



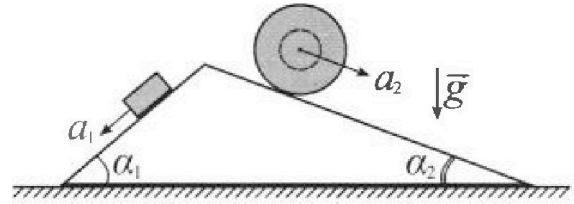
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

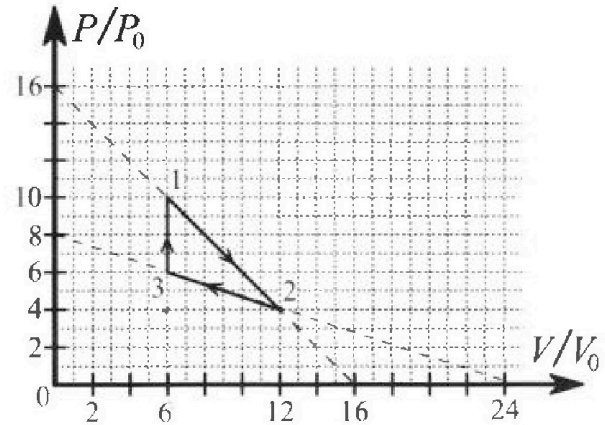
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1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

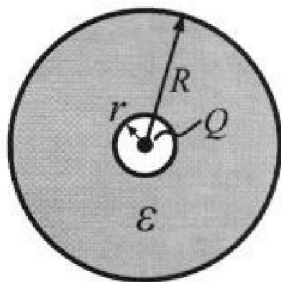
2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.



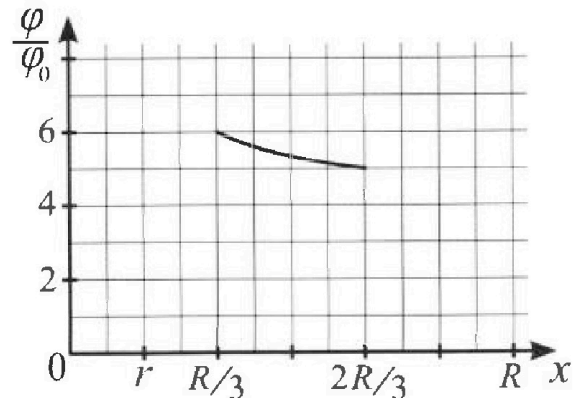
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.



- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



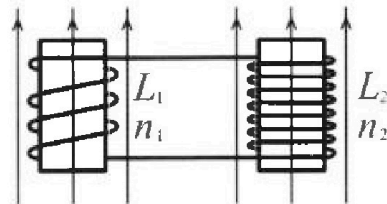
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

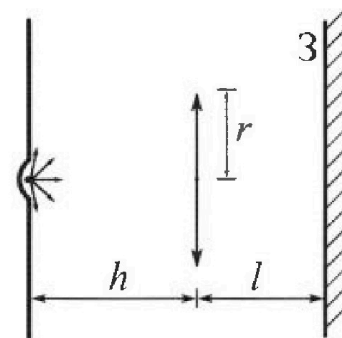


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек.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



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

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

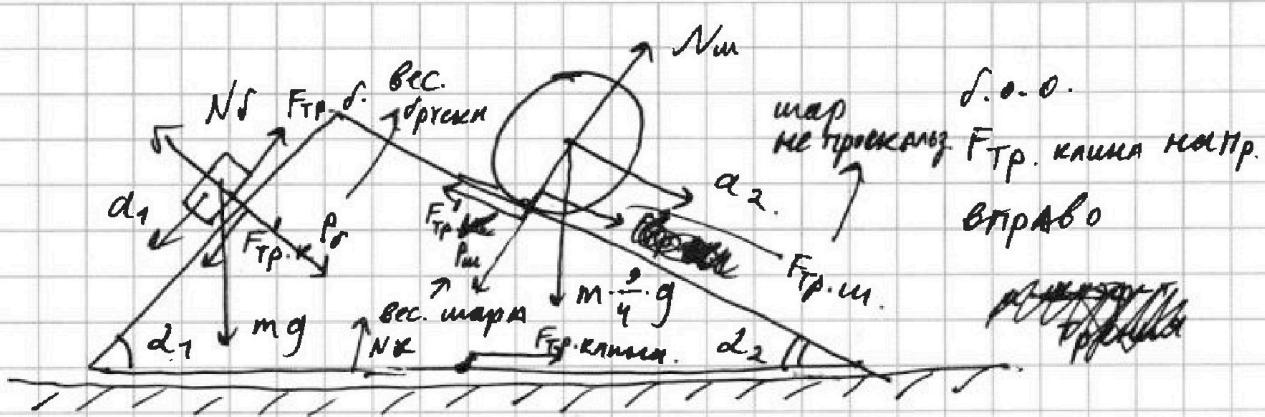


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

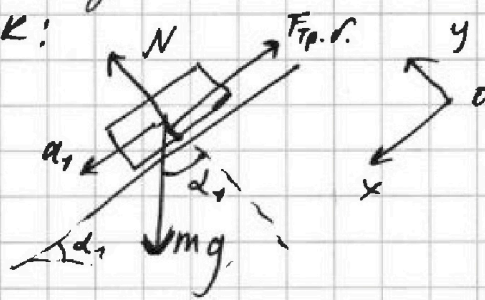
СТРАНИЦА
1 из 2

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.

брусек:



2-ой закон Ньютона на оси:

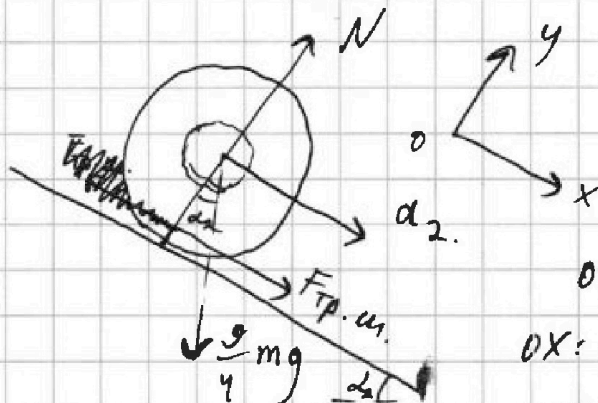
$$OX: ma_1 = mg \sin(\alpha_1) - F_{tr.d}$$

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

ВАЖНО!

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

шар:



2-ой закон Ньютона на оси:

$$OX: \dots$$

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

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

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

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



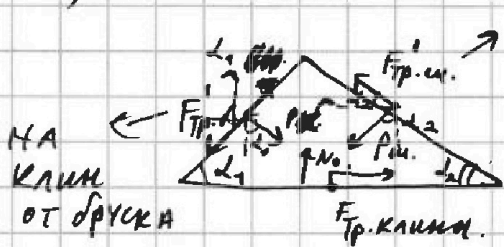
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

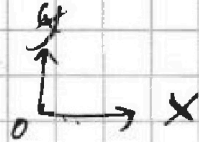
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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:



нас интересуют
только проекции
на ось OX.



2-ой закон Ньютона.

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

по 3-му закону Ньютона:

$$F_{тр.клин} = \frac{135}{68} \cdot \frac{8}{17} \cdot mg + \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} \cdot mg - \frac{15}{72} \cdot \frac{20}{51} \cdot mg$$

$$P_m = N_m = \frac{9}{4} mg \cos(\alpha_2) = \frac{135}{68} mg$$

$$P_d = N_d = mg \cos(\alpha_1) = \frac{4}{5} mg$$

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

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

$$1 = \frac{270}{289} \cdot mg + \frac{104}{425} mg - \frac{700}{289} mg - \frac{12}{25} mg = \frac{170}{289} = \frac{10}{17}$$

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

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

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

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

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

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~~ ^{нечет. точек}

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

\Rightarrow макс. темп. достигалась в ней. (на 3-1 ^{нечет. увелич} \Rightarrow нет макс.)

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

теперь ~~выраз.~~ ^{получ. зав-ти}
 сост. аналитич.
 зав-ты

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

$$\frac{P}{P_0} = 16 - \frac{V}{V_0} \cdot 7 \Rightarrow P = 16P_0 - V \cdot \frac{P_0}{V_0} \left[\frac{P(V)}{V_0} \right]$$



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 $T' = 0 = \left(16 P_0 - 2 V_x \frac{P_0}{V_0} \right) \frac{1}{\gamma R}$

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

$$\boxed{\frac{64 V_0 \cdot P_0}{\gamma R} = T_{max}}$$

до т-ки $(8 V_0; 8 P_0)$ темп. росла
а после ~~температура падает~~ ~~температура падает~~ ~~температура падает~~ (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 ~~максимума~~ ^{extr.}) исслед. процесс 2-3:

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

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

→ в процессе 2-3
 $\Delta U_{изл} > 0; A_r < 0$ (вс)

$$8 P_0 = \frac{2}{3} V_x' \frac{P_0}{V_0} \Rightarrow \boxed{V_x' = 12 V_0} \quad \left(\begin{array}{l} \text{при} \\ V < 12 V_0 \\ T' > 0 \end{array} \right)$$

тогда, для расчёта КПД ~~необх. определить~~ ^{↓ внутр. энерг. растёт ~~или~~ влёт процесс.}
т-ки, на которых энергия подводиться.



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 предм.
 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.

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

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

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

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

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

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

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



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

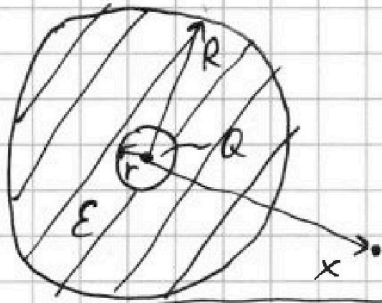


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 симметрич. 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 ψ_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:

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

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

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

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

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

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

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



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. ϵ из графика. ^{обозн. т.к. ϵ уже дано}
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: раскл. 2 точки на графике: $\left(\frac{R}{3}; 6\right); \left(\frac{2R}{3}; 5\right)$

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

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

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

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

$$\Rightarrow \frac{R}{3} \in \left(\frac{R}{2}; R\right) \quad \frac{2R}{3} \in \left(\frac{R}{2}; R\right)$$

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

2) $\epsilon = \frac{33}{24}$ $\frac{\varphi(L)}{\varphi_0} = 2 + \frac{11}{12} \left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right) - \frac{11}{12} \cdot \frac{R}{L} \cdot \frac{1}{\epsilon}$

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

Абсолютн. потенциал.

относит. потенциал (отн. φ_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 Φ -ПОТОКА МАГН. ПОЛЯ ФКАТУШКИ И I — ТО ВНЕЙ ЖЕ

$$\Phi = LI$$

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

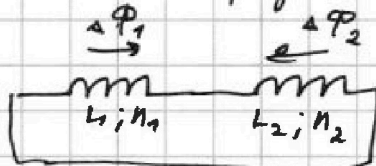
$$\Delta \Phi = L \Delta I \text{ — для КАЖД. КАТУШКИ}$$

Тогда в сист. из 2-х катушек:

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

$$\begin{matrix} \Delta \Phi_1 & \Delta \Phi_2 \\ \downarrow & \downarrow \end{matrix}$$

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



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

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

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

НАЧ. 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 ΔI не зав-т от характера изм. — я „ Φ “

$$\begin{aligned} \Delta \Phi_1 &= \Delta B_1 \cdot n_1 \cdot S = \left(\frac{3}{4} B_0 - B_0\right) n S \\ \Delta \Phi_2 &= \Delta B_2 \cdot n_2 \cdot S = \left(\frac{2}{3} B_0 - 4 B_0\right) \frac{3}{2} n S \end{aligned}$$

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

$$\Delta \Phi_2 = -\frac{1}{3} B_0 \cdot \frac{3}{2} n \cdot S = -\frac{1}{2} B_0 n S$$

$$\Delta \Phi_{\Sigma} = -\frac{3}{4} B_0 n S$$

$$I_k = \frac{3}{13} \frac{B_0 n S}{L}$$

Ответ:

$$1) \frac{|I_k|}{|I_{\text{ср}}|} = \frac{4}{9} \cdot \frac{n S d}{L}$$

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

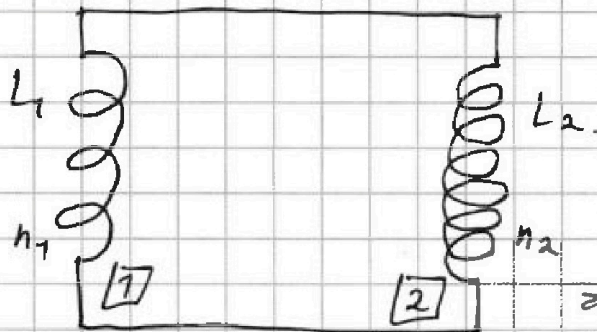


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.

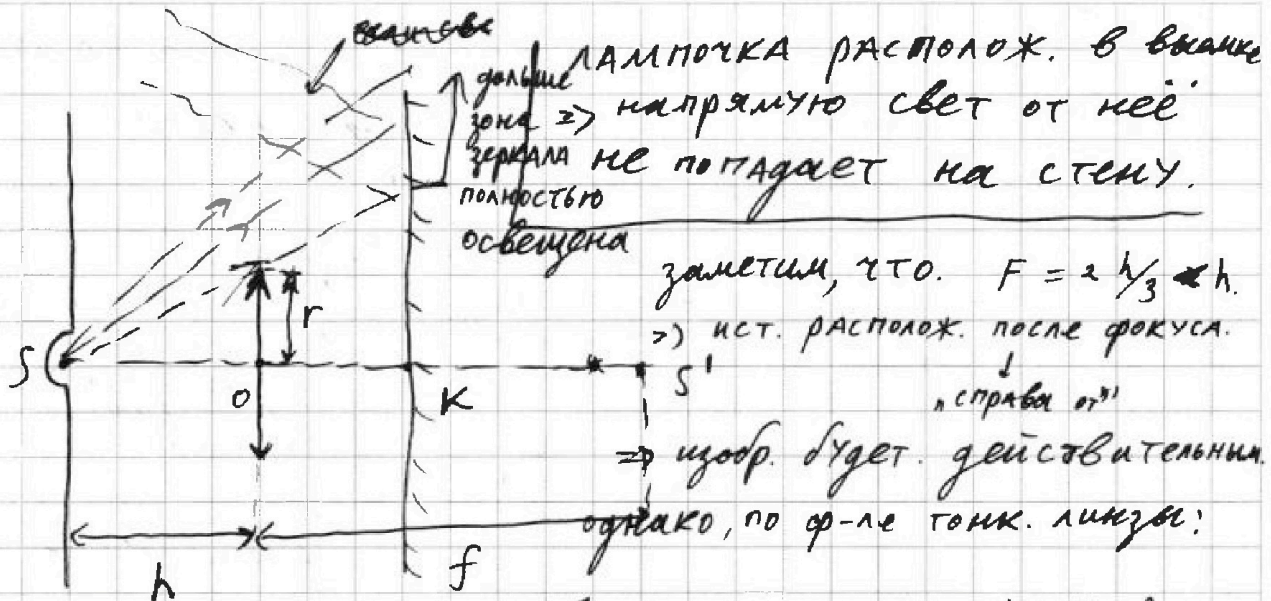


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 2

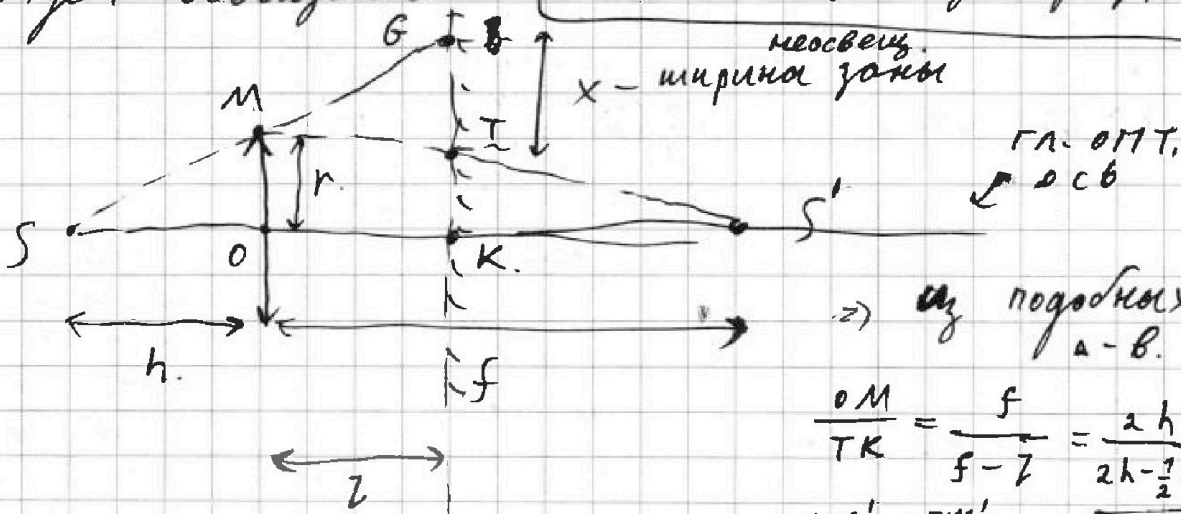
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



в такой системе, часть зеркала не будет освещена:

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

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

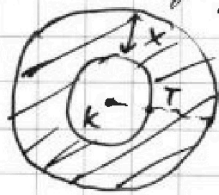


$$\frac{OM}{TK} = \frac{f}{f-l} = \frac{2h}{2h-\frac{1}{2}h} = \frac{4}{3}$$

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

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

\Rightarrow неосвещ. зона ^{зерк.} имеет вид:



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

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

$$\triangle MOS' \sim \triangle SGK \Rightarrow \frac{GK}{OM} = \frac{h+l}{h} = \frac{\frac{3}{2}h}{h} = \frac{3}{2}$$

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



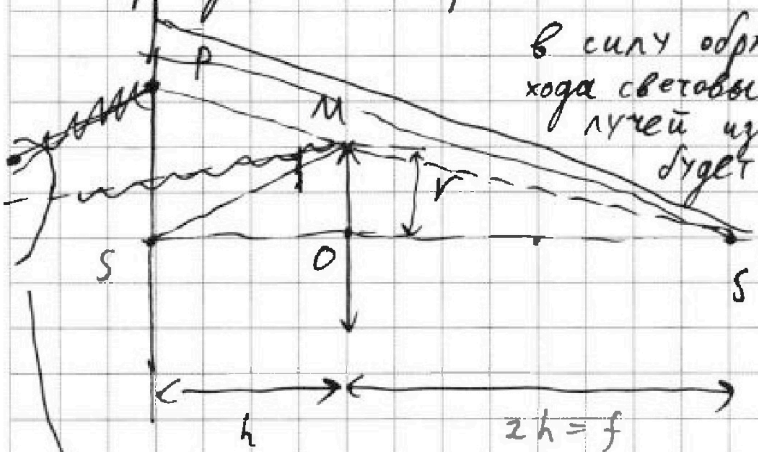
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

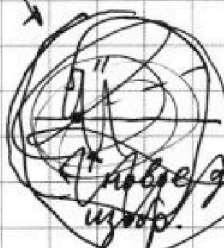
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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 S'' . Заметим, что после S'' больше изображ. в сист. не будет. Стена не отражает свет, т.к. стена не отражает свет, т.к. стена не отражает свет.

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.



~~Стена действует (2хF) изобр.~~



\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 ΔB : $\Delta PSS' \sim \Delta S'OM$: $\frac{r}{2h} = \frac{SP}{3h} \Rightarrow SP = \frac{3r}{2}$

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

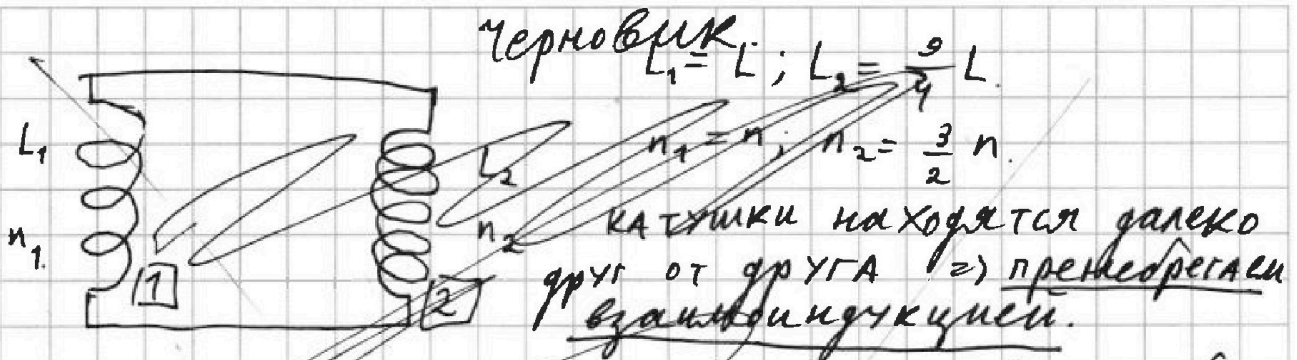
Ответ: 1) $S_{\text{несв. зерк.}} = 27 \pi \text{ см}^2$
2) $S_{\text{несв. стена}} = 36 \pi \text{ см}^2$



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:

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha$$

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

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

2) во 2-й кат. появится

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

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

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

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

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
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 Φ -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. $n = const$
 $S = const$

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

тогда: рассм. изм. потока в системе

из 2-х катушек:

$\Delta\Phi_{\Sigma} = \mu_0 n_{\Sigma}^2 S \Delta I_{\Sigma}$ $\Delta\Phi_1 = \mu_0 n_1^2 S \Delta I_1 = (\frac{3}{4} B_0 - B_0) n_1 S$

$\Delta\Phi_1$ $\Delta\Phi_2$ изм. тока одно для всех витков в системе. $\Delta\Phi_2 = \mu_0 n_2^2 S \Delta I_2 = (\frac{8}{3} B_0 - 4B_0) n_2 \cdot \frac{3}{2} S$

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

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

$\Delta I_{\Sigma} = -\frac{9}{4} \cdot \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n \cdot \frac{25}{4}} = -\frac{9}{25} \cdot \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n}$

изначально тока 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-я катушке $\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 = \mu_0 (n_1^2 S n_1 + n_2^2 S n_2) \Delta I$
 $\Delta I = \frac{\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2}{\mu_0 (n_1^2 n_1 + n_2^2 n_2)}$ тогда:

$\Rightarrow I_k = |\Delta I_{\Sigma}| = \frac{9}{25} \cdot \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n}$ 72 72 7
42+18 60 6

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$I = \mu_0 n B$$

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

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

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

$$\int \frac{kQ}{r^2} \cdot r \cdot dr$$

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

$$\varphi \rightarrow r \cdot \frac{d\varphi}{dr}$$

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

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

$$C = \frac{1}{2} \frac{kQ^2}{R} + \frac{1}{2} \frac{kQ^2}{x}$$

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

~~...~~

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

$$d\Phi = dI$$

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

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

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

$$\frac{1}{72} = \frac{25}{85} \cdot \frac{57}{85}$$

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

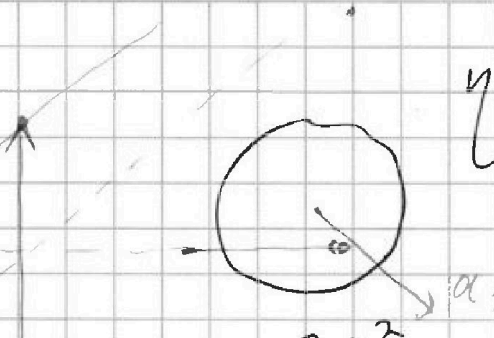


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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 _____

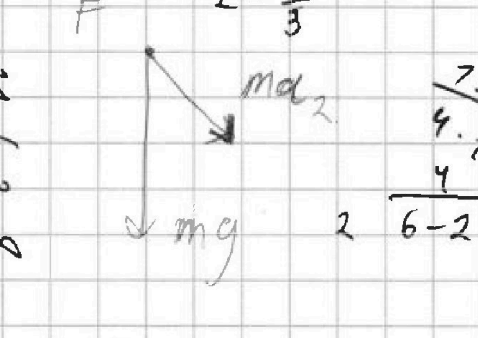
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\eta = \frac{A_y}{Q_{догв.}} = \frac{g}{27} - \frac{g}{17}$$

$$I = \frac{2 \cdot \frac{2}{3} R^2}{2 - \frac{2}{3}}$$

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



$$\beta \cdot I$$

$$\frac{735}{34} \cdot \frac{4}{17} = \frac{735}{17} \cdot \frac{2}{17} = \frac{270}{289}$$

$$\frac{27}{17} = \frac{5-20}{17 \cdot 17}$$

$$\frac{104}{25 \cdot 17}$$

$$\frac{700}{3 \cdot 17} = \frac{20}{57}$$

$$\frac{9}{4} - \frac{g}{76}$$

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