



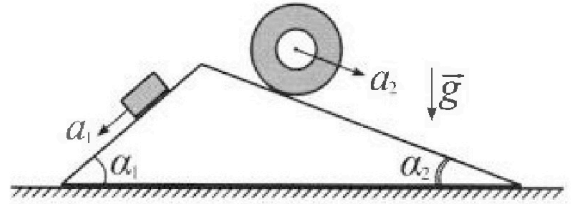
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

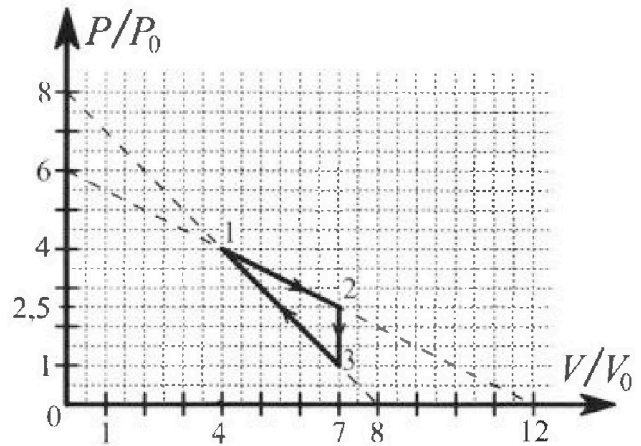


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

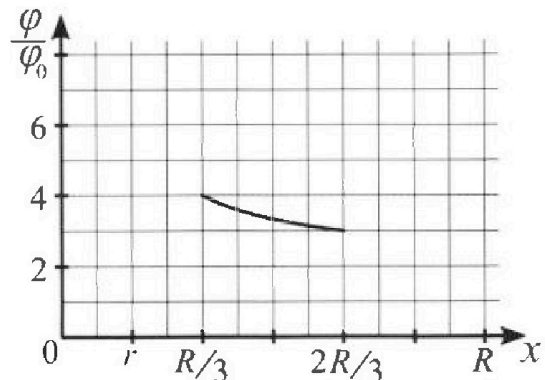
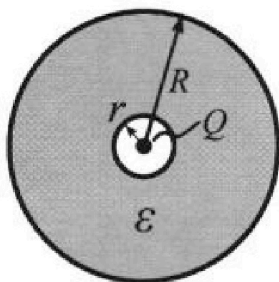
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





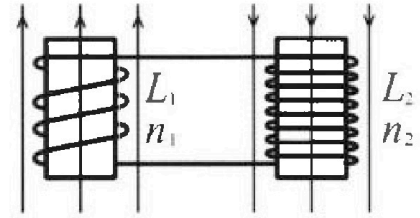
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



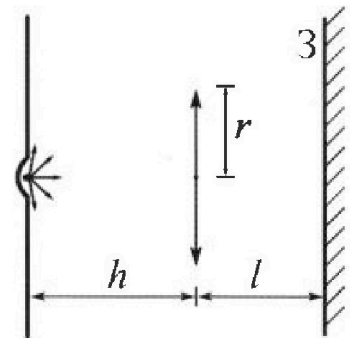
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) и ачнет 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  $[см^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



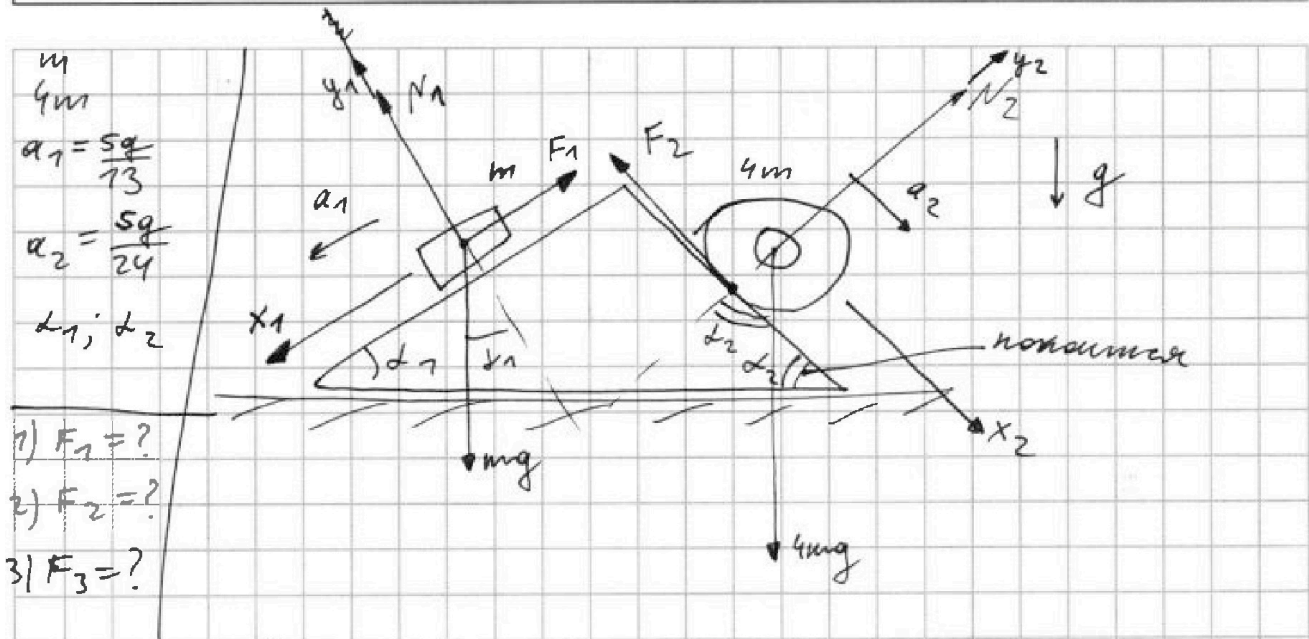


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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!



• 23 fl для Бруска ~~на~~ вращении на ось:

$$x_1: mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$$

$$y_1: N_1 = mg \cos \alpha_1; N_1 = mg \cdot \frac{4}{5};$$

•  ~~$F_1 = \mu \cdot N_1 = \mu mg \cos \alpha_1$~~   
~~коэффициент трения  $\mu$  между~~  
 $F_2 = mg (\sin \alpha_2 - a_2) = \frac{44}{65} mg;$

~~$mg \sin \alpha_1 - \mu mg \cos \alpha_1 = ma_1$~~

~~$g \sin \alpha_1 - \mu g \cos \alpha_1 = a_1$~~

~~$\mu g \cos \alpha_1 = g \sin \alpha_1 - a_1$~~

~~$$\mu = \frac{g \sin \alpha_1 - a_1}{g \cos \alpha_1} = \frac{g \cdot \frac{3}{5} - \frac{5}{73} g}{g \cdot \frac{4}{5}} =$$~~

~~$$= \frac{3 \cdot 73 - 25}{5 \cdot 73} = \frac{174}{5 \cdot 73} = \frac{4}{26};$$~~



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!

$$F_1 = \frac{4}{25} \cdot mg \cdot \frac{4^2}{5} = \frac{14}{65} mg + \frac{25}{13}$$

$$\begin{array}{r} 13 \cdot 150 \cdot 10 \\ 13 \\ \hline 95 \\ 15 \\ \hline 1950 \end{array}$$

238 для цилиндра вращающ<sup>3</sup> по оси:

$$x_2: 4ma_2 = 4mg \sin \alpha_2 - F_{02}$$

$$y_2: 4mg \cos \alpha_2 = N_2; \quad N_2 = 4mg \cdot \frac{12}{13} = \frac{48}{13} mg;$$

$$F_2 = \mu N_2 = 4\mu mg \cos \alpha_2;$$

$$4ma_2 = 4mg \sin \alpha_2 - \mu \cdot 4mg \cos \alpha_2$$

$$\mu g \cos \alpha_2 = g \sin \alpha_2 - a_2$$

$$F_2 = \frac{48}{13} mg \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) = \frac{55}{18} mg$$

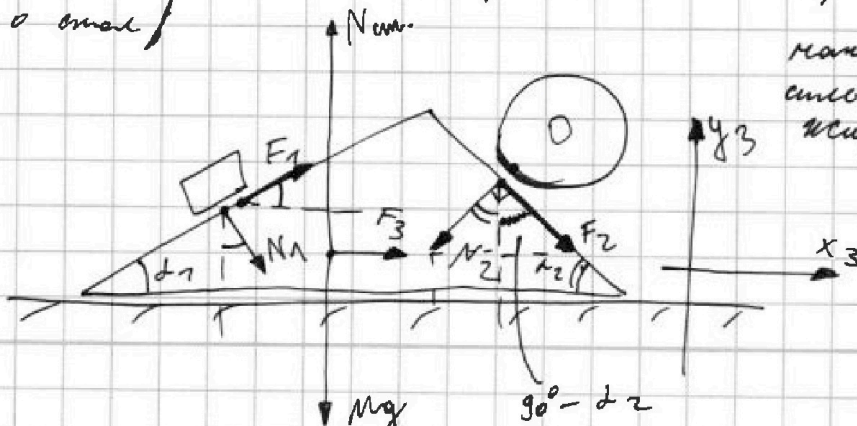
$$\mu = \frac{g \sin \alpha_2 - a_2}{g \cos \alpha_2} = \frac{g \cdot \frac{5}{13} - \frac{5}{24} g}{g \cdot \frac{12}{13}}$$

$$= \frac{5 \cdot 24 - 5 \cdot 13}{13 \cdot 24}$$

$$= \frac{120 - 65}{13 \cdot 24} \cdot \frac{13}{12} = \frac{55}{24 \cdot 12}$$

$$F_2 = 4 \cdot \frac{55}{24 \cdot 12} \cdot mg \cdot \frac{12}{13} = mg \cdot \frac{55}{6 \cdot 13} = \frac{55}{18} mg$$

• Картина сил на клине (M - масса клина;  $\mu_0$  - коэффициент трения клина о стол)



направление  
силы  $F_3$  - предполо-  
жительно.





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!

23л для блока в проекции на ось: ~~х~~

$$X_3: F_3 + F_2 \cdot \overbrace{\sin(90 - \alpha_2)}^{\cos \alpha_2} - N_2 \cdot \sin \alpha_2 + N_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_1 \cdot \cos \alpha_1 =$$

$$= M \cdot 0;$$

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

$$F_3 = 4mg \cos \alpha_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 - mg \cos \alpha_1 \cdot \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1$$

$$F_3 = \left( \frac{48}{13} \cdot \frac{5}{13} - \frac{55}{39} \cdot \frac{6}{13} - \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} \right) mg =$$

$$= \frac{48 \cdot 5 \cdot 39 - 55 \cdot 6 \cdot 13}{13 \cdot 13 \cdot 39} mg - \left( \frac{4 \cdot 3 \cdot 65 - 14 \cdot 4 \cdot 5}{25 \cdot 65} \right) mg =$$

$$= \frac{9310 - 4290}{13^2 \cdot 39} mg - \frac{(780 - 280) mg}{25 \cdot 65} = \left( \frac{5020}{13^2 \cdot 39} - \frac{500}{25 \cdot 65} \right) mg =$$

$$= \frac{5020 - 4 \cdot 13 \cdot 39}{13 \cdot 13 \cdot 39} mg = \frac{5020 - 2028}{13 \cdot 13 \cdot 39} mg = \frac{2992}{13 \cdot 13 \cdot 39} mg = \frac{2992}{39 \cdot 13^2} mg$$

23л для бруска:

$$X_1: m a_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

$$52 \quad F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m \left( g \frac{3}{5} - \frac{3}{73} g \right) =$$

$$= mg \cdot \frac{39 - 25}{65} = \frac{14}{65} mg = \frac{205 - 96}{120 - 65} = \frac{9}{4} = 73.24 = \frac{55}{13 \cdot 39} mg =$$

23л для бруска

$$\begin{array}{r} 9310 \\ - 4290 \\ \hline 5020 \end{array} \quad \begin{array}{r} 5020 \\ - 2028 \\ \hline 2992 \end{array} \quad \begin{array}{r} 48 \\ + 39 \\ \hline 422 \\ + 1862 \\ \hline 2284 \end{array} \quad \begin{array}{r} 4 \\ + 1862 \\ \hline 1866 \end{array} \quad \begin{array}{r} 55 \\ + 139 \\ \hline 194 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2992 \\ + 118 \\ \hline 3110 \end{array}$$

$\frac{20}{14} + \frac{52}{39}$	$\frac{65}{12}$	$\frac{78}{55}$
$\frac{1}{39}$	$\frac{130}{65}$	$\frac{1390}{390}$
$\frac{156}{2028}$	$\frac{780}{4290}$	

$$\frac{2992}{13 \cdot 13 \cdot 39} = \frac{2992}{1521}$$



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!

Ответ:  $F_1 = \frac{14}{65} \text{ мг}; F_2 = \frac{55}{78} \text{ мг}; F_3 = \frac{2992}{39 \cdot 169} \text{ мг};$





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!

$$2. i=3$$

$$1) \frac{\Delta u_{23}}{A_{\Sigma}} = ?$$

$$A_{\Sigma} = + \int_{1231} p dV = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot 3V_0 = \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{\Sigma} = \frac{9}{4} p_0 V_0, \quad \tau = \frac{V_3}{V_0} = 3$$

$$2) \frac{T_{max12}}{T_1} = ?$$

$$3) \eta = ?$$

$$u_3 = \frac{3}{2} \nu R T_3 = \frac{3}{2} p_3 V_3 = 2V_0 \cdot p_0 \cdot \frac{3}{2} =$$

$$= \frac{21}{2} p_0 V_0; \quad u_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 4p_0 \cdot 4V_0 = 24 p_0 V_0;$$

$$u_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} p_2 V_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{2} p_0 \cdot 2V_0 = \frac{15}{2} p_0 V_0$$

$$2-3: \Delta u_{23} = u_3 - u_2 = \left( \frac{21}{2} - \frac{15}{2} \right) p_0 V_0 = \frac{6}{2} p_0 V_0 = 3 p_0 V_0$$

$$= \frac{63}{4} p_0 V_0 \quad (\Delta u_{23}) = \frac{63}{4} p_0 V_0$$

$$\frac{\Delta u_{23}}{A_{\Sigma}} = \frac{63 p_0 V_0}{4 \cdot 9 p_0 V_0} = \frac{63}{36} = \frac{7}{4}$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{12}}; \quad \text{~~Q}_{12} < 0, \text{Q}_{23} < 0, \text{Q}_{31} > 0~~$$

$$2-3: A_{23} = 0 \Rightarrow Q_{23} = \Delta u_{23} = -\frac{63}{4} p_0 V_0;$$

$$1-2: A_{12} = + \int_{12} p dV = \frac{1}{2} \cdot (4p_0 + \frac{5}{2} p_0) \cdot 3V_0 = \frac{13 \cdot 3}{4} p_0 V_0 = \frac{39}{4} p_0 V_0$$

$$\Delta u_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \left( \frac{15}{2} - 24 \right) p_0 V_0 = -\frac{9}{2} p_0 V_0$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 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!

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{4} p_0 V_0 + \frac{39}{4} p_0 V_0 = \frac{48}{4} p_0 V_0 = 12 p_0 V_0 ;$$

$$3-1: A_{31} = - \frac{A_{23} p_3}{31} = - \frac{1}{2} \cdot (4p_0 + p_0) \cdot 3V_0 = - \frac{15}{2} p_0 V_0 ;$$

$$\Delta U_{31} = U_3 - U_1 = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{21}{2} p_0 V_0 - 24 p_0 V_0 = \frac{21 - 48}{2} p_0 V_0 = - \frac{27}{2} p_0 V_0$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = - \frac{27}{2} p_0 V_0 - \frac{15}{2} p_0 V_0 = - \frac{42}{2} p_0 V_0 =$$

$$= - 21 p_0 V_0 ;$$

~~$$Q_{12} = 12 p_0 V_0$$

$$Q_{23} = 2 p_0 V_0 - \frac{2 p_0 V_0}{3} = \frac{6 - 2}{3} p_0 V_0 = \frac{4}{3} p_0 V_0$$

$$Q_{31} = - 21 p_0 V_0$$

$$Q_{12} = 12 p_0 V_0$$~~

$$Q_{31} < 0; Q_{23} < 0; Q_{12} > 0;$$

$$Q_{12} = Q_{12} = 12 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{3}{4} p_0 V_0}{12 p_0 V_0} = \frac{3}{4 \cdot 12} = \frac{3}{48} = \frac{1}{16} ;$$

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

$$T_1 = \frac{16 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$- \frac{p_0 \cdot 28 V_0}{2 \nu R} + \frac{4 V_0 \cdot 6 p_0}{\nu R} = - 8 \frac{p_0 V_0}{\nu R} +$$





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  
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!

$$1-2: \frac{p}{p_0} = 6 - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0} \quad | \cdot p_0 \quad 1-2: 4V_0 \leq V \leq 8V_0$$

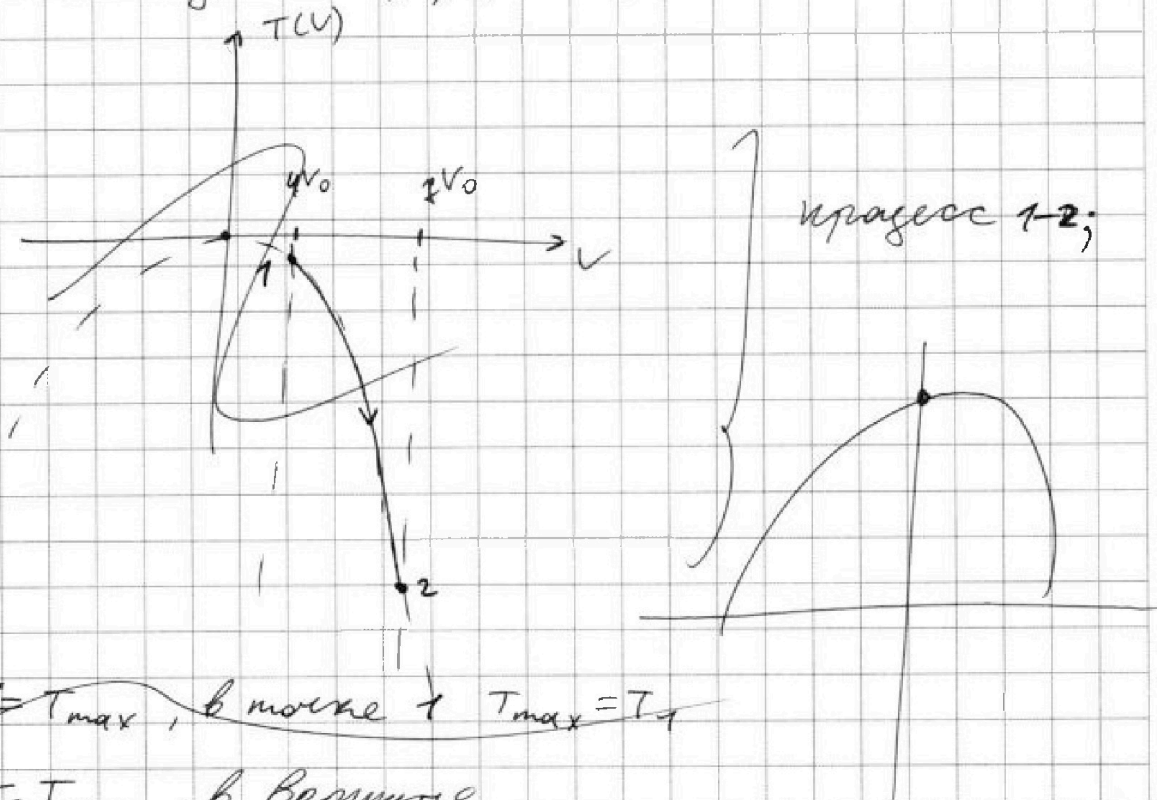
$$p(V) = 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0} \cdot \frac{p_0}{V_0}$$

$$p(V) = 6p_0 - 3V \cdot \frac{p_0}{V_0}$$

$$p(V) \cdot V = UR T(V) \rightarrow T(V) = \frac{p(V) \cdot V}{UR}$$

$$T(V) = \frac{1}{UR} \cdot \left( 6p_0 V - \frac{3p_0}{2V_0} \cdot V^2 \right) = -\frac{3p_0}{2V_0 UR} \cdot V^2 + \frac{6p_0}{UR} \cdot V$$

зависимость квадратичная, график параболы:



$T = T_{\max}$ , в точке 1  $T_{\max} = T_1$

$T = T_{\max}$ , в вершине

$$V_{\max} = \frac{+ \frac{6p_0}{UR} \cdot \frac{p_0}{V_0 UR}}{2 \cdot \left( -\frac{3p_0}{2V_0 UR} \right)} = \frac{6}{4} V_0 = 1.5 V_0 = T\left(\frac{6}{4} V_0\right)$$

Ответ: 1)  $\frac{|n_{13}|}{A_{\Sigma}} = 8$ ; 3)  $\eta = \frac{3}{16}$ ; 2)  ~~$T_{\max}$~~



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!

$$\epsilon = \frac{15 \cdot \frac{R}{6}}{R} = \frac{15}{6} = \frac{5}{2} = 2,5$$

$$\varphi_A = \frac{kQ}{x} - \frac{R}{4} \cdot \frac{kQ \cdot 16}{\epsilon R^2} = \frac{kQ}{x} - \frac{4kQ}{\epsilon R} = kQ \left( \frac{1}{x} - \frac{4}{\epsilon R} \right)$$

$$\varphi_A = kQ \cdot \left( \frac{6}{R} - \frac{4}{\epsilon R} \right) = \frac{kQ}{R} \cdot \frac{6\epsilon - 4}{\epsilon} = \frac{kQ}{\epsilon R} \cdot (6\epsilon - 4)$$

$x = \frac{R}{6}$  — из графика

Ответ: 1)  $\varphi_A = kq \left( \frac{1}{x} - \frac{4}{\epsilon R} \right) = \frac{kQ}{\epsilon R} (6\epsilon - 4)$ ;

2)  $\epsilon = 2,5$ .



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 3

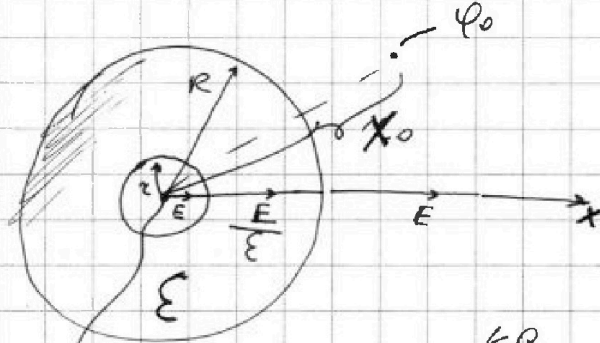
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3.

$\varphi$   
 $r; R;$   
 $Q;$

1)  $\varphi_A = ?$   
2)  $E = ?$

$\varphi(x)$



~~$E = \frac{kQ}{x^2}$~~

вне диэлектрика.

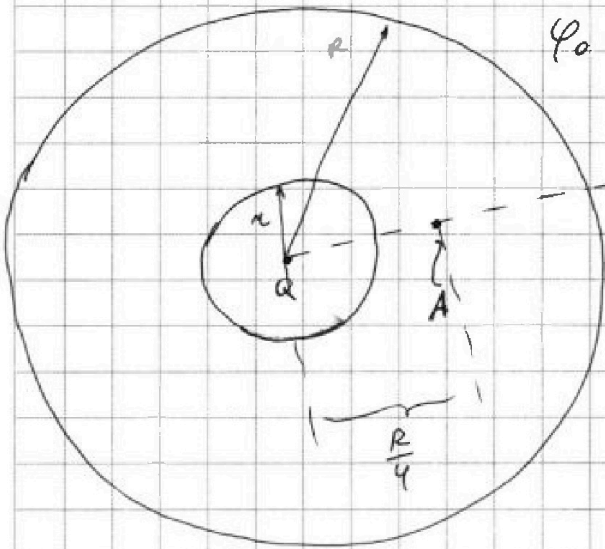
$\varphi(x) = \frac{kQ}{x}$

$\varphi_0 = \frac{kQ}{x_0}$

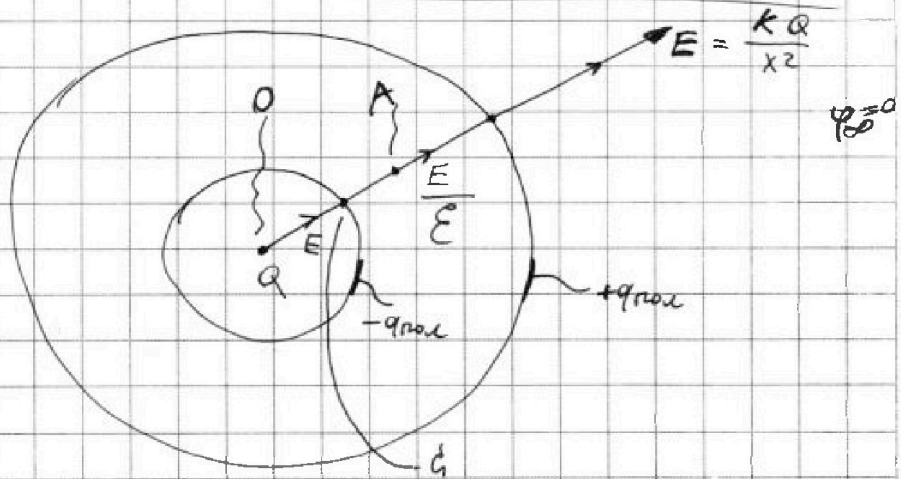
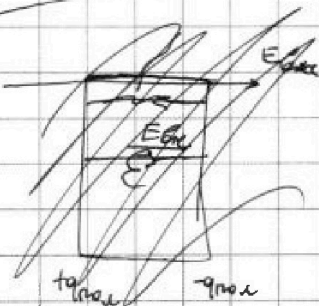
$E(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$

в диэлектрике.

~~$E(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$~~   
 ~~$\varphi(x) = \frac{kQ}{x}$~~   
в диэлектрике



$\varphi_A = \frac{kQ}{R/4} = \frac{4kQ}{R}$





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  
2 ИЗ 3

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

~~$$\varphi_0 = \varphi_A = \varphi_0 = \varphi_C + \varphi_D - \varphi_A = 0 - \varphi_C + \varphi_C - \varphi_A = \frac{E \cdot R}{\epsilon} + \frac{E \cdot R}{\epsilon} \cdot \frac{R}{4} = 0 - \varphi_A$$

$$\varphi_A = -\frac{ER}{4\epsilon}$$

$$\varphi_A = kQ \cdot \left( \frac{1}{r_0} - \frac{4}{\epsilon R} \right) = \frac{kQ}{R} \cdot \left( 6 - \frac{4}{\epsilon} \right) = \frac{6\epsilon - 4}{\epsilon} \cdot \frac{kQ}{R}$$~~

$$\varphi_C - \varphi_A = \frac{E \left( \frac{R}{4} \right) R}{\epsilon} \Rightarrow \varphi_A = \varphi_C - \frac{ER}{4\epsilon} =$$

$$= \frac{kQ}{r^2} - \frac{ER}{4\epsilon} = \frac{kQ}{r^2} - \frac{kQ \cdot 6 \cdot R}{R^2 \cdot 4\epsilon} = \frac{kQ}{r^2} - \frac{4kQ}{\epsilon R} =$$

$$= kQ \left( \frac{1}{r^2} - \frac{4}{\epsilon R} \right) = \left( kQ \cdot \frac{\epsilon R - 4r^2}{\epsilon \cdot 4R} \right) \quad r = \frac{R}{6}$$

12) точка B ( $x = \frac{R}{3}$ ):  $\varphi_C - \varphi_B = \frac{E \left( \frac{R}{3} \right) R}{\epsilon}$

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

точка D ( $x = \frac{2R}{3}$ ):  $\varphi_C - \varphi_D = \frac{E \left( \frac{2R}{3} \right) R}{\epsilon}$

$$\varphi_D = \frac{kQ}{r^2} - \frac{2R}{3} \cdot \frac{3kQ}{4R^2 \cdot \epsilon} = \frac{kQ}{r^2} - \frac{6kQ}{4\epsilon R} = kQ \left( \frac{1}{r^2} - \frac{3}{4\epsilon R} \right)$$

$$\varphi_B = 4\varphi_0, \quad \varphi_D = 3\varphi_0 \rightarrow \frac{\varphi_B}{\varphi_D} = \frac{4}{3} \rightarrow (3\varphi_B = 4\varphi_D)$$

$$3kQ \left( \frac{1}{r^2} - \frac{3}{\epsilon R} \right) = 4kQ \left( \frac{1}{r^2} - \frac{3}{4\epsilon R} \right)$$

$$\frac{3}{r^2} - \frac{9}{\epsilon R} = \frac{4}{r^2} - \frac{3 \cdot 4}{\epsilon R} \rightarrow \frac{3}{r^2} = \frac{3}{\epsilon R} - \frac{3}{\epsilon R} = \frac{15}{\epsilon R}$$

$$r = \frac{R}{6} \text{ — из графика} \quad r = \frac{R}{15} \Rightarrow \epsilon = \frac{15r}{R}$$





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.

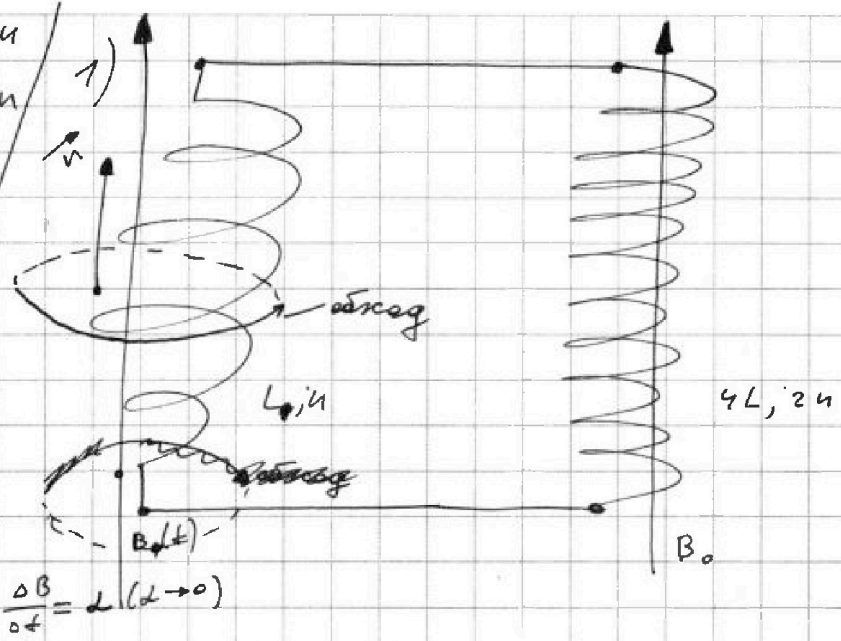
- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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.  $L_1 = L$ ;  $n_1 = n$   
 $L_2 = 4L$ ;  $n_2 = 2n$   
 $S'$

- 1)  $I_1(t) = ?$   
2)  $I_2(t) = ?$

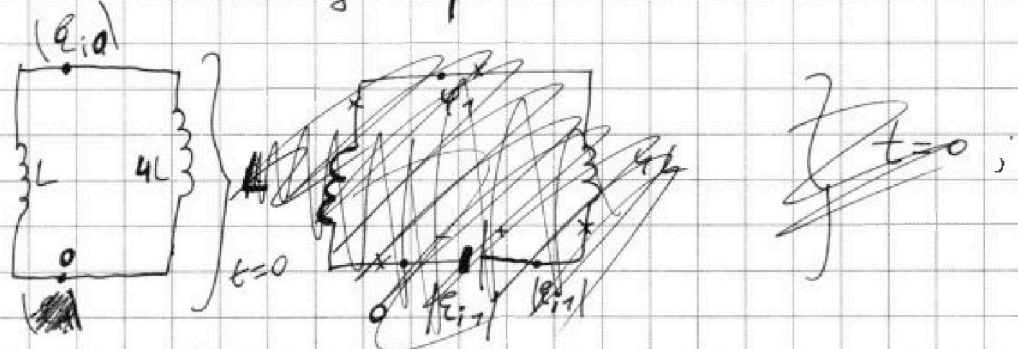


если  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = l$ , то  $\Delta B = l \cdot \Delta t \rightarrow$   ~~$B(t) = B_0 + l \cdot t$~~   
 $B(t) = B_0 + l \cdot t$ ;

~~$\Phi_1 = L I_1$~~   $\Phi_1 = B \cdot n S' \cdot \cos 0^\circ = B n S'$

$\mathcal{E}_{i0} = -\Phi_1'(t) = -n S' \cdot B'(t) = -n S' \cdot l = -n S' \cdot l$

зависит. цепь (ток считаем на  $t=0$  не помешает):



~~$U_L = L I_1$~~   ~~$U_{4L} = 4L I_2$~~

$U_L = |\mathcal{E}_{i0}| - 0 = n S l$ ;  $U_{4L} = L I_1'(0) = n S l$



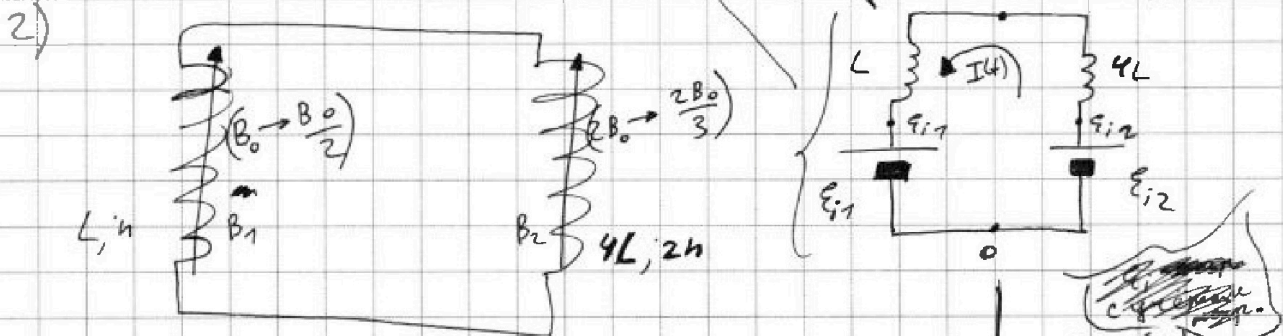
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

$$I'(0) = \frac{u_{SL}}{L}$$



по аналогии с первым пунктом вывожу  $\xi_{i1}(t)$  и  $\xi_{i2}(t)$

$$\xi_{i1}(t) = n \cdot \dot{\Phi}_1(t)$$

$$\xi_{i2}(t) = 2n \cdot \dot{\Phi}_2(t)$$

$$\xi_{\Sigma} = \xi_{i2} - \xi_{i1} =$$

$$= n \cdot \dot{\Phi} (2|\dot{\Phi}_2(t)| - |\dot{\Phi}_1(t)|)$$

$$u_{SL} = \xi_{\Sigma}$$

$$u_{SL} = u_{SL}(t) = 5L \cdot I'(t)$$

$$5L \cdot I'(t) = n \cdot \dot{\Phi} (2|\dot{\Phi}_2(t)| - |\dot{\Phi}_1(t)|) / dt$$

$$5L \cdot \Delta I_{\Sigma}(t) = 2n \cdot \dot{\Phi} B_2(t) - n \cdot \dot{\Phi} B_1(t); (*)$$

Просуммируем (\*) от  $t=0$  до  $t=t_2$ :

$$5L (I(t_2) - 0) = 2n \cdot \Phi \left( \frac{2B_0}{3} - 2B_0 \right) - n \cdot \Phi \left( \frac{B_0}{2} - B_0 \right);$$

$$5L \cdot I(t_2) = 2n \cdot \Phi \cdot \frac{4}{3} B_0 - n \cdot \Phi \cdot \frac{B_0}{2};$$

$$5L \cdot I(t_2) = B_0 n \cdot \Phi \left( \frac{8}{3} - \frac{1}{2} \right) = B_0 n \cdot \Phi \cdot \frac{16-3}{6} = \frac{13}{6} B_0 n \cdot \Phi;$$

$$I(t_2) = \frac{13 \cdot B_0 n \cdot \Phi}{30 \cdot L} \quad \text{Ответ: } 1) I'(0) = \frac{n \cdot \dot{\Phi} L}{L}; \quad 2) I(t_2) = \frac{13 B_0 n \cdot \Phi}{30 L};$$







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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

5.

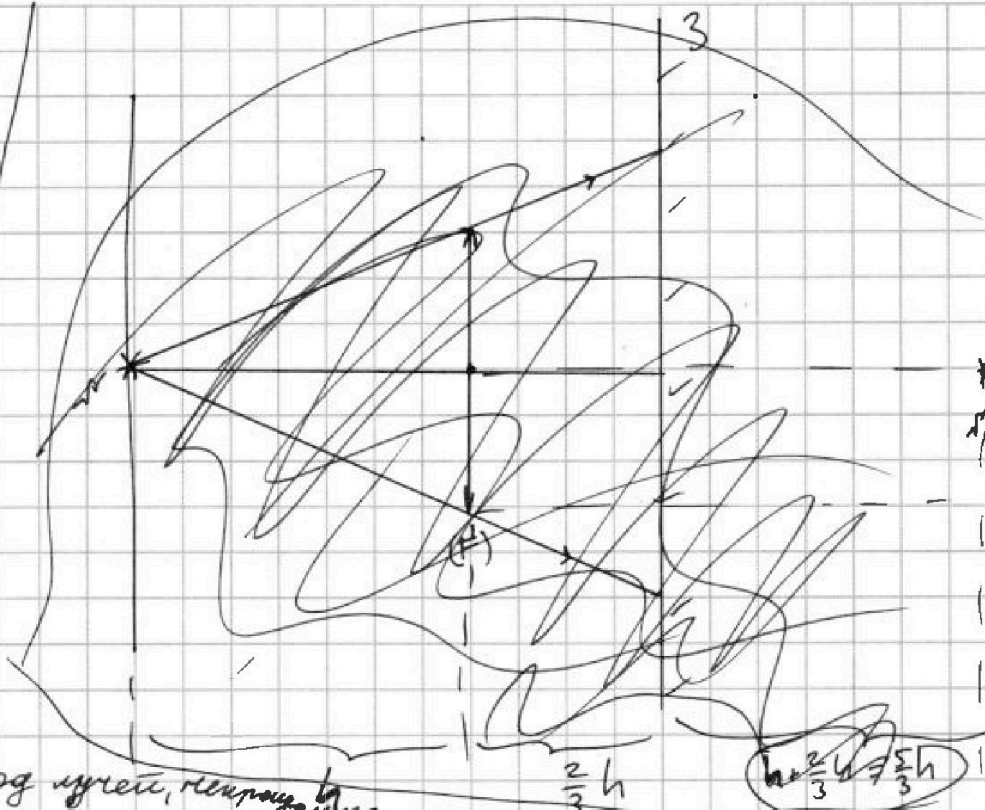
$$F = \frac{h}{2}$$

$$r = 3 \text{ см}$$

$$e = \frac{2}{3} h$$

1)  $r_{\text{зерн.}} = ?$

2)  $r_{\text{обл.}} = ?$



освещ. обл. сменяется

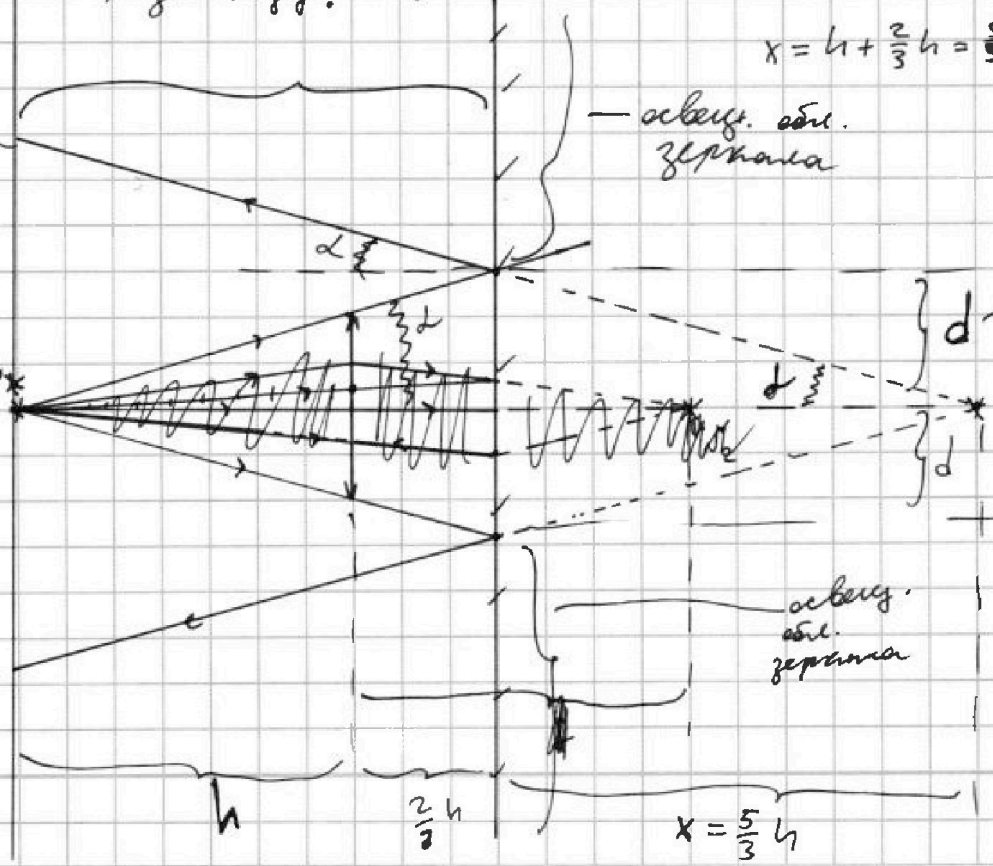
Когда лучи, не проходящие через маску:

— освещ. обл. зеркала

д — освещ. обл. зеркала

освещ. обл. зеркала

освещ. обл. сменяется





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!

формула хорды и высоты для  $r_3$  ( $d_3 = \frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h = \frac{1}{3}h$ ):

•  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{2}{h} = \frac{3}{h} + \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{1}{h} \rightarrow f = -h$

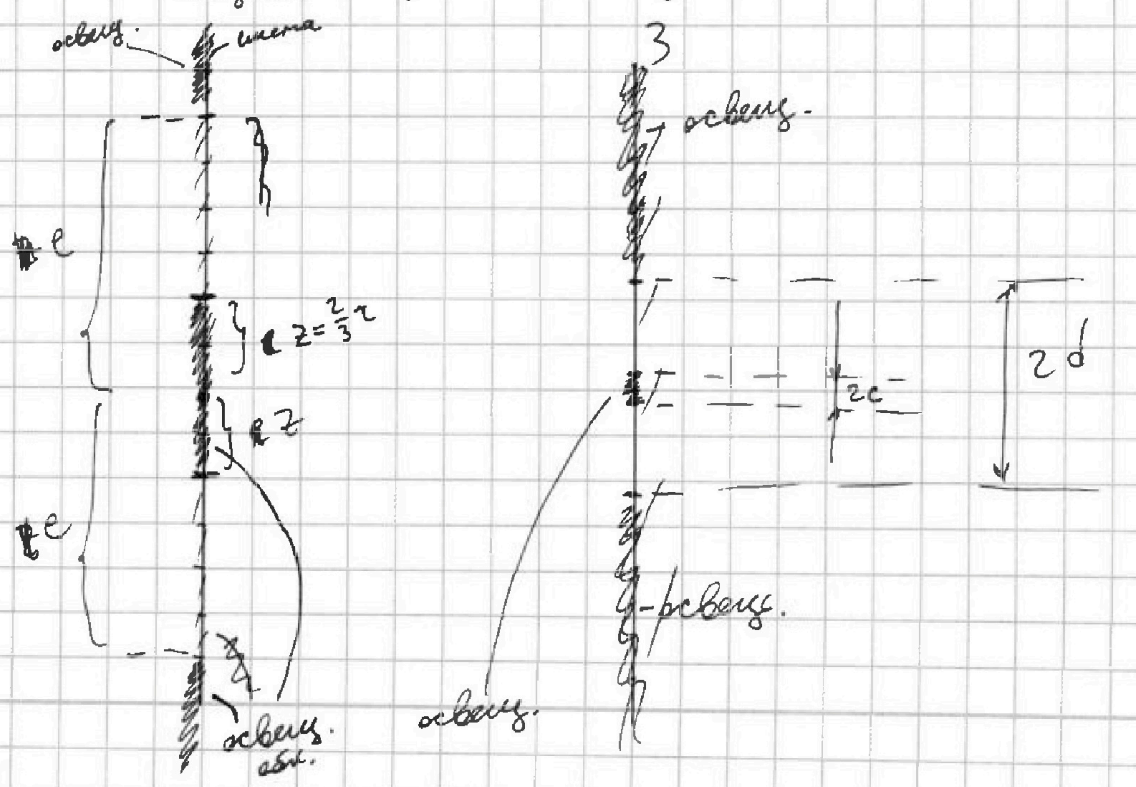
•  $\operatorname{tg} \delta = \frac{b}{y} = \frac{3b}{h} = \frac{\pi}{h} \rightarrow b = \frac{\pi}{3}$

$\operatorname{tg} \delta = \frac{\pi}{h}$ ;

$\operatorname{tg} \delta = \frac{3b}{h}$ ;  $\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{h} \rightarrow \operatorname{tg} \beta = \frac{\pi}{3h}$

$z = 2h \cdot \operatorname{tg} \beta = 2h \cdot \frac{\pi}{3h} \Rightarrow z = \frac{2\pi}{3}$  — радиус осев. абст. иной.  
 $c = y \cdot \operatorname{tg} \delta = \frac{1}{3}h \cdot \frac{\pi}{h} = \frac{\pi}{3}$

общий рисунок осевых элементов:





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!

$$S_{\text{стенка}} = \pi \cdot e^2 - \pi \cdot z^2 = \pi(e-z)(e+z) =$$

$$= \pi \left( \frac{20}{3} \text{ м} - \frac{2}{3} \text{ м} \right) \left( \frac{20}{3} \text{ м} + \frac{2}{3} \text{ м} \right) = \pi \cdot \frac{8}{3} \text{ м} \cdot \frac{42}{3} \text{ м} = \frac{32\pi}{3} \cdot \text{м}^2,$$

$$S_{\text{зерка}} = \pi \cdot d^2 - \pi \cdot c^2 = \pi(d-c)(d+c) =$$

$$= \pi \left( \frac{5}{3} \text{ м} - \frac{1}{3} \text{ м} \right) \left( \frac{5}{3} \text{ м} + \frac{1}{3} \text{ м} \right) = \pi \cdot \frac{4}{3} \text{ м} \cdot 2 \text{ м} = \frac{8}{3} \pi \text{ м}^2$$

$$S_{\text{стенка}} = \frac{32\pi}{3} \cdot 9 \text{ м}^2 = 96\pi \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{зерка}} = \frac{8}{3} \pi \cdot 9 \text{ м}^2 = 24\pi \text{ м}^2.$$

$$\text{Ответ: } S_{\text{стенка}} = 96\pi \text{ м}^2; S_{\text{зерка}} = 24\pi \text{ м}^2.$$