



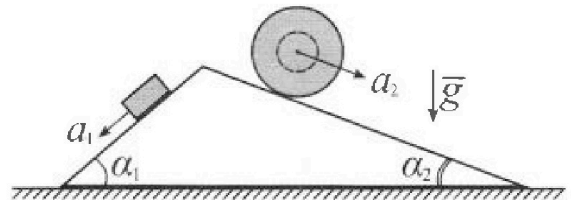
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



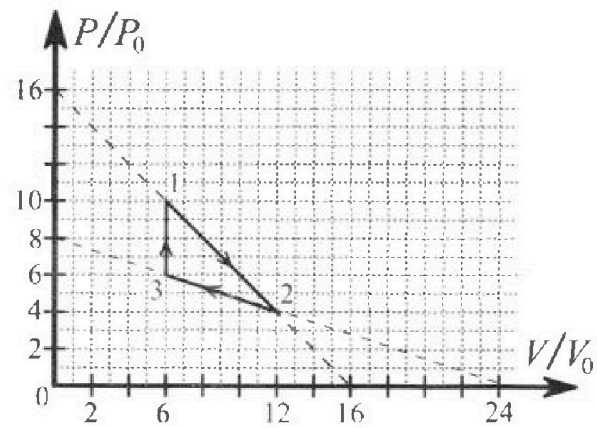
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.

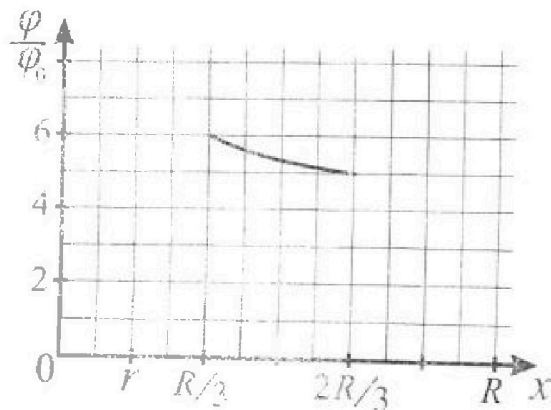
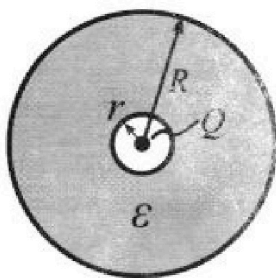


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



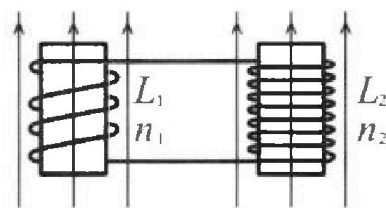
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

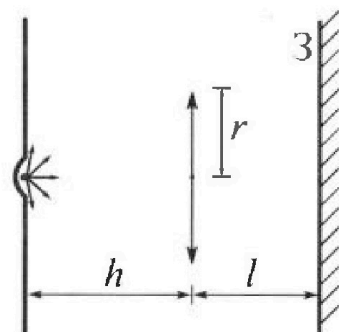


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. В начале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

Ответы дайте в см^2 в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$= \frac{17 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 25 + 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot (-34)}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17} \text{ мг} = \frac{4 - 10}{17} = -\frac{6}{17} \text{ мг}$$

$$F_3 = \frac{6}{17} \text{ мг} \text{ и направлена вправо.}$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{26}{85} \text{ мг}$

2) $F_2 = \frac{20}{51} \text{ мг}$

3) $F_3 = \frac{6}{17} \text{ мг}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

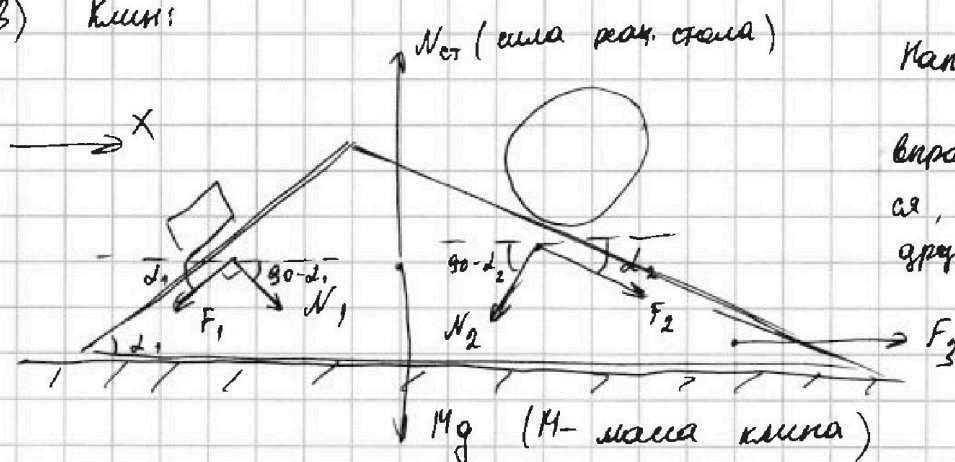
$$x_2: -F_2 + \frac{9}{4} m g \cdot \sin \alpha_2 = \frac{9}{4} m a_2$$

$$y_2: N_2 = \frac{9}{4} m g \cdot \cos \alpha_2$$

Математика:
$$N_2 = \frac{9}{4} m g \cdot \frac{15}{17} = \frac{135}{68} m g$$

$$F_2 = \frac{9}{4} m \left(g \cdot \frac{8}{17} - \frac{8}{17} g \right) = \frac{18}{17} m g - \frac{2}{3} m g = \frac{54-34}{51} = \frac{20}{51} m g$$

3) Клин:



Направление F_3

вправо. Если получится, что $F_3 < 0$, то другое направление

$$23H: x: -F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 + F_3 = 0$$

Математика:
$$-\frac{4}{5} \cdot \frac{26}{85} m g + \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} m g - \frac{135}{68} \cdot \frac{8}{17} m g + \frac{20}{51} \cdot \frac{15}{17} m g = -F_3$$

$$-F_3 = \left(-\frac{4 \cdot 26}{5 \cdot 85} + \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 5} - \frac{135 \cdot 2}{17 \cdot 17} + \frac{20 \cdot 15}{17 \cdot 17 \cdot 3} \right) m g =$$

$$= \frac{-4 \cdot 26 \cdot 17 \cdot 3 + 3 \cdot 4 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 3 - 135 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 + 20 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 5}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 3} m g =$$

$$= \frac{17 \cdot 4 \cdot 3 (-26 + 51) + 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 (-27 \cdot 2 + 20)}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 3} m g =$$

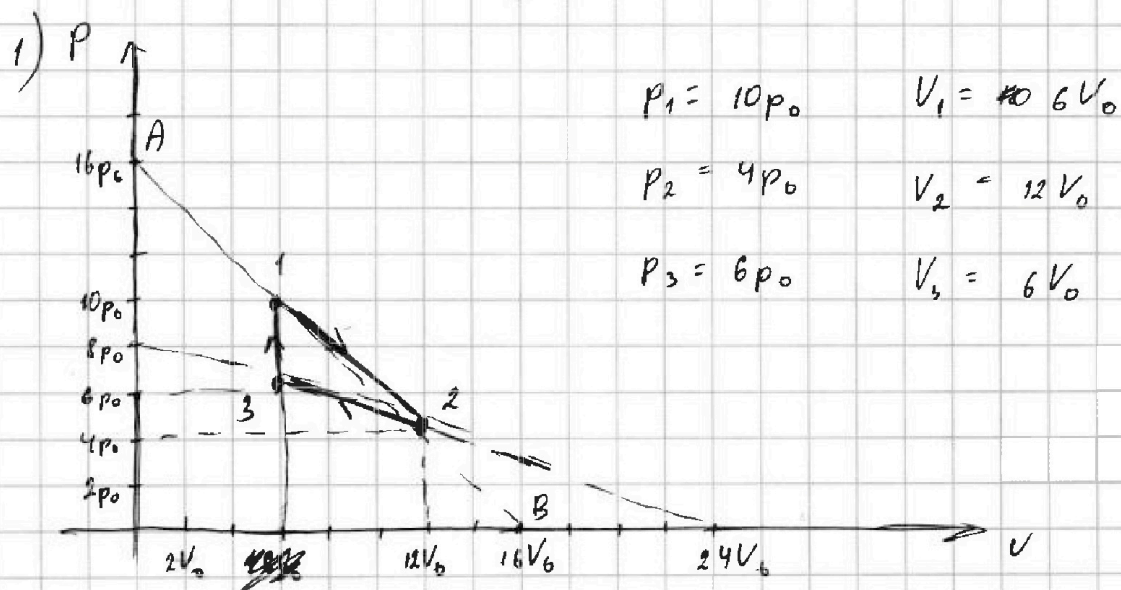
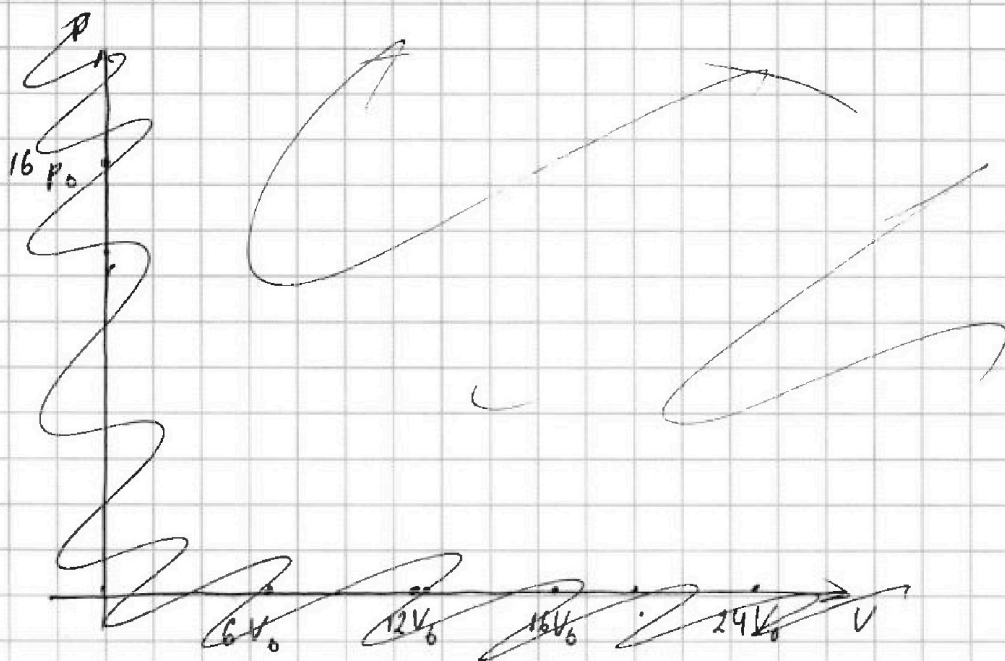


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Процесс 1-2: линейная зависимость: $p(V) = \alpha V + \beta$

$$A: 16P_0 = \alpha \cdot 0 + \beta \Rightarrow \beta = 16P_0$$

$$B: 0 = \alpha \cdot 16V_0 + \beta \Rightarrow \alpha = -\frac{\beta}{16V_0} = -\frac{16P_0}{16V_0} = -\frac{P_0}{V_0}$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$p(V) = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 16p_0$$

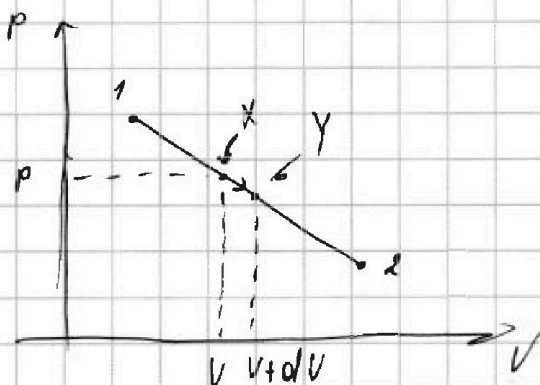
2) Рассмотрим малый процесс

$$\delta Q = du + \delta A$$

$$\delta Q = \partial c \, dT \quad \# \quad c \neq \text{const}$$

$$du = \frac{3}{2} \partial R \, dT$$

$$\delta A = p \cdot dV$$



Менделеев - Клапейрон для X и Y:

$$pV = \partial R T \quad \text{и} \quad (p+dp)(V+dV) = \partial R (T+dT)$$

~~или~~ выведем из этого уравнения:

$$dpV + p \, dV + \underbrace{dp \cdot dV}_{\text{можно пренебречь}} = \partial R \, dT$$

$$dpV + p \, dV = \partial R \, dT$$

3) Найдем зависимость $T(V)$.

$$pV = \partial R T$$

$$\left(T = \frac{pV}{\partial R} = \frac{-\left(\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 16p_0\right) \cdot V}{\partial R} = \frac{p_0 V_0}{\partial R} \cdot \left(-\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} \right) \right)$$

Построим этот график.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 ИЗ 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

5) 3-76 $\Delta u(V)$: $T_1 = \frac{p_1 V_1}{pR} = 60 T_0$

$$\Delta u = \frac{3}{2} pR (T - T_1) = \frac{3}{2} pR \left(T_0 \cdot \left(-\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} \right) - 60 T_0 \right) =$$

$$= \frac{3}{2} pR T_0 \left(-\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} - 60 \right)$$

6) ~~АВ~~
~~АВ~~

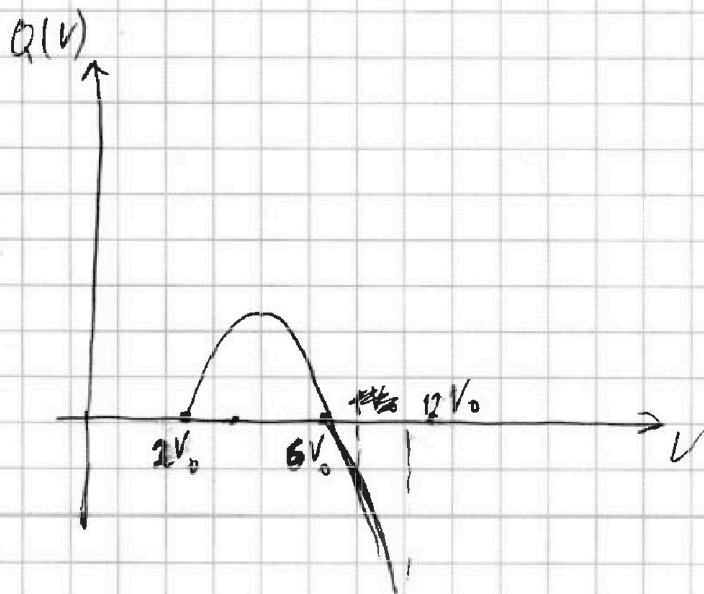
6) Первый закон термодинамики от нач. до кон. в:

$$Q = \Delta u(V) + A(V)$$

$$Q = \frac{3}{2} pR T_0 \left(-\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} - 60 \right) + p_0 V_0 \left(\frac{V^2}{2V_0^2} - 16 \frac{V}{V_0} + 78 \right) =$$

$$= p_0 V_0 \left(\left(-\frac{3}{2} + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{V^2}{V_0^2} + \left(\frac{3}{2} \cdot 16 - 16 \right) \frac{V}{V_0} - 60 \cdot \frac{3}{2} + 78 \right) =$$

$$= p_0 V_0 \left(-\frac{V^2}{V_0^2} + 8 \frac{V}{V_0} - 12 \right)$$



$$Q(V) = 0$$

$$-\frac{V^2}{V_0^2} + 8 \frac{V}{V_0} - 12 = 0$$

$$\frac{V^2}{V_0^2} - 8 \frac{V}{V_0} + 12 = 0$$

$$V \in [2V_0, 6V_0]$$

$$V = 2V_0 \text{ или } V = 6V_0$$



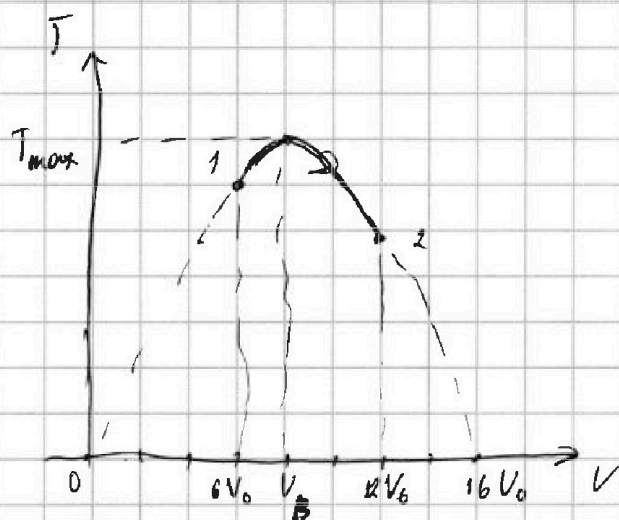
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Решение $T_0 = \frac{p_0 V_0}{JR}$



$$T(V) = 0$$

$$+\frac{V^2}{V_0^2} = 16 \frac{V}{V_0}$$

$$V = 0 \quad V \quad V = 16 V_0$$

$$V_B = \frac{0 + 16 V_0}{2} = 8 V_0$$

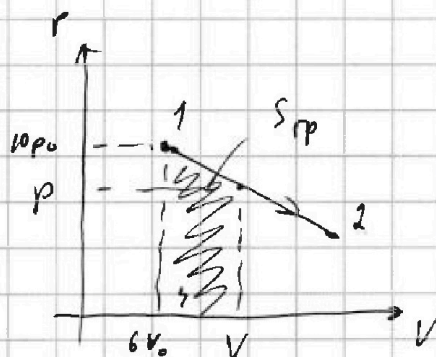
$$T_{\max} = T(V_B) = T_0 \cdot \left(-\frac{64 V_0^2}{V_0^2} + 16 \cdot \frac{8 V_0}{V_0} \right)$$

$$T_{\max} = 64 T_0$$

$$T_3 = \frac{p_3 V_3}{JR} = \frac{6 p_0 \cdot 6 V_0}{JR} = 36 T_0$$

$$\frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9} \quad \leftarrow \text{Ответ на 1 вопрос.}$$

4) Найдём δ -то $A(V)$:



$$A(V) = S_{\text{гр}} = (6V_0 - V) \cdot \frac{1}{2} (10p_0 + p) =$$

$$= (6V_0 - V) \cdot \frac{1}{2} \left(10p_0 - \frac{p_0}{V_0} \cdot V + 16p_0 \right) =$$

$$= p_0 \left(5 - \frac{V}{2V_0} + 8 \right) (6V_0 - V) =$$

$$= p_0 \left(13 - \frac{V}{2V_0} \right) (6V_0 - V) =$$

$$= p_0 \left(78 V_0 - 13 V - 3 V + \frac{V^2}{2V_0} \right) =$$

$$= p_0 V_0 \left(78 - 16 \frac{V}{V_0} + \frac{V^2}{2V_0^2} \right)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
5 из 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Видно, что на участке от $6V_0$ до $12V_0$

только отводит в Vt .

7) $A_{\Sigma} = S_{D123}$; где A_{Σ} - работа за цикл.

$$S_{D123} = \frac{1}{2} \cdot (10p_0 - 6p_0) \cdot (12V_0 - 6V_0) = 12p_0V_0$$

$$A_{\Sigma} = 12p_0V_0$$

$$\Delta u_{12} = u_2 - u_1 = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R (48T_0 - 60T_0) = -18 R T_0 = -18 p_0 V_0$$

$$\frac{A_{\Sigma}}{|\Delta u_{12}|} = \left| \frac{-18 p_0 V_0}{12 p_0 V_0} \right| = \frac{3}{2} \quad \leftarrow \text{ответ на первый вопрос.}$$

8) $\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H}$, где Q_H - теплота, переданная к нагреву.

процесс 1-2: он уже был исследован, поэтому

можно сказать, что $\delta Q_{12} < 0 \quad \forall t$, т.е.

полностью входит в Q_H .

процесс 3-1: $\delta Q_{31} = C_V \nu dT$, $dT > 0$ и $C_V = \frac{3}{2} R = \text{const}$,

т.е. $\delta Q_{31} > 0 \quad \forall t$.

полностью в Q_H .



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

про Q_{23} так легко ответить не получится. Исследуем ²⁻³ аналогично T_2

$$p(V) = \alpha V + \beta,$$

$$\begin{cases} 0 = \alpha \cdot 24V_0 + \beta \\ 8p_0 = \alpha \cdot 0 + \beta \end{cases} \begin{cases} \beta = 8p_0 \\ \alpha = -\frac{p_0}{3V_0} \end{cases}$$

$$p(V) = -\frac{p_0}{3V_0} \cdot V + 8p_0$$

$$T = \frac{pV}{\alpha R} = \frac{1}{\alpha R} \cdot \left(-\frac{p_0}{3V_0} \cdot V + 8p_0\right) \cdot V = \frac{p_0 V_0}{\alpha R} \cdot \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0}\right)$$

$$\begin{aligned} A(V) &= -S_{rp} = -\frac{1}{2}(V_2 - V) \cdot (p + p_2) = -\frac{1}{2}(12V_0 - V) \cdot \left(-\frac{p_0}{3V_0} \cdot V + 8p_0 + p_0\right) \\ &= -\frac{1}{2}(12V_0 - V) \cdot p_0 \left(-\frac{V}{3V_0} + 12\right) = -p_0 V_0 \left(6 - \frac{V}{2V_0}\right) \left(-\frac{V}{3V_0} + 12\right) = \\ &= -p_0 V_0 \left(-\frac{2V}{V_0} + 72 + \frac{V^2}{6V_0^2} - \frac{6V}{V_0}\right) = -p_0 V_0 \left(\frac{V^2}{6V_0^2} - 8\frac{V}{V_0} + 72\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta u(V) &= \frac{5}{2} \alpha R (T - T_2) = \frac{5}{2} \alpha R T_0 \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0} - 48\right) = \\ &= \frac{5}{2} p_0 V_0 \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0} - 48\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q(V) &= \Delta u(V) + A(V) = \frac{5}{2} p_0 V_0 \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0} - 48\right) + p_0 V_0 \left(-\frac{V^2}{6V_0^2} + 12\frac{V}{V_0} - 72\right) = \\ &= p_0 V_0 \left(-\frac{2V^2}{3V_0^2} + 20\frac{V}{V_0} - 144\right) \end{aligned}$$

$$Q(V) = 0 : -\frac{2V^2}{3V_0^2} + 20\frac{V}{V_0} - 144 = 0$$

$$\frac{V^2}{V_0^2} - 30\frac{V}{V_0} - 216 = 0$$

$$D = 900 + 4 \cdot 216 = 900 + 864 = 1764; \quad \frac{V}{V_0} = \frac{30 \pm \sqrt{1764}}{2} = \frac{30 \pm \sqrt{1764}}{2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

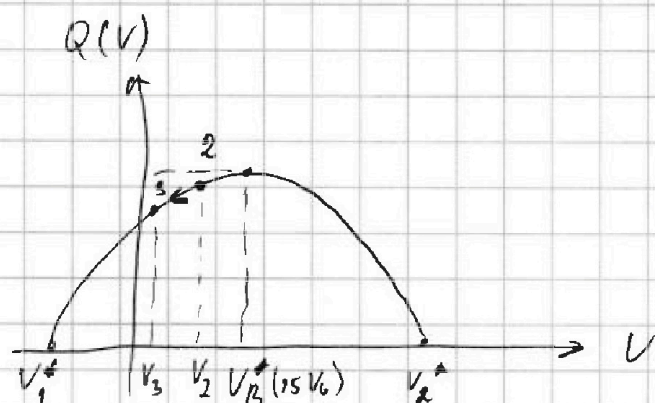
СТРАНИЦА

2 ИЗ 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Видно, что

$$= \frac{40 \pm 2 \cdot \sqrt{641}}{2} = 15 \pm \sqrt{641}$$



$$V_B^* = \frac{V_1^* + V_2^*}{2} = 15 V_0$$

Видно, что в процессе 1-3 теплота постоянно отводится. Q_{23} - количество в калориях.

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}} = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{31}} = \frac{12 p_0 V_0}{C_V \mathcal{O}(T_1 - T_3)} = \frac{12 p_0 V_0}{\frac{3}{2} \mathcal{O} R (60 T_0 - 36 T_0)} =$$

$$= \frac{12 p_0 V_0 \cdot 2}{3 \cdot 24 \mathcal{O} R T_0} = \frac{1}{3}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{2}$

2) $\frac{16}{9}$

3) $\frac{1}{3}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Тогда из графика следует, что:

$$5\varphi_2 = 6\varphi_3$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{3kQ}{R} - \frac{3kq}{R} + \frac{kq}{R} = \frac{3kQ - 2kq}{R} = \varphi_2$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{3kQ}{2R} - \frac{3kq}{2R} + \frac{kq}{R} = \frac{3kQ - kq}{2R} = \varphi_3$$

Подставим в соотношение для φ_2 и φ_3 :

$$\frac{15kQ - 10kq}{R} = \frac{18kQ - 6kq}{2R} = \frac{9kQ - 3kq}{R}$$

$$6kQ = 7kq$$

$$6Q = 7q$$

Подставим q :

$$6Q = 7Q\left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

$$6 = 7 - \frac{7}{\epsilon}$$

$$\frac{4}{\epsilon} = 1 \rightarrow \epsilon = 4$$

Ответ: 1) $\varphi_1 = \frac{kQ\left(11 + \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R}$

2) $\epsilon = 4$



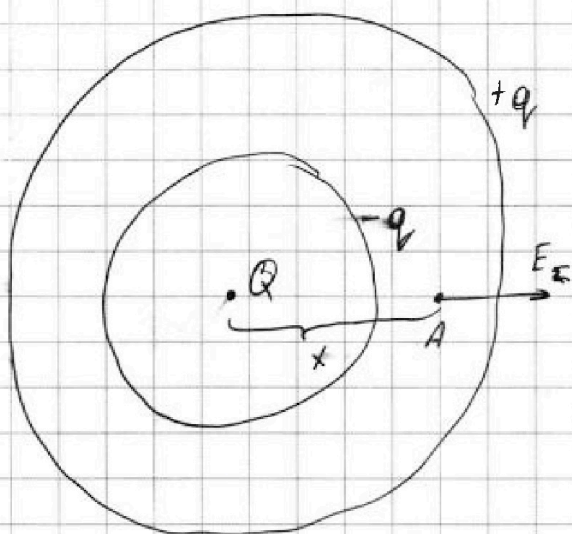
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

На поверхности шара появится равномерный заряд, таким образом, что внутри диэлектрика он будет в ϵ раз меньше.



Суммарный заряд диэлектрика равен 0, поэтому если снаружи $+q$, то внутри $-q$.

Заряд Q создает поле напряженностью

$$E(x) = \frac{k|Q|}{x^2} = \frac{kQ}{x^2},$$

будем считать, что $Q > 0$ и $q > 0$ (для определенности).

где x — расстояние от Q до точки ~~результ.~~ A .

по определению: $E_{\Sigma} = \frac{E}{\epsilon}$, где E_{Σ} — результирующая напряженность (если $r < x < R$)

$$\bullet \quad x < r: \quad E_{\Sigma} = \frac{kQ}{x^2}$$

$$\bullet \quad r < x < R: \quad E_{\Sigma} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} = \frac{E}{\epsilon} = \frac{kQ}{x^2 \epsilon}$$

$$Q - q = \frac{Q}{\epsilon}$$

$$q = Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \leftarrow \text{намагниг. заряд.}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\bullet \quad x > R: \quad E_z = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} + \frac{kq}{x^2} = \frac{kQ}{x^2}$$

Потенциалы:

$$\bullet \quad x \leq r: \quad \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{r} + \frac{kq}{R}$$

$$\bullet \quad r < x \leq R: \quad \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R}$$

$$\bullet \quad x > R: \quad \varphi(x) = \frac{k(Q - q + q)}{x} = \frac{kQ}{x}$$

Пусть $\varphi_0 = \varphi(x_0) = \frac{kQ}{x_0}$

На первый вопрос:

$$\bullet \quad r < x = \frac{11R}{12} \leq R:$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 = \varphi\left(\frac{11R}{12}\right) &= \frac{12kQ}{11R} - \frac{12k \cdot Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R} + \frac{11kQ \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R} = \\ &= \frac{12kQ - kQ \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R} = \frac{12kQ - kQ + \frac{1}{\epsilon}kQ}{11R} \end{aligned}$$

$$\varphi_1 = \frac{kQ \left(11 + \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R}$$

На второй вопрос:

Пусть $\varphi_2\left(\frac{R}{3}\right) = \varphi_2$ и $\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \varphi_3$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

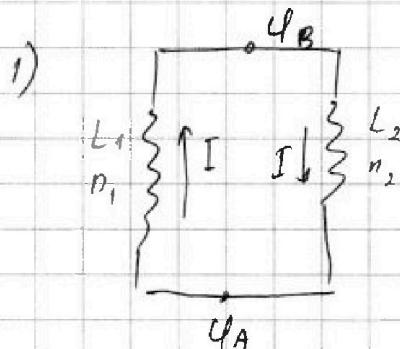
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$u_L = L \cdot \dot{I}' + n S \cdot B'$$



$$u_{L1} = -u_{L2}$$

$$L_1 \dot{I}' + n_1 S B' = -L_2 \dot{I}'$$

$$\dot{I}' = -\frac{n_1 S B'}{L_1 + L_2} = -\frac{n S \cdot (-2)}{L + \frac{9}{4}L} = +\frac{13 S \dot{\alpha}}{4L}$$

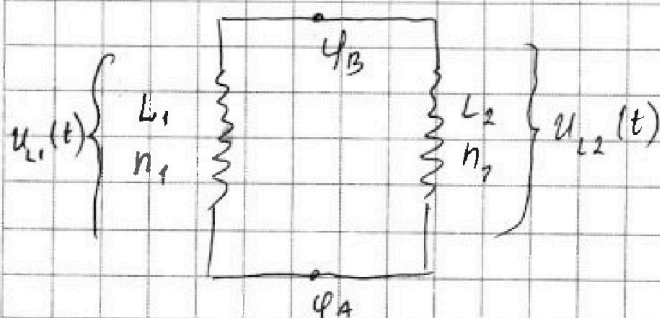
по модулю:

$$|\dot{I}'| = \frac{4 n S \dot{\alpha}}{13 L}$$

~~На вращающемся роторе нет, поэтому вращающегося -~~
~~конечные:~~



2) Рассмотрим процесс в любой момент:



$$u_{L1}(t) = -u_{L2}(t)$$

$$L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + n_1 S \frac{\Delta B}{\Delta t} =$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

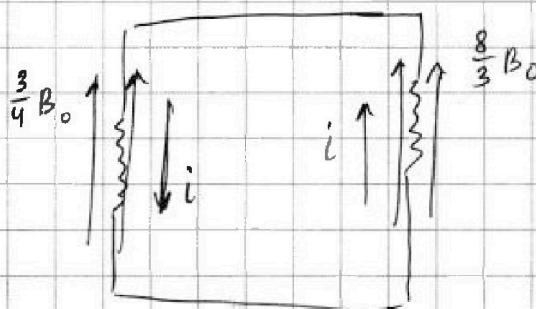
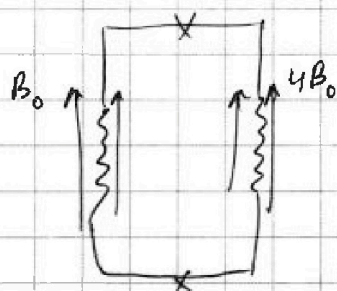
$$L_1 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} + n_1 S \cdot \frac{\Delta B_1}{\Delta t} = -L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} - n_2 S \cdot \frac{\Delta B_2}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$\Delta I (L_1 + L_2) = -S (n_1 \Delta B_1 - n_2 \Delta B_2)$$

$$\Delta I (L + \frac{9}{4}L) = -S n (\Delta B_1 - \frac{3}{2} \Delta B_2) \quad (*)$$

$t=0$

τ - конечный момент $\rightarrow t$



Продолжим процесс (*) от $t=0$ до $t=\tau$:

$$L_1 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -S n \frac{\Delta B_1}{\Delta t} - \frac{3}{2} S n \frac{\Delta B_2}{\Delta t}$$

$$\frac{13}{4} L \cdot \Delta I = -S n \Delta B_1 - \frac{3}{2} S n \Delta B_2$$

$$\frac{13}{4} L \cdot (i - 0) = -S n (\frac{3}{4} B_0 - B_0) - \frac{3}{2} S n (\frac{8}{3} B_0 - 4B_0)$$

$$\frac{13}{4} L i = \frac{1}{4} S n B_0 + \frac{4}{3} S n B_0 = \frac{19}{12} S n B_0$$

$$i = \frac{19 S n B_0 \cdot 4}{12 \cdot 13 L} = \frac{19 S n B_0}{39 L}$$

Ответ: 1) $I' = \frac{4 n S d}{13 L}$ 2) $i = \frac{19 S n B_0}{39 L}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$1) h = \frac{3}{2} F \quad \text{и} \quad \ell = \frac{3}{4} F$$

$h > F$; лампочка - действительный предмет для
линзы;

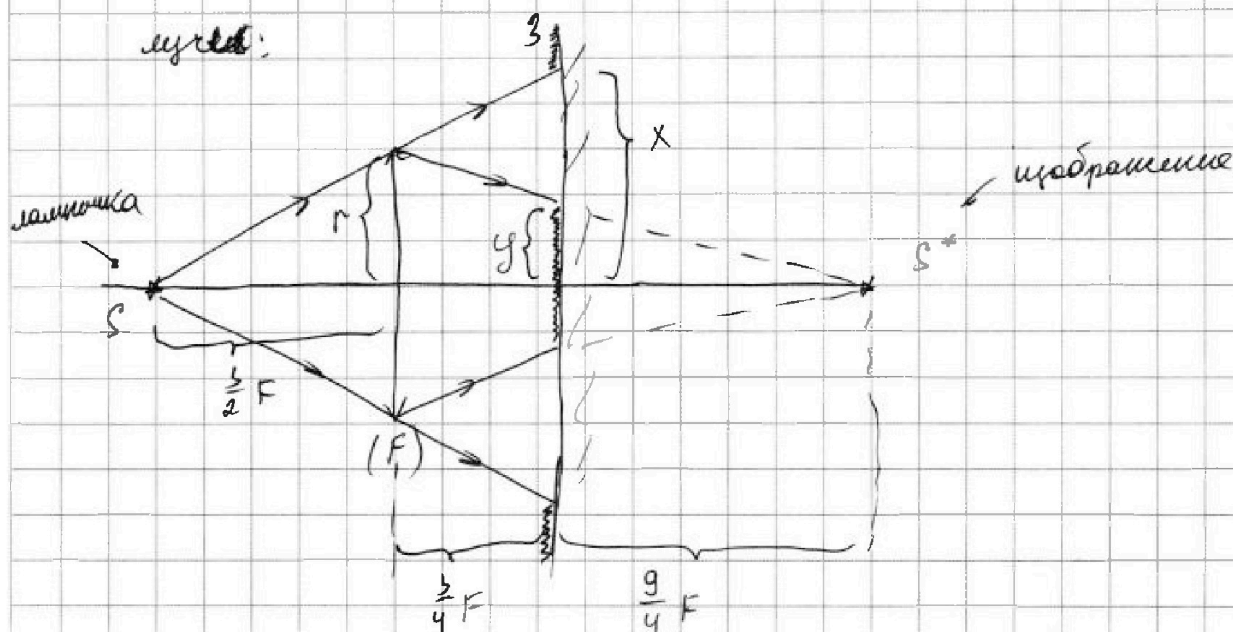
изображение будет действительным

Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ $d = h = \frac{3}{2} F$

Отсюда следует, что

$$f = 3F$$

$f > \ell$. Рассмотрим действительное "крайнее"
лучи:



Освещенные участки отмечены на рисунке

из подобия следует, что $\frac{\frac{9}{4} F + \frac{3}{2} F}{\frac{3}{2} F} = \frac{x}{r} \Rightarrow \frac{3+6}{6} = \frac{x}{r} \Rightarrow$

$$\rightarrow \frac{9}{2} F$$

$$x = \frac{3}{2} r$$

$\frac{9}{4}F > \epsilon$, поэтому S^{**} будет минимумом пред-
метами g для mn .

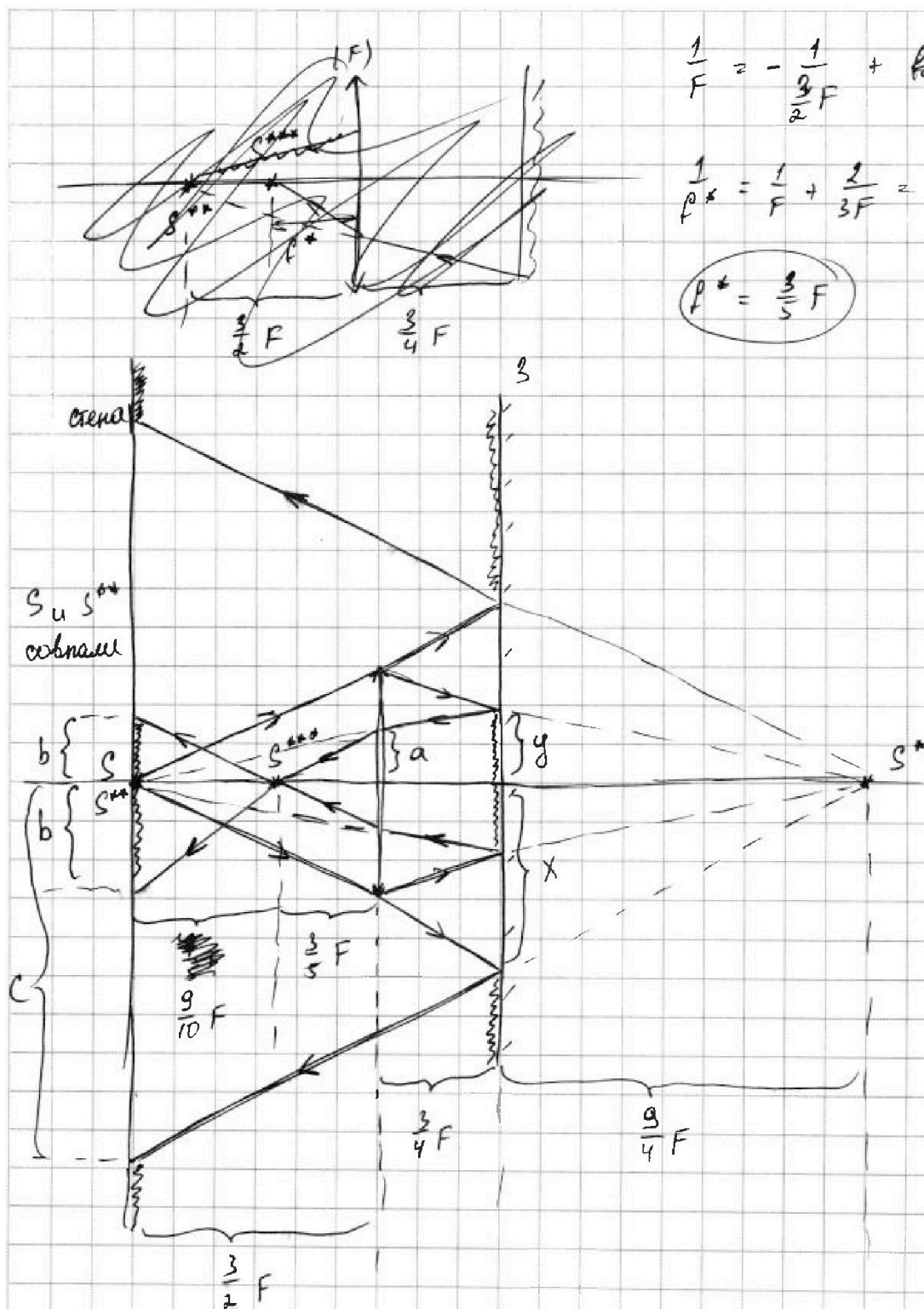


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

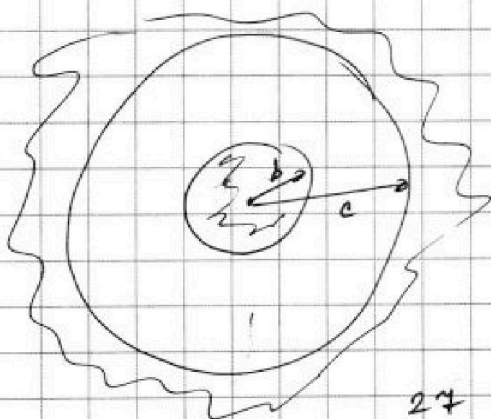
Из подобий следует, что:

$$\frac{y}{a} = \frac{\frac{3}{2}F + \frac{3}{4}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{6+3}{6} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} \quad \left(a = \frac{2}{3}y = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4}r = \frac{1}{2}r \right)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{\frac{3}{5}F}{\frac{9}{10}F} = \frac{3 \cdot 10}{5 \cdot 9} = \frac{2}{3} \rightarrow \left(b = \frac{3}{2}a = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2}r = \frac{3}{4}r \right)$$

$$\frac{x}{c} = \frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{4}F + \frac{3}{4}F + \frac{3}{2}F} = \frac{9}{9+3+6} = \frac{1}{2} \quad \left(c = 2x = 2 \cdot \frac{3}{2}r = 3r \right)$$

Стена:



$$\begin{aligned} S_2 &= \pi c^2 - \pi b^2 = \pi(c-b)(c+b) = \\ &= \pi \left(3r - \frac{3}{4}r \right) \left(3r + \frac{3}{4}r \right) = \\ &= \pi \cdot \frac{9}{4}r \cdot \frac{15}{4}r = \frac{9 \cdot 15}{4 \cdot 4} r^2 \pi = \\ &= \frac{27 + 540}{16} r^2 \pi = \frac{567}{16} r^2 \pi \end{aligned}$$

Ответ: 1) $S_1 = \frac{135}{16} r^2 \pi = 135 \pi \text{ см}^2 = 27 \pi \text{ см}^2$

2) $S_2 = \frac{567}{16} r^2 \pi = 567 \pi \text{ см}^2$

$$S_2 = \frac{9 \cdot 15}{4 \cdot 4} r^2 \pi = 9 \cdot 15 \pi \text{ см}^2 = 135 \pi \text{ см}^2$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

