



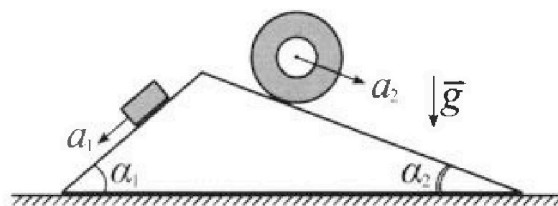
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 5/13$, $\cos \alpha_2 = 12/13$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

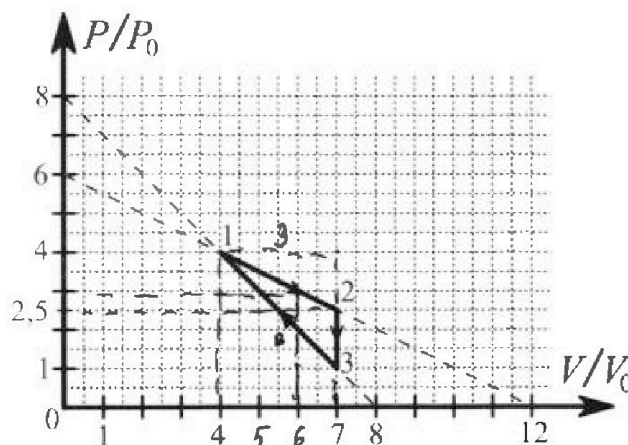


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

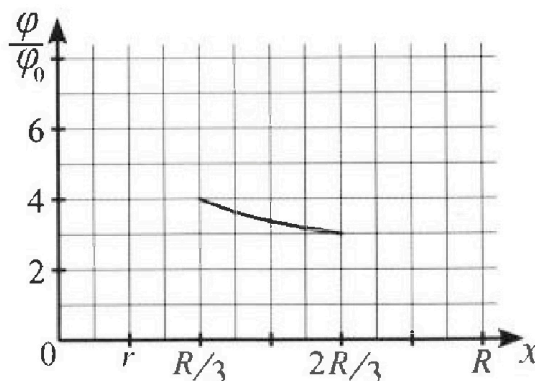
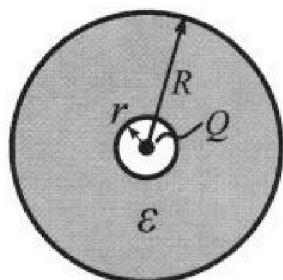
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



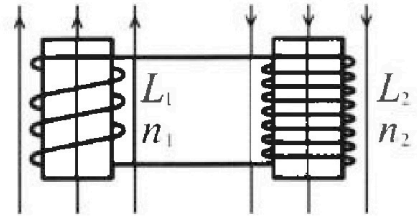
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

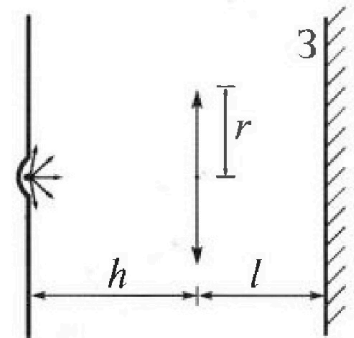


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



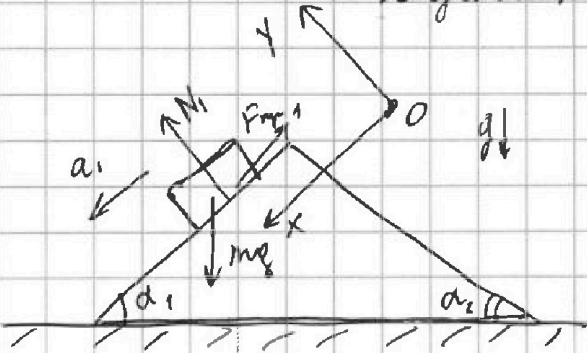
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:

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

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

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

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

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

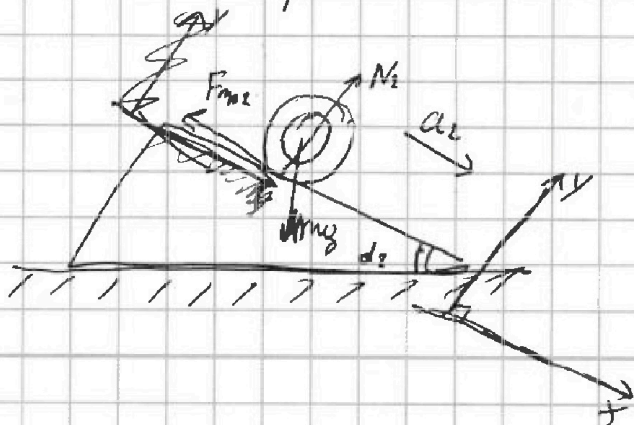
~~$$= mg \left(\frac{39}{65} - \frac{25}{65} \right) = mg \left(\frac{14}{65} \right) =$$~~

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

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

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

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!

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

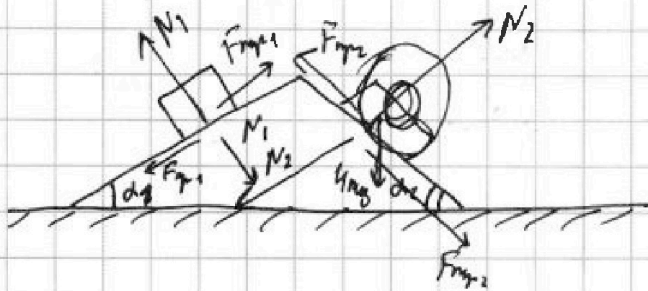
$$= 4 \text{ мкг} \left(\frac{120 - 65}{312} \right) = 4 \text{ мкг} \cdot \frac{55}{312} = \frac{55}{78} \text{ мкг}$$

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

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

$$F_{\text{пр}2} = \frac{55}{78} \text{ мкг}$$

3) Рассмотрим шарики

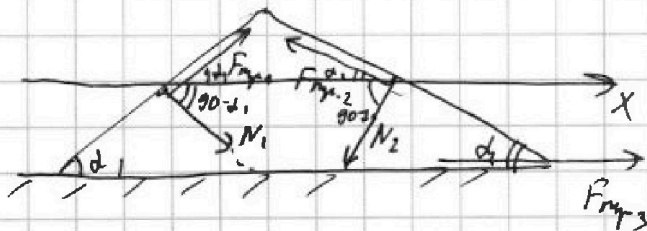


На шары действуют силы реакции и трения от тел на них.

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

Теперь на шары действуют силы трения от стержня

по 2 3м:



по 2 3м:

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

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

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



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!

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$N_2 = mg \cos \alpha_2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 1464 \cdot 13 \\ \hline 13 \\ \hline 13 \\ \hline 34 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 170 \\ \cdot 25 \\ \hline 185 \\ + 34 \\ \hline 4225 \end{array}$$

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

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

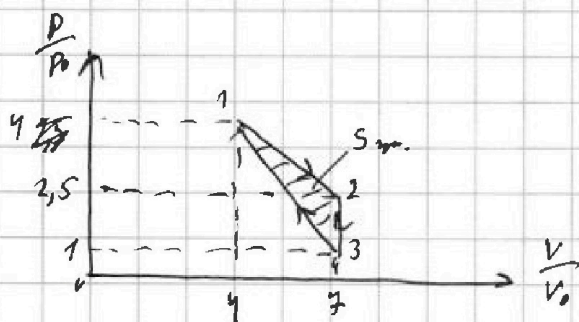
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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 $S_{ци}$



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

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: задаётся 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 $p = 4p_0$



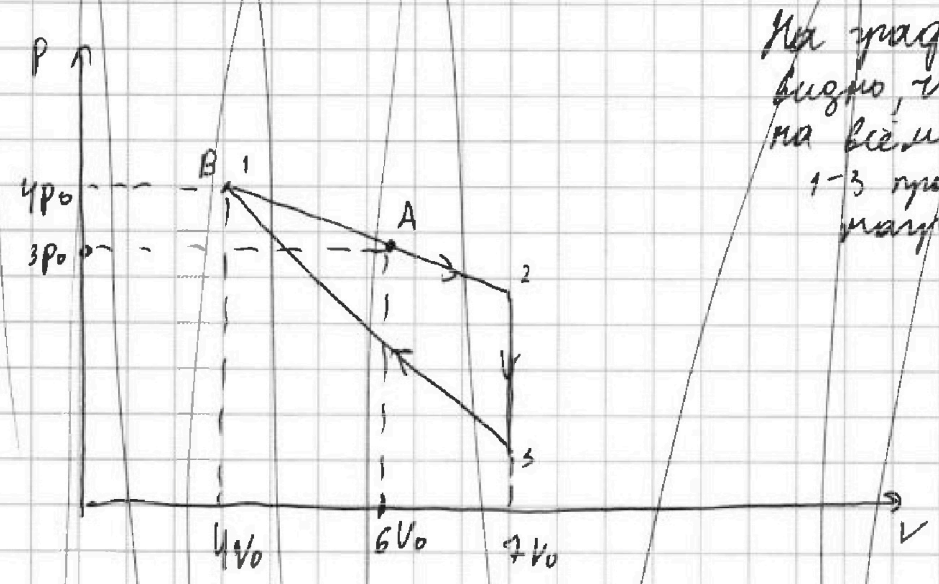
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 процессе 1-3 происходит нагрев

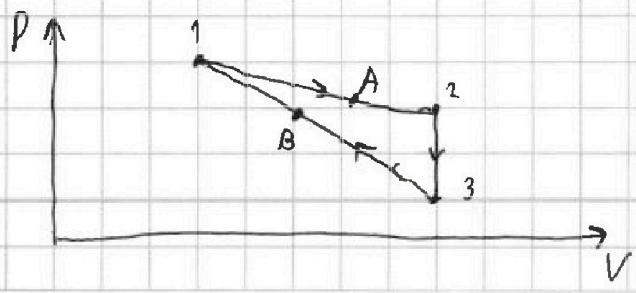
$$Q_M = Q_{1-A} + Q_{31} =$$

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

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

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

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!

$$= -2 \frac{V_0}{\rho_0} p^2 + 12 p_0 V_0 - 10 p_0 V_0$$

Найдем максимум кол-ва тепловой энергии на этом участке

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

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

$$p = 3 p_0$$

$$Q_{3-5} = -2 \frac{V_0}{\rho_0} \cdot 9 p_0^2 + 12 \cdot 3 p_0 V_0 = 36 p_0 V_0 - 18 p_0 V_0 = 18 p_0 V_0$$

$$Q_H = Q_{3-5} + Q_{1-4} = 18 p_0 V_0 + 20,25 p_0 V_0 = 38,25 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_E}{Q_H} = \frac{2,25 p_0 V_0}{38,25 p_0 V_0} = \frac{9}{153}$$

Ответы: 1) $\frac{10 \mu\text{J}}{A_E} = 7$

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.



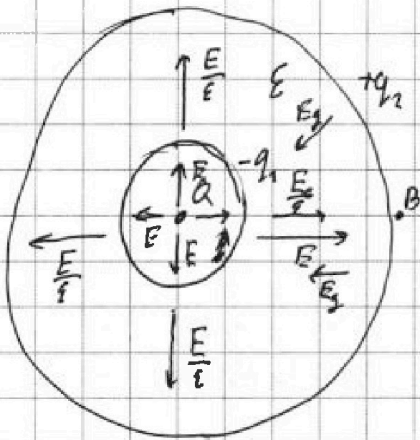
1 2 3 4 5 6 7

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 оболочки) 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~~

~~$$E = E_{out} = \frac{kQ}{x^2 \epsilon_0}$$~~

~~$$\varphi_x = \frac{kQ}{x^2 \epsilon_0} \cdot x = \frac{kQ}{x \epsilon_0} = \frac{4kQ}{R \epsilon_0}$$~~

$$\varphi_x = \frac{4kQ}{R \epsilon_0}$$

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

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

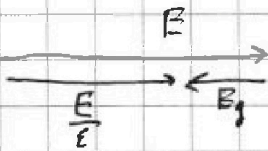
$$\varphi_{R/3} = \varphi_0 \left(\frac{3kQ}{R\epsilon} \right)$$

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

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

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

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 ЗСЗ: $q_1 + q_2 = 0$

$q_1 = -q_2 \rightarrow$ 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 $r < x < R$:

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

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

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

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

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



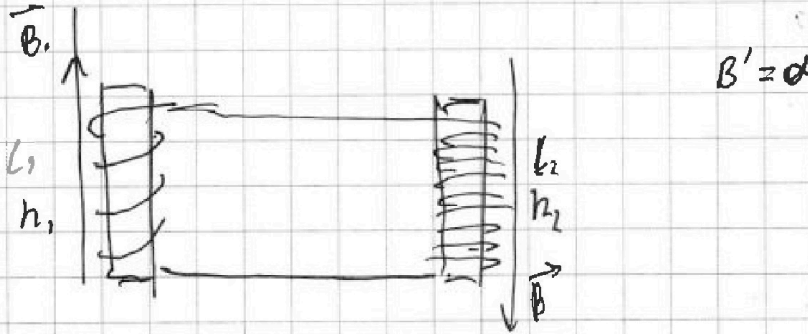
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 в катушках 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

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

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

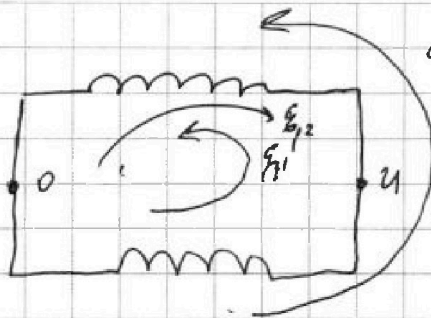


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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

при возбуждении возникнет ток обе катушки и представляют его ~~то~~ изменяются в то же время т.к. оба магн. убывают, но направлены в разные стороны, то:

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

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

$$\partial B_1 S_{n1} - \partial B_2 S_{n2} = 5L \frac{\partial J}{\partial t} \quad (*)$$

Дифференцируем (*):

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

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

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



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!

$$-\frac{5nB_0}{2} + 2Sn \cdot \frac{4}{3}B_0 = 5L \gamma$$

$$\frac{8}{3}B_0Sn - \frac{B_0Sn}{2} = 5L \gamma$$

$$\frac{16}{6}B_0Sn - \frac{3B_0Sn}{6} = 5L \gamma$$

$$\frac{13}{6}B_0Sn = 5L \gamma$$

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

Ответ: 1) $\gamma' = \frac{2Sn}{4L}$

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

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
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 Λ ,

значит луч пойдёт через $2F$ за линзой.

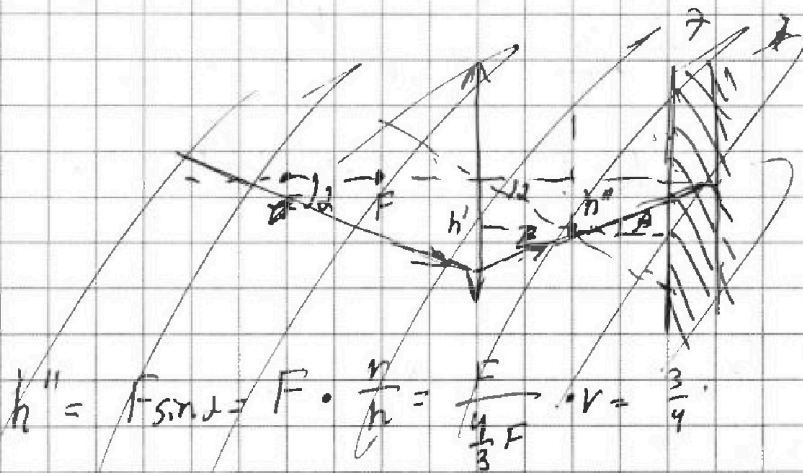
$$2p = \frac{4h}{3} = \frac{8F}{3}$$

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'')



$$h'' = F \sin \alpha = F \cdot \frac{h}{p} = \frac{F}{\frac{4}{3} F} \cdot 1 = \frac{3}{4}$$

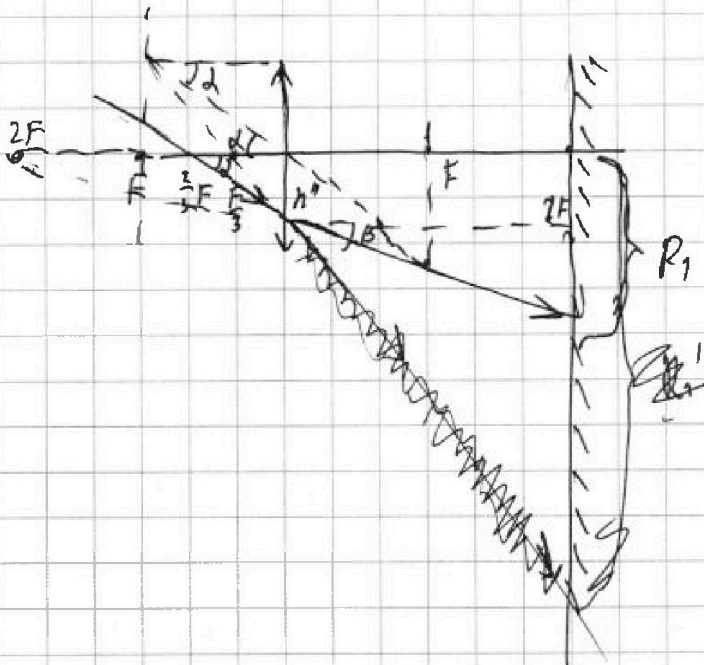
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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 ^{предмет} ~~изобразить~~ находим
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 $\beta = \frac{h''}{2F}$

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

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

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

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

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

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

$$= 96 \pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $S_3 = 56 \pi \text{ см}^2$

2) $S_9 = 96 \pi \text{ см}^2$