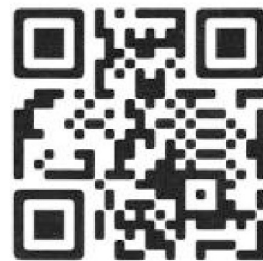




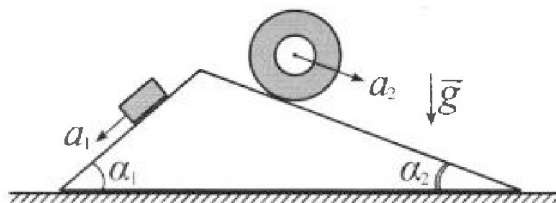
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

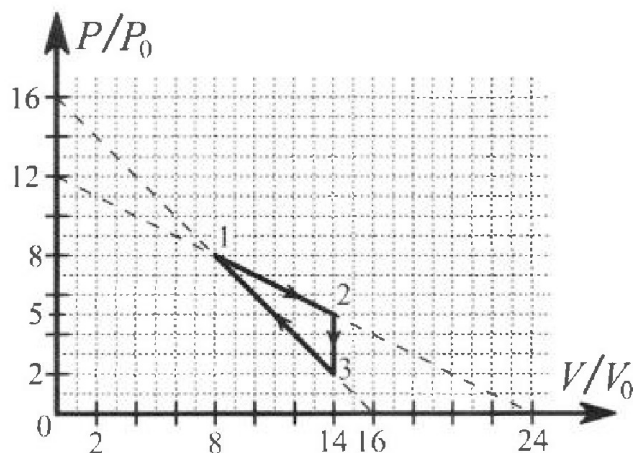


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

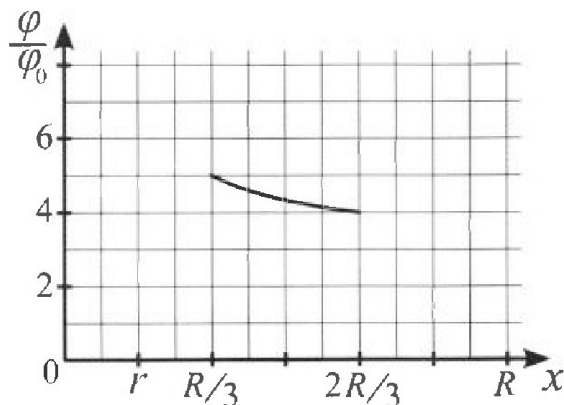
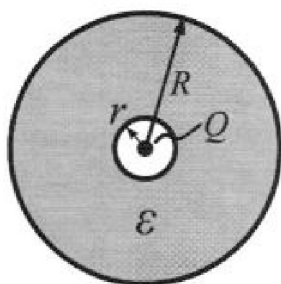
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 .



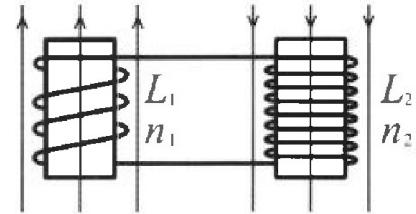
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

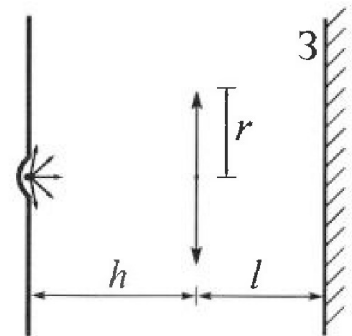


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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

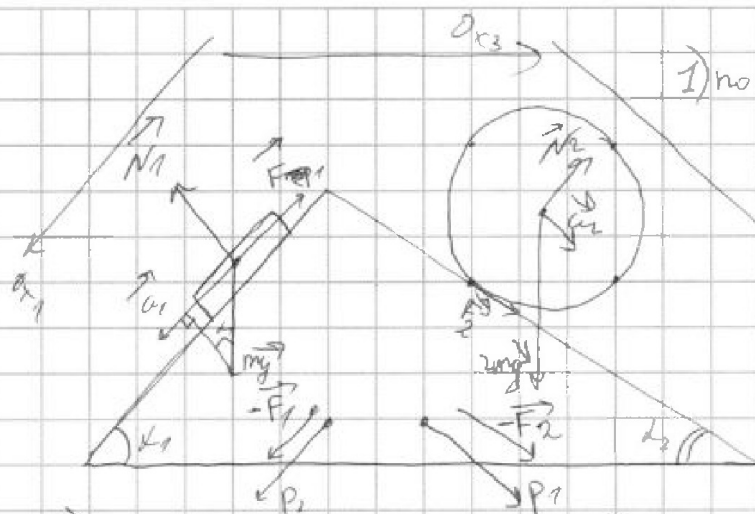


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) по II 3-му закону Ньютона на ось Ox_1 , где блок:

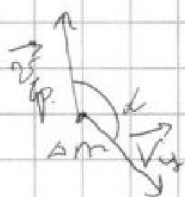
$$ma_1 = mg \sin \alpha - F_1 \quad (2)$$

$$(2) F_1 = m(g \sin \alpha - a_1)^2$$

$$= mg \left(\frac{3}{5} - \frac{6}{5} \right)^2$$

$$= \frac{7}{25} mg = \frac{9}{65} mg$$

2) рассчитаем энергию колеса (кинетич). Пусть мы взяли участок с $m' = \Delta m$, нарисуем векторы скорости колеса, тогда для диаметрально противоположно $\vec{v}_{cp}$ будет вращательная скорость.



$$E_{k \Delta m} = \frac{\Delta m v^2}{2} = \frac{\Delta m}{2} (v_{cp}^2 + v_k^2 - 2 v_{cp} v_k \cos \alpha)$$

для противоположных углов, $E_{k \Delta m} = \frac{\Delta m}{2} (v_{cp}^2 + v_k^2 + 2 v_{cp} v_k \cos \alpha)$ (так $\alpha = 180^\circ - \alpha$), противно. Если же вычислим энергию между сферами, тогда $E_{k \Delta m_1} + E_{k \Delta m_2} = \frac{\Delta m}{2} (2 v_{cp}^2 + 2 v_k^2) = \Delta m (v_{cp}^2 + v_k^2)$

3) $v_k = 2 v_{cp}$, так как радиусы без проскальзывания колеса, $\sum E_{k \Delta m_i} = \frac{\Delta m}{2} \cdot 2 v_{cp}^2 = \Delta m v_{cp}^2$

вынесем колесо целиком на ось Ox_2 , тогда по 3СЭ:

$$\left(\begin{aligned} 2m v_{cp}^2 + 2mg h \sin \alpha &= 2m (v_{cp} + a_{cp} t)^2 + F_2 \cdot h \\ h &= v_{cp} t + \frac{a_{cp} t^2}{2} \end{aligned} \right) \quad (2)$$

$$(2) \quad 2m v_{cp}^2 + 2mg v_{cp} t \sin \alpha + 2mg \frac{a_{cp} t^2}{2} \sin \alpha = 2m v_{cp}^2 + 4m v_{cp} a_{cp} t + a_{cp}^2 t^2 \cdot 2m + F_2 \cdot h \quad (2)$$

$$(2) \quad F_2 = 2mg \sin \alpha \left(\frac{v_{cp} t + a_{cp} t^2}{2} \right) - 4m a_{cp} \left(\frac{v_{cp} t + a_{cp} t^2}{2} \right)$$

$$= \frac{2m \left(\frac{5g}{75} - \frac{8g}{2} \right)}{26} = -\frac{6mg}{26}$$

$$v_{cp} t + \frac{a_{cp} t^2}{2} \quad m \cdot F_2 \uparrow \text{ по } Ox_2$$



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 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) 4) по II 3-ю. Угол наклона для клина и для друга/колеса

на клин действуют те же силы, это же клин, но в противоположную сторону.

Смотреть рисунок. $N_2 = P_2 = 2mg \cos \alpha_2$; $N_1 = P_1 = mg \cos \alpha_1$;
 $|\vec{F}_2| = |\vec{F}_1| = \frac{3mg}{13}$; $|\vec{F}_2| = |\vec{F}_1| = \frac{9mg}{65}$.

тогда проекции сил на горизонтальную ось будут равны

$P_1 \sin \alpha_1$, $F_2 \sin \alpha_2$; $F_1 \cos \alpha_1$; $P_2 \sin \alpha_2$.

$$F_{\text{упр}} = P_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2 = F_1 \cos \alpha_1 - P_2 \sin \alpha_2 = \frac{9mg}{65} \cdot \frac{4}{5} - \frac{2mg \cdot 12 \cdot 5}{23 \cdot 13} = \frac{12}{25} mg + \frac{36}{169} mg - \frac{12}{13 \cdot 25} mg - \frac{120}{169} mg =$$

$$= \frac{12 \cdot 169 mg + 36 \cdot 25 mg - 36 \cdot 13 mg - 120 \cdot 25 mg}{25 \cdot 169} = \frac{-540}{25 \cdot 169} mg = \frac{-540}{4475} mg$$

Ответ: 1) $\frac{9mg}{65}$ 2) $\frac{3mg}{13}$ 3) $\frac{-540}{4475} mg$

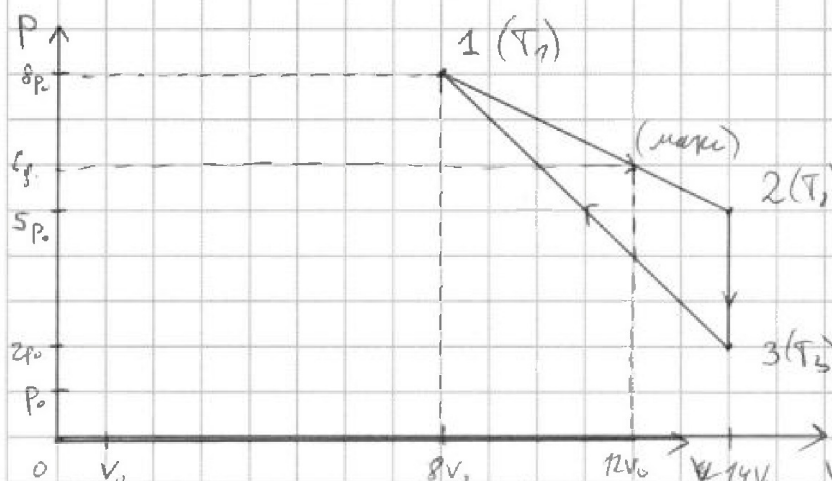


1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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) так как $P(V)$ линейно убывает, то на графике $P \sim V$ P — прямая линия, $P_0(V_0)$ отрезки будут представлены прямыми аналогично, V — прямая линия. тогда чертятся:



$$\text{тогда } A_{\text{изл}} = S_{123} = \frac{6V_0 \cdot 3P_0}{2} = 9V_0 P_0$$

в идею перевер, из уравн-я сост-я газа:

$$\begin{cases} 8P_0 \cdot 8V_0 = 2RT_1 \\ 5P_0 \cdot 14V_0 = 2RT_2 \\ U_1 = \frac{3}{2} 2RT_1 \\ U_2 = \frac{3}{2} 2RT_2 \end{cases}$$

то т.к. $\Delta U = U_2 - U_1 = 3(2RT_2 - 2RT_1)$, то подставляя, получаем:

$$\Delta U = \frac{3}{2} (70P_0V_0 - 64P_0V_0) = 9P_0V_0 \text{ отсюда Ответ: 1.}$$

2) пусть $P(V)$ на 1-2 выражается как: $P = KV + b$. тогда:

$$\begin{cases} 8P_0 = K \cdot 8V_0 + b \\ 5P_0 = K \cdot 14V_0 + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} K = -\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} \\ b = 12P_0 \end{cases} \text{ отсюда, } PV \text{ выражается как } PV = -\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} V^2 + 12P_0V_0$$

это выражение с вершиной в $V_0 = -\frac{12P_0}{-P_0/V_0} = 12V_0$, отсюда, $P_0 = 6P_0$, следовательно, т.к. $\left(\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0}\right) < 0$, то в вершине макс-е значение, т.е. $\max(PV) = \max(2RT) = 72P_0V_0$ из уравнения

состояния газа, $72P_0V_0 = 2RT_{\text{max}} \Rightarrow \frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$

3) адиабатную смену состояния $P(V)$ проведем от 1-3, получим $P(V): P = -\frac{P_0}{V} + 16P_0$. тогда кривая параболы $P(V)$ будет в $V_0 = 8V_0$ 2) в точке 6 ① максимальная темп-ра на 1-3.

тогда по определению КПД $\eta = \frac{A}{Q_{\text{з-т}}}$ тогда $Q_{\text{з-т}} = Q_{3-1} + Q_{1-2-3}$

$$Q_{3-1} = A_{3-1} + \Delta U_{3-1} = \frac{2P_0 + 8P_0}{2} \cdot 6V_0 + \frac{3}{2} (64P_0V_0 - 28P_0V_0) = 30P_0V_0 + 54P_0V_0 = 84P_0V_0$$

$$Q_{1-2-3} = A_{1-2-3} + \Delta U_{1-2-3} = \frac{6P_0 + 8P_0}{2} \cdot 4V_0 + \frac{3}{2} (72P_0V_0 - 64P_0V_0) = 40P_0V_0$$



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
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!

$$\text{масса } \eta = \frac{18 \cdot 9}{124 \cdot 16} = \frac{9}{124}$$

Ответы: 1) 1, 2) 18/7, 3) 9/124.



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!

пусть $q_0 = \frac{kQ}{x_0} + C$, $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon R_i} + C$ тогда из задачи: $\frac{q_0}{\varphi} = \frac{\epsilon R_i}{x_0}$

$$\frac{q_0}{\varphi} = \frac{x_0(kQ + Cx_0)}{\epsilon R_i(kQ + C\epsilon R_i)}$$

при $R_i = R/3$: $\frac{3x_0(kQ + Cx_0)}{\epsilon R(kQ + \frac{C\epsilon R}{3})} = 5$ (1)

при $R_i = 2R/3$: $\frac{3x_0(kQ + Cx_0)}{\frac{2}{3}\epsilon R(kQ + \frac{2C\epsilon R}{3})} = 4$ (2)

при $R_i = 5R/6$: $\frac{6x_0(kQ + Cx_0)}{5\epsilon R(kQ + \frac{5C\epsilon R}{6})} = ?$

(1) $3x_0 kQ + 3Cx_0^2 = 5\epsilon R kQ + \frac{5C\epsilon^2 R^2}{3}$

(2) $3kQx_0 + 3Cx_0^2 = 8\epsilon R kQ + \frac{8C\epsilon^2 R^2}{3}$

$\frac{kQ}{x_0} = \frac{kQ}{\epsilon R_i} + C$ $\frac{x_0}{\epsilon R_i} = 5$



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
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) по определению, $\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{d\Phi}{dt}$, где $\frac{d\Phi}{dt}$ — изменение потока.
по определению производной, $\dot{I}$ — показатель скорости ~~тока~~ ^{изм-я} тока.

тогда, $\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(BS)}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot S$, т.к. площадь контура и катушки

тогда $\frac{dB}{dt} S_1 = L_1 \dot{I}_1 = L_2 \dot{I}_2$ тогда $(L_1 + L_2) \dot{I} = L_2 \dot{I}_2 \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow \dot{I} = \frac{L_2 \dot{I}_2}{L_1 + L_2} = \frac{L_2 \dot{I}_2}{17L_1}$$

$$2) \mathcal{E}(L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I}) = \mathcal{E} \frac{d\Phi}{dt} = \Delta BS_1 + \Delta BS_2 = -\frac{2}{3} B_0 \mu S + \frac{3}{4} B_0 \mu S = \frac{7}{3} B_0 \mu S.$$

$(L_1 + L_2) \cdot \dot{I}$,
так как $\dot{I}_2$ с 0 до $\dot{I}_2$ как-то упр.

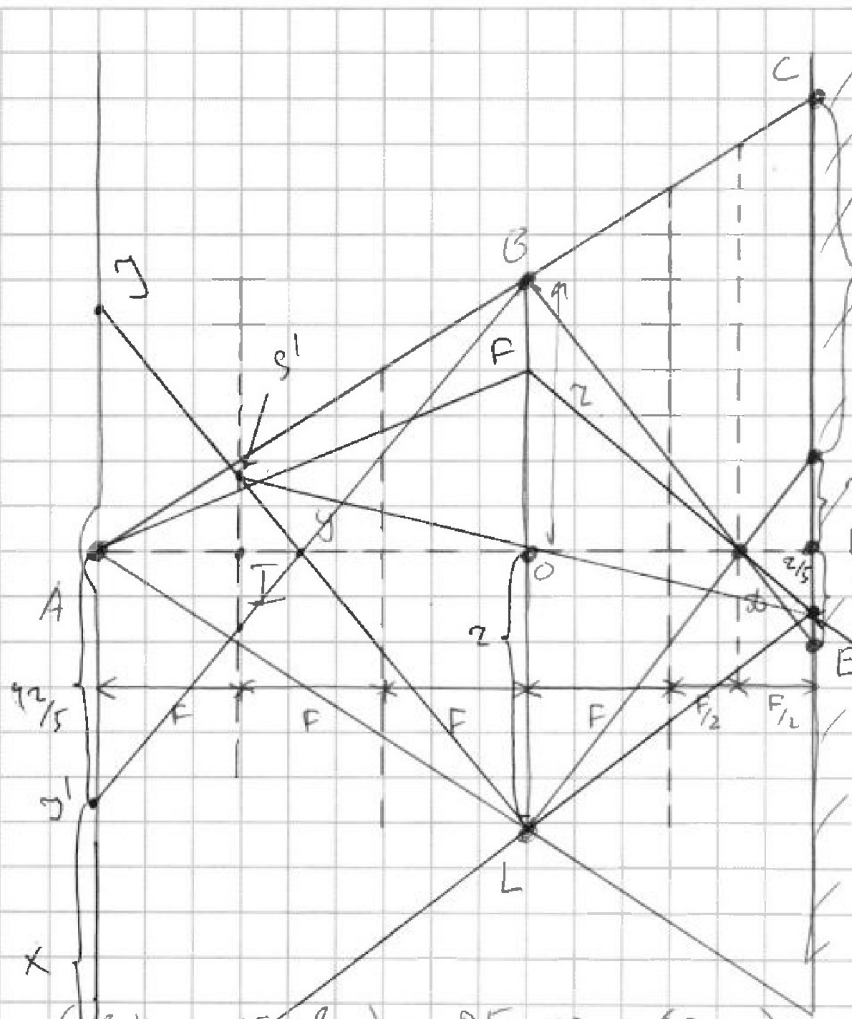
$$\text{отсюда, } \dot{I} = \frac{7 B_0 \mu S}{L_1 + L_2} = \frac{7 B_0 \mu S}{17 L_1}$$

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
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) переводим в расчеты
в F : $h = 3F$, $l = 2F$

2) рассмотрим
42 угловых случая,
3 т.е. луч AB проходит
по границе линзы.
тогда (см. рис-а)
 BC - продолжение
зеркала, а BE -
прямой луч.

3) пусть D - изображение
точ. A тогда
 $\frac{1}{OA} + \frac{1}{OD} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{3F} + \frac{1}{OD} = \frac{1}{F}$
 $\Rightarrow \frac{1}{OD} = \frac{1}{F} - \frac{1}{3F} = \frac{2}{3F}$
 $\Rightarrow OD = \frac{3}{2}F$.

4) $\triangle OBD \sim \triangle ORE \Rightarrow$
 $(OB \parallel RE, BE - \text{общ.}) \Rightarrow \frac{RE}{OB} = \frac{DR}{OD} = \frac{(2F - OD)}{OD} = \frac{0.5F}{1.5F} = \frac{1}{3} \Rightarrow RE = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{2}F = F$.

Вспомогат. так как картинка сим-на луч AL преломится в
 L так, что $RL = \frac{2}{3}$ тогда CL - перес-я оптич. осей
как остальные лучи будут преломляться между границ-
ками, т.е. не попадут в перес-ю оптич. осей $\Rightarrow$ $S_{\text{нов}} = \pi(CR^2 - RL^2)$
и CR из подобия $\triangle AOB$ и $\triangle OLR$ (1 пр-к) $= \frac{5}{3}R$. отсюда,
 $S_{\text{нов}} = \pi \left(\frac{25R^2}{9} - \frac{4R^2}{9} \right) = \frac{21\pi R^2}{9} = \frac{7\pi R^2}{3}$.

5) рассмотрим случай, что перес-я луч AF после преломления
направлена вверх в границу линзы, либо $FO > a$, но $SR > a$
тогда $RF > BE = \frac{4}{3}a$ при отражении проекция L на зеркало
равна проекции F на зеркало, т.е. $\frac{4a}{3}$. тогда $OL = \frac{4}{3}a$ проекция DS на зеркало
 RS + проекция $LS = \frac{5a}{3}$.



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
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!

Отсюда, $S_A = \frac{2}{3} \cdot 2 = \frac{4}{3}$, отсюда, $R_S = \frac{2}{5}$ так как

S находится на расстоянии $2F$ от линзы, и с перемещением S_L пройдет через двойной фокус и S_0 окажется так как картинка симметрична относительно S_0 и S'_0 они равны, и равны $2/5$. Из этого S' можно найти $L S'$ и экран - 3 . тогда находим IA .

а) $\Delta S' I Y \sim \Delta Y O L$ (т.к. I - точка пересечения фокусов, $Y = L S' \cap OL$)

$$\Rightarrow \frac{S' I}{O L} = \frac{I Y}{Y O} = \frac{2/5}{2} = \frac{1}{5} \Rightarrow I Y = \frac{2F}{6} \text{ (т.к. } I Y + Y O = I O = 2F) \\ = \frac{F}{3}.$$

$$\delta) \Delta I A Y \sim \Delta S' I Y \text{ (по к.т.)} \Rightarrow \frac{I A}{S' I} = \frac{A Y}{I Y} = \frac{4F/3}{F/3} = \frac{4}{1} \Rightarrow I A = \frac{4F}{5}.$$

тогда IA всегда одна и та же величина.

получим, когда S_L не проходит, пусть он пройдет экран

в $2F$ пусть из подобных треугольников, $\frac{2-x}{5} = \frac{2}{5} \Rightarrow$

$$2x - \frac{2x}{5} = \frac{5x - 2}{5} \Rightarrow 2x = \frac{22}{5} \Rightarrow x = \frac{11}{5}.$$

$$\text{то тогда } S_{\text{крас}} = \pi(x^2 - (4x)^2) = \pi(\frac{121}{25} - \frac{16}{25}) = \frac{21\pi}{5}.$$

или отступить из S пересечь экран, то он выскочит на A и OL отрезок $2/5$, изобразит 2 подобных треугольника с катетами $2F$, $4F - 2/5$ и $5F$, $x = 2/5$.

Ответ: 1) $\frac{200\pi}{3}$ 2) 105π .

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
☐

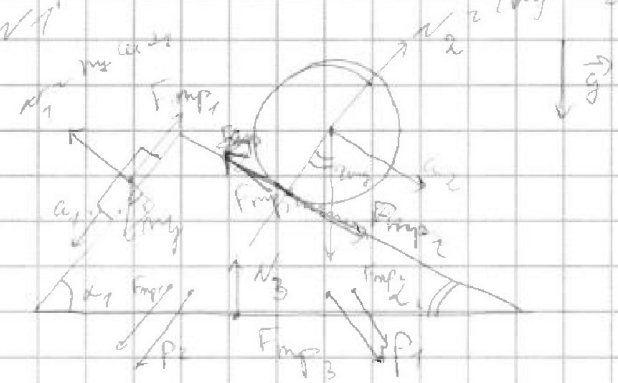
7
☐

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

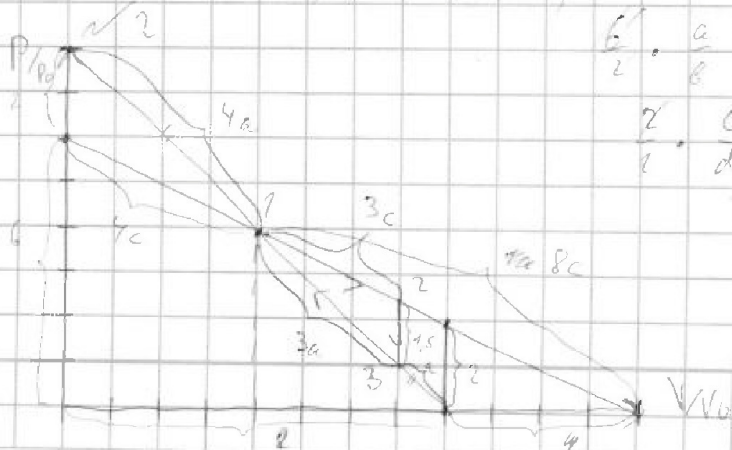


$$\begin{aligned} m a_1 &= m g \sin \alpha + F_{mp1} \\ 2 m a_2 &= 2 m g \sin \alpha - F_{mp2} \Rightarrow \\ 2 m a_2 &= 2 m g \tan \alpha + F_{mp1} \\ \Rightarrow F_{mp1} &= m (g \tan \alpha - a_1) \\ F_{mp2} &= 2 m (a_2 - g \tan \alpha) \\ \frac{2}{4} - \frac{5g}{13} &= -\frac{7}{52} g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{y_i} &= V_{y_f} \Rightarrow \Delta V_y = 0 \quad V_{y_i} = V_{y_f} \\ &= \int 2(m_j \cdot \vec{V}_y) = 2m V_y \quad \Delta p = F \cdot t \quad 2m a_2 = F_{mp2} = \\ &= 2m g \sin \alpha - F_{mp2} \quad E_{kin} = 2m V_y^2 \end{aligned}$$

$$2m V_{y_1}^2 + 2m g S \sin \alpha = 2m (V_{y_2} + a_2 t)^2 + F_{mp} S$$

$$\begin{aligned} S &= V_y t + \frac{a_2 t^2}{2} \quad 2m V_y^2 + 2m g V_y t + m g a_2 t^2 = \\ &= 2m V_y^2 + 4m V_y a_2 t + 2m a_2^2 t^2 + F_{mp} \cdot S \\ F_{mp} &= 2m a_2 (2g V_y t \sin \alpha + g t^2 \sin \alpha - 4V_y t - 2a_2 t^2) = \\ &= m a_2 (2g \sin \alpha (V_y + a_2 t) - 4(V_y + a_2 t)^2) = \\ &= m a_2 \left(\frac{2g \sin \alpha (V_y + a_2 t)}{a_2} - 4 \right) = \\ &= m \cdot \frac{g}{4} \left(\frac{2g}{g/4} \cdot \frac{52}{13} - 4 \right) = m \cdot \frac{g}{4} \left(\frac{40}{13} - 4 \right) = m \cdot \frac{g}{4} \cdot -\frac{12}{13} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \frac{P}{P_0} &= \frac{a}{b} = \frac{1}{3} = 1 \div \frac{3}{1} = 1 \\ \frac{2}{1} \cdot \frac{0}{d} \cdot \frac{2}{e} &= 1 \Rightarrow \frac{c}{d} = \frac{3}{2} \\ \frac{P}{P_0} &= \frac{2}{3}, \quad \frac{V}{V_0} = 8 \quad \frac{P}{P_0} = \frac{5}{14}, \quad \frac{V}{V_0} = 14 \\ \frac{P}{P_0} &= 2, \quad \frac{V}{V_0} = 14 \end{aligned}$$



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
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!

Handwritten solution on grid paper for a thermodynamics problem involving a piston-cylinder system with two chambers and a heat exchanger.

Diagram: A schematic of a piston-cylinder system. The cylinder is divided into two chambers by a piston. The left chamber has volume V_1 and pressure p_1 . The right chamber has volume V_2 and pressure p_2 . A heat exchanger is connected to the right chamber, with inlet temperature T_{in} and outlet temperature T_{out} . The piston is at a height h from the bottom. The total height of the cylinder is L . The piston is labeled with "1" and "2". The heat exchanger is labeled with "3" and "4". The heat exchanger is labeled with "5" and "6". The heat exchanger is labeled with "7" and "8". The heat exchanger is labeled with "9" and "10".

Equations:

$$1) A = \frac{3p_0 \cdot 4V_0}{2} = 9p_0 V_0$$

$$p_1 64p_0 V_0 = 2RT_1$$

$$70p_0 V_0 = 2RT_2$$

$$U_4 = \frac{3}{2} 2RT_2 - \frac{3}{2} 2RT_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 = 9p_0 V_0$$

$$h = 1$$

$$2) \Delta R T_{max} = p_i V_i$$

$$p_1 = 8p_0 \cdot 4V_0 = 32p_0 V_0$$

$$p_2 = 14p_0 \cdot 4V_0 = 56p_0 V_0$$

$$T = \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \quad B = 12p_0$$

$$p_i = \frac{1}{2} \frac{V_i}{V_0} \cdot \frac{p_0}{V_0} + 12p_0$$

$$p_1 V_1 = -\frac{V_1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} + 12p_0 V_1$$

$$p_2 V_2 = -\frac{V_2}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} + 12p_0 V_2$$

$$72p_0 V_0 = 2RT_{max}$$

$$T_{max} = \frac{72p_0 V_0}{2R} = \frac{36p_0 V_0}{R}$$

$$18p_0 V_0 = 2RT_2$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_1}$$

$$Q_{14} = A_{14} + U_{14} = 6p_0 + 8p_0 \cdot 4V_0 + \frac{3}{2} (72p_0 V_0 - 70p_0 V_0)$$

$$= 38p_0 V_0 + 12p_0 V_0 = 50p_0 V_0$$

$$Q_{21} = \frac{2p_0 + 8p_0}{2} \cdot 4V_0 + \frac{3}{2} (64p_0 V_0 - 70p_0 V_0) = 20p_0 V_0 + 54p_0 V_0 = 74p_0 V_0$$

$$Q_{14} = 124p_0 V_0 \rightarrow \eta = \frac{9}{74}$$

logarithmическая функция $f(x) = \frac{1}{x}$



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!

$$\phi_0 = \frac{K \cdot P}{X_0}$$

$$5 = \frac{3 \cdot X_0}{\epsilon R}$$

$$\phi_i = \frac{R \cdot K \cdot Q}{\epsilon R_i}$$

$$4 = \frac{3 \cdot X_0}{2 \epsilon R}$$

$$\frac{\phi_i}{\phi_0} = \frac{R_i \cdot X_0}{X_0 \cdot \epsilon R_i}$$

$$\begin{cases} p_p = K \cdot p \cdot V_0 + 6 \\ p_p = K \cdot 10 V_0 + 6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} K = -1 \frac{5}{6} \\ 6 = 10 p_p \end{cases}$$

$$\begin{aligned} p V_0 &= -\frac{p_0}{V_0} V^2 + 10 p_0 V_0 \\ V_0 &= 8 V_0 \\ p V_0 &= \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 469 \\ \times 11 \\ \hline 338 \\ 469 \\ \hline 2028 \\ + 900 \\ \hline 2928 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 13 \\ \hline 438 \\ 36 \\ \hline 468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 25 \\ \hline 60 \\ 24 \\ \hline 3000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 25 \\ \hline 845 \\ 338 \\ \hline 4195 \end{array}$$

$$3468 - 2928 = 540$$

$$(L_1 + L_2) \Delta t = \mathcal{E}$$