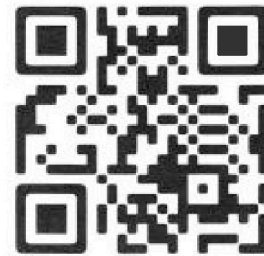




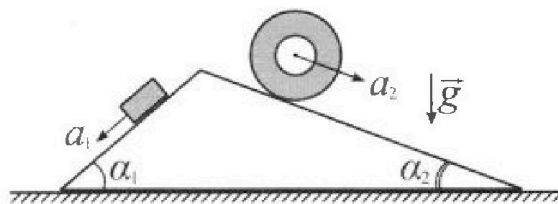
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

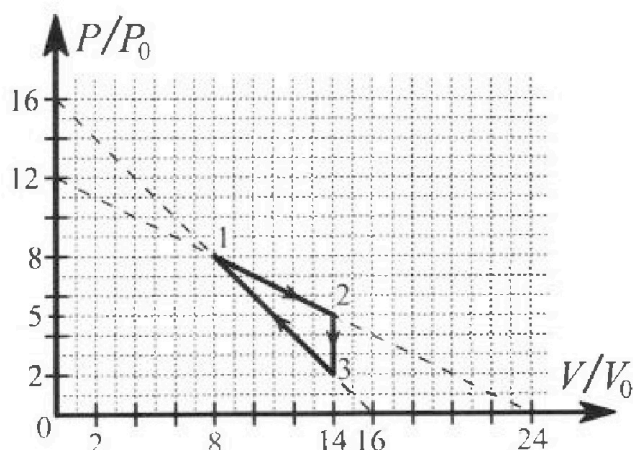
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 6g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $2m$  с ускорением  $a_2 = g/4$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). 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 цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

Каждый ответ выразит ь 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.

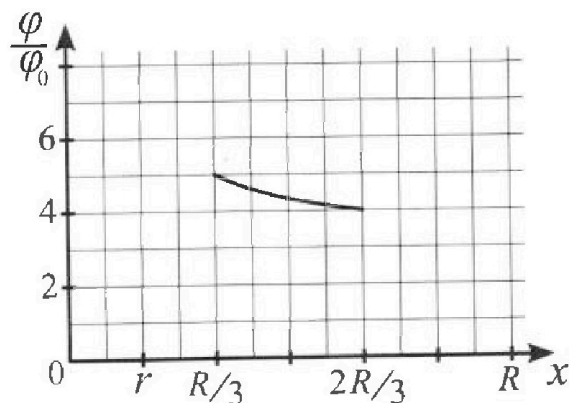
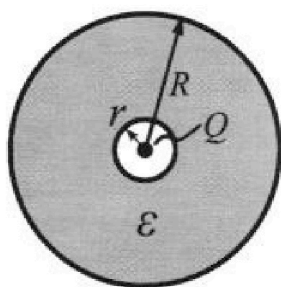


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 5R/6$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .





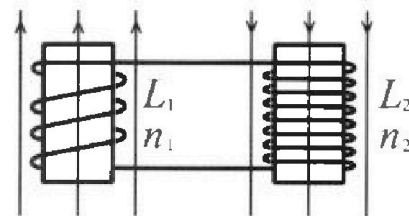
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-03



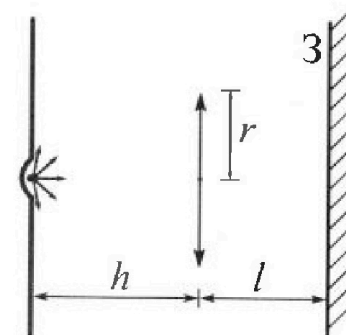
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 16L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 4n$  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 возрастать 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  $B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $3B_0$  до  $9B_0/4$ , 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  $F = h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 5$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  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.

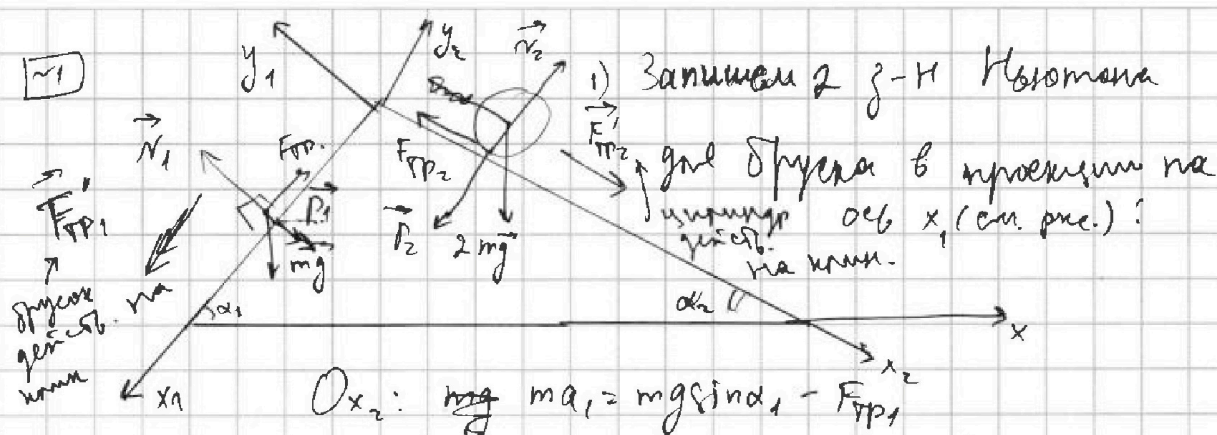
Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 9

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!



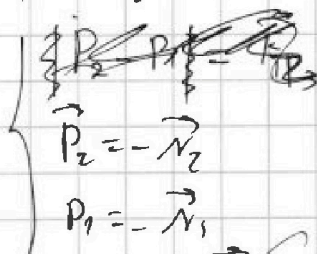
$$F_{TP1} = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{6}{13} \right) = mg \cdot \frac{9}{65} = \frac{9}{65} mg$$

2) Запишем 2 закона Ньютона где цилиндр:

$$Ox_2: 2ma_2 = 2mg \sin \alpha_2 - F_{TP2}$$

$$F_{TP2} = 2m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 2m \left( g \cdot \frac{5}{13} - g \cdot \frac{4}{13} \right) = 2mg \cdot \frac{1}{13} = \frac{2}{13} mg$$

3) 2  $\xi$ -Н Ньютона где крива:



$$Oy_1: N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$Oy_2: N_2 = 2mg \cos \alpha_2$$

$$Ox: |F_{TP}| = |P_1 \cos \alpha_1 - P_2 \cos \alpha_2| = mg \left| \frac{16}{25} - 2 \cdot \frac{14}{169} \right| = mg \frac{4496}{3225}$$

Ответ: 1)  $\frac{9}{65} mg$ ; 2)  $\frac{14}{52} mg$ ; 3)  $\frac{4496}{3225} mg$



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.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
9 из 9

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!

$$3) \quad mg \cos^3 \alpha_1 - 2mg \cos^3 \alpha_2 - F_{TP1} \cos \alpha_1 + F_{TP2} \cos \alpha_2 = F_{TP3}$$

$$mg \cdot \frac{76}{75} - 2mg \cdot \frac{144}{169} - \frac{9}{65} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{14}{52} mg \cdot \frac{72}{13} =$$

$$= \frac{4496}{3225} mg - \frac{36}{325} mg + \frac{48}{169} mg = mg \left( \frac{4496}{3225} - \frac{468}{3225} + \frac{1050}{3225} \right)$$

$$= \frac{2978}{3225} mg$$

Ответ: 1)  $\frac{9}{65} mg$  2)  $\frac{14}{52} mg$  3)  $\frac{2978}{3225} mg$



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.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 9

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!

22

$$1) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} (70 P_0 V_0 - 64 P_0 V_0) = 9 P_0 V_0$$

$$A_{\text{цикл}} = A_{12} + A_{23} + A_{31} \quad \underbrace{\phantom{6 P_0 V_0}}_{6 P_0 V_0}$$

$$A_{12} = \frac{5 P_0 + 8 P_0}{2} \cdot 6 V_0 = 39 P_0 V_0$$

$$A_{23} = 0 \quad (\text{т.к. } V = \text{const})$$

$$A_{31} = - \frac{2 P_0 + 8 P_0}{2} \cdot 6 V_0 = -30 P_0 V_0$$

$$A_{\text{цикл}} = 39 P_0 V_0 - 30 P_0 V_0 = 9 P_0 V_0$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{\text{цикл}}} = \frac{9}{9} = 1$$

2) Найдем зависимость Температуры от объема в

процессе 1-2:  $p(V) = 12 P_0 - \frac{P_0}{2 V_0} V$  — уб-ва  $p$  от  $V$ .

Коэф. можно определить из графика.

Ур-е макс:  $12 P_0 V - \frac{P_0}{2 V_0} V^2 = \nu R T \Rightarrow T(V) = \frac{12 P_0}{\nu R} V -$

$$- \frac{P_0}{2 \nu R V_0} V^2 \Rightarrow V_* = \frac{12 P_0 / \nu R}{2 \cdot \frac{P_0}{2 \nu R V_0}} = 12 V_0 \text{ — при этом}$$

объеме будет макс. температура.

$$T(12 V_0) = \frac{144 P_0 V_0}{\nu R} - \frac{144}{2} \frac{P_0 V_0}{\nu R} = \frac{72 P_0 V_0}{\nu R}$$

Ур-е макс при состоянии 3:  $28 P_0 V_0 = \nu R T_3 \quad T_3 = 28 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$

$$\frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$$



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 9

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) Температура повышается к газу ~~только~~ в процессе 1-2 и 3-4, т.к. в этих процессах происходит расширение с адiabатами.   
 1-е пол. термодинамики.

$$1-2: \delta Q = p dV + \frac{3}{2}(p dV + V dp) \sim \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp \quad | : dV$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{5}{2} p + \frac{3}{2} V \frac{dp}{dV} = \frac{5}{2} (12 p_0 - \frac{p_0}{2 V_0} V) - \frac{3}{2} V \cdot \frac{p_0}{2 V_0} = 0$$

$$30 p_0 = \frac{9 p_0 V}{2 V_0} \Rightarrow V = \frac{15}{2} V_0 \quad \text{т.к. } V \leq \frac{15}{2} V_0 \text{ температура в 1-2 пол.}$$

$$3-1: p(V) = 16 p_0 - \frac{p_0 V}{V_0}$$

температура повышается во всех процессах.

$$\delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{5}{2} V dp \quad | : dV \leftarrow 1-\text{е пол. термодинамики.}$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{5}{2} p + \frac{5}{2} V \frac{dp}{dV} = 40 p_0 - \frac{5}{2} \frac{p_0 V}{V_0} + \frac{5}{2} \frac{p_0 V}{V_0} = 0$$

$$V = 10 V_0 \quad \text{т.к. } V > 10 V_0 \text{ температура в 3-1 пол.}$$

$$3-1: Q_{\text{пол.}} = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 28 p_0 V_0) - 8 p_0 V_0 = 88 p_0 V_0$$

$$1-2: Q_{\text{пол.}} = \frac{3}{2} (70 p_0 V_0 - 64 p_0 V_0) + 39 p_0 V_0 = 48 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\text{пол.}}}{(48 + 88) p_0 V_0} = \frac{9}{136}$$

Ответ: 1) 1; 2)  $\frac{18}{2}$ ; 3)  $\frac{9}{136}$



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 9

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!

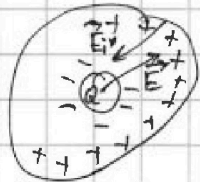
23

1) Диэлектрик является сферическим шаром, <sup>т.к. произойдет поляризация</sup> ~~поверхности~~   
 которого увеличатся поле заряда в  $\epsilon$  раз:

$$\frac{kQ}{\epsilon x^2} = \frac{kQ}{x^2} - E_{in} \Rightarrow E_{in} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kQ}{\epsilon x^2} = \frac{kQ}{x^2} \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} = \frac{kQ_-}{x^2} \rightarrow$$

$\Rightarrow Q_- = Q \frac{\epsilon-1}{\epsilon}$  - сферический заряд у поверхности. Напряженность

поле сф. зарядов у пов-ти  $R$  равно 0 внутри шара.



$-Q_- = Q_+$  - заряды на внут. и внеш.

пов-ти шара, т.к. по закону Гаусса суммарный заряд равен 0.

I) Если  $r < \frac{R}{3}$ , то  $\varphi_{\Sigma} = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}{x} + \frac{kQ \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}{R}$

II) Если  $\frac{R}{3} < r < \frac{2R}{3}$ , то  $\varphi_{\Sigma} = \begin{cases} -\frac{kQ \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}{r} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R} + \frac{kQ}{x} & \text{при } x \leq \frac{R}{3} \\ \frac{kQ}{x} - \frac{kQ \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}{x} + \frac{kQ \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}{R} & \text{при } x > \frac{R}{3} \end{cases}$

т.е. будет разрыв функ-и, который нет на графике.

III) Если  $r > \frac{R}{3}$ , то  $\varphi_{\Sigma} = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon r} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$

2) I.)  $\frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R} = \varphi(x)$

$5\varphi_0 = \frac{3kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R} = \frac{k\epsilon Q + 2kQ}{\epsilon R}$

$4\varphi_0 = \frac{3}{7} \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{2kQ(\epsilon-1)}{2\epsilon R} = \frac{2k\epsilon Q + kQ}{2\epsilon R}$

$\frac{5}{4} = 2 \cdot \frac{k\epsilon Q + 2kQ}{2k\epsilon Q + kQ}$

$\frac{5}{8} (2kQ \epsilon + kQ) = kQ \epsilon + 2kQ$

$\frac{kQ}{4} \epsilon = 2kQ - \frac{5}{8} kQ = \frac{11}{8} kQ \Rightarrow \epsilon = \frac{11}{2}$

III.

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 9

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!

$$\text{III: } 5\varphi_0 = \frac{3kQ}{R} - \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon r} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon k}$$

$$4\varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{kQ}{R} - \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon r} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon R}$$

$$\frac{5}{4} = \frac{\frac{3}{2} - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon r} + \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon R}}{\frac{3}{2k} - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon r} + \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon R}} \Rightarrow \frac{15}{8} \frac{1}{R} + \frac{5}{4} \left( \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon R} - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon r} \right) = \frac{3}{2R} + \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon R} - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon r}$$

$$\left( \frac{15}{8} - 3 \right) \frac{1}{R} = -\frac{3}{8} \frac{1}{R} = \frac{1}{4} \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{r-R}{rR}$$

$$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} = \frac{9}{2} \frac{rR}{r-R} \cdot \frac{1}{R} = \frac{9r}{2(r-R)}$$

$$1 - \frac{1}{\varepsilon} = \frac{9r}{2(r-R)}$$

$$\frac{1}{\varepsilon} = 1 - \frac{9r}{2(r-R)} = \frac{2R-11r}{2(r-R)}$$

$$\varepsilon = \frac{2(r-R)}{2R-11r}$$

Ответ: 1) Если  $r < \frac{R}{3}$ , то  $\varphi = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon x} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon k}$

Если  $\frac{R}{3} < r < \frac{2R}{3}$ , то  $\varphi = \left. \begin{array}{l} \frac{kQ}{x} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon k} - \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon r}, x \leq \frac{R}{3} \\ \frac{kQ}{x} - \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon r} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon k}, x > \frac{R}{3} \end{array} \right\}$

Если  $r > \frac{2R}{3}$ , то  $\varphi = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon r} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon k}$

2) Если  $r < \frac{R}{3}$ , то  $\varepsilon = \frac{11}{2k}$

Если  $r > \frac{2R}{3}$ , то  $\varepsilon = \frac{2(r-R)}{2R-11r}$





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 9

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!

24

1) Запишем ЭДС инд. ген. 1-й катушки:

$$\mathcal{E}_{i1} = \frac{d}{dt} (\underbrace{\Phi_{\text{соб}}}_{\text{собств. поток}} + \underbrace{\Phi_{\text{внеш}}}_{\text{внеш. поток}})$$

$$\Phi_{\text{соб}} = LI, \quad \Phi_{\text{внеш}} = nBS$$

$$\mathcal{E}_i = LI + n\alpha S$$

2-е урав. Кирхгофа:  $-\mathcal{E}_{i1} + \mathcal{E}_{i2} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow LI + n\alpha S = 16LI$  (внеш. поток 2-й катушки не меняется.)

$$i = \frac{n\alpha S}{15L}$$

2) 2-е урав. Кирхгофа:  $L \frac{dI}{dt} + nS \frac{dB_1}{dt} = 16LI + 4nS \frac{dB_2}{dt} \quad | \cdot dt$

$$\int_0^I L dI + \int_{B_0}^{B_1} nS dB_1 = 16 \int_0^I L dI + \int_{B_0}^{B_2} 4nS dB_2$$

$$LI - \frac{2}{3} B_0 nS = 16LI - \frac{3}{4} nB_0 S$$

$$15LI = \frac{1}{12} nB_0 S \Rightarrow I = \frac{nB_0 S}{180L}$$

Ответ: 1)  $\frac{n\alpha S}{15L}$  2)  $\frac{nB_0 S}{180L}$

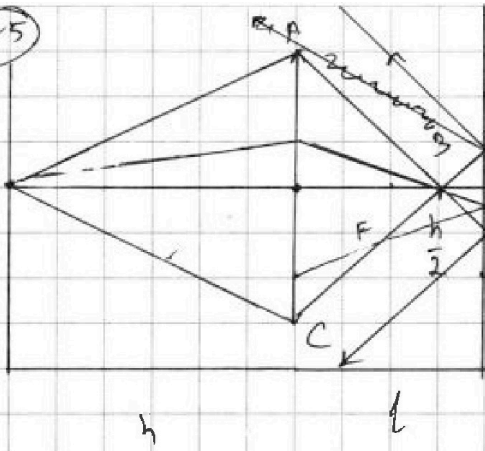


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
7 ИЗ 9

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!

(25)



1) Рисуем 2 крайних луча, проходящих через линзу:

$\varphi$ -ая тонкая линза:

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{h}$$

$$f = \frac{h}{2} \quad \text{Тогда будет}$$

иметь форму <sup>2000?</sup> окр.  $\text{Коллинг}$  её диаметр-у

подобна  $\Delta ABC$  и  $\Delta A_1 B_1 C_1$ :

$$\frac{A_1 C_1}{AC} = \frac{l - \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}} \Rightarrow AC = 2r \cdot \frac{2l - h}{h}$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot 4r^2 = \left( \frac{2l - h}{h} \right)^2 =$$

$$= \pi r^2 \cdot \frac{1}{9} = \frac{\pi r^2}{9}$$

2) После ~~отражения~~ <sup>отражения</sup> от зеркала ~~лучей~~ <sup>лучей</sup> светит свету, пройдя через линзу. То есть, необходимо найти площадь

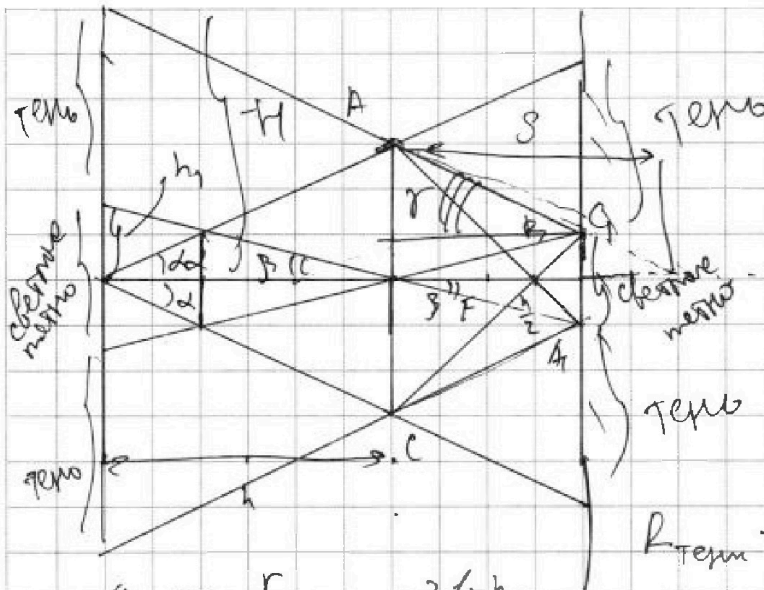


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
8 ИЗ 9

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!



Т.О. имеем 2  
темных пятна в фокусе  
шпр.

$\triangle ABE \sim \triangle A_1B_1E_1$ :

$$\frac{A_1E_1}{2r} = \frac{l-h}{\frac{r}{2}}$$

$$\frac{A_1E_1}{2} = r \cdot \frac{2(l-h)}{r}$$

$$R_{\text{темн}} = (h+l) \operatorname{tg} \alpha - \frac{A_1E_1}{2} =$$

$$= \underbrace{(h+l)}_{\frac{5}{3}h} \cdot \frac{r}{h} - \underbrace{r \cdot \frac{2(l-h)}{h}}_{r \cdot \frac{1}{3}} = \frac{5}{3}r - \frac{r}{3} = \frac{4}{3}r$$

$$S_{\text{темн}} = 2 \cdot \pi R_{\text{темн}}^2 = \frac{32}{9} \pi r^2 =$$

$$= \frac{32}{9} \pi \cdot 25 \text{ см}^2 = \frac{800}{9} \pi \text{ см}^2$$

света

2.) Рассмотрим светлое место как источник, смещенный в двойном фокусе  $\Rightarrow$  изображение будет таким же по размеру. Темн будем иметь форму окружности.

Определим  $h_1$ :  $h_1 = h \operatorname{tg} \beta$ ,  $\operatorname{tg} \beta = \frac{A_1E_1}{2l} = \frac{r/3}{2h} = \frac{r}{4h} \Rightarrow h_1 = \frac{hr}{4}$ .

$$S = r \operatorname{tg} \gamma \Rightarrow H = (h+S) \operatorname{tg} \gamma = h \operatorname{tg} \gamma + r$$

$$R_{\text{темн}} = H - h_1 = h \operatorname{tg} \gamma + \frac{r}{2}, \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{r - A_1E_1/2}{l} = \frac{\frac{2}{3}r}{l} = \frac{2r}{3l} = \frac{r}{3h}$$

$$S_{\text{темн}} = 2\pi \left( h \cdot \frac{r}{3h} + \frac{r}{2} \right)^2 = 2\pi \cdot \frac{9}{4} r^2 = \frac{9}{2} \pi r^2$$

Ответы: 1)  $\frac{800}{9} \pi \text{ см}^2$ , 2)  $\frac{9}{2} \pi \text{ см}^2$ .

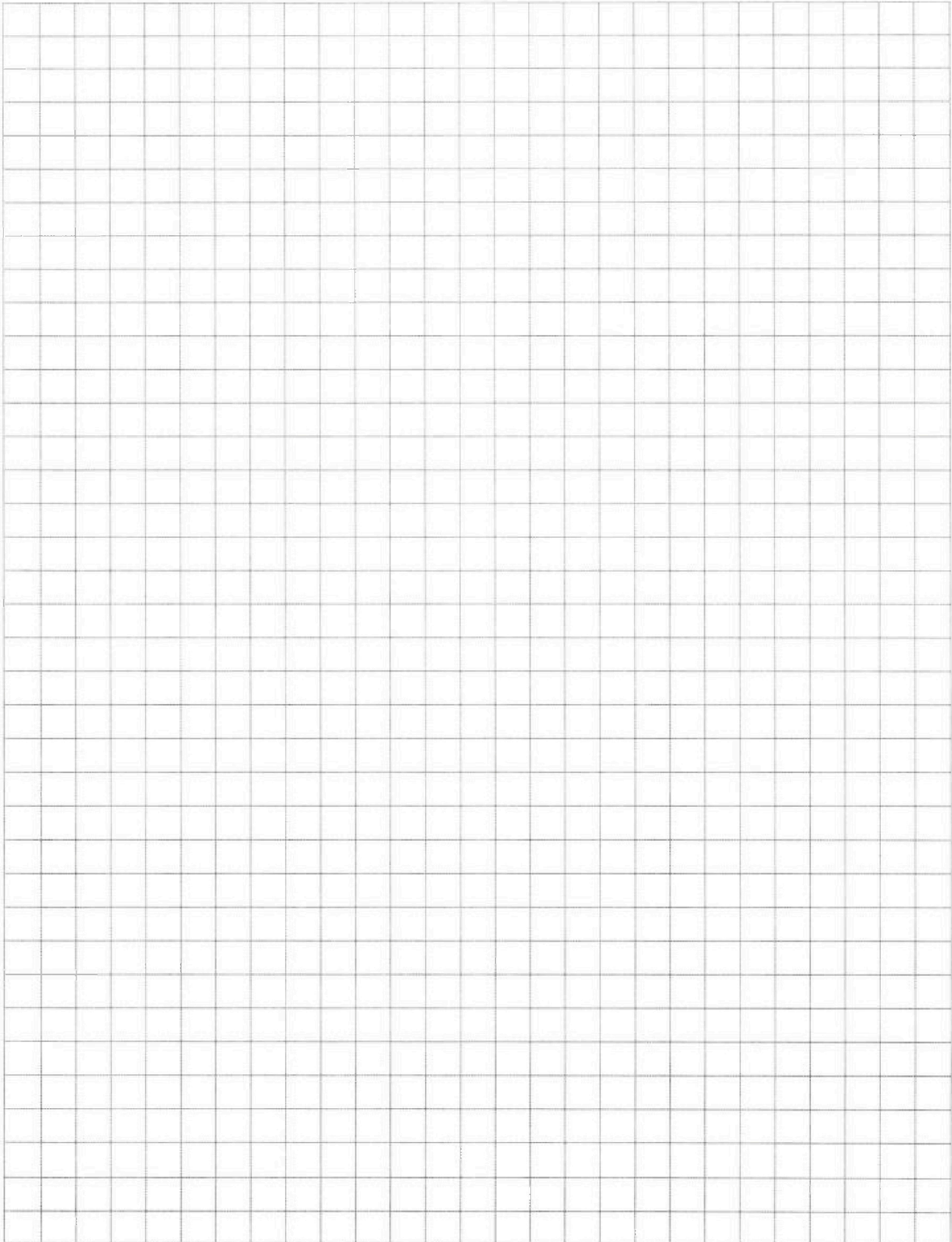


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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!





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!

②

$$1) \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} \quad ? \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (5 \cdot 14 P_0 V_0 - 64 P_0 V_0) = 12 P_0 V_0 \quad \rightarrow \frac{9}{4} = \frac{12 \cdot 9}{4 \cdot 9} = \frac{3}{1}$$

$$A_{12} = \frac{9 P_0 V_0}{13 P_0}$$

$$A_{12} = \frac{5 P_0 + 8 P_0}{2} \cdot 6 V_0 = 39 P_0 V_0$$

$$A_{23} = 0$$

$$A_{31} = -\frac{1}{2} (8 P_0 + 2 P_0) \cdot 6 V_0 = -30 P_0 V_0$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{12}{39} = \frac{4}{13}$$

$$P(V) = a - 8V$$

$$8 P_0 = a - 8 \cdot 6V_0$$

$$5 P_0 = a - 14 \cdot 6V_0 \quad \frac{3 P_0}{0} = 6$$

2.  $T_{max} \quad 6 \cdot 1 - 2 \quad ? \quad 1-2: P(V) = P_1 + \frac{3 P_0}{6 V_0} V = 12 P_0 - \frac{P_0}{2 V_0} V$

$$\frac{3}{4} - \frac{2}{3} = \frac{9-8}{12}$$

$$P(8V_0) = 8 P_0 = P_1 - \frac{3 P_0}{8} \cdot 8 = P_1 - 3 P_0$$

$$P_1 = 12 P_0$$

$$12 P_0 V_0 - \frac{P_0 V^2}{2 V_0} = \nu R T$$

$$T = \frac{12 P_0 V}{\nu R} - \frac{P_0 V^2}{2 \nu R V_0}$$

$$V_{T_{max}} = \frac{12 P_0}{\frac{\nu R}{2} \cdot \frac{P_0}{2 \nu R V_0}} = 12 V_0$$

$$T_{max} = \frac{144 P_0 V_0}{\nu R} - \frac{144}{2} \frac{P_0 V_0}{\nu R} = \frac{72 P_0 V_0}{\nu R}$$

$$2 P_0 \cdot 14 V_0 = \nu R T_3$$

$$T_3 = \frac{28 P_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_m}{T_3} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$$

1-2:  $Q_{12} = A + \Delta U = p dV + \frac{3}{2} (p dV + V dP)$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{5p}{2} + V \frac{dP}{dV} = \frac{5}{2} (12 P_0 - \frac{P_0}{2 V_0} V) + V \cdot (-\frac{3 P_0}{4 V_0}) =$$

$$= 30 P_0 - \frac{5}{4} \frac{P_0 V}{V_0} - \frac{3 P_0 V}{4 V_0} = 0$$

$$30 P_0 = \frac{7}{4} \frac{P_0 V}{V_0} \quad V = \frac{120}{7} P_0 V_0 \quad \text{т.к. } V < V_2 \quad \delta Q > 0$$

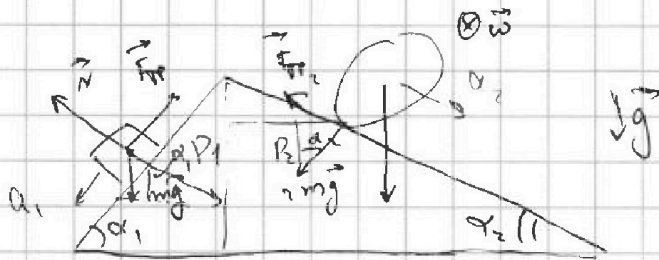


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ 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!



$$1) \begin{cases} ma_1 = mg \sin \alpha_1 - \mu N \\ N = mg \cos \alpha_1 \end{cases} \quad ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{fr}$$

$$\frac{3}{5} - \frac{6}{13} = \frac{39-30}{65} = \frac{9}{65}$$

$$F_{fr} = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{6}{13}g) = mg \cdot \frac{9}{65} = \frac{9mg}{65}$$

$$\begin{aligned} 25 \cdot 120 &= \\ - 2 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 30 &= \\ &= 3000 \end{aligned}$$

$$2) mR^2 \varepsilon = F_{fr} R \quad F_{fr} = mR \varepsilon$$

$$\omega = \varepsilon t$$

$$v_{fr} = \varepsilon R t$$

$$v_n = \omega a_2 t$$

$$\varepsilon R t = a_2 t \quad \varepsilon = \frac{a_2}{R}$$

$$F_{fr} = ma_2$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ 25 \\ \hline 845 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 645 \\ 338 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$2ma_2 = 2m g \sin \alpha_2 - F_{fr2}$$

$$F_{fr2} = 2m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 2mg \left( \frac{5}{13} - \frac{1}{4} \right) = 2mg \cdot \frac{7}{52} = \frac{14}{52} mg$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ 12 \\ \hline 338 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2028 \\ 69 \\ \hline \end{array}$$

$$P_1 \sin \alpha_1 = P_2 \sin \alpha_2 = F_{fr}$$

$$F_{fr} = mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - 2mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 =$$

$$P_1 = N_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$N_2 = 2mg \cos \alpha_2 = mg \cdot \frac{3 \cdot 4}{25} - 2mg \cdot \frac{5 \cdot 12}{169} =$$

$$= \left( \frac{12}{25} - \frac{120}{169} \right) mg = \frac{2028 - 3000}{4225} mg = \frac{72}{4225} mg$$

$$\varepsilon R t = a_2 t$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ 169 \\ \hline 101 \\ 169 \\ \hline 270 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 144 \\ 720 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ 25 \\ \hline 845 \\ 238 \\ \hline 3225 \end{array}$$

$$7200 = 4225$$

$$\begin{array}{r} 2704 \\ 4296 \\ \hline 2900 \end{array}$$

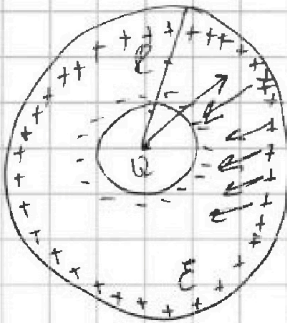


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{kQ^2}{\epsilon x^2} = \frac{kQ}{x^2} - E_p \Rightarrow E_p = \frac{kQ}{x^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{x^2}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R}$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = E \quad \varphi = -\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{x}$$

25.13

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{x} = \frac{\epsilon kQ}{\epsilon x} - \frac{(\epsilon - 1)kQ}{\epsilon x} = \frac{kQ}{\epsilon x}$$

4.13

$$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = \frac{kQ_0}{\epsilon 5R}$$

$$E_{in} = \frac{kQ_+}{x^2} + E_- = E_- = \frac{kQ_-}{x^2} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{x^2}$$

36  
100  
8

$$\varphi_{\epsilon} = \frac{kQ}{x} + \frac{k \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} Q}{R} - \frac{k \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} Q}{x}$$

100  
8  
5  
0

$$= \frac{\epsilon kQ}{\epsilon x} - \frac{(\epsilon - 1)kQ}{\epsilon R} + \frac{k(\epsilon - 1)Q}{\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{k(\epsilon - 1)Q}{\epsilon R}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 5\varphi_0 = \frac{3kQ}{\epsilon R} + \frac{3k(\epsilon - 1)Q}{R}$$

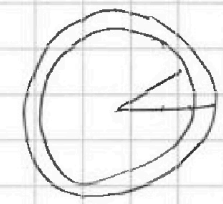
2  
9  
4  
4  
0  
1  
9  
9  
6

$$\varphi\left(\frac{2}{3}R\right) = 4\varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{3k(\epsilon - 1)Q}{R}$$

$\Rightarrow E$

Если  $r < \frac{2R}{3}$ , то  $\varphi(r) = \frac{kQ}{x} - \frac{q}{r} + \frac{kq}{R}$

Если  $\frac{2R}{3} < r < \frac{2R}{3}$ , то ?



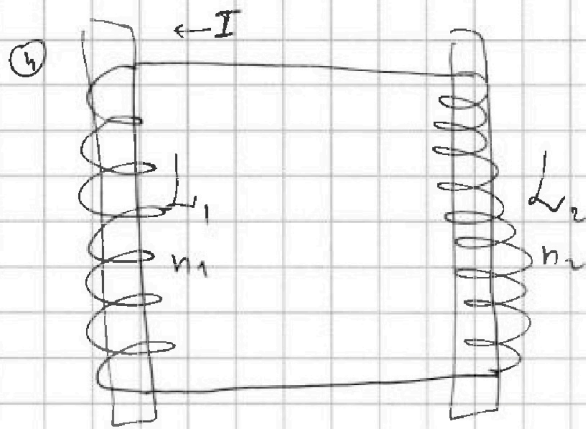


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

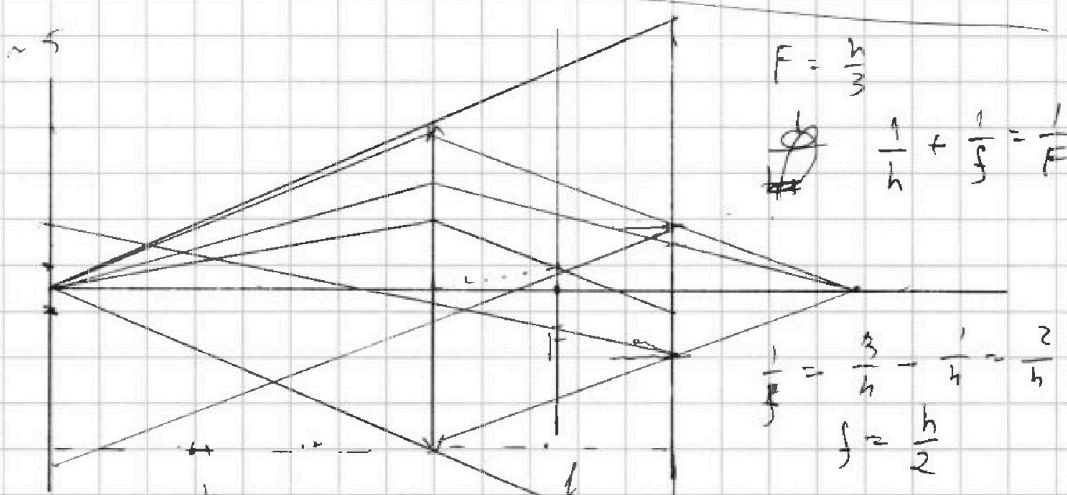
СТРАНИЦА  
ИЗ

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!



$L_1 = L$   
 $L_2 = 16L$   
 $n_1 = n$   
 $n_2 = 4n$   
 $S \cdot \frac{dB}{dt} = \text{const.}$   
 взаимноиндукцией можно  
 пренебречь.  
 $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi_2}{dt}$

1)  $\frac{dB}{dt} = \alpha > 0$   $\frac{\Delta I}{\Delta t} = ?$   
 $\Phi_1 + \Phi_2 = 0 = \text{const}$   
 $0 = \frac{d\Phi_1}{dt}$   
 $\Phi_2 = \Phi_{in} + \Phi_{out}$   
 $\Phi_1 = L_1 I_1$   
 $B = \mu n I = \mu \frac{NI}{L}$   
 $\Phi = \mu N^2 I S / L = \Phi_{in}$   
 $\Phi_{out} = B n S$   
 $L = \Phi / I$   
 $\Phi = LI$   
 $\mathcal{E} = L \dot{I}_1$ ,  $\dot{I}_1 = \frac{\mathcal{E}}{L_1}$   
 $\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$   
 $\frac{1}{f} = \frac{3}{h} - \frac{1}{4} = \frac{2}{h}$   
 $f = \frac{h}{2}$



$\frac{d}{2r} = \frac{\frac{h}{2} - \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}} \Rightarrow S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot 4r^2 \left(\frac{h-2r}{h}\right)^2 = \pi r^2 \cdot \left(\frac{h-2r}{h}\right)^2$   
 $d = 2r \cdot \frac{h-2r}{r}$





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 \_\_\_

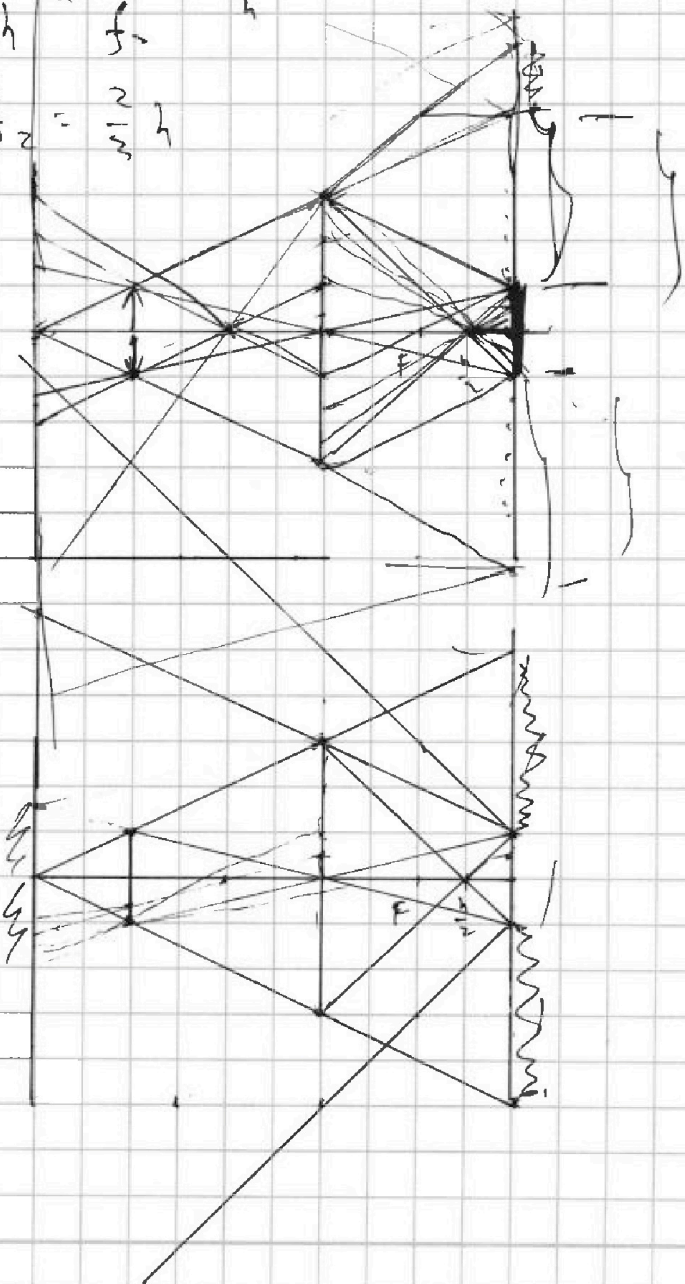
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$Q_2 = \frac{3}{2} b$$

$$2 \cdot \frac{2}{5} h - h = \frac{\frac{1}{5} h}{h} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{3}{2} h + \frac{1}{5} = \frac{3}{5}$$

$$f_2 = \frac{2}{5} h$$



5625  
625

$$R = h \cdot g \cdot r - \frac{r}{2} = (h + r \cdot g \cdot r) \cdot g \cdot r$$

$$S = r \cdot g \cdot r$$

$$H = (h + r \cdot g \cdot r) \cdot g \cdot r$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_1}{2} &= \frac{r}{2} h \\
 \frac{A_2}{2} &= \frac{r}{2} h \\
 h_1 &= \frac{r}{2}
 \end{aligned}$$



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!

$\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$   
 $f = \frac{h}{2}$

$\mathcal{E}_i = \frac{d}{dt} (LI + BnS) = L\dot{I} + \alpha nS =$   
 $= 16L\dot{I}$

$\dot{I} = \frac{\alpha nS}{15L}$

$B_1: B_0 \rightarrow B_0/3$       $L\dot{I} + nS \frac{dB_1}{dt} = 16L\dot{I} + 4nS \frac{dB_1}{dt}$   
 $B_2: 3B_0 \rightarrow \frac{3B_0}{4}$       $\frac{1}{2} \cdot 15L dI = -3nS \frac{dB_1}{dt} - 4nS \frac{dB_2}{dt}$

$15L\dot{I} = -nS \cdot \frac{2B_0}{3} + 4nS \cdot (3 - \frac{3}{4}) \frac{B_0}{4} = nSB_0 \cdot \frac{2}{3} + 3nSB_0 =$   
 $= \frac{7}{3} B_0 nS$

$I = \frac{7}{15} \frac{B_0 nS}{L}$       $\frac{60 - 28}{2} = 37.3$   
 $36 - 8 = 28$

$1-3: p(V) = 16P_0 - \frac{P_0}{V_0} V$       $40P_0 - \frac{5}{2} \frac{P_0 V}{V_0} + \frac{3}{2} V \cdot (-\frac{P_0}{V_0}) = 0$   
 $40P_0 = 4 \frac{P_0}{V_0} V$   
 $V = 10V_0$

$\delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$   
 $\frac{\delta Q}{dV} = \frac{5}{2} p + \frac{3}{2} V \frac{dp}{dV} = 0$   
 $60P_0 V_0 = 2RT$       $Q = \frac{3}{2} RT (\frac{60P_0 V_0}{2R} - \frac{28P_0 V_0}{2R}) + A = 0$   
 $A = \frac{1}{2} V_0 \cdot 4P_0 = 2P_0 V_0$