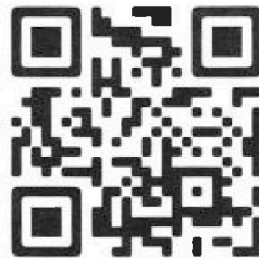




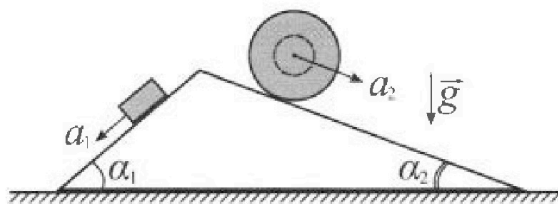
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

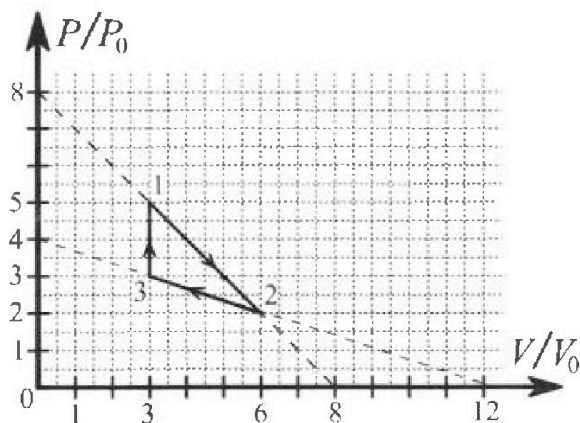
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) 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.

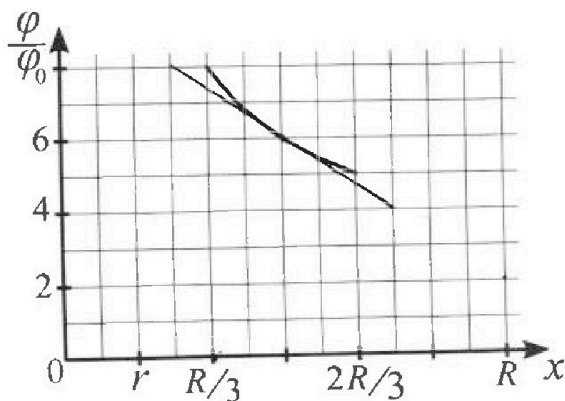
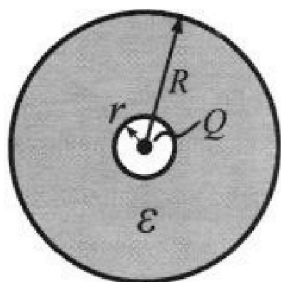


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $\varphi$  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  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .





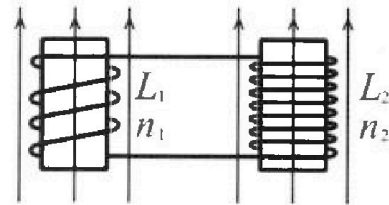
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02



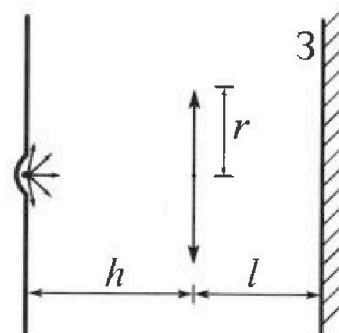
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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 изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии  $h$  расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 2h$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 2$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h$  расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

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





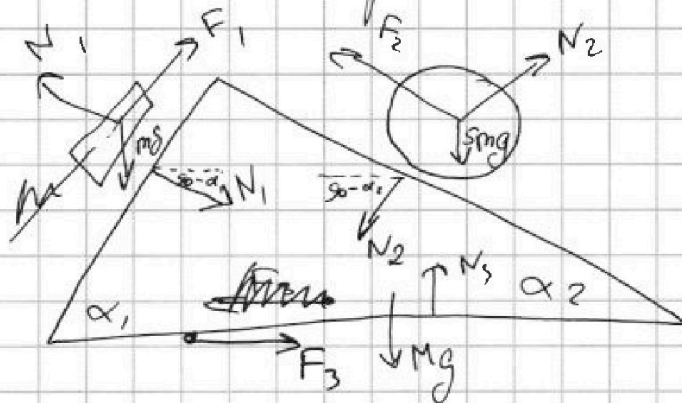
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

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!

Рассчитаем силы, действ. на все тела:



2 Зк на касательную ось для диска:

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

на I ось:

$$N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0 \quad (2)$$

2 Зк на касательную ось для шара:

$$5mg \sin \alpha_2 - F_2 = 5ma_2 \quad (3)$$

на I ось:

$$N_2 - 5mg \cos \alpha_2 = 0 \quad (4)$$

2 Зк на горизонтальную ось для клина:

$$N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 - F_3 = 0 \quad (5)$$



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 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!

$$(1) \Rightarrow F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) =$$

$$= mg \left( \frac{3}{5} - \frac{7}{17} \right) = \frac{30 \cdot 21 - 35}{17 \cdot 5} mg =$$

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

$$\begin{array}{r} 25 \\ 17 \\ \hline 8 \\ + 25 \\ \hline 425 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 289 \\ \hline 225 \\ + 200 \\ \hline 500 \\ + 25 \\ \hline 525 \end{array}$$

$$(3) \Rightarrow F_2 = m(g \sin \alpha_2 - a_2) = mg \cdot \left( \frac{8}{17} - \frac{8}{25} \right) =$$

$$= 8mg \cdot \frac{25 - 17}{17 \cdot 25} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 5}{17 \cdot 25} =$$

$$= \frac{5 \cdot 64}{425} mg = \frac{64}{85} mg$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 17 \\ \hline 4 \\ + 17 \\ \hline 239 \end{array}$$

$$(2) \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg$$

$$(4) \Rightarrow N_2 = mg \cos \alpha_2 = 5 \cdot \frac{15}{17} mg = \frac{75}{17} mg$$

$$(5) \Rightarrow F_3 = N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 =$$

$$= mg \left( \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{75}{17} \cdot \frac{8}{17} \right) = mg \cdot \left( \frac{12}{25} - \frac{5 \cdot 120}{289} \right) =$$

$$= \frac{3458 - 3000}{25 \cdot 289} mg = \frac{458}{25 \cdot 289} = \frac{458}{7225} mg$$

$$\begin{array}{r} 239 \\ 12 \\ \hline 4578 \\ 289 \\ \hline 3458 \\ - 120 \\ \hline 25 \\ + 600 \\ \hline 7250 \\ - 3000 \\ \hline 4250 \end{array}$$

Ответы: 1)  $F_1 = \frac{16}{25} mg$  2)  $F_2 = \frac{64}{85} mg$

3)  $F_3 = \frac{458}{7225} mg$   $\frac{11532}{7225}$

это значит  
что  $F_3$  направлено  
в сторону спуска





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!

~~Задача~~ На систему брусок-клин-шар по горизонтали действует только  $F_3$ , поэтому по 2 ЗК

$$F_3 = 5mg \cos \alpha_2 - mg \cos \alpha_1$$

$$F_3 = 5mg \cdot \frac{8}{25} \cdot \frac{15}{17} - mg \cdot \frac{7}{17} = \frac{4}{5} mg$$

$$= mg \cdot \frac{120 - 28}{17 \cdot 5} = \frac{92}{85} mg$$

Ответ: 1)  $F_1 = \frac{16}{85} mg$

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.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 5

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

1а) приращение энергии:

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

$$A = \int p dV = P_0 V_0 \int \frac{P}{P_0} d\left(\frac{V}{V_0}\right), \text{ м.е.}$$

$A = P_0 V_0 \cdot S_{\text{площадь}}$ , где  $S$  - площадь фигуры цикла  $\frac{P}{P_0} \left(\frac{V}{V_0}\right)$  на графике

$$A = P_0 V_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3 = 3 P_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U_{31}}{A} = 3$$

2) по уравнению  $\mu$ - $k$ :

$$\gamma R T_2 = P_2 V_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_0 V_0}{\gamma R} \cdot 12$$

В процессе 1-2  $\frac{P}{P_0} \left(\frac{V}{V_0}\right)$  описывается уравнением

$$\frac{P}{P_0} = 8 - \frac{V}{V_0}$$

$$P = P_0 \left(8 - \frac{V}{V_0}\right) = P_0 \cdot 8 - P_0 \frac{V}{V_0}$$





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  
2 из 5

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

Найдем  $T(V)$ :

по ур-ю м.к.:

$$\begin{aligned} \overline{P} = T(V) &= \frac{P(V) \cdot V}{2R} = \frac{P_0 V_0}{2R} \cdot \left( 8 \frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2} \right) \\ &= \frac{P_0}{2R} \left( 8V - \frac{V^2}{V_0} \right) \end{aligned}$$

~~$\max(T)$  достигается при~~

$\max(T) = T(V_m)$ , где

$$V_m : \max \left( 8V - \frac{V^2}{V_0} \right) = 8V_m - \frac{V_m^2}{V_0},$$

м.к.  $\frac{P_0}{2R} = \text{const}$ .

$\Rightarrow V_m$  - точка вершины параболы

$8V - \frac{V^2}{V_0}$ , м.к. вершины направлено вниз

$$V_m = \frac{-8}{-\frac{2}{V_0}} = 4V_0 \quad \rightarrow T_m = T(V_m)$$

$$P(V_m) = P_0 \left( 8 - \frac{4}{1} \right) = 4P_0 \Rightarrow T(V_m) = 16 \frac{P_0 V_0}{2R}$$

$$\frac{T_m}{T_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 5

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

3) В процессе 3-1 мембрана только подводится, т.к. работа 0, а энтальпия растет.

Найдем  $V_2$ , при каких  $V$  мембрана в процессе 1-2 будет подводиться:

$$dQ = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV > 0$$

$$\nu R dT = p dN + V dp \text{ из ур-я М-к.}$$

$$dQ = \frac{3}{2} V dp + \frac{5}{2} p dV$$

$$p = (8 - \frac{V}{V_0}) p_0 \Rightarrow dp = -\frac{p_0}{V_0} dV$$

$$dQ = -\frac{3}{2} V \cdot \frac{p_0}{V_0} dV + \frac{5}{2} (8 - \frac{V}{V_0}) p_0 dV > 0$$

$dV > 0$  во всем процессе  $\Rightarrow$  предельно

$$-\frac{3}{2} V + \frac{5}{2} (8V_0 - V) > 0, \text{ т.к. } \frac{p_0}{V_0} > 0$$

$$-\frac{3}{2} V + 20V_0 > 0$$

$$\frac{40}{3} V_0 > V; \quad \boxed{V < 5V_0}$$

$\Rightarrow$  мембрана подводится от  $V_1 = 3V_0$   
до  $V_2 = 5V_0$





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  
4 ИЗ 5

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

$$Q_{12}^+ = \frac{3}{2} (P_2^* V_2^* - P_1 V_1) + \int_{V_1}^{V_2^*} P dV =$$

$$= \frac{3}{2} (3 \cdot 5 - 5 \cdot 3) P_0 V_0 + P_0 V_0 \cdot \frac{5+3}{2} \cdot 2 =$$

$$= 8 P_0 V_0$$

В процессе 2-3:  $P(V) = P_0 (4 - \frac{V}{3V_0})$ ,  
а также  $dV < 0$ . Остальные действия делаем аналогично:

$$dP = -\frac{P_0}{3V_0} dV$$

$$dQ = \frac{3}{2} V dP + \frac{5}{2} P dV =$$

$$= -\frac{3}{2} V \cdot \frac{P_0}{3V_0} dV + \frac{5}{2} \cdot \frac{P_0}{V_0} (4V_0 - \frac{V}{3}) dV > 0$$

$$\Rightarrow -\frac{V}{2} + \frac{5}{2} (4V_0 - \frac{V}{3}) > 0$$

$$-\frac{3V + 5V}{6} + 10V_0 > 0$$

$$\frac{4}{3} V > 10V_0 \Rightarrow V > \frac{30}{4} V_0$$

$$V > 7,5 V_0$$

$\Rightarrow$  все время в процессе 2-3 метода орбитально-диффузионный, т.к.  $V_2 < 7,5 V_0$ .



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  
5 ИЗ 5

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

по определению  $\eta = \frac{A^*}{Q^*}$

$$\rightarrow \eta = \frac{A}{Q_{12}^* + Q_{31}^*} = \frac{3P_0V_0}{8P_0V_0 + 9P_0V_0} = \frac{3}{17}$$

т.к. в процессе 3-1  $Q_{31} = \Delta U_{31}$ ,  
ведь  $A_{31} = 0$  ( $V = \text{const}$ )

Ответ: 1)  $\frac{\Delta U_{31}}{A} = 3$

2)  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{4}{3}$

3)  $\eta = \frac{3}{17}$ .





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 3

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

1) Стае на расстоянии  $x$  от центра вне диэлектрика равно

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

внутри диэлектрика

$$E(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2} \text{ по т. Гаусса.}$$

Поэтому ~~потенциал~~<sup>n</sup> потенциал на поверхности диэл-ка ( $x=R$ ) равен

$$\varphi(R) = - \int_{+\infty}^R E(x) dx$$

$$\varphi(R) = - \int_{+\infty}^R \frac{kQ}{x^2} dx = \frac{kQ}{R}$$

Теперь найдем распределение потенциалов внутри диэл-ка:

$$\varphi(x) - \varphi(R) = - \int_R^x \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx$$



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!

$$\varphi(x) - \frac{kQ}{R} = + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right)$$

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{R} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} \right) + \frac{kQ}{\epsilon x}$$

$$\varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = \frac{kQ}{\epsilon R} \cdot (\epsilon - 1) + \frac{kQ}{\epsilon R} \cdot \frac{4}{3}$$

$$\varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = \frac{kQ}{\epsilon R} \left( \epsilon + \frac{1}{3} \right)$$

$$2) \frac{\varphi}{\varphi_0}(x) = \frac{\varphi(x)}{\varphi_0}, \text{ т.к. } \varphi_0 = \text{const}$$

$$\begin{aligned} \frac{\varphi\left(\frac{1}{3}R\right)}{\varphi_0} &= \frac{1}{\varphi_0} \left( \frac{kQ}{\epsilon R} (\epsilon - 1) + \frac{kQ}{\epsilon R} \cdot 3 \right) = \\ &= \frac{kQ}{\epsilon \varphi_0 R} \cdot (\epsilon + 2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\varphi\left(\frac{2}{3}R\right)}{\varphi_0} &= \frac{1}{\varphi_0} \left( \frac{kQ}{\epsilon R} (\epsilon - 1) + \frac{kQ}{\epsilon R} \cdot \frac{3}{2} \right) = \\ &= \frac{kQ}{\epsilon \varphi_0 R} \cdot \left( \epsilon + \frac{1}{2} \right) \end{aligned}$$





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!

$$\frac{\varphi\left(\frac{1}{3}R\right)}{\varphi\left(\frac{2}{3}R\right)} = \frac{\varphi\left(\frac{1}{3}R\right)}{\varphi\left(\frac{2}{3}R\right)} = \frac{8}{5} = \frac{\varepsilon+2}{\varepsilon+\frac{1}{2}}$$

из теории

↑  
из графика

$$\Rightarrow 8\varepsilon + 4 = 5\varepsilon + 10$$

$$3\varepsilon = 6 \Rightarrow \varepsilon = 2$$

Ответ: 1)  $\varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = \frac{kQ}{\varepsilon R} \left(\varepsilon + \frac{1}{3}\right) =$   
 $= \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} \left(\varepsilon + \frac{1}{3}\right)$

2)  $\varepsilon = 2$





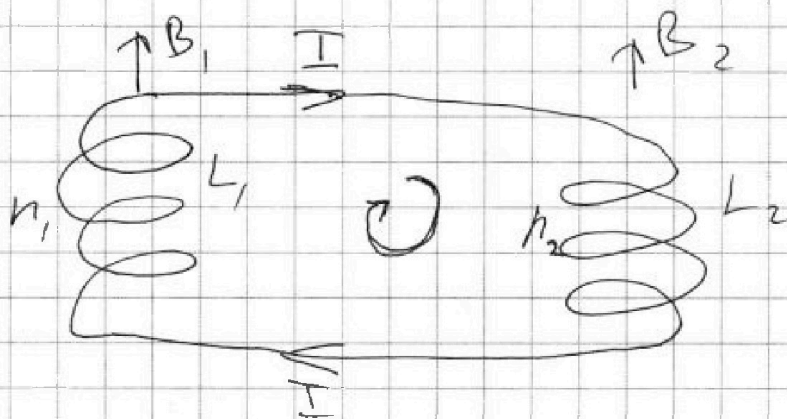
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

1) Пусть в 1 катушке поле  $B_1$ , а во второй  $B_2$ .



Взаимоиндукцией катушек пренебрегаем, т.к. они расположены сл. далеко друг от друга.

Выведем обход контура вдоль тока (см. рисунок). Тогда поле  $B_1$  и  $B_2$  создают ЭДС индукции. По закону Фарадея:

$$\mathcal{E}_{in} = n_1 \frac{dB_1 S}{dt} + n_2 \frac{dB_2 S}{dt}$$

По 2-му закону Вирхера

$$\mathcal{E}_{in} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$



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!

Предположим  $\frac{dB_1}{dt} = -\alpha$ ,  $\frac{dB_2}{dt} = 0$

$$\Rightarrow -n_1 \alpha S = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$\Rightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{n_1 \alpha S}{L_1 + L_2} = \frac{\alpha n S}{10L}$$

2) Мы найдем, что

$$n_1 S \frac{dB_1}{dt} + n_2 S \frac{dB_2}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

Продифференцируем это по времени:

$$n_1 S \Delta B_1 + n_2 S \Delta B_2 = (L_1 + L_2) \Delta I$$

$$\Delta B_1 = \frac{1}{3} B_0, \Delta B_2 = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{12}\right) B_0 = \frac{5}{12} B_0$$

P.S. изменения рассматриваем по модулю, т.к. они одного знака.

$$\Delta I = \frac{n S \cdot \frac{1}{3} B_0 + 3n S \cdot \frac{5}{12} B_0}{10L}$$

$$\Delta I = \frac{13}{120} \frac{n S B_0}{L}$$

Ответ: 1)  $\frac{dI}{dt} = \frac{\alpha n S}{10L}$

2)  $\Delta I = \frac{13}{120} \frac{n S B_0}{L}$



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.

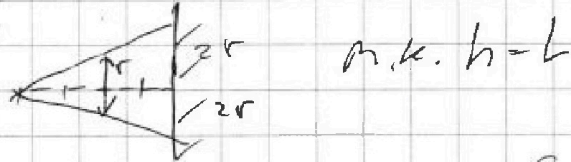


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 5

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

1) Заметим, что непересекающиеся лучи освещают всю область <sup>зеркала</sup> отдаленную на  $x \geq 2r$  от  $\Gamma O O$ :

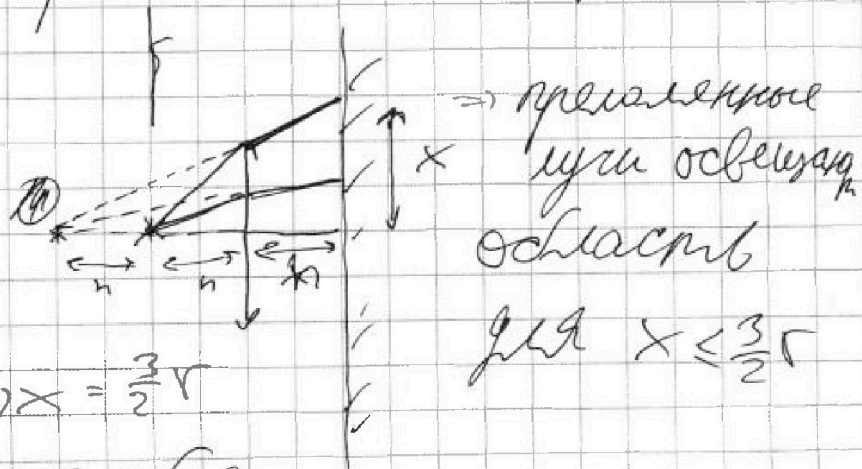


Теперь найдем положение изображения в линзе через ф.т.л.:

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F} \quad \begin{matrix} d = 2h \\ \uparrow \end{matrix}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{h} = \frac{1}{2h} - \frac{1}{h} = -\frac{1}{2h}$$

$\Rightarrow$  в эту точку сходится продолжение всех преломленных лучей:



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

это луч подходит.

для  $x \leq \frac{3}{2}r$





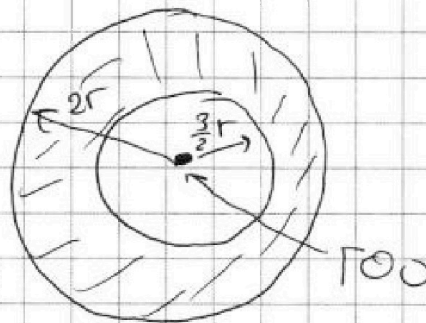
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 5

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

→ Если бы вместо зеркала стоял экран, то вместо мы бы увидели след. картину:

Зашифровано -  
всая часть  
не освещена

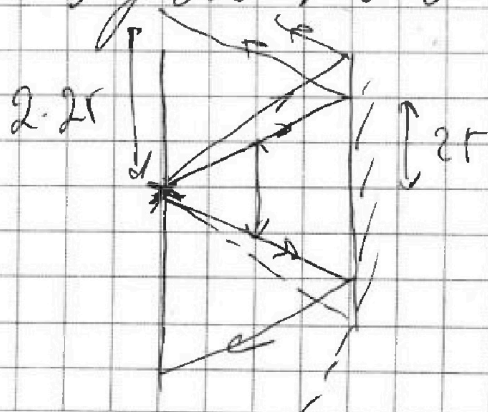


В площадь  $S_1 = \pi \cdot (2r)^2 - \pi \cdot \left(\frac{3}{2}r\right)^2$

$\Rightarrow S_1 = \pi \left(4 - \frac{9}{4}\right)r^2 = \frac{7}{4}\pi r^2 = 7\pi \text{ см}^2$

2) ~~Ограничение от линзы при~~  
~~исходит от~~

Рассмотрим непреломив-  
шаяся лучи после отражения:



Они освещают  
область при

$x \geq 2.2r$

$x \geq 4r$

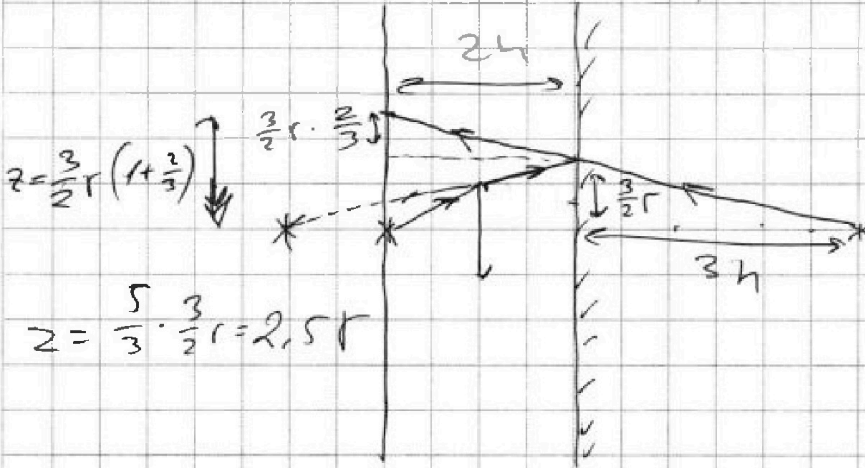


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 5

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



$\Rightarrow$  Эти лучи освещают область от  $\frac{5}{4}r = 1,25r$  до  $2,5r$

Найдем расстояние  $d$  точки, где фокусируются  $\Phi$  лучей преломившиеся лучи:

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

ф.в.л.

Границы освещенной эмити  
лучами области формируются  
в крайних лучах (один вдоль  $\Gamma\infty$ ,  
второй преломляется в краю линзы).



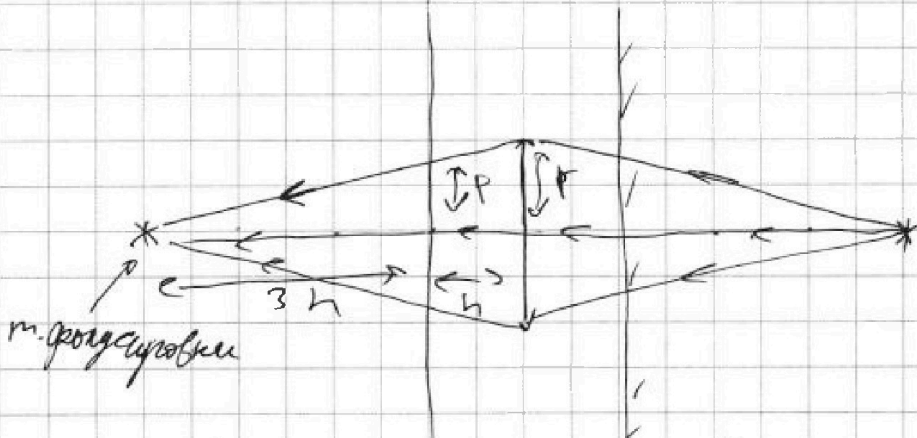


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
5 ИЗ 5

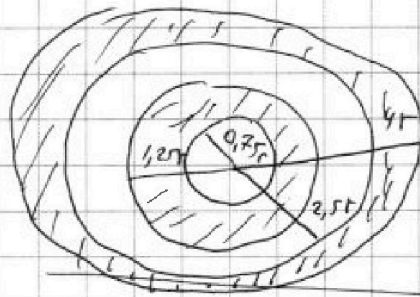
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{P}{r} = \frac{3h}{4h} \Rightarrow P = \frac{3}{4} M r = 0,75r \text{ из условия}$$

$\Rightarrow$  освещается часть  $x \in [0, 75r]$ .

Итого на экране появляются два темных кольца:



Их суммарная площадь равна

$$S_2 = (\pi \cdot (4r)^2 - \pi (2,5r)^2) + (\pi (1,25r)^2 - \pi (0,75r)^2)$$

$$S_2 = \pi (64 - 25 + 6,25 - 2,25) \text{ см}^2 =$$

Ответ:  $S_1 = 7\pi \text{ см}^2$

$$S_2 = 43\pi \text{ см}^2$$



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!

~~Упр) т.к. по определению  $F_{3z} = 5m a_z \cos \alpha, \quad -mg \cos \alpha, \quad 2$   
 $= 5mg \cdot \frac{8}{25} \cdot \frac{15}{17} - mg \cdot \frac{2}{17} \cdot \frac{7}{5}$~~

~~Заряд  $Q$  вне сферы радиуса  $r$  будет создавать такое же поле, которое до создания равномерно заряженной зарядом  $Q$  сфера радиуса  $Q$  ~~создавала~~, поэтому заменим этот шарик на ~~сфере~~ точечную сферу.~~

~~Тогда потенциал этой сферы равен  $\varphi(r) = \frac{kQ}{r}$~~

~~Теперь найдем ~~раз~~ потенциал на расстоянии  $l$ :  $r \leq l \leq R$  от центра.~~

~~$\varphi(l) - \varphi(r) = - \int_r^l E(l) dl$~~

~~$E(l) = \frac{kQ}{\epsilon l^2}$  (в  $\epsilon$  раз меньше, чем в вакууме).~~

~~$\Rightarrow \varphi(l) - \varphi(r) = - \frac{kQ}{\epsilon} \int_r^l \frac{dl}{l^2} = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{l} \right)$~~

~~$\varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = \varphi(r) - \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{4}{3R} \right)$~~





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

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА    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!

$$\varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = \frac{1}{4\pi R^2} \cdot \frac{Q}{\frac{3}{4}R} = \frac{Q}{3\pi R^2}$$

$$\begin{array}{r|l} 11532 & 2 \\ -5266 & 2 \\ \hline 2883 & 3 \\ -961 & \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 961 \overline{)17} \\ -25 \phantom{0} \\ \hline 111 \phantom{0} \\ -111 \phantom{0} \\ \hline 0 \phantom{0} \end{array}$$

2)  ~~$\varphi(r) = \varphi(R) = \frac{kQ}{r}$~~

Из условия следует, что  $r < \frac{R}{3}$ ,  
поэтому для  ~~$\varphi$~~   $\frac{\varphi}{\varphi_0}(x) = \frac{\varphi(r)}{\varphi_0}$ , где  $l=x$ .

$$\varphi(r) = \frac{Q}{4\pi R^2} \cdot \frac{1}{r}$$

$$\Rightarrow \frac{\varphi}{\varphi_0}(x) = \frac{kQ}{\varepsilon\varphi_0} \cdot \frac{1}{x}$$

$$\begin{array}{r} -17 \\ -17 \\ \hline 119 \\ \hline 236 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \hline 6 \\ \hline 102 \\ \hline 17 \\ -7 \\ \hline 119 \end{array}$$

$$\frac{d\frac{\varphi}{\varphi_0}}{dx} = -\frac{kQ}{\varepsilon\varphi_0} \cdot \frac{1}{x^2}$$

$$12 \cdot 289 - 25 \cdot 600 = ?$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ \hline 12 \\ + 578 \\ \hline 289 \\ \hline 3468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 600 \\ -25 \\ \hline 600 \\ \hline 15000 \end{array}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{3}{4} = \frac{4+9}{12} = \frac{13}{12}$$

$$\begin{array}{r|l} 11532 & 17 \\ -102 & \\ \hline 1332 & 6 \\ -119 & \\ \hline 142 & \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ 25 \\ \hline 1475 \\ + 578 \\ \hline 7225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ -15 \\ \hline 75 \\ + 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15000 \\ -3468 \\ \hline 11532 \\ \hline 25 \cdot 12^2 \end{array}$$

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



1  2  3  4  5  6  7

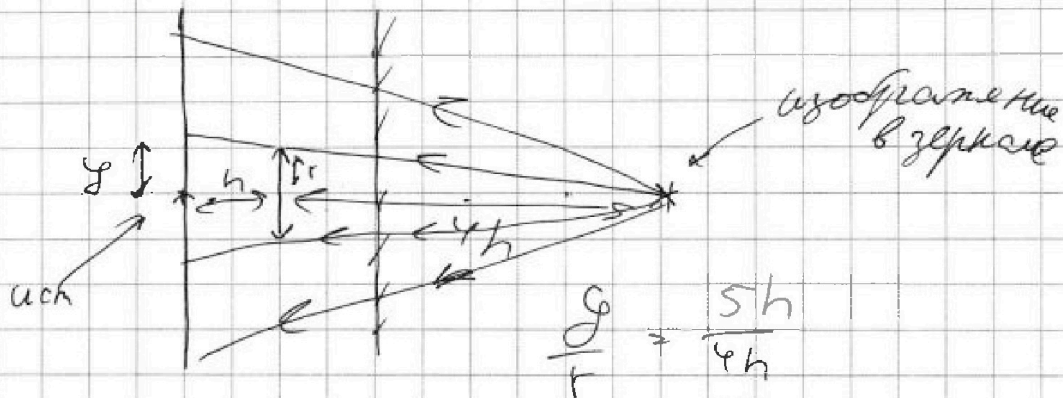
СТРАНИЦА  
3 из 5

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

Теперь рассмотрим преломившиеся лучи. Их продолжения пересекаются в изображении в зеркале изображения источника в линзе.

Изображение в линзе находится на расстоянии  $2h + l = 3h$  от ~~ли~~ зеркала, поэтому изображение в зеркале находится на расстоянии  $l + 3h = 4h$  от линзы.

После отражения эти лучи <sup>линзы</sup> могут не преломиться, такие лучи рассмотрены.



$$\frac{g}{r} = \frac{5h}{4h}$$

$\Rightarrow$  Эти лучи освещают  $\Rightarrow g = \frac{5}{4} h r$

область от  $x = \frac{5}{4} h r$ . Но они не освещают все пространство  $x \geq \frac{5}{4} h r$ . Для поиска границы рассмотрены крайний луч: (преломившийся)