



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

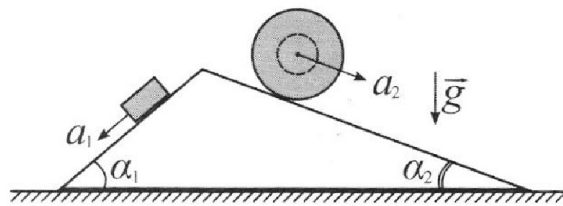
Вариант 11-02

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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$).

Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

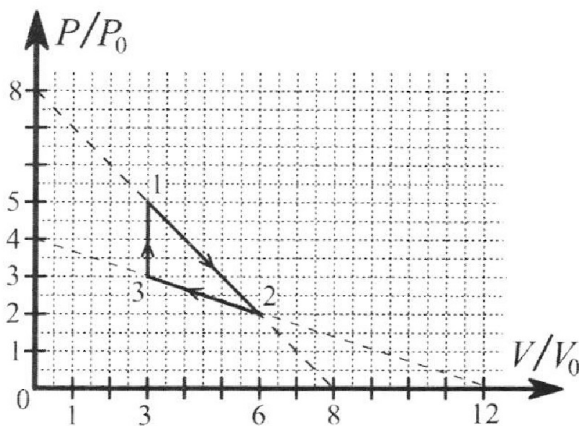


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

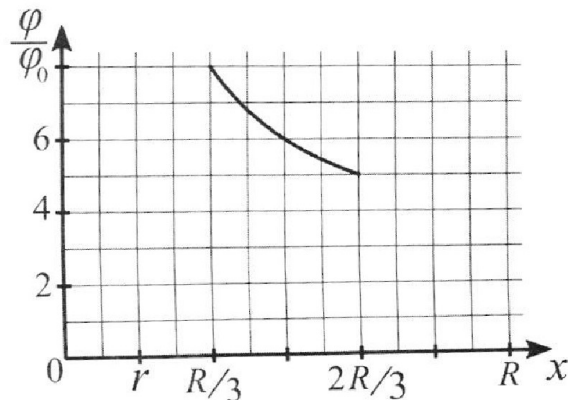
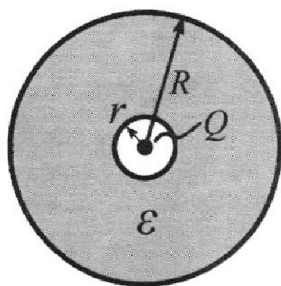


Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ε и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.).

Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными r , R , Q , ε , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ε .





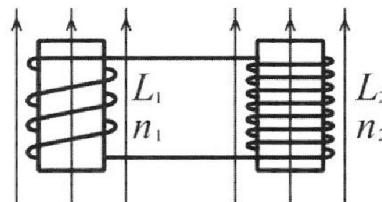
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

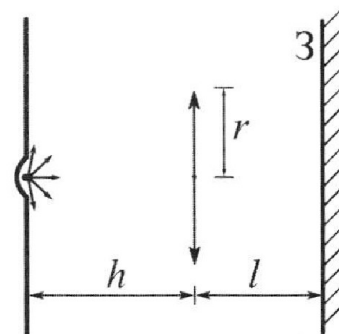


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки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



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в $[см^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - 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!

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

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

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

$$\begin{array}{r} 109312 \\ 1026 \\ \hline 73 \\ 2186 \\ 64 \\ \hline 8744 \\ 13116 \\ \hline 139904 \\ 289 \\ \hline 7445 \\ 578 \\ \hline 2312 \\ 238425 \end{array} \quad \begin{array}{r} 17 \\ 17 \\ \hline 179 \\ 12 \\ \hline 289 \\ 825 \\ \hline 2475 \\ 3 \\ \hline 2475 \\ 289 \\ \hline 218612 \\ 1093 \end{array}$$

$F_3 < 0, \Rightarrow$ 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!

N1.

$$m$$

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

5m

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

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

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

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

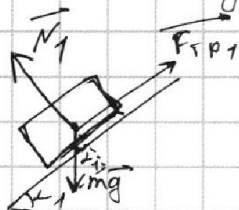
$$\cos \alpha_2 = \frac{15}{17}$$

$$F_1 = ?$$

$$F_2 = ?$$

$$F_3 = ?$$

1) Рассмотрим движение бруска:



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

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

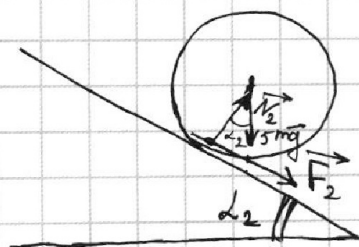
Запишем 2-ой закон Ньютона в
проекции на наклонную ось // наклонной
поверхности:

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

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

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

2) Рассмотрим движение шара:



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

$\vec{F}_2$, действующая на
шар, направлена против
направления возможного проскальзы-
вания, т.е. вдоль поверхности вниз (см. рис.)



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!

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

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

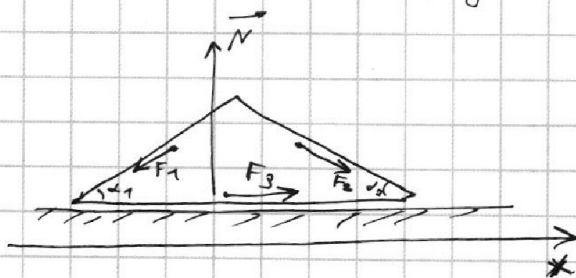
$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 17 \\ \hline 175 \\ 25 \\ \hline 425 \end{array}$$

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

$F_2 < 0, \Rightarrow$ наши рассуждения о направлении не верны и на ~~самом~~ самом деле F_2 направлена в другую сторону (причина - наличие 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:

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

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

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



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} ~~начало~~ начало приподняшки для процесса 3-1: $(U_{31} \text{ найдем в п.1})$

$$Q_{31} = U_{31} + \cancel{A_{31}} = 9P_0V_0$$

— подводённое тепло

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

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

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

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

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

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

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

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

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 $V = 5V_0$:

$$Q_{12} = U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 3V_0 \cdot 5p_0) + \frac{5p_0 + 3p_0}{2} \cdot (5V_0 - 3V_0) = \frac{3}{2} \cdot 0 + 4p_0 \cdot 2V_0 = 8p_0V_0$$

подведённая теплота.

Выведем ур-ние 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 адиабатой:

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

$$p = 4p_0 - V \cdot \frac{p_0}{3V_0}$$

$$(\text{const} \cdot V^{-\gamma})'_V = (4p_0 - V \frac{p_0}{3V_0})'_V, \Rightarrow -\gamma \cdot V^{-\gamma-1} \cdot \text{const} = -\frac{p_0}{3V_0},$$

$$\text{const} \cdot V^{-\gamma} = \frac{p_0}{3\gamma V_0} V, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = \text{const} \cdot V^{-\gamma} = \frac{p_0}{3\gamma V_0} V,$$

$$\frac{p_0 V}{3\gamma V_0} = 4p_0 - V \frac{p_0}{3V_0},$$

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

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



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 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.

$$\frac{u_{31}}{A} = ?$$

$$\frac{T_{12, \text{MAX}}}{T_2} = ?$$

$$\eta = ?$$

1) Найдём работу газа A за цикл, как площадь внутри цикла на P - V диаграмме:

$$A = \frac{1}{2} \cdot (5P_0 - 3P_0) \cdot (6V_0 - 3V_0) = 3P_0V_0$$

$$2) u_{31} = \frac{3}{2} (-3V_0 \cdot 3P_0 + 5P_0 \cdot 3V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6P_0V_0 =$$

$$= 9P_0V_0 - \text{приращение внутр. энергии на участке 3-1.}$$

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

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 $P(V) \cdot V \rightarrow \text{MAX}, \Rightarrow$

$$\Rightarrow -\frac{P_0}{V_0} V^2 + 8P_0V \rightarrow \text{MAX}$$

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 адиабатой происходит в точке правее процесса 2-3, $\Rightarrow$ В силу направления процесса 2-3 на нём всё время происходит переход на нисходящую адиабату, $\Rightarrow$ подвода теплоты нет $Q_{23} = 0$.

Теперь найдём ~~кд~~ цикла:

$$\eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} = \frac{3 p_0 V_0}{8 p_0 V_0 + 0 + 9 p_0 V_0} = \frac{3}{17}$$

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

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

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.

ϵ

r, R

Q

$\phi_x = ?$

$\epsilon = ?$

Т.к. снаружи диэлектрика поле такое же, как от точечного заряда, то

1) Потенциал на расстоянии R от заряда Q равен $\phi_1 = k \frac{Q}{R}$. Внутри диэлектрика поле заряда уменьшается в ϵ раз, $\Rightarrow$

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

будет равен ~~$\phi_x = \phi_1 + \int \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx =$~~

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

$$\begin{aligned} \phi_x &= \phi_1 + \int_{\frac{3R}{4}}^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(-x^{-1} \right) \Big|_{\frac{3R}{4}}^R = \\ &= \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(-\frac{1}{R} + \frac{4}{3R} \right) = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{\epsilon} \left(-1 + \frac{4}{3} \right) \right) = \\ &= \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{3} \right) = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{3\epsilon} \right) \end{aligned}$$

2) Аналогичным образом найдём потенциал при $x = \frac{2R}{3}$:

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



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.



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!

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

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!

N4.

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 9L$$

$$h_1 = h$$

$$h_2 = 3h$$

$$I > 0, \quad S$$

$$\beta = ?$$

$$I_k = ?$$

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 Φ по времени,

учитывая, что B_2 не меняется:

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

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

$$\beta = \frac{-2 h_1 S}{L_2 - L_1} = \frac{-2 \cdot h S}{9L - L} = \frac{-2 S h}{8L}$$

Мы решили в предположении, что ток течёт вверх по катушке L_1 (видно из выражения для Φ), $\beta < 0, \Rightarrow$ ток течёт вниз по катушке L_1 . Меняться тек



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.



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) $|B| = \frac{2 \mu n}{8 L}$

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

$F = 2h$

$\Gamma = 2 \text{ см}$

$\ell = h$

$S_3 = ?$

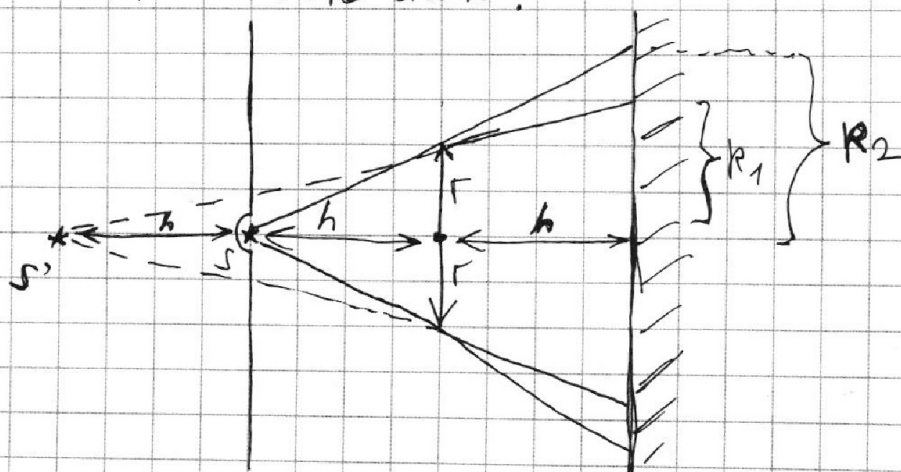
$S_\alpha = ?$

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 всё 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

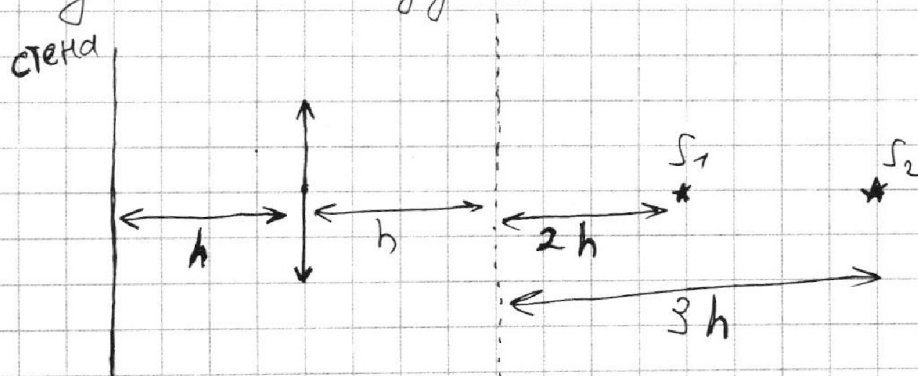
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

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

площадь освещённой 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 засветит на стене круг, радиусом R_1 так, что крайние лучи собираются в точке на расстоянии $6h$ от линзы.



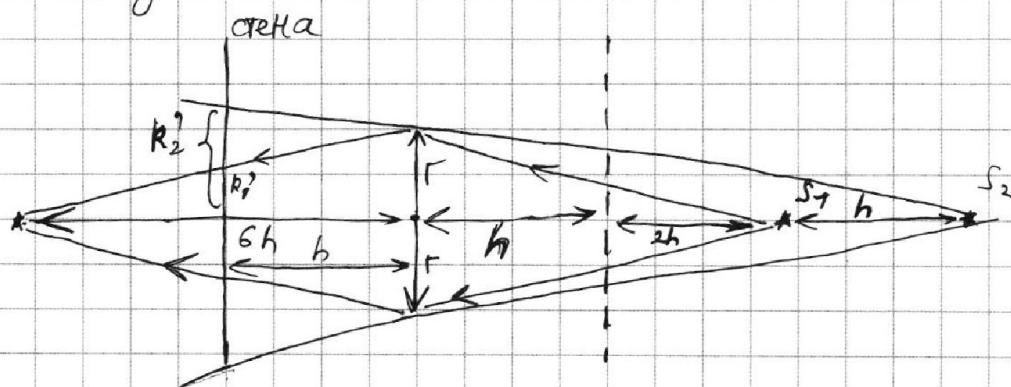
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

П.к. S_2 находится дальше от линзы, чем S_1 , то именно его крайние лучи, не попадающие на линзу, определяют радиус R_2' круга, не освещённого лучами, проходящими мимо линзы.



Запишем нужные подобия треугольников:

$$\frac{R_1'}{6h-h} = \frac{r}{6h} \Rightarrow R_1' = r \cdot \frac{5}{6} = \frac{5}{3} \text{ (см)}$$

$$\frac{R_2'}{h+h+3h} = \frac{r}{h+3h} \Rightarrow R_2' = r \cdot \frac{5}{4} = \frac{5}{2} \text{ (см)}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{ст}} &= \pi (R_2'^2 - R_1'^2) = \pi \left(\frac{25}{4} - \frac{25}{9} \right) = 25\pi \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \\ &= 25\pi \frac{9-4}{36} = \frac{125}{36} \pi \text{ (см}^2\text{)} - \text{площадь неосвещённой части стены.} \end{aligned}$$

Ответ: 1) $S_3 = 7\pi \text{ (см}^2\text{)}$

2) $S_{\text{ст}} = \frac{125}{36} \pi \text{ (см}^2\text{)}$