

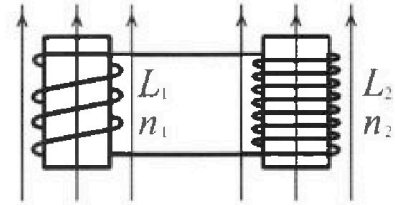
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

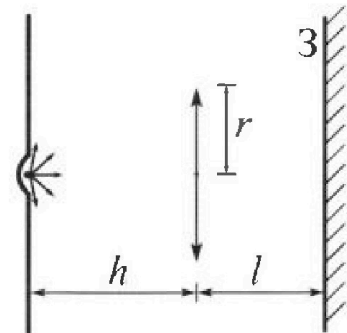


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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) и ачет 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 $2B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $B_0/3$ до $B_0/12$, 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 $F = 2h$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 2$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h$ 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 $[\text{см}^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



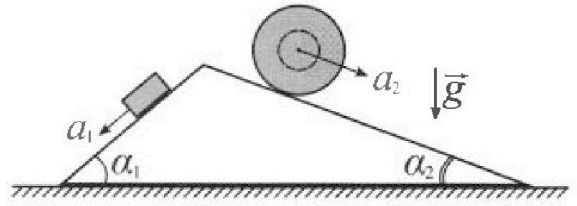
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (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.

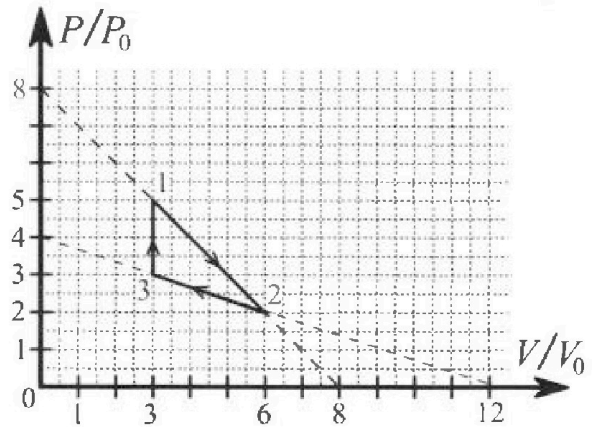


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

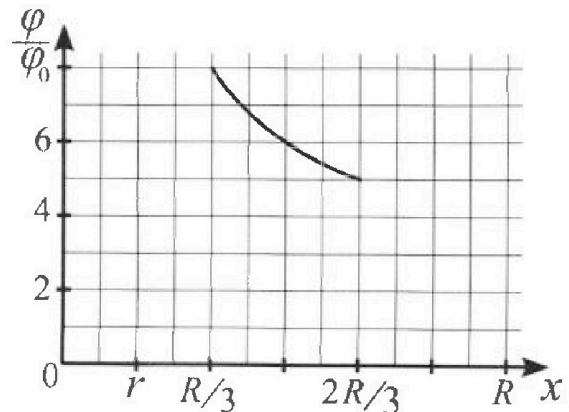
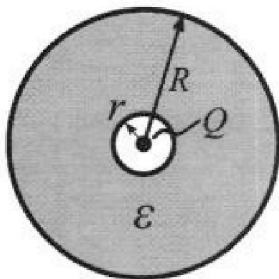
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



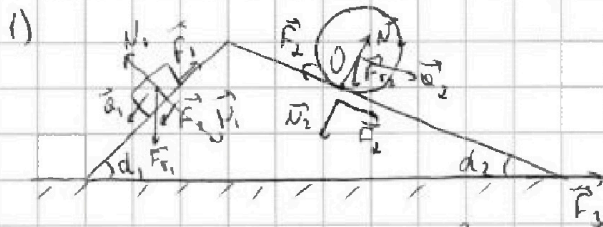
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



1° Рассмотрим движение бруска:

II закон Ньютона:

$$\begin{cases} ma_1 = mg \sin d_1 - F_1 \\ mg \cos d_1 = N_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_1 = m(g \sin d_1 - a_1) \\ N_1 = mg \cos d_1 \end{cases} \quad \begin{cases} F_1 = m\left(\frac{3}{5}g - \frac{7}{17}g\right) = mg \frac{51-35}{85} = \frac{16}{85}mg \\ N_1 = \frac{4}{5}mg \end{cases}$$

2° Рассмотрим движение полою шара:

$$\begin{cases} 5mg \sin d_2 R = \varepsilon (5mR^2 + 5mR^2) & \text{уравнение вращения шара} \\ 5mg \sin d_2 - F_2 = 5m\varepsilon R & \text{уравнение движения шара} \\ 5mg \cos d_2 = N_2 & \text{II закон Ньютона} \end{cases}$$

R - радиус шара

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{g \sin d_2}{2R} \\ F_2 = 5mg \frac{\sin d_2}{2} \\ N_2 = 5mg \cos d_2 \\ \frac{g \sin d_2}{2} = a_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_2 = 5m(g \sin d_2 - a_2) = 5mg \left(\frac{8}{17} - \frac{8}{25}\right) = 40mg \frac{8}{5 \cdot 5 \cdot 17} = \frac{64}{85}mg \\ N_2 = \frac{75}{17}mg \end{cases}$$

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!

3° Рассмотрим условие равновесия крана:

$$F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 = F_3$$

$$F_3 = \frac{16}{85} \cdot \frac{4}{5} \text{ мН} - \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} \text{ мН} + \frac{75}{17} \cdot \frac{8}{17} \text{ мН} - \frac{64}{85} \cdot \frac{15}{17} \text{ мН}$$

$$F_3 = \text{мН} \left[-\frac{12}{25} - \frac{643}{1717} + \frac{758}{1717} + \frac{64}{1755} \right] = \text{мН} \left[\frac{8 \cdot 17 \cdot 3}{17 \cdot 17} + \frac{64 - 12 \cdot 17}{17 \cdot 5 \cdot 5} \right]$$

$$= \text{мН} \left[\frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 17} - \frac{4 \cdot 7}{17 \cdot 5} \right] = \frac{120 - 119 - 330 - 27}{17 \cdot 17 \cdot 5} \text{ мН} = -\frac{356}{17175} \text{ мН}$$

$$= -\frac{356}{1445} \text{ мН}$$

$$|F_3| = \frac{356}{1445} \text{ мН}$$

Ответ:

1) $\frac{16}{85} \text{ мН}$

2) $\frac{64}{85} \text{ мН}$

3) $\frac{356}{1445} \text{ мН}$



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!

2) P процесс 1-2:

$$p = dU + p$$

$$\left. \begin{aligned} d &= -\frac{p_0}{U_0} U \\ p &= 8p_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow p = -\frac{p_0}{U_0} U + 8p_0 \quad (1)$$

Изумен процесс, проверим на кельме бока
каельме с агля бокой:

$$pU^{\gamma} = \text{const}$$

$$dp dU + U dp = 0, \text{ из ур-е (1): } dp = -\frac{p_0}{U_0} dU$$

$$dp dU - \frac{p_0}{U_0} U dU = 0$$

$$d(8p_0 - \frac{p_0}{U_0} U) = \frac{p_0}{U_0} U$$

$$8 \int d - \int \frac{U}{U_0} = \frac{U}{U_0}$$

$$U = U_0 \frac{8 \int d}{1 + \int} = \frac{8 \cdot \frac{5}{3}}{8} \cdot 3 U_0 = 5 U_0$$

Т.е. го состояние $p = 3p_0, U = 5U_0$ гелме
погвоуеме, найдем ее:

$$\delta Q = \frac{3}{2} (p dU + U dp) - p dU = \frac{5}{2} (8p_0 - \frac{p_0}{U_0} U) dU + \frac{3}{2} p_0 \frac{U}{U_0} dU$$

$$= 20 p_0 dU - 4 \frac{p_0}{U_0} U dU$$

$$Q_1 = \int_{3U_0}^{5U_0} 20 p_0 dU - \int_{3U_0}^{5U_0} 4 \frac{p_0}{U_0} U dU = 40 p_0 U_0 - 4 \frac{p_0}{2 U_0} U_0^2 (25 - 9) =$$

$$= 8 p_0 U_0$$



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!

2° Найти максимальную температуру.

$pU = \gamma R T$ - уравнение Менделеева-Клапейрона

$T = \frac{pU}{\gamma R}$ T_{\max} при $p dU + U dp = 0$

$$(\gamma p_0 - \frac{p_0}{U_0} U) dU - \frac{p_0}{U_0} U dU = 0$$

$$8p_0 = 2p_0 \frac{U}{U_0} \Rightarrow U = 4U_0 \quad p = 5p_0$$

$$T_2 = \frac{2p_0 \cdot 6U_0}{\gamma R} \quad T_{\max} = \frac{4p_0 \cdot 4U_0}{\gamma R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{4 \cdot 4}{2 \cdot 6} = \frac{4}{3}$$

3° Исследовать процесс 2-3:

$$p = -\frac{p_0}{3U_0} U + 4p_0 \quad dp = -\frac{p_0}{3U_0} dU$$

Усл. наименьшее уравнение:

$$\frac{5}{3} (4p_0 - \frac{p_0}{3U_0} U) dU - \frac{p_0 U}{3U_0} dU = 0$$

$$\frac{20}{3} p_0 = \frac{8}{3 \cdot 3} p_0 \frac{U}{U_0}$$

$U = \frac{3 \cdot 4 \cdot 5}{4 \cdot 2} U_0 = 7,5 U_0$, что не отвечает области определения функции в рамках процесса 2-3

4° Найти работу за цикл как площадь под графиком.

$$A = \frac{5p_0 + 2p_0}{2} \cdot 3U_0 - \frac{2p_0 + 3p_0}{2} \cdot 3U_0 = 3p_0 U_0$$



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 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!

5° Найдем приращение выт. энергии в 3-1:

$$\Delta U_{3,1} = \frac{3}{2} \Delta A (P_1 - P_3) = \frac{3}{2} (\rho_0 U_1 - \rho_3 U_3) = \frac{3}{2} (15 \rho_0 U_0 - 9 \rho_0 U_0) = \\ = \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 2 \rho_0 U_0 = 9 \rho_0 U_0$$

6° Ответим на вопросы задачи:

$$1) \frac{\Delta U_{3,1}}{A} = \frac{9 \rho_0 U_0}{3 \rho_0 U_0} = 3$$

$$2) \frac{v_{\max}}{v_2} = \frac{4}{3}$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_{+e}} = \frac{A}{Q_+ + Q_{3,3}} = \frac{A}{Q_+ + \Delta U_{3,1}} = \frac{3 \rho_0 U_0}{8 \rho_0 U_0 + 9 \rho_0 U_0} = \frac{3}{17}$$

Ответы:

1) 3

2) 4/3

3) 3/17

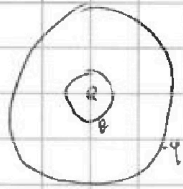


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



$$\frac{kQ}{\epsilon R^2} = \frac{kQ}{R^2} + \frac{k\varphi}{R^2} \quad \frac{Q+\varphi}{R}$$

$$\varphi = - \int E dr + C$$

$$(Q+\varphi)\epsilon = Q \quad \frac{k\varphi}{R} = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{R}$$

$$\varphi = - \int_0^R \frac{kQ}{R^2} dr - \int_R^x k \frac{Q+\varphi}{r^2} dr + \int_R^r k\varphi$$

$$\frac{\varphi(x)}{\varphi(R)}$$

$$\frac{\frac{\epsilon-1}{R} + \frac{1}{x}}{\frac{\epsilon-1}{R} + \frac{1}{R}}$$

$$\frac{\frac{\epsilon-1}{R} + \frac{1}{x}}{\frac{\epsilon-1}{R} + \frac{1}{R}}$$

$$\frac{6}{5} = \frac{\frac{\epsilon-1}{R}}{\frac{2\epsilon-1}{2R}}$$

$$\varphi = - \int_0^R \frac{kQ}{R^2} dr - \int_R^x \frac{kQ}{\epsilon R^2} dr + C$$

$$\varphi = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right) + kQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\epsilon} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right) \right)$$

$$\varphi\left(\frac{2}{3}R\right) = kQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\epsilon} \left(\frac{1}{3R} \right) + \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{3\epsilon} \right) \right)$$

$$10\epsilon + 10 = 12\epsilon + 6 \varphi\left(\frac{1}{3}R\right) = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{2}{3\epsilon} \right)$$

$$4 = 2\epsilon$$

$$\epsilon = 2$$

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{R} + \frac{3}{R} = \frac{4}{R}$$

$$\frac{1}{R} + \frac{2}{R} = \frac{3}{R}$$

$$\frac{8}{8}$$

$$\varphi\left(\frac{2}{3}R\right) = 5\varphi_0$$

$$\varphi\left(\frac{1}{3}R\right) = 8\varphi_0$$

$$\frac{3\epsilon+2}{3\epsilon+1} = \frac{8}{5}$$

$$\frac{1 + \frac{2}{3\epsilon}}{1 + \frac{1}{3\epsilon}} = \frac{8}{5}$$

$$15\epsilon + 10 = 24\epsilon + 8$$

$$2 = 2$$

$$3 + \frac{8}{3\epsilon} = \frac{10}{3\epsilon}$$

$$3 = \frac{2}{3\epsilon}$$

$$\epsilon = \frac{2}{9}$$



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!

3

$$1. E_{\text{вн}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad E_{\text{внутр}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

$$\varphi = - \int_{\infty}^R E_{\text{вн}} dl - \int_R^x E_{\text{внутр}} dl + C = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x} + C$$

$$C = 0 \quad \text{из условия } \varphi(\infty) = 0$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) + \frac{1}{\epsilon x} \right]$$

$$\varphi\left(\frac{3R}{4}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{3}{3R} \frac{\epsilon-1}{\epsilon} + \frac{4}{3\epsilon R} \right] = \frac{Q(3\epsilon+1)}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot 3R}$$

$$= \frac{(3\epsilon+1)Q}{12\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

$$2. \quad x_1 = \frac{R}{2} \quad \varphi(x_1) = 6\varphi_0$$

$$x_2 = \frac{2R}{3} \quad \varphi(x_2) = 5\varphi_0$$

$$\frac{\varphi(x_1)}{\varphi(x_2)} = \frac{6}{5} = \frac{\frac{\epsilon-1}{R} + \frac{1}{x_1}}{\frac{\epsilon-1}{R} + \frac{1}{x_2}} = \frac{\frac{\epsilon-1+2}{R}}{\frac{2\epsilon-2+3}{2R}} = \frac{2\epsilon+2}{2\epsilon+1}$$

$$12\epsilon+6 = 10\epsilon+10$$

$$2\epsilon = 4$$

$$\epsilon = 2$$

$$\text{Ответ: } 1) \varphi\left(\frac{3R}{4}\right) = \frac{3\epsilon+1}{12\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{Q}{R}$$

$$2) \epsilon = 2.$$



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 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. 1) II. Кирпаче две катушки:

$$n_1 S \frac{dB}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0 \quad (\text{уч. сверху по вогнутой})$$

$$d(n_1 S \frac{dB}{dt}) = \frac{n_1 S d}{L_1 + L_2} = \frac{n_1 S d}{10L}$$

2)

$$n_1 S \frac{dB_1}{dt} + n_2 S \frac{dB_2}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$d(n_1 S B_1 + n_2 S B_2) = d((L_1 + L_2) I)$$

$$|n_1 S (\frac{2}{3} B_0 - B_0) + n_2 S (\frac{B_0}{12} - \frac{B_0}{3})| = (L_1 + L_2) I$$

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

$$(\frac{3}{4} - \frac{1}{3}) n S B_0 = 10L I$$

$$\frac{5}{120} n S B_0 = L I$$

$$I = \frac{n S B_0}{24L}$$

Ответ: 1) $\frac{n S d}{10L}$

2) $\frac{n S B_0}{24L}$



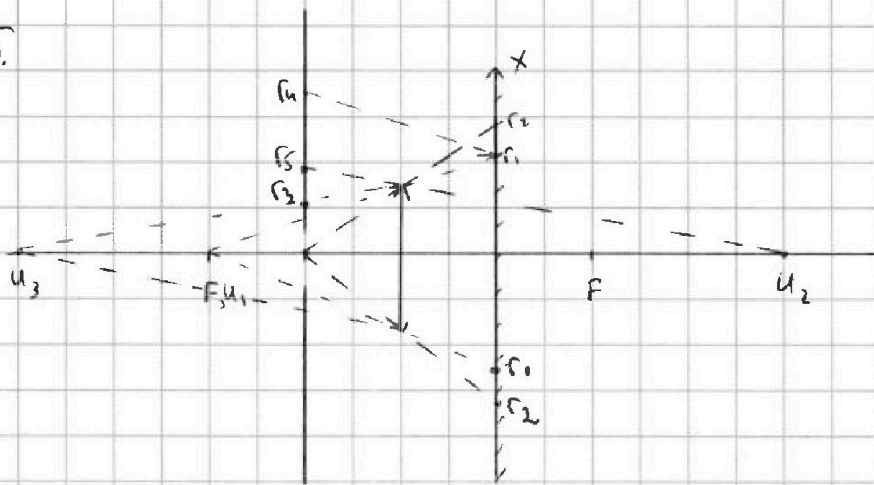
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

5.



$$1) \frac{1}{h} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{2h} \Rightarrow f_1 = -2h \text{ (уровень главной линзы)}$$

$$\frac{r_1}{3h} = \frac{r}{2h} \Rightarrow r_1 = \frac{3}{2}r$$

$$\frac{r_2}{2h} = \frac{r}{h} \Rightarrow r_2 = 2r$$

$$S_{\text{линз}} = \pi(r_2^2 - r_1^2) = \pi\left(4r^2 - \frac{9}{4}r^2\right) = \frac{7}{4}\pi r^2 = 1\frac{3}{4}\pi r^2$$

$$S_{\text{линз}} = \frac{7}{4} \cdot 4 \pi \text{ см}^2 = 7\pi \text{ см}^2$$

$$2) \frac{1}{4h} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{2h} \Rightarrow f_2 = 4h$$

$$\frac{r_1}{3h} = \frac{r_4 - r_1}{2h} \Rightarrow r_4 = \frac{5}{3}r_1 = 2,5r = \frac{5}{2}r$$

$$\frac{r_5}{5h} = \frac{r}{4h} \Rightarrow r_5 = \frac{5}{4}r; \quad \frac{r_3}{3h} = \frac{r}{4h} \Rightarrow r_3 = \frac{3}{4}r$$

$$S = \pi(r_5^2 - r_3^2) = \pi r^2 = 4\pi \text{ см}^2$$

$$\text{Ответ: 1) } 7\pi \text{ см}^2 \quad 2) 4\pi \text{ см}^2$$



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!

4

$$n_1 \frac{d\varphi_0}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} = n_2 \frac{d\varphi_0}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

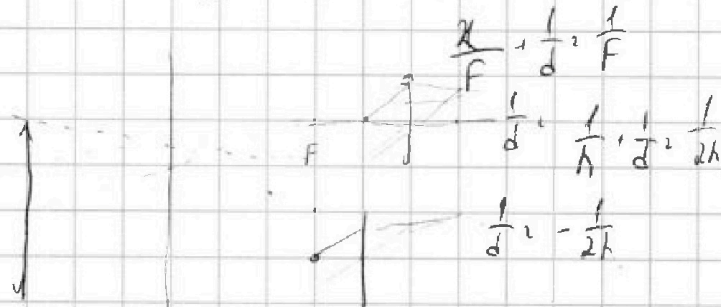
$$(n_1 + n_2) \frac{d\varphi_0}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$\left| \frac{dI}{dt} \right| = d \frac{n_1 + n_2}{L_1 + L_2} = d \frac{n_1 + n_2}{L_1 + L_2}$$

$$n_1 \frac{d\varphi_0}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} = L_2 \frac{dI}{dt}$$

$$n_1 \frac{d\varphi_0}{dt} + n_2 \frac{d\varphi_0}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$n_1 S \frac{1}{3} B_0 + n_2 S \frac{B_0}{4} = (L_1 + L_2) I$$



$$\frac{I}{e \cdot 2h} = \frac{I}{f} + \frac{I}{2d} \quad \frac{I}{f} = \frac{I \cdot 2h}{2h(f + 2d)} \quad f = 2h \left(1 + \frac{2h}{e} \right)$$

