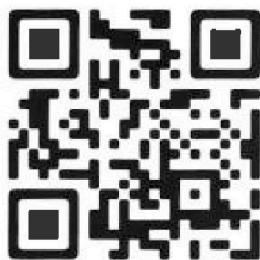


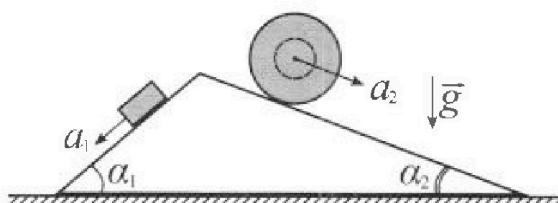
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024**

**Вариант 11-02**



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок 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  $\alpha_1 (\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5)$  и  $\alpha_2 (\sin \alpha_2 = 8/17, \cos \alpha_2 = 15/17)$ . Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

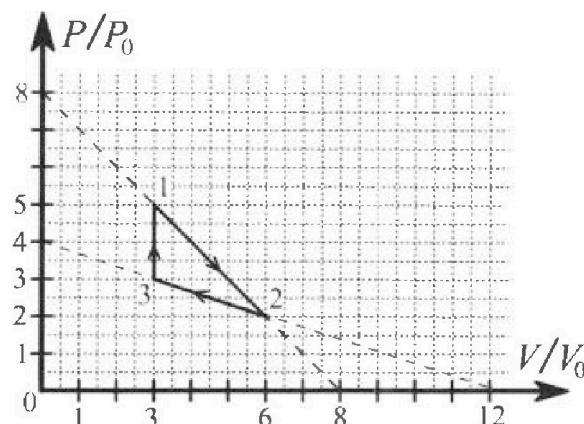


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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

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

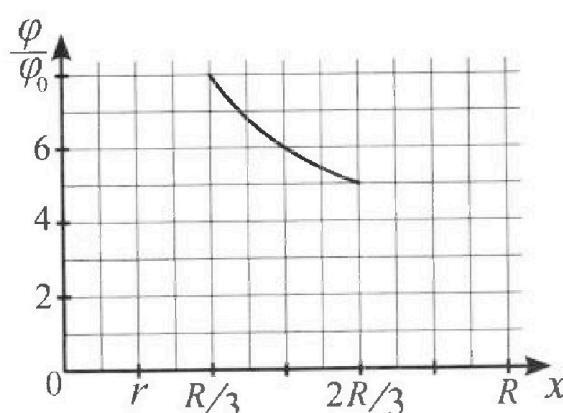
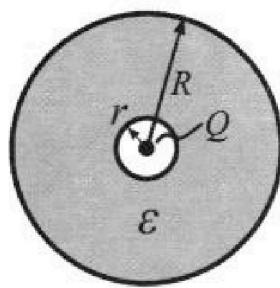
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\phi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\phi_0$  — 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  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .

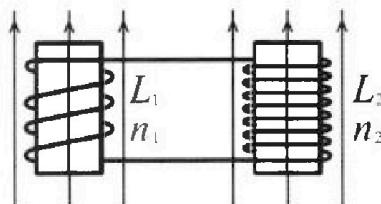


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02

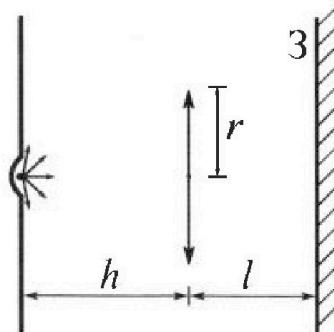
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью  $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $2B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $B_0/3$  до  $B_0/12$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменились неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в [ $\text{см}^2$ ] 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                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

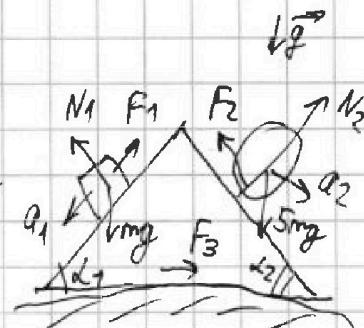
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N1

$$1) ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m\left(\frac{3}{5}g - \frac{7}{17}g\right) = \frac{16}{85}mg$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$



$$2) 5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 - F_2$$

$$F_2 = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 5m\left(\frac{8}{17}g - \frac{8}{25}g\right) = \frac{64}{85}mg$$

$$N_2 = 5mg \cos \alpha_2$$

$$3) N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 + F_3 = 0$$

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

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

$$= \frac{92}{85}mg$$

$$\text{Ответ: 1) } F_1 = \frac{16}{85}mg; \quad 2) F_2 = \frac{64}{85}mg;$$

$$3) F_3 = \frac{92}{85}mg.$$



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.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$\sqrt{2}$

$$1) A_{31} = 0$$

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{5P_0 + 2P_0}{2} \cdot 3V_0 = \frac{3}{2}$$

$$A_{23} = \frac{P_2 + P_3}{2} (V_3 - V_2) = -\frac{2P_0 + 3P_0}{2} \cdot 3V_0 = -\frac{3}{2}$$

$$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 3P_0 V_0$$

$$\Delta V_{31} = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) = \frac{3}{2} (5P_0 \cdot 3V_0 - 3P_0 \cdot 3V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6P_0 V_0 = 9P_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta V_{31}|}{A_{1231}} = \frac{9P_0 V_0}{3P_0 V_0} = 3$$

$$2) P_2 V_2 = V R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{V R} = \frac{12P_0 V_0}{V R}$$

$$P V = V R T \Rightarrow P dV + V dp = V R dT$$

$$T \rightarrow \max \Rightarrow dT = 0 \Rightarrow P dV = -V dp$$

Процесс 1-2 является частью цикла, седящего между точками (0'; 8) и (8'; 0)  $\Rightarrow$  в любой точке процесса 1-2 изменяется константой.

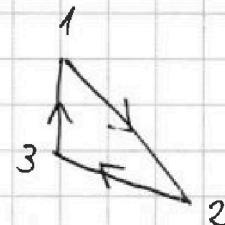
$$\frac{dp}{dV} = \frac{0 - 8P_0}{8V_0 - 0} = -\frac{P_0}{V_0}$$

$$\frac{p}{V} = -\frac{dp}{dV} = \frac{P_0}{V_0}$$

На второй 1-2 есть точка с координатами (4; 4), уравнение прямой данной уравнено  $\Rightarrow 4P_0 \cdot 4V_0 = V R T_{12\max}$

$$T_{12\max} = \frac{16P_0 V_0}{V R} \Rightarrow \frac{T_{12\max}}{T_2} = \frac{16P_0 V_0}{12P_0 V_0} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{P}{P_0} = 5$$



$$\frac{V}{V_0} = 6$$

$$\frac{P_0}{P_3} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{V_0}{V_3} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{5}{2}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{P_2}{P_0} = \frac{12}{5}$$

$$\frac{V_2}{V_0} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{P_3}{P_0} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{V_3}{V_0} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{P_4}{P_0} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{V_4}{V_0} = \frac{1}{2}$$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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

$$3) Q_{31+} = A_{31+} U_{31} = 9 p_0 V_0$$

$$\delta Q_{12} = \delta A_{12+} + \delta U_{12}$$

$$\delta A_{12+} = p dV \quad \delta U_{12} = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

Найдём токи окончания подвешения мемб 1-2:  $\delta Q_{12+} = 0$

$$pdV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = 0 \Rightarrow 5pdV + 3Vdp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V}$$

$$\Rightarrow \frac{dp}{dV} = \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{3p_0}{5V_0}$$

На промежутке 1-2 мембра с координатами ~~(5; 3)~~ (5; 3)

$$\delta U_{12+} = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 3V_0 \cdot 5p_0) = 0$$

$$A_{12+} = \frac{3p_0 + 5p_0}{2} (5V_0 - 3V_0) = 4p_0 \cdot 2V_0 = 8p_0 V_0$$

$$Q_{12+} = \delta U_{12+} + A_{12+} = 8p_0 V_0$$

Найдём токи окончания подвешения мемб 2-3:  $\delta Q_{23} = 0$

$$5pdV + 3Vdp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V}$$

$$\Rightarrow \frac{dp}{dV} = \frac{p_0}{3V_0} \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{p_0}{5V_0}$$

$$\frac{dp}{dV} = \frac{p_0 - 0}{(2V_0 - 0)} = -\frac{p_0}{2V_0}$$

мембра, удаляемаяющая длину узловую на процессе 2-3 не линейна (мембра на подвешении правее мемб 2).

Это означает, что мемба 2 на процессе 2-3 не подвешивается (н.к.).

Процесс идёт в обратную сторону (справа налево)).

$$Q_{23+} = 0$$

$$Q_+ = Q_{31+} + Q_{23+} + Q_{12+} = 17 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{1231}}{Q_+} = \frac{3}{17}$$

$$\text{Очевидно: 1) } \frac{|A_{1231}|}{A_{1231}} = 3; \quad 2) \frac{T_{12\max}}{T_2} = \frac{4}{3}; \quad 3) \eta = \frac{3}{17}.$$



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.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$N^3 \\ 1) E = - \frac{d\psi}{dx}$$

$E_x = \frac{E_{x_0}}{\epsilon}$ , где  $E_{x_0}$  — напряженность в вакууме.

$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E_{x_0} \cdot 4\pi x^2$$

$$E_{x_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2} \Rightarrow E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x^2}$$

$$\frac{d\psi}{dx} = -E_x = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x^2}$$

$$\psi_2 - \psi_1 = -\int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left[ \frac{1}{x} \right]_{x_1}^{x_2}$$

$$\psi_2 - \psi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left( \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)$$

$$\text{при } x = \frac{R}{2} \quad \psi = 6\psi_0 \Rightarrow \psi_{\frac{3R}{4}} - \psi_{\frac{R}{2}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left( \frac{4}{3R} - \frac{2}{R} \right) = -\frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} \Rightarrow \psi_{\frac{3R}{4}} = \psi_{\frac{R}{2}} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} = 6\psi_0 - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

$$\text{Найдём } \psi_0: \text{ при } x = \frac{R}{2} \quad \psi = 6\psi_0; \text{ при } x = \frac{2R}{3} \quad \psi = 5\psi_0$$

$$\psi_{\frac{2R}{3}} - \psi_{\frac{R}{2}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left( \frac{3}{2R} - \frac{2}{R} \right) = -\frac{Q}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

$$\psi_0 = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R} \Rightarrow \psi_{\frac{3R}{4}} = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} = \frac{7Q}{12\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

2) Используем том факт, что потенциал на бесконечности равен нулю,

$$E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x^2}; E_{x_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x^2}$$



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.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\frac{d\varphi_x}{dx} = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right) - \text{внешний}$$

для Электрика

$$\frac{d\varphi_x}{dx} = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} \Rightarrow \varphi_2' - \varphi_1' = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{x_2'} - \frac{1}{x_1'} \right) - \text{внешний}$$

для Электрика

Найдём потенциал в точке  $x = R$ :

$$\varphi_2 - \varphi_R = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{2}{R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \Rightarrow \varphi_R = b\varphi_0 - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} =$$

$$= \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$\varphi_R - \varphi_\infty = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$\frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \Rightarrow \epsilon = 2$$

Ответ: 1)  $\varphi_x = \frac{7Q}{12\pi\epsilon_0\epsilon R}$ ; 2)  $\epsilon = 2$ .



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

№4

1)  $\Phi_{\text{эл.}} = BS$  (элементарный поток через 1 фидер)

$$\Phi_1 = n_1 \Phi_{\text{эл.} 1} = n_1 B_1 S$$

$$\Phi_2 = n_2 \Phi_{\text{эл.} 2} = n_2 B_2 S$$

Сопротивлениеudem  $\Rightarrow$  поток магнитного поля сокращается,  $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = n_1 B_1 S + n_2 B_2 S = \text{const}$

$$\Phi = \text{const} \Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = 0 ; \frac{d\Phi_1}{dt} \text{ врем.} = \frac{\Delta B}{dt} \cdot n_1 S = -L_1 \frac{dI}{dt}$$

$$(\text{но магнитный поток в катушке сокращается}) \quad \frac{d\Phi_2}{dt} \text{ врем.} = L_2 \frac{dI}{dt}$$

С потоком в катушке, позитив на один из катушек знак

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\Phi_1}{dt} \text{ врем.} + \frac{d\Phi_2}{dt} \text{ врем.} + \frac{d\Phi_2}{dt} \text{ собр.} = -L_1 S + (L_2 - L_1) \frac{dI}{dt}$$

$$1) \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{L_1 S}{L_2 - L_1} = \frac{L_1 S}{8L}$$

$$2) \Phi_{10} = n_1 B_1 S = n B_0 S$$

$$\Phi_{20} = n_2 B_2 S = n B_0 S$$

$$\Phi_0 = \Phi_{10} + \Phi_{20} = 2n B_0 S$$

$$\Phi_{\text{фн.} 1} = \Phi_{1\text{фн.} 1} + \Phi_{2\text{фн.} 1} = n_1 B_1' S + n_2 B_2' S = \frac{2}{3} n B_0 S + \frac{1}{4} n B_0 S$$

$$= \frac{11}{12} n B_0 S$$

$$\Phi = \text{const} = \Phi_0 \Rightarrow \Phi_{\text{собр.}} + \Phi_{\text{фн.} 1} = \Phi_0 \Rightarrow \Phi_{\text{собр.}} = \frac{13}{12} n B_0 S$$

$$\Phi_{\text{собр.}} = (L_2 - L_1) I \Rightarrow I = \frac{13n B_0 S}{12(L_2 - L_1)} = \frac{13n B_0 S}{96L}$$

Ответ: 1)  $\left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{L_1 S}{8L}$ ; 2)  $|I| = \frac{13n B_0 S}{96L}$ .

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!

№5

Используем формулу тонкой линзы:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ , где  
 $a$  - расстояние от источника до линзы;  $b$  - расстояние  
от изображения до линзы.  $F$  - фокусное расстояние линзы.  
 $\frac{1}{h} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{hF}{h-F} = -2h$ , то есть изображение линзы  
находится на расстоянии  $2h$  слева от линзы.

В реальности существует стекло и зеркало, что даст свои поправки, но этот факт ламентом при построении могут в ходе решения.

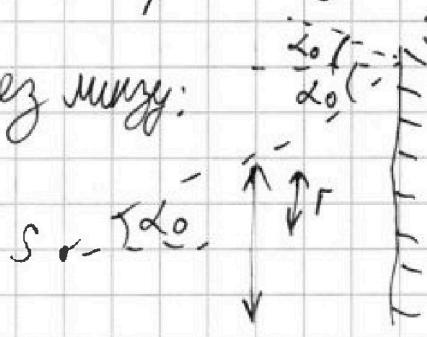
Рассмотрим лучи, не прошедшие через линзу:

$$tg\alpha = \frac{r}{h}$$

$$y = (h+r) \cdot tg\alpha = \frac{h+r}{h} r = 2r$$

м.к. при падении равен углу  
отражения  $\Rightarrow$  луч вернётся на стену  
на высоте  $2y = 4r$ .

Но есть, начальная с  $R_0 = 4r = 8\text{ см}$   
от источника  $S$  будем отыскивать  
затенённую область.



Рассмотрим лучи, прошедшие через линзу:

Воспользуемся фактом, что все параллельные лучи проходят через одну точку оптической яркости.

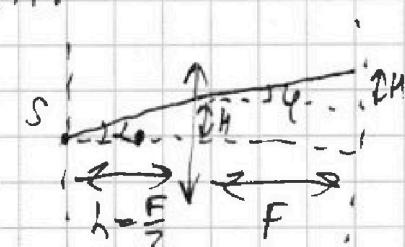
Лучи луч пересекают линзу на высоте  $H$ :

Значит, оптическую яркость он

пересечёт на высоте  $2H$  (м.к.  $h = \frac{E}{2}$ )  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \tan \psi = \frac{H}{F}; \tan \alpha = \frac{H}{h} = \frac{2H}{F}$$

но м.к. за линзой зеркало  $\Rightarrow$  за оптической яркостью  
луч не пройдёт.





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.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

Мул верхійце на мизу на  $H$  выше тошки подєжнї (т.к.  $F = \frac{1}{3}G$ )  
 $2H < \Gamma \Rightarrow$  мул скова превалитися в мизу.

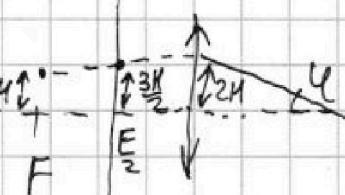
Рассмотрим ситуацию  $\frac{\Gamma}{2} < H < \Gamma \Rightarrow$  на стену мул верхійце на  $\frac{5H}{2}$  выше  $S \Rightarrow R_1 = \frac{5H}{2} \Rightarrow R_1 \in (\frac{5\Gamma}{4}; \frac{5\Gamma}{2})$

Рассмотрим ситуацию, когда  $H < \frac{\Gamma}{2}$ :  
 мул дожсеть пересекти оголюючу тошку стоя на фасаде

$X = F \operatorname{tg} \varphi = H$ . Значит, стеноу он пересекёт на фасаде  
 $\frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 = \frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 \in (0; \frac{3\Gamma}{4})$ .

Чтак, картина на стено:

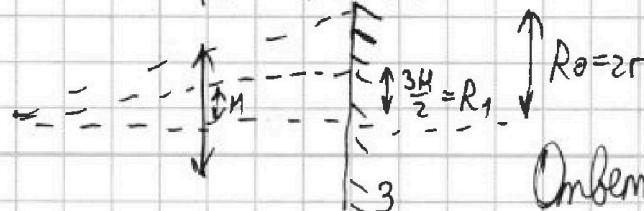
(штриховка - обележенна область).



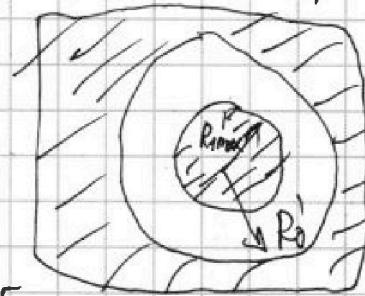
$$1) R_0 = 2\Gamma$$

$$R_1 = \frac{3H}{2} \Rightarrow R_{1\max} = \frac{3\Gamma}{2}$$

$$S = \pi (R_0^2 - R_{1\max}^2) = \pi (4\Gamma^2 - \frac{25\Gamma^2}{4}) = 7\pi \Gamma^2$$



Чтак, картина на зеркалі:



$$\text{Обем: 1) } S_3 = 7\pi \Gamma^2; 2) S_{cm} = 43\pi \Gamma^2$$

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.



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

№4  $B = \mu_0 n F$ , где  $n$  - плотность магнитки <sup>чертежик</sup>

1)  $\Phi_{\text{з1}} = BS$  (единичный поток через 1 катушку)

$$\Phi_1 = n_1 \Phi_{\text{з1},1} = n_1 B_1 S$$

$$\Phi_2 = n_2 \Phi_{\text{з1},2} = n_2 B_2 S$$

Супротивление нам  $\Rightarrow$  поток магнитных полей скрещиваются.  $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = n_1 B_1 S + n_2 B_2 S = \text{const}$

$$\frac{d\Phi}{dt} = 0 ; \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{\partial B}{\partial t} \cdot n_1 S = -\Delta n_1 S$$

$$\frac{d\Phi_1}{dt} \text{собсн.} = -L_1 \frac{dI}{dt} ; \frac{d\Phi_2}{dt} \text{собсн.} = L_2 \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\Phi_1}{dt} \text{внешн.} + \frac{d\Phi_2}{dt} \text{собсн.} + \frac{d\Phi_2}{dt} \text{собсн.} = -\Delta n_1 S + (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\Delta n_1 S}{-L_1 + L_2} = \frac{\Delta n S}{8L}$$

2)  $\Phi_0 = n_1 B_1 S = n B_0 S$

$$\Phi_{20} = n_2 B_2 S = n B_0 S$$

$$\Phi_0 = \Phi_{10} + \Phi_{20} = 2n B_0 S$$

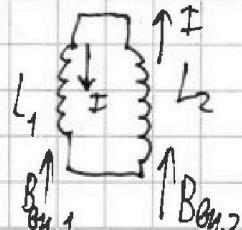
$$\Phi_{\text{з1}}' = \Phi_{1,\text{з1}}' + \Phi_{2,\text{з1}}' = n_1 B_1' S + n_2 B_2' S = \frac{2}{3} n B_0 S + \frac{1}{4} n B_0 S = \frac{11}{12} n B_0 S$$

$$\Phi = \text{const} = \Phi_0 \Rightarrow \Phi_{\text{з1}}' + \Phi_{\text{з2}}' = \Phi_0 \Rightarrow \Phi_{\text{з1}}' \text{собсн.} = \frac{13}{12} n B_0 S$$

$$(L_2 - L_1) I = \Phi_{\text{з1}}' \text{собсн.} \Rightarrow I = \frac{13 n B_0 S}{12(L_2 - L_1)} = \frac{13 n B_0 S}{96L}$$

Поток в катушке складывается с токами в катушке, поэтому разность индуктивностей.

$$\text{Условие: 1) } \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{\Delta n S}{8L} ; 2) |I| = \frac{13 n B_0 S}{96L}$$





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!

N2

Чертёж

$$3) A_{1231} = 3p_0 V_0$$

$$Q_{31+} = A_{31} + \Delta U_{31} = 9p_0 V_0$$

$$\delta Q_{12} = \delta A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$\delta A_{12} = p dV \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

Найдём токи окончания подвешения мембры:  $\delta Q_{12} = 0$

$$pdV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = 0 \Rightarrow 5pdV + 3Vdp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V}$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{3V_0} \Rightarrow \frac{5p}{3V} = \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow p = \frac{3p_0}{5V_0}$$

$\Delta U_{12} = -\frac{p_0}{V_0}$  На прямой 1-2 эта токка с координатами  $(5; 3)$

$$\Delta U_{12+} = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 3V_0 \cdot 5p_0) = 0$$

$$A_{12+} = \frac{3p_0 + 5p_0}{2} (5V_0 - 3V_0) = 4p_0 \cdot 2V_0 = 8p_0 V_0$$

$$Q_{12+} = \Delta U_{12+} + A_{12+} = 8p_0 V_0$$

Найдём токи окончания подвешения мембры 2-3:  $\delta Q_{23} = 0$

$$5pdV + 3Vdp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V} \Rightarrow \frac{5p}{3V} = \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow p = \frac{3p_0}{5V_0}$$

$\frac{dp}{dV}_{23} = \frac{4p_0 - 0}{12V_0 - 0} = -\frac{p_0}{3V_0}$  токка соединяющая длину  
расстояние на 2-3 не меняется (токка на  
закон, меняется в процессе 2-3 не подходит),  
т.к. подходит в обратную сторону (справа налево)  $\Rightarrow Q_{23+} = 0$

$$Q_+ = Q_{31+} + Q_{23+} + Q_{12+} = 17p_0 V_0$$

$$2 = \frac{A_{1231}}{Q_+} = \frac{3}{17}$$

$$\text{Ответ: 1)} \frac{\Delta U_{31}}{A_{1231}} = 3; 2) \frac{T_{\text{重心}}}{F_2} = \frac{4}{3}; 3) 2 = \frac{3}{17}$$

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.



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

н/2

Черновик

$$1) A_{31} = 0$$

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{5P_0 + 2P_0}{2} \cdot 3V_0 = \frac{21P_0 V_0}{2}$$

$$A_{23} = \frac{P_2 + P_3}{2} (V_3 - V_2) =$$

$$= \frac{-2P_0 + 3P_0}{2} \cdot 3V_0 = -\frac{15P_0 V_0}{2}$$

$$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{2}{3} P_0 V_0$$

$$\Delta V_{31} = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) = \frac{3}{2} (5P_0 \cdot 3V_0 - 3P_0 \cdot 3V_0) = \\ = \frac{3}{2} (15P_0 V_0 - 9P_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6P_0 V_0 = 9P_0 V_0$$

$$\frac{\Delta V_{31}}{A_{1231}} = \frac{9P_0 V_0}{3P_0 V_0} = 3$$

$$2) P_2 V_2 = V R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{V R} = \frac{12P_0 V_0}{V R}$$

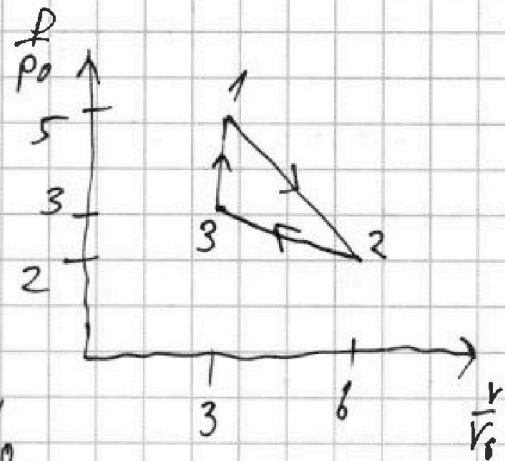
$$PV = VRT \Rightarrow PdV + Vdp = V R dT$$

$$T \rightarrow \max \Rightarrow dT = 0 \Rightarrow PdV = -Vdp$$

Процесс 1-2 является газотеплоемким, седящим токи (0; 8) и (8; 0)  $\Rightarrow \frac{dp}{dV}$  в любой точке процесса 1-2 является константой,  $\frac{dp}{dV} = \frac{0 - 8P_0}{8V_0 - 0} = -\frac{P_0}{V_0}$

На прямой 1-2 есть точка с координатами (4; 4), удовлетворяющая данному условию  $\Rightarrow 4P_0 \cdot 4V_0 = V R T_{12\max}$

$$T_{12\max} = \frac{16P_0 V_0}{V R} \Rightarrow \frac{T_{12\max}}{T_2} = \frac{16P_0 V_0}{T_2 P_0 V_0} = \frac{4}{3}$$





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  
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!

$N_1$

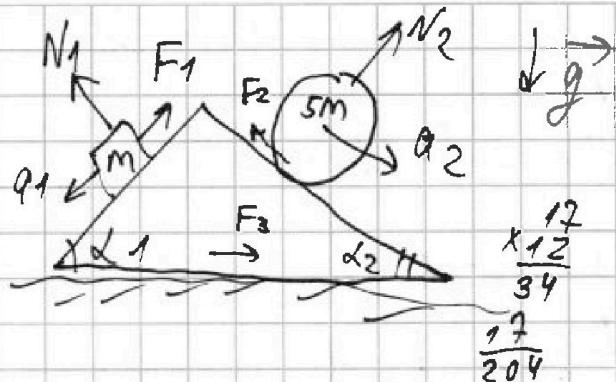
Чертёжник

$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 - F_2$$

$$N_2 = 5mg \cos \alpha_2$$



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

$$1) F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m\left(\frac{3}{5}g - \frac{7}{17}g\right) = \frac{51 - 35}{85}mg = \frac{16}{85}mg$$

$$2) F_2 = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 5m\left(\frac{8}{17}g - \frac{8}{25}g\right) = 40mg \frac{25 - 17}{25 \cdot 17} = \frac{40 \cdot 8}{25 \cdot 17}mg = \frac{64}{85}mg$$

$$3) F_3 = F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2 =$$

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

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

$$\left. + \frac{25 \cdot 8 \cdot 15 - 8 \cdot 8 \cdot 15}{5 \cdot 17 \cdot 17} \right) = mg \left( \frac{64 - 204}{17 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{17 \cdot 8 \cdot 15}{5 \cdot 17 \cdot 17} \right) =$$

$$= mg \left( -\frac{140}{17 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{8 \cdot 3}{17} \right) = mg \left( \frac{24}{17} - \frac{28}{17 \cdot 5} \right) = mg \left( \frac{120 - 28}{17 \cdot 5} \right) =$$

$$= mg \frac{92}{17 \cdot 5} = \frac{92}{85}mg$$

Ответ: 1)  $\frac{16}{85}mg$ ; 2)  $\frac{64}{85}mg$ ; 3)  $\frac{92}{85}mg$ .

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.



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Муж вернётся на минуту на  $\frac{1}{4}$ Н выше толки падения.

$3H < \Gamma \Rightarrow$  муж сков превышает в минуте  $H < \frac{\Gamma}{2} = \frac{3}{2}\text{ см}$ .  
(Н.м.к. на  
расстоянии  $\frac{1}{2}\text{ см}$  от зеркала).

Рассмотрим ситуацию  $\frac{1}{2} < H < \Gamma \Rightarrow$  на стену муж  
вернётся на  $R_1 = \frac{5H}{2}$  выше  $S \Rightarrow R_1 \in (\frac{5\Gamma}{4}; \frac{5\Gamma}{2})$ .

Рассмотрим ситуацию, когда  $H < \frac{\Gamma}{2}$ :

муж вышел пересечь фокальную  
плоскость на высоте  $x = \tan \varphi \cdot F = H$

Значит, стену он пересечёт  
на высоте  $\frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 = \frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 \in (0; \frac{3\Gamma}{4})$

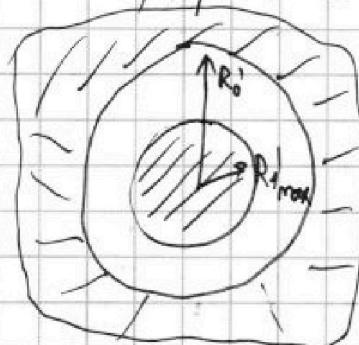
Чтак, картина на стене:

штриховка - обеихшая область.

$$\begin{aligned} 2) S &= \pi (R_0^2 - R_{1\max}^2) + \pi (R_{1\min}^2 - R_{2\max}^2) \\ &= \pi (16\Gamma^2 - \frac{25\Gamma^2}{4} + \frac{25\Gamma^2}{16} - \frac{9\Gamma^2}{76}) = \\ &= \pi (17\Gamma^2 - 6,25\Gamma^2) = 11,75\pi\Gamma^2 = \\ &= 43\pi \text{ см}^2 \end{aligned}$$



1) ~~Чтак~~ Чтак, картина на зеркале:



$$\begin{aligned} R_0' &= 2\Gamma \\ R_1' &= \frac{3H}{2} \Rightarrow \\ \Rightarrow R_{1\max}' &= \frac{3\Gamma}{2} \\ S &= \pi (R_0'^2 - R_{1\max}'^2) = \pi (4\Gamma^2 - \frac{9\Gamma^2}{4}) = \\ &= \pi (16 - 9) = 7\pi \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Ответ: 1)  $S_3 = 7\pi \text{ см}^2$ ; 2)  $S_m = 43\pi \text{ см}^2$ .



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!

1/5

Чертёжник

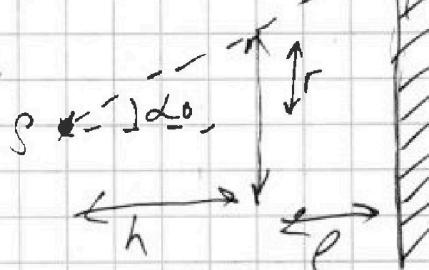
используем формулу тонкой линзы:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ , а - расстояние от источника до линзы; b - расстояние от изображения до линзы; F - фокусное расстояние линзы.  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{h-F}{hF} \Rightarrow b = \frac{hF}{h-F} = \frac{2h^2}{-h} = -2h$ , то есть изображение линзы, находится на расстоянии  $2h$  ~~относительно~~ от линзы.

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{f}{h}$$

Рассмотрим лучи, не прошедшие через линзу:  $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{F}{h}$

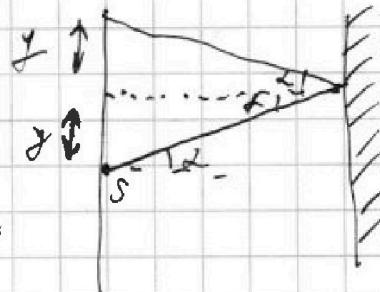
$$y = (h+l) \operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{h+l}{h} r = 2r$$

н.к. угол падения равен углу отражения  $\Rightarrow$  возвращается на стену  
шар на высоте  $24 = 4r$ . Но есть,  
калия с  $R_0 = 4r = 8\text{ см}$  от  
источника. Судя по калию  
освещённая область.



Рассмотрим лучи, прошедшие через линзу.

Вспоминается факт, что все параллельные лучи проходят через одну точку фокальной плоскости. Пусть луч пересекает

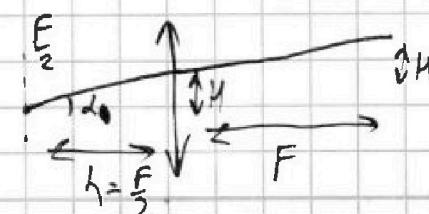
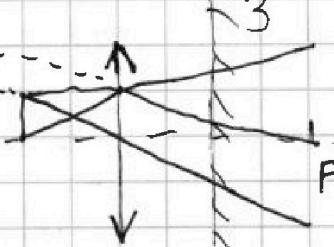


расстояние линзы на высоте  $h$ :

Затем фокальную плоскость мы

перенесём на высоте  $2H$  (н.к.  $h = \frac{F}{2}$ )

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{\mu}{F}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu}{h} = \frac{2H}{F}$$



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.



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

2) Используем то, что потенциал на бесконечности равен нулю:  $E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 Ex^2}$ ;  $E_{x_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x_0^2}$

$$d\psi_x = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E} \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \psi_2 - \psi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E} \left( \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)$$

Найдём потенциал в точке  $x=R$ :

$$\psi_2 - \psi_R = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E} \left( \frac{2}{R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 ER} \Rightarrow \psi_R = 6\psi_0 - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 ER} =$$

$$\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 ER} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 ER} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 ER}$$

Поскольку  $\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 ER} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow \epsilon = 2$$

Однако: 1)  $\psi_x = \frac{2Q}{12\pi\epsilon_0 ER}$ ; 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.

- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

N3

$$1) E_x = - \frac{d\varphi}{dx}$$

$$E_x = \frac{E_{x0}}{\epsilon_0} \text{ где } E_{x0} - \text{напряженность}$$

$$\text{в вакууме. } \frac{Q}{\epsilon_0} = E_{x0} \cdot 4\pi r^2$$

$$E_{x0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \Rightarrow E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$d\varphi = -E_x dx = -\frac{Q dx}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\int d\varphi = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \int \frac{dx}{r^2} \Rightarrow \varphi \Big|_{\psi_1}^{\psi_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \frac{1}{r} \Big|_{x_1}^{x_2}$$

$$\psi_2 - \psi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \left( \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)$$

$$\text{при } x = \frac{R}{2}, \varphi = 6\psi_0 \Rightarrow \psi_{\frac{R}{2}} - \psi_{\frac{R}{3}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \left( \frac{4}{3R} - \frac{2}{R} \right) =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \cdot \left( -\frac{2}{3R} \right) = -\frac{Q}{6\pi\epsilon_0 r R} \Rightarrow \psi_{\frac{3R}{4}} = \psi_{\frac{R}{2}} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 r R} = 6\psi_0 - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 r R}$$

$$\text{при } x = \frac{2R}{3}, \varphi = 5\psi_0 \Rightarrow \psi_{\frac{3R}{4}} - \psi_{\frac{2R}{3}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \left( \frac{4}{3R} - \frac{3}{2R} \right) =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \cdot \left( \frac{1}{6R} \right) = -\frac{Q}{24\pi\epsilon_0 r R}$$

$$24\pi\epsilon_0 r R$$

$$\text{Найдём } \psi_0: \text{ при } x = \frac{R}{2}, \varphi = 6\psi_0; \text{ при } x = \frac{2R}{3}, \varphi = 5\psi_0.$$

$$\psi_{\frac{2R}{3}} - \psi_{\frac{R}{2}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \left( \frac{3}{2R} - \frac{2}{R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \left( -\frac{1}{2R} \right) = -\frac{Q}{8\pi\epsilon_0 r R}$$

$$\psi_0 = \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 r R} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 r R} = \frac{7Q}{12\pi\epsilon_0 r R}$$

Чертёж

