



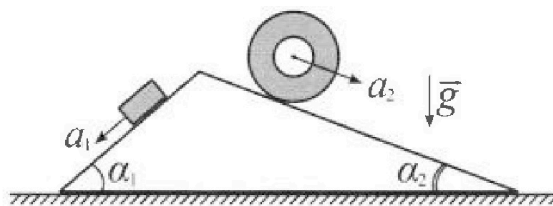
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

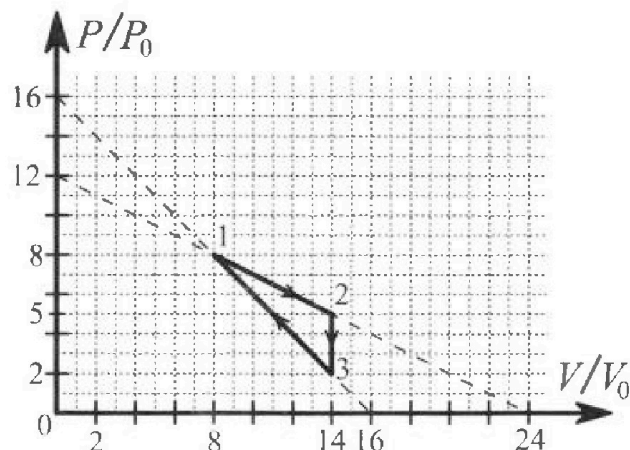


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

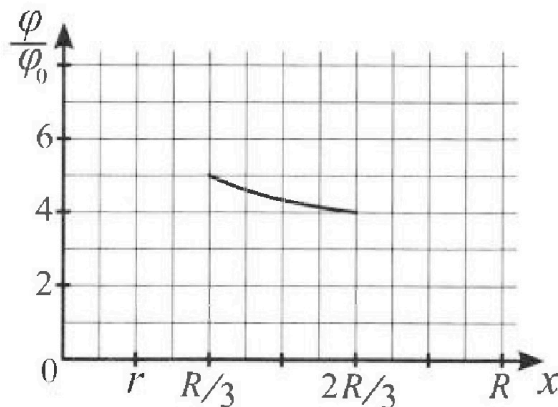
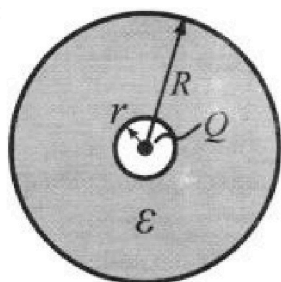
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 .



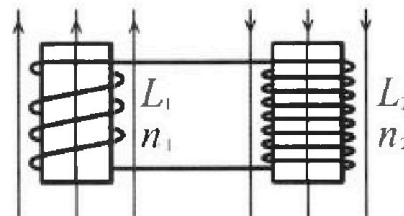
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

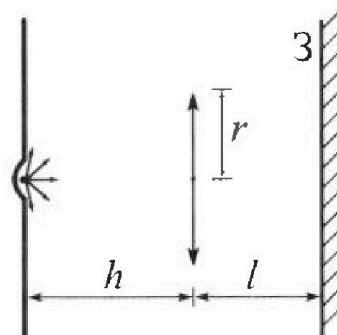


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 см^2 в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

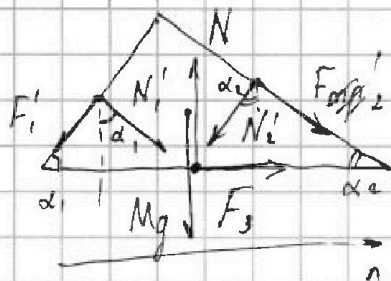


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!



По III з. Ньютона найдём силы,
с которыми тела g -юм на-
выш: $F_{огр1} = F_{огр2}$; $N_1' = N_1$,
 $F_1' = F_1$; $N_2' = N_2$
(направления как на рис.)

Введём ось Ox для алгебра. (M - масса шара)

По II з. Ньютона брось Ox : $0 = \cancel{M} - F_1 \sin(90 - \alpha_1) + N_1 \sin \alpha_1 -$
 $- N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \sin(90 - \alpha_2) + F_{3n} = -F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 -$
 $- N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 + F_{3n}$ проекция F_3 на Ox

$$F_{3n} = F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 =$$

$$= mg \cdot \frac{9}{65} \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + mg \cdot \frac{24}{13} \cdot \frac{5}{13} - mg \cdot \frac{7}{26} \cdot \frac{12}{13} =$$

$$= mg \frac{36 - 4 \cdot 3 \cdot 13}{65 \cdot 5} + mg \frac{24 \cdot 5 \cdot 2 - 7 \cdot 12}{26 \cdot 13} = -mg \frac{120}{65 \cdot 5} + mg \frac{156}{26 \cdot 13} =$$

$$= -mg \cdot \frac{24}{65} + mg \frac{78}{13 \cdot 13} = -mg \frac{24}{65} + mg \cdot \frac{6}{13} =$$

$$= mg \cdot \frac{36 - 24}{65} = mg \cdot \frac{6}{65} \Rightarrow F_3 = \frac{6}{65} mg$$

Ответ: $F_1 = \frac{9}{65} mg$; $F_2 = \frac{7}{26} mg$; $F_3 = \frac{6}{65} mg$.

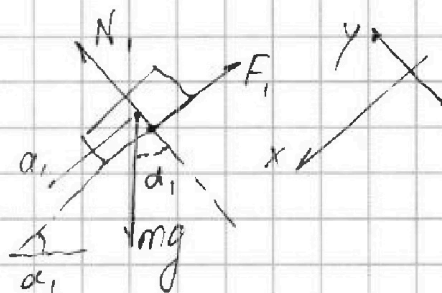
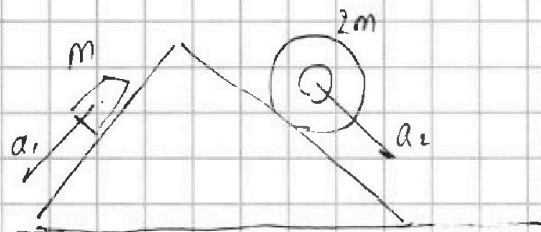


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



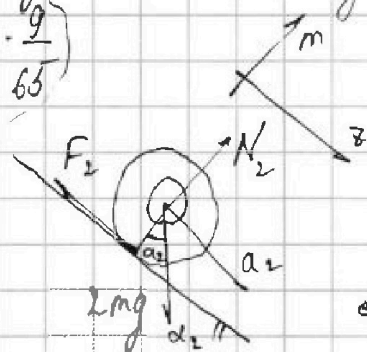
1) Введем две оси для блока и दूसая Ox и Oy .

по Ox поперек вдоль Ox : $ma_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_1$

вдоль Oy : $N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0$

$$F_1 = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \cdot \frac{3}{5} - m \cdot \frac{6}{13} g = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{6}{13} \right) = mg \frac{39 - 30}{65} = mg \frac{9}{65}$$

2)



Введем для цилиндра ось Oz и ось $O\tau$.

$$2ma_2 = 2mg \sin \alpha_2 - F_2$$

$$F_2 = 2mg \sin \alpha_2 - 2ma_2 =$$

$$= 2mg \cdot \frac{5}{13} - 2m \cdot \frac{g}{6} = mg \left(\frac{10}{13} - \frac{1}{3} \right) = mg \frac{20 - 13}{26} = mg \frac{7}{26}$$

по $O\tau$ поперек вдоль $O\tau$: $0 = N_2 - 2mg \cos \alpha_2$

3) Из полученных пунктов найдем $N_1 = mg \cos \alpha_1 = mg \cdot \frac{4}{5}$

$$N_2 = 2mg \cos \alpha_2 = 2mg \cdot \frac{12}{13} = mg \frac{24}{13}$$



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

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!

б) Найдем урав-е прямой 1-3:

$$p(V) = dV + c$$

$$p(14V_0) = d \cdot 14V_0 + c = 2p_0$$

$$p(8V_0) = d \cdot 8V_0 + c = 8p_0$$

$$\begin{aligned} 6V_0 d &= -6p_0 \Rightarrow d = -\frac{p_0}{V_0} \\ -\frac{p_0}{V_0} \cdot 14V_0 + c &= 2p_0 \Rightarrow c = 16p_0 \Rightarrow p(V) = -\frac{p_0}{V_0} V + 16p_0 \end{aligned}$$

Выборим точку на прямой 1-3: $p_4; V_4$, тогда

$$\begin{aligned} \Delta U_{3-4} &= \frac{3}{2} R(T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \cdot p_4 V_4 - \frac{3}{2} 2p_0 \cdot 14V_0 = \\ &= \frac{3}{2} p_4 V_4 - 42p_0 V_0 \end{aligned}$$

$$A_{3-4} = -S \cdot N = -\underbrace{(p_4 + 2p_0)}_{\text{максимальное давление}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (V_0 - V_4) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{3-4} = \frac{3}{2} p_4 V_4 - 42p_0 V_0 - \frac{1}{2} p_4 V_0 - \frac{1}{2} 2p_0 V_0 + \frac{1}{2} p_4 V_4 + 2p_0 \cdot \frac{1}{2} V_4 =$$

$$A_{3-4} + \Delta U_{3-4} = 2p_4 V_4 - 43p_0 V_0 - \frac{1}{2} p_4 V_0 + p_0 V_4 =$$

$$= 2 \left(-\frac{p_0}{V_0} V_4 + 16p_0 \right) V_4 - 43p_0 V_0 - \frac{1}{2} \left(-\frac{p_0}{V_0} V_4 + 16p_0 \right) V_0 + p_0 V_4 =$$

$$= -\frac{2p_0}{V_0} V_4^2 + 32p_0 V_4 - 43p_0 V_0 + \frac{1}{2} p_0 V_4 - 8p_0 V_0 + p_0 V_4 =$$

$$= -\frac{2p_0}{V_0} V_4^2 + \left(33 + \frac{1}{2} \right) p_0 V_4 - 51p_0 V_0 = -\frac{2p_0}{V_0} V_4^2 + \frac{67}{2} p_0 V_4 - 51p_0 V_0$$

$$V_{4\text{max}} = \frac{-\frac{67}{2} p_0 V_0}{2 \cdot -\frac{2p_0}{V_0}} = \frac{67}{8} V_0 = 8 \frac{3}{8} V_0$$

↑
парабола с ветвями
вверх

т.е. температура подводится до максимума,
когда объем равен $8 \frac{3}{8} V_0$



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.



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!

$$\nu R T_2 = p_2 \cdot V_2 = 2p_0 \cdot 14 V_0 = 28 p_0 V_0 \Rightarrow \frac{T_{1-2 \text{ max}}}{T_2} = \frac{\nu R T_{\text{max}}}{\nu R T_2} = \frac{28 p_0 V_0}{28 p_0 V_0} = 1$$

$$= \frac{36}{14} = \left(\frac{18}{7}\right)$$

4) Найдём промежуток, на котором Δ прибавилась к газу: выберем точку на графике на 1-2: с $p_x; V_x$

тогда Δ газа до этой точки $A_x = \frac{1}{2} (8p_0 + p_x) \cdot (V_x - 8V_0)$

$$\Delta U_{1-x} = \frac{3}{2} \nu R (T_x - T_1) = \frac{3}{2} (p_x V_x - 8p_0 \cdot 8V_0) =$$

$$\text{По 1-му терм-су:} \quad = \frac{3}{2} (p_x V_x) - \frac{3}{2} \cdot 64 p_0 V_0$$

$$Q_x = \Delta U_{1-x} + A_x = \frac{3}{2} p_x V_x - 3 \cdot 32 p_0 V_0 + \frac{1}{2} \cdot 8p_0 V_x + \frac{1}{2} p_x V_x -$$

$$- \frac{1}{2} \cdot 8p_0 \cdot 8V_0 - \frac{1}{2} p_x \cdot 8V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} p_x V_x - 96 p_0 V_0 + 4 p_0 V_x + \frac{1}{2} p_x V_x - 32 p_0 V_0 - 4 p_x V_0 =$$

$$= 2 p_x V_x - 128 p_0 V_0 + 4 p_0 V_x - 4 p_x V_0 =$$

$$= 2 p_x \cdot 2 \left(-\frac{p_0}{2V_0} V_x + 12 p_0 \right) V_x - 128 p_0 V_0 + 4 p_0 V_x - 4 \left(-\frac{p_0}{2V_0} V_x + 12 p_0 \right) V_0 =$$

$$= -\frac{p_0}{V_0} V_x^2 + 24 p_0 V_x - 128 p_0 V_0 + 4 p_0 V_x + \frac{2 p_0}{V_0} V_x V_0 - 48 p_0 V_0 =$$

$$= -\frac{p_0}{V_0} V_x^2 + (24 p_0 + 4 p_0 + 2 p_0) V_x - 176 p_0 V_0 =$$

$$= -\frac{p_0}{V_0} V_x^2 + 30 p_0 V_x - 176 p_0 V_0 \quad (\text{график параболы найдём до какого момента возрастает - это и будет } Q_x)$$

$$V_{x \text{ max}} = \frac{-30 p_0}{-2 \frac{p_0}{V_0}} = 15 V_0 \Rightarrow \text{на 1-2-м участке всегда возрастает}$$



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!

6) ПТс на ~~изохоре~~ изохоре $A=0$, а температура падает -
на ней $Q_+ = 0$

$$Q_+ = Q_{1-2} + Q_{2-3} - 8 \frac{3}{8} V_0 = -\frac{p_0}{V_0} (14V_0)^2 + 90 p_0 \cdot 14V_0 - 176 p_0 V_0 +$$

$$+ \left(\frac{2p_0}{V_0} \right) \left(8 \frac{3}{8} V_0 \right)^2 + \frac{67}{2} p_0 \cdot \frac{8 \frac{3}{8} V_0}{\frac{67}{8}} - 51 p_0 V_0 =$$

$$= -196 p_0 V_0 + 420 p_0 V_0 - 176 p_0 V_0 - 51 p_0 V_0 + \frac{67 \cdot 67}{8 \cdot 2} p_0 V_0 -$$

$$- p_0 V_0 \frac{2 \cdot 67^2}{8^2} = 48 p_0 V_0 - 51 p_0 V_0 + \frac{4489}{16} p_0 V_0 - \frac{4489}{8 \cdot 4} p_0 V_0 =$$

$$= -3 p_0 V_0 + \frac{4489}{32} p_0 V_0 = \frac{4489 - 96}{32} p_0 V_0 =$$

$$= \frac{4393}{32} p_0 V_0$$

$$\begin{array}{r} 420 \\ -196 \\ \hline 224 \end{array} \quad \begin{array}{r} 29 \\ -176 \\ \hline 48 \end{array} \quad \begin{array}{r} 67 \\ -67 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4489 \\ -96 \\ \hline 4393 \end{array} \quad \begin{array}{r} 402 \\ -402 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 4489 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ -9 \\ \hline 288 \end{array}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{9 p_0 V_0 - 31}{4393 p_0 V_0} = \frac{288}{4393}$$

Проблем: $\frac{0.112}{A} = 1; \quad \frac{T_{max}}{T_3} = \frac{18}{7}; \quad \eta = \frac{288}{4393}$



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!

1) Найдём работу газа за цикл A , рас площадь на графике, умноженную на масштабный множитель:

$$A = (5p_0 - 2p_0) \cdot (14V_0 - 8V_0) \cdot \frac{1}{2} = 3p_0 \cdot 6V_0 \cdot \frac{1}{2} = 9p_0V_0$$

$$2) Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R p_0 V_0 (70 - 64) = \frac{3}{2} p_0 V_0 \cdot 6 = 9p_0 V_0 =$$

приращ-е влуг E на 1-2

$$\nu R T_2 = 5p_0 \cdot 14V_0 = 70p_0 V_0$$

$$\nu R T_1 = 8p_0 \cdot 8V_0 = 64p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{Q_{12}}{A} = \frac{9p_0 V_0}{9p_0 V_0} = 1$$

3) Найдём урав-е прямой 1-2: $p(V) = aV + b$

$$p(8V_0) = a \cdot 8V_0 + b = 8p_0$$

$$p(14V_0) = a \cdot 14V_0 + b = 5p_0$$

$$(14-8)aV_0 = 5p_0 - 8p_0 = -3p_0$$

$$6aV_0 = -3p_0 \Leftrightarrow a = -\frac{3p_0}{6V_0} = -\frac{p_0}{2V_0}$$

$$-\frac{p_0}{2V_0} \cdot 8V_0 + b = 8p_0 \Rightarrow b = 12p_0$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow \left(-\frac{p_0}{2V_0}V + 12p_0\right)V = \nu RT(V) = -\frac{p_0}{2V_0}V^2 + 12p_0V$$

$$V_{\max T} = -\frac{12p_0}{\left(-\frac{p_0}{2V_0}\right)} = \frac{12p_0}{\frac{p_0}{2V_0}} = 24V_0$$

график параболы
ветви вниз
вершиной

$$\nu RT_{\max} = -\frac{p_0}{2V_0} \cdot (12V_0)^2 + 12p_0 \cdot 12V_0 = -\frac{144}{2} p_0 V_0 + 144 p_0 V_0 = \frac{144}{2} p_0 V_0 = 72p_0 V_0$$



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.

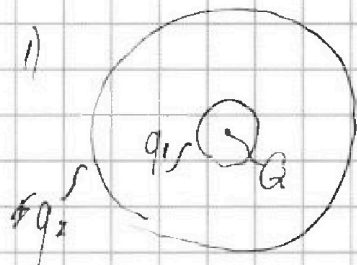
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА

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!



По закону сохранения заряда, если на внутренней поверхности диэлектрика ϵ Пусть на внутренней

пов-ти диэлектрика индуцируется заряд q_1 , на внешней q_2 . По закону сохранения заряда $q_1 = -q_2 = q$

Тогда $q_2 = -q$

Найдём напряжённость внутри шара на расстоянии $x \in (r; R)$ от его центра:

$E = E_0 + E_q = E_q$ по принципу суперпозиции, причём $E_q = 0$ т.к. на внешней пов-ти

$$E = E_0 + E_q = k \frac{Q}{x^2} + k \frac{q}{x^2}$$

$$E = E_{\text{эквив}} = k \frac{Q}{x^2} \Rightarrow$$

$$k \frac{Q}{x^2} + k \frac{q}{x^2} = k \frac{Q}{x^2} \Rightarrow k \frac{q}{x^2} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kQ}{x^2} = \frac{(1-\epsilon)kQ}{x^2} \Rightarrow q = \frac{(1-\epsilon)Q}{\epsilon}$$

$$\Rightarrow -q = \frac{(\epsilon-1)Q}{\epsilon}$$

$$\varphi(x) = k \frac{Q}{x} + k \frac{(\epsilon-1)Q}{\epsilon R} + k \frac{(\epsilon-1)Q}{\epsilon r}$$

$$\varphi(x)_{\text{при } x \in (r; R)} = k \frac{Q}{x} + k \frac{(\epsilon-1)Q}{\epsilon x} + k \frac{(\epsilon-1)Q}{\epsilon R} = \frac{kQ\epsilon}{\epsilon x} + \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ\epsilon}{\epsilon R} + \frac{k(\epsilon-1)Q}{\epsilon R}$$

$$= k \frac{Q}{\epsilon x} + k \frac{(\epsilon-1)Q}{\epsilon R} - \text{аналитическое выражение}$$

Потенциал в точке - суперпозиция потенциалов, созданных сферами с зарядами



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!

$$\text{при } x = \frac{5}{6}R: \varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = k \frac{Q_0}{e \cdot 5R} + k \frac{(e-1)Q_0}{eR} = \frac{6kQ_0 + 5keQ_0 - 5kQ_0}{5eR} = \frac{kQ_0 + 5kQ_0e}{5eR} = \frac{kQ_0(1+5e)}{5eR}$$

$$2) \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = k \frac{Q_0 \cdot 3}{eR} + k \frac{(e-1)Q_0}{eR} = \frac{3kQ_0 + keQ_0 - kQ_0}{eR} = \frac{kQ_0(2+e)}{R \cdot e} = 5\varphi_0$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = k \frac{Q_0 \cdot 3}{e \cdot 2R} + k \frac{(e-1)Q_0}{eR} = \frac{3kQ_0 + 2keQ_0 - 2kQ_0}{2eR} = \frac{kQ_0 + 2kQ_0e}{2eR}$$

$$= \frac{kQ_0(1+2e)}{R \cdot 2e} = 4\varphi_0 \rightarrow \frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi\left(\frac{2R}{3}\right)} = \frac{5\varphi_0}{4\varphi_0} = \frac{(2+e) \cdot 2e}{e(1+2e)} = \frac{5}{4}$$

$$5e(1+2e) = 8e(2+e)$$

$$5e + 5 + 10e = 16 + 8e \Leftrightarrow 2e = 11 \Rightarrow e = \frac{11}{2}$$

$$\text{Ответ: } \varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = \frac{kQ_0(1+5e)}{R \cdot 5e};$$

$$e = \frac{11}{2};$$



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.

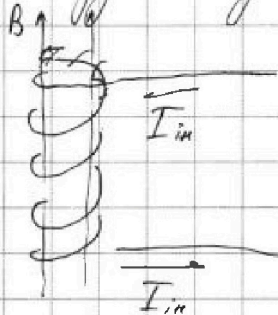
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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

1) Левая катушка будет источником напряжения, а правая наоборот будет - падением напряжения.

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \alpha$$



$$\Phi_{\text{через } L_1} = (B + \alpha I) S_n = - (B + \alpha I) S_n$$

ε направление
по ходу
катушки

$$U_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi}{dt} = - (-\alpha S_n) = \alpha S_n \quad (\text{тоже можно как катушка})$$

$$U_{\text{ind}} = \alpha S_n = U_{\text{падения}} = L \frac{dI_{\text{in}}}{dt}$$

по правой катушке

$$\frac{dI_{\text{in}}}{dt} = \frac{\alpha S_n}{L_2} = \frac{\alpha S_n}{16L}$$

$$2) E_0 = \frac{1}{2} \frac{B_0^2 V}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{(3B_0)^2 V}{\mu_0} = \frac{1}{2} \frac{B_0^2 V}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{9B_0^2 V}{\mu_0} = \frac{10B_0^2 V}{2\mu_0} = 5 \frac{B_0^2 V}{\mu_0}$$

$$E_c = \frac{1}{2} L_1 I^2 + \frac{1}{2} L_2 I^2 = \frac{1}{2} \frac{(B_0)^2 V}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{(9B_0)^2 V}{\mu_0} = \frac{1}{2} (L_1 + L_2) I^2 = \frac{1}{2} \frac{745 B_0^2 V}{16\mu_0}$$

$$LI = \Phi \Rightarrow \Phi = B \cdot S \cdot n = \frac{\mu_0 I n^2}{l} S_n = \mu_0 \frac{I S_n^2}{l} \Rightarrow L = \mu_0 \frac{S_n^2}{l}$$

$$B \cdot l = \mu_0 I n \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I n}{l}$$

то же число витков отним.
в 4 раза
а l в 16 раз - значит и добьемся
этой работы

$$l = l_1 = \frac{(\mu_0 S_n^2)}{L}$$

$$E_c - E_0 = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} (L_1 + L_2) I^2 = \left(\frac{5B_0^2}{\mu_0} - \frac{745B_0^2}{16\mu_0} \right) V$$

$$V = V_1 = V_2 = \mu_0 \frac{S_n^2}{L}$$

Ответ: $\frac{dI_{\text{in}}}{dt} = \frac{\alpha S_n}{16L}$

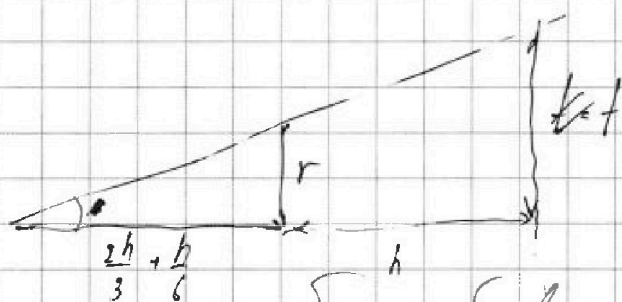


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{l}{r} = \frac{h + \frac{2h}{3} + \frac{h}{6}}{\frac{2h}{3} + \frac{h}{6}} = \frac{(6h + 4h + h) \cdot 6}{6(4h + h)} = \frac{11}{5} \Rightarrow l = \frac{11}{5}r$$

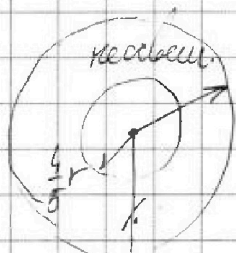
от $\frac{11}{3}r$ до $\frac{11}{5}r$ область освещена

лучами через зеркало и стену

от $\frac{11}{3}r$ до ∞ область освещена лучами только через зеркало

от 0 до $\frac{4}{5}r$ область освещена через стену без зеркала

то область освещенная: $[0; \frac{4}{5}r] \cup [\frac{11}{5}r; \infty]$



$$S_{\text{ксерокс}} = \pi \left(\frac{11}{5}r\right)^2 - \pi \left(\frac{4}{5}r\right)^2$$

$$= \pi r^2 \cdot \left(\frac{11}{5} - \frac{4}{5}\right) \left(\frac{11}{5} + \frac{4}{5}\right) = \pi r^2 \cdot \frac{7}{5} \cdot \frac{15}{5} =$$

$$= \pi \cdot 25 \cdot \frac{7 \cdot 15}{5 \cdot 5} (\text{см}^2) = \pi \cdot 7 \cdot 15 (\text{см}^2) =$$

$$= \pi \cdot 105 (\text{см}^2)$$

Ответ: $S_{\text{ксерокс}} = \frac{200}{3} \pi (\text{см}^2)$

$S_{\text{ксерокс}} = 105 \pi (\text{см}^2)$



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.

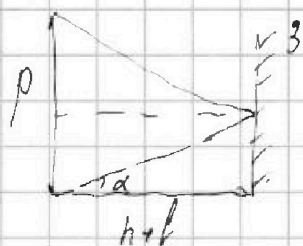
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

$$= \pi \cdot \frac{4}{3} r \cdot \frac{6}{3} r = \pi \cdot \frac{8}{3} r^2 = \pi \cdot \frac{8}{3} \cdot 25 \text{ см}^2 = \pi \cdot \frac{200}{3} (\text{см}^2)$$

2) Луи ^{не} проходящие через линзу могут освещать стену на расстоянии $\geq r$ от ГО (главной оси)



$$r = 2(h+l) \cdot \tan \alpha = 2 \cdot \frac{5h}{3} \cdot \frac{r}{h} = \frac{10r}{3}$$

Изображение в линзе находится на расстоянии f от линзы,

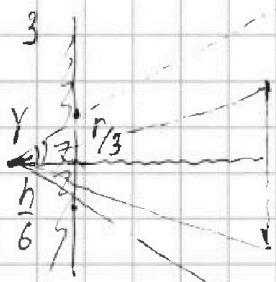
$$\text{где } f \text{ из формулы линзы} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{h-F}{hF}$$

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



$$k = 1 - \frac{h}{2} = \frac{2h}{3} - \frac{h}{2} = \frac{h}{6}$$

$\Rightarrow$ источник света после отражения на расстоянии $\frac{h}{6}$ по другую сторону зеркала



Луи из зеркала могут выходить только через ось.

часть, которая не прошла в точку (т.е. через верх радиуса $(\frac{r}{3})$), попадает на другую стену. область не освещена

$$\tan \alpha = \frac{r/3}{h} = \frac{2r}{h}$$

$$\text{луч доходит до экрана на расстоянии } m = \tan \alpha \cdot (h + l + \frac{h}{6}) = \frac{2r}{h} \cdot (h + \frac{2}{3}h + \frac{h}{6}) = \frac{2r}{h} \cdot \frac{6h + 4h + h}{6} = \frac{2r}{h} \cdot \frac{11h}{6} = \frac{22}{3}r > \frac{10r}{3}$$

$\Rightarrow$ в область освещенная лучами через линзу переходит



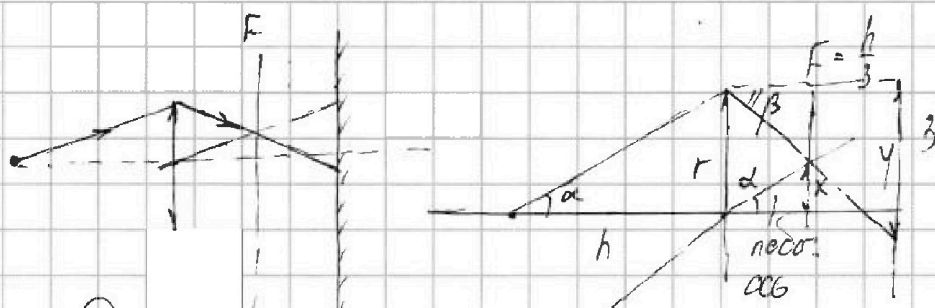
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) Рассмотрим ход лучей, проходящих через линзу под максимальным углом к её ГО.

Ход этих лучей за линзой будем строить по правилу для параллельных лучей. Проведем вспомогательную оптическую ось и найдем точку в её пересечении с срединной линзой.

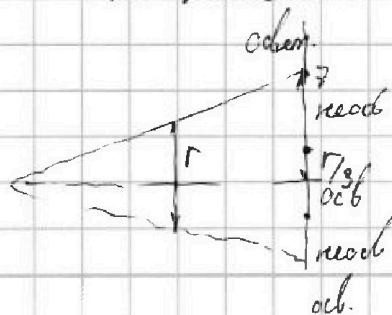
$$x = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{h}{3}, \text{ где } x - \text{на рисунке}$$

$$x = \frac{r}{h} \cdot \frac{h}{3} = \frac{r}{3}$$

$$y = \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{2h}{3} = \frac{r-x}{\frac{h}{3}} \cdot \frac{2h}{3} = \frac{2r-\frac{2}{3}r}{\frac{2}{3}} = \frac{4r}{3} \Rightarrow \text{луч упадет}$$

$$\text{на расстоянии } y-r = \frac{4r}{3} - r = \frac{r}{3} \text{ от опт оси}$$

Остальные лучи, проходя через линзу упадут на экран на меньшем расстоянии от ГО. $\Rightarrow$



$$z = \operatorname{tg} \alpha \cdot (h + \frac{h}{3}) = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{5h}{3} = \frac{r}{h} \cdot \frac{5h}{3} = \frac{5}{3} r$$

$$\text{осев.} \Rightarrow S_{\text{кас.}} = S_{\text{ортогонал.}} - S_{\text{пол.}} =$$

$$= \pi \left(\frac{5}{3} r \right)^2 - \pi \left(\frac{r}{3} \right)^2 =$$

$$= \pi \left(\frac{5}{3} r - \frac{r}{3} \right) \left(\frac{5}{3} r + \frac{r}{3} \right) =$$



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
__ 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!

