



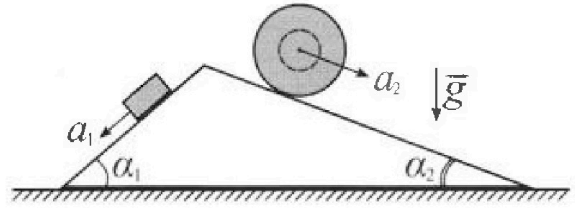
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

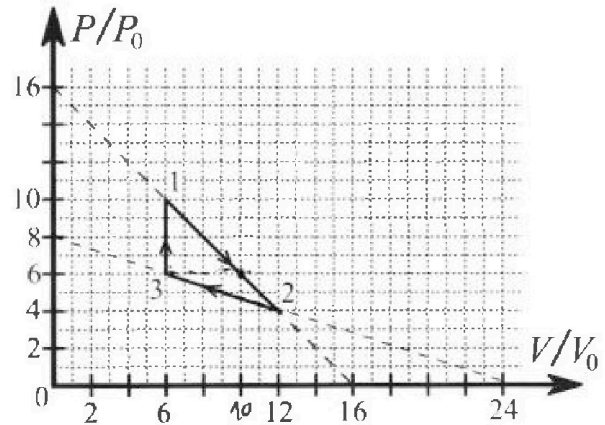
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



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

К каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.

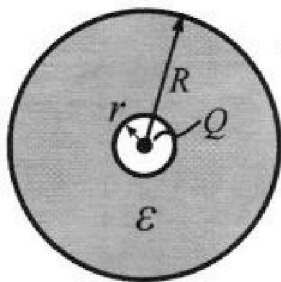


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

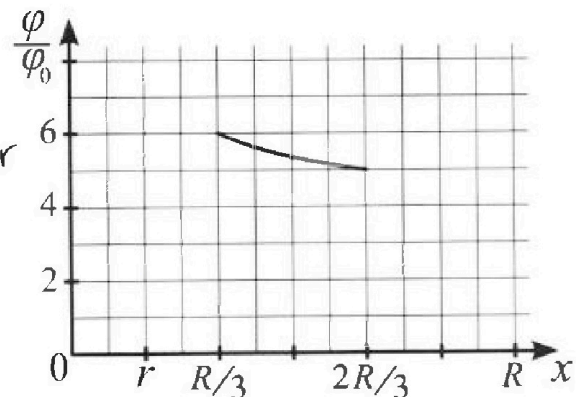
Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

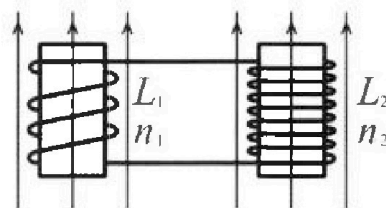
## Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

$$\varepsilon = \Phi B \cos \alpha \quad \Phi = BS \cos \alpha$$

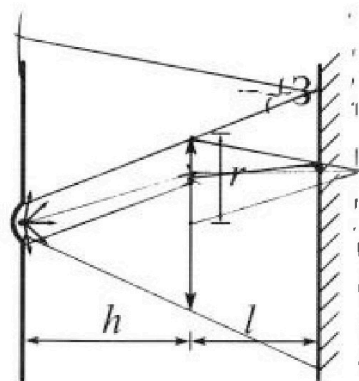


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



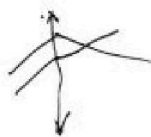
- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью  $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $3B_0/4$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $4B_0$  до  $8B_0/3$ , 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  $F = 2h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 4$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h/2$  расположено параллельно стене плоское зеркало. 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.



$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 244 \\ \hline 884 \\ 432 \\ \hline 5184 \\ - 49 \\ \hline 5135 \end{array}$$

$$\frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{4}{12} \cdot \frac{1}{12} = \frac{1}{36}$$

$$\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} = 2$$

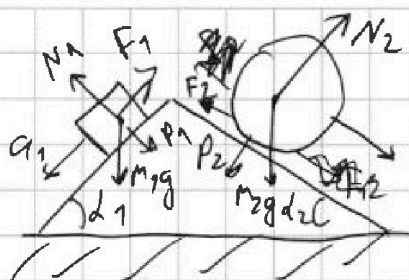


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

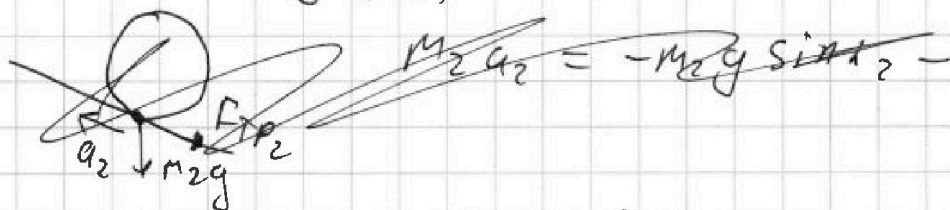
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!



$$\begin{aligned} \sqrt{1} \\ 1) \quad m_1 a_1 &= m_1 g \sin \alpha_1 - F_1 \\ F_1 &= m_1 (g \sin \alpha_1 - a_1) = \\ &= m \left( \frac{3}{5} g - \frac{5}{17} g \right) = \\ &= m \left( \frac{51 - 25}{85} g \right) = \frac{26}{85} mg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad m_2 a_2 &= m_2 g \sin \alpha_2 + F_2 \\ F_2 &= m_2 (a_2 - g \sin \alpha_2) = m_2 (g \sin \alpha_2 - a_2) = \\ &= \frac{9}{4} mg \cdot g \left( \frac{8}{17} - \right. \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} m_2 a_2 &= -m_2 g \sin \alpha_2 - \\ m_2 a_2 &= m_2 g \sin \alpha_2 - F_2 \\ F_2 &= m_2 (g \sin \alpha_2 - a_2) = \\ &= \frac{9}{4} mg \cdot \left( \frac{8}{17} - \frac{8}{27} \right) = 18 mg \cdot \frac{10}{17 \cdot 27 \cdot 3} = \frac{20}{51} mg \end{aligned}$$

3) Труска и шар взаимодействуют на клин с силами  $P_1 = m_1 |\vec{N}_1|$  и  $P_2 = |\vec{N}_2|$

$$\begin{aligned} N_1 &= m_1 g \cos \alpha_1 & N_2 &= m_2 g \cos \alpha_2 \\ P_1 &= \frac{4}{5} mg & P_2 &= \frac{9}{4} mg \cdot \frac{15}{17} = \frac{135}{68} mg \end{aligned}$$

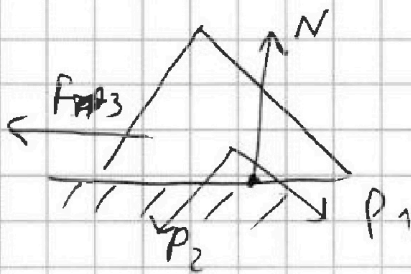


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



~~$289 \cdot 400 + 160 \cdot 18 = 3468$~~   
 ~~$N = P_1 \cos \alpha_1 + P_2 \cos \alpha_2 =$~~   
 ~~$= \frac{13}{4} Mg$~~   
 ~~$27000 \cdot 4 = 108000$~~   
 ~~$13500 \cdot 8 = 108000$~~   
 ~~$6750$~~

$$0 = F_3 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 - P_1 \cdot \sin \alpha_1$$

$$F_3 = P_1 \sin \alpha_1 - P_2 \sin \alpha_2 = \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} Mg - \frac{135}{68} \cdot \frac{8}{17} Mg =$$

$$= Mg \left( \frac{12}{25} - \frac{270}{172} \right) = \frac{12 \cdot 289 - 270 \cdot 25}{(17.5)^2} \cdot Mg =$$

$$= \frac{-3468 - 6750}{(17.5)^2} Mg = \frac{-3282}{(17.5)^2} Mg$$

$$|F_3| = \frac{3282}{(17.5)^2} Mg$$

Ответ:  $F_1 = \frac{26}{85} Mg$ ,  $F_2 = \frac{250}{51} Mg$

$$F_3 = \frac{3282}{(17.5)^2} Mg$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 3

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

$$1) \quad |\Delta U_{12}| = \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \left| \frac{3}{2} (48 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) \right| =$$

$$= .78 p_0 V_0$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = .7 p_0 \cdot 6 V_0 = 42 p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{12}|}{A_{12}} = \frac{9}{27}$$

$$2) \quad p_3 V_3 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{36 p_0 V_0}{\nu R}$$

Найдем уравнение прямой графика

$$12 \quad \frac{p}{p_0} = 16 - \frac{V}{V_0}$$

$$p V = \nu R T_{\max}$$

$T_{\max}$  - максимальная температура на графике 12

$$T_{\max} = \frac{pV}{\nu R}$$

$T_{\max}$  будет максимальным при  $p \cdot V$  максимальном

$$p \cdot V = p_0 V_0 \left( 16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) \rightarrow \max$$

парабола ветви вниз

$$V^* = \frac{16 p_0 V_0}{2 \cdot \frac{p_0}{V_0}} = 8 V_0$$

$$p^* = 8 p_0$$

$$T_{\max} = \frac{64 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{\frac{64 p_0 V_0}{\nu R}}{\frac{36 p_0 V_0}{\nu R}} = \left( \frac{8}{6} \right)^2 = \left( \frac{4}{3} \right)^2 = \frac{16}{9}$$



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!

$$3) \quad J = \frac{Q_+}{A} \quad A_{123} = \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 4\rho_0 = 12\rho_0 V_0$$

$$Q_{13} > 0 \quad Q_{23} < 0$$

А на участке 12  $Q_{system} > 0$ ,  
а участка 23  $Q_{system} < 0$   $\Rightarrow$   $Q_{system} > 0$   $\Rightarrow$   $Q_{system} > 0$

$$\begin{aligned} \delta Q_{sys} &= \delta Q_+ + \delta Q_- \\ \delta Q_+ &= \delta Q_+ \\ \delta Q_- &= -\delta Q_- \\ \delta U &= -\delta A \\ \delta U &= \frac{3}{2} (p_1 V_1^2 - p_2 V_2^2) \\ &= \frac{3}{2} (16\rho_0 - \frac{\rho_0}{V_0} V^2) - V (16\rho_0 - \frac{\rho_0}{V_0} V) \\ &= \frac{3}{2} (16\rho_0 - \frac{2\rho_0}{V_0} V) - V (16\rho_0 - \frac{2\rho_0}{V_0} V) \\ &= \frac{3}{2} \cdot \frac{2\rho_0}{V_0} (V - V_0) = \frac{3\rho_0}{V_0} (V - V_0) \\ \delta A &= - \left( \frac{p_1 + p_2}{2} (V - V_0) \right) \end{aligned}$$

$Q = \text{const}$  при  $p_0 V_0 = \text{const}$ .  $\gamma = \frac{5}{3}$

$$\begin{aligned} \left( (16\rho_0 - \frac{\rho_0}{V_0} V) V \right)^{\frac{5}{3}} &= (\text{const}) \\ \frac{5}{3} \cdot 16\rho_0 V^{\frac{2}{3}} &= \frac{5}{3} \cdot \frac{\rho_0}{V_0} V^{\frac{5}{3}} \Rightarrow V = 10V_0 \end{aligned}$$

адиобата касается  $\theta$  прямой  $\frac{p}{\rho_0} = 16 - \frac{V}{V_0}$

в точке  $(10, 0)$  это точка  $\theta \Rightarrow$

$$\begin{aligned} Q_+ &= Q_{13} + Q_{14} = \frac{1}{2} (60\rho_0 V_0 - 30\rho_0 V_0) + \frac{1}{2} \cdot 30\rho_0 V_0 \\ &= 30\rho_0 V_0 + 30\rho_0 V_0 = 60\rho_0 V_0 \Rightarrow J = \frac{60\rho_0 V_0}{12\rho_0 V_0} = 5 \end{aligned}$$

ответ:  $A_{123} = 12\rho_0 V_0$ ,  $T_{max} = \frac{16}{2}$ ,  $J = 5$



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  
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!

Найдем на участке 23 точку  
где будем пересекать  $Q > 0$  и  $Q < 0$   
таким образом эта точка 5

$$pV^\gamma = \text{const} \quad \gamma = \frac{5}{3}$$

$$\left( 8p_0 - \frac{p_0}{3V_0} V \right) V^{\frac{5}{3}} = 0$$

$$\frac{40}{3} p_0 V^{\frac{2}{3}} - \frac{8p_0}{V_0} V^{\frac{5}{3}} = 0 \Rightarrow V = \frac{5}{3} V_0$$

эта точка не принадлежат  
отрезку ~~32~~ 23 поэтому  $Q_{2350}$

$$Q_+ = Q_{13} + Q_{14} = \frac{1}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) +$$
$$+ \frac{42}{2} p_0 V_0 = 36 p_0 V_0 + 8 p_0 V_0 = 44 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{12 p_0 V_0}{44 p_0 V_0} = \frac{3}{11}$$

$$\text{Ответ: } \left| \frac{A_{14}}{A_{12}} \right| = \frac{9}{27}$$

$$\frac{\Gamma_{\text{max}}}{\Gamma_3} = \frac{16}{9}$$

$$\eta = \frac{3}{11}$$



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!

$$1) \quad -L_1 \frac{dI_1}{dt} = \frac{d(B_1 S)}{dt} n_1 \cos \alpha = 1$$
$$I_1 = \frac{2 S n}{L_1}$$

$$\text{Ответ: } \dot{I}_1 = \frac{2 S n}{L_1}$$

$$2) \quad -\frac{dI}{dt} (L_1 + L_2) = \frac{d(B_1 S)}{dt} n_1 - \frac{d(B_2 S)}{dt} n_2$$

$$-\frac{dI}{dt} (L_1 + L_2) = S \left( \frac{dB_1}{dt} n_1 - \frac{dB_2}{dt} n_2 \right)$$

$$-(L_1 + L_2) \int_0^I dI = S n_1 \int_{B_0}^{\frac{3}{2} B_0} dB_1 - S n_2 \int_{B_0}^{\frac{3}{2} B_0} dB_2$$

$$I \cdot (L_1 + L_2) = \frac{B_0 n S}{4} - 2 B_0 n S$$

$$\Rightarrow |I| = \frac{7 B_0 n S}{4(L_1 + L_2)}$$

$$\text{Ответ: } \dot{I}_1 = \frac{2 S n}{L_1}$$

$$I = \frac{7 B_0 n S}{4(L_1 + L_2)}$$



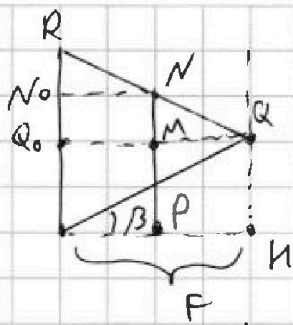


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 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!



$$QM = \operatorname{tg} \beta \cdot F = \frac{r_0 F}{h} = \frac{2}{3} r_0; \quad NN_0 = L = \frac{h}{2}$$

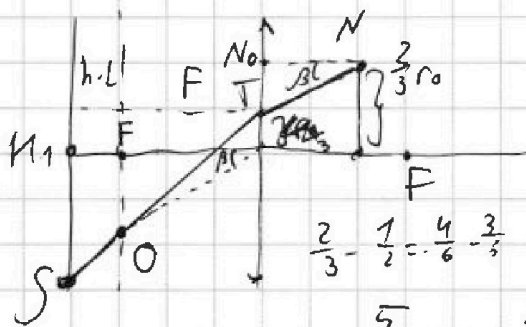
$$\frac{NM}{RQ_0} = \frac{F-L}{F} = 1 - \frac{L}{F} = \frac{1}{4}$$

$$RQ_0 = r_0 - QM = \frac{r_0}{3} \Rightarrow NM = \frac{r_0}{12}$$

$$\operatorname{tg} \angle RNN_0 = \frac{r_0}{2h} = \frac{r_0}{L}$$

Этот луч отражается под таким же углом от зеркала

и этот луч еще раз пересекает миззу



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{OF}{F} \Rightarrow OF = \frac{r_0 F}{h} = \frac{2}{3} r_0$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{NO}{NN_0} \Rightarrow NO = \frac{r_0}{h} \cdot \frac{h}{2} = \frac{r_0}{2}$$

$$h_1 S + \frac{r_0}{6} = \frac{F}{h} = \frac{2}{3}$$

$$h_1 S = \frac{5}{6} r_0 \cdot \frac{2}{3} - \frac{r_0}{6} = \frac{r_0}{6} \left( \frac{5}{3} \cdot \frac{2}{3} - 1 \right) = \frac{7}{18} r_0$$

чем больше  $r_0$  тем больше освещенная часть,  $r_0 = r = 3 \text{ см}$

$$R_2 = h_1 S = \frac{7}{6}$$

$$S_2 = \pi \left( (2R_1)^2 - (R_2)^2 \right) = \pi \left( 144 - \frac{49}{36} \right) = \pi \left( \frac{144 \cdot 36 - 49}{36} \right) = \frac{5135}{36} \pi \text{ см}^2$$

Ответ:  $S_1 = 27\pi \text{ см}^2$

$$S_2 = \frac{5135}{36} \pi \text{ см}^2$$

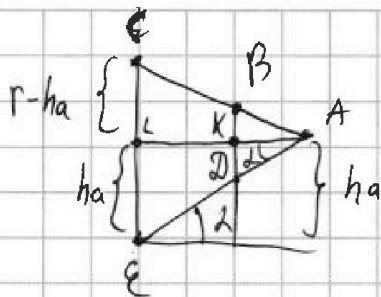
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Надо найти высоту точки B <sub>нв</sub>

~~$$\frac{AD}{DE} = \frac{F-L}{L} = \frac{AK}{KL}$$~~

$$\frac{AD}{AE} = \frac{F-L}{F} = \frac{AK}{AL} = \frac{KB}{CL}$$

$$KB = (r-ha) \frac{F-L}{F} = \frac{1}{3r} \cdot (1 - \frac{3}{4}) = \frac{1}{3} \text{ см}$$

$$R_{\text{осв}} = ha + KB = \frac{8}{3} + \frac{1}{3} = 3 \text{ см} - \text{радиус освещаемой окружности}$$

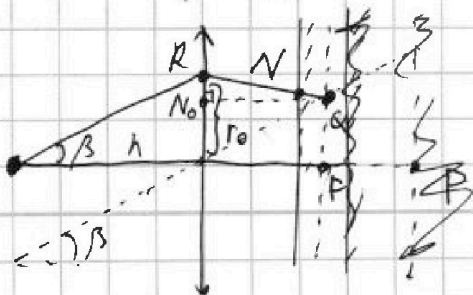
$$S_1 = \pi (R_1^2 - R_{\text{осв}}^2) = 24\pi \text{ см}^2 - \text{площадь освещенной части зеркала}$$

2) Если мы опять зациклимся между предметом и зеркалом, тогда она не пропускает свет, но радиус освещенной части будет равен  $2R_1$ , т.к. луч пойдет от зеркала под таким же углом.

~~Если мы уберем предмет, то рассмотрим предельный случай, когда луч проследит через верхнюю часть линзы~~

~~$$\tan \angle CAI = \frac{r-ha}{F} = \frac{\frac{1}{3}r}{\frac{2h}{3}} = \frac{r}{2h} = \frac{3}{4} \text{ см.}$$~~

~~От которого опоздает луч от зеркала~~  
Уберем предмет и пусть луч проследит линзу на высоте  $r_0$



$$\tan \beta = \frac{r_0}{h} \quad \text{QA - предельный луч}$$

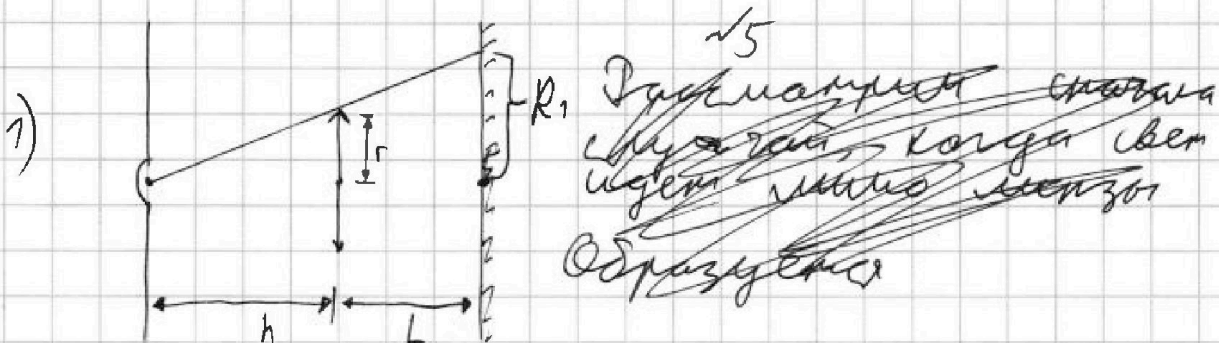


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Если мы поставим перед линзой предмет, тогда она не пропускает свет, но образуется неосвещенная часть окружности радиуса  $R_1$   

$$h = \frac{h+L}{R_1} \quad R_1 = f \left( 1 + \frac{L}{h} \right) = 6 \text{ см}$$

Теперь уберем предмет от линзы и она будет пропускать свет

Рассмотрим предельный случай, когда свет проходит через верхнюю точку м.к. линзы собирающей линзы



$\text{tg} \alpha = \frac{f}{h}$   
 Проведем прямую // главной через центр линзы

Оба луча пересекутся в одной точке на главной оси

Найдем точку пересечения луча и зеркала  
 высота точки A  $h_a = \text{tg} \alpha \cdot f = \frac{2}{3} h \cdot \frac{f}{h} = \frac{2}{3} f$



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!

$$P = 8 P_0 \left( \frac{V}{3 V_0} \right)^{\frac{5}{3}}$$
$$P \cdot V^{\frac{5}{3}} = 8 P_0 V_0^{\frac{5}{3}} \left( \frac{V}{3 V_0} \right)^{\frac{5}{3}} \cdot V$$
$$P \cdot V^{\frac{5}{3}} = \frac{8 P_0 V^{\frac{5}{3}}}{3^{\frac{5}{3}}}$$
$$\frac{4 P_0}{3} V^{\frac{5}{3}} = \frac{8 P_0}{3^{\frac{5}{3}}} V^{\frac{5}{3}}$$
$$\frac{4}{3} P_0 \cdot V^{\frac{5}{3}} = \frac{8 P_0}{3^{\frac{5}{3}}} V^{\frac{5}{3}}$$
$$V = \frac{3}{3} V_0$$