right)$. $\varphi\left(\frac{5R}{6}\right) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon + \frac{1}{5} \right)$.

2) Пусть $r_1 = \frac{R}{3}$, $r_2 = \frac{2R}{3}$. $\varphi(r_1) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{r_1} \right)$, $\varphi(r_2) = k \frac{Q}{\epsilon R} \left(\epsilon - 1 + \frac{R}{r_2} \right)$. Отсюда

$\frac{\varphi(r_1)}{\varphi(r_2)} = \frac{\epsilon - 1 + R/r_1}{\epsilon - 1 + R/r_2} = \frac{\epsilon + 2}{\epsilon + 1/2}$. Используя график, получаем $\frac{5}{4} = \frac{\epsilon + 2}{\epsilon + 1/2}$. Отсюда $\epsilon = 5,5$.

4. 1) $-n_1 \frac{\Delta B}{\Delta t} S - L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} - L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$. $\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{n_1 \alpha S}{L_1 + L_2} = \frac{n \alpha S}{17L}$.

2) Выберем положительное направление тока так, чтобы поток внешнего поля через L_1 был положительным. Тогда поток внешнего поля через L_2 будет отрицательным. Из второго правила Кирхгофа можно получить, что сумма магнитных потоков сохраняется:

$$B_0 n_1 S - 3B_0 n_2 S = \frac{B_0}{3} n_1 S - \frac{9B_0}{4} n_2 S + L_1 I + L_2 I. \text{ Отсюда } I = -\frac{7}{51} \frac{B_0 n S}{L}. \quad |I| = \frac{7}{51} \frac{B_0 n S}{L}.$$

Типичный неверный ответ $|I| = \frac{11}{51} \frac{B_0 n S}{L}.$

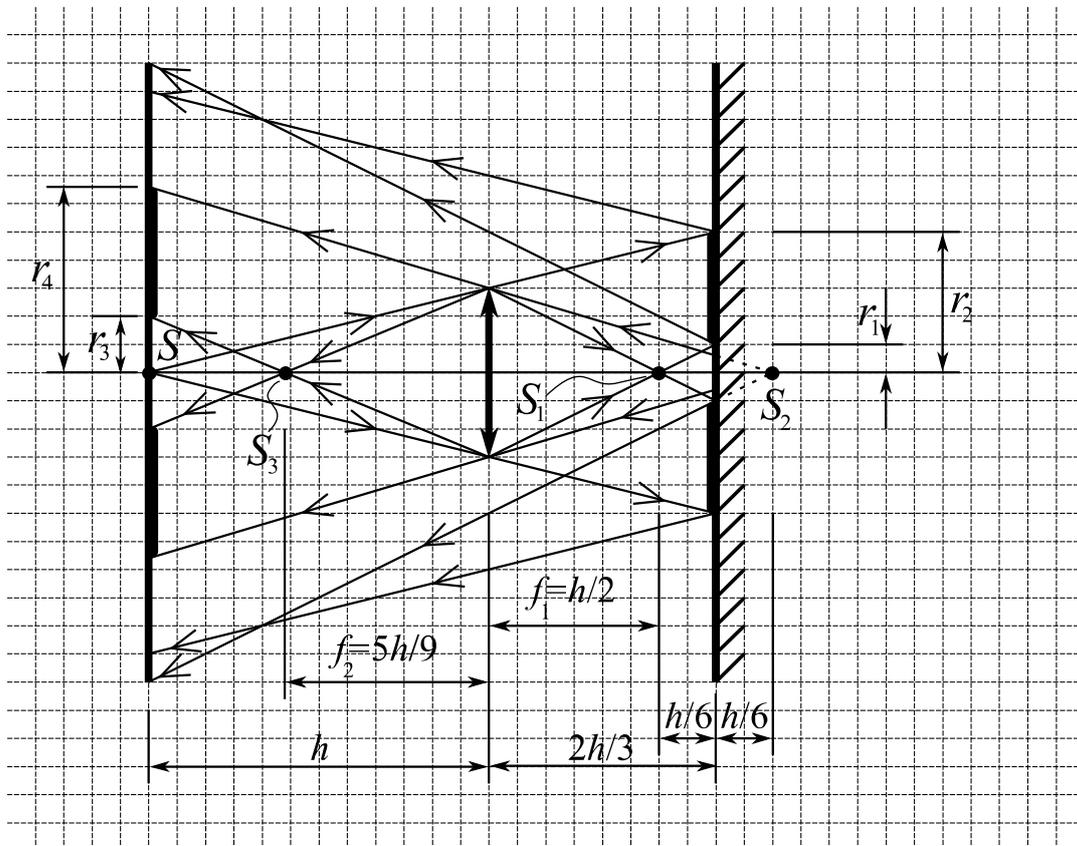
5. Ход лучей показан на рисунке. S_1 – изображение в линзе от S , S_2 – изображение в зеркале от S_1 , S_3 – изображение в линзе от S_2 . Неосвещенные области показаны жирной линией.

Из подобия треугольников $r_1 = \frac{r}{3}$, $r_2 = \frac{5r}{3}$, $r_3 = \frac{4r}{5}$, $r_4 = \frac{11r}{5}$.

1) Площадь неосвещенной части зеркала $S_Z = \pi r_2^2 - \pi r_1^2 = \frac{8}{3} \pi r^2 = \frac{200}{3} \pi \text{ см}^2.$

2) Площадь неосвещенной части стены $S_C = \pi r_4^2 - \pi r_3^2 = \frac{21}{5} \pi r^2 = 105 \pi \text{ см}^2.$

Замечание. Можно упростить нахождение радиусов, построив зеркальное отражение линзы и стены, как продолжение пространства, в котором лучи, отраженные от зеркала, идут в том же направлении, что и падающие.



Олимпиада «Физтех». 2024 г. Физика. Решения. Вариант 11-04

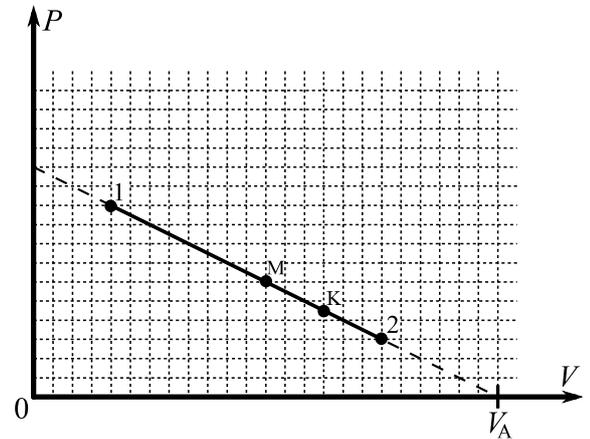
1. 1) $mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$. $F_1 = 26mg/85$.

2) $\frac{9}{4}mg \sin \alpha_2 - F_2 = \frac{9}{4}ma_2$. $F_2 = 20mg/51$.

3) Для системы из бруска, клина и шара за малое время Δt справедливо $\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2$. Здесь \vec{F} - сумма внешних сил, $\Delta\vec{p}_1$ и $\Delta\vec{p}_2$ - изменения импульсов бруска и шара. В проекциях на горизонтальное направление (направо) $F_3\Delta t = \frac{9}{4}m\Delta V_2 \cos \alpha_2 - m\Delta V_1 \cos \alpha_1$. Отсюда

$$F_3 = \frac{9}{4}ma_2 \cos \alpha_2 - ma_1 \cos \alpha_1. \quad F_3 = 6mg/17.$$

2. Можно показать, что для одноатомного идеального газа в линейном процессе 1-2 или 2-1 (см. рис.) максимальная температура при $V_M = V_A/2$, а точка инверсии К в подводе и отводе тепла при $V_K = 5V_A/8$. При этом в процессе 1-2 на участке 1-К тепло подводится, а на участке К-2 отводится. В процессе 2-1 на участке 2-К тепло подводится, а на участке К-1 отводится.



1) $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}P_2V_2 - \frac{3}{2}P_1V_1 = -18P_0V_0$.

Работа за цикл $A_C = 12P_0V_0$. $\frac{|U_2 - U_1|}{A_C} = \frac{3}{2}$.

2) $T_M = \frac{P_M V_M}{\nu R} = \frac{64P_0V_0}{\nu R}$. $T_3 = \frac{P_3 V_3}{\nu R} = \frac{36P_0V_0}{\nu R}$. $\frac{T_M}{T_3} = \frac{16}{9}$.

3) В процессе 1-2 $V_K = 10V_0$. $Q_{1K} = \frac{3}{2}P_K V_K - \frac{3}{2}P_1 V_1 + \frac{1}{2}(P_K + P_1)(V_K - V_1) = 32P_0V_0$.

$$Q_{31} = \frac{3}{2}P_1 V_1 - \frac{3}{2}P_3 V_3 + 0 = 36P_0V_0. \quad Q^+ = Q_{31} + Q_{1K} = 68P_0V_0. \quad \eta = \frac{A_C}{Q^+} = \frac{3}{17}.$$

3. 1) Разность потенциалов в диэлектрике в ε раз меньше, чем в отсутствии диэлектрика:

$$\varphi(x) - \varphi(R) = \frac{1}{\varepsilon} \left(k \frac{Q}{x} - k \frac{Q}{R} \right). \text{ Так как } \varphi(R) = k \frac{Q}{R}, \text{ то } \varphi(x) = k \frac{Q}{\varepsilon R} \left(\varepsilon - 1 + \frac{R}{x} \right). \quad \varphi\left(\frac{11R}{12}\right) = k \frac{Q}{\varepsilon R} \left(\varepsilon + \frac{1}{11} \right).$$

2) Пусть $r_1 = \frac{R}{3}$, $r_2 = \frac{2R}{3}$. $\varphi(r_1) = k \frac{Q}{\varepsilon R} \left(\varepsilon - 1 + \frac{R}{r_1} \right)$, $\varphi(r_2) = k \frac{Q}{\varepsilon R} \left(\varepsilon - 1 + \frac{R}{r_2} \right)$. Отсюда

$$\frac{\varphi(r_1)}{\varphi(r_2)} = \frac{\varepsilon - 1 + R/r_1}{\varepsilon - 1 + R/r_2} = \frac{\varepsilon + 2}{\varepsilon + 1/2}. \text{ Используя график, получаем } \frac{6}{5} = \frac{\varepsilon + 2}{\varepsilon + 1/2}. \text{ Отсюда } \varepsilon = 7.$$

$$4. 1) -n_1 \frac{\Delta B}{\Delta t} S - L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} - L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0. \quad \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{n_1 \alpha S}{L_1 + L_2} = \frac{4}{13} \frac{n \alpha S}{L}.$$

2) Выберем положительное направление тока так, чтобы поток внешнего поля через L_1 был положительным. Тогда поток внешнего поля через L_2 будет отрицательным. Из второго правила Кирхгофа можно получить, что сумма магнитных потоков сохраняется:

$$B_0 n_1 S - 4 B_0 n_2 S = \frac{3 B_0}{4} n_1 S - \frac{8 B_0}{3} n_2 S + L_1 I + L_2 I. \text{ Отсюда } I = -\frac{7}{13} \frac{B_0 n S}{L}. \quad |I| = \frac{7}{13} \frac{B_0 n S}{L}.$$

Типичный неверный ответ $|I| = \frac{9}{13} \frac{B_0 n S}{L}.$

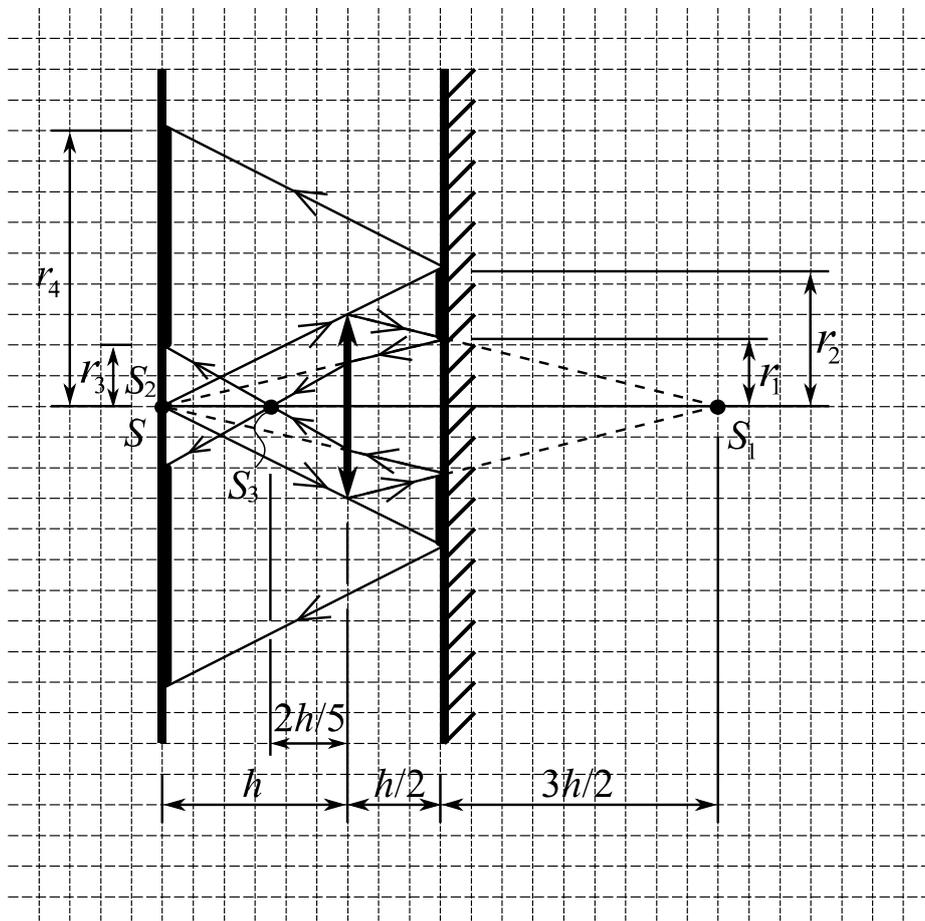
5. Ход лучей показан на рисунке. S_1 – изображение в линзе от S , S_2 – изображение в зеркале от S_1 , S_3 – изображение в линзе от S_2 . S_2 случайно совпало с S . Неосвещенные области показаны жирной линией.

Из подобия треугольников $r_1 = \frac{3r}{4}$, $r_2 = \frac{3r}{2}$, $r_3 = \frac{3r}{4}$, $r_4 = 3r$.

1) Площадь неосвещенной части зеркала $S_Z = \pi r_2^2 - \pi r_1^2 = \frac{27}{16} \pi r^2 = 27\pi \text{ см}^2.$

2) Площадь неосвещенной части стены $S_C = \pi r_4^2 - \pi r_3^2 = \frac{135}{16} \pi r^2 = 135\pi \text{ см}^2.$

Замечание. Можно упростить нахождение радиусов, построив зеркальное отражение линзы и стены, как продолжение пространства, в котором лучи, отраженные от зеркала, идут в том же направлении, что и падающие.

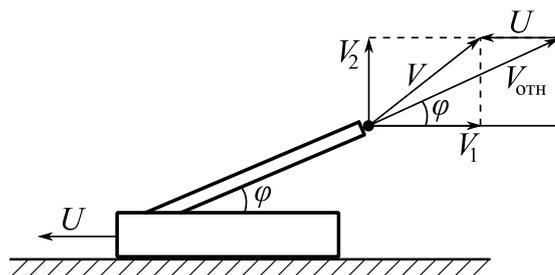


Олимпиада «Физтех». 2024 г. Физика. Решения. Вариант 11-05

1. 1) $\frac{1}{2} mV_0^2 = mgH$.

$$S_2 = \frac{2V_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g} = \frac{2V_0^2}{g} \frac{\operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{4H \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} = 8 \text{ м.}$$

2) Пусть u - скорость пушки (см. рис.). Снаряд вылетает относительно пушки со скоростью $V_{\text{отн}}$, а относительно пола со скоростью V и не под углом φ !



По ЗСЭ $\frac{1}{2} m(V_1^2 + V_2^2) + \frac{1}{2} 4mu^2 = mgH$. Проекция

импульса на горизонтальное направление сохраняется: $4mu = mV_1$. Из сложения скоростей

$V_2 = (V_1 + u) \operatorname{tg} \varphi$. Расстояние $S_3 = \frac{2V_1V_2}{g}$. Из записанных уравнений $S_3 = \frac{16H \operatorname{tg} \varphi}{4 + 5 \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{52}{7}$ м. Типичный

неверный ответ $S_3 = \frac{16H \operatorname{tg} \varphi}{5 + 4 \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{416}{61}$ м.

2. 1) $P_1 = \frac{F}{S} = 150$ кПа. $\frac{P_1}{P_0} = 1,5$.

2) Вначале парциальное давление сухого воздуха $1,5P_0 - P_0 = 0,5P_0$. $P_0 = N_2kT_1$, $0,5P_0 = N_1kT_1$. Отсюда $N_2/N_1 = 2$.

3) В конце общее давление $1,5P_1 = 2,25P_0$. Пусть L и x - расстояния между поршнем и дном сосуда вначале и в конце. По ЗСЭ $\frac{3}{2} F(L-x) = (\nu_1 C_{V1} + \nu_2 C_{V2})(T_2 - T_1)$, здесь $\frac{F}{S} = 1,5P_0$.

$0,5P_0LS = \nu_1RT_1$, $P_0LS = \nu_2RT_1$. Для смеси $\frac{1,5P_0LS}{T_1} = \frac{2,25P_0xS}{T_2}$. Из записанных уравнений $\frac{T_2}{T_1} = \frac{26}{23}$.

4) В конце давление пара $1,5P_0$, температура $T_2 = \frac{26}{23}T_1 \approx 421,65$ К, $t_2 \approx 149$ °С. Из графика при 149 °С давление насыщенного пара $P_{\text{нас}} \approx 460$ кПа. $\varphi_2 = \frac{1,5P_0}{P_{\text{нас}}} \approx 0,33$.

Допустимые пределы $0,30 \leq \varphi_2 \leq 0,36$.

3. 1) Для диода $U_0 = 1$ В. $E - U_1 - U_0 = I_1R$. $I_1 = 50$ мА.

2) При $I_2 = 20$ мА $E - U_2 - U_0 = I_2R$. $U_2 = E - U_0 - I_2R = 6$ В.

3) На первом этапе от $I_1 = 50$ мА до $I_2 = 20$ мА.

ЗСЭ: $E(CU_2 - CU_1) = \left(\frac{1}{2} CU_2^2 - \frac{1}{2} CU_1^2 \right) + (CU_2 - CU_1)U_0 + Q_1$. Здесь Q_1 - теплота на R .

$$Q_1 = C(U_2 - U_1) \left(E - \frac{1}{2}(U_2 + U_1) - U_0 \right) = 0,63 \text{ мДж.}$$

На втором этапе от тока $I_2 = 20$ мА до нулевого тока диод эквивалентен резистору с сопротивлением

$$R_D = U_0 / I_2 = 50 \text{ Ом. ЗСЭ: } E(CE - CU_2) = \left(\frac{1}{2} CE^2 - \frac{1}{2} CU_2^2 \right) + W. \text{ Здесь } W - \text{ теплота на } R \text{ и } R_D.$$

$$W = \frac{1}{2} C(E - U_2)^2 = 0,27 \text{ мДж. На } R \text{ теплота } Q_2 = \frac{R}{R + R_D} W = \frac{2}{3} W = 0,18 \text{ мДж.}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,81 \text{ мДж.}$$

4. 1) $R_{AB} = \frac{2}{5} R. U_{AB} = \frac{2}{3} E. I_0 = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{2}{3} \cdot \frac{E}{R}.$

2) Сразу после размыкания токи в катушках не изменятся, а ток через R_3 изменит направление и станет $2I_0$. Для контура из L_1 и R_3 : $-L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = I_0 R + 2I_0 \cdot 2R. \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -\frac{10E}{3L}, \left| \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \right| = \frac{10}{3} \cdot \frac{E}{L}.$

3) Для контура из L_1 и R_3 : $-L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = I_1 R + I_3 \cdot 2R. -L \Delta I_1 = \Delta q_1 R + \Delta q_3 \cdot 2R.$ После суммирования $-L(0 - I_0) = q_1 R + q_3 \cdot 2R.$ Аналогично для контура из L_2 и R_3 : $-2L(0 - I_0) = q_2 R + q_3 \cdot 2R.$ Имеем систему уравнений для трех зарядов: $q_1 + 2q_3 = \frac{LI_0}{R}, q_2 + 2q_3 = \frac{2LI_0}{R}, q_1 + q_2 = q_3.$ Получаем $q_3 = \frac{3LI_0}{5R} = \frac{2}{5} \cdot \frac{LE}{R^2}$

5. На рисунке S и S_1 – источник и его изображение в линзе. Если координаты датчика между x_1 и x_2 , то мощность падающего на датчик света постоянна и равна мощности падающего на линзу света.

1) Из графика $x_1 \approx 6$ см, $x_2 \approx 19$ см. $\frac{r}{R} = \frac{(x_2 - x_1)/2}{(x_2 + x_1)/2}. r \approx 1$ см. Допустимые пределы $0,90 \leq r \leq 1,06.$

Замечание. Радиус датчика можно найти, используя из графика значение мощности при $x = 0.$

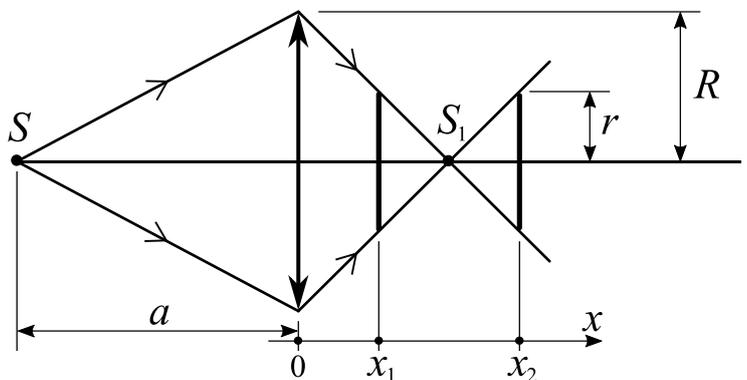
2) По формуле линзы $\frac{1}{a} + \frac{1}{(x_2 + x_1)/2} = \frac{1}{F}. F \approx 9$ см.

Допустимые пределы $8,50 \leq F \leq 9,5.$

3) Из графика мощность падающего на линзу света $P_m \approx 0,176$ Вт.

$$\frac{P_0}{P_m} \approx \frac{4\pi a^2}{\pi R^2}, P_0 = P_m \frac{4a^2}{R^2} \approx 180 \text{ Вт.}$$

Допустимые пределы $175 \leq P_0 \leq 185.$

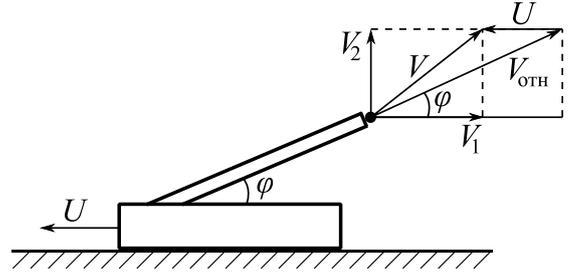


Олимпиада «Физтех». 2024 г. Физика. Решения. Вариант 11-06

1. 1) $\frac{1}{2} mV_0^2 = mgH$.

$$S_2 = \frac{2V_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g} = \frac{2V_0^2}{g} \frac{\operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{4H \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} = 6 \text{ м.}$$

2) Пусть u - скорость пушки (см. рис.). Снаряд вылетает относительно пушки со скоростью $V_{\text{отн}}$, а относительно пола со скоростью V и не под углом φ !



По ЗСЭ $\frac{1}{2} m(V_1^2 + V_2^2) + \frac{1}{2} 3mu^2 = mgH$. Проекция

импульса на горизонтальное направление сохраняется: $3mu = mV_1$. Из сложения скоростей

$$V_2 = (V_1 + u) \operatorname{tg} \varphi. \text{ Расстояние } S_3 = \frac{2V_1 V_2}{g}. \text{ Из записанных уравнений } S_3 = \frac{12H \operatorname{tg} \varphi}{3 + 4 \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{39}{8} \text{ м. Типичный}$$

неверный ответ $S_3 = \frac{12H \operatorname{tg} \varphi}{4 + 3 \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{234}{43} \text{ м.}$

2. 1) $P_1 = \frac{F}{S} = 125 \text{ кПа. } \frac{P_1}{P_0} = \frac{5}{4}$.

2) Вначале парциальное давление пара $3P_0/4$, сухого воздуха $5P_0/4 - 3P_0/4 = 0,5P_0$.
 $3P_0/4 = N_2 kT_1$, $0,5P_0 = N_1 kT_1$. Отсюда $N_2/N_1 = 3/2$.

3) В конце общее давление $2,5 P_0$. Пусть L и x - расстояния между поршнем и дном сосуда вначале и в конце. По ЗСЭ $2F(L-x) = (v_1 C_{V1} + v_2 C_{V2})(T_2 - T_1)$, здесь $\frac{F}{S} = \frac{5}{4} P_0$. $0,5P_0 L S = v_1 R T_1$, $\frac{3}{4} P_0 L S = v_2 R T_1$.

Для смеси $\frac{5P_0 L S / 4}{T_1} = \frac{2,5P_0 x S}{T_2}$. Из записанных уравнений $\frac{T_2}{T_1} = \frac{24}{19}$.

4) В конце давление пара $1,5P_0$, температура $T_2 = \frac{24}{19} T_1 \approx 471 \text{ К}$, $t_2 \approx 198 \text{ }^\circ\text{С}$. Из графика при $198 \text{ }^\circ\text{С}$

давление насыщенного пара $P_{\text{нас}} \approx 1500 \text{ кПа}$. $\varphi_2 = \frac{1,5P_0}{P_{\text{нас}}} \approx 0,1$.

Допустимые пределы $0,09 \leq \varphi_2 \leq 0,11$.

3. 1) Для диода $U_0 = 1 \text{ В}$. $E - U_1 - U_0 = I_1 R$. $I_1 = 6 \text{ мА}$.

2) При $I_2 = 4 \text{ мА}$ $E - U_2 - U_0 = I_2 R$. $U_2 = E - U_0 - I_2 R = 5 \text{ В}$.

3) На первом этапе от $I_1 = 6 \text{ мА}$ до $I_2 = 4 \text{ мА}$.

ЗСЭ: $E(CU_2 - CU_1) = \left(\frac{1}{2} CU_2^2 - \frac{1}{2} CU_1^2 \right) + (CU_2 - CU_1)U_0 + Q_1$. Здесь Q_1 - теплота на R .

$$Q_1 = C(U_2 - U_1) \left(E - \frac{1}{2}(U_2 + U_1) - U_0 \right) = 0,5 \text{ мДж.}$$

На втором этапе от тока $I_2 = 4$ мА до нулевого тока диод эквивалентен резистору с сопротивлением

$$R_D = U_0 / I_2 = 250 \text{ Ом. ЗСЭ: } E(CE - CU_2) = \left(\frac{1}{2} CE^2 - \frac{1}{2} CU_2^2 \right) + W. \text{ Здесь } W - \text{ теплота на } R \text{ и } R_D.$$

$$W = \frac{1}{2} C(E - U_2)^2 = 0,9 \text{ мДж. На } R \text{ теплота } Q_2 = \frac{R}{R + R_D} W = \frac{2}{3} W = 0,6 \text{ мДж.}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1,1 \text{ мДж.}$$

$$4. 1) R_{AB} = \frac{3}{7} R. \quad U_{AB} = \frac{3}{4} E. \quad I_0 = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{3}{4} \cdot \frac{E}{R}.$$

2) Сразу после размыкания токи в катушках не изменятся, а ток через R_3 изменит направление и станет $2I_0$. Для контура из L_2 и R_3 : $-3L \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = I_0 R + 2I_0 \cdot 3R. \quad \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = -\frac{7E}{4L}, \quad \left| \frac{\Delta I_2}{\Delta t} \right| = \frac{7}{4} \cdot \frac{E}{L}.$

3) Для контура из L_1 и R_3 : $-L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = I_1 R + I_3 \cdot 3R. \quad -L \Delta I_1 = \Delta q_1 R + \Delta q_3 \cdot 3R.$ После суммирования $-L(0 - I_0) = q_1 R + q_3 \cdot 3R.$ Аналогично для контура из L_2 и R_3 : $-3L(0 - I_0) = q_2 R + q_3 \cdot 3R.$ Имеем систему уравнений для трех зарядов: $q_1 + 3q_3 = \frac{LI_0}{R}, \quad q_2 + 3q_3 = \frac{3LI_0}{R}, \quad q_1 + q_2 = q_3.$ Получаем $q_3 = \frac{4LI_0}{7R} = \frac{3}{7} \cdot \frac{LE}{R^2}.$

5. На рисунке S и S_1 – источник и его изображение в линзе. Если координаты датчика между x_1 и x_2 , то мощность падающего на датчик света постоянна и равна мощности падающего на линзу света.

$$1) \text{ Из графика } x_1 \approx 16 \text{ см, } x_2 \approx 47 \text{ см. } \frac{r}{R} = \frac{(x_2 - x_1)/2}{(x_2 + x_1)/2}. \quad r \approx 1,5 \text{ см. Допустимые пределы } 1,4 \leq r \leq 1,6.$$

Замечание. Радиус датчика можно найти, используя из графика значение мощности при $x = 0$.

$$2) \text{ По формуле линзы } \frac{1}{a} + \frac{1}{(x_2 + x_1)/2} = \frac{1}{F}. \quad F \approx 19 \text{ см.}$$

Допустимые пределы $18 \leq F \leq 20$.

3) Из графика мощность падающего на линзу света $P_m \approx 6$ мВт.

$$\frac{P_0}{P_m} \approx \frac{4\pi a^2}{\pi R^2}, \quad P_0 = P_m \frac{4a^2}{R^2} \approx 6,14 \text{ Вт. } P_0 \approx 6 \text{ Вт.}$$

Допустимые пределы $5,8 \leq P_0 \leq 6,4$.

