



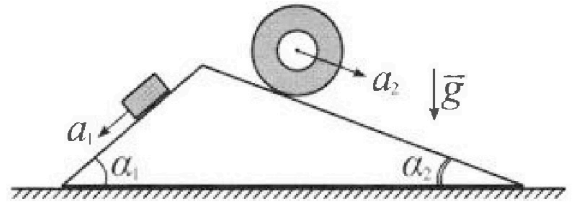
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 6g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $2m$  с ускорением  $a_2 = g/4$  (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  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). 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 цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

$$317 - 710 = \frac{17 \cdot 13}{107} = \frac{30 - 39}{65} = \frac{9}{65}$$

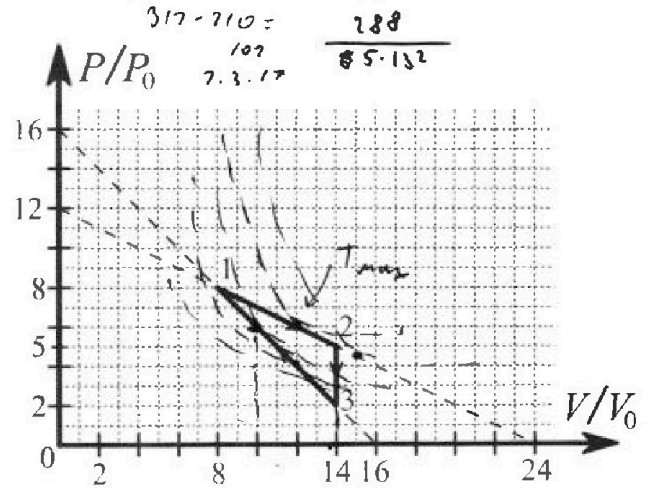
$$109 \cdot 5 = 317$$

$$500 + 350 - 5 = 850 - 5 = 845 = \frac{24}{65} = \frac{120}{159}$$

$$317 - 600$$

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.



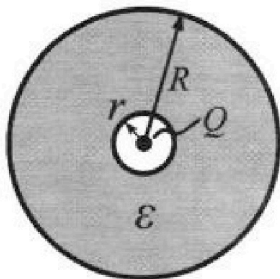
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $x = 5R/6$ .

2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .

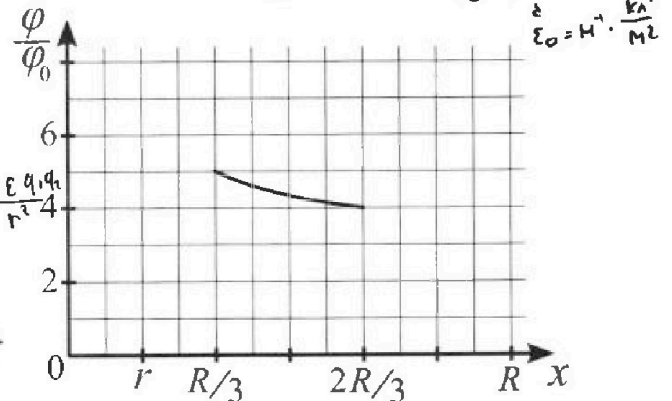


$$C = \frac{Q}{\epsilon}$$

$$\frac{kQ^2}{4\pi \epsilon_0 r^2} = \frac{m^2 \cdot c_0}{m^2}$$

$$F = \frac{k \cdot Q \cdot Q_2}{\epsilon r^2} = \frac{k \epsilon Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$





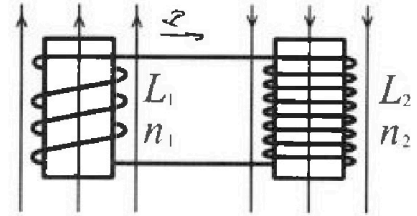
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

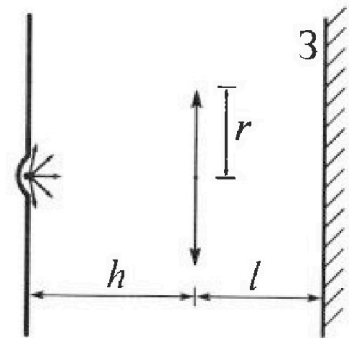
4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 16L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 4n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 возрастать 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  $B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $3B_0$  до  $9B_0/4$ , 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.

$$3 - \frac{9}{4} \quad n_2 - n_1 = \frac{1}{1} \quad \frac{9}{2} - \frac{2}{2} = \frac{7}{2}$$

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  $F = h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 5$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало  $Z$ . 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.

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = \Phi_4 = \dots$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{x} = \frac{1}{1}$$

$$r = \frac{10}{5} = 2 \quad \frac{1}{2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{x}$$

$$x = \frac{10}{5-1} = \frac{10}{4} = \frac{5}{2}$$

$$2r = 1 - \frac{9}{5} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{10}{5} \cdot \frac{1}{5} h = \frac{5}{5} h$$





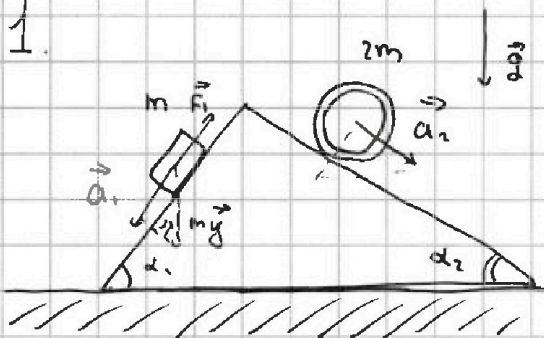
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.



Дано:

$$a_1 = g \cdot \frac{6}{13}; \quad a_2 = g \cdot \frac{1}{4}; \quad m; \quad 2m$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}; \quad \sin \alpha_2 = \frac{5}{13}; \quad g$$

Решение:

1)  $F_1 = ?$

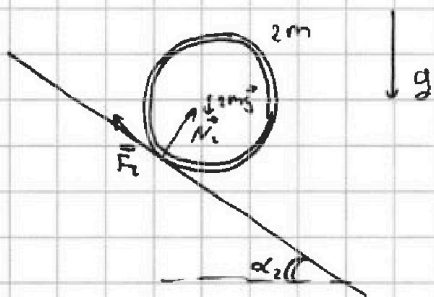
Запишем второй з. Ньютона для груза на скл II ~~и~~ поперёк или ~~к~~ скл:

$$\text{II: } ma_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_1$$

$$F_1 = m(g \cdot \sin \alpha_1 - a_1) = -mg \left( \frac{5}{13} - \frac{3}{5} \right) = \underline{\underline{mg \cdot \frac{9}{65}}}$$

2)  $F_2 = ?$

~~Угол наклона скл II не учитываем, так как скл I горизонтальный  $\Rightarrow$  он работает только (и только) пог действующей силе  $F_2$ .~~



Сила реакции опоры действует к центру, а сила тяжести симметрична от центра, следовательно ускорения угла  $\alpha_2$  лишь пог результирующей силе трения.

Перейдём в систему отсчёта центра масс груза. По условию прокатываем без скольжения  $\Rightarrow$  тангенциальное ускорение  $a_2$ , тогда по II з. Ньютона:

$$2ma_2 = F_2 \Rightarrow F_2 = \underline{\underline{mg \cdot \frac{1}{2}}}$$



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 2

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

3)  $F_3 = ?$

Теперь определим силу трения  $F_3$ , для этого сначала определим силы  $N_1$  и  $N_2$  нормальных реакций на брусок и удилище, для этого запишем II з. Ньютона в проекции на ось  $x$  поперек склона:

$$0 = mg \cdot \cos \alpha_1 - N_1 \Rightarrow N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 = mg \cdot \frac{4}{5}$$

$$0 = 2mg \cdot \cos \alpha_2 - N_2 \Rightarrow N_2 = 2mg \cdot \cos \alpha_2 = mg \cdot \frac{24}{13}$$

Тогда запишем все горизонтальные силы, действующие на клин:

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

$$0 = F_3 + mg \left( \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{1}{2} \cdot \frac{12}{13} - \frac{9}{25} \cdot \frac{4}{5} - \frac{24}{13} \cdot \frac{5}{13} \right)$$

$$0 = F_3 + mg \cdot \left( \frac{12}{25} + \frac{6}{13} - \frac{36}{315} - \frac{120}{169} \right)$$

$$0 = F_3 + mg \left( \frac{156}{315} - \frac{36}{315} - \frac{78}{169} - \frac{120}{169} \right)$$

$$0 = F_3 + mg \left( \frac{120}{315} - \frac{48}{169} \right) \Leftrightarrow 0 = F_3 + mg \left( \frac{16}{65} - \frac{48}{169} \right)$$

$$0 = F_3 - mg \cdot \frac{788}{845}$$

$\Leftrightarrow$

$$F_3 = mg \cdot \frac{788}{845}$$

Ответ: 1)  $F_1 = mg \cdot \frac{9}{25}$ ;

2)  $F_2 = mg \cdot \frac{1}{2}$ ;

3)  $F_3 = mg \cdot \frac{788}{845}$ .







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!

$$2. 1) d = \frac{|\Delta Q_{12}|}{A} = ?$$

По I началу термодинамики при переходе 1-2:

$$\Delta Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = p_0 V_0 \cdot \frac{8+5}{2} \cdot (14-8) + \frac{3}{2} (8p_0 V_0 - 70p_0 V_0) =$$

$$= p_0 V_0 \cdot (39 - 9) = 30 p_0 V_0; \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (8p_0 \cdot 8V_0 - 14V_0 \cdot 5p_0) =$$

$$= -9 p_0 V_0$$

Работа А в цикле равна разности  $\Delta Q_{12}$ :

$$A = p_0 V_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot (5-1) \cdot (14-8) = 9 p_0 V_0$$

$$d = \frac{|\Delta Q_{12}|}{A} = \frac{1-9 p_0 V_0}{9 p_0 V_0} = \frac{1}{9}$$

$$2) \beta = \frac{T_{max}}{T_3} = ?$$

По ур. Менделеева-Клапейрона в т. 3:  $p_0 \cdot 14 V_0 = 2 T_3 R$

$$T_3 = \frac{28 p_0 V_0}{2R} \quad \text{где } 2R - \text{число степеней свободы}$$

$T_{max}$  достигается при касании с изотермой!

$$1-2: \frac{p}{p_0} = 12 - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0}$$

$$\text{Изотерма: } \frac{p}{p_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{-1}$$

$$\frac{p}{p_0} \equiv y; \quad \frac{V}{V_0} \equiv x$$

$\lambda$  - множитель Лагранжа, связан с температурой

$$y = 12 - \frac{x}{2}$$

$$y = \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{x} = 12 - \frac{x}{2}$$

$$2 p_0 V_0 \lambda = 24x - x^2$$

$$x^2 - 24x + 2 p_0 V_0 \lambda = 0$$

$$D = 0 = 144 - 2 \lambda \Rightarrow \lambda = 72$$

$$x^2 - 24x + 144 = 0$$

$$x = \frac{V}{V_0} = 12 \Rightarrow y = \frac{p}{p_0} = 8$$

По ур. Менделеева-Клапейрона:

$$8 p_0 \cdot 17 V_0 = 2 R T_{max} \Rightarrow T_{max} = \frac{72 p_0 V_0}{2R}$$

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  $\beta = \frac{T_{max}}{T_2} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$

3)  $\eta = \frac{A}{Q_1} = ?$

~~Получать теплоту мы можем только в процессах~~

~~1-2 и 3-1. Определим точки касания с изобаратами у нас:~~

~~1-2:  $y = 12 - \frac{1}{2}x$~~

~~3-1:  $y = 16 - x$~~

~~изобарата:  $y \cdot x^\delta = c$~~

~~$\delta$  - показатель степеней~~

~~$\delta = \frac{5}{3}$  для изобары  $p_1, p_2$~~

~~$c$  - некое постоянное~~

~~$12 - \frac{1}{2}x = c \cdot x^{-\frac{5}{3}}$~~

~~$y = c \cdot x^{-\frac{5}{3}}$~~

~~$y' = c \cdot (-\frac{5}{3}) \cdot x^{-\frac{8}{3}}$~~

~~Касание с 1-2:  $c \cdot (-\frac{5}{3}) \cdot x^{-\frac{8}{3}} \cdot x^{-\frac{1}{3}} = -\frac{1}{2}$~~

~~$x^{-\frac{9}{3}} = \frac{3}{10c}$~~

~~$x = \left(\frac{10c}{3}\right)^{\frac{3}{2}}$~~

~~$y = \left(\frac{10c}{3}\right)^{-\frac{5}{2}} = c$~~

~~$c = \left(\frac{10}{3}\right)^{-\frac{5}{2}} \cdot c^{\frac{3}{2}}$~~

~~$\left(\frac{3}{10}\right)^{\frac{5}{2}} \cdot c^{\frac{3}{2}} = 12 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{10}{3}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot c^{\frac{3}{2}}$~~

~~$c = \left(\frac{12}{\left(\frac{3}{10}\right)^{\frac{5}{2}} + \frac{1}{2} \left(\frac{10}{3}\right)^{\frac{3}{2}}}\right)^{\frac{2}{3}}$~~



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Задача 1. Начальное термодинамиче:

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \rho_0 V_0 \cdot 3g - \rho_0 V_0 \cdot g = 30 \rho_0 V_0$$

$$Q_{3x} = A_{3x} + \Delta U_{3x} = -\rho_0 V_0 \cdot 16 + \frac{3}{2} (c_0 \rho_0 V_0 - 18 \rho_0 V_0) = 32 \rho_0 V_0$$

$$Q_+ = 62 \rho_0 V_0$$

$$A = 9 \rho_0 V_0$$

Работа знака А - почему  $\Delta \ll 1$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{9}{62}$$

Отв: 1)  $d = \frac{|\Delta U_{12}|}{A} = 1$

2)  $\beta = \frac{T_{max}}{T_3} = \frac{18}{7}$

3)  $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{9}{62}$





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!

$$1 + 2\varepsilon^{-1} = \frac{5}{4} + \frac{5}{8}\varepsilon^{-1}$$

$$\frac{11}{8}\varepsilon^{-1} = \frac{1}{4}$$

$$11\varepsilon^{-1} = 2$$

$$\varepsilon^{-1} = \frac{2}{11}$$

и

$$\varepsilon = 5,5$$

$$\text{Отв: 1) } \varphi\left(\frac{5}{8}R\right) = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{5\varepsilon}\right)$$

$$2) \varepsilon = 5,5$$

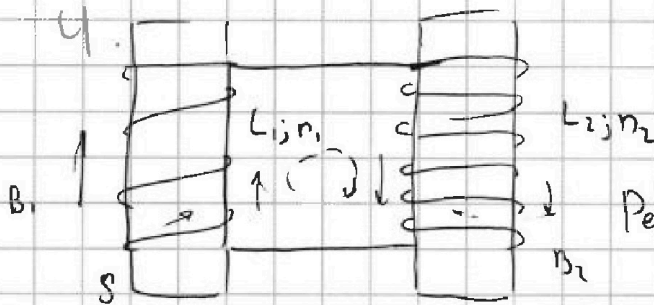


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



$$L_1 = L_2; L_2 = 16L$$

$$n_1 = n; n_2 = 4n$$

$$S$$

Решение:

1)  $|I| = ? \quad B_1 = d; B_2 = \text{const}$

~~$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$~~

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \mathcal{E} = -d \cdot n$$

Катушки соединены последовательно (отсюда «используем»), а значит их индуктивности складываются:

$$L' = L_1 + L_2 = 17L$$

$$\mathcal{E} = L' \cdot \dot{I}$$

$$-d \cdot n = 17L \cdot \dot{I}$$

$$|I| = \frac{d \cdot n}{17L}$$

2)  $L_1: B_0 \rightarrow B_0/3$   
 $L_2: 3B_0 \rightarrow 3B_0/4$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\mathcal{E}_1 = -\dot{\Phi}_1 \cdot n; \mathcal{E}_2 = -\dot{\Phi}_2 \cdot 4n$$

Поскольку направления векторов катушек совпадают, а направления полей — нет, то  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$  действуют в одну сторону:

$$\mathcal{E} = |\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2|$$

Катушки и витки соединены последовательно, а значит:

$$17L \cdot \dot{I} = |\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2|$$

$$17L \cdot \dot{I} = \left| \frac{2B_0 S}{3} \cdot n - \frac{3B_0 S}{4} \cdot 4n \right|$$

$$\dot{I} = \frac{7B_0 S n}{3 \cdot 17L} \Rightarrow \text{Ответ: } 1) |I| = \frac{d \cdot n}{17L}$$

$$2) I = \frac{7B_0 S n}{51L}$$

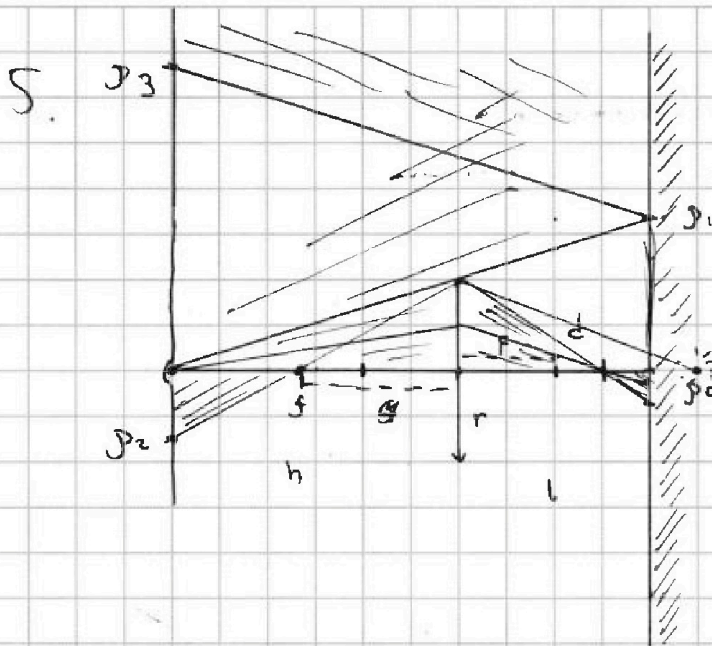
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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)  $S_3 = ?$

Найдём внешн. радиус кривизны области ( $P_1$ )  
Для этого пром. преломл. луч? через фронт линзы и продолжим его. Все лучи, хотя и ни на линз не достигают, приходят на зеркало!

$$\frac{P_1}{r_2} = \frac{h+b}{r}$$

$$P_1 = r \cdot \frac{5}{3} = \frac{15}{3} \text{ см}$$

При преломл. источник собирает в точк. тоже на расстоянии  $d$  от линзы, тогда:

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

Лучи, хотя и ни на линз не достигают, проходят через изображение  $\Rightarrow$  образ радиуса  $P_0$  ~~образуется~~ в точке радиус кривизны области

$$P_0: \frac{P_0}{r} = \frac{l-d}{d} \Rightarrow P_0 = \frac{r}{3} = \frac{5}{3} \text{ см.}$$

$$S_3 = \pi (P_1^2 - P_0^2) = \pi r^2 \left( \frac{15}{9} - \frac{1}{9} \right) = \pi \cdot 15 \text{ см}^2 \left( \frac{14}{9} \right) =$$

$$= \pi \cdot \frac{200}{3} \text{ см}^2$$

Система имеет отн. отст. осн. линзы!

2)  $S_4 = ?$

После отразит от зеркала лучи снова направляются к осн.  $\Rightarrow$

$$\frac{P_3}{r(h+b)} = \frac{P_1}{h+b} \Rightarrow P_3 = r \cdot \frac{10}{3}$$





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Отразим от зеркала получившееся изображение источника и найдем его форму точкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d + 2r(1-d)}$$

где  $f$  - радиус от линзы до нового изображения

$$f = \frac{5}{3}h$$

Радиус  $R_2$  сферы вычислим по формуле от линзы на том же расстоянии:

$$\frac{R_2}{r} = \frac{h-f}{f}$$
$$R_2 = \frac{4}{3}r$$

$$S_c = \pi(R_2^2 - r^2) = \pi r^2 \left( \frac{100}{9} - \frac{16}{25} \right) = \pi r^2 \left( \frac{1500 - 144}{225} \right) =$$
$$= \pi r^2 \left( \frac{2356}{225} \right) = \pi \cdot \frac{2356}{9} \text{ см}^2$$

Ответ: 1)  $S_3 = \pi \cdot \frac{200}{9} \text{ см}^2$

2)  $S_c = \pi \cdot \frac{2356}{9} \text{ см}^2$



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

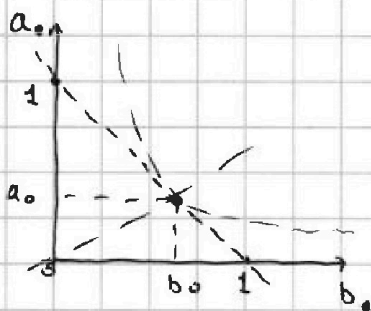
СТРАНИЦА  
3 ИЗ 4

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!

$$3) \eta = \frac{A}{Q_1} = ?$$

Получить теплоту мы можем только на участках 1-2 и 3-1, вычислим, когда это происходит через эти начальные точки касания с адиабатой.

делаем это сначала в общем виде:



$$a = 1 - b$$

$$a \cdot b^\delta = c, \text{ где } c - \text{константа.}$$

$$a = c \cdot b^{-\delta}$$

$$a' = c \cdot (-\delta) \cdot b^{-\delta-1} = -(1-b)' = -1$$

$$c \delta = b_0^{\delta+1}$$

$$b_0 = (c \delta)^{\frac{1}{\delta+1}}$$

$$a_0 = c \cdot (c \delta)^{\frac{\delta}{\delta+1}}$$

$$\frac{a_0}{b_0} = \frac{c}{c \delta} = \delta^{-1}; a_0 \cdot b_0 = 1$$

$$\frac{a_0}{b_0} = \frac{c}{c \delta} = \delta^{-1}; a_0 \cdot b_0 = 1$$

$$b_0 = a_0 \delta$$

$$a_0 (1 + \delta) = 1$$

$$a_0 = \frac{1}{1 + \delta}$$

$$b_0 = \frac{\delta}{1 + \delta}$$

$$\frac{5}{1 + \delta} = \frac{5}{1 + \delta} \cdot \frac{5}{5}$$

Получается, что отношение  $\delta$  нам не нужно  
получим точки касания:

$$1-2: \left( \frac{5}{8} \cdot 14; \frac{3}{8} \cdot 11^9 \right) \equiv (15 V_0; \frac{9}{8} p_0) \Rightarrow \text{Всегда получим теплоту!}$$

$$1-3: \left( \frac{5}{8} \cdot 16 V_0; \frac{2}{8} \cdot 16 p_0 \right) \equiv (10 V_0; 6 p_0) \Rightarrow \text{От точки } \delta = 4 \text{ (} 10 V_0; 6 p_0 \text{) мы получим теплоту.}$$



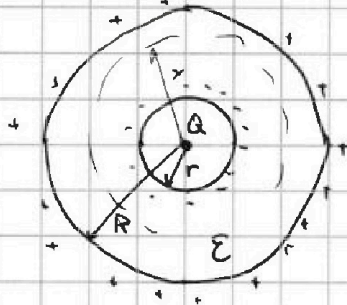
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

3.



$$1) \varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = ?$$

По 3. Кулона:

$$E = \frac{kQ}{x^2 \epsilon(x)}, \text{ тогда определим}$$

потенциал в точке центра шара:

$$\varphi(x) = \int_0^R \frac{kQ}{x^2} dx + \int_R^x \frac{kQ}{x^2 \epsilon} dx =$$

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

При  $x = \frac{5}{6}R$ :

$$\varphi(x) = kQ \left( \frac{1}{R} + \epsilon^{-1} \cdot \left( \frac{6}{5R} - \frac{1}{R} \right) \right) =$$

$$= kQ \left( \frac{1}{R} + \frac{6\epsilon^{-1}}{5R} \right) = kQ \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{5\epsilon R} \right) =$$

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

2)  $\epsilon = ?$

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

$$\varphi\left(\frac{R}{5}\right) = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left( \frac{5}{R} - \frac{1}{R} \right) =$$

$$= \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{4}{\epsilon} \right) = 5\varphi_0$$

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

$$= \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{2\epsilon} \right) = 4\varphi_0$$

$$\frac{1 + \frac{4}{\epsilon}}{1 + \frac{1}{2\epsilon}} = \frac{5}{4}$$





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!

