



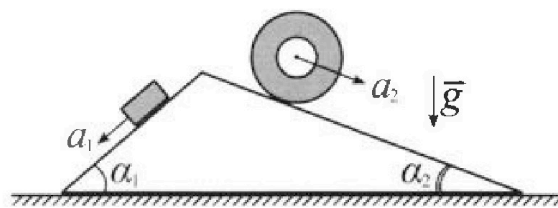
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

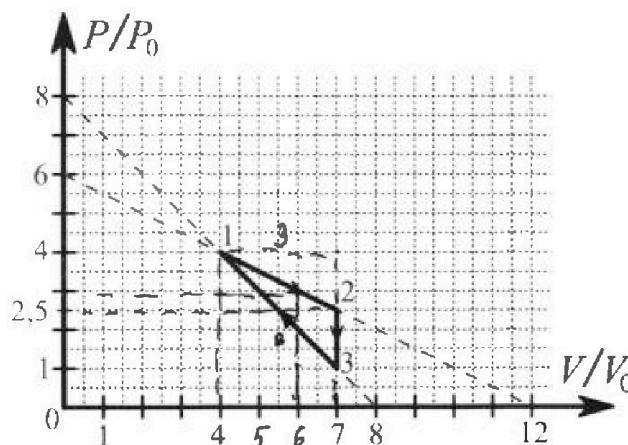


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

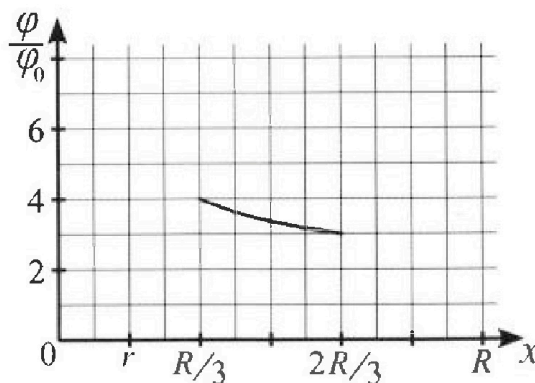
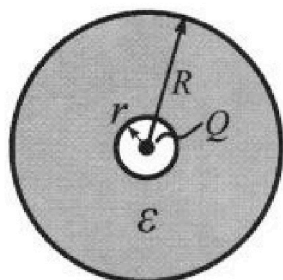
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .



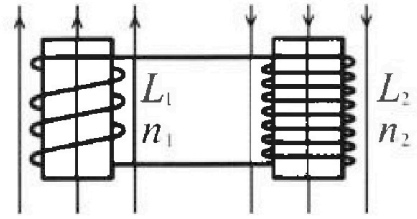
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

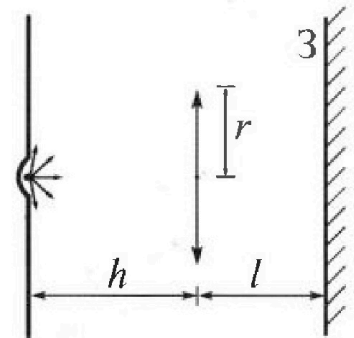


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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) 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  $B_0/2$ , 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 неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



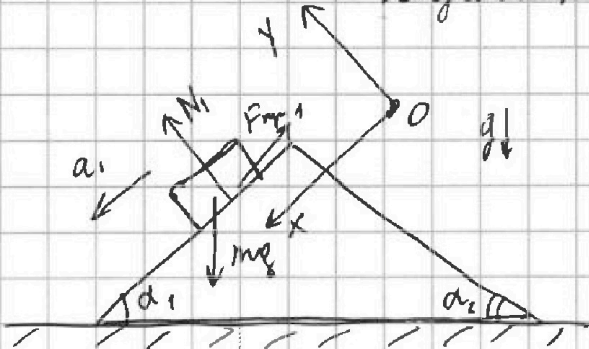
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача №1



1) Рассмотрим только блок массой  $m$

по 2 ЗМ:

$$x: -F_{mp1} + mg \sin \alpha_1 = ma_1$$

$$y: N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$F_{mp1} = N_1 \mu_1$$

$$F_{mp1} = mg \sin \alpha_1 - ma_1 =$$

$$= mg \cdot \frac{3}{5} - m \frac{5g}{13} = m \left( \frac{3g}{5} - \frac{5g}{13} \right) =$$

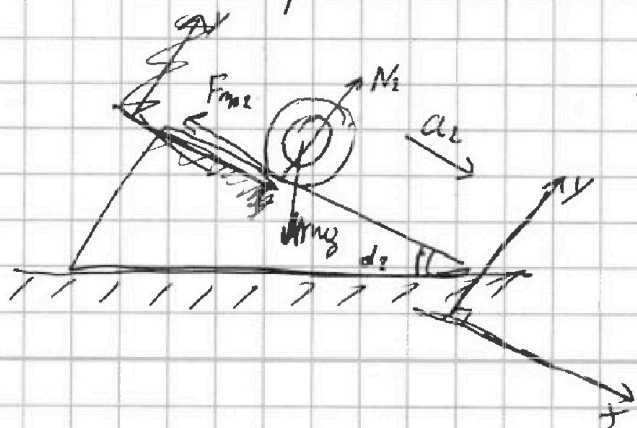
~~$$= mg \left( \frac{39}{65} - \frac{25}{65} \right) = mg \left( \frac{14}{65} \right) =$$~~

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

~~$$F_{mp1} = \frac{14}{65} mg$$~~

$$F_{mp1} = \frac{14}{65} mg$$

2) Рассмотрим только цилиндр массой  $4m$



по 2 ЗМ:

$$y: N_2 = mg \cos \alpha_2$$

$$x: -F_{mp2} + 4mg \sin \alpha_2 = 4ma_2$$

$$F_{mp2} = 4mg \sin \alpha_2 - 4ma_2$$





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!

$$F_{\text{mp}2} = 4 \text{ mg} \sin \alpha_2 - 4 \text{ mg} \cdot \frac{5}{24} = 4 \text{ mg} \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) =$$

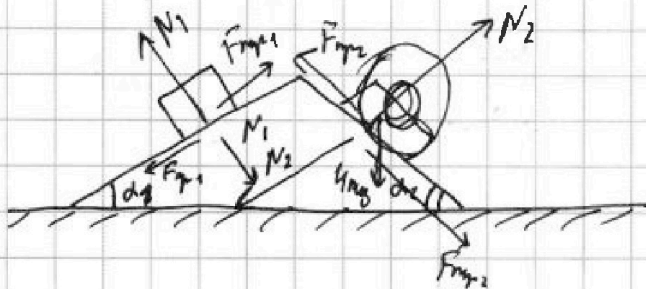
$$= 4 \text{ mg} \left( \frac{120 - 65}{312} \right) = 4 \text{ mg} \cdot \frac{55}{312} = \frac{55}{78} \text{ mg}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ + 75 \\ \hline 99 \\ + 24 \\ \hline 123 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 312 \cdot 4 \\ - 2878 \\ \hline 32 \end{array}$$

$$F_{\text{mp}2} = \frac{55}{78} \text{ mg}$$

3) Рассмотрим шарики

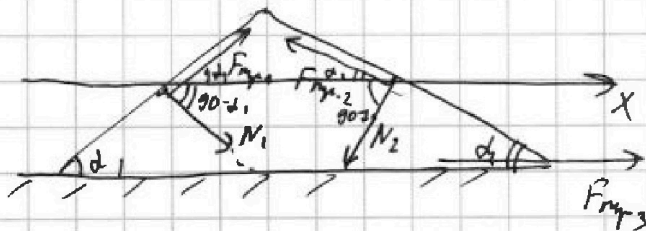


На шары действуют силы реакции и трения от тел на них.

Сделаем рисунок шарика без тел на нём, но с действующими от них силами, чтобы было удобнее

Только на шар действует сила трения от стола

только на шар действует сила трения от стола



по 2 ЗМ:

$$x: F_{\text{mp}3} - N_2 \cos(90 - \alpha_2) -$$

$$- F_{\text{mp}2} \cos \alpha_2 + F_{\text{mp}1} \cos \alpha_1 +$$

$$+ N_1 \cos(90 - \alpha_1) = 0$$





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  
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!

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$N_2 = mg \cos \alpha_2$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ 12 \\ 26 \\ 13 \\ \hline 256 \end{array} \quad \begin{array}{r} 55 \\ 12 \\ 110 \\ 110 \\ 55 \\ \hline 660 \end{array}$$

$$F_{mp3} = mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 + F_{mp2} \cos \alpha_2 - F_{mp1} \cos \alpha_1 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1$$

$$F_{mp3} = mg \cdot \frac{60}{169} + \frac{55}{78} mg \cdot \frac{12}{13} - \frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{12}{25} =$$

$$= mg \left( \frac{60}{169} + \frac{55}{78} \cdot \frac{12}{13} - \frac{14 \cdot 4}{65 \cdot 5} - \frac{12}{25} \right) = mg \left( \frac{60}{169} + \frac{55 \cdot 12}{78 \cdot 13} - \frac{56}{13 \cdot 5^2} - \frac{156}{13 \cdot 5^2} \right) =$$

$$= mg \left( \frac{60}{13^2} + \frac{660}{13^2 \cdot 6} - \frac{212}{13 \cdot 5^2} \right) = mg \left( \frac{360 + 660}{13^2 \cdot 6} - \frac{212}{13 \cdot 5^2} \right) = mg \left( \frac{170}{13^2} - \frac{212}{13 \cdot 5^2} \right) =$$

$$= mg \left( \frac{170 \cdot 25}{13^2 \cdot 5^2} - \frac{212 \cdot 13}{13^2 \cdot 5^2} \right) = \left( \frac{4250 - 2786}{13^2 \cdot 5^2} \right) mg = \left( \frac{1464}{13^2 \cdot 5^2} \right) mg = \frac{1464}{4225} mg$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 170 \\ \cdot 25 \\ \hline 185 \\ 34 \\ \hline 4250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 212 \\ \cdot 13 \\ \hline 636 \\ 212 \\ \hline 2786 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 610 \\ \cdot 10 \\ \hline 4250 \\ - 2786 \\ \hline 1464 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1464 \cdot 13 \\ \hline 13 \\ \hline 19632 \\ - 13 \\ \hline 1464 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 170 \\ \cdot 25 \\ \hline 185 \\ + 212 \\ \hline 397 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$F_{mp3} = \frac{1464}{4225} mg$$

Ответы: 1)  $F_{mp1} = \frac{14}{65} mg$

2)  $F_{mp2} = \frac{55}{78} mg$

3)  $F_{mp3} = \frac{1464}{4225} mg$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 7

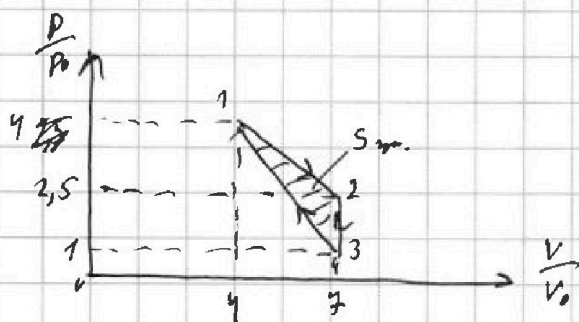
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

### Задача №2

Кон-во молекул газа в каждый момент времени остаётся постоянным  $\rightarrow$  справедлива формула Клапейрона - Менделеева

$$pV = \nu RT$$

1) Работа газа за цикл это площадь внутри цикла графика  $S_{ци}$



$$A_{\Sigma} = +S_{ци} = \frac{1}{2} \left( \frac{3}{2} \frac{p_0}{p_0} \right) \left( 3 \frac{V_0}{V_0} \right) = \frac{9}{4} \frac{p_0 V_0}{p_0 V_0} = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

Рассчитаем приращение внутренней энергии газа в процессе 2-3:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) = \frac{3}{2} (7 p_0 V_0 - 7 p_0 V_0 \cdot 2.5) = -\frac{3}{2} (7 p_0 V_0 \cdot \frac{3}{2}) = -\frac{9}{4} \cdot 7 p_0 V_0 = -\frac{63}{4} p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U|}{A_{\Sigma}} = \frac{\frac{63}{4} p_0 V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 7$$

$$\boxed{\frac{|\Delta U|}{A_{\Sigma}} = 7}$$

2) Процесс 1-2 - прямая с отрицательным наклоном: задаёмся формулой  $V = V_0 k \varepsilon + b$





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!

Выведем найдем эту зависимость

$$\begin{aligned} 4V_0 &= kV_0 + b \\ 2,5V_0 &= kV_0 + b \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} - \\ + \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 1,5V_0 = -2p \\ 1,5V_0 = -2p \end{array}$$

$$V = kp + b$$

$$4V_0 = k4p_0 + b$$

$$2,5V_0 = kp_0 + b$$

$$1,5V_0 = -3kp_0 \quad k = -\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0}$$

$$4V_0 = -\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} \cdot 4p_0 + b$$

$$4V_0 = -2V_0 + b \quad b = 6V_0$$

$$V = -\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} p + 6V_0$$

для любой точки этой прямой

$$pV = \text{const}$$

$$-\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 6V_0 p = \text{const}$$

найдем максимум этой функции

$$\left(-\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 6V_0 p\right)' = \text{const}'$$

$$-\frac{V_0}{p_0} p + 6V_0 = 0$$

$$6V_0 = \frac{V_0}{p_0} p$$

$$\frac{p}{p_0} = 6$$

$p = 6p_0$  — значит при такой давлении в этом процессе максимальная температура

$$pV = \nu RT$$

$$T = \frac{pV}{\nu R}$$



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 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!

$$4V_0 = k \cdot 4p_0 + b$$

$$7V_0 = k \cdot 2,5p_0 + b$$

$$-3V_0 = k \cdot 1,5p_0$$

$$k = -2 \frac{V_0}{p_0}$$

$$4V_0 = -2 \frac{V_0}{p_0} 4p_0 + b$$

$$4V_0 = -8V_0 + b \quad b = 12V_0$$

$$pV = \text{const}$$

$$V_2 = -2 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0$$

$$p \left( -2 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0 \right) = -2 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12V_0 p$$

$$\left( -2 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12V_0 p \right)' = \text{const} = 0$$

$$-4 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0 = 0$$

$$4 \frac{V_0}{p_0} p = 12V_0$$

$$\frac{V_0}{p_0} p = 3V_0$$

$$\frac{p}{p_0} = 3 \quad p = p_0 \cdot 3$$

т.к.  $pV = \nu RT$ ; то при максимальном значении  $pV$  будет максимальная температура.

$\Rightarrow T_{1-2 \text{ max}}$  будет при  $p = 3p_0$

$$T = \frac{pV}{\nu R}$$

$$T_{1-2 \text{ max}} = \frac{18 p_0 V_0}{\nu R}$$

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

$$\frac{T_{1-2 \text{ max}}}{T_1} = \frac{18 p_0 V_0 \nu R}{16 p_0 V_0 \nu R} = \frac{9}{8}$$



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  
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!

$$3) \eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\text{п}}}$$

газ нагревается в процессе 1-2 до  $T_{1-2} \text{ макс}$  и

в процессе 3-1 до  $T_{3-1} \text{ макс}$

Найдём зависимость 2 прямой (процесс 3-1)

$$V = k p + b$$

$$4V_0 = 4k p_0 + b$$

$$7V_0 = k p_0 + b$$

$$-3/2 \cdot 3k p_0$$

$$k = -\frac{V_0}{p_0}$$

$$4V_0 = -4\frac{V_0}{p_0} p_0 + b$$

$$b = 8V_0$$

$$V = -\frac{V_0}{p_0} p + 8V_0$$

$$pV = p \left( -\frac{V_0}{p_0} p + 8V_0 \right) = -\frac{V_0}{p_0} p^2 + 8V_0 p = \text{const}$$

$$\left( -\frac{V_0}{p_0} p^2 + 8V_0 p \right)' = 0$$

$$-2\frac{V_0}{p_0} p + 8V_0 = 0 \quad +2\frac{V_0}{p_0} p = 8V_0$$

$$\frac{p}{p_0} = 4 \quad p = 4p_0$$

- Значит максимум температуры в процессе 1-3 был достигнут ~~в~~ при давлении  $p = 4p_0$





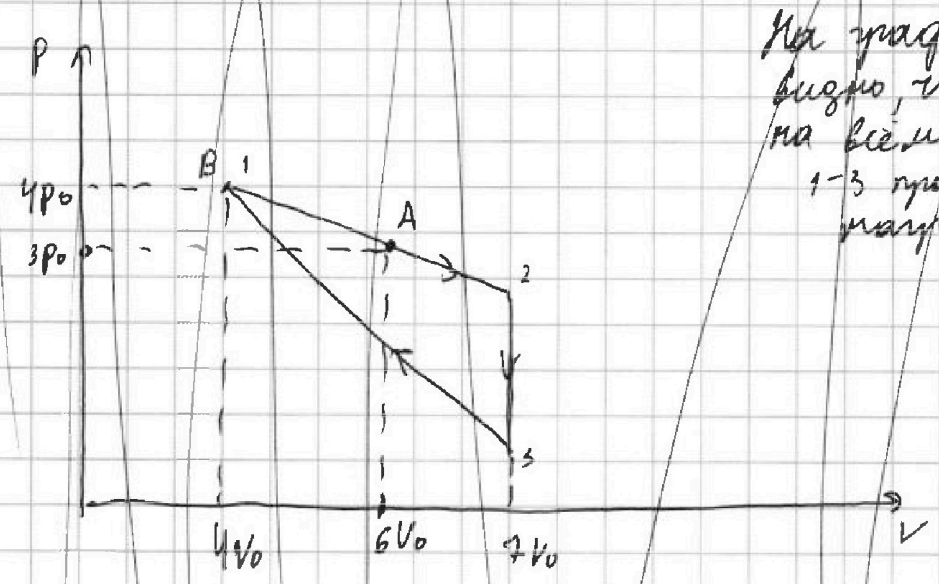
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
5 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!

по графику найдем  $Q_M$



На графике видно, что на всем протяжении 1-3 происходит нагрев

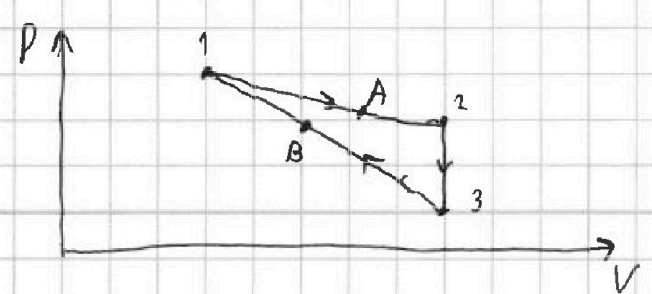
$$Q_M = Q_{1-A} + Q_{31} =$$

$$Q_{1-A} = \frac{3}{2} \nu (pV) + A_{1-A} = \frac{3}{2} (18p_0V_0 - 16p_0V_0) + 2V_0 + \frac{7p_0}{2} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 2p_0V_0 + 7p_0V_0 = 10p_0V_0$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \nu (pV) + A_{31}$$

Выразим кол-во теплоты для процесса 1-А (на графике показан)







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  
6 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!

$$Q_{1-A} = \frac{3}{2} D(pV) + A_{1-A} = \frac{3}{2} \left( p \left( -2 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0 \right) + \frac{4p_0 + p}{2} \cdot (V_A - 4V_0) \right) =$$

$$= -3 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 16 p V_0 + \left( 2p_0 + \frac{p}{2} \right) \left( -2 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0 \right) = 24 p_0 V_0$$

$$= -3 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 16 p V_0 + -4V_0 p - \frac{V_0}{p_0} p^2 + 6 p V_0 =$$

$$= -4 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 18 p V_0$$

Найдем максимум функции

$$-8 \frac{V_0}{p_0} p + 18V_0 = 0$$

$$8 \frac{V_0}{p_0} p = 18V_0 \quad p = \frac{9}{4} p_0$$

$$Q_{1-A} = -4 \cdot \frac{V_0}{p_0} \cdot \frac{81}{16} p_0^2 + 18 \cdot \frac{9}{4} p_0 V_0 + 24 p_0 V_0 = -\frac{81}{4} p_0 V_0 + 82 p_0 V_0 =$$

$$= 47 p_0 V_0 - 20,25 p_0 V_0 = 26,75 p_0 V_0 \quad Q_{1-A} \text{ достигается в процессе } 1-2$$

$$Q_{1-A} = 20,25 p_0 V_0 + 40,5 p_0 V_0 = 60,75 p_0 V_0$$

$Q_{3-B}$  - достигается в процессе 3-1

$$Q_{3-B} = \frac{3}{2} (DpV) + A_{3-B} = \frac{3}{2} \left( p \left( -\frac{V_0}{p_0} p + 8V_0 \right) - 7p_0 V_0 \right) + -\frac{p+p_0}{2} \cdot$$

$$\cdot (7V_0 - V) = -\frac{3}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12 p V_0 - 10,5 p_0 V_0 - \left( \frac{p}{2} + \frac{p_0}{2} \right) \left( 2V_0 + \frac{V_0}{p_0} p - 8V_0 \right)$$

$$= -\frac{3}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12 p V_0 - 10,5 p_0 V_0 - \left( \frac{p}{2} + \frac{p_0}{2} \right) \left( 2V_0 + \frac{V_0}{p_0} p - 8V_0 \right) =$$



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  
7 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!

$$= -2 \frac{V_0}{\rho_0} p^2 + 12 \rho_0 V_0 - 10 \rho_0 V_0$$

Найдем максимум кол-ва теплоты на этом участке

$$-4 \frac{V_0}{\rho_0} p + 12 V_0 = 0$$

$$\frac{V_0}{\rho_0} p = 3 V_0$$

$$p = 3 \rho_0$$

$$Q_{3-5} = -2 \frac{V_0}{\rho_0} \cdot 9 \rho_0^2 + 12 \cdot 3 \rho_0 V_0 = 36 \rho_0 V_0 - 18 \rho_0 V_0 = 18 \rho_0 V_0$$

$$Q_H = Q_{3-5} + Q_{1-2} = 18 \rho_0 V_0 + 20,25 \rho_0 V_0 = 38,25 \rho_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H} = \frac{2,25 \rho_0 V_0}{38,25 \rho_0 V_0} = \frac{9}{153}$$

Ответы: 1)  $\frac{10 \mu J}{A_{\Sigma}} = 7$

2)  $\frac{T_{1-2 \text{ max}}}{T_1} = \frac{9}{8}$

3)  $\eta = \frac{9}{153}$



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.



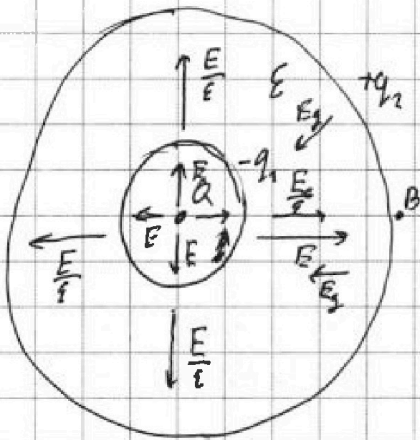
1  2  3  4  5  6  7

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!

### Задача №3

Начертить линии  $\vec{E}$ , напряжённости  $\vec{E}$  в л. поля.



Напряжённость внутри шара вычисляем по формуле

$$E_{in} = \frac{E}{\epsilon} = \frac{kQ}{\epsilon r^2 \epsilon_0}$$

Потенциал на краю шара диэлектрика (в выходящей стороне внешней стороны) в точке B.

$$\varphi_B = \frac{kQ}{R}$$

1) Вычислим потенциал на расстоянии  $x = \frac{R}{4}$  от центра шара

~~$\varphi = E \cdot d$  т.к.  $x = \frac{R}{4}$  находится в шаре диэлектрика, то~~

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

~~$$\varphi_x = \frac{kQ}{x^2 \epsilon} \cdot x = \frac{kQ}{x \epsilon} = \frac{4kQ}{R \epsilon}$$~~

$$\varphi_x = \frac{4kQ}{R \epsilon}$$

значение при  $\frac{R}{4} > r$

при  $\frac{R}{4} < r$

$$\varphi_x = \frac{4kQ}{R}$$

2) Найдём  $\vec{E}$  радиусу  $\vec{E}$





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!

т.к. все значения находится в диэлектрике  
по всем или применима формула

$$\varphi = \frac{kQ}{r\epsilon}$$

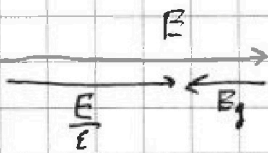
$$\varphi_{R/3} = \varphi_0 \left( \frac{3kQ}{R\epsilon} \right)$$

$$\varphi_{2R/3} = \left( \frac{3kQ}{2R\epsilon} \right) \varphi_0$$

$$\frac{\varphi_{R/3}}{\varphi_0} = 4 \rightarrow \frac{3kQ}{R\epsilon} = 4$$

$$\frac{\varphi_{2R/3}}{\varphi_0} = 3 \rightarrow \frac{3kQ}{2R\epsilon} = 3$$

Для этого нужно найти заряды, которые образуются на краях диэлектрика



$$E_d = E - \frac{E}{\epsilon} = \frac{E(\epsilon-1)}{\epsilon}$$

$$E = k\sigma, \text{ где } \sigma - \text{плотность заряда } \left( \frac{q}{S} \right)$$

$$S = \frac{4}{3}\pi R^2 \quad Q = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi R^2}$$

$$E_d = \frac{kq}{\frac{4}{3}\pi R^2} \frac{(\epsilon-1)}{\epsilon}$$

$$E_d = \frac{E(\epsilon-1)}{\epsilon} \quad (1)$$

$$E = \frac{kQ}{R^2}$$

$$\varphi_{R/3} = \frac{4kQ}{R} - \frac{4q_1}{R} + \frac{kq_2}{R}$$

По 3.3:  $q_1 + q_2 = 0$

$q_1 = -q_2 \rightarrow$  за средней

они создают равные потенциалы  $\Rightarrow$  за средней  
они вклад не вносят

$$|q_1| = |q_2| = q$$



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!

$$\varphi \text{ в сфере} = \frac{\varphi_{\text{вне сферы}}}{\epsilon}$$

при  $r < x < R$ :

$$\varphi_x = \frac{kQ}{R} - \frac{kq}{\epsilon x} + \frac{kQ}{R}$$

$$\frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon} \quad \text{из (1)}$$

$$\frac{kq}{x^2} = \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R^2}$$

$$\varphi_x = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon^2 x} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$$

при  $x = \frac{R}{4}$

$$\varphi_{\frac{R}{4}} = \frac{4kQ}{R} - \frac{4kQ(\epsilon-1)}{\epsilon^2 R} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$$

Ответ: i)  $\varphi_{\frac{R}{4}} = \frac{4kQ}{R} - \frac{4kQ(\epsilon-1)}{\epsilon^2 R} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$





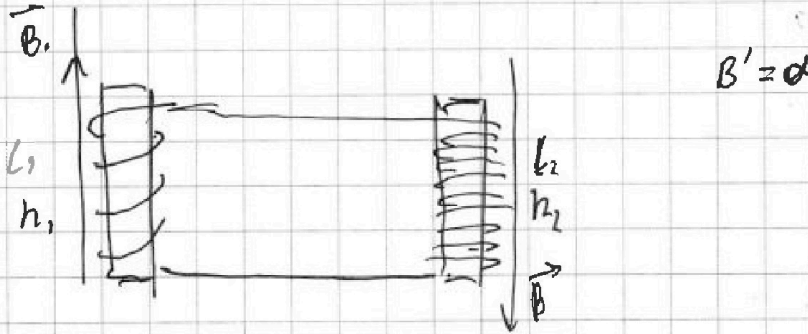
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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!

### Задача №4



В следствии изменения магнитного поля в катушке возникает  $\mathcal{E}_i$

$$\mathcal{E}_i = \Phi' n = \Phi = BS$$

$$= B' S n = d S n$$

$$\mathcal{E}_i = d S n_1 = d S n_2$$

т.к. сила тока катушек равна сумме ЭДС, то

$$\mathcal{E}_i = U_{к2} \quad U_{к} = L J' \quad U_{к1} = 4L J' =$$

$$d S n_2 = 4L J'$$

$$J' = \frac{d S n}{4L}$$

2) Найдем ЭДС  $\mathcal{E}_i$  в каждой катушке

$$\mathcal{E}_{i1} = \Phi' n_1 = \frac{\Delta B_1}{\Delta t} S n_1$$

$$\mathcal{E}_{i2} = \Phi' n_2 = \frac{\Delta B_2}{\Delta t} S n_2$$



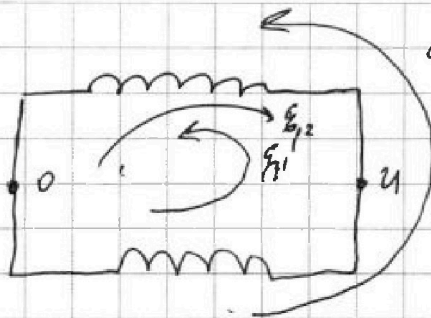


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



на катушках всегда одинаковые магнитные и течёт одинаковый ток.

~~$I_{k1} = I_{k2}$~~       ~~$I_{k1} = I_{k2}$~~       ~~$I_{k1} = I_{k2}$~~

Сумма падений напряжений равна сумме ЭДС

$$\varepsilon_{i1} + \varepsilon_{i2} = \cancel{I_{k1}} + \cancel{I_{k2}} = I_{k1} + I_{k2}$$

при возбуждении ток в обе катушки и протекает его ~~то~~ одновременно в то же время т.е. оба тока убывают, но направлены в разные стороны, то:

$$\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{i2} = I_{k1} + I_{k2}$$

$$\frac{\partial B_1}{\partial t} S_{n1} - \frac{\partial B_2}{\partial t} S_{n2} = (I_1 + I_2) \cdot 0.01$$

$$\partial B_1 S_{n1} - \partial B_2 S_{n2} = 5L \cdot 0.01 \quad (*)$$

Дифференцируем (\*):

$$\sum \partial B_1 S_{n1} - \sum \partial B_2 S_{n2} = 5L \cdot 0.01$$

$$S_{n1} \sum \Delta B_1 - S_{n2} \sum \Delta B_2 = 5L \cdot 0.01$$

$$S_{n1} \left( \frac{B_0}{2} - B_0 \right) - S_{n2} \left( \frac{2}{3} B_0 - 2B_0 \right) = 5L \cdot 0.01$$



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!

$$-\frac{SnB_0}{2} + 2Sn \cdot \frac{4}{3}B_0 = 5L \quad \text{J}$$

$$\frac{8}{3}B_0Sn - \frac{B_0Sn}{2} = 5L \quad \text{J}$$

$$\frac{16}{6}B_0Sn - \frac{3B_0Sn}{6} = 5L \quad \text{J}$$

$$\frac{13}{6}B_0Sn = 5L \quad \text{J}$$

$$y = \frac{13B_0Sn}{30L}$$

Answer: 1)  $y' = \frac{2Sn}{4L}$

2)  $y = \frac{13B_0Sn}{30L}$



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!

$$= 7,5 \text{ см}$$

$$R_1 = 7,5 \text{ см}$$

$$R_2 = (1-F) \cdot \frac{4F}{3} \cdot h = \frac{\left(\frac{4F}{3} - F\right) \cdot h}{2F} = \frac{\frac{1}{3}F}{2F} \cdot 3 \text{ см} = 0,5 \text{ см}$$

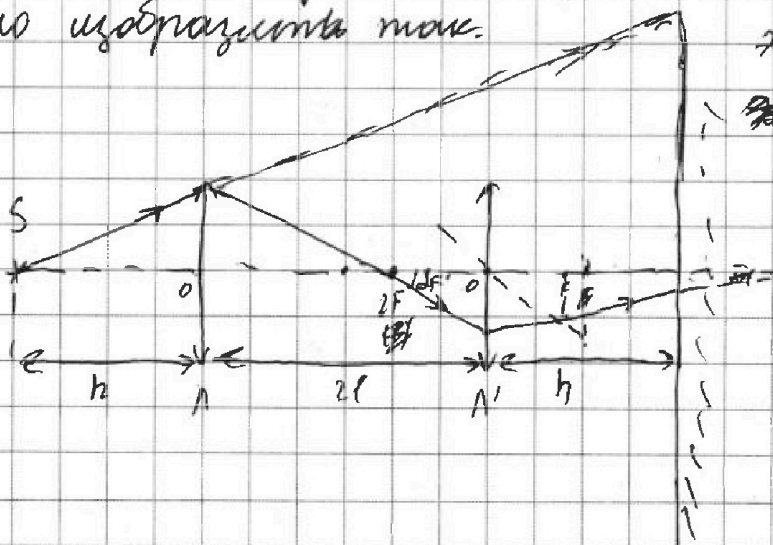
$$R_2 = 0,5 \text{ см}$$

$$S_{\text{мёртвого пятна на зеркале}} = \pi R_1^2 - \pi R_2^2 = \pi (R_1^2 - R_2^2) =$$

$$= \pi (R_1 - R_2)(R_1 + R_2) = \pi (7 - 0,5) \text{ см}^2 = 56 \pi \text{ см}^2$$

$$S_{\text{мёртвого пятна на зеркале}} = 56 \pi \text{ см}^2$$

2) п. к. зеркало отражает всё излучение от лампы по всей длине светового пучка по направлению тока.



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!

Найдём ход лучей в этой системе

У линзы в отражении такие же характеристики, что и у ~~любой~~ данной линзы

Источник света на расстоянии  $2F$  от  $\Lambda$ ,

значит луч пойдёт через  $2F$  за линзой.

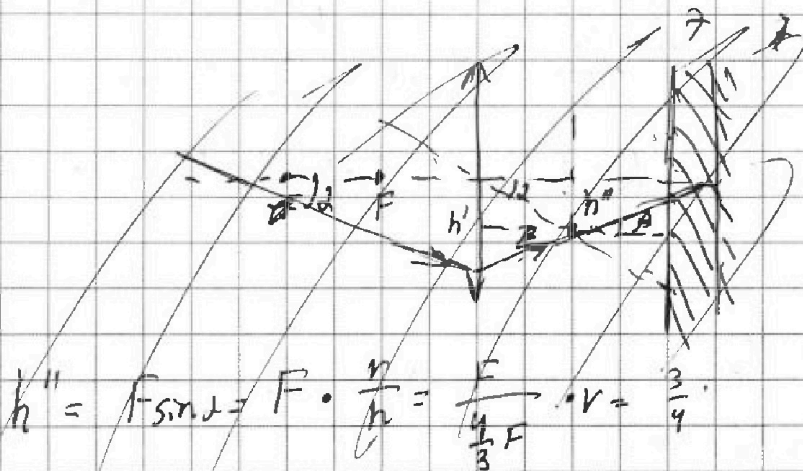
$$2p = \frac{4h}{3} = \frac{8F}{3}$$

Найдём высоту луча относительно  $POC \Lambda'$

$h'$

$$h' = (2p - 2F) \sin \alpha = \frac{2}{3} F \cdot \frac{3m}{2F} = 1m \quad (\text{луч отстоит за } F \text{ на } \Lambda')$$

Найдём расстояние на вертикали будет луч от  $POC$  такое же как отклонка на расстоянии  $F$  от линзы ( $h''$ )



$$h'' = F \sin \alpha = F \cdot \frac{m}{h} = \frac{F}{\frac{4}{3} F} \cdot v = \frac{3}{4}$$



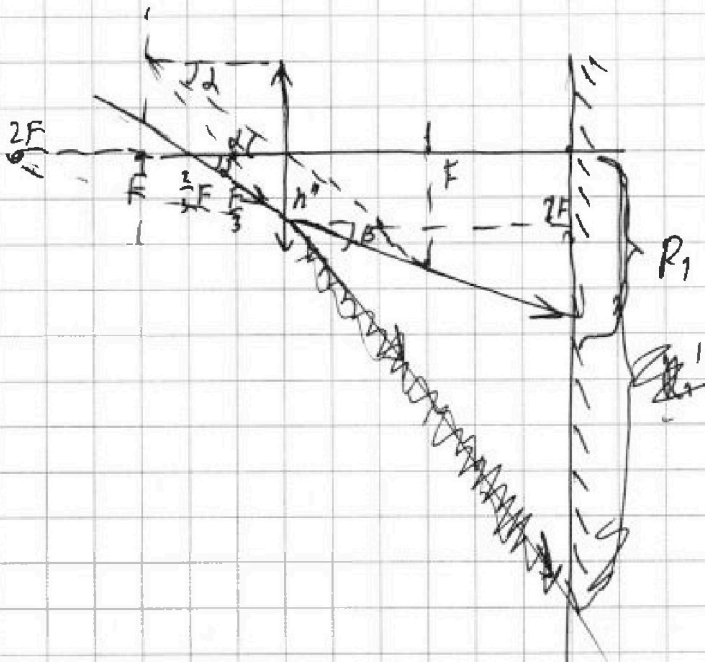
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Если <sup>предмет</sup> ~~изобразительные~~ находим-  
ся в  $\frac{2}{3}F$ , то можно вы-  
числить где будет его  
изображение по  
формуле

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{3}{2}F + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{2F} - \frac{1}{F} = \frac{1}{2F}$$

$$f = 2F$$

отсюда  $\beta = \frac{h''}{2F}$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \cdot h''}{\frac{2}{3}F}$$

$$\frac{2}{3}F \operatorname{tg} \alpha = 2F \operatorname{tg} \beta$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 3 \operatorname{tg} \beta$$

$$R_1' = h'' + h \operatorname{tg} \beta = h'' + h \frac{\operatorname{tg} \alpha}{3} = h'' + \frac{2F}{3} \cdot \frac{r}{h} = 1 \text{ см} + \frac{r}{3} = 2 \text{ см}$$

$$R_2' = (2h + 2r) \operatorname{tg} \alpha = 2h + \frac{4h}{3} = \frac{10h}{3} = \frac{10 \cdot r}{3} = \frac{10}{3} r = 10 \text{ см}$$

$$S_{\text{меш. адм. на экроне}} = \pi (R_2'^2 - R_1'^2) = \pi (R_2' - R_1') (R_2' + R_1') = \pi \cdot 12 \cdot 8 \text{ см}^2 =$$

$$= 96 \pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1)  $S_3 = 56 \pi \text{ см}^2$

2)  $S_9 = 96 \pi \text{ см}^2$