



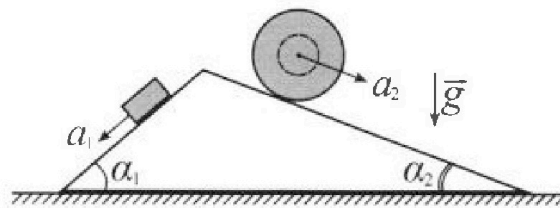
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

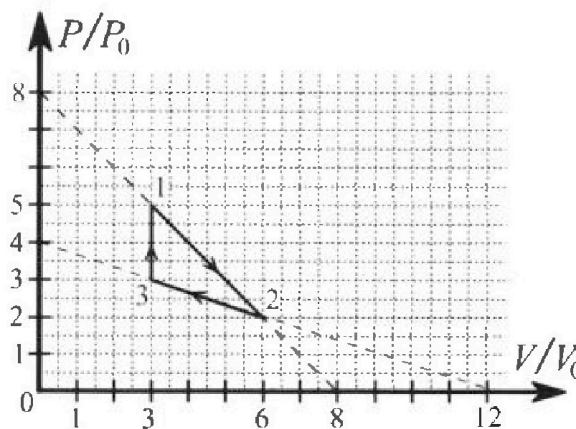


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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

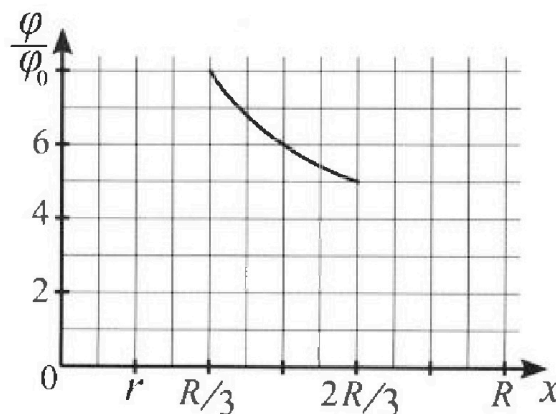
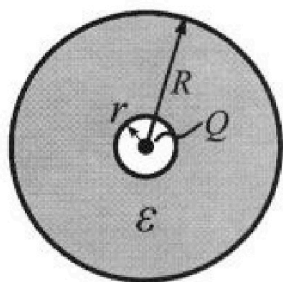
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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

- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





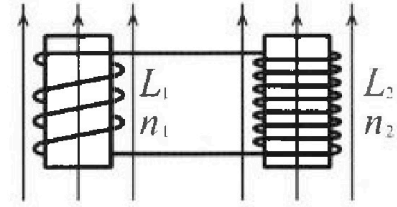
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

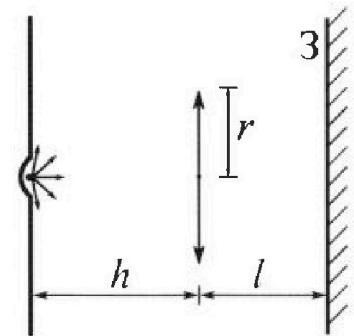


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки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



- 1) С какой скоростью (по модулю) 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 $2B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $B_0/3$ до $B_0/12$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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



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

N1

Дано:

$$a_1 = \frac{7}{17}g, m_1 = m$$

$$a_2 = \frac{8}{25}g, m_2 = 5m$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{3}{5}$$

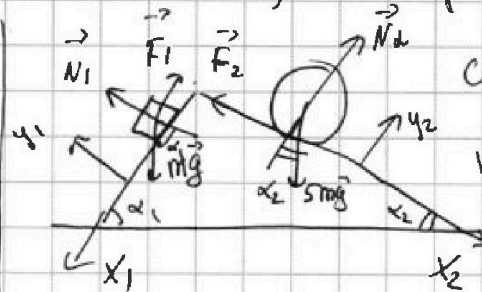
$$\alpha_1 = \arccos \frac{4}{5}$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{8}{17}$$

$$\alpha_2 = \arccos \frac{15}{17}$$

Ищем: F_1, F_2, F_3

Решение: 1) На чертеже изображены силы, действующие на брусок и шар.



запишем второй

закон Ньютона для каждого из тел

$$m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_1 = m\vec{a}_1$$

N_1 - сила реакции, действующая на шар со стороны бруска

$$(x) \quad mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$$

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1)$$

$$F_1 = m\left(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{7}{17}g\right) = mg \left(\frac{51-35}{85}\right) = \frac{16}{85}mg$$

$$(y_1) \quad N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$2) \text{ для шара } \vec{N}_2 + 5m\vec{g} + \vec{F}_2 = 5m\vec{a}_2 \quad (y_2) \quad N_2 = 5mg \cos \alpha_2$$

N_2 - сила реакции, действующая на шар со стороны клина

$$(x_2) \quad 5mg \sin \alpha_2 - F_2 = 5ma_2 \rightarrow F_2 = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2)$$

$$F_2 = 5m\left(g \cdot \frac{8}{17} - \frac{8}{25}g\right) = 40mg \frac{25-17}{25 \cdot 17} = mg \cdot \frac{5 \cdot 8 \cdot 8}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 85} = \frac{64}{85}mg$$

3) рассмотрим силы, действующие на клин

по 3-му закону на клин действуют $-\vec{N}_1$ и $-\vec{N}_2$
 $N_{ст}$ - сила реакции, действующая на клин со стороны стола.

по 2-му закону Ньютона

$$\vec{N}_{ст} - \vec{N}_1 - \vec{N}_2 + \vec{F}_3 = 0$$

$$(x_0) \quad N_1 \sin \alpha_1 + F_3 = N_2 \sin \alpha_2 \rightarrow F_3 = 5mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1$$



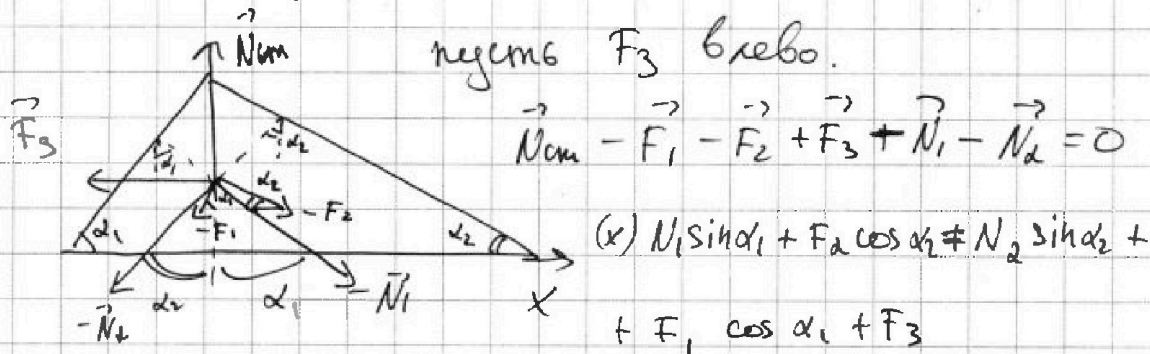
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

3) Рассмотрим шевы, действующие на крен, по 3-ему закону Ньютона со стороны бруска на крен действуют $-\vec{F}_1$ и $-\vec{N}_1$, со стороны шара $-\vec{F}_2$ и $-\vec{N}_2$. Также на крен действует шевы реакции со стороны стола $\vec{N}_{\text{кр}}$ и \vec{F}_3 .



$$mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + \frac{64}{85} mg \cos \alpha_2 = mg \cdot 5 \cdot \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 + \frac{16}{85} mg \cos \alpha_1 + F_3$$

$$F_3 = mg \cdot \frac{9}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{64}{85} \cdot mg \cdot \frac{15}{17} - 5 mg \cdot \frac{8 \cdot 15}{17 \cdot 17} - \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5}$$

$$F_3 = mg \left(\frac{12}{25} + \frac{64 \cdot 3 \cdot 8}{17 \cdot 8 \cdot 17} - \frac{5 \cdot 8 \cdot 15}{17 \cdot 17} - \frac{16 \cdot 4}{17 \cdot 5 \cdot 5} \right)$$

$$F_3 = mg \left(\frac{12}{25} + \frac{64 \cdot 3 \cdot 25 - 5 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 25 - 16 \cdot 4 \cdot 17}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17} \right)$$

$$F_3 = mg \left(\frac{12}{25} + \frac{64(3 \cdot 25 - 17) - 40 \cdot 15 \cdot 25}{25 \cdot 289} \right) = mg \left(\frac{12}{25} + \frac{64 \cdot 58 - 600 \cdot 25}{25 \cdot 289} \right)$$

$$= mg \frac{12 \cdot 289 + 64 \cdot 58 - 15000}{7225} = \frac{3468 + 3712 - 15000}{7225} mg = -\frac{5820}{7225} mg$$

$$|F_3| = \frac{1164}{1445} mg, \text{ направление } F_3 \text{ влево}$$

$$\text{Ответ: } F_1 = \frac{16}{85} mg; F_2 = \frac{64}{85} mg; F_3 = \frac{1164}{1445} mg$$



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 3

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

№2

Найти:

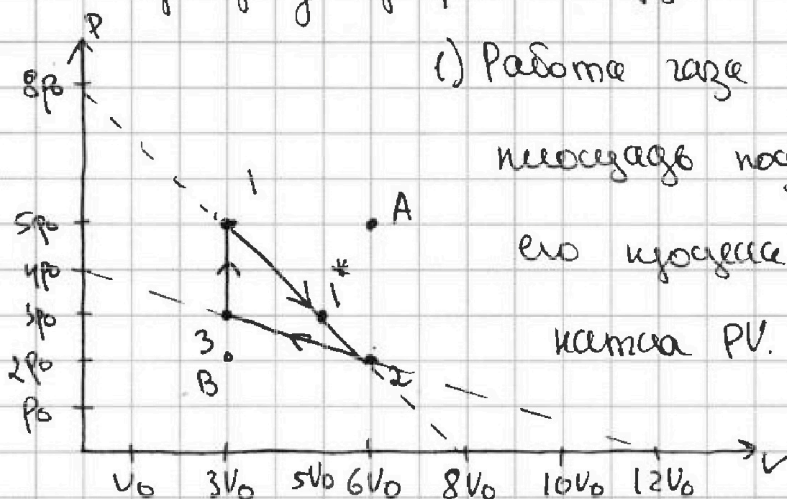
1) $\frac{\Delta U_{31}}{A_T}$

2) $\frac{T_{max 12}}{T_2}$

3) ?

Решение:

нарисуем график в координатах pV



1) Работа газа за цикл →

площадь под графиком

его процесса в координатах pV.

каждая pV.

$$A_{газа} = S(1A2B) - S(1A2) - S(32B)$$

$$S(1A2B) - \text{площадь квадрата} = (5p_0 - 2p_0)(6V_0 - 3V_0) = 9p_0V_0$$

$$S(1A2) - \text{площадь треугольника} = \frac{1}{2} (5p_0 - 2p_0)(6V_0 - 3V_0) = \frac{9}{2} p_0V_0$$

$$S(32B) - \text{площадь треугольника} = \frac{1}{2} (3p_0 - 2p_0)(6V_0 - 3V_0) = \frac{3}{2} p_0V_0$$

$$A_{газа} = 9p_0V_0 - \frac{9}{2} p_0V_0 - \frac{3}{2} p_0V_0 = \left(9 - \frac{12}{2}\right) p_0V_0 = 3p_0V_0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3), \quad i = 3, \text{ т.к. газ одноатомный}$$

из уравнения Клапейрона-Менделеева $pV = \nu RT \rightarrow$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} (5p_0 \cdot 3V_0 - 3p_0 \cdot 3V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6p_0V_0 = 9p_0V_0$$

$$\frac{\Delta U_{31}}{A_T} = \frac{9p_0V_0}{3p_0V_0} = 3$$



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

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

№2 Продолжение

$$2) \text{ в процессе 12 } p(V) = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} \cdot V$$

$$\text{тогда } pV = \Delta RT \rightarrow 8p_0V - \frac{p_0}{V_0}V^2 = \Delta RT$$

$$T(V) = \frac{8p_0V}{\Delta R} - \frac{p_0}{\Delta R V_0} V^2 - \text{квадратичная}$$

зависимость, все график - парабола, ветви

вниз. Максимальная температура достигается

$$\text{в вершине параболы, } V_{\text{верш}} = -\frac{8p_0}{-\frac{2p_0}{V_0}} = 4V_0$$

$$T(4V_0) = \frac{8p_0}{\Delta R} \cdot 4V_0 - \frac{p_0}{\Delta R V_0} \cdot 16V_0^2 = \frac{32p_0V_0}{\Delta R} - \frac{16p_0V_0}{\Delta R} = \frac{16p_0V_0}{\Delta R} = T_{\text{max},12}$$

$$T_2 = \frac{2p_0 \cdot 6V_0}{\Delta R} = \frac{12p_0V_0}{\Delta R} \rightarrow \frac{T_{\text{max},12}}{T_2} = \frac{16p_0V_0 \Delta R}{\Delta R \cdot 12p_0V_0} = \frac{4}{3}$$

$$3) \text{ Пусть в общем случае } p(V) = kp_0 - \frac{p_0}{V_0} \cdot nV$$

тогда для процесса 12 $k=8, n=1$, для 23 $k=4, n=3$

это и нашли из графика.

По первому началу термодинамики $\delta Q = \delta A + \Delta U$

$$\delta A = p dV, \quad \Delta U = \frac{i}{2} \Delta R \Delta T = \frac{i}{2} \Delta(pV) = \frac{i}{2} (p dV + V dp). \text{ в этой}$$

$$\text{задаче } i=3, \text{ так что } \delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

$$\frac{dP(V)}{dV} = 0 - \frac{p_0}{V_0} n \rightarrow dp = -\frac{p_0}{V_0} n dV. \text{ Тогда}$$

$$\delta Q = \frac{5}{2} (kp_0 - \frac{p_0}{V_0} nV) dV + \frac{3}{2} V \cdot \frac{p_0}{V_0} n dV$$

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



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
3 из 3

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

№2 продолжение

$$\delta Q = \frac{\sum k p_0 dV}{2} - \frac{\sum p_0 n V dV}{2 V_0} - \frac{3}{2} \frac{V p_0 n dV}{V_0}$$

$$\delta Q = p_0 dV \left(\frac{\sum k}{2} - \frac{\sum n V}{2 V_0} - \frac{3}{2} \frac{n V}{V_0} \right) = \frac{p_0 dV}{2} \left(5k - 8n \frac{V}{V_0} \right)$$

В процессе 12 $dV > 0$, и $\delta Q > 0$, когда $5k > 8n \frac{V}{V_0}$

$$\delta Q = 0, \text{ когда } V = \frac{5k}{8n} V_0 = \frac{5-8}{8 \cdot 1} V_0 = 5V_0$$

когда $V < 5V_0$, газ получает тепло, когда

$V > 5V_0$, газ отдает тепло окружающей среде.

$$\text{соответственно, } Q_{12}^+ = Q_{11}^* = A_{11}^* + \Delta U_{11}^* =$$

$$= \frac{3p_0 + 5p_0(5V_0 - 3V_0)}{2} + \frac{3}{2} (5p_0 3V_0 - 5p_0 \cdot 3V_0) = \frac{8}{2} \cdot 2p_0 V_0 = 8p_0 V_0$$

$Q_{12}^+ = 8p_0 V_0$ - это теплота, полученная в 12

в процессе 23 $dV < 0$, тогда $\delta Q > 0$, когда

$$5k - 8n \frac{V}{V_0} < 0 \rightarrow 5k < 8n \frac{V}{V_0} \rightarrow V > V_0 \frac{5k}{8n}$$

$$V > V_0 \cdot \frac{5-4}{8 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{3 \cdot 5}{2} V_0 = 7,5V_0. \text{ В этом процессе}$$

газ отдает тепло окружающей среде, т.е. все время

$\delta Q < 0$, т.е. Q_{23} - теплота, отданная газом.

итого газ получает тепло в 31 и 11*,

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} + Q_{11}^* = \frac{1}{2} (5p_0 3V_0 - 3p_0 3V_0) + 8p_0 V_0 = \frac{17}{2} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} ; \eta = \frac{3p_0 V_0}{\frac{17}{2} p_0 V_0} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) 3 ; 2) 4:3 ; 3) 3:17



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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

Ответ: а) $\varphi(x = \frac{3R}{4}) = \frac{q}{\pi \epsilon_0} \cdot \frac{4V + 3E^2R - 3ER}{12ERV}$

б) $E = \frac{R + \sqrt{R^2 + 4Rr}}{2}$

В задаче я использовался факт, что $d\varphi = \int_1^2 E dr$
действительно: потенциальная энергия заряда

в поле определяется как $W = \varphi \cdot q$, а работа
по перемещению заряда в поле $dA_{эл} = F_{эл} dx$.

т.е. $dW = dA_{эл} \rightarrow d\varphi \cdot q = F_{эл} dx$

$F_{эл} = q \cdot E \rightarrow d\varphi \cdot q = E \cdot dx \rightarrow E = \frac{d\varphi}{dx}$

$d\varphi = \int_1^2 E dx$

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



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА 1 ИЗ 3

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

13

Решение:

Дано: r, R, Q, ϵ нарисовать график в удобных для

найти $\varphi(x = \frac{3}{4}R)$

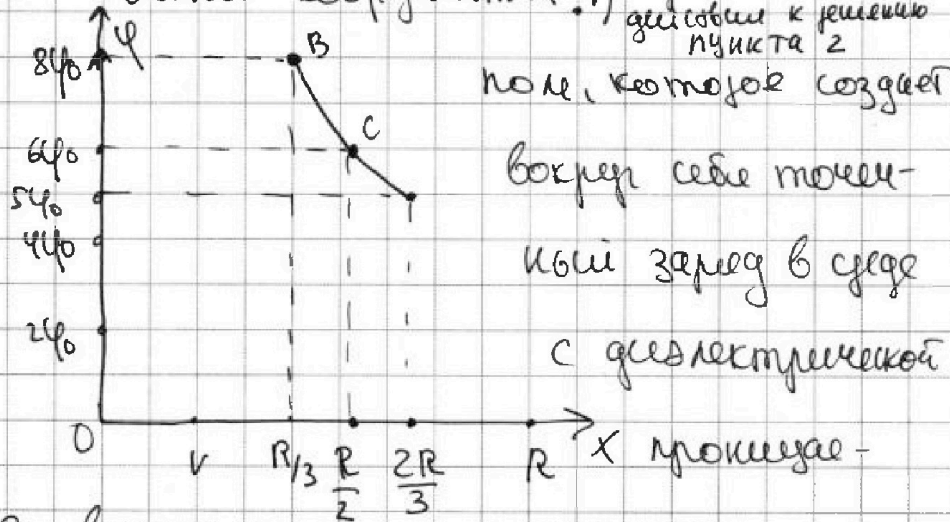
иногда координатах! Подготовительные действия к решению пункта 2

Дано: график

поле, которое создает

найти: ϵ

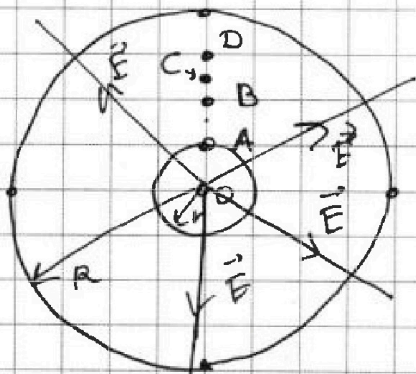
вокруг себя точечный заряд в центре



плотью ϵ вычислить по формуле

$$E'(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \text{ Если же поле распространяется}$$

$$\text{в воздухе, то } E(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



пусть $OA = r, OB = \frac{R}{3}, OC = \frac{R}{2}, OD = \frac{3R}{4}$

$$\begin{aligned} \varphi_A - \varphi_B &= \int_{R/3}^r E'(r) dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R/3}^r \frac{1}{r^2} dr = \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{r} \Big|_{R/3}^r \right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R/3} \right) \end{aligned}$$

$$\text{из графика } 2\varphi_0 = \varphi_B - \varphi_C = \int_{R/3}^{R/2} E'(r) dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R/3}^{R/2} \frac{1}{r^2} dr =$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R/3} - \frac{1}{R/2} \right) = \frac{qR}{4\pi\epsilon_0 R} = 8\varphi_0 - 6\varphi_0 = 2\varphi_0 \rightarrow$$

$$\varphi_0 = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 R}$$



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 3

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

N3

аналогично
$$\varphi_C - \varphi_D = \int_{R/2}^{3R/2} E'(r) dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{2R/4}^{3R/4} v^2 dr =$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{3R/4} - \frac{1}{2R/4} \right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{4}{3R} - \frac{4}{2R} \right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{4}{3R} - \frac{4}{2R} \right) = \frac{q}{\pi\epsilon_0} \left(\frac{3-2}{6R} \right) = \frac{q}{6\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_D = \varphi_C - \frac{1 \cdot q}{6\pi\epsilon_0 R} = -6 \varphi_0 - \frac{q}{6\pi\epsilon_0 R} = \left(\frac{6}{8} - \frac{1}{6} \right) \frac{q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_D = \frac{36-8}{48} \frac{q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{28}{48} \frac{q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{7}{12} \frac{q}{\pi\epsilon_0 R}$$

2) Решение пункта 1:

$$\varphi(x) = \varphi_A + \varphi_D - \varphi_A = \frac{kq}{r} + \varphi_D - \varphi_A = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} + \varphi_D - \varphi_A$$

$$\varphi_A - \varphi_D = \int_r^{3R/4} E'(x) dx = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{4}{3R} \right)$$

$$\varphi(x) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{4}{3R} \right) = \frac{4}{3R} \frac{q}{4\pi\epsilon_0} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)$$

$$\varphi \left(x = \frac{3R}{4} \right) = \frac{q}{3\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} = \frac{q}{\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{3\epsilon R} + \frac{\epsilon - 1}{4r} \right) =$$

$$= \frac{q}{\pi\epsilon_0} \frac{4r + 3\epsilon^2 R - 3\epsilon R}{12\epsilon R r}$$

3) Решение пункта 2: $\varphi_D = \varphi \left(x = \frac{3R}{4} \right) \Rightarrow \frac{7}{12} \frac{q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{q(4r + 3\epsilon^2 R - 3\epsilon R)}{12\epsilon R r \pi\epsilon_0}$

$$7r = 4r + 3\epsilon^2 R - 3\epsilon R \Rightarrow \epsilon^2 R - \epsilon R - 3 = 0 \Rightarrow \epsilon = \frac{R + \sqrt{R^2 + 12R}}{2}$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

ИЧ Дано:

$$h_1 = l$$

$$h_2 = 3h$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 3n$$

$$S, R = 0; \frac{dB}{dt} = -\alpha$$

$$\text{Катушки: } \frac{dI}{dt}$$

$$h_1: B_0 \rightarrow \frac{2}{3} B_0$$

$$h_2: \frac{B_0}{3} \rightarrow B_0 \cdot \frac{1}{12}$$

$I_{1c} = ?$

Решение:

Сопротивления катушки и провода

не имеют, а значит, контур

сверхпроводящий, а по св-ву

сверхпроводящего контура ^{магнитный} поток

в нем остается неизменным.

Магнитный поток контура складывается

из потока внешнего и собственного. Таким

$$\text{образом, } \frac{d\Phi_{\Sigma}}{dt} = \frac{d\Phi_{\text{вн}}}{dt} + \frac{d\Phi_{\text{собст}}}{dt} = 0$$

при изменении внешнего потока через 1 катушку в ней

возникает ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$, $\Phi = B \cdot S \cdot n$, $\rightarrow \mathcal{E}_i = -\frac{dB}{dt} \cdot S n$,

в контуре из-за этого потечет ток, что приведет

к появлению в катушке 2 ЭДС самоиндукции,

равной $h_2 \frac{dI}{dt}$. Но т.к. появившийся ток в 2

катушке изменит \mathcal{E}_i внешним потоком, то

в ней тоже возникнет ЭДС самоиндукции



поле Φ индукционного тока сонаправлено с

внешним полем по правилу Ленца,

тогда $\mathcal{E}_i \uparrow$. I_i направлен по часовой стрелке, \mathcal{E}_i против индукционного тока

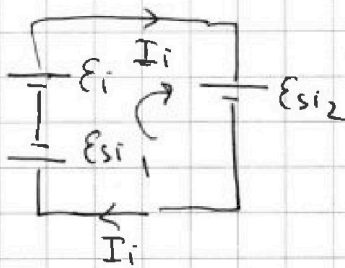
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



по 2-му правилу Кирхгофа

$$\varepsilon_i - \varepsilon_{si1} - \varepsilon_{si2} = 0$$

$$-\frac{d\Phi}{dt} - (-L_1 \frac{dI}{dt}) - (-L_2 \frac{dI}{dt}) = 0$$

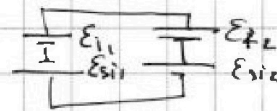
$$-\frac{dB}{dt} S n_1 + (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = 0 \rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{(+\alpha) S n_1}{L_1 + L_2}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\alpha S n_1}{L_1 + L_2} \quad \text{знак указывает на то, что ток увеличивается по часовой стрелке}$$

$$|\frac{dI}{dt}| = |I| = \frac{\alpha S n_1}{L_1 + L_2} = \frac{\alpha S n_1}{L + \mu L} = \frac{\alpha S n_1}{10L}$$

2) когда поле в обеих катушках будет меняться, в обеих появится ε_i и ε_{si}

$$-\varepsilon_i + \varepsilon_{si1} + \varepsilon_{si2} + \varepsilon_{si2} = 0$$



$$+\frac{d\Phi}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} - \frac{d\Phi}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} \quad \text{Кирхгоф от шапки}$$

$$\text{приращение к конеккам} \rightarrow +\Delta\Phi_1 - L_1 \Delta I - \Delta\Phi_2 - L_2 \Delta I = 0$$

$$\Phi_1 = B_1 S n_1, \quad \Phi_2 = B_2 S n_2, \quad \Delta\Phi_1 = (\frac{2}{3} B_0 - B_0) S n_1, \quad \Delta\Phi_2 = (\frac{1}{12} B_0 - \frac{1}{3} B_0) S n_2$$

$$-\frac{1}{3} B_0 S n_1 + \frac{4-1}{12} B_0 S n_2 = (L_1 + L_2) (I_k - 0)$$

$$I_k = \frac{-\frac{1}{3} B_0 S n_1 + \frac{1}{4} B_0 S n_2}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S (-\frac{1}{3} + \frac{3n_2}{4n_1})}{L + \mu L} = \frac{B_0 S n_1 \cdot 5}{10L \cdot 12}$$

$$I_k = \frac{B_0 S n_1}{L} \cdot \frac{1}{24}$$

Ответ: $\frac{\alpha S n_1}{10L}$; $\frac{B_0 S n_1}{L} \cdot \frac{1}{24}$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

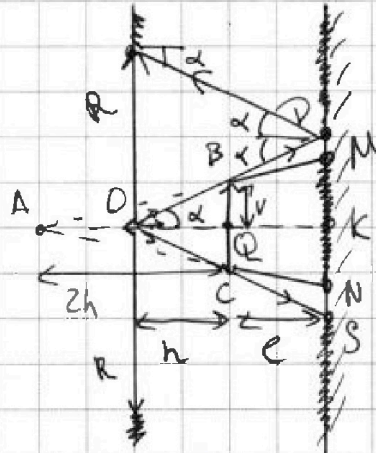
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

NS дано:

$F = 2h$
 $l = h$
 $r = 2 \text{ см}$

Найти: $S_{\text{тени 3}}$

$S_{\text{тени см.}}$



1) По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

В этом

случае $d = h$ и $F = 2h$

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{h \cdot 2h}{h-2h} = \frac{2h^2}{-h} = -2h$$

изображение получается мнимым, т.е. линза

рассеивает лучи, попадающие на нее от источника,

так, что как будто они идут из A ($AQ = 2h$) ($OA = h$)

лучи, проходящие через линзу, формируют световое

пятно в виде круга с диаметром MN. K - центр этого круга.

из подобия треугольников ABC и AMN $\frac{MN}{BC} = \frac{AK}{AQ}$

$$MN = 2r \cdot \frac{2h+l}{2R} = 2r \cdot \frac{2h+h}{2h} = 2r \cdot \frac{3}{2} = 3r$$

тогда $S_{\text{обв}} = \pi \frac{(MN)^2}{4} = \pi \cdot \frac{9r^2}{4}$

лучи же, которые через л. на линзу не попадают, (как OP, OS)

образуют световое пятно с темной областью в виде

круга диаметра DS. из подобия $\triangle OBC$ и $\triangle OKC$ $\frac{OB}{BC} = \frac{OK}{OQ}$

$$DS = 2r \cdot \frac{l+h}{h} = 2r \cdot \frac{2h}{h} = 4r. \quad S_{\text{обв темн DS}} = \pi \frac{DS^2}{4} = \pi \cdot 4r^2$$

$$S_{\text{тени 3}} = S_{\text{тени OS}} - S_{\text{обв}} = \pi r^2 \cdot 4 - \pi r^2 \cdot \frac{9}{4} = \frac{7}{4} \pi r^2$$

$$S_{\text{тени 3}} = \frac{7}{4} \pi \cdot 0,2^2 = 7\pi \text{ см}^2$$

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



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

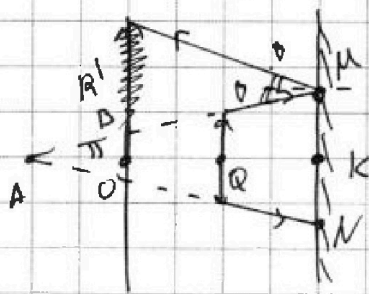
15

2) по закону отражения, угол падения равен углу отражения. соответственно, лучи, попадающие на зеркало под α , отразятся под α и расстояние между источником и световой точкой от луча на стене будет $2(h+l) \text{ tg } \alpha = 4h \text{ tg } \alpha$.

лучи, у которых α угол падения на зеркало и еще аналогичные это лучи ~~OF~~_{OS}. Световые точки от них образуются на расстоянии $R = 4h \frac{DK}{OK} = 4h \frac{BQ}{AQ} = 4h \frac{r}{h} = 4r$

то есть площадь тени, если не учитывать свет от лучей, проходящих через линзу $\rightarrow S_{\text{тени}}' = \pi R^2 = \pi \cdot 16r^2$

Однако лучи, проходящие через линзу, также отразятся от зеркала и самые крайние (такие, как OM) попадут на стену на расстоянии $R' = 2(h+l) \text{ tg } \beta = 4h \text{ tg } \beta$



$$\text{из } \triangle AKK \text{ tg } \beta = \frac{MK}{AK} = \frac{MN}{2 \cdot 3h} = \frac{1}{2} \frac{r}{h}$$

$$R' = 4h \cdot \frac{1}{2} \frac{r}{h} = 2r. \text{ Все лучи, которые}$$

попадут на зеркало между ~~A~~_M и N,

осветит всю область внутри круга с центром в O и 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
3 из 3

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

$$S_{\text{осв}}' = \pi R'^2 = \pi \cdot 4r^2$$

Тогда область тени на стене, будет кривой
полосой площадью $S_{\text{тени}}' - S_{\text{осв}}' = 16\pi r^2 - 4\pi r^2 = 12\pi r^2$

~~Ответ: $\frac{7}{4}\pi r^2$, $12\pi r^2$~~ $S_{\text{тени ст}} = 12\pi (2\text{ см})^2 = 48\pi \text{ см}^2$

Ответ: $7\pi \text{ см}^2$; $48\pi \text{ см}^2$

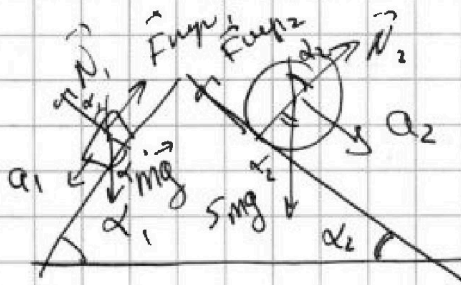
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
_ _ ИЗ _ _

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



$$mg + N_1 + F_{mp1} = ma_1$$

$$(x) \quad mg \sin \alpha_1 - F_{mp1} = ma_1$$

$$(y) \quad N_1 = mg \cos \alpha_1 \quad F_{mp} = m(g \sin \alpha - a)$$

Спроецируем условием $\rightarrow F_{mp1} = F_{mp2} \cos \alpha_2 = \mu N_1 = \mu mg \cos \alpha_1$

$$5mg + F_{mp2} + N_2 = 5ma_2$$

$$-F_{mp2} + 5mg \sin \alpha_2 = 5ma_2 \rightarrow F_{mp2} = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2)$$

$$F_{mp1} = m(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{7}{17}g) = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{7}{17} \right) = mg \frac{51 - 35}{85} = \frac{16}{85} mg$$

$$F_{mp2} = 5m g \left(-\frac{8}{17} - \frac{8}{25} \right) = 40mg \cdot \frac{8}{17 \cdot 25} = \frac{320}{17 \cdot 25} mg$$

$$N_{1\perp} = N_1 \cos \alpha_1 = mg \cos \alpha_1 \cos \alpha_1 = mg \cdot \frac{16}{25}$$

$$N_{2\perp} = 5mg \cos \alpha_2 \cos \alpha_2 = mg \cdot \frac{225}{289}$$

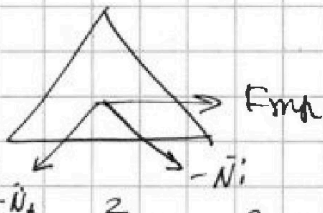
$$N_{1\parallel} = mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 = mg \cdot \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} = mg \frac{12}{25}$$

$$N_{2\parallel} = 5mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 = 5mg \cdot \frac{8 \cdot 15}{289} = \frac{600}{289} mg$$

$$F_{mp1} + N_{1\parallel} = N_{2\parallel}$$

$$F_{mp1} = N_{2\parallel} - N_{1\parallel} = mg \left(\frac{600}{289} - \frac{12}{25} \right) = \frac{15000 - 3468}{7225} mg$$

$$= \frac{15000 - 3468}{7225} = \frac{11532}{7225} mg$$



$$\begin{array}{r} 25 \\ 615 \\ -25 \\ \hline 75 \\ 30 \\ \hline 375 \end{array} \quad \begin{array}{r} 25 \\ 25 \\ -15 \\ \hline 125 \\ 25 \\ \hline 375 \end{array} \quad \begin{array}{r} 25 \\ 25 \\ -15 \\ \hline 125 \\ 25 \\ \hline 345 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ -8 \\ \hline 7 \\ 600 \end{array}$$

$$10 \cdot 4 \cdot 15 - 3 \cdot 4 = 350$$

$$4 \mid 150 - 3$$

$$\begin{array}{r} 350 \\ -25 \\ \hline 75 \\ 30 \\ \hline 375 \end{array}$$

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



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

В 12: $Q_+ = \frac{(5-3)V_0}{2}$ $3\rho_0 + 5\rho_0 = 8\rho_0 V_0$
 $\rho(5V_0) = 8\rho_0 - \frac{\rho_0}{V_0} 5V_0 = 3\rho_0$ $\sigma U = \left(\frac{15\rho_0 V_0}{2A} - \frac{15\rho_0 V_0}{2A} \right) l = 0$
 $T(5V_0) = \frac{3\rho_0 5V_0}{2A} = \frac{15\rho_0 V_0}{2A}$
 $\lambda = \frac{A}{Q_{s1} + Q_{s2}} = \frac{3\rho_0 V_0}{(8+3)\rho_0 V_0} = \frac{3}{11}$



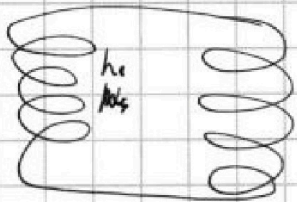
$$\int_L \vec{B} d\vec{e} = \mu_0 I$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot n \Rightarrow h = \frac{\mu_0 I S n}{l} = \mu_0 n S$$

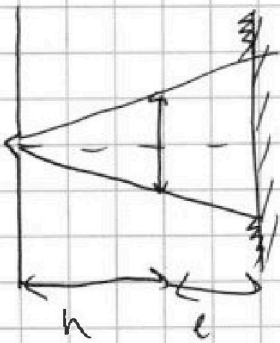
$$B \cdot l = \mu_0 n I \Rightarrow B = \mu_0 n I$$

$$h I = B S \Rightarrow h = \frac{B S}{I}$$

$$\oint \vec{E}_{si} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(B S n)}{dt} = \frac{dB}{dt} B n = \alpha S n$$

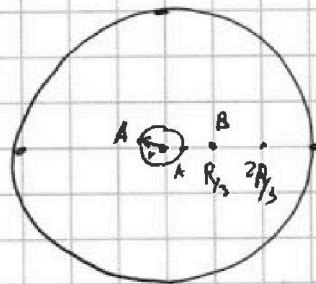
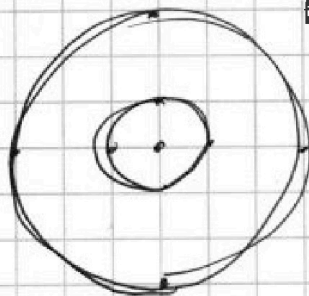


возникшее E_{si} вызовет индукцию h и т.д.



$$\frac{l}{h} + \frac{l}{f} = \frac{l}{F} \Rightarrow f = \frac{F h}{h-f} = \frac{2h \cdot h}{h-2h} = -2h$$

$$\varphi_a = \frac{kq}{r}$$



$$d\varphi = E dr$$

$$\Delta\varphi_{AB} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr =$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} r^{-2} dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{3}{R} \right)$$

$$E(r)_{\text{мкк}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

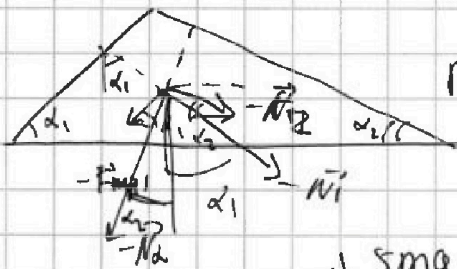
№1 продолжение

$$F_3 = mg (5 \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 - \cos \alpha_1 \sin \alpha_1)$$

$$F_3 = mg \left(\frac{5 \cdot 8 \cdot 15}{17 \cdot 17} - \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 5} \right) = mg \left(\frac{150}{289} - \frac{3}{25} \right) \cdot 4$$

$$F_3 = 4mg \frac{3750 - 867}{7225} = \frac{4 \cdot 2883}{7225} mg = \frac{11532}{7225} mg$$

Ответ: $F_1 = \frac{16}{85} mg$; $F_2 = \frac{64}{85} mg$; $F_3 = \frac{11573}{7225} mg$



$$N_1 \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 +$$

$$+ N_2 \sin \alpha_2 + F_1 \cos \alpha_1 + F_{m1} = 0$$

$$mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + 5mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 -$$

$$- 5mg \cos \alpha_2 \cos \alpha_2 +$$

$$+ 5mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 + mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - mg \cos \alpha_1$$

$$+ F_{m1} = 0$$

- Fm1

$$2mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + 10mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 - 5m \alpha_2 \cos \alpha_2 - m \alpha_1 \cos \alpha_1 =$$

$$F_{m1} = 5m \cdot \frac{8}{25} \cdot \frac{15}{17} g + m \cdot \frac{7}{17} \cdot \frac{4}{5} g - 2mg \left(\frac{4 \cdot 3}{25} + \frac{5 \cdot 8 \cdot 15}{289} \right)$$

$$F_{m1} = mg \left(\frac{5 \cdot 120}{25 \cdot 17} + \frac{28}{17 \cdot 5} - \frac{2 \cdot (12 + 5 \cdot 120)}{25 \cdot 289} \right) =$$

$$= mg \frac{5 \cdot 120 \cdot 17 + 28 \cdot 17 \cdot 5 - 2 \cdot 12 \cdot 25 - 2 \cdot 120 \cdot 5}{289 \cdot 25}$$

$$= \frac{17 \cdot 5 \cdot 120 \cdot 15 + 4(7 \cdot 5 \cdot 17 - 6 \cdot 1)}{289 \cdot 25}$$

$$289 \cdot 25$$

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!

N4

Дано:

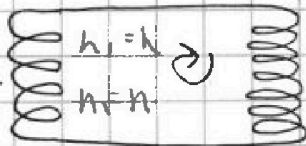
Решение:

1) Занедем второе

$$h_1 = h, h_2 = 9h$$

$$n_1 = n, n_2 = 3n$$

$$N_1 = N, N_2 = 3N$$



правило Кирхгофа
здесь гальванометра

$$S: \frac{dB}{dt} = -\alpha$$

$$\text{Катушки: } \frac{dI}{dt}$$

$$h_1: B_0 \rightarrow \frac{2}{3} B_0$$

$$h_2: \frac{B_0}{3} \rightarrow \frac{B_0}{12}$$

$I_K = ?$

$$\text{катушки: } \mathcal{E}_{s1} + \mathcal{E}_{s2} = 0$$

\mathcal{E}_{s1} - эдс самоиндукции, возникающая в 1-й катушке

\mathcal{E}_{s2} - эдс самоиндукции, возникающая во 2-й катушке

$$-\frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt} = 0 \rightarrow -\frac{d(B_1 S n_1)}{dt} - \frac{d(B_2 S n_2)}{dt} = 0 \quad \beta = \frac{9-4}{12} = \frac{5}{12}$$

$$-\frac{dB_1}{dt} \cdot S n_1 - \frac{dB_2}{dt} \cdot S n_2 = 0 \rightarrow -\frac{dB_1}{dt} n_1 = \frac{dB_2}{dt} n_2 \quad I_K = \frac{B_0 S (3n - \frac{1}{3}n)}{L} = \frac{9-4}{12} \frac{B_0 S n}{L}$$

$\sqrt{R(R+4r)} - R$

$$N \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{d(h_1 I_1)}{dt} = h_1 \frac{dI_1}{dt}, \quad \frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{d(h_2 I_2)}{dt} = h_2 \frac{dI_2}{dt} = \frac{5}{12} \frac{h_2 S n}{L}$$

в катушках ток равен ток $\rightarrow I_1 = I_2 \rightarrow$

$$\mathcal{E} = \text{разность потенциалов! } \mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \mathcal{E}_{s1} = -h_1 \frac{dI}{dt}$$

$$-\frac{d\Phi}{dt} - h_1 \frac{dI}{dt} - h_2 \frac{dI}{dt} = 0 \rightarrow -(-\alpha S n_1) = h_1 \frac{dI}{dt} + h_2 \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\alpha S n_1}{h_1 + h_2} \quad \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_{s1} + \mathcal{E}_{s2} = 0$$

$$\mathcal{E} = \Phi_{\text{внеш}} + \Phi_{\text{внут}} \quad -\frac{dB_1}{dt} S n_1 - \frac{dB_2}{dt} S n_2 - h_1 \frac{dI}{dt} + h_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$-dB_1 S n_1 - dB_2 S n_2 = (h_2 - h_1) \frac{dI}{dt} \rightarrow -S n_1 \left(\frac{1}{3} B_0 n_1 + \frac{1}{12} B_0 S n_2 \right) = -8h \frac{dI}{dt} \rightarrow B_0 S \left(\frac{1}{3} n_1 - \frac{1}{12} n_1 \right) = h I_K$$

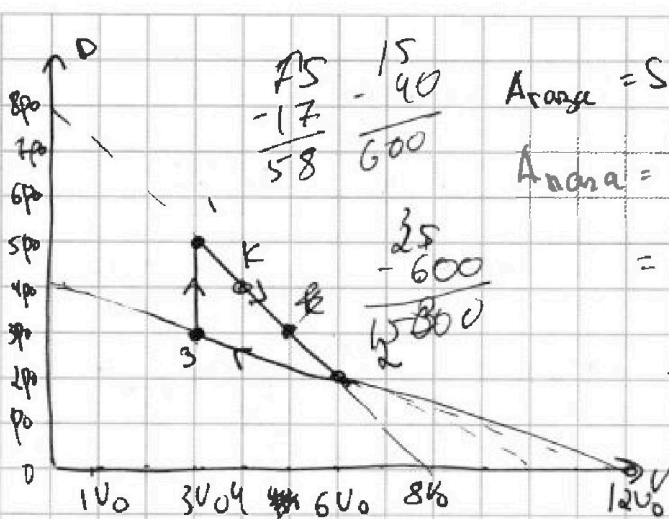
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$A_{\text{процесс}} = S$ под графиком

$$A_{\text{изотерма}} = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 3p_0 - \frac{1}{2} p_0 \cdot 3V_0 = 1445$$

$$= \frac{9}{2} - \frac{3}{2} p_0 V_0 = \frac{6}{2} p_0 V_0 = 3 p_0 V_0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_1 V_2$$

$$= \frac{3}{2} 3V_0 (5p_0 - 3p_0) = 9 p_0 V_0$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{\text{процесс}}} = \frac{9 p_0 V_0}{3 p_0 V_0} = 3$$

$$12: p(V) = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$$

$$pV = \nu RT \rightarrow 8p_0 V - \frac{p_0}{V_0} V^2 = \nu RT$$

$$T(V_1) = \frac{p_0}{\nu R} (8V - V^2) \rightarrow T'(V) = 0$$

$$T'(V) = \frac{8}{\nu R} (8 - 2V) = 0 \rightarrow V = 4V_0 \quad T_K = \frac{8p_0 4V_0}{\nu R} = \frac{16p_0 V_0}{\nu R}$$

$$T(V_2) = \frac{12p_0 V_0}{\nu R} \rightarrow \frac{T_{\text{max}}}{T_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

$$\delta Q = \Delta U + \delta A \rightarrow \delta Q = \frac{3}{2} \Delta(pV) + p dV = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp + p dV$$

$$\delta Q = \frac{3}{2} V dp + \frac{5}{2} V p$$

$$\delta Q = \frac{3}{2} V \left(-\frac{k p_0}{V_0} dV \right) + \frac{5}{2} \left(n p_0 - \frac{k p_0 V}{V_0} \right) dV$$

где 12 $p(V) = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$ $n=8$ $k=1$
 где 23 $p(V) = 4p_0 - \frac{p_0}{3V_0} V$ $n=4$ $k=\frac{1}{3}$
 6 общее значение $p(V) = n p_0 - \frac{k p_0 V}{V_0}$

$$= dV p_0 \left(\frac{5}{2} n - \frac{3}{2} \frac{k V}{V_0} - \frac{3}{2} \frac{k V}{V_0} \right) = \frac{dV p_0}{2} (5n - 8k \frac{V}{V_0})$$

$$\delta Q = 0 \rightarrow V' = \frac{5n}{8k} V_0 \quad V_1' = \frac{5 \cdot 8}{8 \cdot 1} V_0 = 5V_0 \quad V_2' = \frac{5 \cdot 4}{8 \cdot \frac{1}{3}} V_0 = \frac{15}{2} V_0 = 7.5 V_0$$

$\delta Q > 0: 5n - \frac{8kV}{V_0} > 0 \quad V < \dots$

4289
- 25

1445
578

3 p_0 V_0

9 p_0 V_0

3 p_0 V_0

289

578

3768

16 p_0 V_0

58

3712

2180

7225

1445

1164