

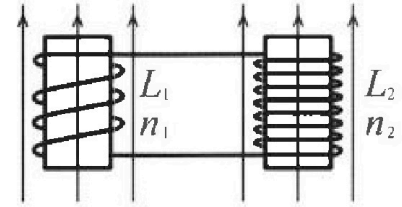
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

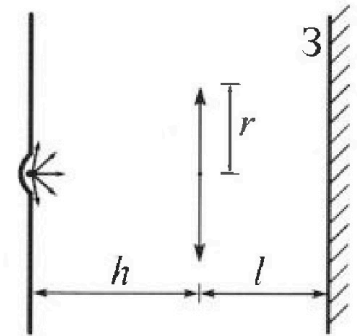


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек.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



- 1) С какой скоростью (по модулю) на чнет 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 $З$. 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 γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



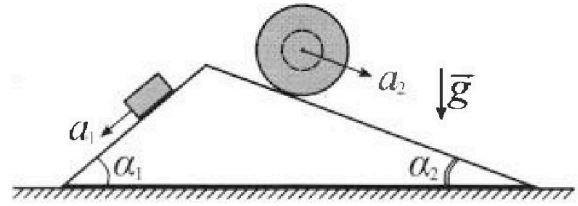
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

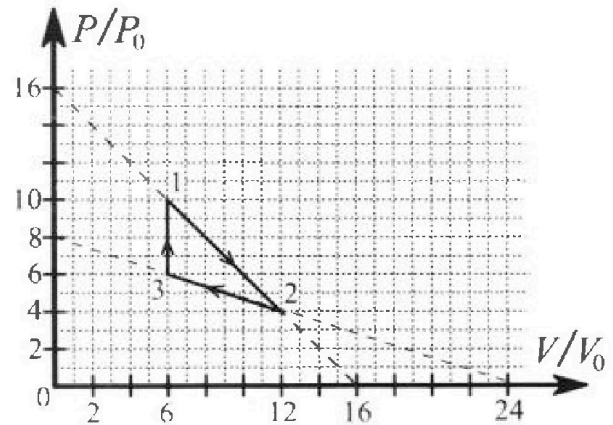
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_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.

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

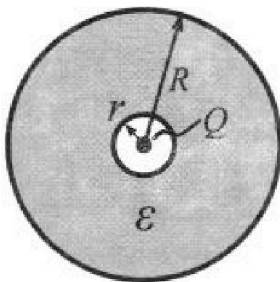
2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.



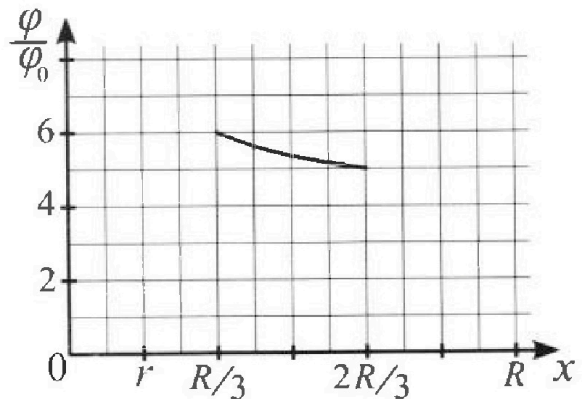
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





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 8

Дано:

$$m, a_1 = \frac{5g}{17}$$

$$M = \frac{9m}{5}$$

$$a_2 = \frac{8g}{17}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{4}{5}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{3}{5}$$

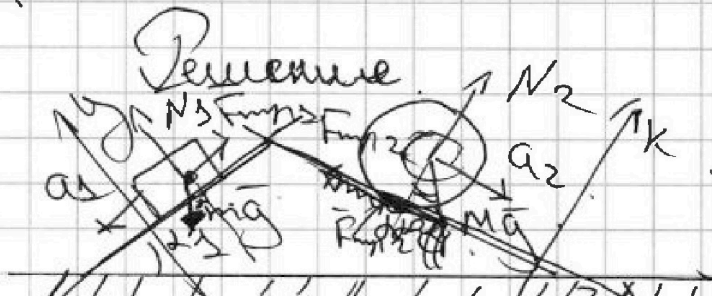
$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{15}{17}$$

1) $F_1 = ?$

2) $F_2 = ?$

3) $F_3 = ?$



Решение
Занежем 2 3 и для
масса в проекции на
Ox и Oy:

$$Ox: mg \sin \alpha_1 - F_{m1} = ma_1$$

$$F_{m1} = \mu N_1$$

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

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

$$mg \sin \alpha_1 - ma_1 = F_{m1}$$

$$F_{m1} = mg \cdot 0,6 - m \cdot \frac{5g}{17} = \frac{mg}{5}$$

$$- \frac{mg}{5} = \frac{5mg}{17} - \frac{25mg}{85} = \frac{26mg}{85}$$

Найдем μ для любой
наклонной поверхности:

$$\mu = \frac{F_{m1}}{mg \cos \alpha_1} = \frac{\frac{26mg}{85}}{mg \cdot \frac{4}{5}} = \frac{26 \cdot 5}{85 \cdot 4} = \frac{13}{34}$$



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!

2. Аналогично для шара
т.к. шар движется без трения и
зависания, то на него действует

сила тяжести Mg и сила реакции R .

Распишем $23H$ в проекциях на OZ и OK : т.к. $F_{тр2}$ направлено против отклонения, то $F_{тр2} \uparrow Mg \downarrow$

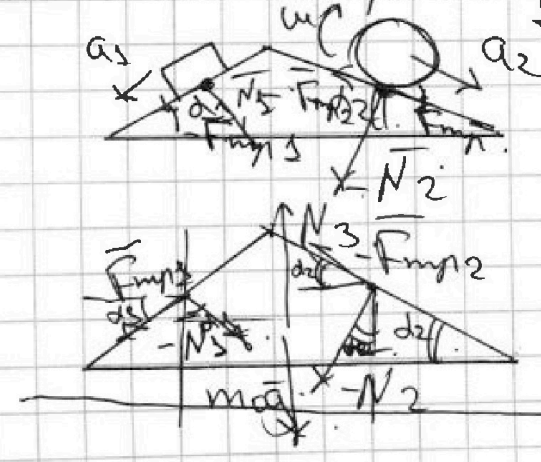
$$OZ: Mg \cdot \sin \alpha_2 + F_{тр2} = Ma_2$$

$$Mg \sin \alpha_2 - Ma_2 = F_{тр2}$$

$$Mg \cdot 8 - M \cdot 8g = F_{тр2}$$

$$F_{тр2} = Mg(27 \cdot 8 + 8 \cdot 17) = \frac{Mg(216 + 136)}{27 \cdot 17} = Mg \cdot \frac{352}{459}$$

3. теперь запишем все силы, действующие на шар со стороны шаров R_{12} и шара:



Решим $23H$ в проекции на Oz и Om :

$$N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 - F_{тр2} \cos \alpha_2 - F_{тр1} \cos \alpha_1 +$$

$$+ F_{тр3} = 0$$



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!

$$N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 - F_{\text{уп}2} \cdot \cos \alpha_2 - F_{\text{уп}3} \cos \alpha_3 + F_{\text{уп}3} = 0$$

$$F_{\text{уп}3} = N_2 \sin \alpha_2 + F_{\text{уп}2} \cos \alpha_2 + F_{\text{уп}1} \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1 \quad F_{\text{уп}1} = 26 \text{ мН}$$

$$N_2 = \frac{1}{5} mg \cos \alpha_2 \quad F_{\text{уп}2} = \frac{85 \cdot 8}{51} \text{ мН}$$

$$F_{\text{уп}3} = \frac{1}{5} mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 + 88 \text{ мН} \cdot \cos \alpha_2 + \frac{26 \text{ мН}}{85} \cos \alpha_1 - mg \cos \alpha_1 \cdot \sin \alpha_1$$

$$F_{\text{уп}3} = \frac{1}{5} mg \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8}{17} + \frac{88 \text{ мН} \cdot 15}{51 \cdot 17} + \frac{26 \text{ мН}}{85} \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5}$$

$$F_{\text{уп}3} = \frac{3 \cdot 9 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 5 \text{ мН}}{3 \cdot 4 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{8 \cdot 11 \text{ мН} \cdot 5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 4}{4 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{26 \text{ мН} \cdot 17 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5}{17 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} - \frac{mg \cdot 4 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 4 \cdot 3}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 4 \cdot 3}$$

$$= \frac{3^4 \cdot 5^2 \cdot 2^3 + 8 \cdot 11 \cdot 5^3 \cdot 3 \cdot 4 + 13 \cdot 2 \cdot 17 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 - 4^2 \cdot 3^2 \cdot 17^2}{17^2 \cdot 5^2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot mg$$

Ответ:

1. $F_{\text{уп}1} = \frac{26 \text{ мН}}{85}$
2. $F_{\text{уп}2} = \frac{88 \text{ мН}}{51}$
3. $F_{\text{уп}3} =$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 5

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

Дано:

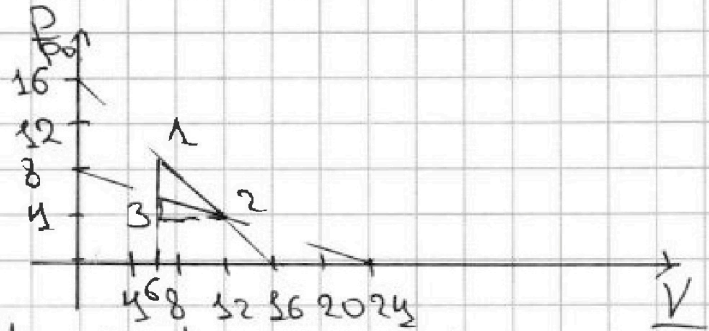
$$\frac{P}{P_0} \left(\frac{V}{V_0} \right)$$

1. ΔU - ?

2. $\frac{A_y}{\sqrt{3}}$ - ?

3. η - ?

Решение



1. $\Delta U = \frac{3}{2} (12V_0 \cdot 4P_0 - 6V_0 \cdot 10P_0) = \frac{3}{2} (48P_0V_0 - 60P_0V_0) = \frac{3}{2} \cdot 12P_0V_0 = 18P_0V_0$

$$A_y = \frac{6P_0 \cdot 6V_0}{2} - \frac{2P_0 \cdot 6V_0}{2} = 18P_0V_0 - 6P_0V_0 = 12P_0V_0$$

$$\frac{\Delta U}{A_y} = \frac{18P_0V_0}{2 \cdot 12P_0V_0} = \frac{3}{2}$$

2. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$3: 6P_0 \cdot 6V_0 = \nu R \cdot T_3$$

$$1-2: P' \cdot V' = \nu R T_{max}$$

Запишем уравнение для газовой смеси $P(V)$ на графике 1-2



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 5

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!

$$p'(V') = -\frac{p_0}{V_0} V' + 16 p_0$$

Подставим в уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$\left(-\frac{p_0}{V_0} V' + 16 p_0\right) \cdot V' = \nu R T$$

$$-\frac{p_0}{V_0} V'^2 + 16 p_0 V' = \nu R T$$

парабола с ветвями вниз (ищем значение функции при вершине)

$$V_{\text{в}} = -\frac{16 p_0 V_0}{-2 \frac{p_0}{V_0}} = 8 V_0$$

$$T_{\text{max}} \nu R = \left(-\frac{p_0}{V_0} \cdot 8 V_0 + 16 p_0\right) \cdot 8 V_0 =$$

$$= 8 p_0 \cdot 8 V_0$$

$$T_{\text{max}} \nu R = 64 p_0 V_0 \quad 32 \cdot 16$$

Найдём: $\frac{T_{\text{max}}}{T_0} = \frac{64 p_0 V_0 \nu R}{\nu R \cdot 36 p_0 V_0} =$

$$= \frac{16}{9}$$

3. $\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{\text{н}}}$

Напишем 2-е начало термодинамики для процесса 1-2:

$$\delta Q = \delta A + dU$$

$$\delta A = p dV$$



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 5

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!

$$dU = \frac{3}{2} d(p \cdot V) = \frac{3}{2} (dp \cdot V + dV \cdot p)$$

$$\delta Q = p dV + \frac{3}{2} (dp \cdot V + dV \cdot p) =$$

$$= \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} dp \cdot V$$

$p(V) = p(V) = -\frac{p_0}{V_0} V + 16 p_0$ — уравнение
состояния 1-2: $dp = -\frac{p_0}{V_0} dV$

$$\delta Q = \frac{5}{2} \left(-\frac{p_0}{V_0} V + 16 p_0 \right) dV + \frac{3}{2} \left(-\frac{p_0}{V_0} dV \right)$$

$$\int \delta Q = dV \cdot \left(-\frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V + \frac{5}{2} \cdot 16 p_0 - \frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} \right)$$

$$= dV \left(-\frac{8}{2} \frac{p_0}{V_0} V + 40 p_0 \right) = 0$$

$$\frac{8}{2} \frac{p_0}{V_0} V = 40 p_0$$

$$V = 10 V_0 \quad p = 6 p_0$$

Значит, точка 2 находится только на
от 1 до $V = 10 V_0$.

Рассмотрим процесс 2-3.
Аналогично решим 2-4.
начало термодинамики:

$$\delta Q = 5 p dV + 3 dp \cdot V$$

Составим зависимость $p(V)$
для участка 2-3.



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
4 ИЗ 5

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

$$\delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} dp \cdot V$$

$$p(V) = -\frac{p_0}{3V_0} \cdot V + 8p_0 \quad \left. \vphantom{p(V)} \right\} dp = -\frac{p_0}{3V_0} dV$$

$$\begin{aligned} \delta Q &= \frac{5}{2} \left(-\frac{p_0}{3V_0} V + 8p_0 \right) dV + \frac{3}{2} \left(-\frac{p_0}{3V_0} dV \right) \\ &= dV \left(-\frac{5}{2} \frac{p_0}{3V_0} V + \frac{5}{2} \cdot 8p_0 - \frac{3}{2} \frac{p_0}{3V_0} V \right) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -\frac{5p_0}{6V_0} \cdot V + 20p_0 - \frac{3p_0 V}{6V_0} &= 0 \\ +8p_0 V &= 20p_0 V_0 \\ \frac{8p_0 V}{3 \cdot 8V_0} &= \frac{5 \cdot 6V_0}{3 \cdot 8V_0} \end{aligned}$$

$$V = 15V_0$$

Вариант, на процесс 2-3 молей.
RO Q_x
Найдени η :

$$\eta = \frac{A_u}{Q_u}$$

$$Q_u = A_u + \Delta U_u$$

$$A_u = \frac{(10p_0 + 6p_0) \cdot 4V_0}{2} = 8p_0 \cdot 4V_0 = 32p_0V_0$$

$$\begin{aligned} \Delta U_u &= \frac{3}{2} (6p_0 \cdot 10V_0 - 6p_0 \cdot 6V_0) = \\ &= \frac{3}{2} (60p_0V_0 - 36p_0V_0) = \frac{3}{2} \cdot 24p_0V_0 = 36p_0V_0 \end{aligned}$$



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
5 из 5

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!

$$Q_H = 32 p_0 V_0 + 36 p_0 V_0 = 68 p_0 V_0$$

$$A_y = 12 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_y}{Q_H} = \frac{12 p_0 V_0}{68 p_0 V_0} = \frac{3}{17}$$

Ответ:

1. $\omega_H = \frac{3}{2}$
2. $\frac{\Delta_{\max}}{\Delta_3} = \frac{16}{9}$
3. $\eta = \frac{3}{17}$



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!

Задача 3

Дано:

ϵ, r, R

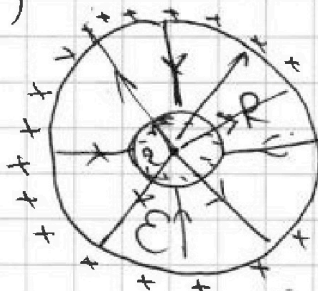
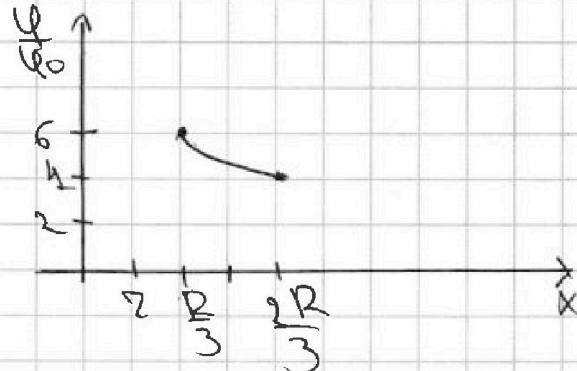
$\varphi, \varphi_0(x)$

Q

1) $\varphi(x = \frac{11R}{12})$

2) $\epsilon = ?$

Решение.



$$\epsilon = \frac{E_{внеш}}{E_{внеш} - E_c}$$

$$E_{внеш} - E_c = E_{внеш}$$

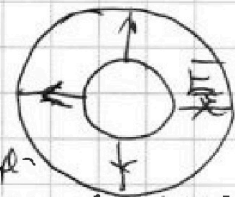
На ~~внешней~~ ~~поверхности~~ ~~диэлектрика~~ образуется ~~положительный~~ ~~заряд~~.

$E_{внеш} = \frac{kQ}{r_0^2}$, где r_0 - расстояние от заряда.

Общее поле внутри диэлектрика будет равно:

$$\frac{E_{внеш}}{\epsilon} - E_c = E_{внеш} \quad d r_0 = -d\varphi$$

$$\frac{kQ}{\epsilon r_0^2} \cdot d r_0 = -d\varphi$$



Поле идет от ~~внешней~~ ~~поверхности~~ ~~диэлектрика~~ ~~к~~ ~~меньшему~~ ~~радиусу~~.



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!

$$\textcircled{1.} \int_{R/3}^{2R/3} \frac{kQ}{\epsilon_0 r^2} dz = \int -d\varphi$$

$$\frac{R}{3} + \frac{kQ}{\epsilon_0 r^2} \Big|_{R/3}^{2R/3} = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\frac{kQ}{\epsilon_0 r} \Big|_{R/3}^{2R/3} = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\textcircled{3.} -\frac{3kQ}{2\epsilon_0 R} = \varphi_2 - \varphi_1$$

φ_2 - потенциал при $r = \frac{2R}{3}$ | $\varphi_2 = 5\varphi_0$

φ_1 - потенциал при $r = \frac{R}{3}$ | $\varphi_1 = 6\varphi_0$

$$\textcircled{2.} \frac{3kQ}{\epsilon_0 R} - \frac{3kQ}{2\epsilon_0 R} = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\textcircled{4.} -\frac{3kQ}{2\epsilon_0 R} = 5\varphi_0 - 6\varphi_0$$

$$\frac{3kQ}{2\epsilon_0 R} = \varphi_0$$

Аналогично найдем потенциал внутри цилиндра на расстоянии $r = \frac{11R}{12}$

$$\int_{R/3}^{11R/12} \frac{kQ}{\epsilon_0 r^2} dz = \int -d\varphi$$

$$\frac{R}{3} - \frac{kQ}{\epsilon_0 r} \Big|_{R/3}^{11R/12} = -(\varphi_3 - \varphi_1)$$

$$\frac{kQ}{\epsilon_0 r} \Big|_{R/3}^{11R/12} = \varphi_3 - \varphi_1$$

$$\frac{12kQ}{\epsilon_0 11R} - \frac{3kQ}{\epsilon_0 R} = \varphi_3 - \varphi_1$$

$$\frac{12kQ}{\epsilon_0 11R} - \frac{33kQ}{\epsilon_0 11R} = \varphi_3 - \varphi_1$$



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!

$$\frac{12 \text{ kQ}^2}{1 \text{ RE}} - \frac{33 \text{ kQ}^2}{1 \text{ RE}} = \varphi_3 - \varphi_1$$

$$\varphi_3 = \varphi_1 - \frac{21 \text{ kQ}^2}{1 \text{ RE}}$$

$$\varphi_1 = 6 \varphi_0$$

$$\varphi_0 = \frac{3 \text{ kQ}}{2 \text{ ER}}$$

$$\varphi_3 = 6 \cdot \frac{3 \text{ kQ}}{2 \text{ ER}} - \frac{21 \text{ kQ}^2}{1 \text{ RE}}$$

$$\varphi_3 = \frac{9 \text{ kQ}}{\text{ER}} - \frac{21 \text{ kQ}}{1 \text{ RE}} = \frac{99 \text{ kQ} - 21 \text{ kQ}}{1 \text{ RE}} = \frac{78 \text{ kQ}}{1 \text{ RE}}$$

φ_3 - потенциал на расстоянии $\frac{1 \text{ RE}}{12}$.

2) Найти график зависимости $\varphi_0(x)$ в диэлектрике представляет собой широкую:

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} \approx \frac{1}{x}$$

Найдем эту зависимость:

$$\frac{\varphi(x)}{\varphi_0} = \frac{k_0 + C}{x} \quad \text{Пусть } k_0, C - \text{константы некоторые}$$

(1) в начальной точке графика:

$$6 = \frac{3k_0 + C}{R}$$

(2) в точке с потенциалом

$$\varphi_2: 5 = \frac{3k_0 + C}{2R}$$



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!

Получаем систему:

$$\begin{cases} 6 = \frac{3k_0}{R} + c \\ 5 = \frac{3k_0}{2R} + c \end{cases}$$

$$1 = \frac{3k_0}{R} - \frac{3k_0}{2R}$$

$$1 = \frac{3k_0}{2R}$$

$$6 = \frac{3 \cdot 2R}{3} + c$$

$$k_0 = \frac{2R}{3}$$

$$c = 4$$

Получаем, что график функции и ~~график~~, имеет на $\frac{2}{3}$. Ищем за это и отвечаем. Значит, $c = \frac{3}{4} \cdot \frac{R}{k_0} = \frac{3R}{2R} = \frac{3}{2}$.

$$\boxed{c = \frac{3}{2}}$$

Ответ: 1. $43 = \frac{78k_0}{11R}$
2. $c = \frac{3}{2}$



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 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!

Задача 4

Дано:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = \frac{9L}{4}$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 3n$$

$B = \text{const}$
в магнитной цепи.

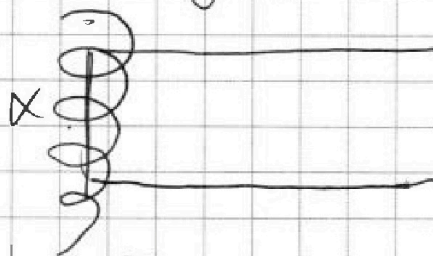
$$R \rightarrow 0$$

$$I_0 = 0$$

$$1) \frac{dI}{dt} \rightarrow ?$$

$$\frac{dB}{dt} = -d$$

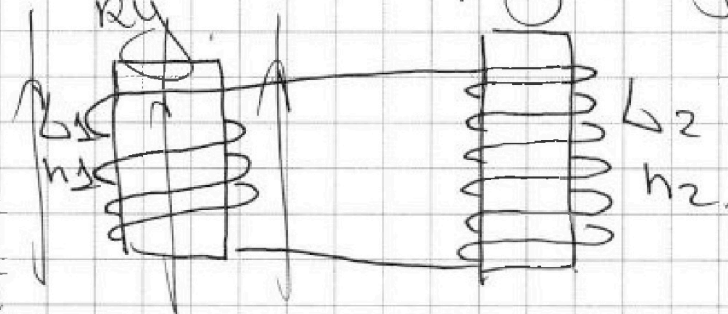
Из уравнения Максвелла по контуру, что

$$\oint \mathbf{B} d\mathbf{l} = \mu_0 \sum \mathbf{I}$$


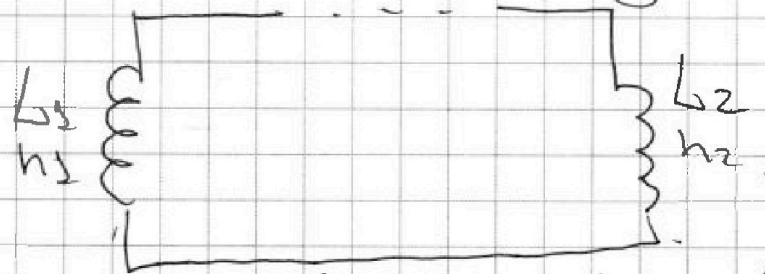
$B \cdot nI$, однако в катушке в момент времени t ток течет через катушки L_1 и L_2 навстречу.

Решение

$$P = P_{\text{внеш}} + P_{\text{собств.}} \\ \text{поток через катушки}$$



Представим в эквивалентном виде



$$B \cdot nI = \mu_0 \cdot nI$$

из этого выражения по контуру, что



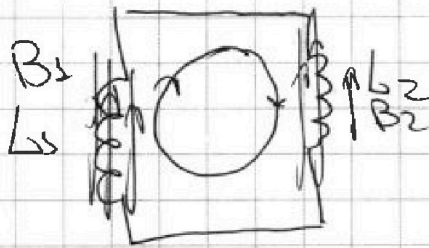
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

поэтому $B_2 \uparrow$
Рассмотрим первый контур.



Занедем 2-е направление B_2 и B_1 вправо для контура для этого учени:
 $U_{B1} + U_{B2} = 0$

$$E_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad I_1 = I_2 = I$$

$$d\Phi = d(\Phi_{внеш} + \Phi_{собст})$$

$$\Phi_{собст} = ~~L~~ L \cdot I \quad (\text{Направление поля } I \text{ и направление вектора Кирхгофа})$$

$$\Phi_{внеш} = B \cdot S$$

$$U_{B1} = \frac{d(L_1 I + B_1 S)}{dt}$$

$$U_{B2} = \frac{d(L_2 I + B_2 S)}{dt}$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + \frac{dB_1 \cdot S}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{dB_1}{dt} = -2$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} - 2 \cdot S + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{dI}{dt} (L_1 + L_2) = 2 \cdot S$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{2S}{L_1 + L_2}$$



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 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!

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dS}{L + \frac{9L}{4}} = \frac{dS \cdot 4}{13L}$$

2. $B \sim h$

Из предыдущего пункта аналогично:

2-е правило Кирхгофа:

$$\mathcal{U}_{01} + \mathcal{U}_{02} = 0$$

$$\mathcal{U}_{01} = d(L_1 I + B_1 S)$$

$$\mathcal{U}_{02} = d(L_2 I + B_2 S)$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + \frac{dB_1 S}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} + \frac{dB_2 S}{dt} = 0$$

$$\int_{I_0}^{I_k} L_1 dI + \int_{B_0}^{B_1} dB_1 S + \int_{I_0}^{I_k} L_2 dI + \int_{B_0}^{B_2} dB_2 S = 0$$

$$L_1 (I_k - I_0) + (B_0 - \frac{3}{4} B_0) \cdot S + L_2 (I_k - I_0) + (\frac{12}{3} B_0 + \frac{8}{3} B_0) \cdot S = 0$$

B каково и все моменты $I_0 = 0$ не увеличив.

$$L_1 I_k - \frac{B_0}{4} S + L_2 I_k - \frac{4}{3} B_0 S = 0$$



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
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!

$$(L_1 + L_2) I_k = \frac{B_0}{4} S + \frac{4}{3} B_0 S$$

$$(L_1 + L_2) I_k = B_0 S$$

$$\frac{I_k}{L_1 + \frac{9L_2}{4}} = \frac{B_0 S}{13B_0}$$

Ответ: $I_k = \frac{4 B_0 S}{13}$



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 5

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 5

Дано:

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

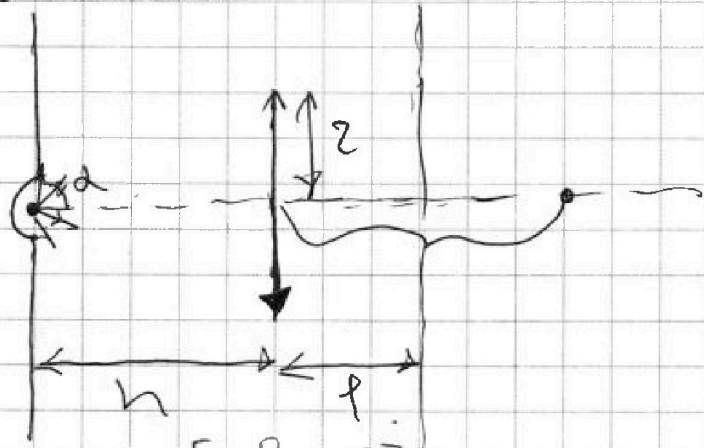
$$z = 4\text{ см}$$

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

1) S_1 - ?

2) S_2 - ?

Решение



Угол $\alpha \in [0^\circ; 90^\circ]$

α - угол между главной оптической осью и направлением луча.

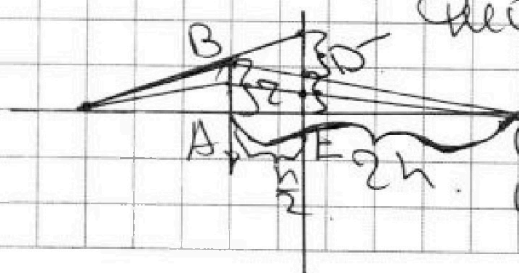
Запишем формулу тонкой линзы:

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

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

$$f = 2h$$

Если уложить зеркало, то все лучи падающие на линзу будут пересекаться на расстоянии $2h$ от линзы.



неосвещенная часть зеркала.

Заметим, что треугольники $\triangle CAB$ и $\triangle CED$ подобны.

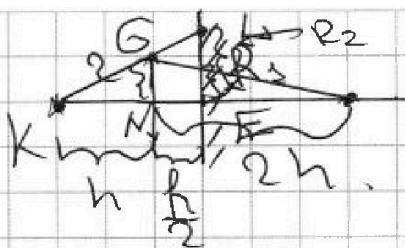


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{z}{2h} = \frac{R_1}{(2h-1)} = \frac{R}{1,5h}$$

$$R_1 = \frac{z \cdot 1,5h}{2h} = \frac{z \cdot 3}{2}$$

Вид на зеркало: $\frac{z \cdot 3}{4}$



Аналогично рассмотрим $\triangle KLE$ и $\triangle KGM$.

$$R_2 = \frac{z}{h + \frac{1}{2}} = \frac{z \cdot 2}{2h + 1}$$

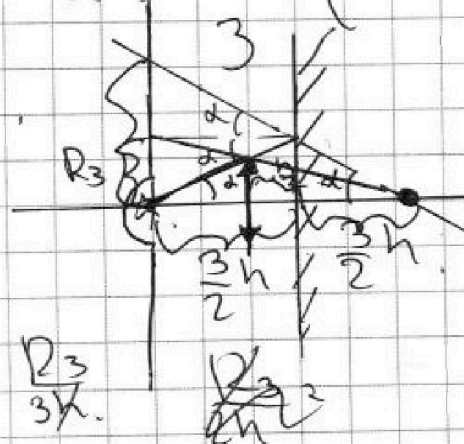
Найдем площадь освещенной части зеркала:

~~$$S = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 =$$~~

$$= \pi \left(\frac{9z^2}{16} - \frac{z^2 \cdot 9}{16} \right) = \pi \left(\frac{9 \cdot 4z^2}{16} - \frac{9z^2}{16} \right)$$

$$= \pi \cdot \frac{36z^2 - 9z^2}{16} = \pi \cdot \frac{27z^2}{16} = \frac{\pi \cdot 27 \text{ см}^2}{16}$$

2)



$$\frac{z}{2h} = \frac{R_3}{3h}$$

Снова из формулы площади получаем эту же величину для освещенной части



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!

Теперь изображение в зеркале.
Будет действительным предметом для тонкой линзы.
Запишем формулу тонкой линзы:

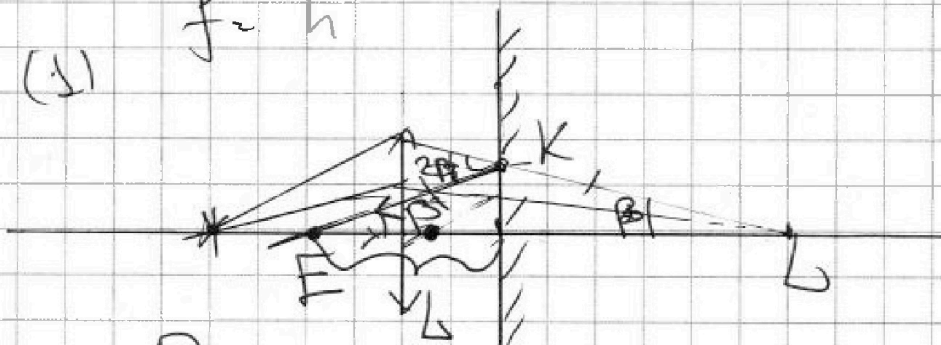
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2h} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{3} = \frac{1}{2h} + \frac{1}{f}$$

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

$$f = h$$

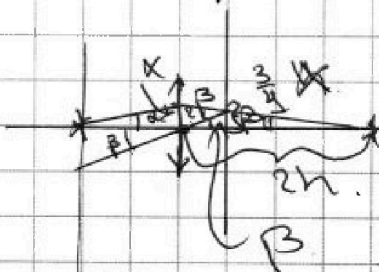
(1)



Рассмотрим граничный случай, когда отраженный луч пройдет через главный оптический центр, когда ~~луч~~ - смещение луча не происходит.

Найдём угол β :

$$180^\circ - (180^\circ - 2\beta) - \beta = 2\beta - \beta = \beta$$



Получаем, что $\Delta \equiv KLB$ - равнобедренный треугольник.
 $\Delta = \frac{3}{2}h$.



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!

Для линзы - это мнимый предмет, находящийся на расстоянии h от линзы.

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{h} + \frac{1}{f}$$

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

$$= \frac{5}{2h}$$

$$f = \frac{2h}{5}$$



Из подобия
треугольников

$$\frac{R_3}{3h} = \frac{2 \cdot f}{2h}$$

$$R_3 = \frac{3 \cdot f}{2}$$

Найдём S_2 :

$$S_2 = \pi(R_3^2 - R_4^2) = \pi\left(\frac{9f^2}{4} + \frac{9f^2}{4}\right)$$

≈ 0

Ответ: $S_1 = \pi \cdot 27 \text{ см}^2$

$S_2 = 0 \text{ см}^2$