

# Олимпиада «Физтех» по физике,

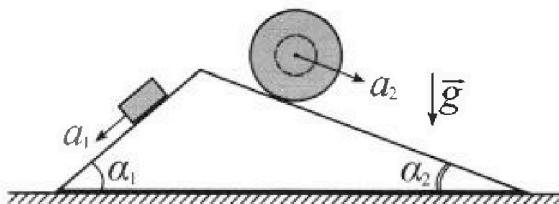
февраль 2024

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.



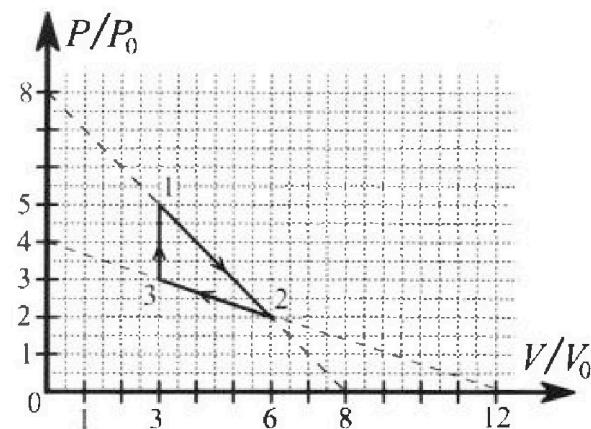
- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

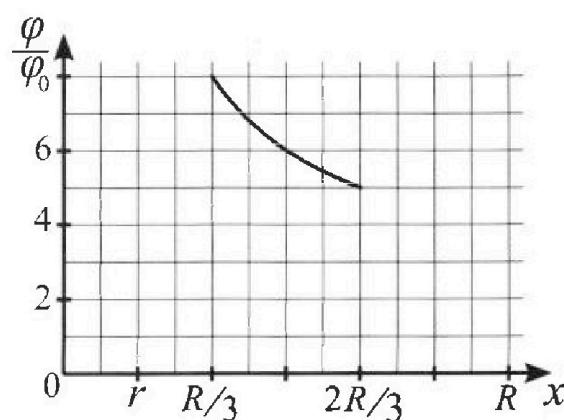
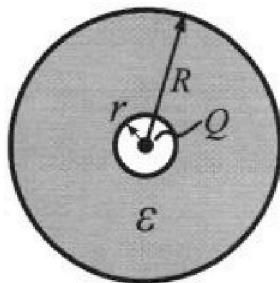
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $\epsilon$ .



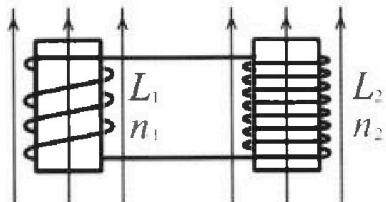
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02



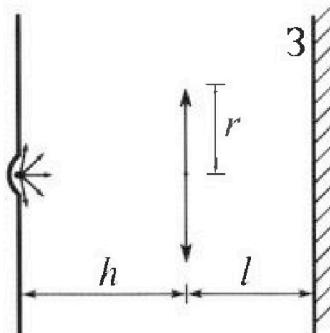
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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!

Второй закон Ньютона для диска:

$$x: ma_1 = mgs \sin \alpha_1 - F_1 \Rightarrow F_1 = mgs \sin \alpha_1 - ma_1$$

$$y: 0 = N_1 - mg \cos \alpha_1 \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{16}{5} mg$$

$$F_1 = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{2}{17} \right) = \frac{85}{85} mg$$

Второй закон Ньютона для шара:

$$x: 5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 - F_2 \quad (\text{движение без проскальзывания})$$

$$y: 0 = N_2 - 5mg \cos \alpha_2 \Rightarrow N_2 = 5mg \cos \alpha_2 = \frac{64}{25} mg$$

$$F_2 = 5mg \sin \alpha_2 - 5ma_2 = 5mg \left( \frac{8}{17} - \frac{8}{25} \right) = 40mg \left( \frac{1}{17} - \frac{1}{25} \right) = \frac{24}{85} mg = \frac{64}{85} mg$$

По третьему Закону Ньютона

силы трения  $F_1$  и  $F_2$  действуют на кружки в противоположных направлениях, в проекции на ось  $x'$ :

$$x: 0 = F_2 \cos \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_1 - F_3$$

$$F_3 = F_2 \cos \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_1 = \frac{16}{25} \cdot \frac{4}{5} mg + \frac{64}{85} \cdot \frac{15}{17} mg = \frac{64}{85} mg \left( \frac{1}{17} - \frac{1}{5} \right) = \frac{64}{85} \cdot \frac{58}{85} mg$$

Как и силы реакции  $N_1$  и  $N_2$ . В проекции на ось  $x'$ :

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

$$F_3 = F_2 \cos \alpha_2 + N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 = \frac{64}{25} \cdot \frac{15}{17} mg + \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{5} mg - \frac{16}{25} \cdot \frac{4}{5} mg - \frac{25}{17} \cdot \frac{8}{17} mg = \left( \frac{64 \cdot 3}{175} - \frac{17 \cdot 16}{175} \right) mg + \frac{12}{25} mg - \frac{20}{17 \cdot 25} mg = \frac{408}{175} mg + \frac{28}{85} mg = \frac{4}{17} mg \left( \frac{1}{5} - \frac{32}{85} \right) = \frac{4}{17} \cdot -\frac{41}{85} mg = -\frac{24}{17} mg + \frac{28}{85} mg = \frac{4}{17} mg \left( \frac{1}{5} - \frac{6}{17} \right) = -\frac{4}{17} \cdot \frac{23}{5} mg = -\frac{92}{85} mg$$

$F_3 < 0$  — значит направление силы противоположно, а  $|F_3| = F_3 = \frac{92}{85} mg$

Ответ:  $F_1 = \frac{16}{85} mg$ ;  $F_2 = \frac{64}{85} mg$ ;  $F_3 = \frac{92}{85} mg$ .



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!

Габарта газа за чаке - шондағы чекілді:

$$A = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 2p_0 = 3p_0 V_0$$

Для процесса 3-1,  $V = \text{const} \Rightarrow$  3-1 - изохорный, уравнение Менделєєва-Клајнермана:

$$5p_0 \cdot 3V_0 = 0R T_1 - b \text{ m. 1} \Rightarrow 2p_0 \cdot 3V_0 = 0R (T_1 - T_3), 0R \text{-қалып тоға}$$

$$3p_0 \cdot 3V_0 = 0R T_3 - b \text{ м. 3} \Rightarrow 2p_0 \cdot 3V_0 = 0R (T_1 - T_3), 0R \text{-қалып тоға}$$

$$\Delta E_{31} = \frac{3}{2} 0R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 = 9p_0 V_0 > 0$$

Получаем:  $\frac{\Delta E_{31}}{A} = \frac{9}{3} = 3$

Уравнение шинейного процесса 1-2:

$$P = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V = p_0 (8 - \frac{V}{V_0})$$

Уравнение идеального газа в некоторой точке процесса:

$$PV = 0R T \Rightarrow T = \frac{PV}{0R} = \frac{p_0 (8 - \frac{V}{V_0}) V}{0R} = \frac{p_0 V}{0R} (8V_0 - V^2) \rightarrow \max$$

$$T = \frac{p_0 V}{0R} (8V_0 - V^2) \Rightarrow V^* = -\frac{8V_0}{2} = 4V_0 \Rightarrow T_{\max} = \frac{p_0 V_0}{0R} / 16V_0$$

$$\Rightarrow T_{\max} = \frac{16p_0 V_0}{0R}$$

В точке 2 температура  $T_2$ :

$$2p_0 \cdot 6V_0 = 0R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{12p_0 V_0}{0R} \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

Рассмотрим процесс 1-2:

$$dQ = \frac{3}{2} 0R dT + P dV + dP V$$

$$T = \frac{p_0}{0R V_0} (8V_0 V - V^2) \Rightarrow dT = \frac{p_0}{0R V_0} (8V_0 dV - 2V dV) = \frac{2p_0 dV}{0R V_0} (4V_0 - V)$$

$$P = p_0 (8 - \frac{V}{V_0}) \Rightarrow dP = -\frac{p_0 dV}{V_0}$$

$$\Rightarrow dQ = \frac{3}{2} \frac{0R}{dV} \left( \frac{2p_0 dV (4V_0 - V)}{0R V_0} + p_0 (8 - \frac{V}{V_0}) dV \right) - \frac{p_0 dV}{V_0} V =$$

$$= \frac{3p_0 (4V_0 - V)}{V_0} dV + 8p_0 dV - \frac{p_0 V dV}{V_0} - \frac{p_0 V dV}{V_0} = 12p_0 dV - \frac{3p_0 V_0 dV}{V_0} +$$

$$+ 8p_0 dV - \frac{2p_0 dV}{V_0} = 24p_0 dV - \frac{5p_0 V_0 dV}{V_0}$$

$$dQ = 0; 24p_0 dV = \frac{8p_0 V_0 dV}{V_0} \Rightarrow V = \frac{V_0}{3} \in [3V_0; 6V_0]$$

$$dQ(3V_0) = 20p_0 dV - \frac{15p_0 V_0}{V_0} dV = 5p_0 dV > 0$$

Значит, с 3V<sub>0</sub> ғо 4V<sub>0</sub> мөнде наступает (2)

Рассмотрим процесс 2-3:

$$\phi = 4p_0 - \frac{p_0}{3V_0} V = 4p_0 \left( 1 - \frac{V}{3V_0} \right) \Rightarrow T = \frac{4p_0 (1 - \frac{V}{3V_0}) V}{0R} = \frac{4p_0 (V_0 V - \frac{V^2}{12})}{0R}$$

$$dp = -4p_0 \frac{dV}{3V_0}; dT = \frac{4p_0}{0R V_0} (V_0 dV - \frac{V dV}{6}) = \frac{4p_0 (V_0 - \frac{V}{6})}{0R V_0} dV$$

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



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

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

Для процесса 2-3:

$$\Delta Q = \frac{3}{2} \sigma R dT + p dV + \Delta p V = \frac{3}{2} \sigma R \frac{4p_0(V_0 - \frac{V}{6})}{dV} dV + 4p_0(1 - \frac{V}{12V_0}) dV \\ \Rightarrow -\frac{p_0 dV}{3V_0} \cdot V = \frac{6p_0(V_0 - \frac{V}{6})}{dV} dV + 4p_0 dV - \frac{\sigma R V_0}{p_0 V dV} dV - \frac{p_0 V dV}{3V_0} = \\ = \frac{6p_0 V dV}{V_0} - \frac{p_0 V dV}{V_0} + 4p_0 dV - \frac{2p_0 V dV}{3V_0} = 10p_0 dV - \frac{5p_0 V dV}{3V_0}$$

$$\Delta Q = 0 \Rightarrow 10p_0 dV = \frac{8p_0 V dV}{3V_0} \Rightarrow V = 6V_0$$

$$Q(3V_0) = 10p_0 dV - \frac{85p_0 V_0 dV}{3V_0} = 5p_0 dV > 0$$

Значит весь процесс 2-3 тепло отдаётся.

$$Q_H = Q_{31} + Q_{1x} = \Delta E_{31} + \delta + \Delta E_{1x} + A_{1x} = 9p_0 V_0 + \frac{3}{2}(p_x V_x - p_1 V_1) + \frac{p_1 + p_x}{2} \cdot (4V_0 - 3V_0) = 9p_0 V_0 + \frac{3}{2}(4p_0 \cdot \frac{1}{3}V_0 - 5p_0 \cdot 3V_0) + \\ + \frac{5p_0 + 4p_0}{2} \cdot V_0 = 9p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot p_0 V_0 + \frac{9}{2} p_0 V_0 = 9p_0 V_0 + 6p_0 V_0 = 15p_0 V_0$$

Найдём КПД задачи:

$$\eta = \frac{Q_K - Q_X}{Q_K} = \frac{A}{Q_H} = \frac{3p_0 V_0}{15p_0 V_0} = \frac{1}{5} = 20\%$$

Ответ: 1) 3 2)  $\frac{1}{3}$  3) 20%



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!

Представим поле в  $\epsilon$  в  $n^3$  виде как суперпозицию двух полей: с проникающимся  $\epsilon$  и диэлектрика оставляем поле в шаре в  $\epsilon$  раз, тогда для потенциала на расстоянии от точечного заряда:

$$\varphi_x = \varphi_A + \varphi_B + \varphi_x, A \text{ и } B - \text{точки у гр-}$$

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

$$= k Q \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon r} + \frac{1}{\epsilon x} \right) = \frac{k Q}{\epsilon} \left( \frac{\epsilon - 1}{r} + \frac{1}{x} \right) \quad (1)$$

$$\text{Тогда при } x = \frac{3R}{2}: \varphi_x = \frac{k Q}{\epsilon} \left( \frac{\epsilon - 1}{r} + \frac{4}{3R} \right).$$

Из масштаба графика по оси  $x$  имеем  $r = \frac{R}{2}$ . Для точек  $x_1 = \frac{R}{3}$  и  $x_2 = \frac{2R}{3}$  по графику:

$$\varphi_1 = 8 \varphi_0 \Rightarrow \frac{\varphi_1}{\varphi_0} = \frac{8}{1}$$

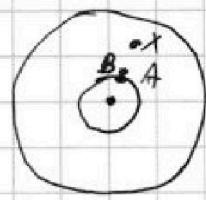
$$\varphi_2 = 5 \varphi_0 \Rightarrow \frac{\varphi_2}{\varphi_0} = \frac{5}{1}$$

то пропущене (1) для  $\varphi_1$  где  $x_1 = \frac{R}{3}$ ,  $x_2 = \frac{2R}{3}$ .

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{8}{5} = \frac{\frac{k Q}{\epsilon} \left( \frac{\epsilon - 1}{r} + \frac{1}{x_1} \right)}{\frac{k Q}{\epsilon} \left( \frac{\epsilon - 1}{r} + \frac{1}{x_2} \right)} = \frac{\frac{6(\epsilon - 1)}{R} + \frac{3}{R}}{\frac{6(\epsilon - 1)}{R} + \frac{3}{2R}} = \frac{6\epsilon - 6 + 3}{6\epsilon - 6 + 1,5} = \frac{6\epsilon - 3}{6\epsilon - 4,5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 48\epsilon - 36 = 30\epsilon - 15 \Rightarrow 18\epsilon = 21 \Rightarrow \epsilon = \frac{21}{18} = \frac{7}{6}$$

$$\text{Ответ: 1) } \varphi_x = \frac{k Q}{\epsilon} \left( \frac{\epsilon - 1}{r} + \frac{4}{3R} \right) \quad \delta) \quad \epsilon = \frac{7}{6}$$





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 checked="" 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!

№ 4

Пользуясь правилом правой руки, определи, что ток будет течь против часовой стрелки, а из закона сохранения зарядов он будет одинаковый во всей цепи, а значит и изменяется он в обеих катушках одинаково. Так как катушки далеко, то их магнитные поля не влияют друг на друга.

Из-за того, что по катушкам flows начёт течь ток, эти токи начнут создавать своё магнитное поле, направленное с внешними, одинаковыми

Найдём потоки через катушки:

$$\Phi_1 = B_1 n_1 S + \Phi_{i1}^1 = B_1 n_1 S \neq L I_1 = B_1 n_1 S \neq L I \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Phi_{i1}^1 = -\varepsilon_{i1} = \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{dB_1}{dt} n_1 S \neq L \frac{dI}{dt} \quad (1)$$

$$\Phi_2 = B_2 n_2 S + \Phi_{i2}^1 = B_2 n_2 S + L_2 I_2 = 3B_2 n_2 S + g L I \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Phi_{i2}^1 = -\varepsilon_{i2} = \frac{d\Phi_2}{dt} = 3 \frac{dB_2}{dt} n_2 S + g L \frac{dI}{dt} \quad (2)$$

Так как сопротивление проводов и катушек мало, то по закону Ома для замкнутого контура:

$$0 \cdot I = \varepsilon_{i1} + \varepsilon_{i2} \Rightarrow \varepsilon_{i1} = -\varepsilon_{i2} \quad (3)$$

так как по рисунку, если в одной из катушек он течёт в одну сторону, а в другой - в другую, то в одной из них собственное поле будет противоположно внешнему а в другой - совпадено (по правилу правой руки), то в результате направление тока I по часовой стрелке в катушке 1 и замкнутое необходимые уравнения. Если получится, что  $I < 0$ , то это значит, что ток течёт в обратном направлении.

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

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!

$$\text{Уз } (1), (2), (3): -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\left(-\frac{d\Phi_2}{dt}\right) \Rightarrow \frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{d\Phi_2}{dt} \quad (4)$$

Если второе поле неизменено, а у первого:  $\frac{d\Phi_1}{dt} = -\Delta$ , то:

$$\frac{dB_1}{dt} nS - L \frac{dI}{dt} = -0 - qL \frac{dI}{dt} \Rightarrow -dB_1 - 8L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{dB_1}{8L} > 0$$

Уз равенства (4):

$$\frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{d\Phi_2}{dt} \Rightarrow d\Phi_1 = -d\Phi_2 \Rightarrow \Delta\Phi_1 = -\Delta\Phi_2$$

Для  $n, 2$  имеем:  
 $dB_1 nS - L dI = -3 dB_2 nS + q dI$

$\Delta I = I - 0$ , где  $I$  - ток в конце измененения

$$\begin{aligned} \Delta B_1 &= \frac{2}{3} B_0 - \frac{B_0}{4} = -\frac{B_0}{12} \\ \Delta B_2 &= \frac{B_0}{12} - \frac{B_0}{3} = -\frac{B_0}{4} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow 8L I = nS \left( -\left( -\frac{B_0}{12} \right) - 3 \left( -\frac{B_0}{4} \right) \right) = nS B_0 \left( \frac{1}{3} + \frac{3}{4} \right) = \frac{13}{12} B_0 nS \Rightarrow I = \frac{13}{96} \frac{B_0 nS}{L}$$

Ответ: 1)  $\frac{dnS}{8L}$  2)  $\frac{13 B_0 nS}{96 L}$



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.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

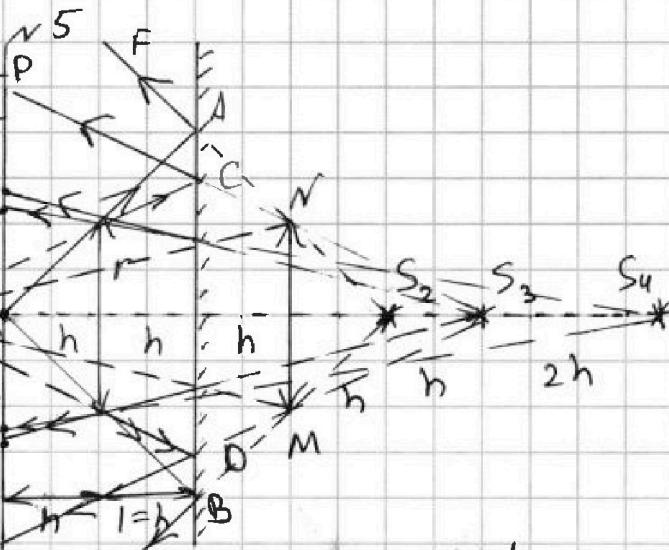
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!

Все лучи от лампопарки, не попавшие между источниками  $S_1$  и  $S_2$ , будут проецироваться и падут на зеркало.

Найдём изображение источника  $S_8$  (ниже)

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{x_1} = \frac{1}{F} = \frac{1}{2h} \Rightarrow \frac{1}{x_1} = -\frac{1}{2h} \Rightarrow x_1 = -2h$$



Получили истинное изображение  $S'$  на расстоянии  $2h$  от зеркала. Тогда после проецирования все лучи будут "исходить" от  $S'$ , и будут заключены между источниками  $S_1$ ,  $C$  и  $S_2$ ,  $D$ . Будут освещены области  $AB$  и  $CD$ . Найдём  $AB$  и  $CD$ :

Из подобия:  $\frac{h}{2r} = \frac{2h}{AB} \Rightarrow AB = 4r$

$$\frac{2h}{2r} = \frac{3h}{CD} \Rightarrow CD = 3r$$

Площадь освещённой части зеркала:

$$S_8 = \pi \left( \frac{(AB)^2}{4} - \pi \frac{(CD)^2}{4} \right) = \frac{\pi}{4} (16r^2 - 9r^2) = \frac{7\pi}{4} r^2 = \frac{7\pi}{4} \cdot 2^2 = 7\pi [см^2]$$

Отразим между источниками  $S_1$  отдельно зеркало, получим изображение  $S_2$ , лучи, что не прошли между, после отражения "исходят" из него. Тогда лучами не между  $S_2$  и  $S_2'E$  будет освещена вся стена, кроме участка  $EF$ .

Рассмотрим проецирующиеся лучи.

Определим, какие лучи之後 проходят. Это будут лучи, что падают из  $S_2$  на отражение между  $MN$ . Тогда будут проецированные лучи не между  $MN$ . Будут исходить из ис-



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

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!

точка  $S_3$  - отражение  $S_1$  в зеркале. Эти лучи будут лежать между крайними участками  $S_3K$  и  $S_3P$ ;  $S_3L$  и  $S_3G$ . Их будут освещать участки  $PK$  и  $LG$ .

Найдём изображение  $S_4$  истощения  $S_1$  в зеркале  $MN$ . Для неё же будет действовать:

$$\frac{1}{4h} + \frac{1}{x_2} = \frac{1}{F} = \frac{1}{2h} \Rightarrow \frac{1}{x_2} = \frac{1}{4h} - S_4 \text{ расположено на расстоянии } 4h \text{ от } MN,$$

изображение действительное. Повторно применим лёгкие лучи будут исходить из  $S_4$ , а крайние лучи проходят через кончик исходящей линзы и будут заключены между  $S_4I$  и  $S_4J$ , участок  $IJ$  будет освещён.

Таким образом, на стекле будут неосвещены участки  $IK, JL; PF, GE$ . Найдём краевые длины из подобия:

$$\frac{6h}{2r} = \frac{2h}{IJ} \Rightarrow IJ = \frac{14h}{6h} \cdot r = \frac{7}{3}r \quad \frac{h}{2r} = \frac{4h}{EF} \Rightarrow EF = 8r$$

$$\frac{uh}{2r} = \frac{5h}{KL} \Rightarrow KL = \frac{5}{4} \cdot 2r = \frac{5}{2}r$$

$$\frac{2h}{2r} = \frac{5h}{PG} \Rightarrow PG = \frac{5}{2} \cdot 2r = 5r$$

Найдём площадь неосвещённой части стекла:

$$S_c = \frac{\pi}{4} EF^2 - \frac{\pi}{4} PG^2 + \frac{\pi}{4} KL^2 - \frac{\pi}{4} IJ^2 = \frac{\pi}{4} (64r^2 - 25r^2 + \frac{25}{4}r^2 - \frac{49}{9}r^2) = \frac{\pi}{4} \left( \frac{181}{4} - \frac{49}{9} \right) = \frac{1433}{36} \cdot \frac{\pi r^2}{4} = \frac{1433}{36} \cdot \frac{\pi \cdot 2^2}{4} = \frac{1433}{36} \pi$$

(Объем: 1)  $7\pi$  2)  $\frac{1433}{36}\pi$

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.



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$\boxed{1}$   $B \cdot a = mI \cdot n \Rightarrow B = mI \cdot n$   
 $\Phi = LI \Rightarrow L = m_n$   
 $BS = LI \Rightarrow m_m n S = LI$   
 $\frac{dB}{dt} = -\alpha$   $\Rightarrow m_m n S = LI$   
 $\Phi_1 = B_1 n_1 S$   
 $\epsilon_{11} + \epsilon_{12} = 0 \Rightarrow L_1 \frac{dI_1}{dt} + L_2 \frac{dI_2}{dt} = ?$   
 $\Phi_1 = (B_1 + B_2) n_1 S + I_1 L$   
 $\frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{dB_1}{dt} n_1 S + \frac{dI_1}{dt} L = -\alpha n_1 S + \frac{dI_1}{dt} L_1$   
 $\Phi_2 = B_2 n_2 S + I_2 L \Rightarrow \frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{dI_2}{dt} L_2$   
 $\Phi_1 = (B_1 + B_2) n_1 S \rightarrow \cancel{L_1} I_1 \quad \Phi_1 = \frac{181}{1629}$   
 $\Phi_1 = B_1 n_1 S = L_1 I_1 \Rightarrow \frac{dB_1}{dt} n_1 S = L_1 \frac{dI_1}{dt}$   
 $\Phi_1 = B_1 + B_2$   
 $\Phi_{10} = B_1 n_1 S = L_1 I_1 \quad \Phi_{20} = B_2 \cdot 3n S = 9L I_0 \quad \text{---}$   
 $\Phi_1 = \frac{2B_0}{3} n S = L I$   
 $\Phi_1 = (B_1 + B_2) n S = L I \quad (B_1 + m_m n) n S = L I$   
 $\frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{dB_1}{dt} n S + L \frac{dI}{dt} ; \quad \frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{dB_2}{dt} 3n S + 9L \frac{dI}{dt} = E$   
 $\frac{dB_1}{dt} n S + L \frac{dI}{dt} = -\frac{dB_2}{dt} 3n S - 9L \frac{dI}{dt} \Rightarrow -\alpha n S = -10L \frac{dI}{dt} \frac{18}{9}$   
 $10L \frac{dI}{dt} = \left( -\frac{dB_1}{dt} - 3\frac{dB_2}{dt} \right) n S \quad \frac{dI}{dt} = \frac{\alpha n S}{10L}$   
 $10L \frac{dI}{dt} = (-dB_1 - 3dB_2) n S \Rightarrow 10L \frac{dI}{dt} = (-B_1 - 3B_2) n S$   
 $\frac{3}{n} + \frac{1}{3} = \frac{9}{12} + \frac{4}{12} = \frac{13}{12}$



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 type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

Diagram showing two objects on an incline. Object 1 has mass  $m_1$ , angle  $\alpha_1$ , and force  $F_1$ . Object 2 has mass  $m_2$ , angle  $\alpha_2$ , and force  $F_2$ . Normal forces  $N_1$  and  $N_2$  are shown perpendicular to the inclines.

$$N_1 = mg \cos \alpha_1, \quad m_1 a_1 = m_1 g \sin \alpha_1 - F_1 \frac{25}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{35}{17} \cdot \frac{5}{15}$$

$$m_2 a_2 = m_2 g \sin \alpha_2 - F_2 \frac{25}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{25}{17} \cdot \frac{7}{25} = \frac{1}{17}$$

$$\frac{1}{25} \left( 2 - \frac{64}{17} \right) = \frac{4}{25} \left( 3 - \frac{16}{17} \right) = \frac{28}{85} \quad a_1 = a_2 = F_1 \sin \alpha_1 = F_2 \sin \alpha_2$$

$$= \frac{25}{25} \left( 2 + \frac{1}{17} \right) = \frac{35}{25} \cdot \frac{1}{17} = \frac{1}{85}$$

$$N_1 = m_1 g \cos \alpha_1, \quad m_1 a_1 = m_1 g \sin \alpha_1 - F_1 \frac{25}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{35}{17} \cdot \frac{5}{15}$$

$$m_2 a_2 = m_2 g \sin \alpha_2 - F_2 \frac{25}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{25}{17} \cdot \frac{7}{25} = \frac{1}{17}$$

$$F_3 = |F_1 \cos \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2| \frac{58}{12}$$

$$3-1: V = \text{const} \Rightarrow \text{изохоричьи}, A = 0$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 2p_0 = 3V_0 p_0$$

$$\Delta E = \frac{3}{2} \cdot JRT = \frac{3}{2} \Delta P V = \frac{3}{2} \cdot 2p_0 \cdot 3V_0 = 9p_0 V \Rightarrow T = \frac{9}{2} \cdot \frac{142}{128}$$

$$p = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V = p_0 \left( 8 - \frac{V}{V_0} \right)$$

$$pV = JRT \Rightarrow p_0 \left( 8 - \frac{V}{V_0} \right) V = JRT$$

$$\frac{dQ}{dV} = \frac{11}{23} \quad \frac{+4}{92} \quad \frac{-36}{18} \quad \frac{1}{18} \quad \frac{-15}{21} \quad T = \frac{p_0}{JRV_0} (8VV_0 - V^2) \quad \max \quad \frac{36}{41}$$

$$\frac{6kQ}{2} \left( \frac{1}{R} + \frac{3}{R} \right) = \frac{18kQ}{2R} \quad T = \frac{p_0}{JRV_0} \cdot 16V_0^2 = \frac{16p_0 V_0}{JR} \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{16}{3}$$

$$\frac{6kQ}{2} \left( \frac{1}{R} + \frac{3}{R} \right) = \frac{24kQ}{2R} \Rightarrow \frac{24}{18} = \frac{4}{3} \quad \frac{2p_0 \cdot 6V_0}{JR} = \frac{12p_0 V_0}{JR} \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{dQ}{dV} = \frac{3}{2} JRT + (pV + dP)V + pdV; \quad dP = -\frac{p_0}{V_0} dV \quad K \frac{Q}{r} + \frac{1}{\varepsilon} (K \frac{Q}{x} - K_f)$$

$$E = K \frac{Q}{x^2}; \quad \varphi(r) = K \frac{Q}{r}; \quad \varphi(r + \Delta r) = K \frac{Q}{r} + K \frac{Q}{r + \Delta r} = K \frac{Q}{r} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon} \right) = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$$

$$\varphi(r) = \frac{4\pi\varepsilon_0}{r} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$\varphi(x) = \varphi(r) + \varphi'(x-r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} + \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 (x-r)} =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{\varepsilon(x-r)} \right) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\varepsilon x - \varepsilon r + r}{\varepsilon x(x-r)} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\varepsilon x - r(\varepsilon-1)}{\varepsilon x(x-r)}$$

$$x = \frac{3R}{4}; \quad \varphi(x) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\varepsilon \frac{3R}{4} - r(\varepsilon-1)}{\varepsilon \frac{3R}{4} \cdot \frac{3R}{4} - r} = r = \frac{R}{6}?$$

$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{(\varepsilon \frac{3R}{4} - r(\varepsilon-1))(\varepsilon \frac{2R}{3} - r)}{\varepsilon \frac{3R}{4} \cdot \frac{3R}{4} - r}$$

$$\varphi(\frac{R}{3}) = 8\varphi_0; \quad \varphi(\frac{3R}{4}) = 5\varphi_0 \Rightarrow \frac{\varphi(\frac{R}{3})}{\varphi(\frac{2R}{3})} = \frac{8}{5} = \frac{(\varepsilon \frac{2R}{3} - r(\varepsilon-1))(\varepsilon \frac{R}{3} - r)}{(\varepsilon \frac{2R}{3} - r(\varepsilon-1))(\varepsilon \frac{R}{3} - r)}$$

$$= \frac{(\varepsilon - \frac{\varepsilon}{6} + \frac{1}{6})(\frac{2}{3} - \frac{1}{6})}{(\frac{2}{3} - \frac{1}{6})(\frac{1}{3} - \frac{1}{6})} = \frac{(\frac{5}{6} + \frac{1}{6}) \cdot \frac{1}{2}}{(\frac{1}{2} + \frac{1}{6}) \cdot \frac{1}{6}} = \frac{(\varepsilon + 1)}{(\varepsilon + \frac{1}{3})} = \frac{8}{5} \Rightarrow 8\varepsilon + \frac{8}{3} = 5\varepsilon + 5 \quad 3\varepsilon = \frac{2}{3} \quad \varepsilon > 1.27$$

$$\Delta \varphi = Ed\varphi = K \frac{Q}{r} - \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}$$

$$1 - \frac{1}{\varepsilon} = -\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \quad \frac{1}{\varepsilon} - 1 = \frac{1}{\varepsilon} \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) + \frac{1}{\varepsilon}$$

$$\Delta \varphi = \int E dr + \int \frac{E}{r} dr = (-K \frac{Q}{r} + K \frac{Q}{\varepsilon r}) + (-\frac{K Q}{\varepsilon x} + K \frac{Q}{\varepsilon r}) = \varphi_0 - K \frac{Q}{r} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon} \right) - K \frac{Q}{\varepsilon x}$$