

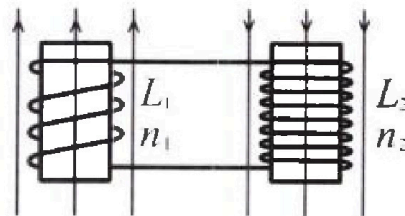
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

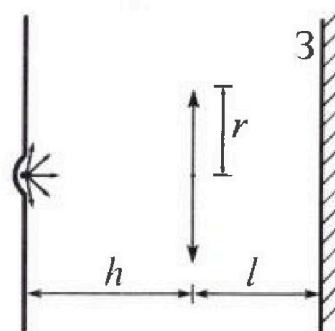


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков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

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



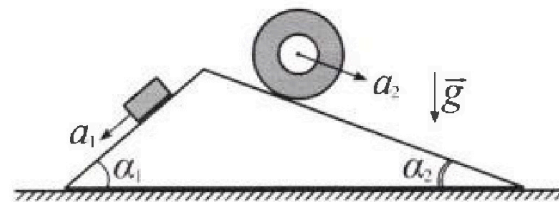
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

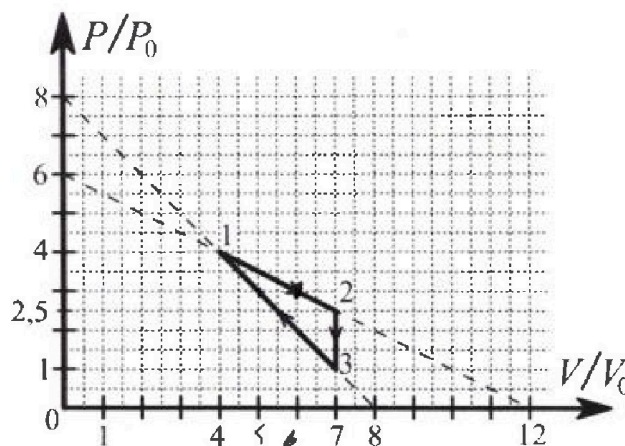


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

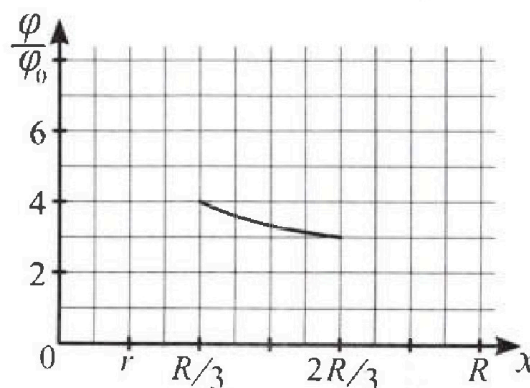
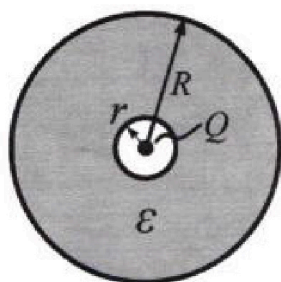
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .







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!

$$\frac{1}{2} \rho h = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \rho_0 \cdot 3 V_0 = 2,25 \rho_0 V_0 \quad -5 + 7 = 3$$

$$\frac{3}{2} \rho_0 V_0 (2,5 \cdot 7 - 7) = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot 7 \rho_0 V_0 \quad -10 + 8 = -2$$

$$\frac{3}{2} \rho_0 \cdot 2 V_0 / (2,5 - 1) = \frac{3}{2}$$

$$\frac{3}{2} + \frac{-4\rho_0 + 7\rho_0}{-8\rho_0 + 6\rho_0} > 0$$

$$0 = -\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \frac{\rho_0}{V_0} V + 6\rho_0 \quad v = 12 V_0$$

$$-18 + 36 = 18$$

$$-\frac{\rho_0}{V_0} V + 12\rho_0 = 3 \frac{\rho_0}{V_0} V - 18\rho_0$$

$$\frac{3}{2} + \frac{P}{-\frac{\rho_0}{V_0} \cdot V + 6\rho_0} = 0$$

$$30\rho_0 = 4 \frac{\rho_0}{V_0} V$$

$$V = \frac{15}{2} V_0$$

$$\frac{3}{2} = \frac{P}{\frac{\rho_0}{V_0} \cdot V - 6\rho_0} \Rightarrow 2P = \frac{3\rho_0}{V_0} \cdot V - 18\rho_0$$

2

$$\frac{3}{2} + \frac{-\frac{1}{2} \frac{\rho_0}{V_0} V + 6\rho_0}{-\frac{\rho_0}{V_0} V + 6\rho_0}$$

$$-\frac{\rho_0}{V_0} V + 12\rho_0 = 3 \frac{\rho_0}{V_0} \cdot V - 18\rho_0$$

$$\frac{3}{2} + \frac{-2\rho_0 + 6\rho_0}{-4\rho_0 + 6\rho_0} > 0$$

$$4 \frac{\rho_0}{V_0} \cdot V = 30\rho_0$$

$$V = \frac{30 V_0}{4} = \frac{15}{2} = 7,5 V_0$$

$$\frac{3}{2} (2,5 \rho_0 \cdot 7 V_0 - 16 \rho_0 \cdot V_0) =$$

$$\frac{3}{2} \cdot 7 \rho_0 V_0 +$$

$$\frac{1}{17,5}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} \rho_0 V_0 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 6,5 = \frac{3}{2} \cdot 6,5 \cdot \frac{3}{2} (3\rho_0 \cdot 5 V_0 - 16\rho_0 V_0) =$$

$$\Rightarrow 6 \frac{\rho_0}{V_0} V + 24\rho_0 = 2 \frac{\rho_0}{V_0} V - 16\rho_0$$

$$= -\frac{3}{2} \rho_0 V_0$$

$$4 \frac{\rho_0}{V_0} V = \frac{10}{5} \rho_0 \quad V = 5 V_0$$





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  
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!

Задача 1:

$$a_1 = \frac{5g}{13}$$

$$a_2 = \frac{5g}{24}$$

$$d_1; d_2 / \text{мг}$$

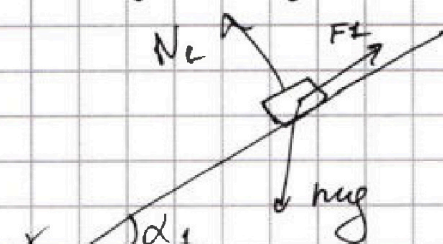
$$F_1 - ?$$

$$F_2 - ?$$

$$F_3 - ?$$

1) Клин в покое  $\Rightarrow A_{\text{клина}} = 0 \leftarrow \text{ускорение клина}$

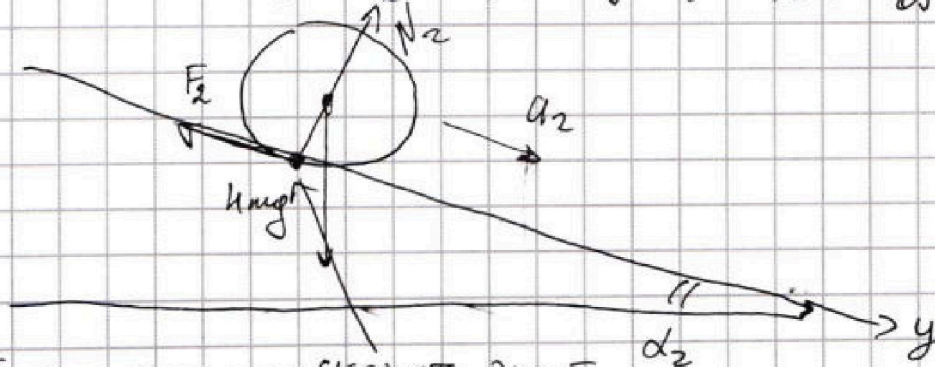
По закону Ньютона для  $m$ :



$$\text{Ох: } ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = \frac{14}{65} mg$$

2)



Когда нет проскальзывания: скорость этой точки равна 0 (отн. клина)  $\Rightarrow P_{F_2} = F_2 \cdot \sin \alpha_2 = 0$

$\Rightarrow 0 \Rightarrow F_2$  — нулевая сила.

По 23к (3к — закон Ньютона):

$$\text{Оу: } 4ma_2 = 4mg \sin \alpha_2 - F_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_2 = 4m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 4mg \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) =$$

$$= 4mg \cdot \frac{24 \cdot 5 - 5 \cdot 13}{24 \cdot 13} = \frac{120 - 65}{6 \cdot 24 \cdot 13} \cdot 4mg =$$

$$= \frac{55}{13 \cdot 6} mg = \frac{55}{78} mg$$





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

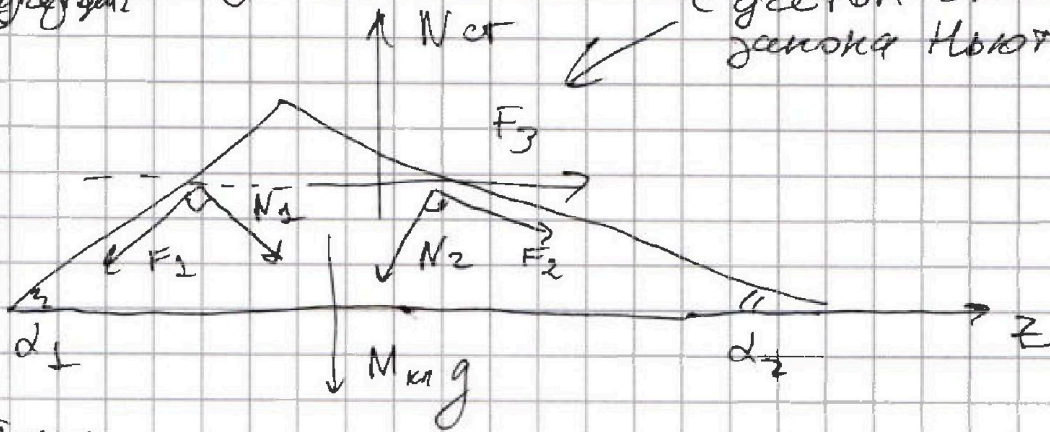
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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)  $F_3$  ~~Величину~~ ~~задачи~~ ~~Ньютона~~  
~~Алгоритм~~

с учетом 3го закона Ньютона



Пускаю

$F_3$  направлено вправо, Навстречу  $N_1$  и  $N_2$ , очевидно, что

$$N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 ; N_2 = 4mg \cos \alpha_2$$

234:

$$0 = F_3 + F_2 \cdot \cos \alpha_2 + N_1 \cdot \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 - F_1 \cdot \cos \alpha_1$$

$$\Rightarrow F_3 = N_2 \sin \alpha_2 + F_1 \cdot \cos \alpha_1 - N_1 \cdot \sin \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2 =$$

$$= \frac{4mg \cos \alpha_2 \cdot \sin \alpha_2 + mg \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - mg \cos \alpha_1 \cdot \sin \alpha_1 - (4mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 - 4ma_2 \cos \alpha_2) =$$

$$= 4ma_2 \cos \alpha_2 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 = m \left( \frac{2 \cdot 5}{13} g \cdot \frac{12}{13} - \frac{5g}{13} \cdot \frac{4}{5} \right) =$$

$$= mg \left( \frac{10}{13} - \frac{4}{13} \right) = \frac{6}{13} mg$$

Ответ: 1)  $\frac{14}{65} mg$   
2)  $\frac{55}{78} mg$

3)  ~~$\frac{6}{13} mg$~~   $\frac{6}{13} mg$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Аналогично для процесса 1-3:

$$C_{1-3} = \frac{3}{2} VR + \frac{-\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0}{-2\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0} VR = 0$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{\frac{p_0}{V_0} V - 8p_0}{-2\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0} \Rightarrow V_{13}^* = 5V_0 \leftarrow \text{нужно это значение}$$

$$\Rightarrow Q_{K1-3} = \Delta U_{1-3}^* = \frac{-p_0}{V_0} \cdot 5V_0 + 8p_0 = 3p_0$$

$$\Rightarrow Q_{K1-3}^* = \Delta U_{1-3}^* + A_{1-3} = \frac{3}{2} VR(T_3^* - T_4) +$$

$$+ \frac{1}{2} (3p_0 + 4p_0) V_0 = -\frac{3}{2} p_0 V_0 + \frac{7}{2} p_0 V_0 = 2p_0 V_0$$

$$Q_{23} < 0, \text{ н.к. } T_2 > T_3, A_{23} = 0$$

$$\Rightarrow \eta_{цикл} = \frac{2,25 p_0 V_0}{\frac{3}{2} 12 p_0 V_0 + 2 p_0 V_0} = \frac{2,25}{14} = \frac{9}{56}$$

Ответ: 1) 7      3)  $\frac{9}{56}$   
2)  $\frac{9}{8}$





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!

3)  $n_{\text{цикла}} = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_{\text{напрв.}}}$  Найдем  $p_{13}(V)$  аналитически  
 пункту ~~напряжения~~ 2:  $p_{13}(V) = -\frac{\delta p_0}{\delta V_0} V + \delta p_0 = -\frac{p_0}{V_0} V + \delta p_0$

Рассмотрим малый процесс:

$$dQ = C \cdot dT = dU + \delta A, \quad \delta A = p dV, \quad dU = \frac{3}{2} \nu R dT$$

$$\Rightarrow C \cdot dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV \Rightarrow C = \frac{3}{2} \nu R + p \frac{dV}{dT}$$

$$\frac{dT}{dV} = T'(V) \Rightarrow C = \frac{3}{2} \nu R + \frac{p}{T'(V)}$$

$$\text{Для } 1-2: \left( -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V^2 + 6p_0 V \right) \frac{1}{\nu R} = T_{12}(V)$$

$$\text{Для } 2-3: \left( -\frac{p_0}{V_0} V^2 + 8p_0 V \right) \frac{1}{\nu R} = T_{23}(V)$$

$$T_{12}'(V) = \left( -\frac{p_0}{V_0} V + 6p_0 \right) \frac{1}{\nu R}$$

$$T_{23}'(V) = \left( -\frac{2p_0}{V_0} V + 8p_0 \right) \frac{1}{\nu R}$$

Условие:

$$C_{12} = \frac{3}{2} \nu R + \frac{p_{12}(V)}{\left( -\frac{p_0}{V_0} V + 6p_0 \right)} \cdot \nu R$$

если  $C > 0$ , то  $dQ > 0$   
 если  $C < 0$ , то  $dQ < 0$

$$C_{12} = 0 \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{-p_{12}(V)}{-\frac{p_0}{V_0} V + 6p_0}$$

$$\Rightarrow V_{12}^* = 7,5 V_0 \leftarrow \text{объем при котором происходит смена знака } dQ, \text{ до } 7,5 V_0 \text{ } dQ_{12} > 0$$

правее  $V_2 = 5V_0$

$$\Rightarrow Q_{H12} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (2,5 p_0 + 4 p_0) \cdot 3 V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 6,5 p_0 V_0 = \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 V_0 = 12 p_0 V_0$$





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  
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!

1) Работа газа за цикл:

$$A_{\text{цикла}} = \oint_{\Delta 123} p \, dV = \frac{1}{2} \cdot \Delta V_{12} \cdot \Delta p_{23} = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 1.5p_0 = 2.25 p_0 V_0$$

Менее кинетическая энергия атомов внутри энергии в процессе 2-3:

$$|\Delta U_{23}| = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_3 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_3 V_3 = \frac{3}{2} \cdot 2.5 p_0 \cdot 7V_0 - \frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot 7V_0 = 2.25 \cdot 7 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{23}|}{A_{\text{цикла}}} = \frac{2.25 \cdot 7 p_0 V_0}{2.25 p_0 V_0} = 7$$

$$T_2 = \frac{11 p_0 V_0}{\nu R}$$

2) Ур. состояния газа  $p_1 V_1 = \nu R T_1$ :  $4p_0 \cdot 4V_0 = \nu R T_1$

Процесс 1-2 задается уравнением прямой вида

$$p = kx + b, \text{ в наших единицах: } k = -\frac{6p_0}{12V_0} = -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0}$$

$$b = 6p_0 \Rightarrow p_{12}(V) = -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot V + 6p_0$$

Рассмотрим малый участок процесса 1-2: представим это в ур. состоянии идеального газа:

$$\left( -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot V + 6p_0 \right) V = \nu R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T(V) = \left( -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot V^2 + 6p_0 \cdot V \right) \frac{1}{\nu R}$$

← параболы, ветви вниз

ищем вершину:  $V_6 = \frac{-6p_0}{-p_0} V_0 = 6V_0$  ← находит по 1-2

$$\Rightarrow T_{\text{max}} = T(V_6) = \left( -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot 36V_0^2 + 6p_0 \cdot 6V_0 \right) \frac{1}{\nu R} =$$

$$= \frac{48 p_0 V_0}{\nu R} \quad \text{Итого: } \frac{T_{\text{max}}}{T_1} = \frac{18 \frac{p_0 V_0}{\nu R}}{10 \frac{p_0 V_0}{\nu R}} = \frac{9}{5}$$





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!

2) Найдём потенциал в точке  $\frac{R}{3}$ , аналогично пункту 1:

$$\varphi_{\frac{R}{3}} = \frac{6kQ}{R} - \frac{3kQ}{\epsilon R} = \left(6 - \frac{3}{\epsilon}\right) \frac{kQ}{R} = 4\varphi_0 \quad (4)$$

по формуле

с другой стороны:

$$\Delta\varphi\left(\frac{R}{3} \rightarrow \frac{2R}{3}\right) = -\varphi_0 = -\int_{\frac{R}{3}}^{\frac{2R}{3}} \frac{kQ dx}{\epsilon x^2} = \frac{-kQ}{\epsilon} \left(-\frac{1}{x}\right) \Big|_{\frac{R}{3}}^{\frac{2R}{3}} =$$

уменьшение потенциала при переходе от  $\frac{R}{3}$  к  $\frac{2R}{3}$

$$= \frac{-kQ}{\epsilon} \left(-\frac{3}{2R} + \frac{2 \cdot 3}{2R}\right) = \frac{kQ}{\epsilon R} = -\frac{3kQ}{2\epsilon R}$$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R}, \text{ подставим в (4):}$$

$$\frac{6kQ}{\epsilon R} = \left(6 - \frac{3}{\epsilon}\right) \frac{kQ}{R} \Rightarrow \frac{6}{\epsilon} = 6 - \frac{3}{\epsilon}$$

$$\Rightarrow \frac{9}{\epsilon} = 6 \Rightarrow \epsilon = \frac{3}{2}$$

Ответ: 1)  $\frac{kQ}{R} \left(6 - \frac{2}{\epsilon}\right)$

2)  $\frac{3}{2}$

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!

Задача 3

а) По определению:  $d\varphi = -E \cdot dx$

$$E(0 \rightarrow r) = \frac{kQ}{x^2}; \quad E(r \rightarrow R) = \frac{kQ}{\epsilon R^2}$$

или при  $x \in (0; r)$

или при  $x \in (r; R)$

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi_r} d\varphi = - \int_0^r \frac{kQ}{x^2} dx$$

$$\varphi_r - \varphi_0 = -kQ \cdot \left( -\frac{1}{x} \Big|_0^r \right) = -kQ \cdot \left( -\frac{1}{r} + \frac{1}{0} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_r - \varphi_0 = \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{0}; \quad \varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon}; \quad \epsilon \rightarrow 0$$

$$\Rightarrow \varphi_r = \frac{kQ}{r}$$

где  $\epsilon$  — постоянная диэлектрика  $Q$ .

$$\int_{\varphi_r}^{\varphi_{\frac{R}{4}}} d\varphi = - \int_r^{\frac{R}{4}} \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = -\frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{x} \Big|_r^{\frac{R}{4}} \right)$$

из графика:  $r = \frac{R}{6}$

$$\Rightarrow \varphi_{\frac{R}{4}} - \varphi_r = -\frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{4}{R} + \frac{6}{R} \right)$$

$$\Rightarrow \varphi_{\frac{R}{4}} = \varphi_r + \frac{4kQ}{\epsilon R} - \frac{6kQ}{\epsilon R} = \varphi_r - \frac{2kQ}{\epsilon R}$$

$$= \frac{6kQ}{\epsilon R} - \frac{2kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R} \left( 6 - \frac{2}{\epsilon} \right)$$

Если  $\epsilon$  будет буге, то при:  $r < \frac{R}{4}$   
 $\varphi_{\frac{R}{4}} = \frac{kQ}{r} + \frac{4kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R}$





На одной странице можно оформить 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!

$\Rightarrow$  Итого:

$$5L \cdot I_{\text{кон}} = \frac{19 B_0 S h}{6} \Rightarrow I_{\text{кон}} = \frac{19 B_0 S h}{30 L}$$

Ответ: 1)  $\frac{n S d}{5L}$ ; 2)  $\frac{19 B_0 S h}{30 L}$ .

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



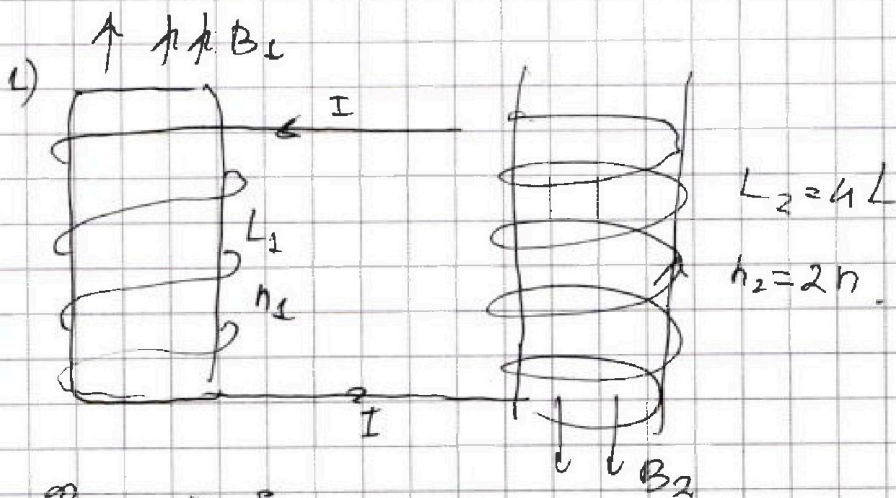
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

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

Задача 4.

$L_1 = L$   
 $L_2 = 4L$   
 $n_1 = n$   
 $n_2 = 2n$   
 $S$



1)  $\frac{d\Phi_E}{dt}$  ?

$\frac{d\Phi}{dt}$  ?

2)  $I_{\text{кон}}$  ?

поиск вектора  $B_2$  через кон.  $L_2$

$\Phi_1 = B_1 S \cdot n_1$ , аналогично:

$\Phi_2 = B_2 S n_2$

$\frac{d\Phi_E}{dt} = -\mathcal{E}_i$ ;  $\mathcal{E} = I \cdot R$ ;  $R = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = 0 \Rightarrow \frac{d\Phi_E}{dt} = 0$

$\mathcal{E}_i = L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = -\frac{d\Phi_E}{dt}$

$\Rightarrow B_2 \Phi_E = \Phi_1 + \Phi_2 = B_2 n_2 S + \underbrace{B_2 n_2 S}_{\text{const}}$

$\Phi_2 = n_2 S \cdot \alpha$

$\Rightarrow (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = -n_2 S \alpha \Rightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{n_2 \alpha \cdot S}{5L} = \frac{n S \cdot \alpha}{5L}$

2) Аналогично вычисляем  $\mathcal{E}$ :

$\mathcal{E}_i = L_1 \cdot \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = -\frac{d\Phi_E}{dt}$

$\Rightarrow (L_1 + L_2) dI = -d\Phi_E \leftarrow \text{проинтегрируем!}$

$(L_1 + L_2) \cdot \Delta I = -\Delta \Phi_E$ ;  $\Delta I = I_{\text{кон}} - 0$

$\Delta \Phi_E = \Delta \Phi_1 + \Delta \Phi_2 = -\frac{B_0}{2} S n_2 + \left(-\frac{4}{3} B_0 S n_1\right) = -\frac{19}{6} B_0 S n \Rightarrow$



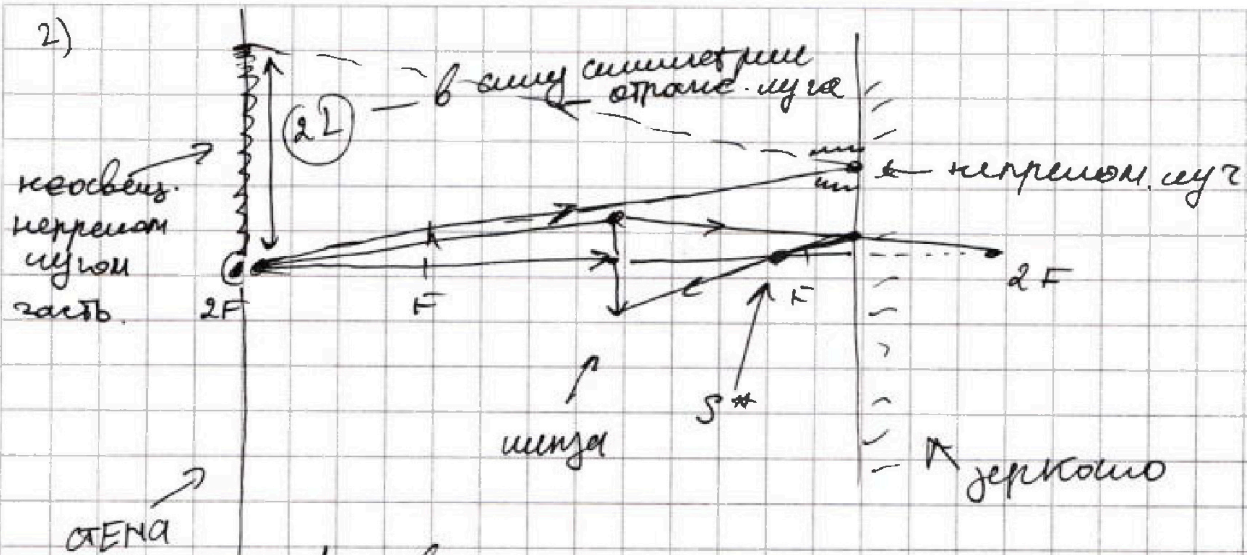


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

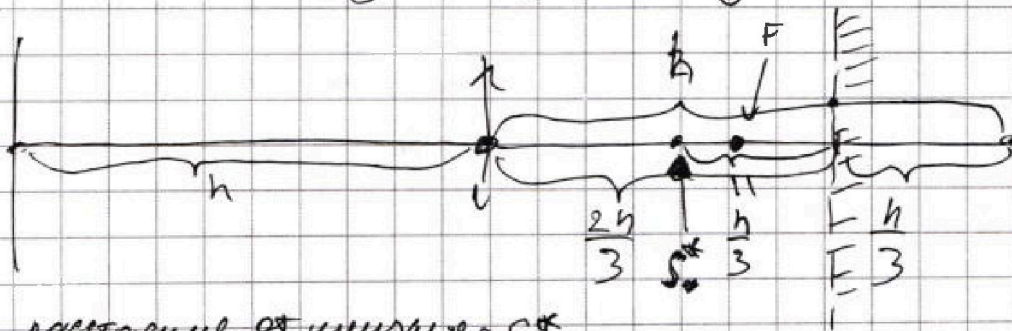
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 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!



Луч вышедший из щели и прошедший через линзу «хочет» попасть в двойной фокус, но его отразит зеркало и он попадет на точку  $S^*$  (см. рис) ← эта точка теперь будет новым действительным предметом для линзы.



$$d^* = \frac{h}{3} < F \leftarrow \text{виртуальный предмет}$$

По ФТЛ:

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

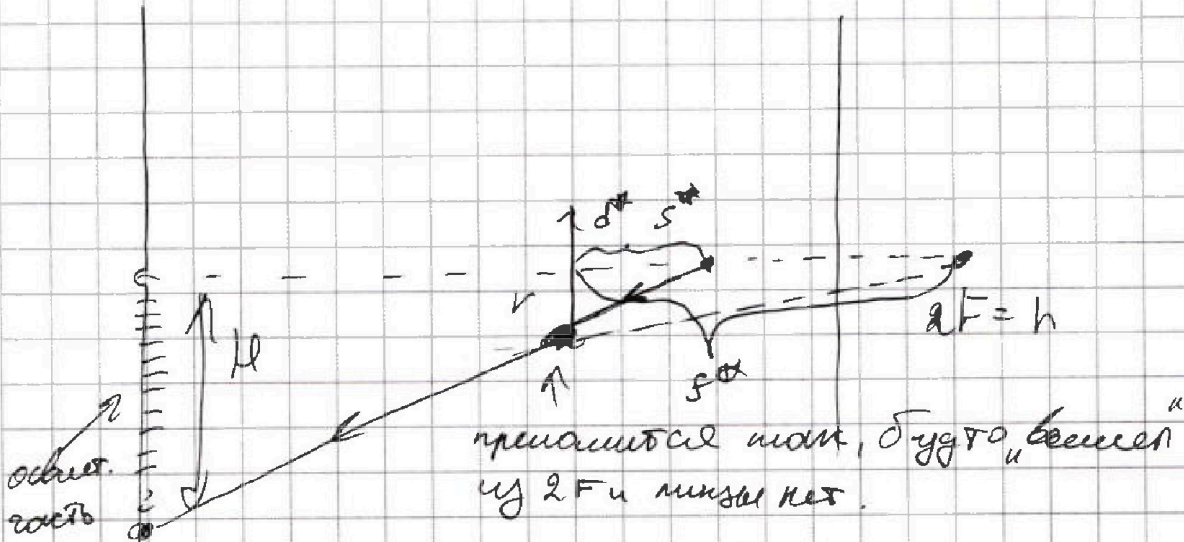


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 3

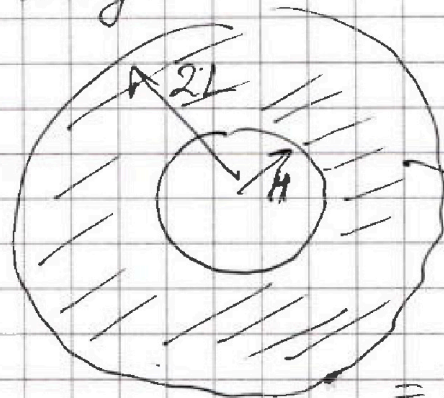
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Найдём  $H$ :  $H = \frac{2h}{h} \cdot r = 6 \text{ см.}$

Чтобы

Выг на стену:



$S_2$  — внеш. часть  
стены:

$$S_2 = \pi \cdot 4L^2 - \pi H^2 =$$

$$= \pi (4L^2 - H^2) =$$

$$= \pi \cdot (4 \cdot 25 - 36) \text{ см}^2 =$$

$= 64\pi \text{ см}^2.$

Ответ: 1)  $24\pi \text{ см}^2$   
2)  $64\pi \text{ см}^2$





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.

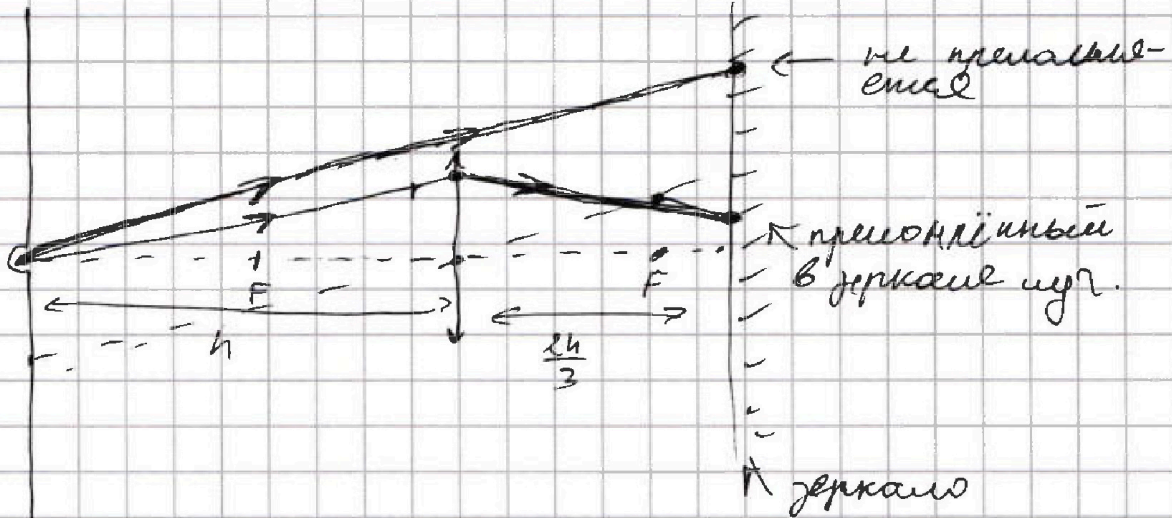
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Задача 5.

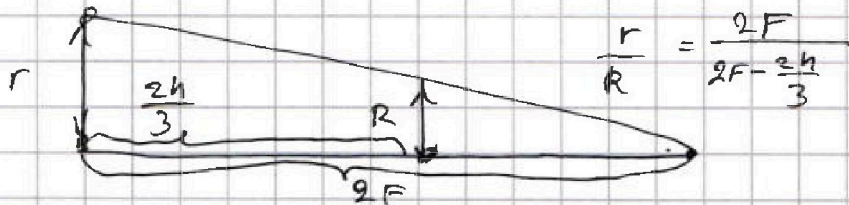
1)



$$F = \frac{h}{2}; r = 3 \text{ см}; l = \frac{2h}{3}$$

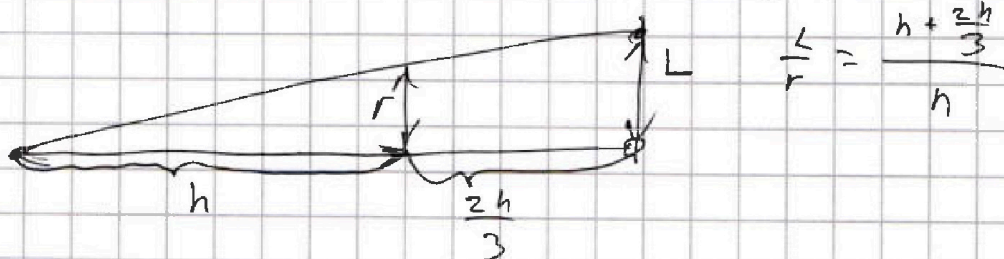
По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = 2F. \quad \text{Получаем } \Delta \text{ расхождения в краевой луч, проходящий через край линзы.}$$



$$\frac{r}{R} = \frac{2F}{2F - \frac{2h}{3}}$$

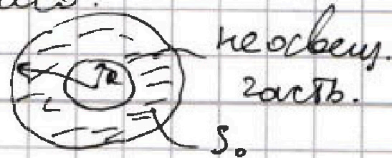
$$\Rightarrow R = \frac{r}{3} = 1 \text{ см.} \quad \text{Для перескока луча:}$$



$$\frac{L}{r} = \frac{h + \frac{2h}{3}}{h}$$

$$\Rightarrow L = \frac{\sqrt{5}}{3} r = 5 \text{ см.} \quad \text{Вид на зеркало:}$$

$$S_0 = \pi L^2 - \pi R^2 = \pi (L^2 - R^2) = \pi \cdot (25 \text{ см}^2 - 1 \text{ см}^2) = 24\pi \text{ см}^2.$$



не освещ. часть.  $S_0$

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  
\_ 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!

$r, R, Q, \epsilon$

$\varphi(r) \rightarrow$

$\varphi_1 = \varphi_2, S, \eta_2 +$

$$\frac{\epsilon}{\varphi} = - \frac{d\varphi}{d\epsilon \varphi}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{16}{3} = \frac{3+16}{6}$$

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

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon x}$$

$$\frac{kQ}{x} = \frac{kQ}{2R}$$

$$\frac{20}{24} = \frac{5}{6} \cdot \frac{12}{13}$$

$$\frac{kQ}{x} = \frac{kQ}{2R}$$

$$\frac{3kQ}{x} = \frac{4\varphi}{R}$$

$$\frac{3kQ}{2R} = \frac{3\varphi}{R}$$

$$\varphi_0 =$$

$$\frac{-4}{R} + \frac{1}{r}$$

$$\varphi_0 = \frac{\epsilon k Q}{Q}$$

$$\frac{5kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{kQ}{x} = \frac{kQ}{\epsilon x}$$

$$y = \frac{1}{x} \Rightarrow y = \frac{1}{2} \frac{1}{x}$$

$$\frac{kQ}{x} \rightarrow \frac{7kQ}{AR} + \varphi_A = \frac{5kQ}{R} \Rightarrow \varphi_A = \frac{\epsilon k Q}{R} - \frac{\epsilon k Q}{\epsilon R} =$$

$$= \frac{5kQ}{R} \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{\epsilon} \right)$$

$$\frac{4\varphi}{\varphi_0} = \frac{3kQ}{\epsilon R} + \varphi_A$$

$$\frac{4}{\varphi_0} = \frac{3kQ}{\epsilon R} \cdot \frac{3}{2}$$

$$\frac{3}{\varphi_0} = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R} + \varphi_A$$

$$\frac{6}{\epsilon} = \frac{6}{\epsilon} \cdot 1 - \frac{1}{\epsilon}$$

$$\frac{6}{\epsilon} = 1 \Rightarrow \epsilon = 2$$





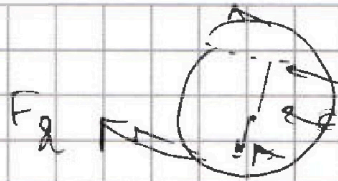
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ 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!

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

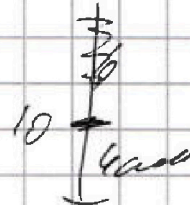


$$F_{\text{top}} \cdot R = I \cdot \oint$$

$$\mathcal{P}_{\text{кон 1}} = \frac{B_0}{2} S n_1$$

$$\Rightarrow d\mathcal{P}_1 = \frac{B_0}{2} S n_2$$

$$\mathcal{P}_{\text{кон 1}} = B_0 S n_2$$



$$\mathcal{P}_{\text{кон 2}} = \frac{2B_0}{3} S n_2$$

$$\Rightarrow d\mathcal{P}_2 = B_0 S n_2 \cdot \frac{4}{3}$$

$$\mathcal{P}_{\text{кон 2}} = 2B_0 S n_2$$

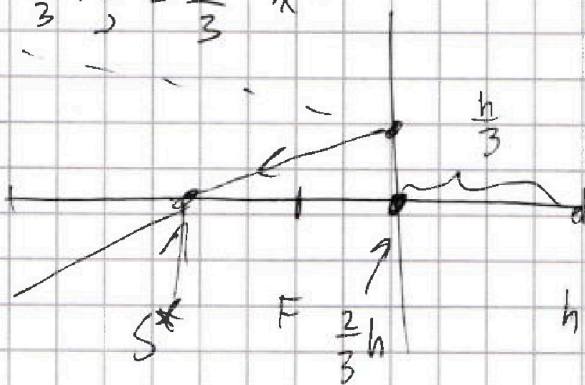
$$F_3 \quad N_1 \quad F_2$$

$$\left( \frac{2}{3} - \frac{6}{3} \right) = \frac{4}{3}$$

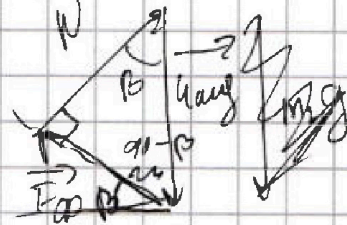
$$\frac{B_0 S n}{2} - \frac{4}{3} B_0 S n = \frac{-1}{2} - \frac{8}{3} = \frac{-3-16}{6} = \frac{-19}{6}$$

$$\frac{r}{R} = \frac{h}{h/3} = 3 \Rightarrow R = \frac{r}{3}$$

$$\frac{3}{3} + \frac{2}{3} = \frac{5}{3} \lambda r$$



$$\frac{2}{h} = \frac{3}{h} - \frac{1}{h} \quad \frac{1}{h} = \frac{1}{h}$$



$$\vec{F}_{\text{op}} + \vec{N} = 0$$

$$\mu mg \sin \alpha = F_2 + mg$$

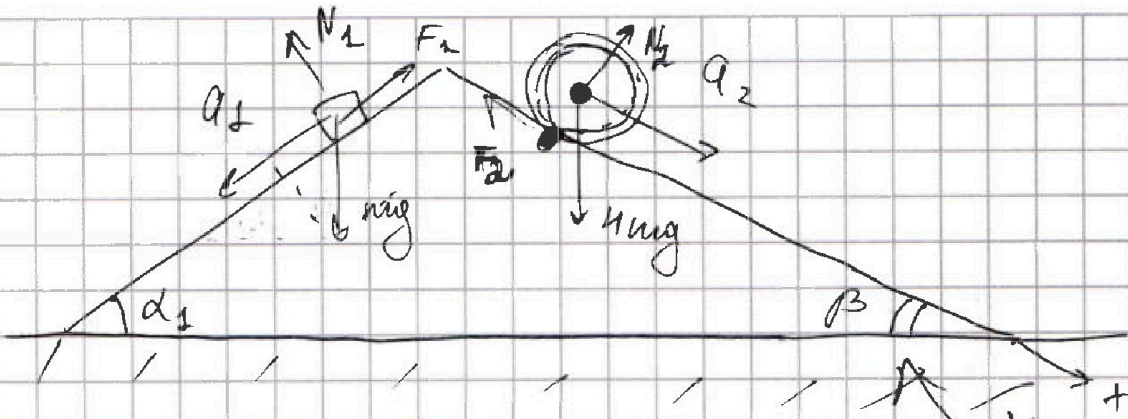


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ 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!



$$1) ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_2 \Rightarrow F_2 = mg \sin \alpha_1 - ma_1$$

$$2) \int_{x_0}^{x} v_{\text{loc}} = \frac{a_2 t^2}{2}; \int_{\varphi_0}^{\varphi} \omega = \frac{a_2 t^2}{R} = \omega \cdot R$$

$$v = \omega R \frac{100g}{e} \cdot t$$

$$v \left( \frac{a_1^2}{2} \right) = \frac{100g}{e} \cdot R \frac{t^2}{2} \cdot \frac{100g}{e} \cdot t$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{a_2 t^2}{R} \cdot \text{const.}$$

$$\omega = \frac{a_2 t}{R}$$

$$I = \sum m_i r_i^2 = 4mR^2$$

$$\omega = \frac{a_2 t}{R}$$

$$F_2 \cdot R = 4mR^2 \cdot \frac{a_2 t}{R}$$

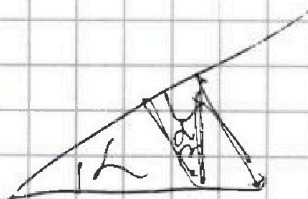
$$\Rightarrow \omega = \frac{a_2 t}{R}$$

$$\Rightarrow F_2 = 4m \cdot a_2$$

$$P_{F_2} = 0$$

$$4mg \sin \beta - F_2 = 4ma_2$$

$$F_2 = 4m(g \sin \beta - a_2) = g \cdot 4m \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{20} \right)$$



$$\frac{39}{3 \cdot 13 - 25} = \frac{14}{10}$$





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!

В) Вопрос 3

1) По определению:  $E = - \frac{d\varphi}{dx}$

$\Rightarrow d\varphi = -E dx$  всегда видно, что если  $E$  уменьшится в  $\epsilon$  раз, то и  $\varphi$  (потенциал) — уменьшится в  $\epsilon$  раз. По графику видно, что  $x = \frac{R}{4} > r$

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

или в общем виде:

$$\begin{cases} x > R, \text{ то } \varphi = \frac{kQ}{\epsilon x} & (1) \\ x < R, \text{ то } \varphi = \frac{kQ}{x} \end{cases}$$

↓  
↑  
Q  
↓ ↑  
где мож.  
сказать:  
 $\varphi(x) = \frac{kQ}{x}$

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{\epsilon x} + \varphi_A$$

2) Потенциал — функция непрерывная.

Участок от  $\frac{R}{3}$  до  $\frac{2R}{3}$  попадает полностью в

участок, где густ. заряд. =  $\epsilon$ . Для точек  $\frac{R}{3}$  и  $\frac{2R}{3}$ :

$$\frac{4\varphi_0}{\epsilon_0} \quad 4\varphi_0 = \frac{3kQ}{\epsilon R} + \varphi_A$$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{3kQ}{\epsilon R} \cdot \frac{3}{2}$$

$$3\varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R} + \varphi_A$$

Для точки  $r = \frac{R}{6}$ :  $\frac{kQ}{R} = \frac{6kQ}{\epsilon R} + \varphi_A \Rightarrow$

$$\Rightarrow \varphi_A = \frac{6kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \Rightarrow \text{Ответ: } \varphi = \frac{Q}{\pi \epsilon \epsilon_0 R}$$

$$\Rightarrow \frac{R}{\epsilon} \frac{3kQ}{2\epsilon R} = \frac{6kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \Rightarrow \epsilon = 2. \quad 2) \epsilon = 2.$$

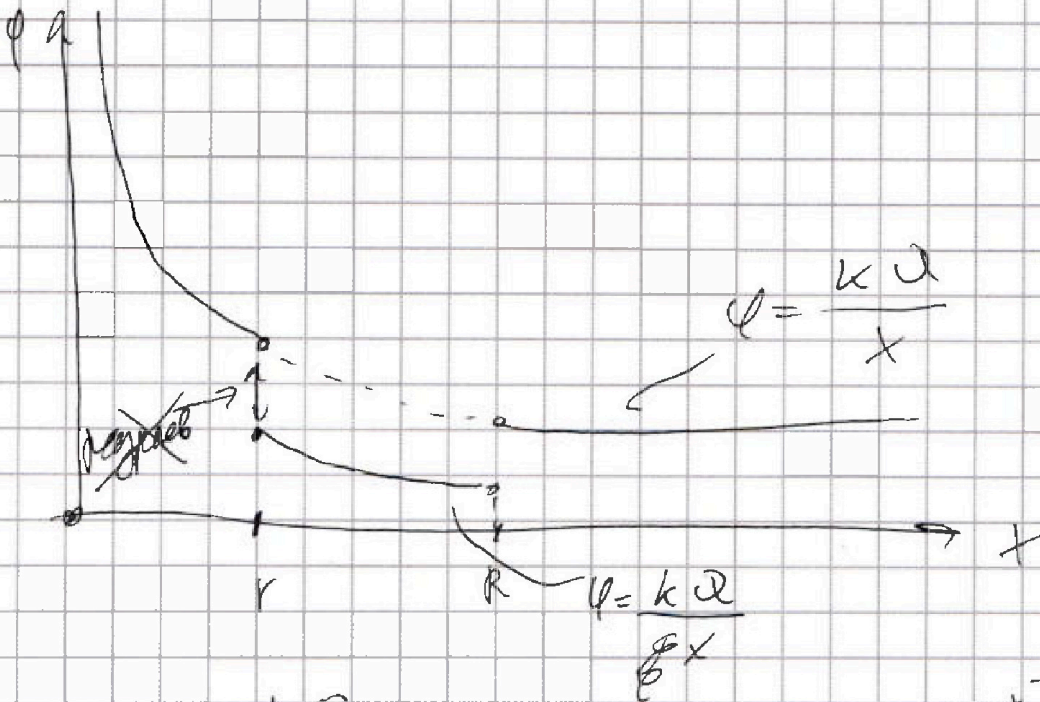


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ \_  
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!



$$E(x) = \frac{kQ}{x^2}$$

$$\phi_r = \int_0^r \frac{kQ}{x^2} dx = kQ \int_0^r \frac{dx}{x^2} = \frac{-kQ}{r} + \frac{kQ}{0}$$

~~$\phi + \phi_0$~~

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

$$\phi_R = \int_0^R \frac{kQ}{x^2} dx$$

$$\phi_R - \phi_r = \frac{kQ}{R} \left( -\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) = \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{R}$$