



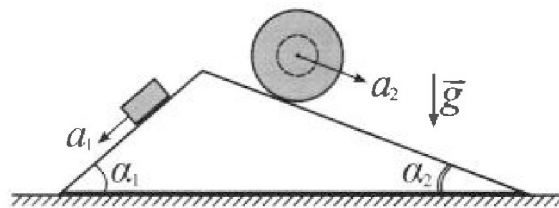
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

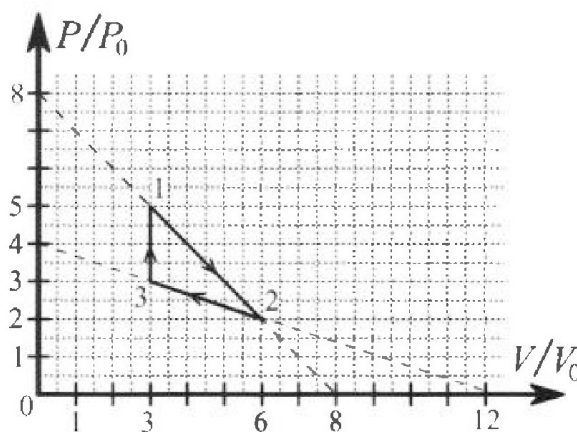


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэф. фициентом 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.

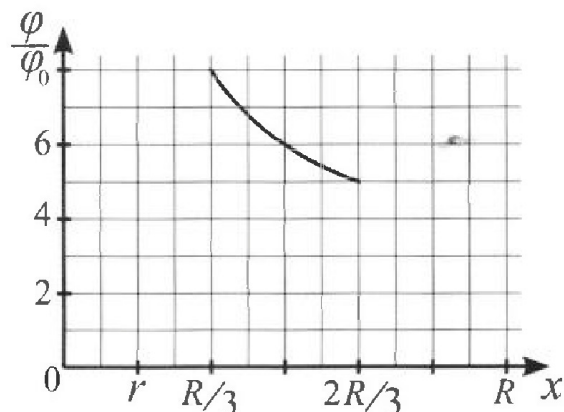
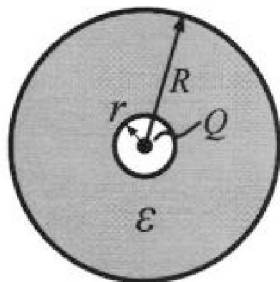
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 .

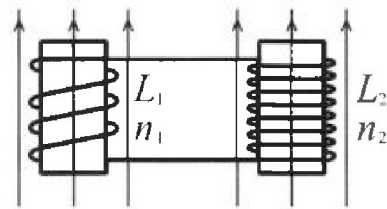


Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

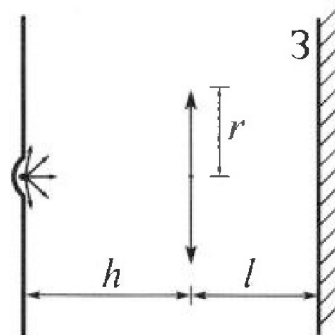
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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 изменять ся 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 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!

№ 1

Дано:

$$a_1 = \frac{7g}{17}$$

$$a_2 = \frac{8g}{25}$$

$$m, 5m$$

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

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

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

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

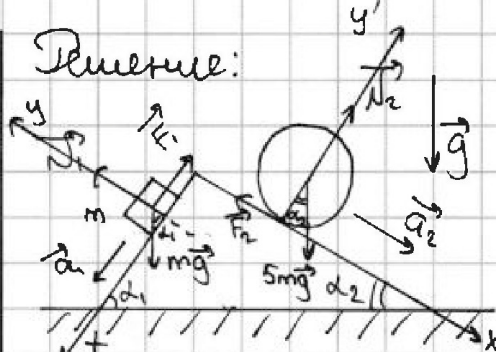
Найти:

1) F_1 - ?

2) F_2 - ?

3) F_3 - ?

Решение:



1) Расставим силы, действующие на диск и брусок.

N_1 - сила нормальной реакции клина на брусок

N_2 - сила нормальной реакции клина на диск.

2) Запишем II закон Ньютона для диска и бруска:

диск: $5m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_2 = 5m\vec{a}_2$

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

3) Спроецируем его на оси:

диск:

брусок:

$$Ox': 5mg \sin \alpha_2 - F_2 = 5ma_2 \quad (1)$$

$$Ox: mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1 \quad (3)$$

$$Oy': -5mg \cos \alpha_2 + N_2 = 0 \quad (2)$$

$$Oy: N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0 \quad (4)$$

4) Из уравнений (1) и (3) найдем F_1 и F_2 :

$$a) F_2 = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 5m(g \cdot \frac{8}{17} - \frac{8g}{25}) = 40mg(\frac{1}{17} - \frac{1}{25})$$

$$\frac{1}{17} - \frac{1}{25} = \frac{25-17}{25 \cdot 17} = \frac{8}{25 \cdot 17}$$

$$F_2 = 40mg \cdot \frac{8}{25 \cdot 17} = \frac{64}{5 \cdot 17} mg = \frac{64}{85} mg$$

$$b) F_1 = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{7g}{17}) = mg(\frac{3}{5} - \frac{7}{17})$$

$$\frac{3}{5} - \frac{7}{17} = \frac{17 \cdot 3 - 7 \cdot 5}{17 \cdot 5} = \frac{51-35}{85} = \frac{16}{85}$$

$$F_1 = \frac{16}{85} mg$$

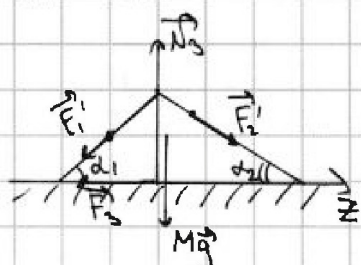


1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

5) Изобразим клин и расставим силы, действующие на него:



F_1' - сила трения со стороны бруска на клин

F_2' - сила трения со стороны диска на клин.

N_3 - сила нормальной реакции опоры на клин со стороны стола

6) Запишем Π З-н Ньютона для клина:

$$\vec{F}_1' + \vec{N}_3 + \vec{F}_2' + M\vec{g} + \vec{F}_3 = M\vec{a}_3 = 0 \quad (\vec{a}_3 = 0, \text{ т.к. клин покоится})$$

закон
Спроецируем на ось z :

$$O_z: F_2' \sin \alpha_2 - F_1' \cos \alpha_1 - F_3 = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} F_2' = F_2 \\ F_1' = F_1 \end{array} \right\} \text{ по IV закону Ньютона.}$$

$$\begin{aligned} F_2 \cos \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_1 &= F_3 \Leftrightarrow F_3 = \frac{64}{85} mg \cdot \frac{15}{17} - \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} = \\ &= \frac{64}{85} mg \left(\frac{15}{17} - \frac{1}{5} \right) \\ \frac{15}{17} - \frac{1}{5} &= \frac{15 \cdot 5 - 17}{85} = \frac{75 - 17}{85} = \frac{58}{85} \\ F_3 &= \frac{3712}{7225} mg \end{aligned}$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{16}{85} mg$ 2) $F_2 = \frac{64}{85} mg$ 3) $F_3 = \frac{3712}{7225} mg$.



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!

$$\left(-\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0\right) dV + \left(-\frac{p_0}{V_0} dV\right) \cdot V = 0 \Rightarrow 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V = \frac{p_0}{V_0} V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2V}{V_0} = 8 \Rightarrow \frac{V}{V_0} = 4. \text{ Из графика видим, что при } \frac{V}{V_0} = 4 \quad \frac{p}{p_0} = 4 \Rightarrow p_* = 4p_0; V_* = 4V_0 \quad (p_* V_* - \text{давление и объём при } T = T_{\max})$$

6) Уп-я Менделеева-Клапейрона для случаев $T = T_{\max}$ и $T = T_2$.

$$\begin{aligned} T = T_{\max}: p_* V_* &= \nu R T_{\max} \\ T = T_2: p_2 V_2 &= \nu R T_2 \end{aligned} \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{p_* V_*}{p_2 V_2}$$

Из графика $p_2 = 2p_0$ и $V_2 = 6V_0$

$$\frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{4p_0 \cdot 4V_0}{2p_0 \cdot 6V_0} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

7) I начало термодинамики в диф. виде:

$$\delta Q = \delta A + dU.$$

1-2 - газ получает тепло

1-2 - на части процесса

2-3 - тоже только на части

8) В процессе 3-4 1-2 газ сначала получает тепло до $V = V_A$, а потом отдаёт.

Когда $V = V_A$, то $\delta Q = 0 \Rightarrow \delta A + dU = 0$

$$\delta A = p_A dV_A; \quad dU = \frac{3}{2} (\nu R dT) = \frac{3}{2} (p_A dV_A + d p_A V_A)$$

$$\frac{5}{2} p_A dV_A + \frac{3}{2} d p_A V_A = 0; \quad p_A = -\frac{p_0}{V_0} V_A + 8p_0; \quad d p_A = -\frac{p_0}{V_0} dV_A$$

$$\frac{5}{2} \cdot \left(-\frac{p_0}{V_0} V_A + 8p_0\right) dV_A + \frac{3}{2} \cdot \left(-\frac{p_0}{V_0} dV_A\right) \cdot V_A = 0$$

$$\frac{5}{2} \left(-\frac{V_A}{V_0} + 8\right) + \frac{3}{2} \cdot \left(-\frac{V_A}{V_0}\right) = 0$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
3 из 4

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

$$\frac{4V_A}{V_0} = 20 \Rightarrow V_A = 5V_0. \text{ Из графика } p_A = 3p_0$$

$$Q_{нар 1-A} = A_{1-A} + \Delta U_{1-A}$$

A_{1-A} найдём как площадь под графиком:

$$A_{1-A} = \frac{5p_0 + 3p_0}{2} \cdot 2V_0 = 8p_0V_0$$

$$\Delta U_{1-A} = \frac{3}{2} (p_A V_A - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 5p_0 \cdot 3V_0) = 0$$

$$Q_{нар 1-A} = 8p_0V_0$$

9) Теперь найдём $Q_{нар 2-B}$ - кол-во теплоты, подводимое к газу от $V=V_2$ до $V=V_B$

Ищем по принципу $Q_{нар 1-A}$.

$$\text{При } V=V_B \quad \delta Q=0 \Rightarrow \delta A_{2-B} + dU_{2-B}=0$$

$$\delta A_{2-B} = p_B dV_B \quad ; \quad dU_{2-B} = \frac{3}{2} (V_B dT_B) = \frac{3}{2} (p_B dV_B + d p_B V_B)$$

$$\frac{5}{2} p_B dV_B + \frac{3}{2} d p_B V_B = 0.$$

10) Составим ур-е прямой, совпадающей с отрезком 2-3.

$$\frac{p}{p_0} = k' \cdot \frac{V}{V_0} + 4; \quad k' = -\operatorname{tg} \beta, \text{ где } \beta - \text{острый угол между прямой и осью } \frac{V}{V_0}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

$$p = -\frac{p_0}{3V_0} V + 4p_0 \Rightarrow p_B = -\frac{p_0}{3V_0} V_B + 4p_0 \Rightarrow d p_B = -\frac{p_0}{3V_0} dV_B$$

Подставим сюда

$$11) \frac{5}{2} \cdot \left(-\frac{p_0}{3V_0} \cdot V_B + 4p_0 \right) \cdot dV_B + \frac{3}{2} \cdot \left(-\frac{p_0}{3V_0} dV_B \right) \cdot V_B = 0$$

$$V \left(\frac{5}{6V_0} + \frac{1}{2V_0} \right) = 10 \Rightarrow \frac{8}{6} \frac{V}{V_0} = 10 \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{60}{8} = \frac{15}{2} = 7,5$$



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!

12) Точка лежит за графиком, значит, на всем процессе $2 \rightarrow 3$ газ либо отдавал, либо получал тепло.

$$Q_{2 \rightarrow 3} = \Delta U_{2 \rightarrow 3} + A_{2 \rightarrow 3}, \quad \Delta U_{2 \rightarrow 3} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) = \frac{3}{2} p_0 V_0$$

$$\Delta U_{2 \rightarrow 3} = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 3V_0 - 2p_0 \cdot 6V_0) = -\frac{9}{2} p_0 V_0$$

$$\left. \begin{array}{l} p_3 = 3p_0 \\ V_3 = 3V_0 \\ p_2 = 2p_0 \\ V_2 = 6V_0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{из} \\ \text{гра-} \\ \text{фика} \end{array}$$

$$A_{2 \rightarrow 3} < 0; \quad \Delta U_{2 \rightarrow 3} < 0 \Rightarrow Q_{2 \rightarrow 3} < 0$$

13) $\eta = \frac{A_4}{Q_H}$; $Q_H = Q_{3 \rightarrow 1} + Q_{нагр. 1-4} = \Delta U_{3 \rightarrow 1} + 4p_1 V_1$ (изостерный процесс)

$$Q_H = 9p_0 V_0 + 8p_0 V_0 = 17p_0 V_0$$

$$14) \quad \eta = \frac{3p_0 V_0}{17p_0 V_0} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) $\frac{|\Delta U_{3 \rightarrow 1}|}{A_4} = 3$; 2) $\frac{T_{max}}{T_2} = \frac{4}{3}$; 3) $\eta = \frac{3}{17}$



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
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!

Дано:
 ϵ, k, R, Q
 $\varphi(x)$ - график

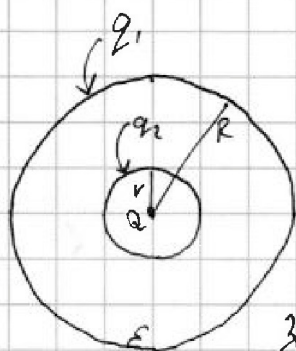
Найти:
1) $\varphi(x = \frac{3R}{2}) = ?$
2) $\epsilon = ?$

Решение: 1) $r = \frac{R}{3}$ (из графика)

$$2) q_1 + q_2 = 0 \text{ (из ЗСЗ)} \Rightarrow q_1 = -q_2$$

$$\Rightarrow q_1 = -q_2$$

3) По поверхности шара
заряжено равномерно



ввиду симметрии конструкции.

4) Из принципа суперпозиции $\varphi = \varphi_{\text{от сферы 1}} + \varphi_{\text{от сферы 2}} + \varphi_{\text{от } Q}$

$\varphi_{\text{от сферы 2}} + \varphi_{\text{от } Q}$
(далее $\varphi_{\text{от } 2}$)

$$5) \varphi_{\text{от } 1} (\text{при } x < R) = \frac{kq_1}{x}$$

$$\varphi_{\text{от } 2} (\text{при } x > r) = \frac{kq_2}{x}$$

$$\varphi_{\text{от } Q} = \frac{kQ}{x}$$

$$6) \varphi(x = \frac{R}{3}) = 8\varphi_0 \text{ (из графика)}$$

$$\varphi(x = \frac{R}{3}) = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_2 \cdot 3}{R} + \frac{kQ \cdot 3}{R} =$$

$$= 8\varphi_0$$

$$7) \frac{8R\varphi_0}{k} = -q_2 + 3q_2 + 3Q$$

$$\frac{8R\varphi_0}{2k} - \frac{3Q}{2} = q_2 = \frac{4R\varphi_0}{k} - \frac{3}{2}Q$$

$$\varphi_0 = \frac{k}{8R} (2q_2 + 3Q)$$

$$8) \varphi(x = \frac{2R}{3}) = 5\varphi_0 \text{ (из графика)}$$

$$\varphi(x = \frac{2R}{3}) = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_2 \cdot 3}{2R} + \frac{kQ \cdot 3}{2R}$$

$$\frac{5\varphi_0 R}{k} = q_1 + \frac{3}{2}q_2 + \frac{3}{2}Q \Rightarrow \frac{5\varphi_0 R}{k} = -q_2 + \frac{3}{2}q_2 + \frac{3}{2}Q = \frac{1}{2}q_2 +$$

$$+ \frac{3}{2}Q \Rightarrow \varphi_0 = \frac{k}{5R} (\frac{1}{2}q_2 + \frac{3}{2}Q)$$



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!

$$9) \frac{k}{10R} (q_2 + 3Q) = \frac{k}{8R} (2q_2 + 3Q) \Rightarrow$$

$$\frac{q_2}{10} + \frac{3}{10} Q = \frac{q_2}{4} + \frac{3}{8} Q \quad | \cdot 40$$

$$4q_2 + 12Q = 10q_2 + 15Q \Rightarrow 6q_2 = -3Q \Rightarrow q_2 = -\frac{Q}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{Q}{2}$$

$$\varphi_0 = \frac{k}{8R} \cdot (-Q + 3Q) = \frac{kQ}{4R}$$

$$\varphi_0 = \frac{k}{10R} \left(-\frac{Q}{2} + 3Q \right) = \frac{kQ}{4R} \quad \text{А}$$

$$10) \varphi(x = \frac{3R}{4}) = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_2}{3R} + \frac{kQ}{3R} = \frac{kQ}{2R} - \frac{kQ}{3R} + \frac{kQ}{3R} =$$

$$= \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3} + \frac{4}{3} \right) = \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{3} \right) \quad \frac{1}{2} + \frac{2}{3} = \frac{3+4}{6} = \frac{7}{6}$$

$$\varphi(x = \frac{3R}{4}) = \frac{7kQ}{6R}$$

$$11) d\varphi = E dx \Rightarrow E = \frac{d\varphi}{dx} - \text{производная в графике}$$

12) Проведём касательную к графику в точке

$$x = \frac{R}{3}; \quad -\tan \alpha = \varphi'(x = \frac{R}{3}), \quad \text{где } \alpha - \text{острый угол между}$$

касательной и осью OX.

$$\tan \alpha = \frac{\Delta \varphi}{\Delta x}; \quad \Delta x = \left(\left(\frac{R}{3} + \frac{R}{6} \right) - R \right) = \frac{R}{6}; \quad E(x = \frac{R}{3}) = \frac{-3Q \cdot 6}{R}$$

(из графика)

$$E(x = \frac{R}{3}) = -\frac{18Q}{R} = \frac{-18 \cdot 4R}{R} = -\frac{9kQ}{2R^2} \Rightarrow |E(x = \frac{R}{3})| = \frac{9kQ}{2R^2}$$

$$13) |E(x = \frac{R}{3})| = E_{\text{от сфер.1}}(x = \frac{R}{3}) + E_{\text{от сфер.2}}(x = \frac{R}{3}) + E_{\text{от Q}}(x = \frac{R}{3})$$

(далее E_{от 1}) (далее E_{от 2})

$$14) E_{\text{от Q}}(x = \frac{R}{3}) = 0$$

(из принципа суперпозиции)



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!

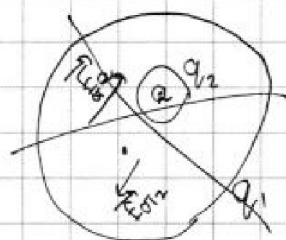
$$E_{от2}(x=\frac{R}{3}) = \frac{kq_2}{\epsilon(\frac{R}{3})^2} = \frac{k \cdot (-\frac{2}{3}) \cdot q}{\epsilon R^2} = + \frac{kQq}{2\epsilon R^2}$$

$$E_{отQ}(x=\frac{R}{3}) = \frac{kQ}{\epsilon(\frac{R}{3})^2} = \frac{kQ \cdot 9}{\epsilon R^2}$$

$$E(x=\frac{R}{3}) = 0 + \frac{kQq}{2\epsilon R^2} - \frac{kQq}{\epsilon R^2} = + \frac{9kQ}{2R^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{2\epsilon} = -\frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2\epsilon} = -\frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2\epsilon} - \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{2} \Rightarrow -\frac{1}{2\epsilon} = \frac{1}{2}$$



$$\epsilon = \frac{E_0}{E_g} \Rightarrow E_g = \frac{E_0}{\epsilon}$$

В области диэлектрика $E_{отQ}$ уменьшается

в ϵ раз. (по определению)

$$E(x=\frac{R}{3}) = \frac{E_{отQ}(x=\frac{R}{3})}{\epsilon} \Rightarrow \frac{9kQ}{2R^2} = \frac{kQ}{(\frac{R}{3})^2 \epsilon} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{9}{2} = \frac{9}{\epsilon} \Rightarrow \epsilon = 2$$

$$\text{Ответ: } 1) \varphi(x=\frac{3R}{4}) = \frac{7kQ}{6R} \quad 2) \epsilon = 2.$$



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 1

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!

$S = 4$

Дано:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 9L$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 3n$$

S

Найти:

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

то $\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = ?$

2) где L_1

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

где L_2

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

$I_1 = ?$

Решение:

1) $\Phi = LI \Rightarrow \dot{\Phi} = L \dot{I}$;

2) ~~$\Phi = LI \Rightarrow \dot{\Phi} = L \dot{I}$~~ $\dot{\Phi} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$, если $\Delta t \rightarrow 0$

$$\Delta \Phi = \Delta(BS) \cdot n_1 = \Delta B S n_1, \Rightarrow \dot{\Phi} = \frac{\Delta B S n_1}{\Delta t} = -\alpha S n_1$$

3) $-\alpha S n_1 = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$; $\Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{\alpha S n_1}{L} \Rightarrow$

$$\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{\alpha S n_1}{L}$$

$$\Phi_2 = \Phi_{\text{внут}} + \Phi_{\text{внеш}}$$

4) $\Phi_1 = L_1 I_1$; $\Phi_2 = L_2 I_2$; $I_1 = I_2$ $\dot{\Phi}_2 = \dot{\Phi}_{\text{внут}}$

$$\Phi_1 = L_1 I$$

$$\Phi_2 = L_2 I$$

$$\dot{\Phi}_1 = L_1 \dot{I}$$

$$\dot{\Phi}_2 = L_2 \dot{I}$$

5) $\Phi_1 = \Phi_{\text{внут}} + \Phi_{\text{внеш}}$ $\dot{\Phi}_1 = \frac{\Delta B S n_1}{\Delta t} = -\alpha S n_1 = -\alpha S n$

$$0 - \alpha S n = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{\alpha S n_1}{L} = \frac{\alpha S n}{L}$$

Ответ: 1) $\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{\alpha S n}{L}$



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!

№5

Дано:

$$F = 2h$$

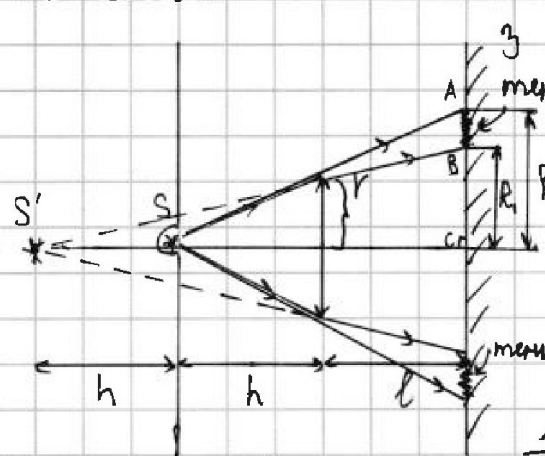
$$r = 2 \text{ см}$$

$$l = h$$

Найти:

- 1) Смещ. з. зер.
- 2) Смещ. з. стана.

Решение:



- 1) Заметим, что лампочка находится между фокусом и двойной
- 2) Изображение будет мнимое.

2) По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} - \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{h} - \frac{1}{F} = \frac{1}{h} - \frac{1}{2h} = \frac{1}{2h} \Rightarrow f = 2h$$

3) На зеркало будут падать преломленные лучи от источника S так, будто они исходят прямо из S'. (S-лампочка)

4) Рассмотрим крайние лучи, которые пройдут по самым краям линзы.

Я изображу это на следующем рисунке.

5) Если угол расхождения лучей будет чуть больше, то лучи на линзу не попадут и не преломятся.

6) Лучи преломившиеся в линзе будут освещать зеркало вплоть до критического угла.

6) Тогда зеркало будет выглядеть так:





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!

7) Найдём R_1 и R_2 :

для $\triangle SAC$:

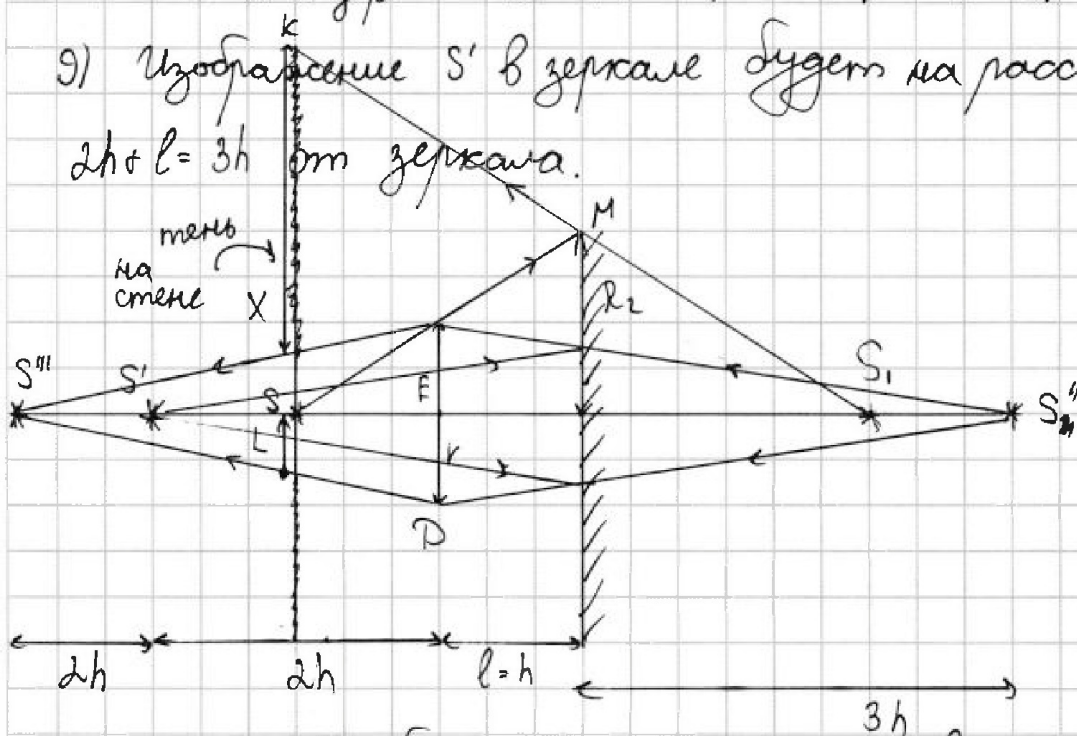
$$\frac{r}{R_2} = \frac{h}{(h+l)} = \frac{h}{2h} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_2 = 2r = 4 \text{ см}$$

для $\triangle S'BC$:

$$\frac{r}{R_1} = \frac{2h}{2h+l} = \frac{2h}{3h} = \frac{2}{3} \Rightarrow R_1 = \frac{3}{2}r = 3 \text{ см}$$

8) $S_{\text{несв. зер.}} = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi(R_2^2 - R_1^2) = \pi(16 - 9) \text{ см}^2 = 7\pi \text{ см}^2$

9) Изображение S' в зеркале будет на расстоянии $2h+l=3h$ от зеркала.



лучи от S'' будут преломляться в линзе.

10) Тогда по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{4h} = \frac{1}{2h} - \frac{1}{4h} = \frac{1}{4h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f' = 4h$$

11) лучи от S'' будут фокусироваться в точке S'' .

лучи от S' будут отражаться так, будто исходят от S''



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!

12) Рассмотрим критический угол, проходящий через край линзы.
Для $\Delta S''ED$:

$$\frac{L}{r} = \frac{3h}{4h} = \frac{3}{4} \Rightarrow L = \frac{3}{4} r = 1,5 \text{ см}$$

13) Лучи от S'' идут только до краёв линзы, т.к., если сначала лучи от S не попали на линзу, то изображение источника будет в другом месте - на расстоянии $h+l=2h$ от зеркала.

14) Не прошедшие лучи от S будут отражаться так, будто вошли из S_1 .

15) Тень на стене:



тень

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ \times 6 \\ \hline 78 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 169 \\ \times 13 \\ \hline 39 \\ \times 13 \\ \hline 169 \end{array}$$

16) В области дальше от S на расстоянии $(L+x)$ стена будет везде освещена. Это очевидно.

17) Заметим, что ΔKMS - равнобедренный $\Rightarrow$

$$KS = 2R_2 = x + L \Rightarrow x = 2R_2 - L = 2 \cdot 4 \text{ см} - 1,5 \text{ см} = 6,5 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} 18) S_{\text{несв. т. стены}} &= \pi(x+L)^2 - \pi L^2 = \pi(x^2 + 2xL) = \pi \left(\frac{169}{4} + \frac{2 \cdot 13 \cdot 3}{2 \cdot 2} \right) \text{ см}^2 \\ &= \pi \left(\frac{169}{4} + \frac{78}{4} \right) \text{ см}^2 \\ &= \pi \cdot \frac{247}{4} \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $S_{\text{несв. т. зер.}} = 7\pi$; 2) $S_{\text{несв. т. стены}} = \frac{247}{4}\pi$



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!

