



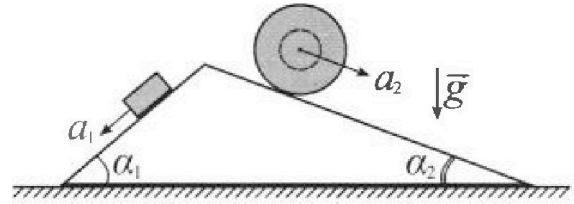
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

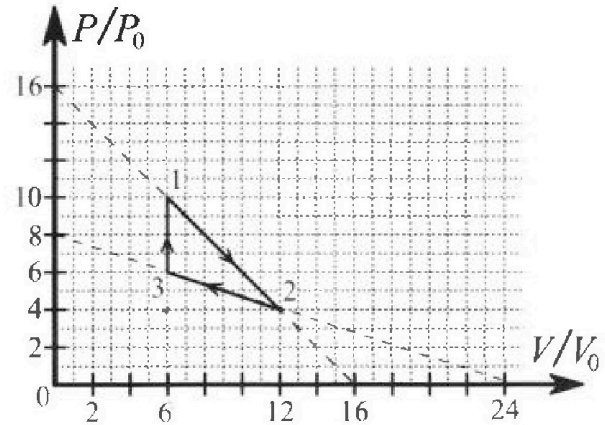
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$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

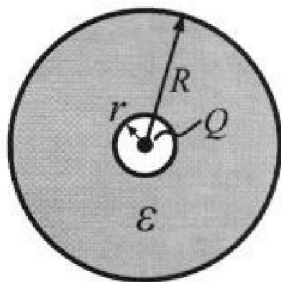
2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.



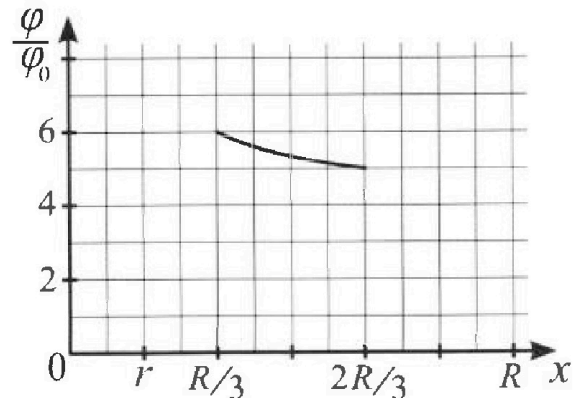
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  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  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



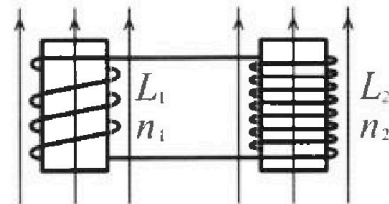
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

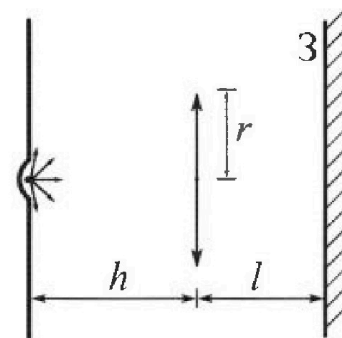


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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  $[\text{см}^2]$  в виде  $u\pi$ , где  $u$  - целое число или простая обыкновенная дробь.

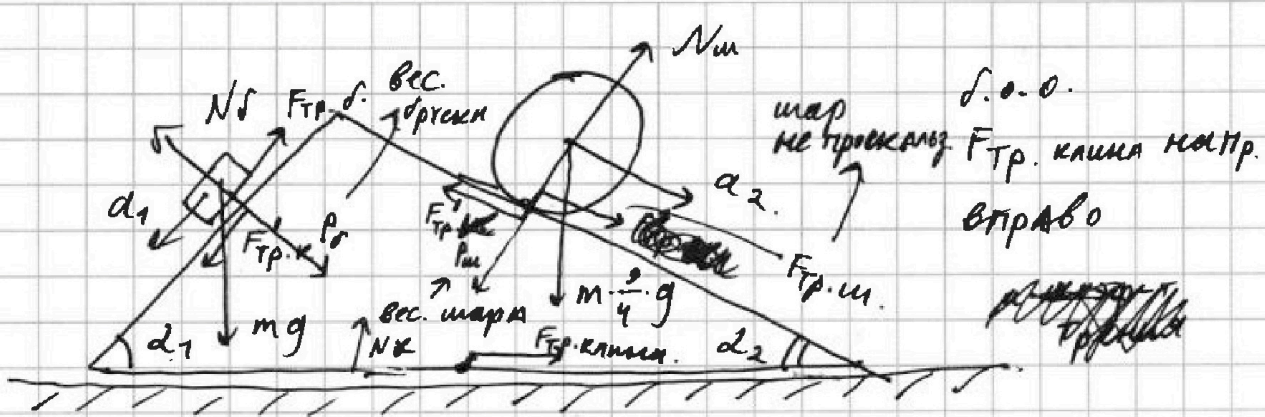


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

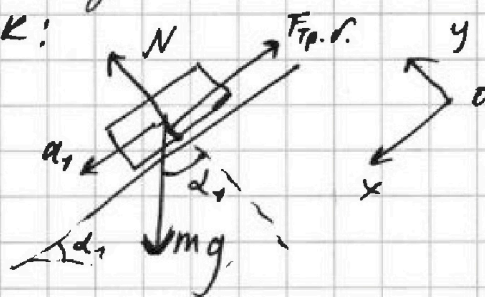
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!



рассм. по отдельности; учитывая, что клин не движ.

бруска:



2-ой закон Ньютона на оси:

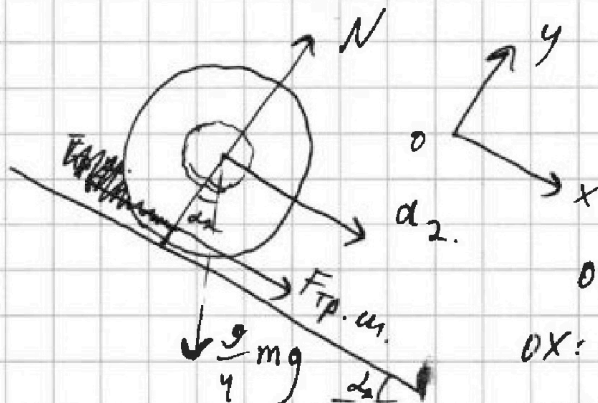
$$OX: ma_1 = mg \sin(\alpha_1) - F_{тр.д}$$

$$OY: 0 = N - mg \cos(\alpha_1)$$

формула

$$1) F_{тр.д} = mg \sin(\alpha_1) - ma_1 = m \left( g \cdot \frac{3}{5} - g \cdot \frac{5}{17} \right) = \frac{26}{85} mg$$

шар:



2-ой закон Ньютона на оси:

$$OX: \dots$$

$$OX: \frac{2}{4} m a_2 = F_{тр.ш} + \frac{2}{4} mg \sin(\alpha_2)$$

$$OY: 0 = N - \frac{2}{4} mg \cos(\alpha_2)$$

$$2) F_{тр.ш} = -\frac{2}{4} mg \sin(\alpha_2) + \frac{2}{4} m a_2 = m \cdot \frac{2}{4} \left( \frac{8}{27} g - g \cdot \frac{8}{17} \right) = -mg$$

= -mg. (т.е. сила тр. не разгоняет шар, а тормозит.)



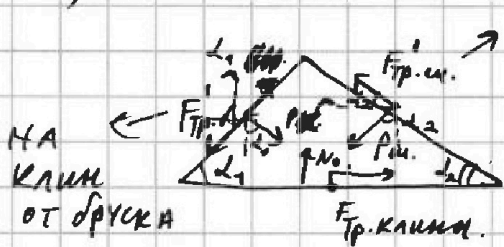
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

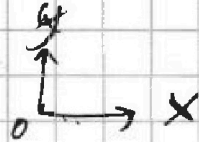
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3) КЛИН:



на клин от шара

нас интересуют  
только проекции  
на ось OX.



2-ой закон Ньютона.

$$P \cdot \sin(\alpha_1) - P_{ш} \cdot \sin(\alpha_2) - F'_{тр.д} \cdot \cos(\alpha_1) - F'_{тр.ш} \cdot \cos(\alpha_2) + F_{тр.клин} = 0$$

по 3-му закону Ньютона:

$$F_{тр.клин} = \frac{135}{68} \cdot \frac{8}{17} \cdot mg +$$

$$+ \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} \cdot mg - \frac{15}{72} \cdot \frac{20}{51} \cdot mg$$

$$P_{ш} = N_{ш} = \frac{9}{4} mg \cos(\alpha_2) = \frac{135}{68} mg$$

$$P_{д} = N_{д} = mg \cos(\alpha_1) = \frac{4}{5} mg$$

$$F'_{тр.д} = F_{тр.д} = \frac{26}{85} mg$$

$$F'_{тр.ш} = F_{тр.ш} = \frac{20}{51} mg$$

$$- \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} mg =$$

$$I = \frac{276}{289} \cdot mg + \frac{104}{425} mg - \frac{700}{289} mg - \frac{12}{25} mg = \frac{170}{289} = \frac{10}{17}$$

$$F_{тр.клин} = mg \cdot \left( \frac{10}{17} + \frac{104}{25 \cdot 17} - \frac{12 \cdot 17}{25 \cdot 17} \right) = mg \left( \frac{10}{17} - \frac{100}{25 \cdot 17} \right) = \frac{6}{17} mg$$

Ответ: 1)  $F_{тр.д} = \frac{26}{85} mg$   
 2)  $F_{тр.ш} = \frac{20}{51} mg$   
 3)  $F_{тр.клин} = \frac{6}{17} mg$



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  
7 ИЗ 4

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

$$1) |A_y| = S_{\text{графика}} \cdot p(V) \Rightarrow |A_y| = \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 6P_0 - \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 2P_0 = 3V_0(6P_0 - 2P_0) = \underline{\underline{12V_0P_0}}$$

при этом заметим, что

$$A_y > 0 \text{ т.к. } A_{3-1} = 0 (\Delta V_{3-1} = 0)$$

$$A_{1-2} > A_{2-3} \left( \begin{array}{l} P_{1,2} > P_{2,3} \text{ (V-V) / (T-КА)} \\ \Delta V_{1-2} > 0; \Delta V_{2-3} < 0 \end{array} \right) \Rightarrow \boxed{A_y = 12P_0V_0}$$

$$\Delta U_{1,2} = C_V \Delta T_{1,2} = \frac{3}{2} R \Delta T_{1,2} \quad \left( \begin{array}{l} i = \frac{3}{2} \\ \text{-ид. одноат. газ} \end{array} \right)$$

ур-е менд.-Клайп. для ~~каждой~~ точек 1, 2, 3:

$$1: 10P_0 \cdot 6V_0 = \sqrt{R} T_1$$

$$2: 4P_0 \cdot 12V_0 = \sqrt{R} T_2$$

$$3: 6P_0 \cdot 6V_0 = \sqrt{R} T_3$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{60 P_0 V_0}{\sqrt{R}}$$

$$T_2 = \frac{48 P_0 V_0}{\sqrt{R}}$$

$$T_3 = \frac{36 P_0 V_0}{\sqrt{R}}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{1,2} = T_2 - T_1 = -12 \frac{P_0 V_0}{\sqrt{R}}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{1-2} = -\frac{3}{2} \cdot 12 \cdot P_0 V_0 = -18 P_0 V_0$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \left| \frac{\Delta U_{1-2}}{A_y} \right| = \left| \frac{-18 P_0 V_0}{12 P_0 V_0} \right| = \frac{3}{2}}$$

2) рассм. процесс 1-2. т.к. ~~нет~~ произв. P-V для ~~любой~~ <sup>нечет. точек</sup>

1-2  $\geq$  ~~каждой~~ процв. P-V любой т-ки процессов 2-3 и 3-1

$\Rightarrow$  макс. темп. достигалась в ней. <sup>(на 3-1)</sup> <sub>(мон. увелич)</sub>  $\Rightarrow$  нет макс.

выраз. T из ур. менд.-Клайп.  $T = \frac{PV}{\sqrt{R}}$

теперь ~~выраз.~~ <sub>сост. аналитич.</sub> <sup>зав-ты</sup>

$$\frac{P}{P_0} \left( \frac{V}{V_0} \right) \text{ на ур-ке } 1-2:$$

$$\frac{P}{P_0} = 16 - \frac{V}{V_0} \cdot 1 \Rightarrow P = 16P_0 - V \cdot \frac{P_0}{V_0} \left[ \frac{P(V)}{V_0} \right]$$

$\Rightarrow$  получ. зав-ты



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 4

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

подет.  $P(V)$  в  $T(P, V)$ .

$$T = \frac{V \left( 16 P_0 - V \cdot \frac{P_0}{V_0} \right)}{\gamma R} = \frac{1}{\gamma R} \left( 16 P_0 \cdot V - V^2 \frac{P_0}{V_0} \right)$$

тогда:  $T_{\max}$  будет при  $T' = 0 = \left( 16 P_0 - 2 V_x \frac{P_0}{V_0} \right) \frac{1}{\gamma R}$

$$\Rightarrow T_{\max} = \frac{8 V_0 \left( 16 P_0 - 8 V_0 \cdot \frac{P_0}{V_0} \right)}{\gamma R} \quad V_x \frac{P_0}{V_0} = 8 P_0 \Rightarrow \boxed{V_x = 8 V_0}$$

$\Rightarrow$  до т-ки  $(8 V_0; 8 P_0)$  темп росла  
а после ~~температура~~ ~~падала~~ ~~процесс~~ ~~идет~~ ~~так~~ ~~же~~. (при  $V < 8 V_0$ :  $T' > 0$ ; при  $V > 8 V_0$ :  $T' < 0$ )

$$\Rightarrow \lambda = \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{\frac{64 P_0 V_0}{\gamma R}}{\frac{36 P_0 V_0}{\gamma R}} = \frac{64}{36} = \left( \frac{8}{6} \right)^2 = \left( \frac{4}{3} \right)^2 = \frac{16}{9}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{16}{9}}$$

3) теперь так же (на наличие т-ки ~~находим~~ ~~исслед.~~ ~~extr.~~) исслед. процесс 2-3:

$$\frac{P}{P_0} = 8 - \frac{1}{3} \frac{V}{V_0} \Rightarrow \boxed{P = 8 P_0 - \frac{1}{3} V \cdot \frac{P_0}{V_0}}$$

$$T = \frac{8 V P_0 - \frac{1}{3} V^2 \frac{P_0}{V_0}}{\gamma R} \Rightarrow T' = \frac{1}{\gamma R} \left( 8 P_0 - \frac{2}{3} V_x' \frac{P_0}{V_0} \right) = 0$$

$\rightarrow$  в процессе 2-3.

$\Delta U_{\text{изл}} > 0$ ;  $A_r < 0$  (вст)

вспомог.

тогда, для расчёта КПД ~~необх~~ ~~определить~~  $\Rightarrow$  внутр. энерг. растёт ~~или~~ ~~вдоль~~ ~~процесс.~~

т-ки, на которых энергия подводиться.

$$8 P_0 = \frac{2}{3} V_x' \frac{P_0}{V_0}$$

$$\boxed{V_x' = 12 V_0}$$

(при  $V < 12 V_0$ )  
 $T' > 0$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 4

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

рассм. на чч-ке 3-1:  $A_{\Gamma} = 0$ ;  $\Delta U_{3-1} > 0$   
 $\Rightarrow$  тепло подводилось.

тогда рассм.  $(E_{\Gamma})'$  для процессов 1-2 и 2-3:

полн.  
энерг. газа

$$E_{\Gamma} = \frac{3}{2} \nu R T \Rightarrow E_{\Gamma} \sim T$$

$$\Rightarrow \Delta E_{\Gamma} = Q \Rightarrow Q' \sim T'$$

~~$E_{\Gamma} = \frac{3}{2} \nu R T$~~   ~~$(E_{\Gamma})' = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$~~

$\Rightarrow$  экстр.  $Q$  и  $T$  совпад.  $\Rightarrow$  из наших предмуд.  
 рассуждений: (а так же чч-ки монот-ти)

1-2: [6; 8] - энерг. подв.-св.; [8; 12] - отвод-св.

2-3: ~~на~~ весь процесс подводилась энергия.

$$\Rightarrow \int = \frac{A_{\Sigma}}{\Delta U_{3-1} + \Delta U_{1-\max} + A_{\Gamma_{1-\max}} + \Delta U_{2-3} + A_{\Gamma_{2-3}}}$$

$$\Delta U_{3-1} = \frac{3}{2} R \cdot \nu \cdot \left( \frac{60 P_0 V_0}{\nu R} - \frac{36 P_0 V_0}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} \cdot 24 \cdot P_0 V_0 = 36 P_0 V_0$$

от т-ки 1 go экстр.  $\Delta U_{1-\max} = \frac{3}{2} R \nu \left( \frac{64 P_0 V_0}{\nu R} - \frac{60 P_0 V_0}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} \cdot 4 P_0 V_0 = 6 P_0 V_0$

$A_{\Gamma_{1-\max}} = 2 V_0 \cdot \left( \frac{8 P_0 + 10 P_0}{2} \right) = 18 P_0 V_0$  площадь трапеции

$$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \left( 48 - 36 \right) \frac{P_0 V_0}{\nu R} = \frac{3}{2} \cdot 72 P_0 V_0 - 18 V_0 P_0$$

$$A_{\Gamma_{2-3}} = 6 V_0 \cdot \left( \frac{4 P_0 - 6 P_0}{2} \right) = -6 P_0 V_0 \quad \left( \begin{array}{l} \text{отрицат.} \\ \text{рад.} \end{array} \right)$$

$$\Rightarrow \int = \frac{12 V_0 P_0}{36 P_0 V_0 + 6 P_0 V_0 + 18 P_0 V_0 + 18 P_0 V_0 - 6 P_0 V_0} = \frac{12}{72} = \frac{1}{6}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 4

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

Ответ: 1)  $\eta = \left| \frac{\Delta U_{1-2}}{A_{\text{ц}}} \right| = \frac{3}{2}$

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

3)  $\delta = \frac{1}{6}$



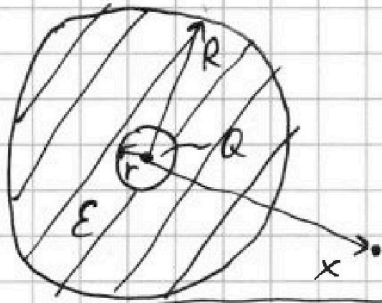


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



по т. ГАУССА для симметр. системы и пвв-ти: шар сфера с радиусом "x":

$$\int \vec{E} d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0} = 4\pi x^2 E_x$$

$$\Rightarrow E_x = \frac{kQ}{x^2} \quad \text{т.к. при } x \rightarrow \infty: \psi \rightarrow 0$$

$$\Rightarrow \psi_0 = \frac{kQ}{x}$$

заметьте, что согласно графику  $v < \frac{R}{3}$ .

поле вне (при  $x > R$ ) физл.

теперь рассм. потенциал точек внутри шара отталкиваясь от  $\psi_0$ :

рассм. точку на расст.  $L: (r < L < R)$  и её потенц.

из общих сообр-ий:

$$d\psi = E(L) dL$$

$$\Delta\psi = \int E(L) dL$$

$$\text{у нас: } \begin{cases} L \in (r; R): E(L) = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{Q}{L^2} \\ L \notin (r; R): E(L) = \frac{kQ}{L^2} \end{cases}$$

$\Rightarrow$  для точки внутри физл:

$$\psi_L - \psi_0 = \int_x^R \frac{kQ}{L^2} dL + (-1) \int_L^R \frac{kQ}{L^2} dL = \left( -\frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{x} - \frac{kQ}{\epsilon L} + \frac{kQ}{\epsilon R} \right)$$

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

т.е. в физл. шим. потенц. в  $\epsilon$  раз меньше чем в вакууме  $\Delta\psi_{\text{вак}} = \epsilon \cdot \Delta\psi_{\text{физл.}}$

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

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

$$\psi_0 - \psi_L = \int_L^R \frac{kQ}{\epsilon L^2} dL + \int_R^x \frac{kQ}{L^2} dL =$$

$$= -\frac{kQ}{\epsilon L} + \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{x} + \frac{kQ}{R}$$



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  
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!

2) Тогда, для находж.  $\epsilon$  из графика. <sup>обозн.</sup> ~~т.к.  $\epsilon$  уже~~ ~~указано~~  
выраз аналитич. зав-ть  $\frac{\varphi}{\varphi_0}(L)$  для  $L \in (r; R)$

$$\Rightarrow \frac{\varphi}{\varphi_0}(L) = \frac{kQ}{L} \cdot \frac{1}{\epsilon} + \frac{kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = \frac{1}{L\epsilon} + \frac{1}{R} - \frac{1}{R\epsilon}$$

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

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = 2 + \frac{11}{12} \left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right) - \frac{11}{12} \cdot \frac{R}{L} \cdot \frac{1}{\epsilon}$$

тогда: раски. 2 точки на графике:  $\left(\frac{R}{3}; 6\right); \left(\frac{2R}{3}; 5\right)$

$$\Delta\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right) = 5 - 6 = -\frac{11}{12} \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\epsilon} - \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\epsilon}\right) = -\frac{11}{12} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\epsilon}$$

$$\Delta\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right) = 5 - 6 = -\frac{11}{12} \left(\frac{R \cdot 3}{2R} \cdot \frac{1}{\epsilon} + 1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = -\frac{11}{12} \left(\frac{R}{R} - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

$$\frac{1}{\epsilon} = 1 - \frac{12 \cdot 2}{11 \cdot 3} = \frac{24}{33}$$

$$\frac{11}{12} \cdot \frac{1}{\epsilon} = \frac{11}{12} \cdot \frac{24}{33} = \frac{11 \cdot 2}{12 \cdot 3} = \frac{11}{12} \cdot \frac{2}{3} = \frac{11}{18}$$

$$\Rightarrow \frac{6}{11} \epsilon = \frac{11}{18} \Rightarrow \epsilon = \frac{11 \cdot 11}{18 \cdot 6} = \frac{121}{108}$$

ответ: 1)  $\varphi(L) = \frac{kQ}{L} \cdot \frac{1}{\epsilon} + \frac{kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$

2)  $\epsilon = \frac{121}{108}$   $\frac{\varphi(L)}{\varphi_0} = 2 + \frac{11}{12} \left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right) - \frac{11}{12} \cdot \frac{R}{L} \cdot \frac{1}{\epsilon}$

$$\Delta' = \frac{\varphi}{\varphi_0}(L) = \frac{11}{12} \left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right) - \frac{11}{12} \cdot \frac{R}{L} \cdot \frac{1}{\epsilon}$$

Абсолютн. потенциал.

относит. потенциал (отн.  $\varphi_0$ ).



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  
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!

2) РАССМ. СВЯЗЬ  $\Phi$ -ПОТОКА МАГН. ПОЛЯ ФКАТУШКИ И  $I$  — ТО ВНЕЙ ЖЕ

$$\Phi = LI$$

$$\Rightarrow \Delta \Phi = L \Delta I \text{ (при } L = \text{const)}$$

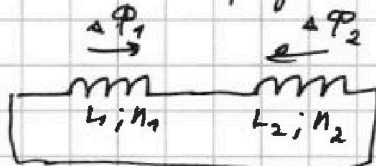
$$\Delta \Phi = L \Delta I \text{ — для КАЖД. КАТУШКИ}$$

Тогда в сист. из 2-х катушек:

$$\Delta \Phi_{\Sigma} = L_{\Sigma} \cdot \Delta I : L_{\Sigma} = L_1 + L_2 \text{ (послед. сог.)} = \frac{13}{4} L$$

$$\Delta \Phi_1 \quad \Delta \Phi_2$$

однако! т.к. шум. потоков „разнонапр-ки“:



$\Rightarrow$  (т.к. в ответе нас интересует модуль):

$$|\Delta \Phi_{\Sigma}| = |\Delta \Phi_2 - \Delta \Phi_1| = \frac{7}{4} B_0 n S$$

$$\Rightarrow |\Delta I| = |I_k - 0| = |I_k|$$

нат. ток по усл. = 0

$$|I_k| = \frac{\frac{7}{4} B_0 n S}{\frac{13}{4} L} = \frac{7}{13} \cdot \frac{B_0 n S}{L}$$

заметим, что  $\Delta I$  не зав-т от характера щем.-я „ $\Phi$ “

$$\Delta \Phi_1 = \Delta B_1 \cdot n_1 \cdot S = \left(\frac{3}{4} B_0 - B_0\right) n S$$

$$\Delta \Phi_2 = \Delta B_2 \cdot n_2 \cdot S = \left(\frac{2}{3} B_0 - 4 B_0\right) \frac{3}{2} n S$$

$$\Delta \Phi_1 = -\frac{1}{4} B_0 n S$$

$$\Delta \Phi_2 = -\frac{10}{3} B_0 \cdot \frac{3}{2} n \cdot S = -5 B_0 n S$$

$$|\Delta \Phi_{\Sigma}| = \left| -\frac{1}{4} B_0 n S - (-5 B_0 n S) \right| = \frac{19}{4} B_0 n S$$

$$I_{\text{к}} = \frac{19}{13} \cdot \frac{B_0 n S}{L}$$

Ответ:  
1)  $|I_k| = \frac{19}{13} \cdot \frac{B_0 n S}{L}$   
2)  $|I_k| = \frac{7}{13} \cdot \frac{B_0 n S}{L}$

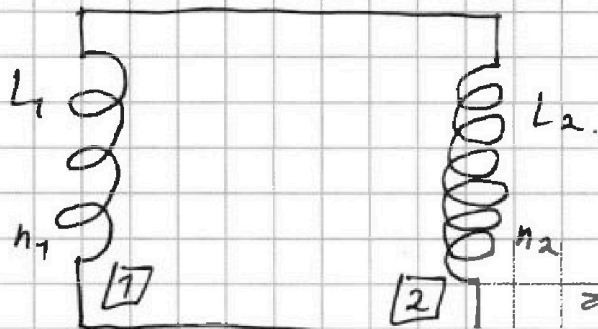


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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



$$L_1 = L ; L_2 = \frac{\rho}{4} L$$

$$n_1 = n ; n_2 = \frac{3}{2} n$$

катушки находятся далеко друг от друга

⇒ пренебрегаем взаимной индукцией.

Омическое сопр-е в системе пренебрежимо мало

⇒ в усл-ях задачи  $\Phi = \text{const}$  ( $\forall \tau$  при  $v = \text{const}$ ,  $L = \text{const}$ ).

$$1) \frac{\Delta B}{\Delta \tau} = -\alpha$$

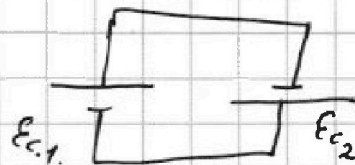
$$\frac{\Delta B_2}{\Delta \tau} = 0 \quad \left( \begin{array}{l} \text{во 2-й} \\ \text{катушке} \\ \text{для внешн.} \\ \text{поля} \end{array} \right)$$

при изм. внеш. поля в 1-й катушке в ней изм. поток  
⇒ возник  $\mathcal{E}_1$ , которое в свою очередь возбуждает изм. тока во 2-й катушке при постоянном внеш. магн. поле.

$$\text{Тогда: } \mathcal{E}_1 = - \frac{d\Phi_1}{d\tau} = - n_1 S \cdot \frac{dB}{d\tau} = n_1 S \alpha$$

во 2-й катушке:

$$\mathcal{E}_2 = - \frac{d\Phi_2}{d\tau} = - L_2 \cdot \frac{dI}{d\tau}$$



по 2-му пр-лу Кирхгофа:  $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$ .

$$\Rightarrow \mathcal{E}_1 = -\mathcal{E}_2 \Rightarrow L_2 \cdot \frac{dI}{d\tau} = n_1 S \alpha$$

$$\Rightarrow \left| \frac{dI}{d\tau} \right| = \frac{n_1 S \alpha}{L_2} = \frac{n S \alpha}{\frac{\rho}{4} L} \Rightarrow \left| \frac{dI}{d\tau} \right| = \frac{4}{\rho} \cdot \frac{n S \alpha}{L}$$

2) на след. странице.

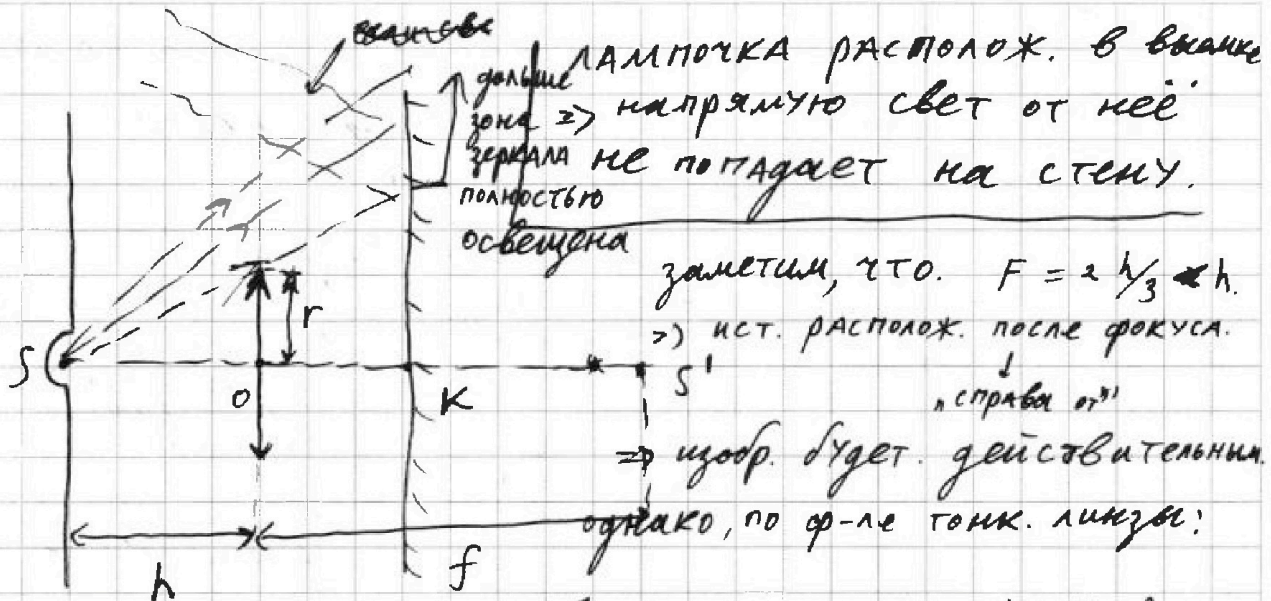


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

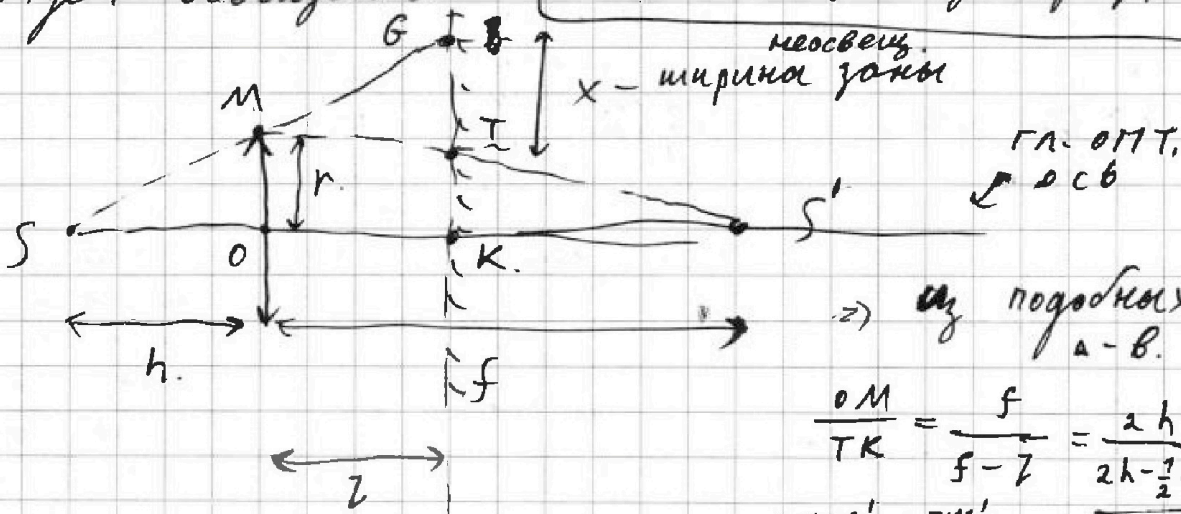
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



в такой системе,  
часть зеркала не  
будет освещена:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{Fh}{h-F} = \frac{\frac{2}{3}h^2}{\frac{1}{3}h} = 2h$$

$f > z \Rightarrow$  изобр. будет "за" зеркалом.



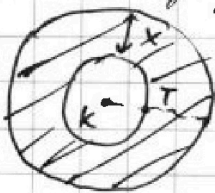
$\Rightarrow$  из подобиях  
a-b.

$$\frac{OM}{TK} = \frac{f}{f-z} = \frac{2h}{2h-\frac{1}{2}h} =$$

$$\triangle MOS' \sim \triangle TKS' = \frac{4}{3} \Rightarrow TK = \frac{3}{4}r.$$

тогда:  $x = \frac{3}{2}r - \frac{3}{4}r = \frac{3}{4}r.$

$\Rightarrow$  неосвещ. зона <sup>зерк.</sup> имеет вид:



$$KT = \frac{3}{4}r:$$

$$S_{\text{неосв. зерк}} = \pi \cdot \left(\frac{3}{2}r\right)^2 - \pi \cdot \left(\frac{3}{4}r\right)^2 = \frac{27}{16} \pi r^2 = 27 \pi (\text{см}^2)$$

$$\triangle MOS' \sim \triangle SGK$$

$$\frac{GK}{OM} = \frac{h+z}{h} = \frac{\frac{3}{2}h}{h} = \frac{3}{2}$$

$$\Rightarrow GK = TK + x = \frac{3}{2}r$$



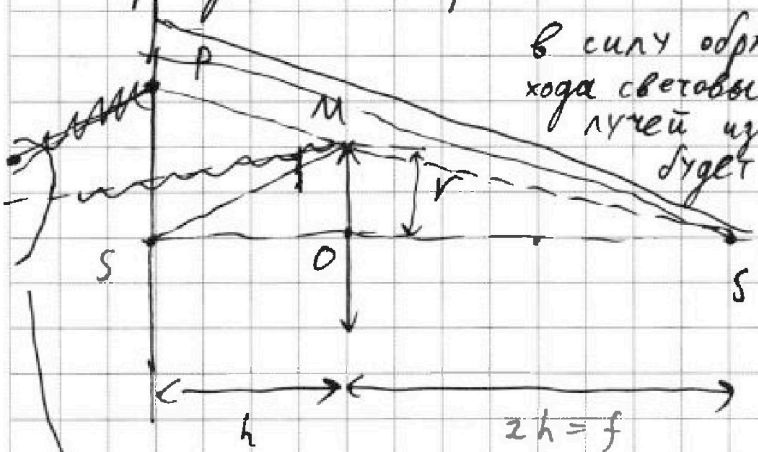
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

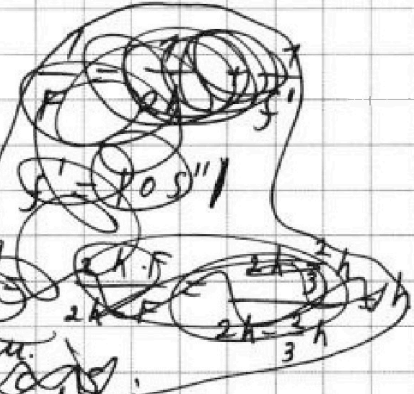
2) теперь рассмотрим аналогичную ситуацию, но уже абстрагировавшись от  $S$  и ~~пара~~ зеркала и перейдя к вторичн. источнику  $S'$ :



в силу обратимости хода световых лучей изобр.  $S'$  будет в т.ке

~~заметим, что после образования образа  $S''$  в сист. не будет света, т.к. стена не отражает свет, т.к. она не имеет толщины.~~

заметим, что и в 1), и в 2) достаточно рассм. уч-к с линзой, т.к. все остальн. части стены и зеркала освещены прямым светом.



$\Rightarrow$  "тёмной" окажется зона в виде круга с центром в т.ке  $S$  и радиусом  $SP$  (считая ист. точечным, площадь изобр. от  $S'$  не учт. (преобразован).

$\Rightarrow S_{\text{несв. стена}} = \pi \cdot |SP|^2$  : из подобия  $\Delta B$ :  
 $\Delta PSS' \sim \Delta S'OM$

$\Rightarrow S_{\text{несв. стена}} = \frac{9}{4} \pi r^2 = 36 \pi (\text{см}^2)$       $\frac{r}{2h} = \frac{SP}{3h} \Rightarrow SP = \frac{3}{2} r$

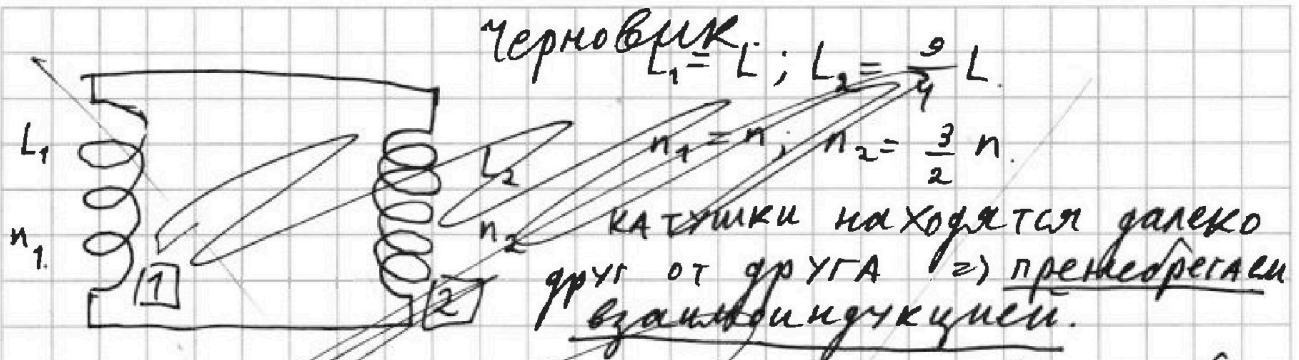
Ответ: 1)  $S_{\text{несв. зерк.}} = 27 \pi \text{ см}^2$   
2)  $S_{\text{несв. стена}} = 36 \pi \text{ см}^2$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА 2 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!



Омические сопр-ие катушек и проводов пренебр. МАЛО  $\Rightarrow$  в усл-ях задачи  $\Phi = \text{const}$  (при  $V \neq \text{const}$ ,  $B = \text{const}$ ,  $L = \text{const}$ )

1)  $B = \mu_0 N I$  ( $\mu = 1$ ) при неизм. поля в 1-й катушке появится ЭДС,  $\Rightarrow$  для его компенсации, ЭДС появится и во 2-й катушке при неизм. поле:

$$\frac{\Delta B_2}{\Delta t} = 0$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\Delta; \quad \mathcal{E}_{e1} = -\frac{d\Phi}{dt} = -n_1 S \cdot \frac{dB}{dt} = n_1 S \cdot \Delta$$

2) во 2-й кат. появится

ЭДС  $\mathcal{E}_{e2} = -\frac{d\Phi}{dt} = -L_2 \cdot \frac{dI}{dt}$  (т.к.  $B_{\text{внеш}} = \text{const}$ )

по пр-лу Кирхгофа:  $\mathcal{E}_{e1} + \mathcal{E}_{e2} = 0$

$\Rightarrow \mathcal{E}_{e1} = -\mathcal{E}_{e2} \Rightarrow L_2 \cdot \frac{dI}{dt} = n_1 S \Delta$

$\Rightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{n_1 S \Delta}{L_2} = \frac{n S \Delta}{\frac{9}{4} L} \Rightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{4}{9} \cdot \frac{n S \Delta}{L}$

2) на след. странице.



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 7

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

2) РАССМ. СВЯЗЬ  $\Phi$ -ПОТОКА В КАТУШКЕ И  $I$ -ТОКА

$\Phi = B \cdot S \cdot n = \mu_0 n^2 S I$  исп-ем соопр-я о том, что  $B = \mu_0 n \cdot I \cdot \frac{1}{l}$ ; где  $l$ -длина

$\Rightarrow d\Phi = \mu_0 n^2 S dI$  т.к.  $n = \text{const}$   
 $S = \text{const}$

$\Rightarrow \Delta\Phi = \mu_0 n^2 S \Delta I$  - для каж. катушки. заметим, что  $\Delta I$  не зависит от характ. катуш-я,  $\Phi$

тогда: рассм. изм. потока в системе из 2-х катушек:

$\Delta\Phi_{\Sigma} = \mu_0 n_{\Sigma}^2 S \Delta I_{\Sigma}$   $\Delta\Phi_1 = \mu_0 n_1^2 S = (\frac{3}{4} B_0 - B_0) n_1 S$

$\Delta\Phi_1$   $\Delta\Phi_2$  изм. тока одно для всех витков в системе.  $\Delta\Phi_2 = \mu_0 n_2^2 S = (\frac{8}{3} B_0 - 4B_0) n_2 \cdot \frac{3}{2} S$

$\Rightarrow \Delta I_{\Sigma} = -\frac{9}{4} \cdot \frac{B_0 \cdot n \cdot S}{\mu_0 \cdot n_{\Sigma}^2 \cdot S}$   $\Rightarrow \Delta\Phi_1 = -\frac{1}{4} B_0 n S$   
 $\Delta\Phi_2 = -\frac{4}{3} B_0 \cdot \frac{3}{2} n S = -2 B_0 n S$

$n_{\Sigma} = n_1 + n_2 = \frac{5}{2} n$   $\Delta\Phi_{\Sigma} = -\frac{9}{4} B_0 n S$

$\Delta I_{\Sigma} = -\frac{9}{4} \cdot \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n \cdot \frac{25}{4}} = -\frac{9}{25} \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n}$  изнач. ток в катушках нет  
 $\Rightarrow \Delta I_{\Sigma} = I_k - 0$

теперь найдём исходн. ток в катушках! в самом начале тока в катушках нет.

$\Rightarrow$  в соопр. катушке  $\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 = \mu_0 (n_1^2 + n_2^2) \Delta I$   
 $\Delta I = \frac{\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2}{\mu_0 (n_1^2 + n_2^2)}$  тогда:

$\Rightarrow |I_k| = |\Delta I_{\Sigma}| = \frac{9}{25} \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n}$  72 / 42 + 18 = 60 72 / 60 = 1.2

$36 + 6 + 36 - 6 = \frac{72}{72}$





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!

Черновик

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$B = \mu_0 n I = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

$$\frac{11}{72}$$

~~$$L = \mu_0 n^2 L S$$~~

$$L = \mu_0 n^2 L S$$

~~$$L = \mu_0 n^2 L S$$~~

$$\mathcal{E} = \frac{12}{8}$$

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{B \cdot S \cdot N}{I} = \frac{\mu_0 N^2 I S}{L}$$

$$\frac{11}{72}$$

$$\mathcal{E} = \frac{3}{2} - \frac{1}{2} + \dots$$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{S \cdot N \cdot dB}{dt}$$

$$I = \mu_0 n B$$

$$B = \mu_0 \frac{I \cdot n^2}{r^2}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{r}$$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = n \cdot I$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = n \cdot I$$

$$\varphi \rightarrow r \downarrow$$

$$\frac{kQ}{R^2} + \frac{kQ}{x} + 77.5 = \frac{26}{85}$$

$$\Phi = B S n =$$

$$= \mu_0 n^2 I S$$

$$= \frac{26}{85} \mu_0 n^2 I S$$

$$\frac{2}{85} d\Phi = dI$$

$$d\Phi = \mu_0 n^2 S dI$$

$$\frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{x} + B_1 \cdot S \cdot n_1 + B_2 \cdot S \cdot n_2 = \mu_0 (n_1 + n_2)^2 S \cdot I$$

$$dI = \frac{\frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{x} + B_1 \cdot n_1 + B_2 \cdot n_2}{\mu_0 (n_1 + n_2)^2}$$

$$\frac{25}{85} = \frac{57}{85}$$

$$\frac{23}{2} = 3$$

$$\frac{25}{85} = \frac{57}{85}$$



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!

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{\text{погб}}} = \frac{8}{27} - \frac{8}{17}$$

$$\beta I = M \quad \frac{4}{6-4} = \frac{4}{2} = 2$$

$$\beta \cdot I$$

$$\frac{1}{F} = \frac{2 \cdot \frac{2}{3} h^2}{2 - \frac{2}{3}}$$

$$\frac{71}{72} \left( \frac{3 \cdot 8}{71} + 1 - \frac{8}{71} \right)$$

$$\frac{75 \cdot 9}{4 \cdot 77} = \frac{735}{68}$$

$$\frac{9}{4} \cdot 16 = 36$$

$$\frac{36}{177 \cdot 27} - \frac{90}{459}$$

$$\frac{735}{34} \cdot \frac{4}{77} = \frac{735}{77} \cdot \frac{2}{77} = \frac{270}{289}$$

$$\frac{27}{77} = \frac{270}{289}$$

$$\frac{27}{77} = 289$$

$$\frac{8 \cdot 73}{17 \cdot 25} = \frac{584}{425}$$

$$\frac{700}{4} = 175$$

$$\frac{104}{425} = 2.52$$

$$\frac{20}{3 \cdot 77} = \frac{20}{57}$$

$$\frac{6}{4} - \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{3 \cdot 9}{76} = \frac{27}{76}$$

$$\frac{9}{4} - \frac{9}{76} = \frac{4 \cdot 9 - 9}{76} = \frac{27}{76}$$

$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 73}{5 \cdot 5 \cdot 77} = \frac{585}{4235}$$