



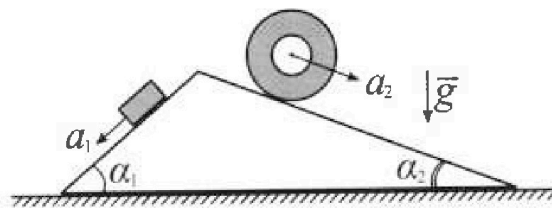
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

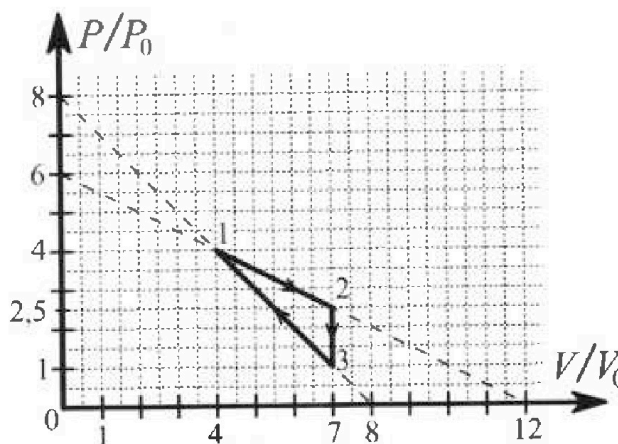


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

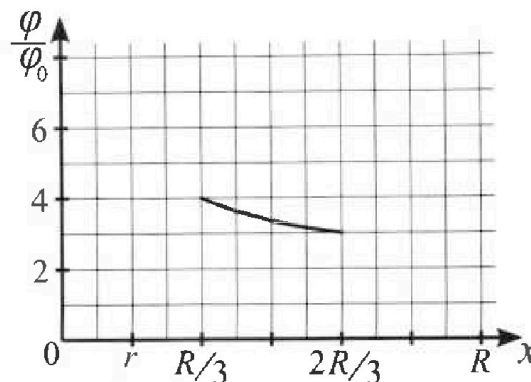
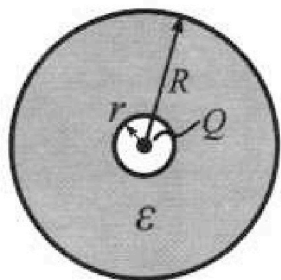
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

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



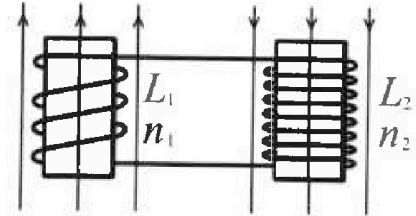
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

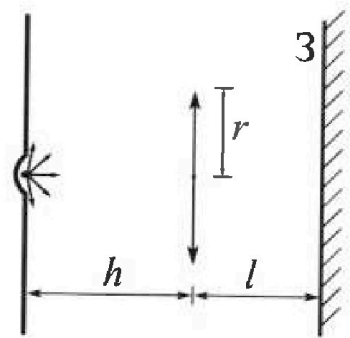


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков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



- 1) С какой скоростью (по модулю) нач нет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет возрастать 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  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , 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  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  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  $[см^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - 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.

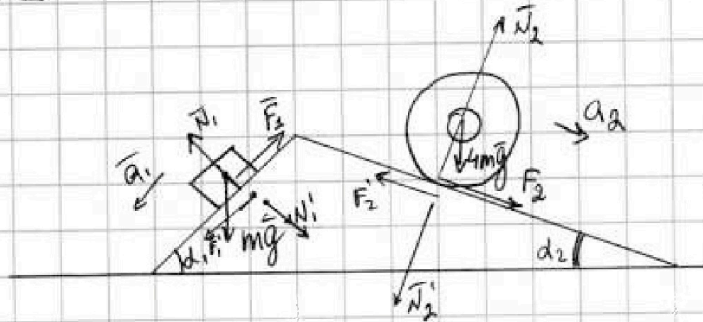
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

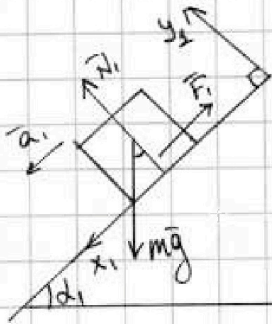
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



№1



1) Рассмотрим брусок и запишем для него II закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox_1, Oy_1$ :



$$Ox_1: ma_1 = mg \sin d_1 - F_1$$

$$Oy_1: 0 = N_1 - mg \cos d_1$$

$$ma_1 = mg \sin d_1 - F_1$$

$$F_1 = m(g \sin d_1 - a_1)$$

$$F_1 = m(a_1 - g \sin d_1)$$

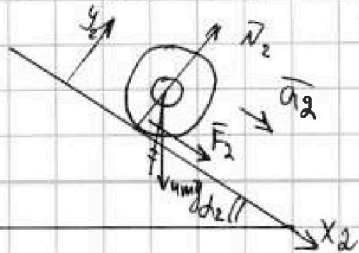
$$N_1 = mg \cos d_1$$

Откуда:  $F_1 = m(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{5}{13}g) = \frac{39-25}{65}mg = \frac{14}{65}mg$

Ответ:  $F_1 = \frac{14}{65}mg$

По теореме о движении центра масс:

2) Рассмотрим цилиндр и запишем для него II закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox_2, Oy_2$ :



$$Ox_2: F_2 + mg \sin d_2 = 4ma_2$$

$$Oy_2: N_2 - 4mg \cos d_2 = 0$$

$$\Rightarrow N_2 = 4mg \cos d_2$$



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!

Отсюда:  $F_2 = 4ma_2 - 4mgs \sin d_2 = 4m(a_2 - g \sin d_2) =$   
 $= 4m \left( \frac{5}{24}g - g \cdot \frac{5}{13} \right) = 4mg \cdot 5 \cdot \frac{-11}{24 \cdot 13} = \frac{-55}{48} mg \Rightarrow$   
 $|F_2| = \frac{55}{48} mg$

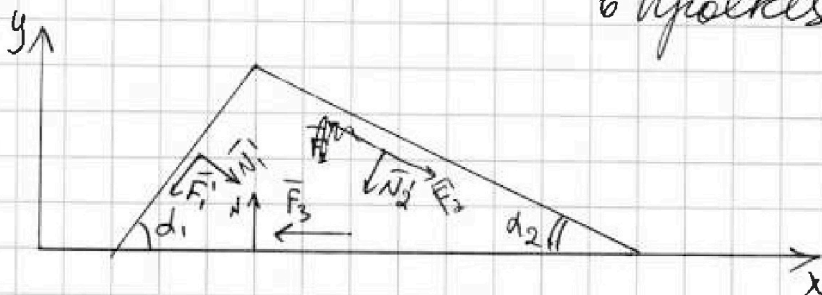
Ответ:  $|F_2| = \frac{55}{48} mg$

3) По III закону Ньютона:

$$\vec{N}_2' = -\vec{N}_2, \vec{N}_1' = -\vec{N}_1, \vec{F}_3' = -\vec{F}_3,$$

$$\vec{F}_2' = -\vec{F}_2 \Rightarrow |\vec{N}_2'| = |\vec{N}_2|, |\vec{N}_1'| = |\vec{N}_1|, |\vec{F}_3'| = |\vec{F}_3|$$

Запишем II закон Ньютона для клина:  
в проекциях на оси.



П.к. клин покоится, то:

от  $O_x$ :

$$-F_3' \cos d_1 + N_1' \sin d_1 + F_2' \cos d_2 - N_2' \sin d_2 - F_3 = 0$$

$$-\frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} + mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{55}{48} mg \cdot \frac{12}{13} - 4mg \cdot \frac{12}{13} \cdot \frac{5}{13} = F_3$$

$$mg \left( -\frac{56}{325} + \frac{12}{25} + \frac{55 \cdot 6}{39 \cdot 13} - \frac{240}{169} \right) = F_3 = mg \left( -\frac{56}{13 \cdot 25} + \frac{12}{25} + \frac{55 \cdot 6}{13^2 \cdot 3} - \frac{240}{13^2} \right)$$

$$F_3 = mg \left( \frac{4}{13} - \frac{30}{13} \right) = -2mg \Rightarrow |F_3| = 2mg \quad \text{Ответ: } |F_3| = 2mg$$



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!

22

1) Найдем работу газа за цикл из графика:

$$A_{\text{ц}} = 3 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{2} P_0 V_0 - (4-4) \cdot (2,5-3) \cdot \frac{1}{2} P_0 V_0 =$$

$$= 3 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{2} P_0 V_0 = 2,25 P_0 V_0 = \frac{9}{4} P_0 V_0$$

Приращение внутренней энергии газа в процессе 2-3:  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ , где  $\nu$  - кол-во газа,  $T_2$  и  $T_3$  - температуры газа в точках 2 и 3, соответственно.

$P_1, P_2, P_3$  - давление газа в точках 1, 2, 3, соответственно.  $V_1, V_2, V_3$  - объем газа в точках 1, 2, 3.  $T_1$  - температура газа в точке 1.

Уравнение состояния идеального газа:

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (1) \quad \text{и} \quad (2 \text{ и } 3):$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2 \quad (2) \quad \nu R (T_3 - T_2) = P_3 V_3 - P_2 V_2$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_3 \quad (3)$$

Из графика:  $P_1 = 4 P_0, P_2 = 2,5 P_0, P_3 = P_0,$

$$V_1 = 4 V_0, V_2 = 4 V_0 = V_3 \Rightarrow$$

$$\nu R (T_3 - T_2) = P_0 \cdot 4 V_0 - 2,5 P_0 \cdot 4 V_0 = -1,5 \cdot 4 P_0 V_0 = -10,5 P_0 V_0 \Rightarrow$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 4

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

$$\Delta U_{32} = \frac{3}{2} \cdot (-10,5 P_0 V_0) = -\frac{3}{2} \cdot \frac{21}{2} P_0 V_0 = -\frac{63}{4} P_0 V_0 \Rightarrow$$

$$\frac{|\Delta U_{32}|}{A_{32}} = \frac{\frac{63}{4} P_0 V_0}{\frac{9}{4} P_0 V_0} = 7$$

Ответ: 7.

2)  $U_3(1): T_3 = \frac{P_1 V_1}{\nu R} = \frac{16 P_0 V_0}{\nu R}$  - температура газа в состоянии 1.

Из графика в процессе 1-2:

~~$$P = 6 P_0 - \frac{1}{2} V$$~~

$$\frac{P}{P_0} = 6 - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0}$$

$$P = 6 P_0 - \frac{1}{2} V \cdot \frac{P_0}{V_0} \Rightarrow$$

$$PV = 6 P_0 V - \frac{1}{2} V^2 \cdot \frac{P_0}{V_0} + 6 P_0 V$$

Уравнение состояния идеального газа:

$$\frac{PV}{\nu} = \nu R T \Rightarrow T = \frac{PV}{\nu R} \text{ - температура газа в}$$

процессе 1-2.  $\Rightarrow$

$$T = -\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0 \nu R} \cdot V^2 + \frac{6 P_0}{\nu R} \cdot V$$

график ~~и~~ уравнения  $T(V)$  на в процессе 1-2 - парабола  $\Rightarrow$

Максимальная температура  $T_{\max}$  газа при вершине

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!

параболы, т.е. при  $V = \frac{-6 \frac{P_0}{\partial R}}{2 \cdot (-\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0 \partial R})} = 6 V_0 \Rightarrow$

$$T_{\max} = -\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0 \partial R} \cdot 36 V_0^2 + \frac{6 P_0}{\partial R} \cdot 6 V_0 = 18 \frac{P_0 V_0}{\partial R} \Rightarrow$$

$$\frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{18 \frac{P_0 V_0}{\partial R}}{16 \frac{P_0 V_0}{\partial R}} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

Ответ:  $\frac{9}{8}$

3)  $\Delta Q_{ij}$  - тепло, подведенное к газу в процессе  $i-j$ ,  $A_{ij}$  - работа газа в процессе  $i-j$

I начало термодинамики:

$$\Delta Q_{12} = \frac{3}{2} \partial R (T_2 - T_1) + A_{12}$$

$$\Delta Q_{23} = \frac{3}{2} \partial R (T_3 - T_2) + A_{23}$$

$$\Delta Q_{31} = \frac{3}{2} \partial R (T_1 - T_3) + A_{31}$$

Из графика:

$$A_{12} = (7-4) \cdot \frac{2 \cdot 5 + 4}{2} P_0 V_0 = \frac{3 \cdot 13}{2 \cdot 2} P_0 V_0 = \frac{39}{4} P_0 V_0$$

$$A_{23} = 0$$

$$A_{31} = -(4-4) \cdot \frac{4+1}{2} P_0 V_0 = -\frac{15}{2} P_0 V_0$$

Из уравнений (1)-(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  
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!

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{\gamma R} = 16 \frac{P_0 V_0}{\gamma R}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{\gamma R} = \frac{9}{2} \cdot \frac{4}{3} \frac{P_0 V_0}{\gamma R} = \frac{35}{2} \frac{P_0 V_0}{\gamma R}$$

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{\gamma R} = 7 \frac{P_0 V_0}{\gamma R}$$

Масса:

$$\Delta Q_{12} = \frac{3}{2} \left( \frac{35}{2} - 16 \right) P_0 V_0 + \frac{39}{4} P_0 V_0 = 12 P_0 V_0 > 0$$

$$\Delta Q_{23} = \frac{3}{2} \left( 7 - \frac{35}{2} \right) P_0 V_0 + 0 = -\frac{63}{4} P_0 V_0 < 0$$

$$\Delta Q_{31} = \frac{3}{2} (16 - 7) P_0 V_0 - \frac{15}{2} P_0 V_0 = 6 P_0 V_0 > 0 \Rightarrow$$

КПД цикла:

$$\eta = \frac{A_{cy}}{Q_+} = \frac{A_{cy}}{\Delta Q_{12} + \Delta Q_{31}} = \frac{\frac{9}{4} P_0 V_0}{(12 + 6) P_0 V_0} = \frac{9}{4 \cdot 18} = \frac{1}{8}$$

где  $Q_+$  - сумма положительных подводимых теплот

Ответ:  $\eta = \frac{1}{8}$





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!

53

1)

~~Из графика:  $r = \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{3} = \frac{R}{6} < \frac{R}{4} = x \Rightarrow$~~

Потенциал внутри диэлектрика при  $x = \frac{R}{4}$ :

$$\varphi_x = \frac{kQ}{r} - \int_r^x E(l) dl, \text{ где } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$E(l)$  - электрическое поле, создаваемое зарядом

$Q$  на расстоянии  $l$  от центра шара

$\int_r^x E(l) dl$  - работа электрического поля по перемещению

единичного пробного заряда на расстоянии

от  $r$  до  $x$  от центра шара.

П.к. шар - диэлектрик, то:

$$E(l) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{Q}{l^2} \Rightarrow$$

$$\int_r^x E(l) dl = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \int_r^x \frac{1}{l^2} dl = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{r} \right) \Rightarrow$$

$$\varphi_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{r} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{x\epsilon} - \frac{1}{r\epsilon} \right) =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{\epsilon-1}{\epsilon r} + \frac{1}{x} \right). \text{ При } x = \frac{R}{4}: \varphi_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{\epsilon-1}{\epsilon r} + \frac{4}{R\epsilon} \right) =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{\epsilon-1}{r} + \frac{4}{R} \right) \quad \text{Ответ: } \varphi_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{\epsilon-1}{r} + \frac{4}{R} \right)$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 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) Из пункта 1: потенциал внутри диэлектрика на расстоянии  $x > r$  от центра шара:

$$\varphi_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{\epsilon-1}{r} + \frac{1}{x} \right) \Rightarrow$$

При  $x = \frac{R}{3}$ :

$$\varphi_x = \varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \left( \frac{\epsilon-1}{r} + \frac{3}{R} \right)$$

При  $x = \frac{2R}{3}$ :

$$\varphi_x = \varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{\epsilon-1}{r} + \frac{3}{2R} \right)$$

Из графика:

$$\varphi_1 = 4\varphi_0, \quad \varphi_2 = 3\varphi_0, \quad r = \frac{R}{6} \Rightarrow$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{4}{3} = \frac{\frac{\epsilon-1}{r} + \frac{3}{R}}{\frac{\epsilon-1}{r} + \frac{3}{2R}} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\frac{\epsilon-1}{R} \cdot 6 + \frac{3}{R}}{\frac{6(\epsilon-1)}{R} + \frac{3}{2R}} =$$

$$= \frac{6\epsilon-6+3}{6\epsilon-6+\frac{3}{2}} = \frac{6\epsilon-3}{6\epsilon-4,5} = \frac{2\epsilon-1}{2\epsilon-1,5} = \frac{4\epsilon-2}{4\epsilon-3} \Rightarrow$$

$$4(4\epsilon-3) = 3(4\epsilon-2)$$

$$16\epsilon-12 = 12\epsilon-6 \Rightarrow 4\epsilon = 6 \Rightarrow \epsilon = \frac{6}{4} = \frac{3}{2} = 1,5$$

Ответ:  $\epsilon = 1,5$



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.

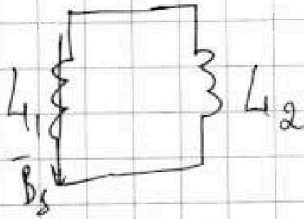
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

54

1)



$B_1$  - магнитное поле в

первой катушке  $\Rightarrow \dot{B}_1 = d$

поток вектора  $B_1$  через I катушку:

$$\Phi_1 = n_1 S B_1 = n S B_1$$

~~II закон~~

$$\dot{\Phi}_1 - L_1 \dot{I} = L_2 \dot{I} \quad \text{по II правилу Кирхгофа}$$

$$B_1 n S - L_1 \dot{I} = 4 L_1 \dot{I}$$

$$2 n S = 5 L_1 \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{2 n S}{5}$$

- модуль скорости изменения тока в катушках

$$\text{Ответ: } \dot{I} = \frac{2 n S}{5}$$



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.

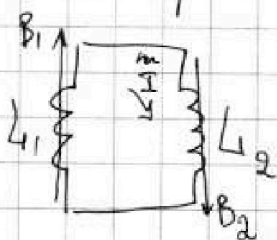
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

~~Ответ:  $I = \frac{2nS}{4L}$~~

2) ~~Используем~~ ~~правило~~ Кирхгофа:



Т.к. потоки через катушки равны в любой момент времени  
то: ~~И~~ ~~правило~~ Кирхгофа:

$$B_1 S \cdot n_1 - L_1 \dot{I} + B_2 S \cdot n_2 - L_2 \dot{I} = 0 \quad | \cdot \Delta t$$

$$\Delta B_1 \cdot S \cdot n_1 - L_1 \Delta I + \Delta B_2 S \cdot 2n_1 - 4L_1 \Delta I = 0$$

$$-5L_1 \Delta I = nS(\Delta B_2 \cdot 2 + \Delta B_1 \cdot 1) \quad (-1)$$

Продифференцируем:

$$\sum 5L_1 \Delta I = nS(\sum 2\Delta B_2 + \sum \Delta B_1)$$

Т.к. в начале тока нет, ~~то~~  $I_k$  - конечный ток,

то:

$$5L_1(I_k - 0) = nS(2 \cdot (\frac{2}{3}B_0 - 2B_0) + (\frac{B_0}{2} - B_0))$$

$$5L_1 I_k = nS(-\frac{8}{3}B_0 + \frac{1}{2}B_0) = nS \cdot B_0 \cdot (-\frac{19}{6})$$

$$I_k = \frac{-\frac{19}{6} nSB_0}{\frac{5L_1}{1}} \Rightarrow |I_k| = \frac{19}{30} \frac{nSB_0}{L_1}$$

Ответ:  $|I_k| = \frac{19}{30} \frac{nSB_0}{L_1}$

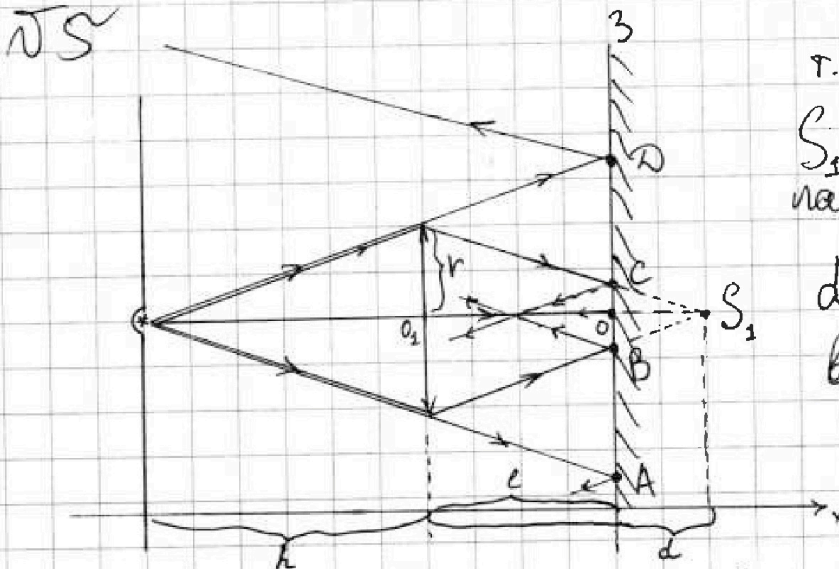
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 5

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!



т. - точка

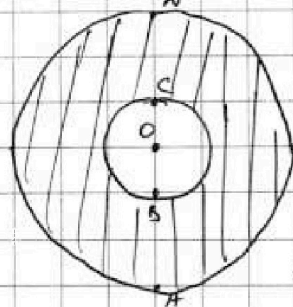
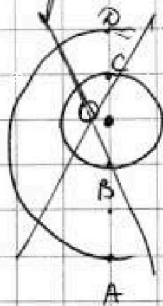
$S_1$  - изображение  
лампочки в зеркале

$d > l^* \Rightarrow$  рисунок  
выглядит так:

1) Область  $CB$  освещена светом лучами света, прошедшими через линзу. Области "выше" т.  $D$  и "ниже" т.  $A$  освещены светом лампочки.

Области  $CD$  и  $AB$  не освещены. То есть неосвещенная часть зеркала на плоскости -

это область между концентрическими окружностями радиусами  $OC$  и  $OD$  (т.к. картинка симметрична оси  $OS_1$ ):  $\Rightarrow$  Площадь неосвещенной части



зеркала:

$$S = \pi \cdot OD^2 - \pi \cdot OC^2$$



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 5

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!

$$S = \pi (OC^2 - OD^2) \quad S = \pi (OD^2 - OC^2)$$

\* Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad , \quad \text{где } d - \text{расстояние от линзы до изображения в зеркале ланночки}$$

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{d} = \frac{2}{h}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{h} \Rightarrow d = h = \frac{2}{3} h = l$$

Из рисунка:

$$\frac{OC}{r} = \frac{d-l}{d} \quad , \quad \frac{OD}{h+l} = \frac{r}{h} \Rightarrow$$

$$OC = \frac{d-l}{d} \cdot r = \frac{h - \frac{2}{3}h}{h} \cdot r = \frac{1}{3}r$$

$$OD = r \cdot \frac{h+l}{h} = r \cdot \frac{h + \frac{2}{3}h}{h} = \frac{5}{3}r \Rightarrow$$

$$S = \pi \left( \left( \frac{5}{3}r \right)^2 - \left( \frac{1}{3}r \right)^2 \right) = \pi \cdot r^2 \cdot \frac{24}{9} = \frac{24}{9} \cdot 9\pi [\text{см}^2] = 24\pi [\text{см}^2]$$

Ответ:  $24\pi$

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.

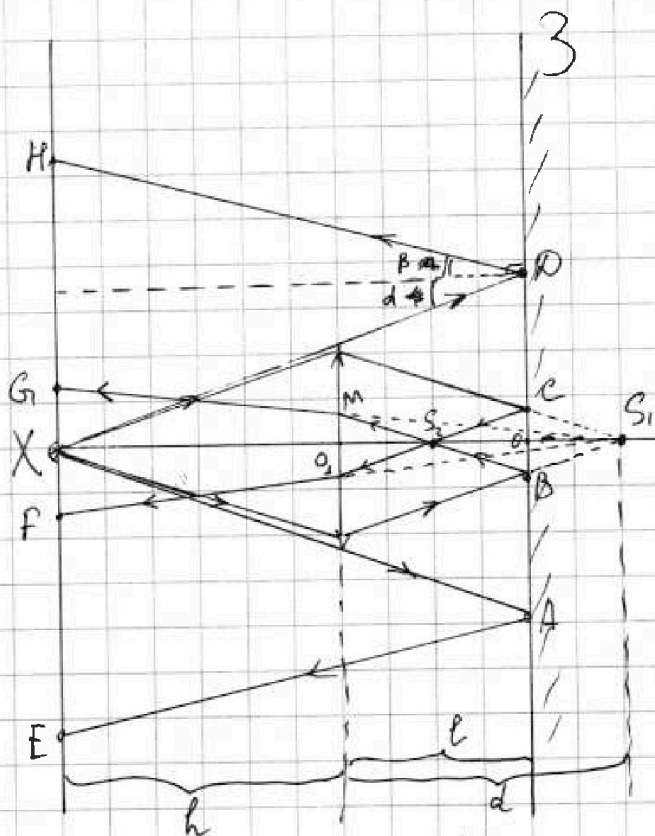


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 5

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)



1. Закон отражения:  $\alpha = \beta \Rightarrow$  Лучи, попавшие "выше" т. D (их угол падения больше  $\alpha$ ), отражаются и попадут на стену "выше" т. H
  - $S_2$  - действительное изображение лампы
  2. Из т.к. лучи отражались от зеркала, то  $OS_1 = OS_2$
  3.  $S_2$  - новый источник света для лампы
- По формуле тонкой линзы:





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 5

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!

$$O_1 S_1 = d - l = h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{3}h \Rightarrow$$

$$O S_2 = O S_1 = \frac{h}{3} \Rightarrow$$

$$O_1 S_2 = l - O S_2 = \frac{2}{3}h - \frac{h}{3} = \frac{h}{3} < \frac{h}{2} = F \Rightarrow$$

Изображение ~~на~~<sup>в</sup>  $S_2$  мнимое. Пусть оно находится на расстоянии  $d_2$  от линзы.  
Тогда по формуле тонкой линзы:

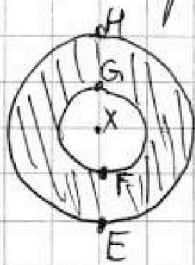
$$\frac{1}{O_1 S_2} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{3}{h} - \frac{1}{d_2} = \frac{2}{h} \Rightarrow \frac{1}{d_2} = \frac{1}{h} \Rightarrow d_2 = h = d \Rightarrow$$

Мнимое  
Изображение  $S_2$  - это  $S_1$

4. Из пунктов 1.-3 следует, что неосвещённые участки стеки - это  $GH$  и  $FE \Rightarrow$  Область

неосвещённой ~~ст~~ стеки - это область между концентрическими окружностями радиусами  $XH$  и  $XG$  (т.к. картинка симметрична относительно оси  $OS_1$ )  $\Rightarrow$



Площадь неосвещённой части стеки:

$$S = \pi \cdot XH^2 - \pi \cdot XG^2 = \pi(XH^2 - XG^2)$$





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  
5 из 5

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. Из рисунка:

$$XH = 2OD = \frac{10}{3}r$$

$$\frac{XG}{O_1M} = \frac{d+h}{d}, \quad \frac{O_1M}{O_1S_2} = \frac{OB}{OS_2}, \quad \frac{OB}{OS_1} \quad OB = OC \Rightarrow$$

$$OB = \frac{1}{3}r$$

$$O_1M = \frac{OB}{OS_2} \cdot O_1S_2 = \frac{\frac{1}{3}r}{\frac{h}{3}} \cdot \frac{h}{3} = \frac{r}{3} \Rightarrow$$

$$XG = O_1M \cdot \frac{d+h}{d} = \frac{r}{3} \cdot \frac{h+h}{h} = \frac{2}{3}r \Rightarrow$$

$$6. S = \pi \left( \left( \frac{10}{3}r \right)^2 - \left( \frac{2}{3}r \right)^2 \right) = \pi \cdot \frac{100-4}{9} r^2 = 96\pi [cm^2]$$

Ответ:  $96\pi$



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!

154

1) Поток вектора магнитной индукции через катушку  $L_1$ :  $\Phi_1 = n_1 \cdot S \cdot B_1$ , где  $B_1$  - магнитное поле в катушке  $L_1 \Rightarrow$

ЭДС самоиндукции на первой катушке:

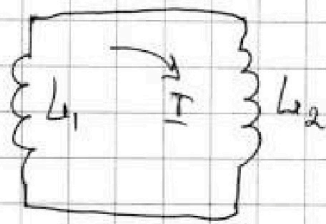
$$\mathcal{E}_1 = +\dot{\Phi}_1 = +n_1 \cdot S \cdot \dot{B}_1 = +\Delta n_1 S = +\Delta n S$$

ЭДС самоиндукции на второй катушке:

$$\mathcal{E}_2 = \dot{\Phi}_2 = n_2 \cdot \dot{S}$$

$$\mathcal{E}_2 = +L_2 \dot{I} = +4L_2 \dot{I}, \text{ где } I - \text{ток в катуш-}$$

ках.



П.к. катушки соединены параллельно,

то:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 \Rightarrow \Delta n S = 4L_2 \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\Delta n S}{4L_2}$$

мощность изменения скорости тока в катушках

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!

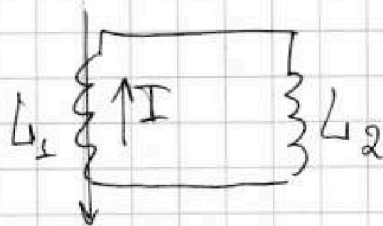
$$L_1 = L, L_2 = 4L$$

$$n_1 = n, n_2 = 2n$$

$$S$$

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{L dI}{dt} \quad \Phi = LI = BS$$

$$L = \frac{d(BS)}{dI} \quad S_0 = nS$$



$$-L_1 \dot{I} - L_2 \dot{I} = 0$$

$$L_1' = -L_2$$

$$\Phi = L \cdot I$$

$$L_1 = \frac{d\Phi}{dI} = \frac{B \cdot n_1 S}{I} \Rightarrow \frac{d\Phi}{dI} = \frac{\Delta B \cdot n_1 S}{I} \Rightarrow$$

$$L_1 \cdot \dot{I} = dn_1 S$$

$$dn_1 S = L_2 \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{dn_1 S}{L_2}$$

$$\Phi_2 = L_1 \dot{I} = L_2 \dot{I}$$

$$h = 2F$$

$$\begin{array}{r} 78 \\ \times 13 \\ \hline 234 \\ 78 \\ \hline 1014 \end{array}$$

$$55 \cdot 6$$

$$\frac{1}{2F} + \frac{1}{2F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{h/3} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} = \frac{2}{h}$$

$$\begin{array}{r} 325 \overline{) 25} \\ - 25 \phantom{0} \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 55 \\ \hline 165 \\ 330 \\ \hline 1650 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ \times 3 \\ \hline 720 \\ - 330 \\ \hline 390 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -30 \\ \times 12 \\ \hline -360 \\ 12 \\ \hline -156 \\ 56 \\ \hline -100 \end{array}$$

$$\frac{dI}{d} = -\frac{1}{h}$$

$$d' = -h$$



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!

$$P = 6 - \frac{1}{2}V$$

~~$$(0; 12)$$~~ 
$$(12; 0)$$

$$(0; 6)$$

$$(4; 4)$$

$$(9; 2,5)$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{35-32}{2} + \frac{39}{4} = \frac{9+39}{4} = \frac{48}{4} = 12$$

$$35 - 14 = 21$$

$$\frac{9 \cdot 3 - 15}{2} = \frac{12}{2} = 6$$

$$\frac{12 \cdot 4 + 6 \cdot 4 - 63}{4} = \frac{48 + 24 - 63}{4} = \frac{9}{4} \sqrt{}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$$

где  $r <$

$$x = \frac{R}{4}$$

$$\varphi_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{Q}{x} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{Q}{R/4} = \frac{1}{\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{Q}{R}$$

~~$$12,9$$~~ 
$$4\pi\epsilon_0 = 4 \cdot 3,14 \cdot 8,85$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} =$$

$$\times 8,85$$

$$\times 3,14$$

$$\frac{3540}{885}$$

$$\frac{2655}{277890}$$

$$\frac{71156}{11 \cdot 10^{14}} = 9 \cdot 10^9$$

$$\frac{1}{11} \cdot 10^{14}$$

$$\frac{1}{11} \cdot 10^{14} = 9 \cdot 10^9$$

$$\frac{1}{11} \cdot 10^{14} = 9 \cdot 10^9$$

$$\frac{1}{11} \cdot 10^{14} = 9 \cdot 10^9$$

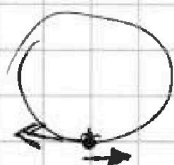
$$\left(\frac{4R}{3}\right) = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot R}$$

$$\Phi = LI$$

$$4I = \frac{\Phi}{L}$$

$$\int \frac{1}{r^2} dl = -\frac{1}{r}$$

$$\left(-\frac{1}{r}\right)' = -(-1) \frac{1}{r^2}$$



$$F \Delta t = a_2 \Delta t$$

$$\frac{1}{2} - \frac{8}{3} = \frac{6-16}{6} = \frac{-10}{6} = \frac{-5}{3}$$