



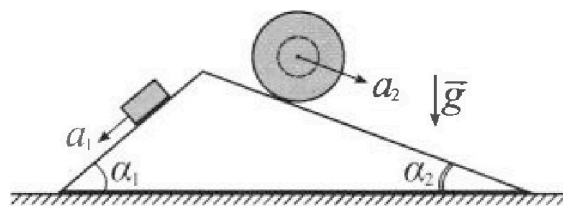
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



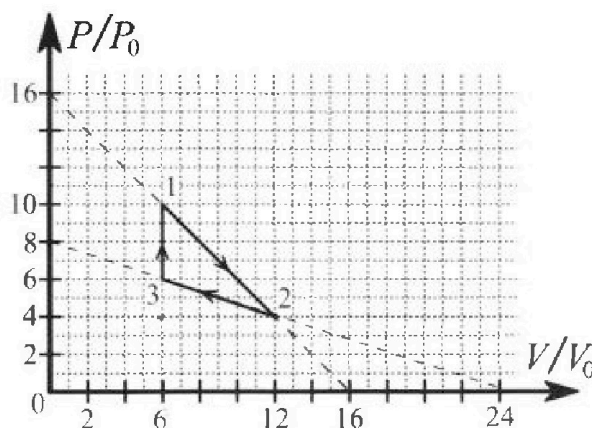
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1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

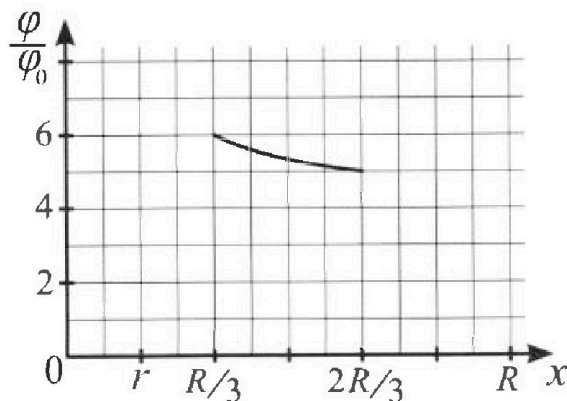
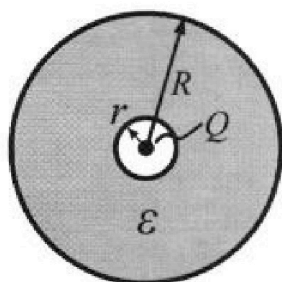


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .



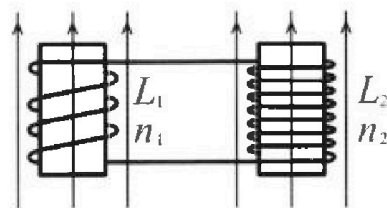
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

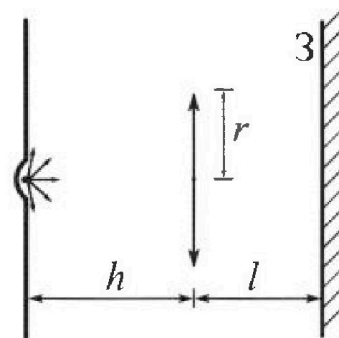


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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

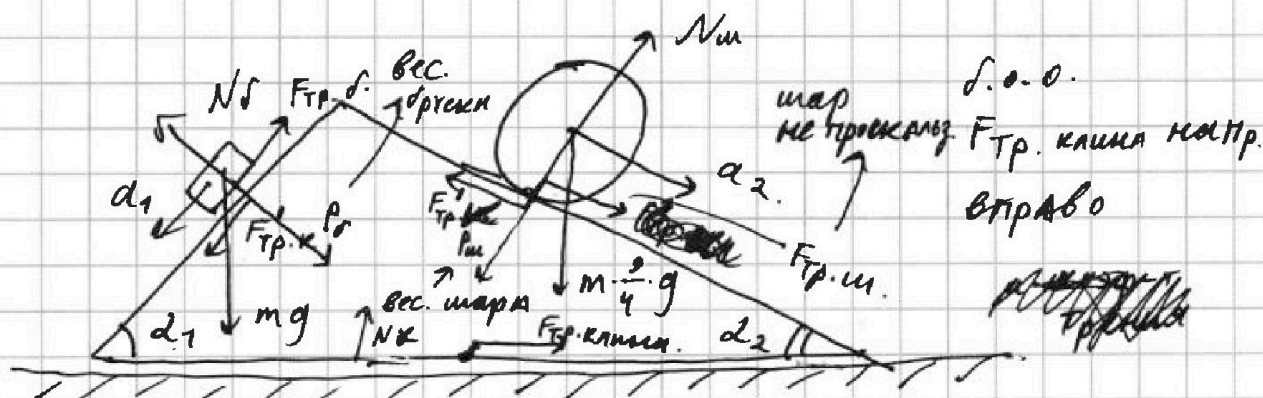


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

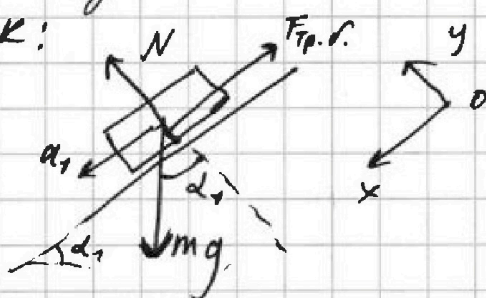
СТРАНИЦА
1 из 2

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 прв.

брусек:



2-ой закон Ньютона на оси:

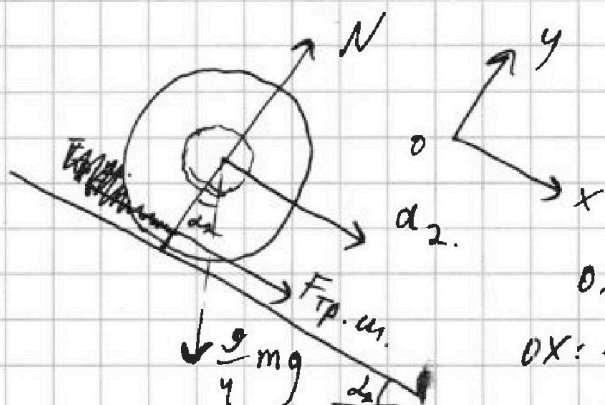
$$OX: ma_1 = mg \sin(\alpha_1) - F_{тр.д}$$

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

Вариант

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

шар:



2-ой закон Ньютона на оси:

$$OX: \text{?}$$

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

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

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

т.е. сила тр. не разгоняет шар, а тормозит.



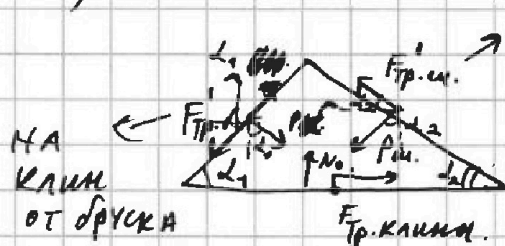
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.

$$P_{\text{ш.}} \cdot \sin(\alpha_1) - P_{\text{ш.}} \cdot \sin(\alpha_2) - F'_{\text{тр.д.}} \cdot \cos(\alpha_1) - F'_{\text{тр.ш.}} \cdot \cos(\alpha_2) +$$

$$+ F_{\text{тр.клин.}} = 0 \quad \text{по 3-му закону Ньютона:}$$

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

$$+ \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} \cdot mg - \frac{8}{17} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{20}{51} mg -$$

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

$$\left\{ \begin{aligned} P_{\text{ш.}} &= N_{\text{ш.}} = \frac{9}{4} mg \cos(\alpha_2) = \frac{135}{68} mg \\ P_{\text{д.}} &= N_{\text{д.}} = mg \cos(\alpha_1) = \frac{4}{5} mg \end{aligned} \right.$$

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

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

$$1 = \frac{276}{289} \cdot mg + \frac{104}{425} mg - \frac{700}{289} mg - \frac{12}{25} mg - \frac{170}{289} = \frac{10}{17}$$

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

Ответ: 1) $F_{\text{тр.д.}} = \frac{26}{85} mg$

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

3) $F_{\text{тр.клин.}} = \frac{6}{17} mg$



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
1 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!

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

при этом заметим, что

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

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

$$\Delta U_{1,2} = C_V \Delta T_{1,2} = \frac{3}{2} R \Delta T_{1,2} \left(i = \frac{3}{2} \text{ - изод. газ} \right)$$

ур-е мену.-Клайп. для точек 1, 2, 3:

$$\begin{array}{l} 1: 10P_0 \cdot 6V_0 = \sqrt{R} T_1 \\ 2: 4P_0 \cdot 12V_0 = \sqrt{R} T_2 \\ 3: 6P_0 \cdot 6V_0 = \sqrt{R} T_3 \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} T_1 = \frac{60P_0V_0}{\sqrt{R}} \\ T_2 = \frac{48P_0V_0}{\sqrt{R}} \\ T_3 = \frac{36P_0V_0}{\sqrt{R}} \end{array}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{1,2} = T_2 - T_1 = -12 \frac{P_0V_0}{\sqrt{R}}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{1,2} = -\frac{3}{2} \cdot 12 \cdot P_0V_0 = -18P_0V_0$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \left| \frac{\Delta U_{1,2}}{A_{\text{ц}}} \right| = \left| \frac{-18P_0V_0}{12P_0V_0} \right| = \frac{3}{2}}$$

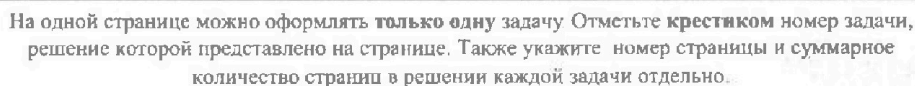
2) рассм. процесс 1-2. т.к. ~~процесс~~ ^{нечет. точек} произв. $P \cdot V$ для ~~любого~~ ^{любой} ~~процесса~~ ^{процессов} 1-2 $\geq$ ~~процесс~~ ^{процессов} 2-3 и 3-1
 $\Rightarrow$ макс. темп. достигалась в нем.

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

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

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

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



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!

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

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

$$\Rightarrow T_{MAX} = \frac{8V_0 \left(16P_0 - 8 \cdot V_0 \cdot \frac{P_0}{V_0} \right)}{VR} \quad \frac{V_x - \frac{P_0}{V_0}}{V_0} = 8P_0 : \boxed{V_x = 8V_0}$$

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

до т-ки $(8V_0; 8P_0)$ темп. росла $\boxed{V_R} = T_{\max}$
 з) ~~температура газа~~
 а после ~~температура газа~~ (при $V < 8V_0: T' > 0$; при $V > 8V_0: T' < 0$)
 падала.

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

$$\lambda = \frac{76}{9}$$

3) теперь так же (на наличие т-ки ~~матрицы~~ ^{extr.}) исслед. процесс 2-3:

$$\frac{p}{p_0} = 8 - \frac{1}{3} \cdot \frac{V}{V_0} \Rightarrow p = 8p_0 - \frac{1}{3} V \cdot \frac{p_0}{V_0}$$

$$T = \frac{8VP_0 - \frac{1}{3}V^2 \frac{P_0}{V_0}}{JR} \Rightarrow T' = \frac{1}{JR} \cdot \left(8P_0 - \frac{2}{3}V_x' \cdot \frac{P_0}{V_0} \right) = 0.$$

→ в процессе 2-3.

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

$$\boxed{V_x' = 12V_0} \quad \left(\begin{array}{l} \text{npu} \\ V < 12V_0 \\ T' > 0 \end{array} \right)$$

0729

Тогда, для расчёта КПД неох. определить $\rightarrow$ внутр. энерг. растёт ~~по~~ в $\rightarrow$ процесс.



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!

расм. на уч-ке 3-1: $A_T = 0$; $\Delta U_{3-1} > 0$

$\Rightarrow$ тепло подводилось.

тогда расм. $(E_n)'$ для процессов 1-2 и 2-3:

полн.
энерг. газа

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

$$\Rightarrow \Delta E_n = Q \Rightarrow Q' \sim T'$$

~~$$E_n = \frac{3}{2} \nu R T \Rightarrow (E_n)' = \frac{3}{2} \nu R T'$$~~

$\Rightarrow$ extr. Q и T совпад. $\Rightarrow$ из наших предм.
рассуждений: (а так же уч-ки монот-ти)

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

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

$$\Rightarrow \oint = \frac{A_{\text{ц.}}}{\Delta U_{3-1} + \Delta U_{1-\text{max}} + A_{T, \text{max}} + \Delta U_{2-3} + A_{T, 2-3}}$$

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

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

$$A_{T, \text{max}} = 2 V_0 \cdot \left(\frac{8 P_0 + 10 P_0}{2} \right) = 18 P_0 V_0$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \left(48 - 36 \right) \frac{P_0 V_0}{\nu R} = \frac{3}{2} \cdot 12 P_0 V_0 = 18 P_0 V_0$$

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

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



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.

☐☒☐☐☐☐☐

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

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

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

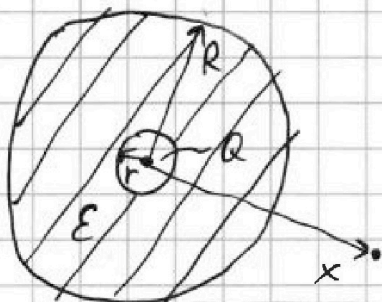


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

поле вне (при $x > R$)

по т. ГАУССА для симметрии системы и пов-ти: шар с радиусом "x":

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

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

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

теперь рассм. потенциал точек внутри шара отталкиваясь от φ_0 :

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

из общих сообр-ий:

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

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

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 диэл:

$$\varphi_L - \varphi_0 = \int_x^R \frac{kQ}{L^2} dL + (-1) \int_R^L \frac{kQ}{L^2} dL = \left(-\frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{x} - \frac{kQ}{\epsilon L} + \frac{kQ}{\epsilon R} \right)$$

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

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

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

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

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

$$\varphi_0 - \varphi_L = \int_R^L \frac{kQ}{\epsilon L^2} dL + \int_L^x \frac{kQ}{L^2} dL =$$



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. ϵ уже дано}
выраз аналитич. зав-то $\frac{\varphi}{\varphi_0}(L)$ для $L \in (r; R)$

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

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

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2kQ}{x} + \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right) - \frac{kQ}{L\epsilon}$$

$$= \frac{11}{12} \cdot \frac{1}{L\epsilon} + \frac{1}{R} - \frac{1}{R\epsilon}$$

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

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

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

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

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

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{11}{12} \cdot \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{2}{2} = \frac{11}{12} \cdot \frac{2}{\epsilon} = \frac{11}{6\epsilon}$$

$$\Rightarrow \frac{6}{11} = \frac{1}{\epsilon} \Rightarrow \epsilon = \frac{11}{6}$$

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

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

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

Абсолют.
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 катушки и I — то ей же

$$\Phi = L I$$

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

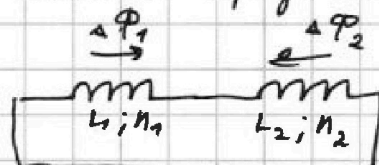
$$\Delta \Phi = L \Delta I \text{ — для кажд. катушки}$$

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. изм. потоков „разнонапр-ки“:



$\Rightarrow$ (т.к. в ответе нас с/ 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 ΔI не зав-т от характера изм. — я „ Φ “

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

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

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

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

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

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

Ответ:

$$1) \frac{|I_k|}{|\Delta t|} = \frac{4}{9} \cdot \frac{n S \Delta B}{L}$$

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



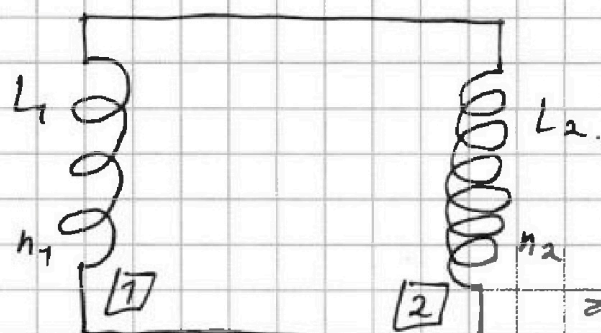
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$L_1 = L ; L_2 = \frac{9}{4} L$$

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

катушки находятся далеко друг от друга

⇒ пренебрегаем взаимной индукцией.

Омическое сопр-е в системе пренебрежимо мало

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

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

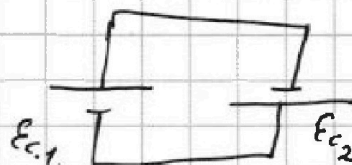
$$\frac{\Delta B_2}{\Delta \tau} = 0 \quad \left(\begin{array}{l} \text{во 2-й катушке} \\ \text{для внеш. поля} \end{array} \right)$$

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 ^{магн.} внеш. поле.

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

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: $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$.

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

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

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
1 из 2

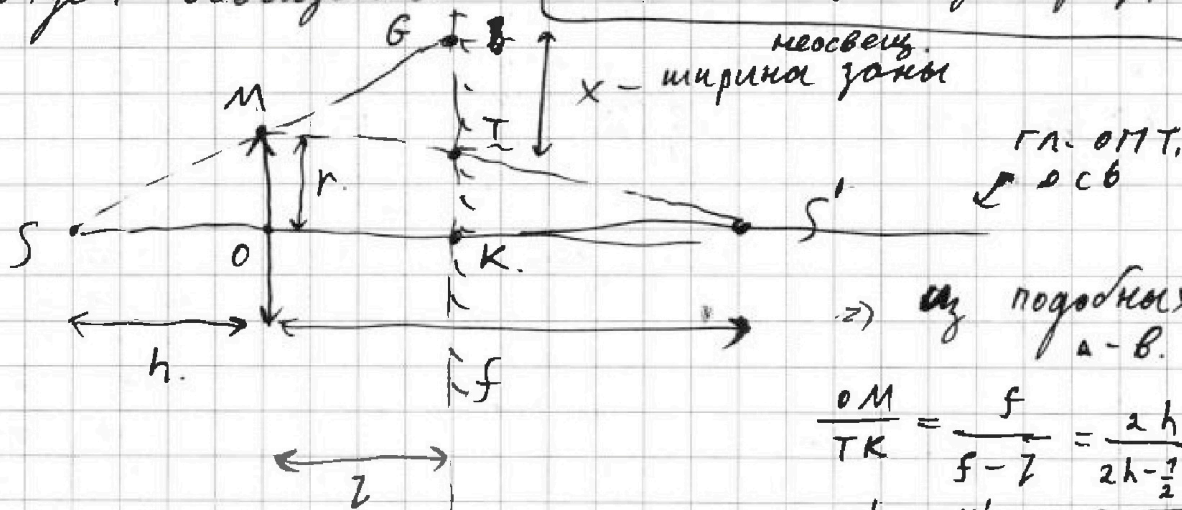
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



в такой системе,
часть зеркала не
будет освещена:

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

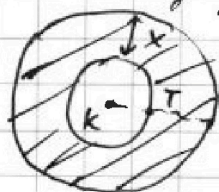
$f > l \Rightarrow$ изобр. будет "за" зеркалом.



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

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

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



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

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

$\triangle MOS \sim \triangle SGK$
 $\frac{SK}{OM} = \frac{h+l}{h} = \frac{\frac{3}{2}h}{h} = \frac{3}{2}$
 $\Rightarrow GK = TK + x = \frac{3}{2}r$



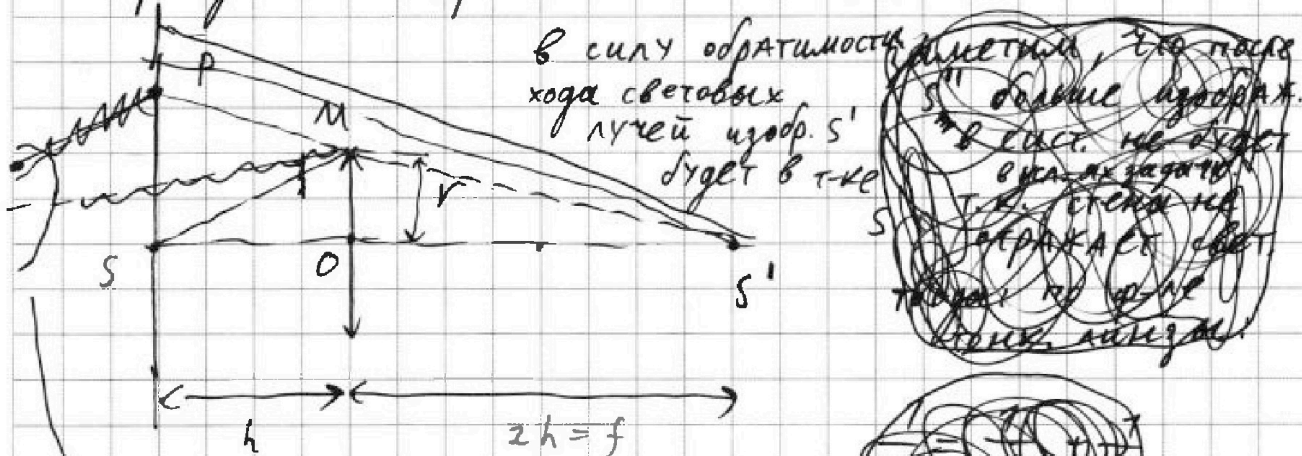
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

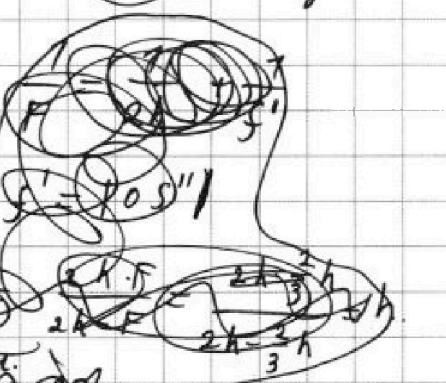
СТРАНИЦА
2 из 2

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 ~~пары~~ зеркала и перейдя к вторичн. источнику S' :



Заметим, что после хода световых лучей изобр. S' будет в т.ке S'' (более изображ. в сист. не будет). Значит, изобр. S' будет в т.ке S'' (более изображ. в сист. не будет). Значит, изобр. S' будет в т.ке S'' (более изображ. в сист. не будет).



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. 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. (пренебрегаем)).

$$\Rightarrow S_{\text{неосв. стены}} = \pi \cdot |SP|^2$$

из подобия Δ -в:

$$\Delta PSS' \sim \Delta S'OM$$

$$\Rightarrow S_{\text{неосв. стены}} = \frac{\pi}{4} r^2 = 36 \pi \text{ см}^2$$

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

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

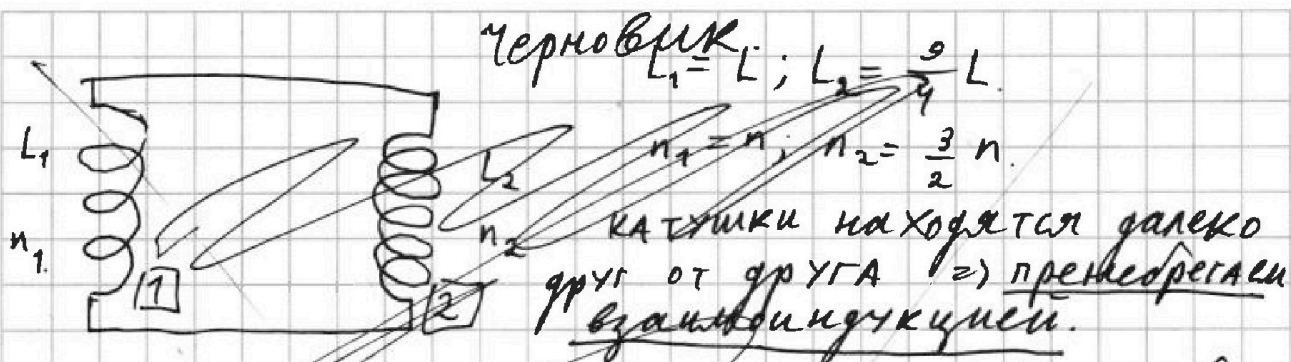
2) $S_{\text{неосв. стены}} = 36 \pi \text{ см}^2$



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!



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

1) $B = \mu_0 N I$ ($\mu = 1$)

$\frac{\Delta B}{\Delta \tau} \rightarrow B$ в 1-й катушке.

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

$\frac{\Delta B}{\Delta \tau} = -\Delta$; $\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Phi}{d\tau} = -n_1 S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta \tau} = n_1 S \cdot \Delta$

при изм. поля в 1-й катушке появится ЭДС, $\Rightarrow$ для его компенсации, ЭДС появится и во 2-й катушке при неизм. поле:

2) во 2-й кат. появится

ЭДС $\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi}{d\tau} = -L_2 \cdot \frac{dI}{d\tau}$ (т.к. $B_{\text{внеш}} = \text{const}$)

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

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

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

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.



СТРАНИЦА

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

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

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

$$\Rightarrow \Delta\Phi = \mu_0 n^2 S \Delta I$$

тогда: РАССМ. ИЗМ. ПОТОКА В СИСТЕМЕ ИЗ 2-Х КАТУШЕК:

$$\Delta\Phi_{\Sigma} = \mu_0 n_{\Sigma}^2 S \Delta I_{\Sigma}$$

$$\Delta\Phi_1$$

$$\Delta\Phi_2$$

изм. тока одно для всех витков в системе.

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

$$\Delta\Phi_2 = \Delta B_2 n_2 S = \left(\frac{8}{3} B_0 - 4 B_0\right) n_2 \cdot \frac{3}{2} S$$

$$\Rightarrow \Delta\Phi_1 = -\frac{1}{4} B_0 n_1 S$$

$$\Delta\Phi_2 = -\frac{4}{3} B_0 \cdot \frac{3}{2} n_2 S = -2 B_0 n_2 S$$

$$\Delta\Phi_{\Sigma} = -\frac{9}{4} B_0 n S$$

$$n_{\Sigma} = n_1 + n_2 = \frac{5}{2} n$$

$$\Delta I_{\Sigma} = -\frac{9}{4} \cdot \frac{B_0 \cdot n \cdot S}{\mu_0 \cdot n_{\Sigma}^2 S} = -\frac{9}{25} \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n}$$

ИЗНАЧАЛЬНО ТОКА В КАТУШКАХ НЕТ
 $\Rightarrow \Delta I_{\Sigma} = I_{\Sigma} - 0$

теперь найдем исходн. ток в катушках:
 в самом начале тока в катушках нет.

$$\Rightarrow \text{в любой момент } \Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 = \Delta B_1 S n_1 + \Delta B_2 S n_2 = \mu_0 (n_1 + n_2) \Delta I$$

$$\Delta I = \frac{\Delta B_1 n_1 + \Delta B_2 n_2}{\mu_0 (n_1 + n_2)}$$

$$\Rightarrow |I_{\Sigma}| = |\Delta I_{\Sigma}| = \frac{9}{25} \frac{B_0}{\mu_0 \cdot n}$$

$$\frac{12}{42 \pm 18} \quad \frac{72}{60} \quad \frac{7}{6}$$

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



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

$$\xi = - \frac{d\varphi}{dI}$$

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

$$\frac{11}{12}$$

$$\mu_0 N^2 \frac{I^2}{L} \cdot \frac{S}{2} = \frac{1}{2} \mu_0 N^2 \frac{I^2}{L} S$$

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

$$\mu_0 \frac{N^2}{L} \cdot \frac{1}{2} L \cdot \frac{I^2}{2} = \frac{1}{2} \mu_0 N^2 \frac{I^2}{L} S$$

$$\xi = \frac{8 - 12}{3}$$

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

$$\frac{11}{12}$$

$$\xi = \frac{3}{2} - \frac{1}{2} = 1$$

$$\xi = \frac{d\varphi}{dI} = - \frac{S \cdot N \cdot dB}{dI}$$

$$I = \mu_0 n B$$

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

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

$$\xi = - \frac{S \cdot N}{dI}$$

$$\xi = \frac{3}{2} - \frac{1}{2} = 1$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{r} = \mu_0 n I$$

$$\varphi \rightarrow r \downarrow$$

$$\varphi = \frac{kQ}{r} = \frac{kQ}{x} + \frac{kQ}{17.5} = \frac{26}{85}$$

$$\varphi = B S N =$$

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

$$C = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{k}{x} = \frac{k}{x} \cdot \frac{1}{\epsilon_0}$$

$$= \frac{\mu_0 S n^2 I}{\epsilon_0}$$

$$\frac{d\varphi}{dI} = \frac{1}{\epsilon_0} \mu_0 S n^2 I$$

$$\Delta \varphi = \Delta B \cdot S \cdot N$$

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

$$\Delta I = \frac{\frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{x}}{\mu_0 (n_1 + n_2)^2}$$

$$\frac{1}{12} = \frac{25}{85} \cdot \frac{57}{85}$$

$$\frac{23}{12} = \frac{21}{12} - \frac{0.9}{12} = 3$$

