

**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 брускок 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 $\alpha_1 (\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5)$ и $\alpha_2 (\sin \alpha_2 = 8/17, \cos \alpha_2 = 15/17)$. 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.

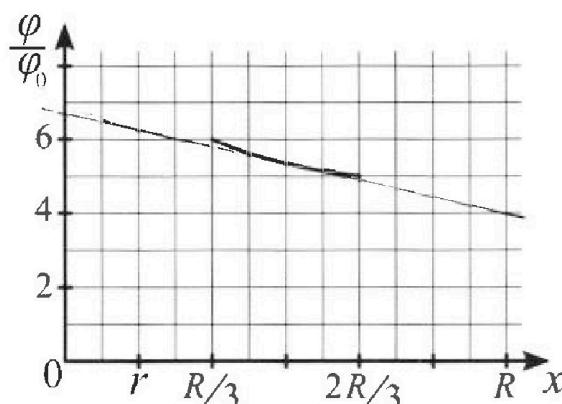
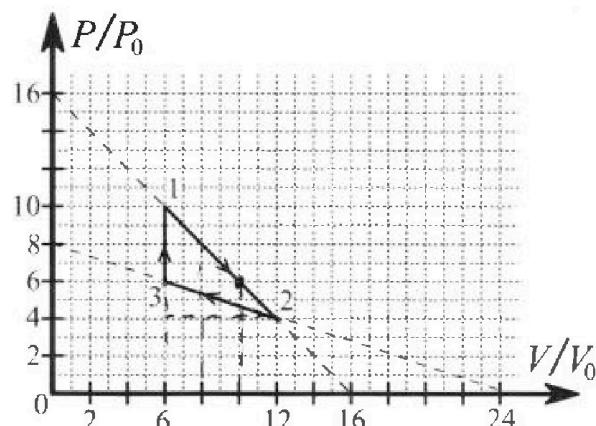
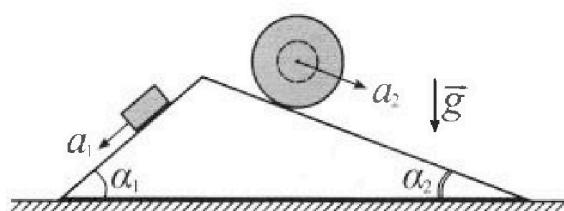
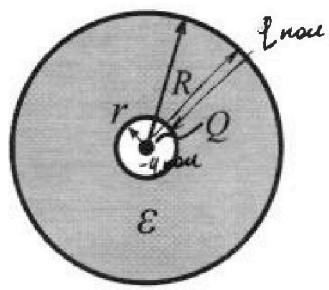
2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.

- 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 .



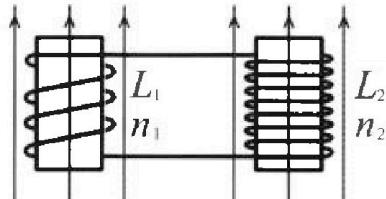
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

V

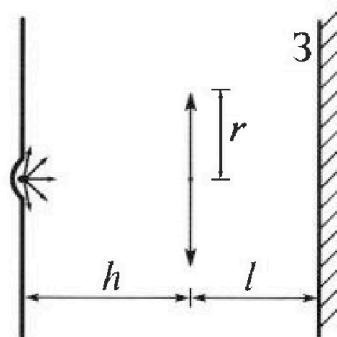
4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек.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



- 1) С како^йй 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 изменились неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

W

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 З. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

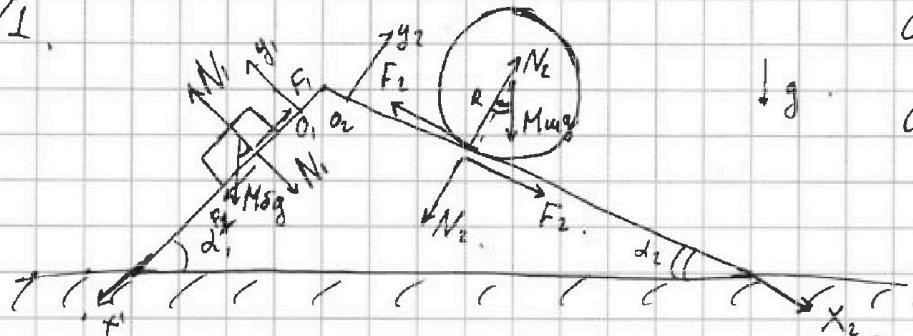
Ответы дайте в [см²] в виде $u\pi$, где u - целое число или простая обыкновенная дробь.



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
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

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{8}{27}g \leq \alpha_1$$

$$\alpha_{\delta} = \frac{5}{17}g \leq \alpha_1$$

$$M_{\text{н}} = \frac{9mg}{4}; I_{\text{н}} = M_{\text{н}}R^2, \text{ где } R - \text{радиус шара}$$

$$M_{\delta} \approx m$$

Запишем силы шара вторым законом Ньютона

на оси X₂O₂g₂:

$$O_2X_2: M_{\text{н}} \cdot a_{\text{н}} = M_{\text{н}}g \sin \alpha_2 - F_2$$

$$O_2Y_2: M_{\text{н}} \cdot 0 = N_2 - M_{\text{н}}g \cos \alpha_2$$

$$F_2 = M_{\text{н}}(g \sin \alpha_2 - a_{\text{н}}) = \frac{9}{4}m \left(g \frac{8}{17} - \frac{8}{27} \right) =$$

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

$$\frac{4}{27} \cdot N_2 = M_{\text{н}}g \cos \alpha_2 \cancel{N_2} = \frac{9}{4}mg \frac{15}{17} = \frac{135}{68}mg$$

Запишем силы другого вторым законом Ньютона

оси X₁O₁Y₁:

$$O_1X_1: M_{\delta} \cdot a_{\delta} = M_{\delta}g \sin \alpha_1 - F_1$$

$$O_1Y_1: M_{\delta} \cdot 0 = M_{\delta}g \cos \alpha_1 N_1 - M_{\delta}g \cos \alpha_1$$

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.



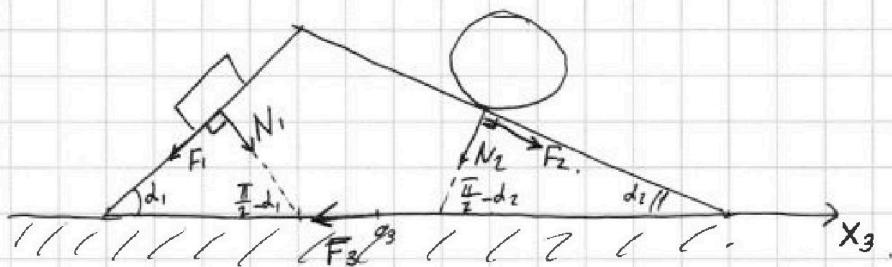
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

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

$$N_2 = M\delta g \cos d_1 = mg \frac{4}{5}$$



Запишем второй з-к для составления силы мом осв оз x3:

$$M_k \cdot o = N_1 \cos(\frac{\pi}{2} - d_1) - F_1 \cos d_1 + F_2 \cos d_2 - N_2 \cos(\frac{\pi}{2} - d_2) - F_3$$

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

$$F_3 = \frac{4}{5} mg \frac{3}{5} - \frac{26}{85} mg \frac{4}{5} + \frac{180}{455} mg \cdot \frac{15}{17} - \frac{135}{4817} mg \frac{8^2}{17} =$$

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

$$= \frac{4}{25} mg \frac{51-26}{17} + \frac{15}{17^2} mg \frac{20-54}{3} = \frac{4}{25} \cdot \frac{25}{17} mg + \frac{21}{8} \cdot \frac{15}{17} mg =$$

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

нам же говорят о том, что
 $F_3 \uparrow \uparrow o_3x_3$, дальше я это опущу.

$\frac{4}{17} \cdot \frac{13}{17} = \frac{52}{289}$

$$F_3 = \frac{52}{289} mg. \quad \text{Ответ: } F_1 = \frac{26}{85} mg \\ F_2 = \frac{20}{51} mg \\ F_3 = \frac{52}{289} mg.$$

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

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!

N2. Работа за цикл работа тепловых машин при PV :

$$A_g = \frac{1}{2} \cdot 6 V_0 \cdot 4 p_0 = 12 p_0 V_0$$

$$\begin{aligned} p_1 &= 16 p_0 & V_1 &= 6 V_0 & \text{в виду идеальности газа:} \\ p_2 &= 4 p_0 & V_2 &= 12 V_0 \\ p_3 &= 6 p_0 & V_3 &= 6 V_0 & \Delta U_{12} = U_2 - U_1 = C_V (T_2 - T_1) \end{aligned}$$

материом-менеджер:

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

$$\Delta U_{12} \neq \text{изоадиабатный} \Rightarrow C_V = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_g} = \frac{\cancel{\gamma} \cdot \frac{3}{2} R \cancel{\frac{1}{\gamma R}} (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{\cancel{12 p_0 V_0}} = \cancel{\frac{1}{8 p_0 V_0}} (24 p_0 V_0)$$

$$\textcircled{=} \frac{1}{8 p_0 V_0} (48 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) = - \frac{12 p_0 V_0}{8 p_0 V_0} = - \frac{3}{2}$$

$$\left| \frac{\Delta U_{12}}{A_g} \right| = \frac{3}{2}$$

Из рисунка в процессе 12: ~~$p = 16 p_0 - \frac{V}{16 V_0} p_0$~~ .

$$p = 16 p_0 - \frac{V}{V_0} p_0$$

$$p V = \gamma R T \Rightarrow T = \frac{1}{\gamma R} (16 p_0 V - \frac{V^2}{V_0} p_0)$$

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

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

$V = 8 V_0$ действующую при изоадиабатном процессе 1-2 \Rightarrow ищущий минимум будем 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 7СТРАНИЦА
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!

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

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

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

Процесс 3-1 - изоквада:

$$Q_{31} = \Delta C_V (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \frac{\Delta R}{\Delta R} (p_1 V_1 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) = \\ = \frac{3 \cdot 24}{2} p_0 V_0 = 36 p_0 V_0 > 0$$

$$pV = \Delta RT \Rightarrow dT = \frac{pdV + Vdp}{\Delta R}$$

$$\text{В процессе 2-3 из рисунка: } p = 8 p_0 - 8 p_0 \frac{V}{V_3 V_0} = \\ = 8 p_0 - p_0 \frac{V}{3 V_0} \Rightarrow dp = - \frac{p_0}{3 V_0} dV$$

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

$$dT = 0 \text{ при экспериментальном - ряд: } \frac{dI}{dV} = 0 \Rightarrow 8 - \frac{2}{3} \frac{V}{V_0} = 0$$

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

Как видно производная темп-ры линии зеркальной ветви
 $V = 12 V_0$ (в точке 2) \Rightarrow температура в процессе.

2-3 изотермический процесс

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

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!

Значит в процессе 2-3: $dV < 0 \Rightarrow dA = pdV < 0$,
 $dU = \gamma Cv dT < 0$.

$$\text{т.к. } dQ = dU + dA < 0$$

также в процессе 1-2:

$$dQ = pdV + \frac{3}{2} R dT$$

$$dQ = pdV + \frac{3}{2} pdV + \frac{3}{2} Vdp = \frac{5}{2} pdV + \frac{3}{2} Vdp.$$

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

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

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

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

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

$$\Leftrightarrow 40p_0 \cdot 4V_0 - \frac{4}{2} \frac{p_0}{V_0} (100V_0^2 - 36V_0^2) = 160p_0 V_0 - 128p_0 V_0 =$$

$$= 32p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_2}{Q_{1-2+} + Q_{3-1}} = \frac{A_2}{Q_{1-2+}} = \frac{12p_0 V_0}{32p_0 V_0 + 36p_0 V_0} = \frac{\frac{12}{68}}{\frac{17}{17}} = \frac{3}{17}.$$

$$\text{Ответ: 1) } \left| \frac{\Delta U_{12}}{A_2} \right| = \frac{3}{2}.$$

$$2) \frac{T_{12\max}}{T_3} = \frac{16}{9}$$

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

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.



- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

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

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

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

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

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

Ответ: $\varepsilon = 7$.
 $\varphi\left(\frac{11}{12}R\right) = \frac{kQ_0}{R} \left(1 + \frac{1}{11\varepsilon} \right) \cancel{\Rightarrow \frac{kQ_0}{R} \cancel{\frac{11\varepsilon+1}{11\varepsilon}}}$

⊗ $\frac{kQ_0}{R} \frac{78}{77}$.

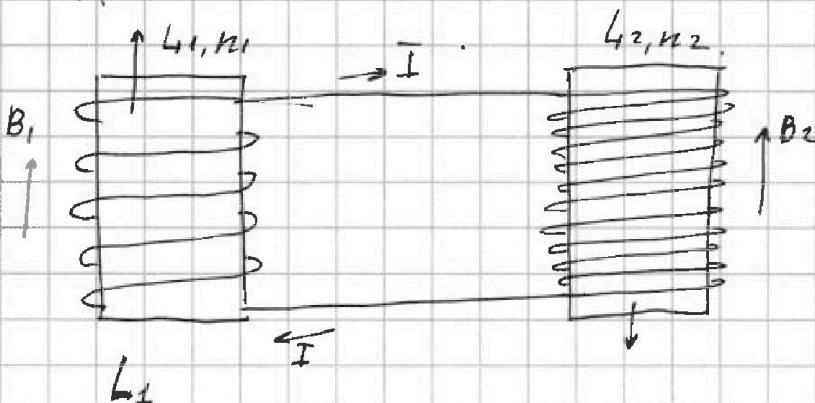
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

№4.



$$\dot{\varphi}_1 = B_1 S n_1 + L_1 \dot{I} \quad \cancel{\text{Ф1} \neq 0}$$

$$\dot{\varphi}_2 = -B_2 S n_2 + L_2 \dot{I}$$

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

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

$$|\dot{I}| = \left| \frac{-B_1 S n_1}{L_1 + L_2} \right| = \frac{2 S n_1}{L_1 + L_2} = \frac{2 S n_1}{4 + \frac{9}{4} L} = \frac{4}{13} \frac{2 S n_1}{L}$$

$$|\dot{I}| \neq \frac{2 S n_1}{L_1 + L_2} \quad |\dot{I}| = \frac{4}{13} \frac{2 S n_1}{L}$$

$$-\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 = 0 \Rightarrow (\varphi_1 + \varphi_2) = 0 \Rightarrow \varphi_1 + \varphi_2 = \text{const.}$$

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

$$B_0 S n_1 - \frac{2}{4} B_0 S \frac{3}{2} n = \frac{3}{4} B_0 S n_1 - \frac{8}{3} B_0 S \frac{1}{2} n + (L_1 + L_2) I$$

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

$$I = -\frac{B_0 S n_1}{4} \frac{7}{4} \cdot \frac{4}{13} \Rightarrow |I| = \frac{7}{13} \frac{B_0 S n_1}{4}, \text{ ответ.} \quad |I| = \frac{7}{13} \frac{B_0 S n_1}{4}$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

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

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

$$\frac{R_{32}}{r} = \frac{B_1 - L}{B_1} = \frac{\frac{3}{2}h}{2h} = \frac{3}{4} \Rightarrow R_{32} = \frac{3}{4} r.$$

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

$$\Rightarrow 27\pi(\text{cm}^2); S_3 = 27\pi(\text{cm}^2) \Rightarrow y_3 = 27.$$

~~$$\frac{r}{r_2} = \frac{B_1}{B_1 - 2L} = \frac{2h}{2h - h} = 2 \Rightarrow r_2 = \frac{r}{2}.$$~~

$$\frac{r_2}{R_2} = \frac{B_2}{h - B_2} = \frac{\frac{2}{5}k}{k - \frac{2}{5}k} = \frac{2}{3} \Rightarrow R_2 = \frac{3}{2} r_2 = \frac{3}{4} r.$$

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

$$\textcircled{2} 135 \frac{\pi r^2}{16} \textcircled{2} \pi \cdot 135(\text{cm}^2) \Rightarrow j_c = 135.$$

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



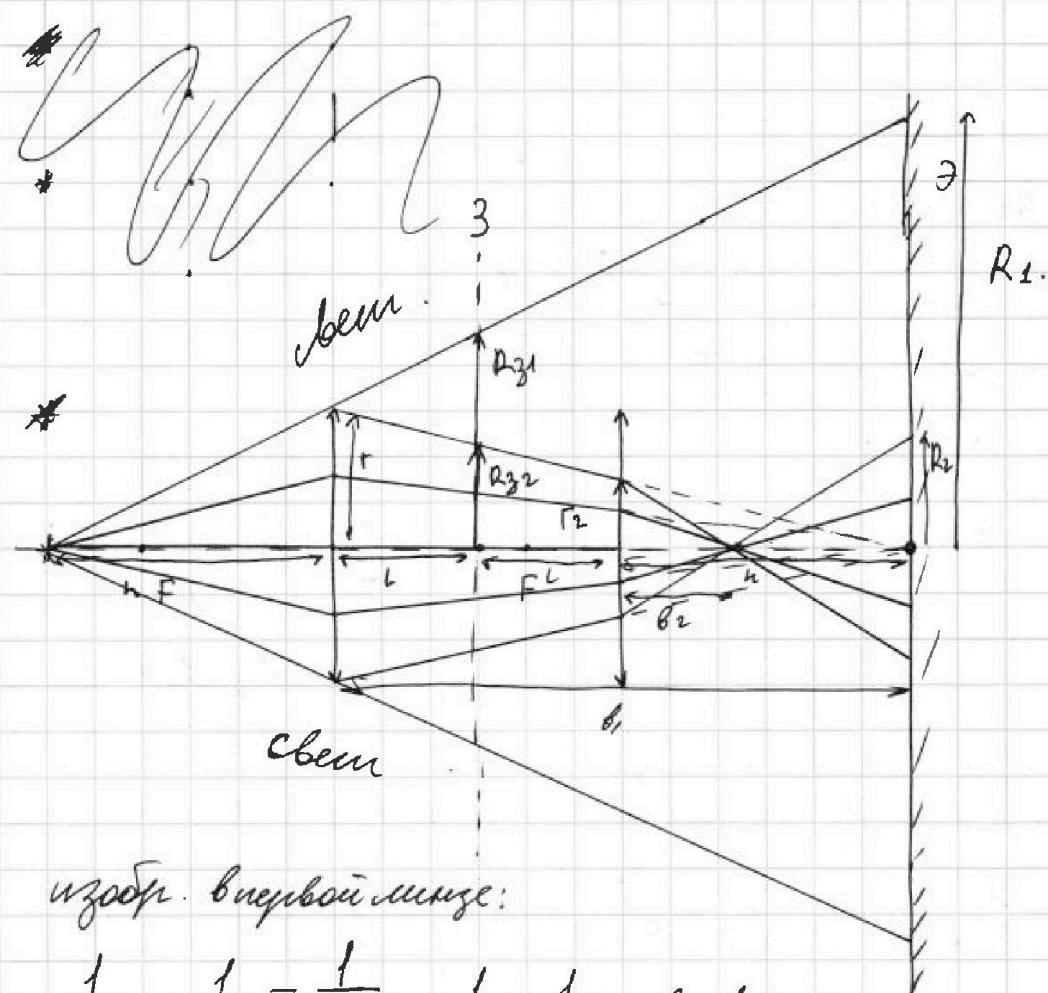
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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. Анализ системы в зеркале и получаем:



изобр. в первом виде:

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{\theta_1} = \frac{1}{2h} \Rightarrow \frac{1}{\theta_1} = \frac{1}{2h} \Rightarrow \theta_1 = 2h.$$

изобр во втором виде:

$$\frac{1}{2L-\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} = \frac{1}{2h} \Rightarrow \frac{1}{h-2h} + \frac{1}{\theta_2} = \frac{1}{2h} \Rightarrow \frac{1}{\theta_2} = \frac{5}{2h} \Rightarrow \theta_2 = \frac{2}{5}h.$$



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

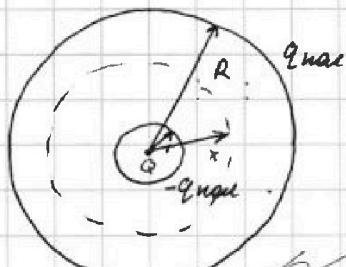
СТРАНИЦА

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:



$$\oint \vec{D} d\vec{S} = \text{Q_{внутрь}}$$

для выбранной поверхности:
(из определения $\vec{D} = \text{const} \hat{r}$ и $\parallel \vec{n} \parallel$)

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

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

~~Это уравнение является законом Гаусса~~

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

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

Поменявшие величиной границы: $\psi_{\infty} = \frac{k Q_0}{R}$.

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

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

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