



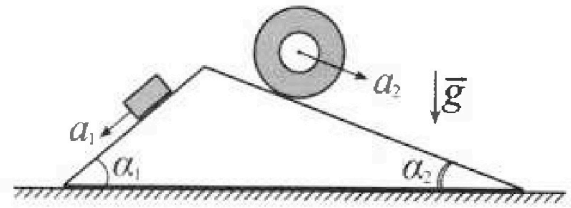
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (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.

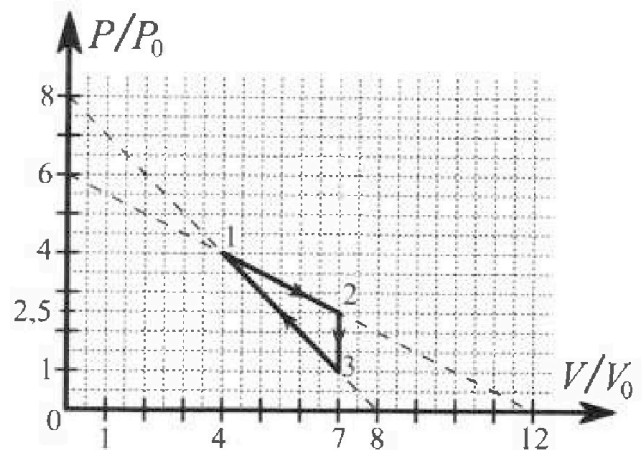


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

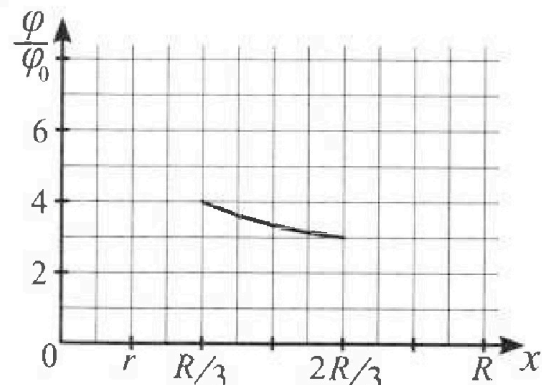
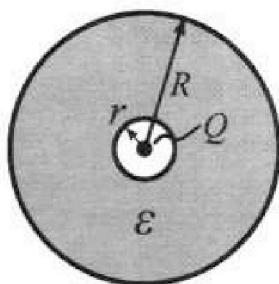
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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



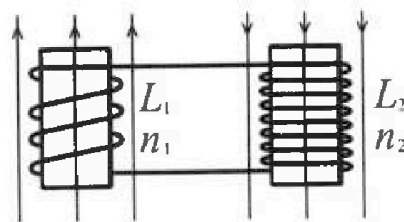
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

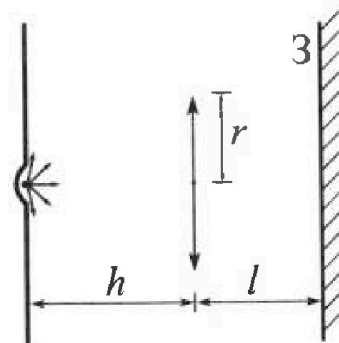


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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) нач нет 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  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , 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  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  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  $\text{см}^2$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.

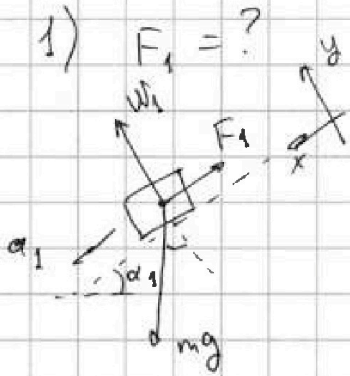
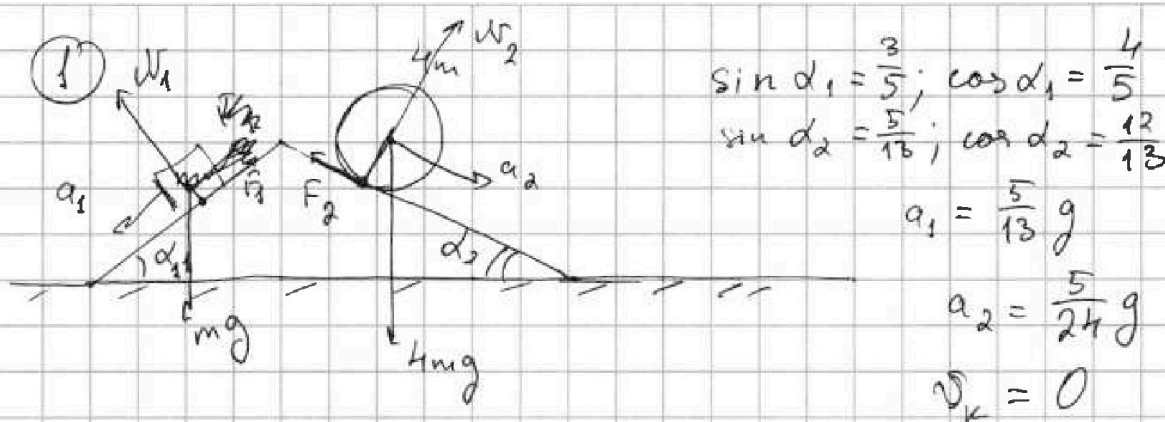


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Введём наклонную систему координат:

$$O_y: m a_y = 0 = N_1 - mg \cos \alpha_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$O_x: m a_x = \mu a_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1 =$$

$$= mg \sin \alpha_1 - \mu N_1 = \mu g (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1)$$

$$a_1 = g (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1); \quad \mu \cos \alpha_1 = \sin \alpha_1 - \frac{a_1}{g}$$

$$F_1 = \mu N_1 = \mu mg \cos \alpha_1 = mg (\sin \alpha_1 - \frac{a_1}{g}) = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) =$$

$$= \frac{39-25}{65} mg = \left( \frac{14}{65} mg = F_1 \right)$$

Ответ:  $F_1 = \frac{14}{65} mg$

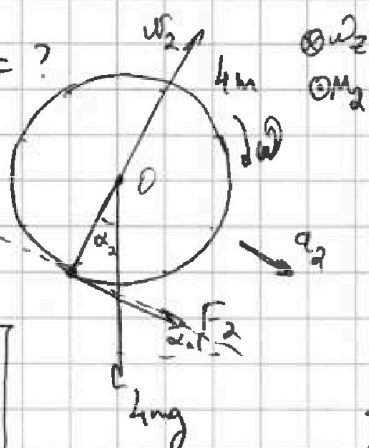


1  2  3  4  5  6  7

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!

2)  $F_2 = ?$



Линия действия направлена по поверхности клина. Пусть она направлена вправо ~~(тогда  $F_2$  будет  $< 0$ )~~.  
(Если предположить влево, то  $F_2$  будет  $< 0$ ).

Запишем моменты сил, отн. к О.

$$\sum M = 4mg \cdot 0 + \omega_2 \cdot 0 - F_2 \cdot R = J \cdot \beta_2,$$

Здесь  $R$  - радиус цилиндра,  $J$  - момент инерции цилиндра, а  $\beta_2$  - угловое ускорение.

$M_{mg}^{(O)} = 0$  и  $M_{\omega_2}^{(O)} = 0$ , т.к. силы приложены к т. О.

$J = 4mR^2$ , т.к. цилиндр полый

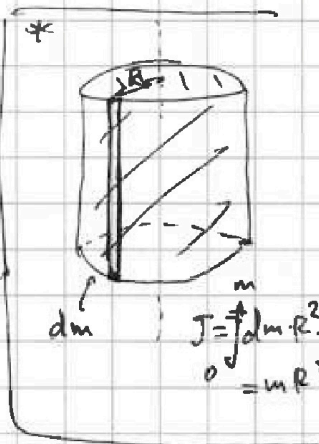
$$-F_2 \cdot R = 4mR^2 \cdot \beta_2 = 4mR^2 \cdot \frac{a_2}{R} = 4ma_2R$$

Значит  $-F_2 = 4ma_2$  |  $a_2$  - тангенциальное ускорение

Кроме того,  $4mg$  сообщает ускорение:  $g \sin \alpha_2$

$$\text{т.о. } a_2 = a_z + g \sin \alpha_2 = \frac{5}{24}g = \frac{5}{13}g - \frac{F_2}{4m}$$

Ответ:  $F_2 = \frac{55}{48}mg$



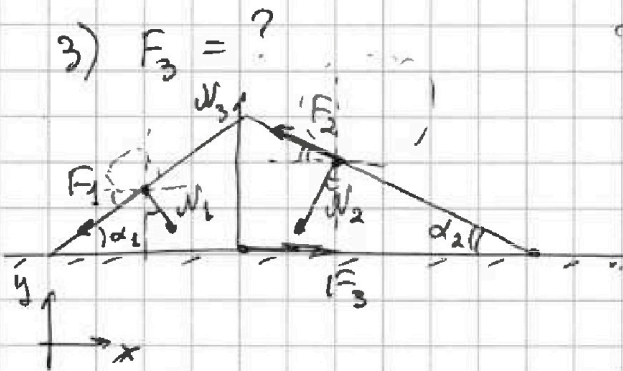


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Исходя из 3-го закона Ньютона, обозначим силы.

Введем координаты:

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

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

$$N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg; \quad N_2 = mg \cos \alpha_2 = \frac{48}{13} mg$$

$$F_3 + N_1 \sin \alpha_1 = F_3 + \frac{12}{25} mg = F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 =$$

$$= \left( \frac{56}{325} + \frac{240}{169} + \frac{110}{169} \right) mg = \frac{350}{169} mg + \frac{56}{325} mg = F_3 + \frac{156}{325} mg$$

$$\boxed{F_3 = \left( \frac{350}{169} - \frac{4}{13} \right) mg = \frac{298}{169} mg}$$

Ответ:  $\frac{298}{169} mg$

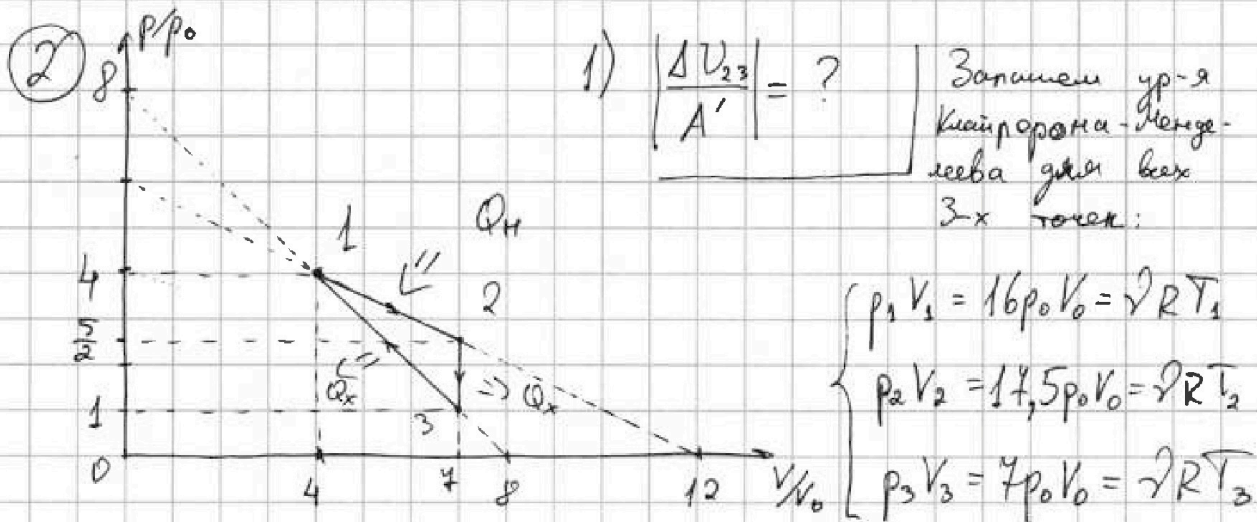
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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!



$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} (7 p_0 V_0 - 17.5 p_0 V_0) = -15.75 p_0 V_0 = -\frac{63}{4} p_0 V_0$$

$$A' = A_{12} + A_{23} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) + \frac{p_3 + p_2}{2} (V_3 - V_2) = 9.75 p_0 V_0 - 7.5 p_0 V_0 = 2.25 p_0 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\left| \frac{\Delta U_{23}}{A'} \right| = \frac{63}{4} \cdot \frac{4}{9} = \boxed{7}; \quad \text{Ответ: } \boxed{7}$$

2)  $\frac{T_{12}^{\max}}{T_1} = ?$  Отрезок 1-2 задается ф-ей  $p(V) = -\frac{V}{2} + 6$   
 $pV = \nu RT \Rightarrow T_{\max}$  если  $pV \rightarrow \max$ ,

т.е.  $-\frac{V^2}{2} + 6V \rightarrow \max$  при  $V = 6V_0$ , т.е.  $T_{\max} = \frac{18 p_0 V_0}{\nu R}$

$$\left( \frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{18 p_0 V_0}{\nu R} : \frac{16 p_0 V_0}{\nu R} = \frac{9}{8} \right); \quad \text{Ответ: } \frac{9}{8}$$



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!

$$3) \quad \eta = ? \quad \eta = \frac{A'}{Q_H} - \text{КПД цикла}$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{39}{4} p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 = 12 p_0 V_0 > 0$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \frac{3}{2} = -\frac{63}{4} p_0 V_0 < 0$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} < 0$$

Значит  $Q_H = Q_{12}$  и  $\eta = \frac{A'}{Q_{12}}$

$$\boxed{\eta = \frac{A'}{Q_{12}} = \frac{9/4 p_0 V_0}{12 p_0 V_0} = \frac{9}{48} = \frac{3}{16}} - \text{Ответ}$$



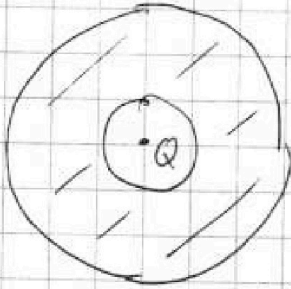
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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) Дано:  $r, R, Q, \epsilon$



1)  $\varphi(R/4) = ?$

Полу точечного заряда:  $E_0(x) = \frac{kQ}{x^2}$

В диэлектрике:  $E(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$

$$\varphi(l) = \int_l^R E(x) \cdot dx + \int_R^\infty E_0(x) \cdot dx =$$

$$= \frac{kQ}{\epsilon} \int_l^R \frac{dx}{x^2} + kQ \int_R^\infty \frac{dx}{x^2} = \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{x} \right) \Big|_l^R + kQ \left( -\frac{1}{x} \right) \Big|_R^\infty =$$

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

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

2)  $\epsilon = ?$

$$\varphi(R/3) = \frac{3kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\epsilon R} =$$

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

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

$$= 3\varphi_0$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{d}$$

$$\left\{ \begin{aligned} 1 + \frac{2}{\epsilon} &= \frac{4\varphi_0 R}{kQ} \\ 1 + \frac{1}{2\epsilon} &= \frac{3\varphi_0 R}{kQ} \end{aligned} \right. \quad \varphi_0$$

$$\left\{ \begin{aligned} 1 + \frac{2}{\epsilon} &= \frac{4\varphi_0 R}{kQ} \\ 1 + \frac{1}{2\epsilon} &= \frac{3\varphi_0 R}{kQ} \end{aligned} \right. \quad \varphi_0$$





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 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!

$$\begin{cases} \frac{\varepsilon + 2}{\varepsilon} = \frac{4\varphi_0 R}{kQ} \\ \frac{2\varepsilon + 1}{2\varepsilon} = \frac{3\varphi_0 R}{kQ} \end{cases} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{2\varepsilon + 4}{2\varepsilon + 1} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 4}$$

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

$$\text{Ответ: } \varepsilon = 4$$

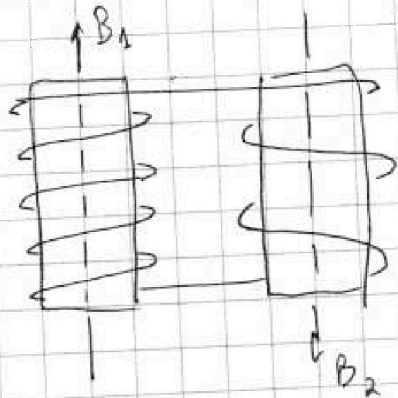


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

4



$$L_1 = L; L_2 = 4L \quad | \quad S; R=0$$
$$n_1 = n; n_2 = 2n$$

$$1) \frac{\Delta B}{\Delta t} = \alpha; \dot{I} = ?$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = n_1 \cdot S \cdot \alpha = \alpha n S = \xi_i$$

$$\xi_i = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} = (L_1 + L_2) \dot{I} = \alpha n S = 5L \dot{I}$$

Ответ:  $\dot{I} = \frac{\alpha n S}{5L}$

$$2) B_1: B_0 \rightarrow B_0/2; B_2: 2B_0 \rightarrow 2B_0/3$$

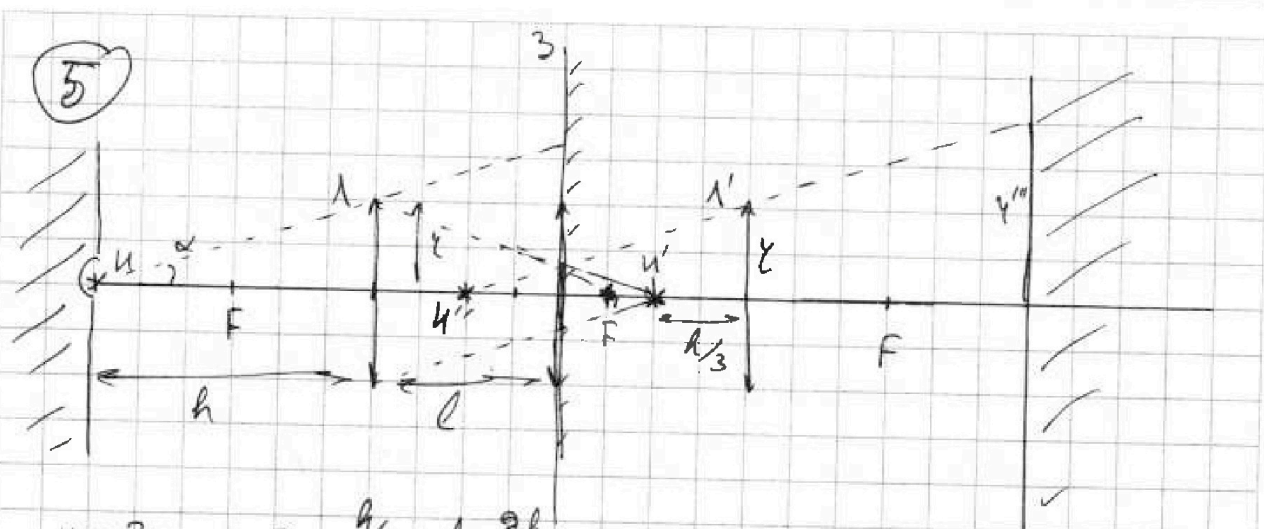


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



$l = 3 \text{ см}; F = \frac{h}{2}; l = \frac{2h}{3}$

1)  $S_3 = ?$  Отрасим всю систему отн. 3, таким образом будем рассматривать систему 2-х линз.

П.к.  $h = 2F$ , 1-е изображение будет на расстоянии  $h$  от  $L$  и на расстоянии  $h/3$  от линзы  $L'$ .

Все лучи, идущие под углом  $\alpha$  таким, что  $\text{tg } \alpha > \frac{y}{h}$ , попадут на зеркало. Все лучи, идущие под углом  $\alpha$  таким, что  $\text{tg } \alpha \leq \frac{y}{h}$ , пройдут в  $И'$ . Из подобия

$\alpha'$  (радиус ~~меньшей~~ ~~меньшой~~ ~~маленькой~~ части увеличенного зеркала):

$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{1}{3} \Rightarrow \alpha' = \frac{\alpha}{3}$

и  $\alpha''$  (радиус большой увеличенной части, внутренней):

$\frac{\alpha''}{\alpha} = \frac{5}{3} \Rightarrow \alpha'' = \frac{5}{3}\alpha$ , Тогда Ответ:  $S_3 = \frac{8}{3} \pi y^2$

$S_3 = \pi y''^2 - \pi y'^2$



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!

2)  $S_{\sigma} = ?$  Ф.Т.Л. для  $l'$ :

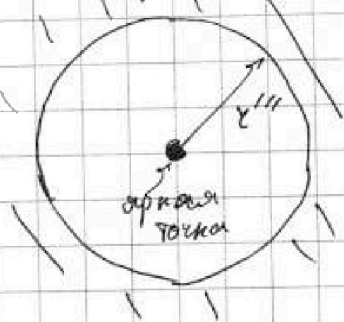
$$\frac{1}{F} = \frac{2}{h} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{3}{h} + \frac{1}{d'}$$

$\uparrow$  объект                       $\uparrow$  изображение

$d' = -h$ , т.е. 2-е изображение будет на расстоянии  $h$  ~~от~~ слева от  $l'$ .

Значит изображение  $l''$  попадет точно в стену, т.е. сфокусируется на расстоянии  $h$  справа от  $l'$ .

выглядит так:



из подобия:

$$\frac{r'''}{r} = \frac{2}{1} \Rightarrow r''' = 2r$$

$$S_{\sigma} = \pi r'''^2 = 4\pi r^2$$

Ответ:  $S_{\sigma} = 4\pi r^2$

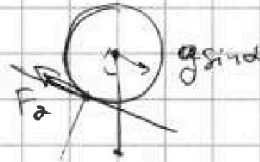
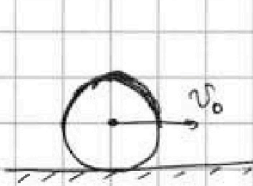
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

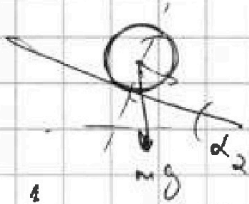
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$a_T = \frac{F_2}{4m}$$

$$a_2 = g \sin \alpha + \frac{F_2}{4m}$$

$$F_2 = (a_2 - g \sin \alpha) \cdot 4m = 4mg \left( \frac{5}{24} \right)$$



$$\frac{5}{24}g = \frac{5}{13}g - a_T$$

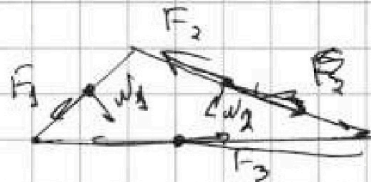
$$a_T = \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) g = \frac{120 - 65}{312} g = \frac{55}{312} g = \frac{F_2}{4m}$$

$$F_2 = \frac{55}{78} mg$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 13 \\ \hline 42 \\ + 24 \\ \hline 312 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 4 \\ \hline 78 \end{array}$$

$$\frac{312}{4} = 78$$



$$W_i = mg \cos \alpha$$

$$\frac{20}{13} mg - \frac{5}{6} mg = \frac{120 - 65}{78} = \frac{55}{78}$$

$$\frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} = \frac{56}{325} mg$$

$$\frac{55}{78} \cdot \frac{18}{13} = \frac{110}{169} mg$$

$$F_T = ma_T = mg$$

$$F_1 = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = \frac{14}{65} mg$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ \times 11 \\ \hline 121 \end{array} \quad \begin{array}{r} 12 \\ \times 12 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$\frac{110 + 240}{169} = \frac{350}{169} + \frac{56}{325} = F_3 + \frac{12}{25}$$

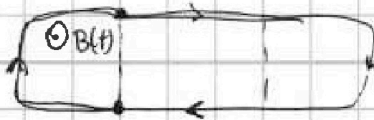
$$\frac{350}{169} = F_3 - \frac{100}{325} = F_3 - \frac{4}{13}$$

$$F_3 = \frac{298}{169}$$

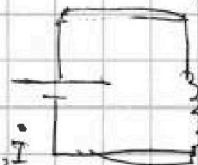
$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 4 \\ \hline 52 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 13 \\ \hline 36 \\ + 12 \\ \hline 156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 350 \\ - 52 \\ \hline 298 \end{array} \cdot 2$$



$$e_i = \frac{d\phi}{dt} = L_1 \dot{i} + L_2 \dot{i}$$





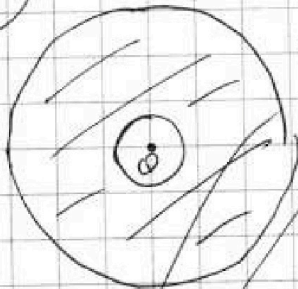
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 7

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



$r, R, Q, \epsilon$  1)  $\varphi(x) = ?$ ;  $x = R/4$

Из графика  $r = R/6$

Поле точечного заряда:  $E(x) = \frac{kQ}{x^2}$

В диэлектрике:  $E(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$

Потенциал точечного заряда:  $\varphi(x) = \frac{kQ}{x}$

В диэлектрике:

$$\varphi(l) = \frac{kQ}{\epsilon} + \int_r^l E(x) \cdot dx = \frac{kQ}{\epsilon} + \frac{kQ}{\epsilon} \int_r^l \frac{dx}{x^2} = \frac{kQ}{\epsilon} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{x} \right) \Big|_r^l = \frac{kQ}{\epsilon} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{l} \right) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) - \frac{kQ}{\epsilon l}$$

$$l = R/4: \varphi(l) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) - \frac{4kQ}{\epsilon R}$$

$$\boxed{\varphi(R/4) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) - \frac{Q}{\pi\epsilon_0\epsilon R}} \quad \text{— Ответ}$$

~~$$2) \varphi(R/3) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) -$$~~

$$2) \epsilon = ? \quad \varphi(R/3) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) - \frac{3kQ}{\epsilon R} = 4\varphi_0$$

$$\varphi(2R/3) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) - \frac{3kQ}{2\epsilon R} = 3\varphi_0$$

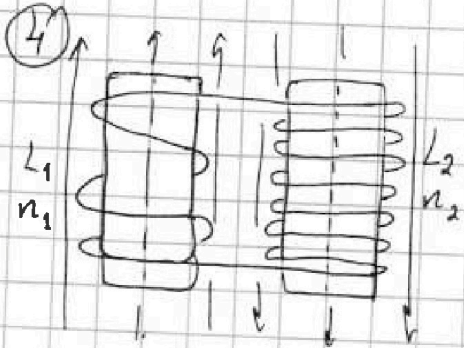


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

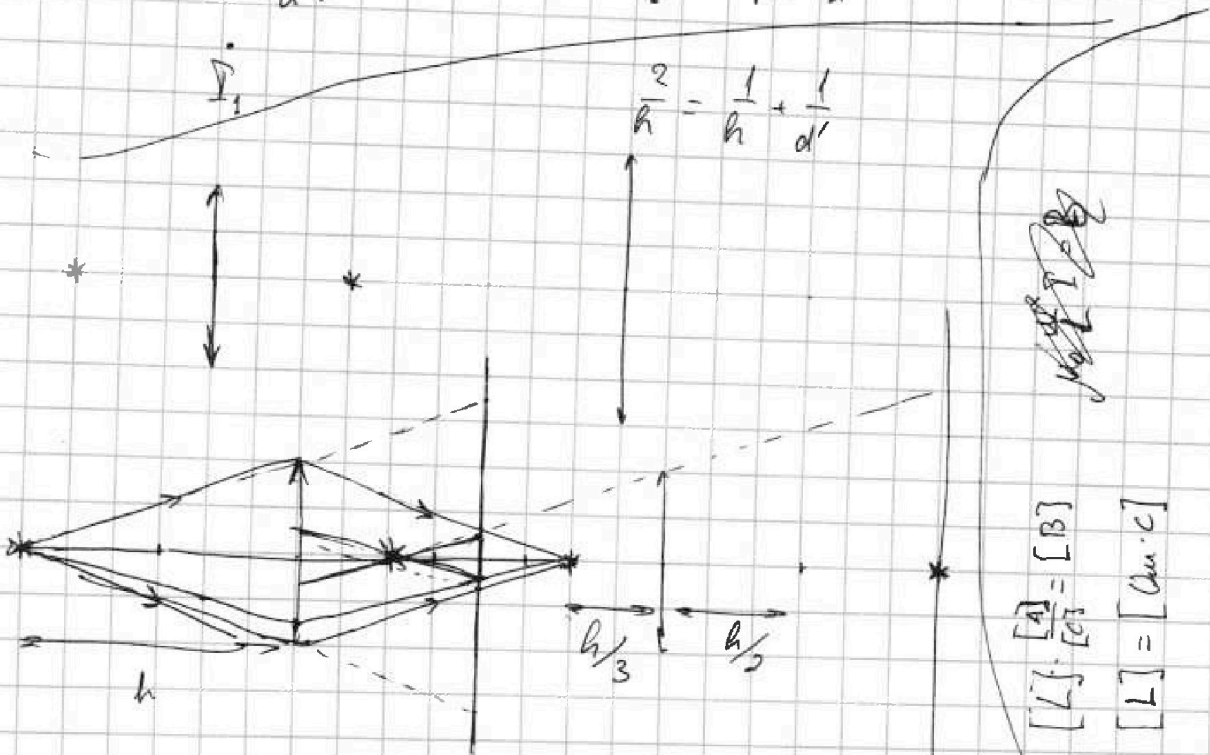


1)  $\dot{I} = ?$

~~$\dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt} = \dots$~~

$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = L_1 \dot{I}_1 = L_2 \dot{I}_2 =$

$= n_1 \cdot S \cdot \frac{dB}{dt} = \alpha n S = L \dot{I}_1 = 4L \dot{I}_2$



$\frac{2}{a} = \frac{3}{a} + \frac{1}{d'} \rightarrow d' = -h$

$\frac{1}{a} + \frac{1}{d'} = \frac{2}{a}$

~~$\frac{\epsilon+2}{\epsilon} = \frac{2\epsilon}{2\epsilon+1}$~~

$\frac{\epsilon+2}{\epsilon} = \frac{2\epsilon+1}{2\epsilon} = \frac{4}{3}$

$8\epsilon+4 = 6\epsilon+12$

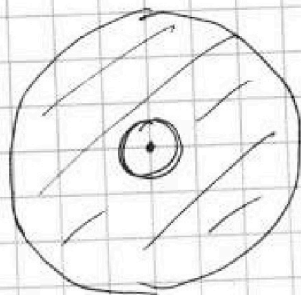
$2\epsilon = 8 \Rightarrow \epsilon = 4$

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!



$$E_0(x) = \frac{kQ}{x^2} \quad \left| \quad E(x) = \frac{E_0(x)}{\epsilon} = \frac{kQ}{\epsilon x^2} \right.$$

$\uparrow$   
 $r \leq x \leq R$

$$\varphi(r) = \left( \frac{kQ}{r}; \frac{kQ}{\epsilon r} \right)$$

$$\varphi_0 = \varphi(l) = \frac{kQ}{r} + \int_r^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx + \int_R^l \frac{kQ}{x^2} dx =$$

$$= \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left( -\frac{1}{x} \right) \Big|_r^R + kQ \cdot \left( -\frac{1}{x} \right) \Big|_R^l = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) +$$

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

$$\varphi(l) = \frac{kQ}{r} + kQ \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) \quad (l > R)$$

$l < R$ :

$$\varphi(l) = \frac{kQ}{r} + \int_r^l \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{l} \right) = \frac{kQ}{r} \left( 1 + \frac{1}{\epsilon} \right) - \frac{kQ}{\epsilon l}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kQ}{r}$$



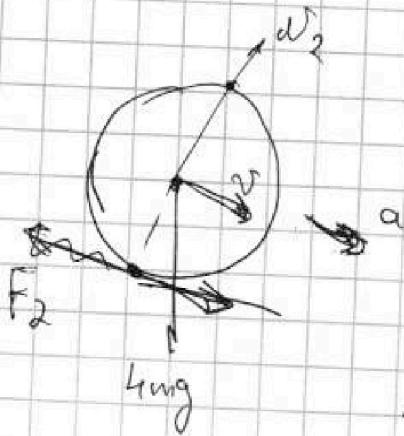


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



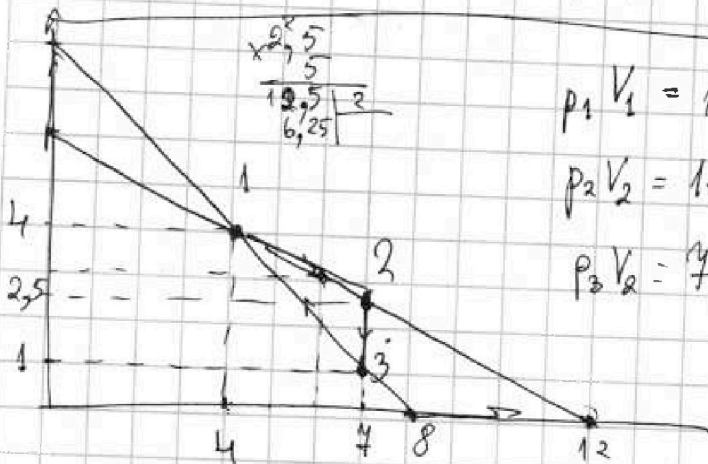
$$F_2 \cdot R = J \beta = m R^2 \cdot \frac{a_2}{R} = m R \cdot a_2 =$$

$$= F_2 \cdot R \Rightarrow F_2 = m a_2$$

$$\omega R = v$$

$$\dot{v} = \dot{\omega} R = \beta R$$

$$a_{\varphi} = \frac{v^2}{R}; \quad a_{\tau} = \frac{dv}{dt}$$



$$p_1 V_1 = 16 p_0 V_0 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = 17,5 p_0 V_0 = \nu R T_2$$

$$p_3 V_3 = 7 p_0 V_0 = \nu R T_3$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{3}{2} (7 p_0 V_0 - 17,5 p_0 V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (-10,5 p_0 V_0) = -\frac{31,5}{2} p_0 V_0 = -\frac{63}{4} p_0 V_0 = -15,75 p_0 V_0$$

$$A_{12} = \frac{16}{2} p_0 V_0 \quad A_{12} = \frac{8 \cdot 4}{2} p_0 V_0 - \frac{5 \cdot 2,5}{2} p_0 V_0 = (16 - 6,25) p_0 V_0 = 9,75 p_0 V_0$$

$$|A_{34}| = \frac{16}{2} p_0 V_0 - \frac{p_0 V_0}{2} = \frac{15}{2} p_0 V_0 = 7,5 p_0 V_0$$

$$A_{23} = A' = 2,25 p_0 V_0$$

$$\left| \frac{\Delta U_{23}}{A'} \right| = \frac{15,75}{2,25} = \frac{1575}{225} = \frac{315}{45} = \frac{63}{9} = \boxed{7}$$

$$C_V dT = \frac{3}{2} \nu R \cdot dT + p \cdot dV$$

$$\frac{T^*}{T_1} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8} \quad \left( \frac{25}{9} - \frac{1}{9} \right) r^2 = \frac{24}{9} r^2 = \frac{8}{3} r^2 = \frac{8}{3}$$

$$18 p_0 V_0$$

$$p = -\frac{V}{2} + 6 = 16 - \frac{V}{2} = p$$

$$pV \rightarrow \max$$

$$V \left( 6 - \frac{V}{2} \right) \rightarrow \max$$

$$6V - \frac{V^2}{2} \quad V = \frac{-6}{-1} = 6V_0$$

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  
— 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!

$$A' = (9,45 - 7,25) \rho_0 V_0 = 2,25 \rho_0 V_0$$

$$Q_{23} < 0; \quad Q_{31} < 0; \quad Q_{12} = Q_{21} = 9,45 \rho_0 V_0 + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

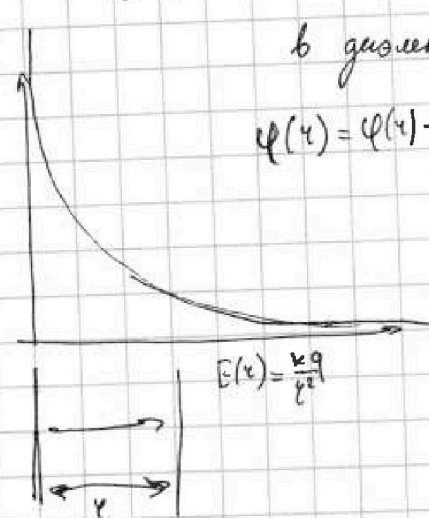
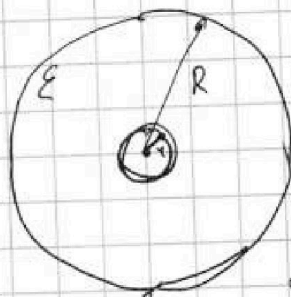
$$= 9,45 \rho_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 2,25 \rho_0 V_0 = 12 \rho_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A'}{Q_{12}} = \frac{2,25}{12} = \frac{225}{1200} = \frac{45}{240} = \frac{9}{48} = \frac{3}{16}$$

$E(r) = \frac{kq}{r^2}$  (без диэлектрика);  $\varphi(r) = \frac{kq}{r}$

в диэлектрике:  $E = \frac{E_0}{\epsilon}$

$$\varphi(r) = \varphi(r) - \varphi(\infty) = \int_r^{\infty} E(r) dr$$



$$\varphi(r) = \int_r^{\infty} E(r) \cdot dr + \int_r^R \frac{E(r)}{\epsilon} \cdot dr + \int_R^0 E(r) dr$$

$$= \frac{kq}{r} + \frac{1}{\epsilon} \int_r^R \frac{kq}{r^2} \cdot dr +$$

$$L = \mu_0 n^2 I$$

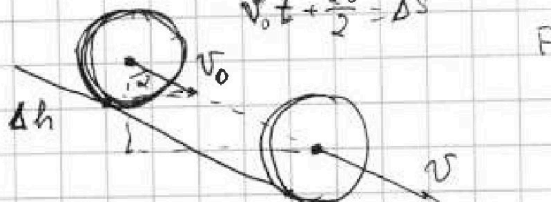
$$\frac{d\phi}{dt} = LI$$

$$v_0 t + \frac{at^2}{2} = \Delta s$$



$$4m a_r = F$$

$$\frac{J \omega^2}{2}$$



$$mg \Delta h = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v^2}{2} - m v_0^2 = m(v^2 - v_0^2)$$

$$g \Delta h = v^2 - v_0^2 = at^2 + 2v_0 at =$$

$$= \frac{g}{\cos \alpha} \left( v_0 t + \frac{at^2}{2} \right)$$

$$v = v_0 + at$$

$$\Delta h = \frac{\Delta s}{\cos \alpha} = \frac{v_0 t + \frac{at^2}{2}}{\cos \alpha}$$

$$v_0^2 + at^2 + 2v_0 at$$