



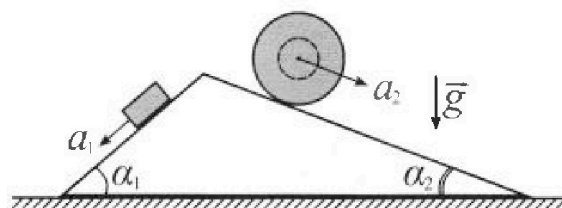
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



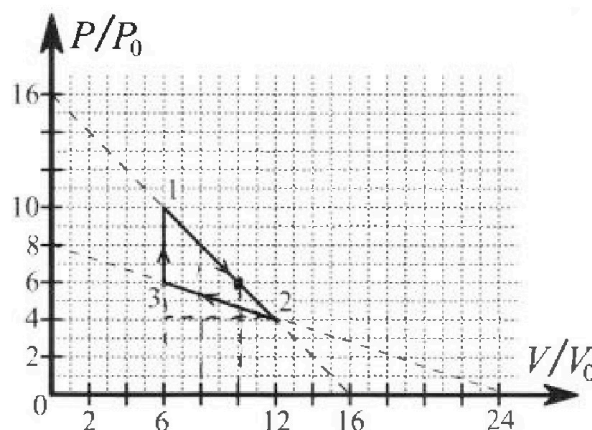
1. $\sqrt{\quad}$ С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) 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. $\sqrt{\quad}$ 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.

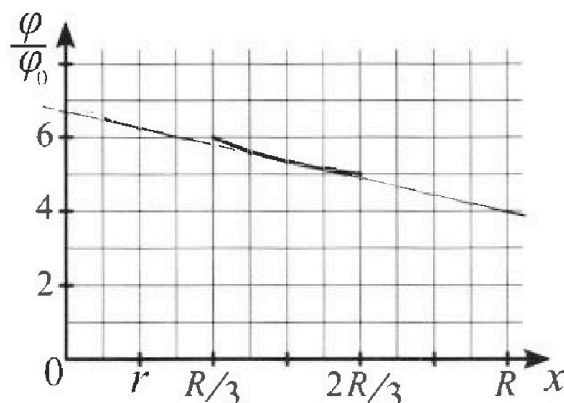
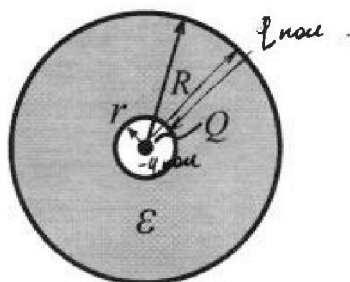


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .





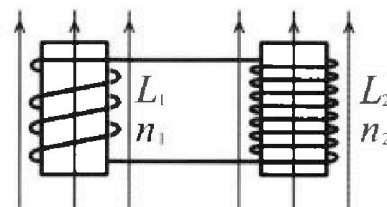
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

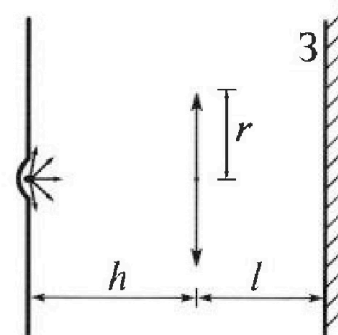


✓
4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек.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

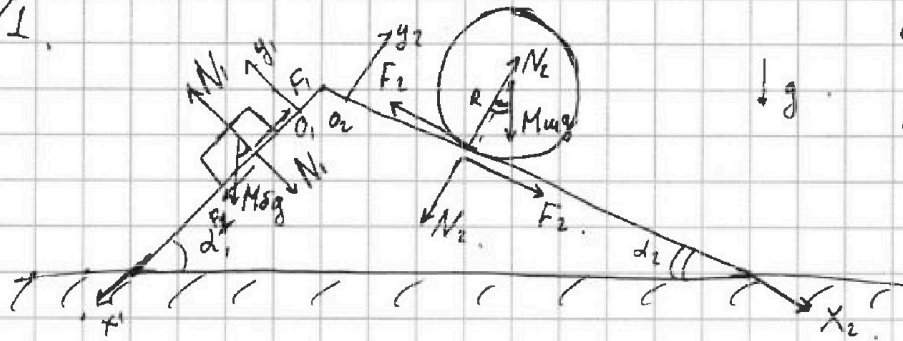


1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

N1.



$$a_m = \frac{8}{27} g \leq a_2$$

$$a_5 = \frac{5}{17} g \leq a_1$$

$$M_m = \frac{9m}{4}; I_m = M_m R^2, \text{ где } R - \text{ радиус шара.}$$

$$M_5 = m$$

Запишем для шара второй закон Ньютона
на ос x_2, y_2 :

$$O_2 x_2: M_m \cdot a_m = M_m g \sin \alpha_2 - F_2$$

$$O_2 y_2: M_m \cdot 0 = N_2 - M_m g \cos \alpha_2$$

$$F_2 = M_m (g \sin \alpha_2 - a_m) = \frac{9}{4} m \cdot \left(g \frac{8}{17} - \frac{8}{27} g \right) =$$

$$= 18mg \frac{27-17}{27 \cdot 17} = \frac{180}{459} mg = \frac{20}{51} mg$$

$$N_2 = M_m g \cos \alpha_2 = \frac{9}{4} mg \frac{15}{17} = \frac{135}{68} mg$$

Запишем для блока второй закон Ньютона на ос x_1, y_1 :

$$O_1 x_1: M_5 \cdot a_5 = M_5 g \sin \alpha_1 - F_1$$

$$O_1 y_1: M_5 \cdot 0 = N_1 - M_5 g \cos \alpha_1$$



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 ☐

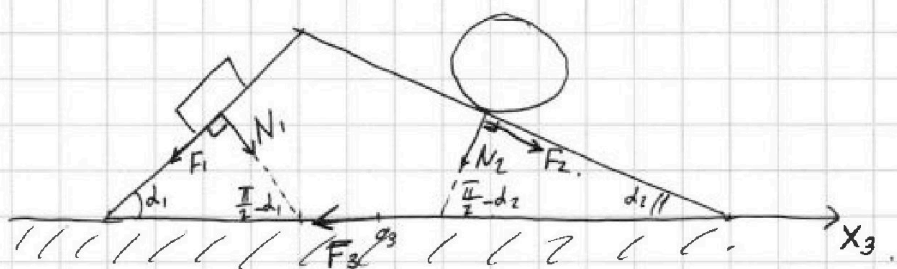
СТРАНИЦА

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!

$$F_1 = Mg(g \sin d_1 - a_5) = m \left(g \frac{3}{5} - \frac{5}{17} g \right) = mg \frac{51-25}{85} = \frac{26}{85} mg$$

$$N_1 = Mg \cos d_1 = mg \frac{4}{5}$$



Заменим вектор z -н плоскости для кинематик ось $O_3 x_3$:

$$M_{K.O} = N_1 \cos\left(\frac{\pi}{2} - d_1\right) - F_1 \cos d_1 + F_2 \cos d_2 - N_2 \left(\cos\left(\frac{\pi}{2} - d_2\right) - F_3\right)$$

$$F_3 = N_1 \sin d_1 - F_1 \cos d_1 + F_2 \cos d_2 - N_2 \sin d_2$$

$$F_3 = \frac{4}{5} mg \frac{3}{5} - \frac{26}{85} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{180}{489} mg \cdot \frac{15}{17} - \frac{135}{1817} mg \frac{8^2}{17} =$$

$$= \frac{4}{25} \left(3mg - \frac{26}{17} mg \right) + \frac{15}{17^2} \left(\frac{20}{3} mg - 2 \cdot 9 mg \right) =$$

$$= \frac{4}{25} mg \frac{51-26}{17} + \frac{15}{17^2} mg \frac{20-54}{3} = \frac{4}{25} \cdot \frac{25}{17} mg + \frac{24}{3} \cdot \frac{15}{17} mg =$$

$$= \frac{4}{17} \left(mg - \frac{30}{17} mg \right) = -mg \frac{4}{17} \cdot \frac{13}{17}$$

↑ ниже говорится о том, что $F_3 \uparrow O_3 x_3$, далее я со знаком.

$$F_3 = \frac{52}{289} mg. \text{ Ответ: } F_1 = \frac{26}{85} mg$$

$$F_2 = \frac{20}{51} mg$$

$$F_3 = \frac{52}{289} mg.$$

$$\frac{4}{25} \cdot \frac{25}{17} = \frac{4}{17}$$



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!

№2. Работа за цикл равна площади цикла на pV -ке:

$$A_{\text{г}} = \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 4p_0 = 12p_0V_0$$

$p_1 = 16p_0$ $V_1 = 6V_0$ в виде идеального газа:
 $p_2 = 4p_0$ $V_2 = 12V_0$
 $p_3 = 6p_0$ $V_3 = 6V_0$ $\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \nu C_V (T_2 - T_1)$

клайпером-менделеев:

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_2 V_2 &= \nu R T_2 \\ p_3 V_3 &= \nu R T_3 \end{aligned} \Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{p_2 V_2}{\nu R} - \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{1}{\nu R} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$\Delta U_{12} \neq$ газ одноатомный $\Rightarrow C_V = \frac{3}{2} R$.

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{\text{г}}} = \frac{\frac{3}{2} R \frac{1}{\nu R} (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{12p_0V_0} = \frac{1}{8p_0V_0} (24p_0V_0 - 96p_0V_0)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{8p_0V_0} (48p_0V_0 - 96p_0V_0) = -\frac{12p_0V_0}{8p_0V_0} = -\frac{3}{2}$$

$$\left| \frac{\Delta U_{12}}{A_{\text{г}}} \right| = \frac{3}{2}$$

из рисунка в процессе 1-2: $p = 16p_0 - \frac{V}{V_0} p_0$
 $p = 16p_0 - \frac{V}{V_0} p_0$

$$pV = \nu RT \Rightarrow T = \frac{1}{\nu R} (16p_0V - \frac{V^2}{V_0} p_0)$$

$$\frac{dT}{dV} = \frac{p_0}{\nu R V_0} (16V_0 - 2V) \text{ если } T = T_{\text{max}} \Rightarrow \frac{dT}{dV} = 0$$

$$\frac{p_0}{\nu R V_0} (16V_0 - 2V) = 0 \Rightarrow V = 8V_0 \text{ как видно точка при}$$

$V = 8V_0$ действительно принадлежит процессу 1-2 $\Rightarrow$ искомая температура будет в этой точке.



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!

$$T_{\max} = \frac{1}{\nu R} \left(16.8 p_0 V_0 - \frac{64 V_0^2}{V_0} p_0 \right) = 64 \frac{p_0 V_0}{\nu R}$$

$$T_3 = \frac{p_3 V_3}{\nu R} = \frac{36 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{64 \frac{p_0 V_0}{\nu R}}{36 \frac{p_0 V_0}{\nu R}} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}; \quad \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{16}{9}$$

Для процесса 3-1 - изохора:

$$Q_{31} = \nu C_V (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (p_1 V_1 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) =$$

$$= \frac{3 \cdot 24}{2} p_0 V_0 = 36 p_0 V_0 > 0$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow dT = \frac{p dV + V dp}{\nu R}$$

В процессе 2-3 из рисунка: $p = 8 p_0 - 8 p_0 \frac{V}{24 V_0} =$

$$= 8 p_0 - p_0 \frac{V}{3 V_0} \Rightarrow dp = -\frac{p_0}{3 V_0} dV$$

~~$$dT = \frac{8 p_0 dV - \frac{p_0}{3 V_0} V dV}{\nu R}$$~~

$$dT = \frac{8 p_0 dV - \frac{p_0}{3 V_0} V dV}{\nu R} = \frac{p_0}{\nu R} \left(8 dV - \frac{2}{3} \frac{V}{V_0} dV \right)$$

$dT = 0$ экстремум тем-ры: $\frac{dT}{dV} = 0 \Rightarrow 8 - \frac{2}{3} \frac{V}{V_0} = 0$

$$\frac{2}{3} \frac{V}{V_0} = 8 \Rightarrow V = 12 V_0$$

Как видно производная тем-ры меняет знак в точке $V = 12 V_0$ (в точке 2) $\Rightarrow$ температура в процессе.

2-3 изоволюмический процесс

$$T_3 = \frac{36 p_0 V_0}{\nu R}; \quad T_2 = \frac{48 p_0 V_0}{\nu R} \Rightarrow T_2 > T_3 \Rightarrow \text{тем-ра в процессе 2-3 монотонно убывает.}$$



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!

Знаем в процессе 2-3: $dV < 0 \Rightarrow dA = p dV < 0$.
 $du = \gamma C_v dT < 0$.

$\Downarrow$
~~Q₂₃~~ $dQ \leq du + dA < 0$

ищем максимум в процессе 1-2:

$$dQ = p dV + \gamma \frac{3}{2} R dT$$

$$dQ = p dV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

$$dQ = \frac{5}{2} (16 p_0 - \frac{V}{V_0} p_0) dV + \frac{3}{2} V (-\frac{p_0}{V_0} dV) =$$

$$= 40 p_0 dV - \frac{5}{2} \frac{V}{V_0} p_0 dV + \frac{3}{2} - \frac{3}{2} p_0 \frac{V}{V_0} dV =$$

$$= 40 p_0 dV - 4 p_0 \frac{V}{V_0} dV$$

в процессе $dV > 0 \Rightarrow dQ \geq 0$ если $40 p_0 dV \geq 4 p_0 \frac{V}{V_0} dV$

$$Q_{1-2+} = \int_{6V_0}^{10V_0} (40 p_0 - 4 p_0 \frac{V}{V_0}) dV \quad V \leq 10V_0$$

$$\begin{aligned} &= 40 p_0 \cdot 4V_0 - \frac{4 p_0}{2V_0} (100V_0^2 - 36V_0^2) = 160 p_0 V_0 - 128 p_0 V_0 = \\ &= 32 p_0 V_0 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{A_4}{Q_{1-2+} + Q_{3-1}} = \frac{A}{Q_+} = \frac{12 p_0 V_0}{32 p_0 V_0 + 36 p_0 V_0} = \frac{12}{68} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) $\left| \frac{\Delta U_{12}}{A_4} \right| = \frac{3}{2}$.

2) $\frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{16}{9}$.

3) $\eta = \frac{3}{17}$.



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!

из 2-го к-та:

$$6\varphi_0 = \frac{kQ_0}{R} + \frac{kQ_0}{\varepsilon} \left(\frac{3}{R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ_0}{R} \left(1 + \frac{2}{\varepsilon} \right)$$

$$5\varphi_0 = \frac{kQ_0}{R} + \frac{kQ_0}{\varepsilon} \left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ_0}{R} \left(1 + \frac{1}{2\varepsilon} \right)$$

$$\frac{6}{5} = \frac{1 + \frac{2}{\varepsilon}}{1 + \frac{1}{2\varepsilon}} = \frac{2\varepsilon + 4}{2\varepsilon + 1}$$

$$12\varepsilon + 6 = 10\varepsilon + 20$$

$$2\varepsilon = 14 \Rightarrow \varepsilon = 7$$

Данно: $\varepsilon = 7$.

$$\varphi\left(\frac{11}{12}R\right) = \frac{kQ_0}{R} \left(1 + \frac{1}{11\varepsilon} \right) = \frac{kQ_0}{R} \cdot \frac{78}{77}$$

$$\Rightarrow \frac{kQ_0}{R} \cdot \frac{78}{77}$$



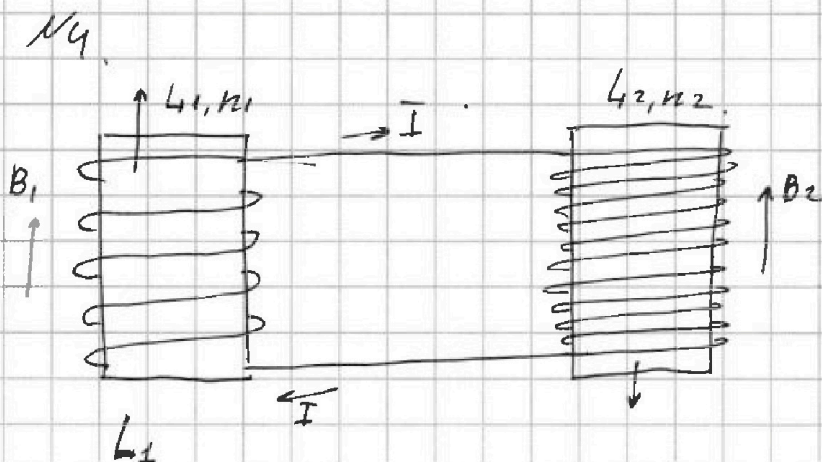
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

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!



$$\Phi_1 = B_1 S n_1 + L_1 I \quad \cancel{\Phi_1} \quad \cancel{\Phi_2 = 0}$$

$$\Phi_2 = -B_2 S n_2 + L_2 I$$

$$-\dot{\Phi}_1 - \dot{\Phi}_2 = 0$$

$$-B_1 S n_1 - L_1 \dot{I} - L_2 \dot{I} = 0 \Rightarrow \dot{I} = \frac{-\dot{B}_1 S n_1}{L_1 + L_2}$$

$$|\dot{I}| = \left| \frac{-\dot{B}_1 S n_1}{L_1 + L_2} \right| = \frac{\dot{B}_1 S n_1}{L_1 + L_2} = \frac{\dot{B}_1 S n_1}{L + \frac{9}{4}L} = \frac{4}{13} \frac{\dot{B}_1 S n_1}{L}$$

$$|\dot{I}| \neq \frac{\dot{B}_1 S n_1}{L_1 + L_2} \quad |\dot{I}| = \frac{4}{13} \frac{\dot{B}_1 S n_1}{L}$$

$$-\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 = 0 \Rightarrow (\Phi_1 + \Phi_2) = 0 \Rightarrow \Phi_1 + \Phi_2 = \text{const.}$$

$$B_{10} S n_1 + L_1 I_0 - B_{20} S n_2 + L_2 I_0 = B_{1k} S n_1 + L_1 I - B_{2k} S n_2 + L_2 I$$

$$B_0 S n_1 - \frac{2}{4} B_0 S \cdot \frac{3}{2} n_2 = \frac{3 B_0}{4} S n_1 - \frac{8}{3} B_0 S \frac{3}{2} n_2 + (L_1 + L_2) I$$

$$(L_1 + L_2) I = \frac{13}{4} L I = B_0 S n_1 \left(1 - 6 - \frac{3}{4} + 4 \right) = -B_0 S n_1 \frac{7}{4}$$

$$I = - \frac{B_0 S n_1}{4} \cdot \frac{4}{13} \Rightarrow |I| = \frac{7}{13} \frac{B_0 S n_1}{L}, \text{ Ответ: } |\dot{I}| = \frac{4}{13} \frac{\dot{B}_1 S n_1}{L}$$

$$|I| = \frac{7}{13} \frac{B_0 S n_1}{L}$$



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.



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!

$$\frac{R_1}{r} = \frac{2(h+L)}{h} = \frac{3h}{h} = 3 \Rightarrow R_1 = 3r.$$

$$\frac{R_{31}}{r} = \frac{h+L}{h} = \frac{3}{2} \Rightarrow R_{31} = \frac{3}{2}r.$$

$$\frac{R_{32}}{r} = \frac{b_1-L}{b_1} = \frac{\frac{3}{2}h}{2h} = \frac{3}{4} \Rightarrow R_{32} = \frac{3}{4}r.$$

$$S_3 = \pi(R_{31}^2 - R_{32}^2) = \pi r^2 \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) = \pi r^2 \frac{27}{16} \text{ ②}$$

$$\text{③ } 27\pi(\text{см}^2); S_3 = 27\pi(\text{см}^2) \Rightarrow \gamma_3 = 27.$$

$$\frac{r}{r_2} = \frac{\cancel{h+L} \cdot b_1}{b_1 - 2L} = \frac{2h}{2h-h} = 2 \Rightarrow r_2 = \frac{r}{2}.$$

$$\frac{r_2}{R_2} = \frac{b_2}{h-b_2} = \frac{\frac{2}{5}h}{h-\frac{2}{5}h} = \frac{2}{3} \Rightarrow R_2 = \frac{3}{2}r_2 = \frac{3}{4}r.$$

$$S_c = \pi(R_1^2 - R_2^2) = \pi \cdot \left(9r^2 - \frac{9}{16}r^2 \right) = \frac{\pi r^2}{16} \cdot 15 \text{ ③}$$

$$\text{④ } 135 \frac{\pi r^2}{16} \text{ ⑤ } \pi \cdot 135(\text{см}^2) \Rightarrow \gamma_c = 135.$$

$$\text{Ответ: } S_3 = 27\pi \text{ см}^2, \\ S_c = 135\pi \text{ см}^2.$$



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.

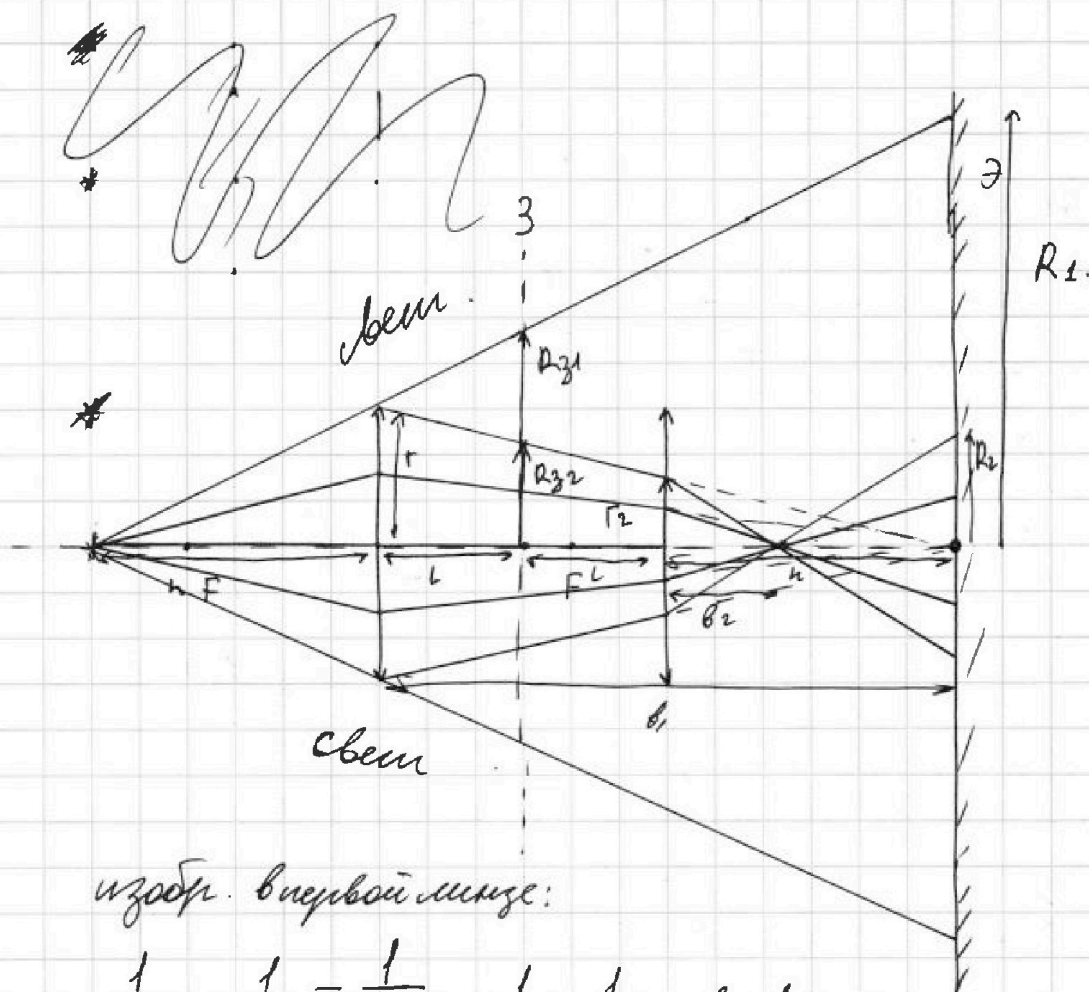
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!

№5. Оптическая система в зеркале и линзе:



изобр. в первой линзе:

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{\frac{2h}{3}} \Rightarrow \frac{1}{b_1} = \frac{1}{2h} \Rightarrow b_1 = 2h.$$

изобр. во второй линзе:

$$\frac{1}{2l - b_1} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{\frac{2h}{3}} \Rightarrow \frac{1}{h - 2h} + \frac{1}{b_2} = \frac{3}{2h}.$$
$$\frac{1}{b_2} = \frac{5}{2h} \Rightarrow b_2 = \frac{2}{5}h.$$



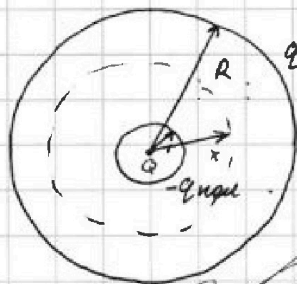
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

№3.

Запишем теорему Гаусса:



$$\oint \vec{D} d\vec{S} = \text{для } Q_{\text{нар}}.$$

для выбранной пов-и:
(из симметрии $\vec{D} = \text{const}$ и $\parallel \vec{n}$)

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E} \Rightarrow E = \frac{Q_0}{4\pi x^2 \epsilon \epsilon_0} = \frac{k Q_0}{\epsilon x^2}$$

$$E = \frac{Q - q_{\text{нар}}}{4\pi \epsilon_0 x^2} = \frac{k(Q - q_{\text{нар}})}{\epsilon x^2}$$

Из уравнения убавим на пов-и

$$\frac{k(Q - q_{\text{нар}})}{\epsilon x^2} =$$

$$E \epsilon \epsilon_0 4\pi x^2 = Q_0.$$

$$E = \frac{k Q_0}{\epsilon x^2} \Rightarrow \frac{d\varphi}{dx} = - \frac{k Q_0}{\epsilon x^2}.$$

Потенциалом внешней границы: $\varphi_{\text{нар}} = \frac{k Q_0}{R}.$

$$\varphi(x) = \frac{k Q_0}{R} + \int_R^x - \frac{k Q_0}{\epsilon x^2} dx = \frac{k Q_0}{R} + \frac{k Q_0}{\epsilon} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right)$$

$$\varphi\left(\frac{11R}{12}\right) = \frac{k Q_0}{R} + \frac{k Q_0}{\epsilon} \left(\frac{12}{11R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{k Q_0}{R} + \frac{k Q_0}{\epsilon R} \cdot \frac{1}{11}.$$

$$\varphi\left(\frac{11}{12}R\right) = \frac{k Q_0}{R} \left(1 + \frac{1}{11\epsilon} \right).$$