



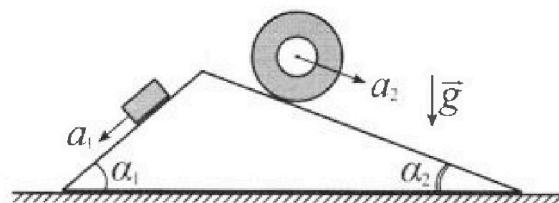
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 6g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $2m$ с ускорением $a_2 = g/4$ (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.

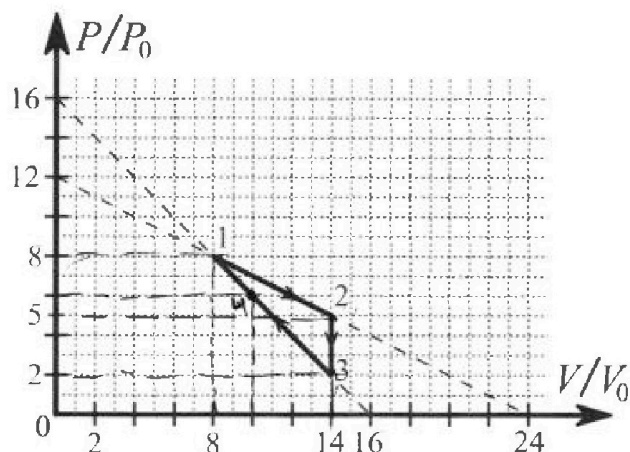


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

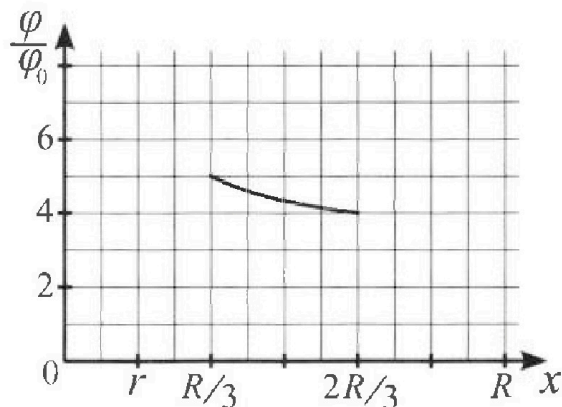
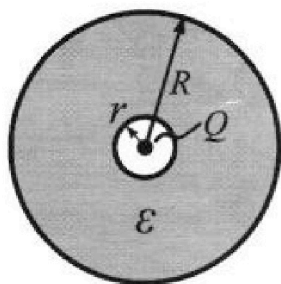
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 $x = 5R/6$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



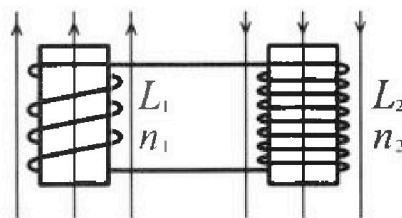
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

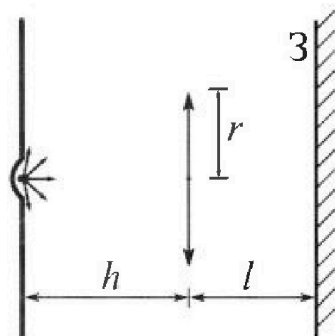


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 $B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $3B_0$ до $9B_0/4$, 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 $F = h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 5$ 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.

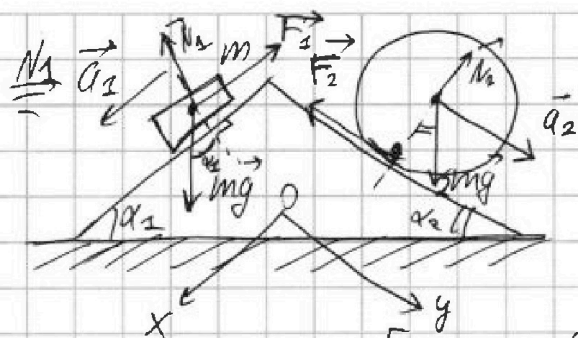


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



1) 2 Закон Ньютона на ось $Ox \uparrow \vec{a}_1$:

$$ma_1 = mg \sin(\alpha_1) - F_1$$

$$F_1 = m(g \sin(\alpha_1) - a_1) =$$

$$= m\left(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{6g}{13}\right) = mg \left(\frac{3 \cdot 13 - 6 \cdot 5}{65}\right) = mg \cdot \frac{39 - 30}{65} =$$

$$= \frac{9}{65} mg$$

$$F_1 = \frac{9}{65} mg$$

2) Пт. о движении центра масс для полного цилиндра:

$$2m \cdot a_{cm} = \sum F_{внеш} \text{ в направлении на } Oy \uparrow \vec{a}_2:$$

$$2m a_2 = 2mg \sin(\alpha_2) - F_2$$

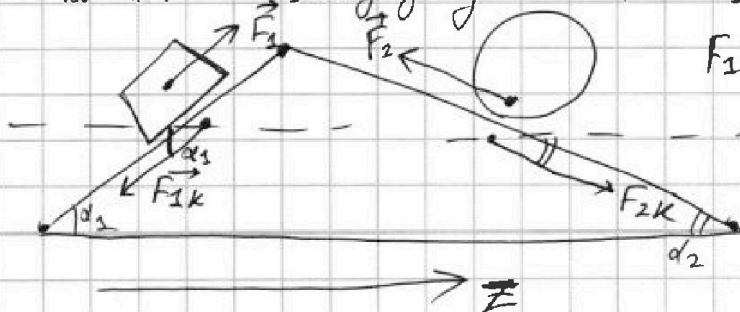
$$F_2 = 2m(g \sin(\alpha_2) - a_2) = 2m\left(g \cdot \frac{5}{13} - g \cdot \frac{1}{4}\right) =$$

$$= 2mg \left(\frac{5 \cdot 4 - 13}{13 \cdot 4}\right) = 2mg \cdot \frac{20 - 13}{52} = mg \cdot \frac{7}{26}$$

$$F_2 = \frac{7}{26} mg$$

3) $\vec{F}_{1к}$ и $\vec{F}_{2к}$ - силы со стороны пружины и цилиндра на клин. По 3-му закону Ньютона $\vec{F}_{1к} = -\vec{F}_1$, $\vec{F}_{2к} = -\vec{F}_2$

$$F_{1к} = F_1, F_{2к} = F_2 \text{ по модулю}$$





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!

2-й 3-й Континент для кинем на ось z:

$$0 = F_{2z} \cos(\alpha_2) - F_{1z} \cos(\alpha_1) + F_{3z} =$$

$$= F_2 \cos(\alpha_2) - F_1 \cos(\alpha_1) + F_{3z}$$

$$F_{3z} = F_1 \cos(\alpha_1) - F_2 \cos(\alpha_2) = \frac{9}{65} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{7}{26} mg \cdot \frac{12}{13} =$$

$$= \frac{36}{325} mg - \frac{84}{338} mg = \frac{36}{325} mg - \frac{42}{169} mg =$$

$$= mg \left(\frac{36}{25 \cdot 13} - \frac{42}{13 \cdot 13} \right) = mg \left(\frac{36 \cdot 13 - 42 \cdot 25}{25 \cdot 13 \cdot 13} \right) =$$

$$= mg \cdot \frac{468 - 1050}{5^2 \cdot 13^2} = -\frac{582}{5^2 \cdot 13^2} mg = -\frac{582}{4235} mg \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ направление вверх. Тогда получим $F_3 = \frac{582}{4235} mg$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{9}{65} mg$

2) $F_2 = \frac{7}{26} mg$

3) $F_3 = \frac{582}{4235} mg$



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!

N2

1) Внутренняя энергия $U = \frac{3}{2} pV$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (5 \cdot 14 - 8 \cdot 8) p_0 V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} (70 - 64) p_0 V_0 = \frac{3}{2} \cdot 6 \cdot p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$$

Работа газа - площадь, ограниченная процессом:

$$A = 3 p_0 \cdot (14 - 8) V_0 \cdot \frac{1}{2} = 3 \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} \cdot p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$$

$$\boxed{\frac{\Delta U_{12}}{A} = \frac{9 p_0 V_0}{9 p_0 V_0} = 1}$$

2) Формула $p_2(V)$ процесса 1-2:

$$p_2(V) = 12 p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} \cdot V$$

Ур-ие сост. для процесса 1-2: $pV = \nu RT$

$$p_{12}(V) \cdot V = \nu RT$$

$$\nu RT = \left(12 p_0 - \frac{p_0}{2 V_0} V \right) V$$

$$T = \frac{p_0}{\nu R} \left(12 V - \frac{V^2}{2 V_0} \right)$$

Видим, что $T(V)$ квадратична, график - парабола, ветки

вниз $\Rightarrow$ т-а максимума при $V_T = \frac{-12}{-\frac{1}{2 V_0}} = 12 V_0$

$$T_{\max} = T(V_T) = \frac{p_0}{\nu R} \left(144 V_0 - \frac{144 V_0^2}{2 V_0} \right) = 72 \frac{p_0 V_0}{\nu R}$$

Ур-ие сост. для (3): $2 p_0 \cdot 14 V_0 = \nu R T_3 \rightarrow$

$$\rightarrow T_3 = 28 \frac{p_0 V_0}{\nu R}$$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

$$\frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{72 P_0 V_0}{2R} \cdot \frac{2R}{28 P_0 V_0} = \frac{6 \cdot 12}{2 \cdot 14} = \frac{36}{14} = \frac{18}{7}$$

3) Изучим процесс каленной с адабатной: *Минимальная* Температуры по мере:

$$C = \frac{\delta Q}{\delta T} = \frac{C_V \delta T + p \delta V}{\delta T} = C_V + \frac{p \delta V}{\delta T}$$

$$pV = 2R T \xrightarrow{\text{дифф.}} p \delta V + V \delta p = 2R \delta T \quad C_V = \frac{3}{2} R \text{ м.к. адiabатный}$$

$$C = C_V + \frac{p \delta V}{p \delta V + V \delta p} \cdot R = C_V + \frac{R}{1 + \frac{V}{p} \cdot \frac{\delta p}{\delta V}} = R \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1 + \frac{V}{p} \cdot \frac{\delta p}{\delta V}} \right)$$

В процесс каленной $C = 0$

$$\text{Каленная с } 1 \rightarrow 2: P_2(V) = 12 P_0 - \frac{P_0}{2V_0} V \quad \frac{dP_2}{dV} = -\frac{P_0}{2V_0}$$

$$C = R \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1 + \frac{V}{12 P_0 - \frac{P_0}{2V_0} V} \cdot \left(-\frac{P_0}{2V_0} \right)} \right) = R \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1 - \frac{P_0 V}{2 P_0 V_0 - P_0 V}} \right) =$$

$$= R \left(\frac{3}{2} + \frac{2V_0 - V}{2V_0 - 2V} \right) = 0$$

$$\frac{3}{2} = \frac{V - 2V_0}{2V_0 - 2V} \rightarrow \boxed{6V_0 - 6V = 2V - 4V_0}$$

$$72 V_0 - 6V = 2V - 48 V_0 \quad 8V = 120 V_0$$

$$\cancel{V = 15 V_0} \quad V = 15 V_0 \quad \checkmark \text{ Температуры минимальны только в } 1 \rightarrow 2$$

Однако $V_2 = 14 V_0 < 15 V_0 \Rightarrow$ процесс $1 \rightarrow 2$ происходит с нагревом газа.

$$\text{Потом еще газ } 3 \rightarrow 1: P_3(V) = 16 P_0 - \frac{P_0}{V_0} V \quad \frac{dP_3}{dV} = -\frac{P_0}{V_0}$$



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

1
☐2
☒3
☐4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
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!

$$C = R \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1 + \frac{V}{16P_0 - \frac{P_0}{V_0} \cdot V} \cdot \left(-\frac{P_0}{V_0} \right)} \right) = R \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1 - \frac{V}{16V_0 - V}} \right) =$$

$$= R \left(\frac{3}{2} + \frac{16V_0 - V}{16V_0 - 2V} \right) = 0$$

$$48V_0 - 6V = -32V_0 + 2V \rightarrow \text{~~48V_0 - 6V = -32V_0 + 2V~~}$$

$$8V = 80V_0 \rightarrow V = 10V_0 - \text{Находим максимум тепло на процессе } 3 \rightarrow 1$$

При этом $10V_0 \in [8V_0; 14V_0] \Rightarrow$ т-а принадлежит перевернутому параболе. Караван её можно "4" с координатами $(10V_0; 6P_0)$

$$Q_+ = Q_{412} = (U_2 - U_4) + A_{41} + A_{12}$$

$$A_{41} = \frac{6P_0 + 8P_0}{2} \cdot (8V_0 - 10V_0) = 7P_0 \cdot (-2V_0) = -14P_0V_0$$

$$A_{12} = \frac{8P_0 + 5P_0}{2} \cdot (14V_0 - 8V_0) = \frac{13P_0}{2} \cdot 6V_0 = 13 \cdot 3P_0V_0 = 39P_0V_0$$

$$U_2 = \frac{3}{2} (14V_0 \cdot 5P_0) = 105P_0V_0$$

$$U_4 = \frac{3}{2} \cdot 10V_0 \cdot 6P_0 = 90P_0V_0$$

$$Q_+ = 105P_0V_0 - 90P_0V_0 - 14P_0V_0 + 39P_0V_0 =$$

$$= 15P_0V_0 + 25P_0V_0 = 40P_0V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} \cdot 100\% = \frac{9P_0V_0}{40P_0V_0} \cdot 100\% = 9 \cdot 2,5\% = 22,5\%$$

Ответ: 1) $\frac{\Delta U_{12}}{A} = 1$ 2) $\frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{18}{7}$ 3) $\eta = 22,5\%$



1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 1 из 3

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

1/3

1) В диэлектрике результирующее поле равно 6 В/м

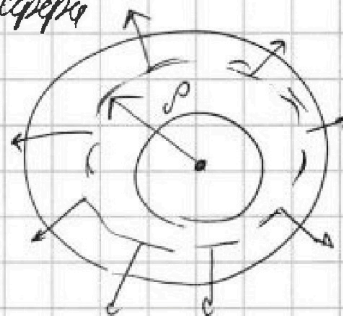
меньше, чем поле в этой же точке, если бы не было

диэлектрика. Найдите результирующее поле E в

диэлектрике от т. Гусса: для сферы
 (в силу сферич. симметрии)
 (по эквивалентности берем для сферы)

$$4\pi R^2 \cdot E_{xy} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0}$$

$$E_{xy} = \frac{Q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 R^2} \quad (R \in [r; R])$$

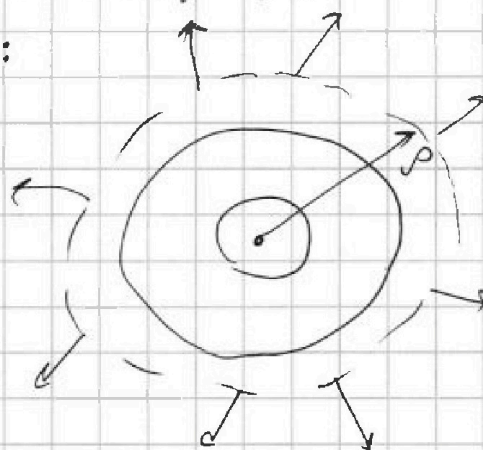


~~Найдем поле в диэлектрике~~ Поле в диэлектрике $4\pi R^2$

Вспомогательное поле в диэлектрике:

$$4\pi R^2 \cdot E_x = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E_x = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0} \quad \begin{cases} R < R \\ R \geq R \end{cases}$$



Как известно $d\varphi = -E_x dx$

$$\varphi(\infty) = 0$$

$$\varphi(R) = \varphi_{\text{нов}} \rightarrow \text{потенциал на внешней поверхности шара}$$

$$R = x$$

$$\text{Для } x \geq R: \int_{\varphi_0}^{\varphi_{\text{нов}}} d\varphi = - \frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \int_R^x \frac{dx}{x^2}$$

$$\varphi_{\text{нов}} - 0 = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 x} \Big|_R^{\infty} = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R} \rightarrow \varphi_{\text{нов}} = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R}$$



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

1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

$$\varphi\left(\frac{5R}{6}\right) = \varphi_x$$

Итак, пусть $x \in [R; \frac{5R}{6}]$:

$$\varphi_x - \varphi_{\text{нов}} = \int_R^{\frac{5R}{6}} d\varphi = - \int_R^{\frac{5R}{6}} E_{xg} dx = - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_R^{\frac{5R}{6}} \frac{dx}{x^2}$$

$$\varphi_x - \varphi_{\text{нов}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{x} \Big|_R^{\frac{5R}{6}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{6}{5R} - \frac{1}{R} \right) =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{6-5}{5R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{5R} \right)$$

$$\varphi_x = \varphi_{\text{нов}} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{5R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{5R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1+5}{5R}$$

$$\boxed{\varphi_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1+5}{5R} = \varphi\left(\frac{5R}{6}\right)}$$

$$\begin{aligned} \varphi_2 - \varphi_{\text{нов}} &= \int_R^{\frac{2R}{3}} d\varphi = - \int_R^{\frac{2R}{3}} E_{xg} dx \\ \varphi_1 - \varphi_{\text{нов}} &= \int_R^{\frac{R}{3}} d\varphi = - \int_R^{\frac{R}{3}} E_{xg} dx \end{aligned}$$

$$2) \varphi_2 = \varphi\left(\frac{2R}{3}\right) \quad \varphi_1 = \varphi\left(\frac{R}{3}\right)$$

$$\varphi_2 = \varphi_{\text{нов}} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2R} + \varphi_{\text{нов}} =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{2+1}{2R} \right)$$

$$\varphi_1 = \varphi_{\text{нов}} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{3}{R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2}{R}$$

$$\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{0,5R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{0,5+2}{0,5R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2,5}{0,5R}$$

$$\text{Из графика: } \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{4}{5}$$



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

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
3 из 3

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

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{2\varepsilon+1}{2\varepsilon} \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon+2} = \frac{2\varepsilon+1}{2\varepsilon+4} = \frac{4}{5}$$

~~$$2\varepsilon+1=2\varepsilon+4$$~~

$$10\varepsilon+5=8\varepsilon+16$$

$$2\varepsilon=11$$

$$\boxed{\varepsilon=5,5}$$

$$\text{Ответ: } 1) \varphi\left(\frac{5R}{6}\right) = \frac{Q(1+5\varepsilon)}{20\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}$$

$$2) \varepsilon=5,5$$



СТРАНИЦА

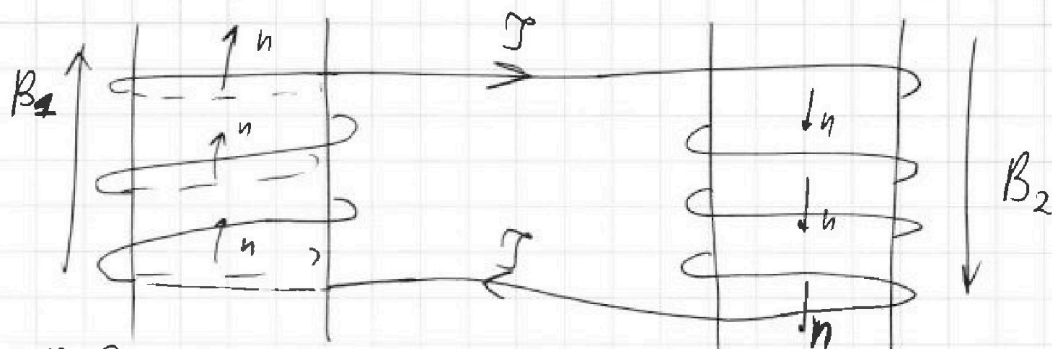
1 из 2

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



№4

$$1) L = \Phi / I \rightarrow LI = \Phi \rightarrow L \dot{I} = \dot{\Phi} \left(\dot{x} = \frac{dx}{dt} \right)$$



Выбравшие направление тока примем за положительное и в соответствии с ним выбираем нормали к виткам.

$$\Phi_1 = B_1 N_1 S$$

$$\Phi_2 = B_2 N_2 S$$

→ Ток идет через катушки

$$2) \text{Первый случай: } \dot{B}_1 = \alpha \quad \dot{B}_2 = 0$$

П.к. катушки связаны, то общая индуктивность системы

$$L_0 = L_1 + L_2$$

$$\Phi_0 = \Phi_1 + \Phi_2 - \text{общий поток} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{векторы } B \text{ через} \\ \text{систему} \end{array} \right.$$

$$\Phi_0 = L_0 I$$

$$\dot{\Phi}_0 = L_0 \dot{I} \rightarrow \dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 = L_0 \dot{I}$$

$$\dot{B}_1 N_1 S + \dot{B}_2 N_2 S = L_0 \dot{I}$$

$$\boxed{\dot{I} = \frac{1}{L_0} (\alpha N_1 S + 0 \cdot N_2 \cdot S) = \frac{\alpha N_1 S}{L_1 + L_2} = \frac{\alpha N_1 S}{17 L}}$$



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



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!

$$3) B_1 : B_0 \rightarrow \frac{B_0}{3}$$

$$B_2 : 3B_0 \rightarrow \frac{9B_0}{4}$$

$$J : 0 \rightarrow J_0$$

~~.....~~
→ *используем*

$$\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 = L_0 \dot{J}$$

$$B_1 n_1 S + B_2 n_2 S = L_0 \dot{J}$$

$$\frac{dB_1}{dt} n_1 S + \frac{dB_2}{dt} n_2 S = L_0 \frac{dJ}{dt} \quad / \cdot dt$$

$$n_1 \int_{B_0}^{\frac{B_0}{3}} dB_1 + n_2 \int_{3B_0}^{\frac{9B_0}{4}} dB_2 = \frac{L_0}{S} \cdot \int_0^{J_0} dJ$$

$$n_1 \cdot \left(\frac{B_0}{3} - B_0 \right) + n_2 \left(\frac{9B_0}{4} - 3B_0 \right) = \frac{L_0}{S} J_0$$

~~.....~~

$$-\frac{2}{3} B_0 n_1 + n_2 B_0 \left(\frac{9}{4} - \frac{12}{4} \right) = \frac{L_0}{S} J_0$$

$$-B_0 \left(\frac{2}{3} n_1 + \frac{3}{4} n_2 \right) = \frac{L_0}{S} J_0$$

$$|J_0| = \frac{B_0 S}{17L} \left(\frac{2}{3} n_1 + \frac{3}{4} n_2 \right)$$

Ответ: 1) $\frac{dJ}{dt} = \frac{\alpha n_1 S}{17L}$

$$2) |J_0| = \frac{B_0 S}{17L} \left(\frac{2}{3} n_1 + \frac{3}{4} n_2 \right)$$



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
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!

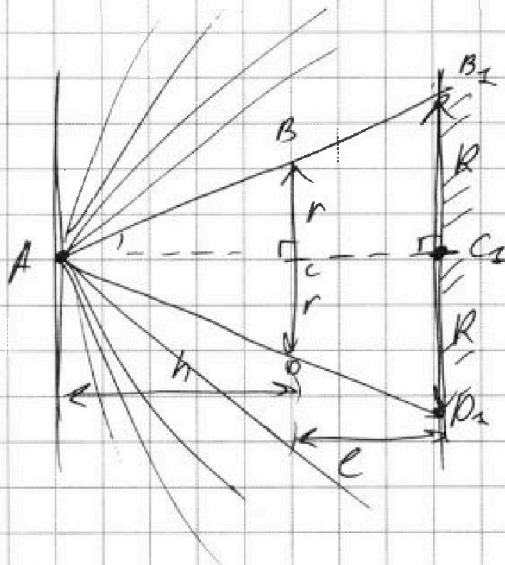
N5

1) Пб, что мимо линзы:

$\triangle ABC \sim \triangle AB_1C_1$ по двум
равным углам $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{r}{h} = \frac{R}{h+e}$

$$R = r \cdot \frac{h+e}{h} = r \left(1 + \frac{e}{h}\right) =$$

$$= r \left(1 + \frac{2}{3}\right) = \frac{5}{3} r$$



$S_1 = \pi R^2 = \pi r^2 \cdot \frac{25}{9} = \frac{25}{9} \pi r^2$ — часть зеркала,
которую не хватает ~~лучи~~ лучи, идущие мимо линзы

2) Пб, что через линзу:

Формула тонкой линзы для симметричной:

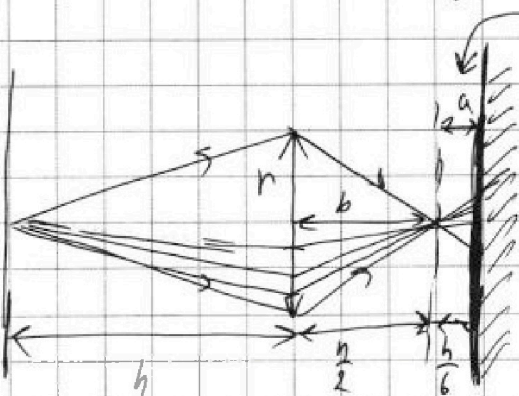
$$\frac{1}{h} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} = \frac{3}{h}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{3}{h} - \frac{1}{h} = \frac{2}{h} \rightarrow b = \frac{h}{2} < l = \frac{2h}{3} \Rightarrow$$

лучи сфокусируются перед зеркалом

$$a = l - b = \frac{2h}{3} - \frac{h}{2} = \frac{4-3}{6} h = \frac{h}{6}$$

Чтобы найти всю площадь,
рассматриваем сфокусировку
лучей объектом линзы
ГОО



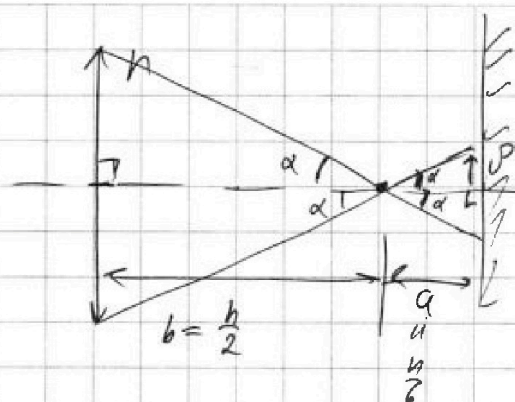


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{h}{b}$$

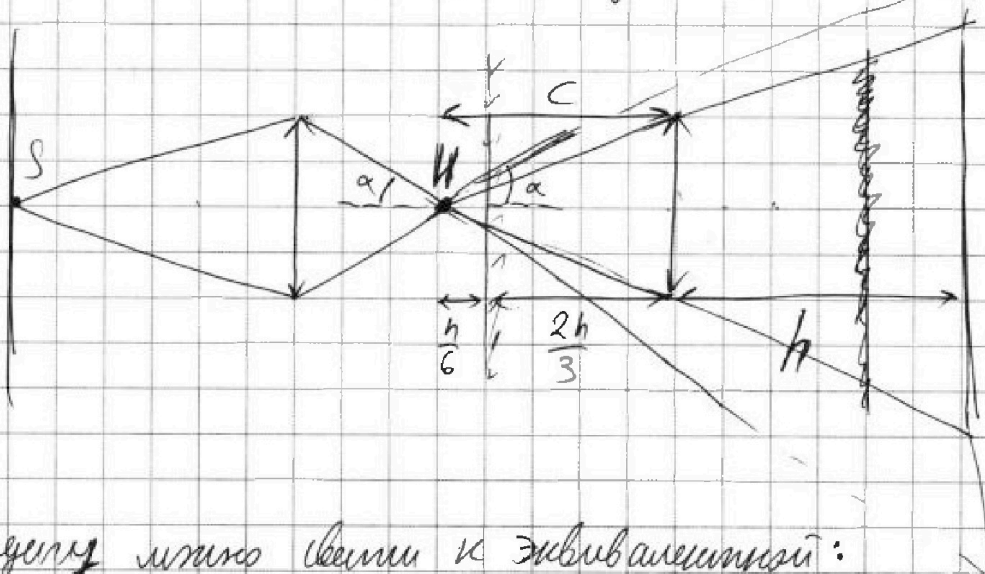
$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{\rho}{a}$$

$$\rho = r \cdot \frac{a}{b} = r \cdot \frac{h}{6} \cdot \frac{2}{h} = \frac{r}{3}$$

$S_2 = \pi \rho^2 = \frac{\pi r^2}{9}$ — площадь зеркала, которую освещают лучи, прошедшие через линзу.

Итого $S_3 = S_1 - S_2 = \frac{24}{9} \pi r^2 = \frac{600}{9} \pi \text{ см}^2 = \frac{200}{3} \pi \text{ см}^2$

3) Найти наименьшую скорость перехода в "задерживание":



4) Задачу можно свести к эквивалентной:

Рассматривать H как источник:



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.

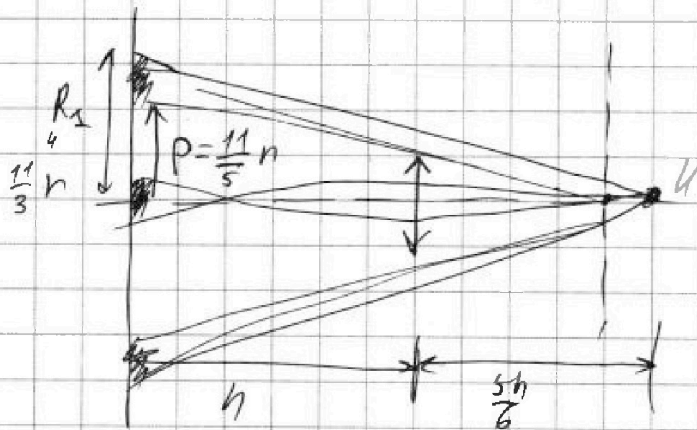


СТРАНИЦА
4 из 5

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!



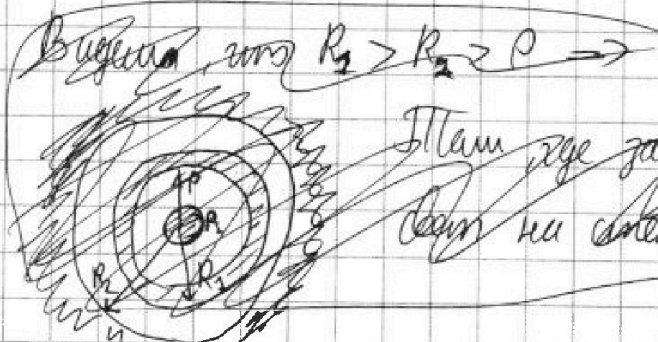
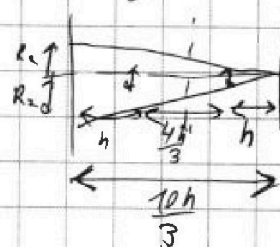
6) Из II лучи максимум
могут выходить под углом $\alpha = \arctan\left(\frac{p}{h}\right)$



$$R_1 = \frac{11}{6} h \cdot \tan(\alpha) = \frac{71}{3} h$$

Лучи, не прошедшие 1/3 линзы:

$$\frac{R_2}{\frac{10h}{3}} = \frac{r}{h} \rightarrow R_2 = \frac{10}{3} r$$



Там где затеняется, будет
белый свет



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.



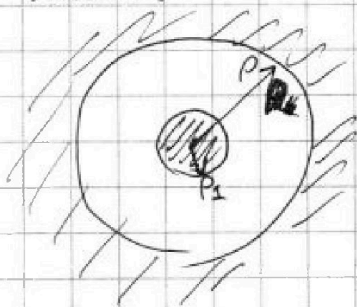
СТРАНИЦА
5 из 5

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!

~~Искомая величина — площадь кольца:~~

$$S_c = \pi(R_2^2 - R_1^2 + \rho^2 - R_3^2) = \pi\left(\frac{100}{3}\pi^2\right)$$

Важно, что $R_2 < R_1 \Rightarrow$ область будет заштрихованная
или $R_2 > \rho$
значит:



$$S_c = \pi(\rho^2 - R_3^2) = \pi(12\text{ см}^2 - 16\text{ см}^2) = 105\pi\text{ см}^2$$

Ответ: 1) $S_3 = \frac{200}{3}\pi\text{ см}^2$

2) $S_c = 105\pi\text{ см}^2$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
из

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

~Черновик~