



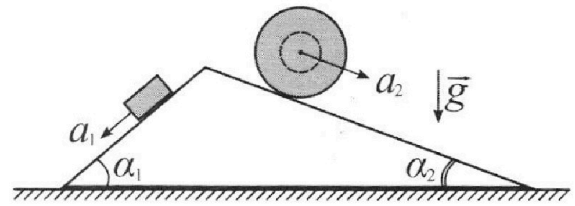
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

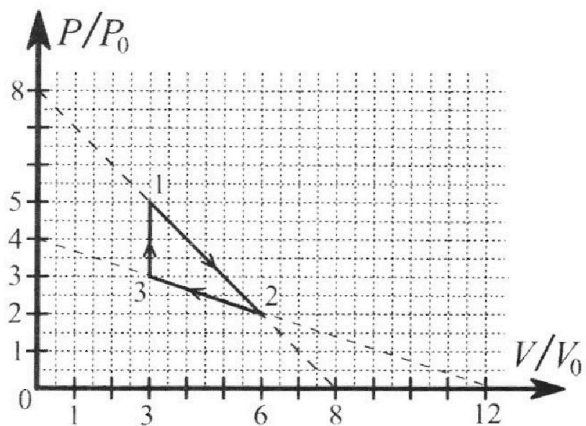


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

К 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.

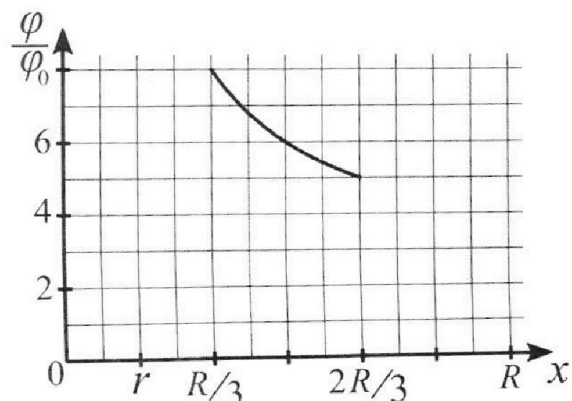
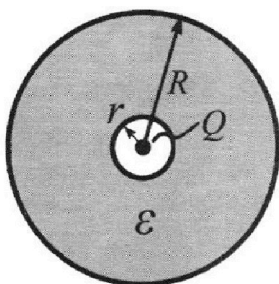
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





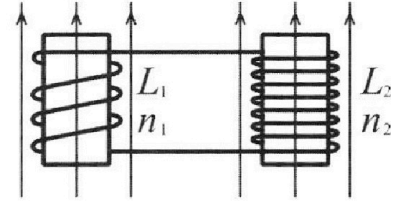
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

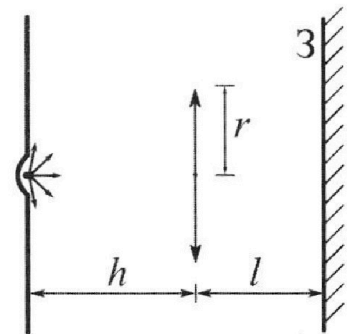


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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  $[см^2]$  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  
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!

$$= 64 \text{ mg} \left( \frac{289 - 15 \cdot 85}{289 \cdot 825} \right) =$$

$$= 64 \text{ mg} \left( \frac{289 - 2475}{289 \cdot 825} \right) = -64 \text{ mg} \cdot \frac{2186}{289 \cdot 825} =$$

$$= -\frac{139904}{238425} \text{ mg}$$

$\begin{array}{r} 109312 \\ -10216 \\ \hline 716 \\ +2186 \\ \hline 2902 \\ -64 \\ \hline 2838 \\ +8744 \\ \hline 11682 \\ +13116 \\ \hline 24798 \end{array}$	$\begin{array}{r} 17 \\ -17 \\ \hline 0 \\ +289 \\ \hline 289 \\ +825 \\ \hline 1114 \end{array}$	$\begin{array}{r} 85 \\ -85 \\ \hline 0 \\ +425 \\ \hline 425 \\ +4025 \\ \hline 4450 \\ +2475 \\ \hline 6925 \\ -289 \\ \hline 6636 \\ +2186 \\ \hline 8822 \end{array}$
--	---	---

$F_3 < 0, \Rightarrow$  на самом деле она ~~на~~ направлена в противоположную сторону.

Ответ:  $F_1 = \frac{16}{85} \text{ mg}$

$$F_2 = \frac{64}{85} \text{ mg}$$

$$F_3 = \frac{64 \cdot 2186}{289 \cdot 825} \text{ mg} = \frac{139904}{238425} \text{ mg}$$



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 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.

$$m$$

$$a_1 = \frac{7g}{17}$$

5m

$$a_2 = \frac{8g}{25}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$$

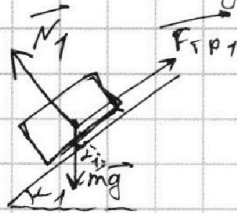
$$\cos \alpha_2 = \frac{15}{17}$$

$$F_1 = ?$$

$$F_2 = ?$$

$$F_3 = ?$$

1) Рассмотрим движение бруска:



$N_1 = mg \cos \alpha_1$  - сила нормальной реакции опоры

$F_{тр1} = F_1 = N_1 \mu$  - сила трения скольжения

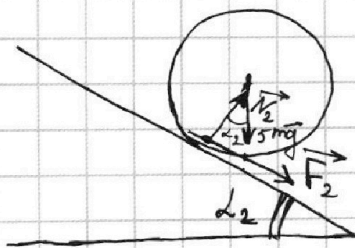
Запишем 2-ой закон Ньютона в проекции на наклонную ось // наклонной плоскости:

$$\frac{mg \sin \alpha_1 - F_1}{m} = a_1,$$

$$\frac{3}{5} mg - F_1 = \frac{7}{17} mg, \Rightarrow F_1 = \left( \frac{3}{5} - \frac{7}{17} \right) mg =$$

$$= \frac{51 - 35}{85} mg = \frac{16}{85} mg.$$

2) Рассмотрим движение шара:



Проскальзывающий, по условию, нет,  $\Rightarrow$  сила трения покоя

$F_2$ , действующая на шар, направлена против направления возможного проскальзывания, т.е. вдоль плоскости вниз (см. рис.)



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!

Запишем ~~теорему~~ теорему о движении центра масс для шара в проекции на ось // наклонной плоскости:

$$5mg \sin \alpha_2 + F_2 = 5ma_2,$$

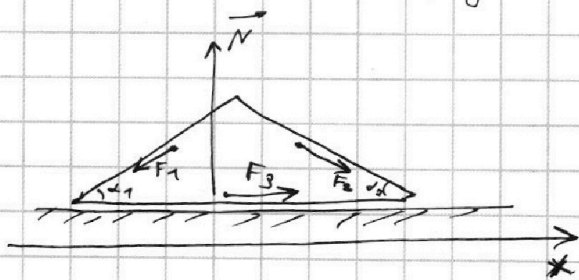
$$\begin{array}{r} +25 \\ 175 \\ \hline 25 \\ \hline 425 \end{array} \quad \begin{array}{r} 175 \\ 25 \\ \hline 425 \end{array}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= 5m \cdot \frac{8g}{25} - 5mg \cdot \frac{8}{17} = 5mg \left( \frac{8}{25} - \frac{8}{17} \right) = \\ &= 5mg \cdot \frac{8 \cdot (17 - 25)}{425} = mg \cdot \frac{8 \cdot (-8)}{85} = -\frac{64}{85} mg \end{aligned}$$

$F_2 < 0$ ,  $\Rightarrow$  наши рассуждения о направлении  $F_2$  не верны и на ~~самом~~ самом деле  $F_2$  направлена в другую сторону (причина - наши силы трения качения, про которую забыли упомянуть)

$$|F_2| = \frac{64}{85} mg$$

3) Расставим силы, действующие на клин:



Введем ось  $x$  (см. рис.)

~~и~~ и запишем условие равновесия в проекции на эту ось:

$$F_3 + F_2 \cos \alpha_2 = F_1 \cos \alpha_1,$$

$$F_3 = \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{64}{85} mg \cdot \frac{15}{17},$$

$$F_3 = mg \left( \frac{16}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{64 \cdot 3}{17 \cdot 17} \right) = 64 mg \left( \frac{1}{85 \cdot 5} - \frac{3}{17^2} \right) =$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 4

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

Тогда ответим на второй вопрос задачи:

$$\frac{T_{12, \text{max}}}{T_2} = \frac{4V_0 \cdot 4P_0}{6V_0 \cdot 2P_0} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

4) ~~Первое~~ <sup>Первое</sup> начало проводимости для процесса 3-1:  $(U_{31}$  найдем в п.1)

$$Q_{31} = U_{31} + \cancel{A_{31}} = 9P_0 V_0$$

подведенное тепло

На участке 1-2 тепло подводится до тех пор, пока осуществляется переход на более высокие адабаты. Найдем точку касания адиабаты  $PV^\gamma = \text{const}$ , где для одноатомного газа  $\gamma = \frac{5}{3}$ .

$$\begin{cases} P = 8P_0 - V \frac{P_0}{V_0} \\ P = \text{const} \cdot V^{-\gamma} \end{cases}$$

$$\left( \text{const} \cdot V^{-\gamma} \right)'_V = \left( 8P_0 - V \frac{P_0}{V_0} \right)'_V \Rightarrow \text{const} \cdot (-\gamma) \cdot V^{-\gamma-1} = -\frac{P_0}{V_0}$$

$$\text{const} \cdot V^{-\gamma} = \frac{P_0}{\gamma V_0} V \Rightarrow$$

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

$$P_0 V = 8\gamma P_0 V_0 - \gamma P_0 V$$

$$V = 8 \cdot \frac{5}{3} V_0 - \frac{5}{3} V$$

$$\frac{8}{3} V = \frac{8 \cdot 5}{3} V_0 \Rightarrow V = 5V_0$$

До этой точки подводится тепло

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



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 4

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

Запишем первое начало термодинамики для процесса 1-2 до точки  $V = 5V_0$ :

$$Q_{12} = U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (3P_0 \cdot 5V_0 - 3V_0 \cdot 5P_0) + \frac{5P_0 + 3P_0}{2} \cdot$$

$$\cdot (5V_0 - 3V_0) = \frac{3}{2} \cdot 0 + 4P_0 \cdot 2V_0 = 8P_0V_0$$

подведённая теплота.

Выведем уравнение процесса 2-3:

$$\frac{P}{4P_0} + \frac{V}{12V_0} = 1, \Rightarrow P(V) = 4P_0 - V \cdot \frac{P_0}{3V_0}$$

аналогичным образом найдём точку касания с адiabатой:

$$P = \text{const} \cdot V^{-\gamma}$$

$$P = 4P_0 - V \cdot \frac{P_0}{3V_0}$$

$$\left( \text{const} \cdot V^{-\gamma} \right)'_V = \left( 4P_0 - V \frac{P_0}{3V_0} \right)'_V, \Rightarrow -\gamma \cdot V^{-\gamma-1} \cdot \text{const} = -\frac{P_0}{3V_0},$$

$$\text{const} \cdot V^{-\gamma} = \frac{P_0}{3\gamma V_0} V, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \text{const} \cdot V^{-\gamma} = \frac{P_0}{3\gamma V_0} V,$$

$$\frac{P_0 V}{3\gamma V_0} = 4P_0 - V \frac{P_0}{3V_0},$$

$$V = 12\gamma V_0 - \gamma V,$$

$$\frac{8}{3} V = 12 \cdot \frac{5}{3} V_0, \Rightarrow V = \frac{60}{8} V_0,$$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 4

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

N2.

$\frac{U_{31}}{A} = ?$  1) Найдём работу газа  $A$  за цикл, как площадь внутри цикла на  $P$ - $V$  диаграмме:

$\frac{T_{12, \text{max}}}{T_2} = ?$   $A = \frac{1}{2} \cdot (5P_0 - 3P_0) \cdot (6V_0 - 3V_0) = 3P_0V_0$

$\eta = ?$  2)  $U_{31} = \frac{3}{2} (-3V_0 \cdot 3P_0 + 5P_0 \cdot 3V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6P_0V_0 =$   
 $= 9P_0V_0$  - приращение внутр. энергии на участке 3-1.

$$\frac{U_{31}}{A} = \frac{9P_0V_0}{3P_0V_0} = 3.$$

3) Процесс 1-2 - прямая, заданная уравнением

$$\frac{P}{8P_0} + \frac{V}{8V_0} = 1, \Rightarrow P(V) = 8P_0 - V \frac{P_0}{V_0}$$

Найдём точку с наибольшей температурой. Для неё справедливо  $P(V) \cdot V \rightarrow \text{MAX}, \Rightarrow$

$$\Rightarrow -\frac{P_0}{V_0} V^2 + 8P_0 V \rightarrow \text{MAX}$$

парабола с ветвями вниз, максимум, которой достигается при  $V = \frac{-8P_0}{-2P_0} V_0 = 4V_0.$

$4V_0 \in [3V_0; 6V_0], \Rightarrow$  эта точка лежит на участке 1-2 цикла.





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 4

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

Но  $\frac{60}{8} V_0 > 6 V_0, \Rightarrow$  касание данной прямой с квадратом происходит в точке правее процесса 2-3,  $\Rightarrow$  в силу направления процесса 2-3 на нём всё время происходит переход на нижележащие квадраты,  $\Rightarrow$  поворота Гельмгольца нет  $Q_{23} = 0$ .

Теперь найдём ~~кд~~ цикла:

$$\eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} = \frac{3P_0 V_0}{8P_0 V_0 + 0 + 9P_0 V_0} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) ~~3~~  $\frac{4_{31}}{A} = 3$

2)  $\frac{T_{12, \text{MAX}}}{T_2} = \frac{4}{3}$

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 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!

N3.

$\epsilon$   
 $r, R$

$Q$

$\varphi_x = ?$

$\epsilon = ?$

Т.к. снаружи диэлектрика поле такое же, как от точечного заряда, то  
1) Потенциал на расстоянии  $R$  от заряда

$Q$  равен  $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$ . Внутри диэлектрика поле заряда уменьшается в  $\epsilon$  раз,  $\Rightarrow$

~~$\Rightarrow$~~   $\Rightarrow$  при  $x = \frac{3R}{4}$  потенциал

будет равен  ~~$\varphi_x = \varphi_1 + \int \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx =$~~

~~$$\frac{kQ}{\epsilon} - \frac{kQ}{\epsilon} \left( -x^{-1} \right) \Big|_{\frac{3R}{4}}^R = kQ \frac{1}{R}$$~~

$$\varphi_x = \varphi_1 + \int_{\frac{3R}{4}}^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( -x^{-1} \right) \Big|_{\frac{3R}{4}}^R =$$

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

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

2) Аналогичным образом найдём потенциал

при  $x = \frac{2R}{3}$ :

$$\varphi_1 + \int_{\frac{2R}{3}}^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( -x^{-1} \right) \Big|_{\frac{2R}{3}}^R = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \cdot$$

$$\cdot \left( -\frac{1}{R} + \frac{3}{2R} \right) = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \cdot \left( -1 + \frac{3}{2} \right) \right) =$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 2

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

$$= \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{2} \right) = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{2\epsilon} \right) = \frac{5\phi_0}{\phantom{R}}$$

эту информацию  
взяли из графика

И потенциал при  $x = \frac{R}{3}$ :

$$\phi_1 + \int_{\frac{R}{3}}^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \cdot (-x^{-1}) \Big|_{\frac{R}{3}}^R =$$

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

$$= \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{2}{\epsilon} \right) = 8\phi_0 ;$$

Получим следующее:

$$\begin{cases} 5\phi_0 = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{2\epsilon} \right) \\ 8\phi_0 = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{2}{\epsilon} \right) \end{cases} \Rightarrow \frac{5}{8} = \frac{1 + \frac{1}{2\epsilon}}{1 + \frac{2}{\epsilon}}$$

$$5 + \frac{10}{\epsilon} = 8 + \frac{4}{\epsilon},$$

$$\frac{6}{\epsilon} = 3, \Rightarrow \epsilon = \frac{6}{3} = 2.$$

Ответ: 1)  $\phi_x = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{3\epsilon} \right)$

2)  $\epsilon = 2$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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.

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 9L$$

$$h_1 = h$$

$$h_2 = 3h$$

$$I > 0, \downarrow$$

$$\beta = ?$$

$$I_k = ?$$

1) Поток через сверхпроводящий контур не меняется (следствие закона Фарадея)

2) катушки достаточно далеко,  $\Rightarrow$  ~~самостоятельно~~ взаимной индукцией пренебрегаем.

3) Ответим на 1-ый вопрос задачи.

Пусть  $B_1$  - поле через первую катушку,  $B_2$  - через вторую, тогда

$$\Phi = B_1 h_1 S + B_2 h_2 S + I L_1 \beta + I L_2 \beta = \text{const}$$

Продифференцируем  $\Phi$  по времени,

учитывая, что  $B_2$  не меняется:

$$\dot{\Phi} = \dot{B}_1 h_1 S + I (L_1 \dot{\beta} + L_2 \dot{\beta}) = 0,$$

$$-2 h_1 S + \beta (L_1 + L_2) = 0,$$

$$\beta = \frac{-2 h_1 S}{L_1 + L_2} = \frac{-2 \cdot h S}{L + 9L} = \frac{-2 h S}{10L}$$

Мы решали в предположении, что ток течёт вверх по катушке  $L_1$  (видно из выражения для  $\Phi$ ),  $\beta < 0, \Rightarrow$  ток течёт вниз по катушке  $L_1$ . Меняется ток



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!

будет со скоростью  $v$ .

4) снова запишем сохранение потока через верх проводящий контур:

$$B_0 n_1 S + \frac{B_0}{3} n_2 S = \frac{2B_0}{3} n_1 S + \frac{B_0}{12} n_2 S + I_k (L_1 - L_2),$$

$$B_0 n S + B_0 n S = \frac{2B_0 n S}{3} + \frac{B_0 n S}{4} + I_k (L_1 - L_2),$$

$$I_k (L_1 - L_2) = B_0 n S \left( 2 - \frac{2}{3} - \frac{1}{4} \right),$$

$$-8 I_k L = B_0 n S \frac{24 - 8 - 3}{12} = B_0 n S \cdot \frac{13}{12},$$

$$I_k = -\frac{13 B_0 n S}{12 \cdot 8 L} = -\frac{13 B_0 n S}{96 L} \quad \text{— ток к концу изменения внешних полей}$$

$I_k < 0, \Rightarrow$  на самом деле ток в катушке  $L_1$  будет течь сверху вниз.

Ответ: 1)  $|v| = \frac{L n}{8 L}$

2)  $|I_k| = \frac{13 B_0 n S}{96 L}$

(В обоих случаях ток течёт сверху вниз в первой катушке и снизу вверх во второй.)



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!

N5.

$h$

$F = 2h$

$\Gamma = 2 \text{ см}$

$l = h$

$S_3 = ?$

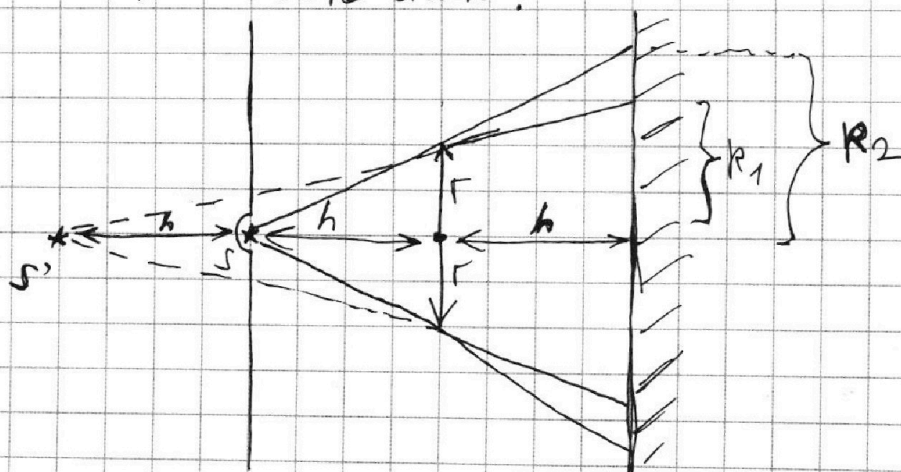
$S_\alpha = ?$

1) Из формулы тонкой линзы найдем расстояние  $x$  от линзы до изображения источника:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{x}, \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{F} - \frac{1}{h},$$

$$x = \frac{Fh}{h-F} = \frac{2h^2}{h-2h} = -2h$$

$x < 0, \Rightarrow$  изображение с той же стороны, что и источник.



Свет, проходящий через линзу будет падать на зеркало как свет от  $S'$ ,  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  этот свет создаст на зеркале круг радиусом  $R_1$ .  $\frac{R_1}{\Gamma} = \frac{3h}{2h}, \Rightarrow R_1 = \frac{3}{2} \Gamma = 3 \text{ (см)}$

Свет, не идущий через линзу, засветит все зеркало кроме круга радиусом  $R_2$ .



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 3

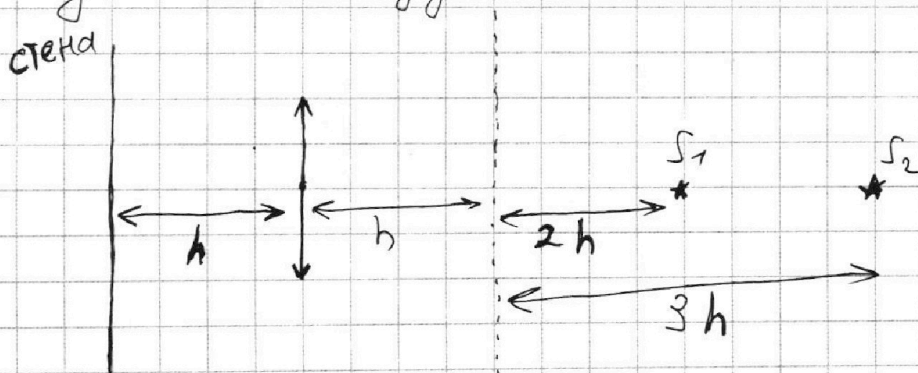
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{R_2}{F} = \frac{2h}{h}, \Rightarrow R_2 = 2F = 4(\text{см})$$

$$S_3 = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi(16 - 9) = 7\pi (\text{см}^2)$$

площадь неосвещенной части зеркала.

2) Отразившись от зеркала, свет падает на стену, как от следующей системы:



Найдём расстояния от линзы до изображений источников  $S_1$  и  $S_2$ :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{3h}, \Rightarrow x_1 = \frac{3hF}{3h - F} = \frac{6h^2}{h} = 6h$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x_2} + \frac{1}{4h}, \Rightarrow x_2 = \frac{4hF}{4h - F} = \frac{8h^2}{2h} = 4h$$

П.к.  $6h > 4h$ ,  $\Rightarrow$  Свет, направленный на линзу преломится и зацветит на стене круг, радиусом  $R_1$ . Так, что крайние лучи собираются в точке на расстоянии  $6h$  от линзы.

