



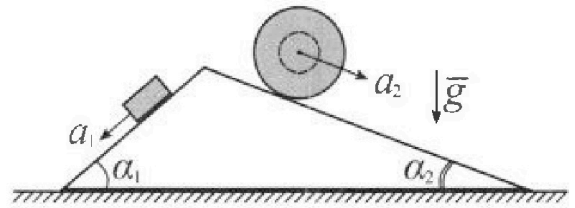
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ).



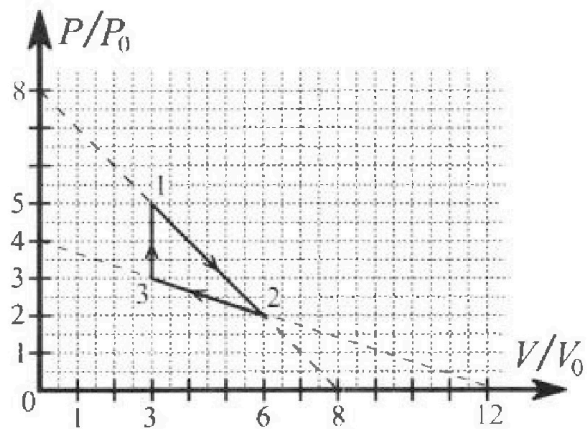
Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

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

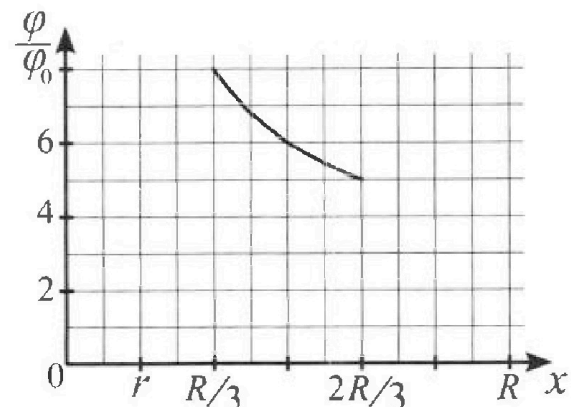
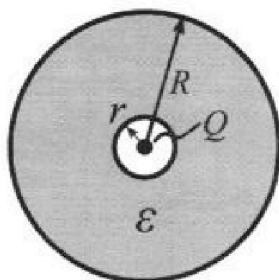


Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.).

Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



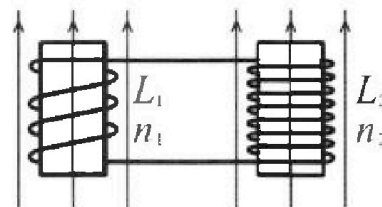
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

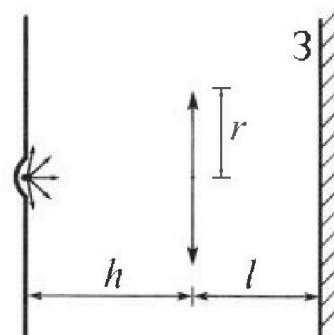


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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) начнет 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  $2B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $B_0/3$  до  $B_0/12$ , 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  $F = 2h$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 2$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h$  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  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.

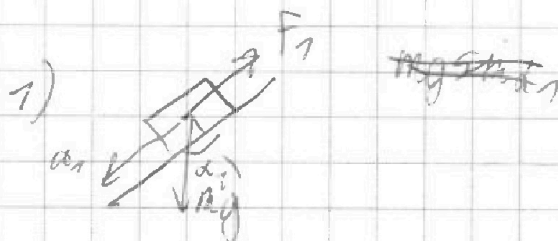
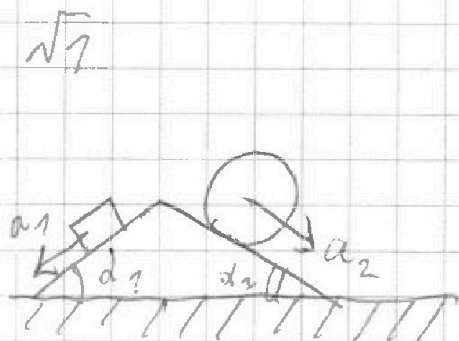


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!



$$ma_1 = mg \sin d_1 - F_1$$

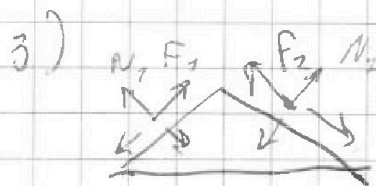
$$m \frac{49}{17} = mg \cdot \frac{3}{5} - F_1 \Rightarrow$$

$$F_1 = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{7}{17} \right) = mg \frac{51-35}{85} = \frac{16}{85} mg$$

2) масса 5m сила трения направлена против движения или проскальзывания,  $5ma_2 = 5mg \sin d_2 - F_{тр}$

$$5m \frac{89}{25} = 5mg \frac{6}{17} - F_2$$

$$F_2 = 5mg \left( \frac{6}{17} - \frac{89}{25} \right)$$



$$F_2 \cos d_2 - F_1 \cos d_1 + N_1 \sin d_1 + N_2 \sin d_2 = F_{тр} \quad 3$$

$$N_1 = mg \cos d_1$$

$$N_2 = 5mg \cos d_2$$

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.

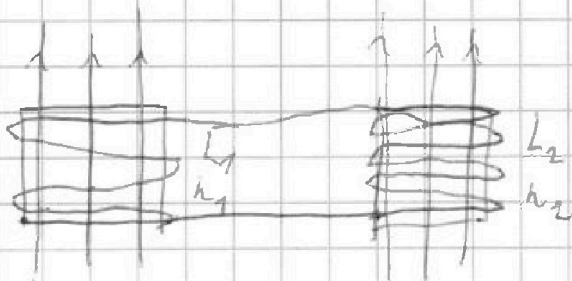


1  2  3  4  5  6  7

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!

$\sqrt{4}$

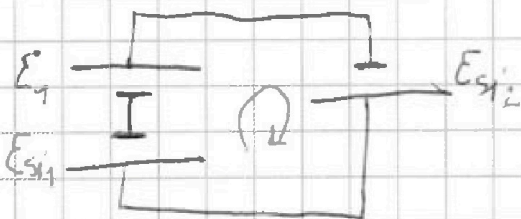


$$L_1 = L \quad n_1 = n$$

$$L_2 = 9L \quad n_2 = 3n$$

$l$  - длина витка

1) Из рисунка мы видим, что направления обмотки у катушек разные (у первой - против, а у второй - по часовой стрелке). Из этого следует, что ЭДС самоиндукции в катушках действует в разные стороны. Запишем схему эквивалентной:



$E_{si1}$  и  $E_{si2}$  - ЭДС самоиндукции первой и второй катушки соответственно,  
 $E_1$  - ЭДС индукции внешнего источника.  
 Примем втерне против

Кирхгофа.

$$E_1 + E_{si2} - E_{si1} = 0$$

$$\left\{ E_1 = - \frac{d\Phi}{dt} = \alpha n_1 S = \alpha n S \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{si1} = L_1 \dot{I} \\ E_{si2} = L_2 \dot{I} \end{array} \right. \Rightarrow \alpha n S + 9L \dot{I} =$$



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!

$$\frac{p_0}{V_0} = \frac{5}{3} \quad \frac{8p_0 - \frac{p_0}{V_0}V}{V}$$

$$\frac{3V}{V_0} = 40 - 5 \frac{V}{V_0}$$

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

$$V = 5V_0; \quad p = 3p_0$$

$$\gamma R T_K = 15p_0V_0$$

$$\frac{p_0}{3V_0} = \frac{5p}{3V}$$

$$\frac{p_0}{V_0} = \frac{5}{V} \left( 4p_0 - \frac{p_0}{3V_0}V \right)$$

$$\frac{V}{V_0} = 20 - \frac{5}{3} \frac{V}{V_0}$$

$$\frac{8}{3} V = 20 V_0$$

$$V = \frac{15V_0}{2} = 7,5V_0 > 6V_0$$

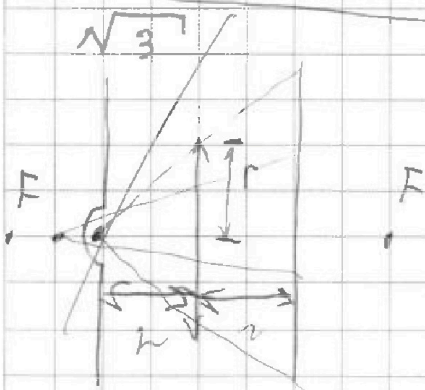
$$Q_H = Q_{1K} + Q_{31} = \frac{3}{2} \gamma R (T_K - T_1) + A_{1K} + A_{31}$$

$$= 0 + A_{1K} + 9p_0V_0$$

$$A_{1K} = \left( \frac{5+3}{2} + 2 \right) p_0V_0 = 8p_0V_0$$

$$Q_H = 17p_0V_0 \Rightarrow \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{3p_0V_0}{17p_0V_0} = \frac{3}{17}$$

NT ответ: 1) 3, 2)  $\frac{4}{3}$ , 3)  $\frac{3}{17}$



1) ~~h < F = 2h~~  $\Rightarrow$  угол равен нулю. Формула не имеет смысла: 1-касательная за угол.

$$\frac{1}{h} - \frac{1}{d} = \frac{1}{Fh}$$

$$\frac{1}{h} - \frac{1}{2h} = \frac{1}{d} \Rightarrow d = 2h$$



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!

$T$  максимален тогда  $\rho_0 V - \frac{\rho_0}{V_0} V^2$  максимален

$$V = \frac{-8\rho_0}{-2\frac{\rho_0}{V_0}} = 4V_0, \quad \rho = \rho_0 - \frac{\rho_0}{V_0} \cdot 4V_0 = 4\rho_0$$

$$T_{\max} = \frac{16\rho_0 V_0}{\nu R}$$

В точке 2:

$$2\rho_0 \cdot 6V_0 = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

3) Запишем первое начало термодинамики:

$$\delta Q = \delta A + dU, \quad Q > 0 \text{ до момента, когда } \delta Q = 0$$

Найдем эту точку на 12 и 23.

$$0 = p dV + \frac{3}{2} \nu R dT = p dV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp \Rightarrow$$

$$\frac{5}{2} p dV = -\frac{3}{2} V dp \Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V}$$

В 1-2:

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{V_0}$$

$$\frac{p_0}{V_0} = \frac{5}{3} \frac{p}{V}$$

В 2-3:

$$\frac{p}{p_0} = 4 - \frac{1}{3} \frac{V}{V_0} \Rightarrow p = 4p_0 - \frac{p_0}{3V_0} V$$

$$\Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{3V_0}$$

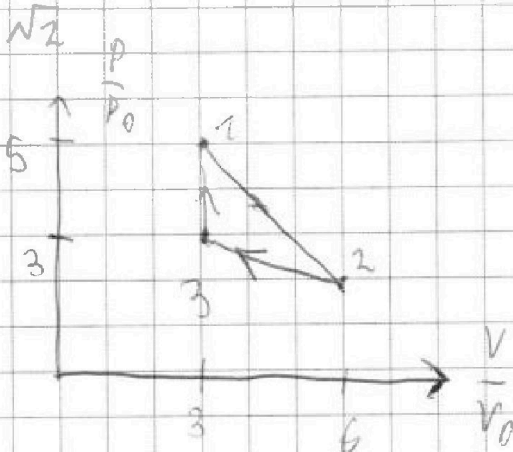
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 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) Уравнения состояния в 1 и 3;

$$5p_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_1$$

$$3p_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_2$$

или внутренней энергии

или в 3-1 (газ одноатомный):

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (15p_0 V_0 - 9p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 =$$

$$9p_0 V_0$$

Работа A за цикл - площадь 1-2-3 в p-V:

$$A = \left( \frac{2+5}{2} \cdot 3 - \frac{2+3}{2} \cdot 3 \right) p_0 V_0 = 3p_0 V_0 \Rightarrow$$

$$K = \frac{\Delta U_{31}}{A} = \frac{9p_0 V_0}{3p_0 V_0} = 3$$

2) запишем уравнение прямой, проходящей

через 1 и 2;  $\frac{p}{p_0} = 8 - \frac{p_0}{V_0} V \Rightarrow p = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$

Подставим в уравнение состояния:

$$\left( 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) V = \nu R T$$

$$\left( 8p_0 V - \frac{p_0}{V_0} V^2 \right) \frac{1}{\nu R} = T$$



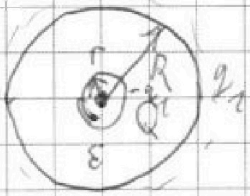
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$\sqrt{3}$



1) Потенциал ~~у поверхности~~  
шара:  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^2} = \varphi$   
по теореме Гаусса.

В  $\varphi$  найдем  $q_1$ :

$$k \frac{Q}{x^2} - k \frac{q_1}{x^2} = k \frac{Q}{\epsilon R^2}$$

$$Q - q_1 = \frac{Q}{\epsilon}$$

$$q_1 = Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = \frac{\epsilon-1}{\epsilon} Q$$

Если  $r < \frac{3R}{4} = x$ :

$$\varphi = k \frac{Q}{x} - k \frac{q_1}{x} + k \frac{q_1}{R} =$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \left( \frac{1}{x} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon x} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon R} \right) = \frac{kQ}{R} \left( \frac{4}{3} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{4}{3} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right)$$

$$= \frac{kQ}{R} \left( \frac{4}{3} - \frac{4}{3} + \frac{4}{3\epsilon} + 1 - \frac{4}{3\epsilon} \right) = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{3\epsilon} \right)$$

Если  $r > \frac{3R}{4} = x$ :

$$\varphi = k \frac{Q}{x} - k \frac{q_1}{r} + k \frac{q_1}{R} = kQ \left( \frac{1}{x} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon r} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon R} \right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} \left( \frac{4}{3} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \right)$$





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  
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!

$$2) \quad r < \frac{R}{3}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{R} \left( \frac{1}{x} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon x} + \frac{\epsilon-1}{R} \right) = kQ \left( \frac{1}{x} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right) \right)$$

$$\text{Для } x = \frac{R}{3}:$$

$$\varphi = \frac{kQ}{R} \left( 3 - \frac{2(\epsilon-1)}{\epsilon} \right) = \frac{kQ}{R} \left( 3 - 2 + \frac{2}{\epsilon} \right) = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{2}{\epsilon} \right)$$

$$\text{Для } x = \frac{2R}{3}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{R} \left( \frac{3}{2} + \frac{\epsilon-1}{2\epsilon} \right) = \frac{kQ}{2R} \left( 2 + \frac{1}{\epsilon} \right)$$

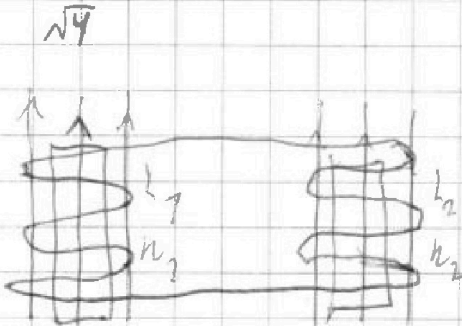


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

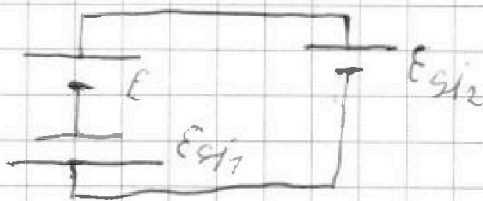
СТРАНИЦА  
1 из 2

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) Поле убывает  $\Rightarrow$  ЭДС индукции создаёт ток, стремящийся поддержать убывающее поле.

ЭДС самоиндукции обеих катушек направлены против возрастающего тока.



$E$  - ЭДС, создаваемая внешним источником;

$E_{s1}$  и  $E_{s2}$  - ЭДС самоиндукции

первой и второй катушек соответственно. Выберем правило Ампера.

$$E - E_{s1} - E_{s2} = 0$$

$$- \frac{d\Phi}{dt} = E_{s1} + E_{s2}$$

$\Phi$  - поток внешнего поля

$$- N_1 S \frac{\Delta B}{\Delta t} = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I}$$

$\dot{I}$  - скорость изменения тока

$$N_1 S = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} = 10 L_1 \dot{I}$$

$$\frac{dNS}{10L} = \dot{I}$$



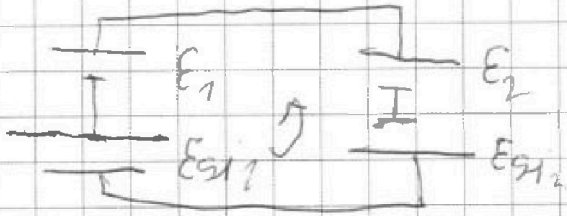
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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)



$E_1$  и  $E_2$  - ЭДС, созд. внешними источниками через 1-ую и 2-ую катушки.

$E_{s11}$  и  $E_{s12}$  - ЭДС самоиндукции через 1-ую и 2-ую катушки. Д-е правило Кирхгофа.

$$E_2 - E_1 - E_{s11} - E_{s12} = 0$$

$$\frac{d\Phi_2}{dt} - \frac{d\Phi_1}{dt} = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} \quad | \cdot dt$$

$$d\Phi_2 - d\Phi_1 = L dI + 9L dI \quad | \int - \text{интегрируем}$$

$$\Delta\Phi_2 - \Delta\Phi_1 = 10L \Delta I, \text{ где } \Delta - \text{разность начальных и конечных значений.}$$

$$\left(\frac{B_0}{3} - \frac{B_0}{12}\right) n_2 S - \left(\frac{B_0}{12} - \frac{2}{3} B_0\right) n_1 S =$$

$$10L(I - 0)$$

$$3 \frac{B_0}{12} n_2 S - \frac{B_0}{3} n_1 S = 10L I$$

$$\frac{9}{12} B_0 n_2 S - \frac{4}{12} B_0 n_1 S = 10L I$$

$$\frac{5}{12} B_0 n_2 S = 10L I \Rightarrow I = \frac{B_0 n_2 S}{24L}$$

ответ: 1)  $\frac{d n_2 S}{10L} = I$ , 2)  $I = \frac{B_0 n_2 S}{24L}$



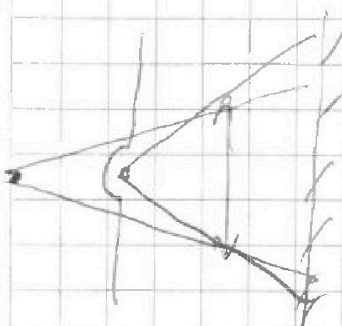
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
7 из 9

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!

$\sqrt{3}$



1)  $h < F = 2h \Rightarrow$  изображение  
маленькое. формула тонкой линзы:  
 $d$  - расстояние от изобр.

$$\frac{1}{h} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} = \frac{1}{2h} \Rightarrow d = 2h$$



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!

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{5h}{3h} = \frac{5}{3} \quad R_3 = \frac{5}{3} \cdot \frac{3}{2} r = \frac{5}{2} r$$

$$\text{Из } \frac{r-r_1}{r_1} = \frac{h}{3h} \Rightarrow 3r - 3r_1 = r_1 \Rightarrow 3r = 4r_1$$

$$r_1 = \frac{3}{4} r$$

Все лучи от мнимого центра кривизмы опра-  
тываются назад и пересекаются в точке  $r_1$  внутри линзы.  
Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{3h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{2h} \quad \frac{1}{f} = \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \frac{1}{h} = \frac{1}{6h} \Rightarrow f = 6h$$

$$\text{tg } \beta = \frac{r}{6h}$$

из подобия:

$$\frac{5h}{6h} = \frac{r_2}{r} \Rightarrow r_2 = 5h \text{ tg } \beta = \frac{5h}{6h} r = \frac{5}{6} r$$

Значит, несходящаяся система линз дает

$$S_1: S_1 = \cancel{50 \left( 16r^2 - \frac{25}{4} r^2 \right)} + \cancel{50 \left( \frac{25}{4} r^2 - \frac{25}{36} r^2 \right)}$$

$$\cancel{50 \left( 16r^2 - \frac{25}{36} r^2 \right)}$$

$$S_1 = 50 \left( 16r^2 - \frac{25}{4} r^2 \right) + 50 \left( \frac{25}{4} r^2 - \frac{25}{36} r^2 \right)$$

$$= 16 \cdot 50 r^2 - 4 \cdot 50 r^2 - \frac{25}{36} \cdot 50 r^2 = 12 \cdot 50 r^2 - \frac{25}{36} \cdot 50 r^2$$

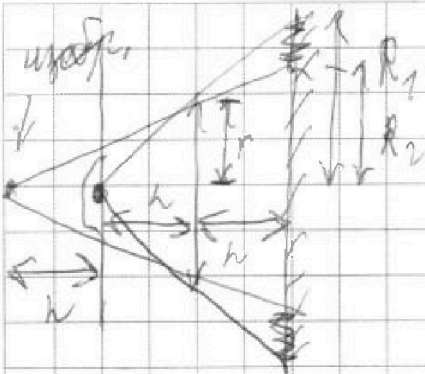
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

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



$R_1$  и  $R_2$  - радиусы <sup>грани</sup> областей освещаемых источниками и линзы и источник.

$$S_1 = \pi R_1^2$$

$$S_2 = \pi R_2^2$$

Несвещаемая область;  $S = S_1 - S_2 = \pi(R_1^2 - R_2^2)$

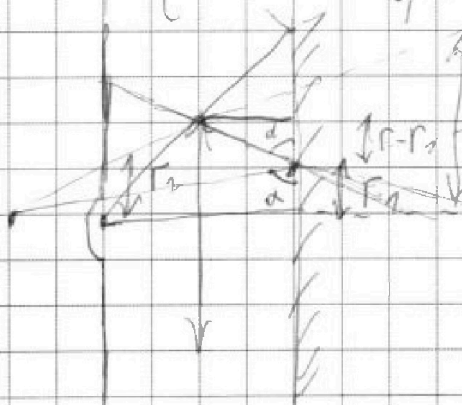
Из подобия:

$$\frac{r}{R_1} = \frac{h}{2h} = \frac{h}{2h} = \frac{1}{2} \Rightarrow 2r = R_1$$

$$\frac{r}{R_2} = \frac{2h}{3h} = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{3}{2}r = R_2$$

$$S = \pi \left( 4r^2 - \frac{9}{4}r^2 \right) = \pi r^2 \frac{16-9}{4} = \pi r^2 \frac{7}{4}$$

2)



Все лучи, исходящие от источника не будут освещать область отражения на стене область радиуса  $2R_1 = 4r$ .

$$2R_1 = 4r$$

Лучи от источника и линзы

не проходящие через линзу после отражения будут освещать область от  $r_2$  до  $r_3$   $R_3$



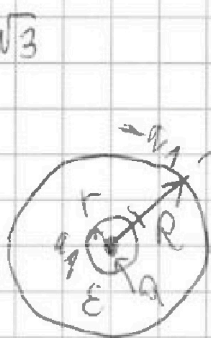
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_\_ 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!

$\sqrt{3}$



$$k \frac{Q}{r^2} - k \frac{q_1}{r^2}$$

$$k \frac{Q}{x^2} - k \frac{q_1}{x^2} = k \frac{Q}{\epsilon x^2}$$

$$\frac{Q}{x^2} - \frac{q_1}{x^2} = \frac{Q}{\epsilon x^2}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0} \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

$$\frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{r^2} - \frac{q_1}{\epsilon_0 4\pi \epsilon_0 r^2}$$

$$Q - q_1 = \frac{Q}{\epsilon}$$

$$Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = q_1$$

$$q_1 = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} Q$$

$$\varphi = k \frac{Q}{R} - k \frac{q_1}{R} = \frac{k}{R} \left( Q - \frac{Q}{\epsilon} \right) = \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$= \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\varphi = k \frac{Q}{R} - \int_R^{\infty} k \frac{Q}{\epsilon x^2} dx = k \frac{Q}{R} - k \frac{Q}{\epsilon} \left( -\frac{1}{x} + \frac{1}{R} \right)$$

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

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

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



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

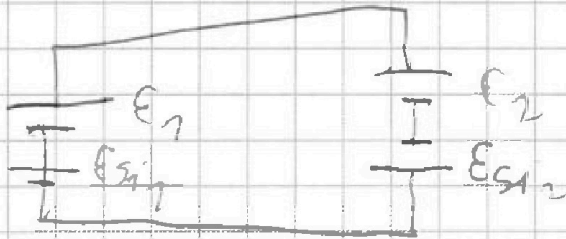
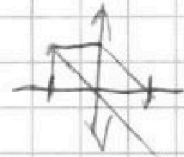
СТРАНИЦА  
из

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!

$$8L\Delta I = \Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 = \frac{B_0}{3} 5h - \left(\frac{B_0}{3} - \frac{B_0}{72}\right) \cdot 3h =$$

$$\frac{B_0}{3} 5h - \frac{3B_0}{72} \cdot 3h = \Rightarrow \frac{4B_0 5h}{72} - \frac{9B_0 5h}{72}$$

$$\Delta\varphi_1 - L\Delta I = \Delta\varphi_2 - L\Delta I$$

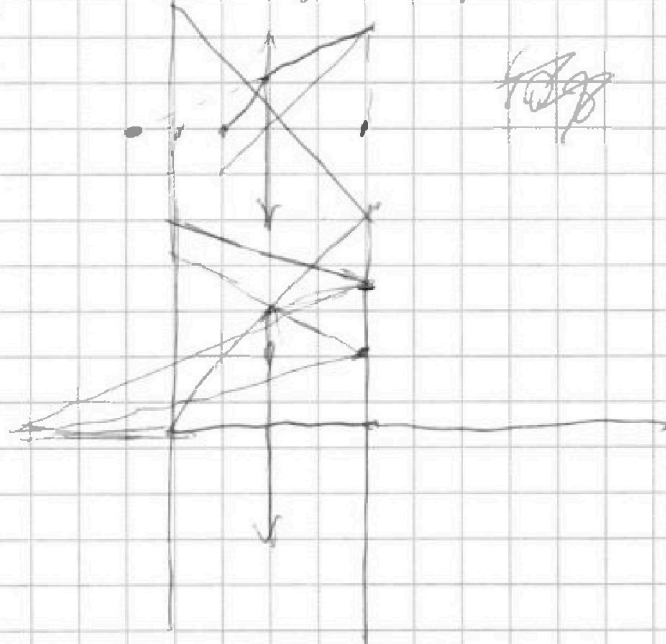
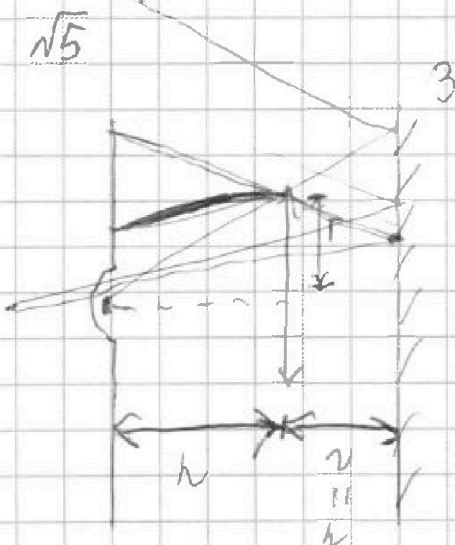


$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_{s11} = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_{s12}$$

$$\Delta\varphi_1 + L\Delta I = \Delta\varphi_2 - L\Delta I$$

то

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_{s12} = \mathcal{E}_{s11}$$







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!

$$K \frac{Q}{x} + K \frac{Q_1}{x} - K \frac{Q_1}{R} = K \frac{Q}{x} + K \frac{Q}{x} \left( \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right) - K \frac{Q}{R} \left( \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right)$$

$$\frac{KQ}{R} \left( \frac{4}{3} + \frac{4}{3} \left( \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right) - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right) = \frac{KQ}{R} \left( \frac{4}{3} + \frac{4}{3} - \frac{4}{3\epsilon} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right)$$

$$\frac{4 + \frac{4}{3\epsilon}}{3\epsilon} = \frac{KQ}{R} \left( \frac{8}{3} - \frac{1}{3\epsilon} \right)$$

$\sqrt{B}$

$$L_1 \dot{I} = \frac{d\varphi}{dt} = \int_{S_1} \frac{dB}{dt} = -dS \kappa_1$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = -dS \kappa_1$$

1)  ~~$\frac{d\varphi}{dt}$~~

~~$\epsilon + \epsilon_{s1}$~~

$$\frac{d\varphi}{dt}$$

~~$\kappa_1$~~

$$\epsilon + \epsilon_{s1} = \epsilon_{s12}$$

$$L_1 \dot{I} +$$

$$dS \kappa_1 + L_1 \dot{I} = L_2 \dot{I}$$

$$dS \kappa_1 + L_1 \dot{I} = \mu_0 L_2 \dot{I}$$

$$dS \kappa$$

$$\frac{dS \kappa}{\mu_0 L} = \dot{I}$$

$$2) \frac{d\varphi_1}{dt} + L_1 \frac{dI}{dt} = \frac{d\varphi_2}{dt}$$

$$+ \mu_0 L \frac{dI}{dt}$$

$$\Delta \varphi_1 + L \Delta I = \Delta \varphi_2 + \mu_0 L \Delta I$$

$$8L \Delta I = \Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_2 = \frac{B_0}{3} - \left( \frac{4B_0}{\sqrt{2}} - \frac{B_0}{\sqrt{2}} \right) = \frac{B_0}{3} - \frac{3B_0}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{4B_0}{\sqrt{2}} - \frac{3B_0}{\sqrt{2}} = \frac{B_0}{\sqrt{2}}$$

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!

$$0 = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

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

$$\frac{5p}{3V} = -\frac{dp}{dV}$$

$$\frac{5p}{3V} = \frac{p_0}{V_0}$$

$$\frac{5 \left( 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right)}{3V} = \frac{p_0}{V_0}$$

$$40 p_0 - 5 \frac{p_0}{V_0} V = 3 \frac{p_0}{V_0} V$$

$$5 \cdot 8 = 8 \frac{V}{V_0} \Rightarrow V = 5V_0; \quad p = 3p_0$$

В машине, где температура максимальна:

$$3p_0 \cdot 5V_0 = \nu R T_{\max}$$

В машине 2:

$$2p_0 \cdot 6V_0 = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 6} = \frac{15}{12} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = 0$$

$$\frac{3}{2} \nu R dT + p dV = 0$$

уравнение прямой через 1-2:

$$\frac{p}{p_0} = 8 - \frac{V}{V_0} \Rightarrow$$

$$p = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \Rightarrow$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{V_0}$$

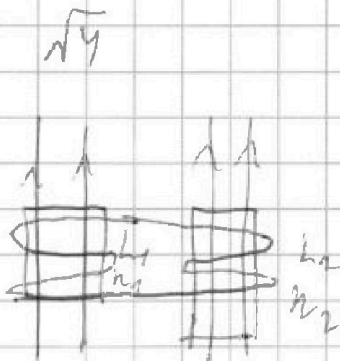


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ 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!



$$L_1 = L \quad N_1 = n$$

$$L_2 = 3L \quad N_2 = 3n$$

$S$  - площадь сечения.

1) При изменении внешнего поля в катушках потечёт ток, т.к. возникнет ЭДС индукции, и возникнет ЭДС самоиндукции. Проанализировав рисунок, можно заметить, что если ток через катушки течёт по оси, то по одной он течёт по, а по другой - против часовой стрелки, значит ЭДС самоиндукции направлены в разные стороны.

Заметим, что ЭДС индукции в первой катушке будет стараться сократить ток через неё, а ЭДС самоиндукции будет направлена против тока (так возникает)

$$\Delta \Phi_2 - \Delta \Phi_1 = \mu_0 L \Delta I$$

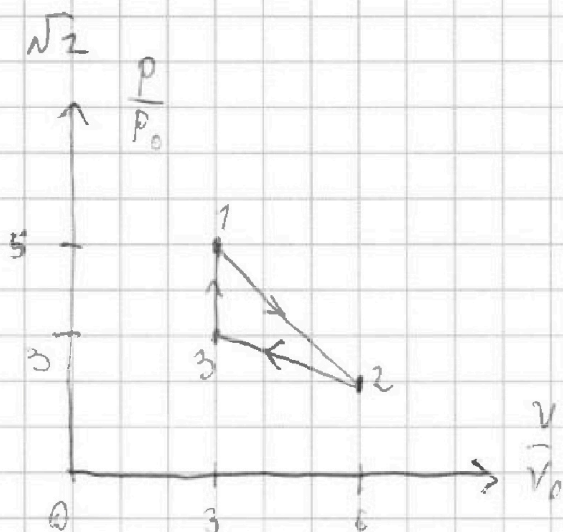
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



1) Запишем уравнения состояния газа в точках 1 и 3:

$$5p_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_1$$

$$3p_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_3$$

$\nu, T_1, T_3$  - кон-во молей и температуры в точках

и температуры в точках

1 и 2. Кон-во степеней свободы - 3.

Изменение вн. энергии в 3-1:

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (15p_0V_0 - 9p_0V_0) =$$

$$\frac{3}{2} \cdot 6p_0V_0 = 9p_0V_0$$

Работа  $A$  за цикл 3-1-2-3 - площадь фигуры в P-V:

$$A = \left( \frac{2+5}{2} \cdot 3 - \frac{2+3}{2} \cdot 3 \right) p_0V_0 = 3p_0V_0$$

$$\kappa = \frac{\Delta U_{31}}{A} = \frac{9p_0V_0}{3p_0V_0} = 3$$

2) В точке, где температура максимальна

дифференциал  $dT$  температура равен 0.

Первое начало термодинамики;

$$0 = p dV + \frac{3}{2} \nu R dT$$

$$0 = p dV + \frac{3}{2} (p dV + V dp)$$

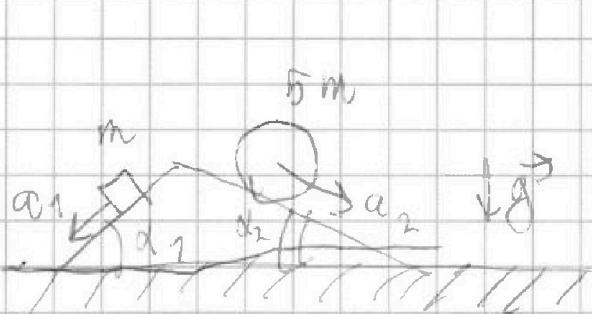


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

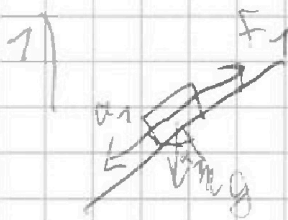


$$a_1 = \frac{7g}{14}$$

$$a_2 = \frac{8g}{25}$$

$$\sin d_1 = \frac{3}{5}$$

$$\sin d_2 = \frac{8}{14}$$



$$ma_1 = mg \sin d_1 - F_1$$

$$F_1 = m \left( g \sin d_1 - a_1 \right) = m \left( g \frac{3}{5} - \frac{7g}{14} \right)$$

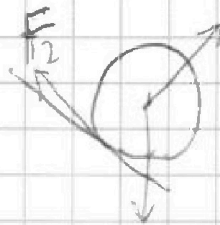
$$2) \quad J\epsilon = F_2 R$$

$$5mR^2 \frac{a_2}{R} = F_2 R$$

$$F_2 = 5m \frac{R^2}{R^2} a_2 = 5ma_2$$

$$3) \quad mg \cos d_1 = N_1$$

$$mg \cos d_2 = N_2$$



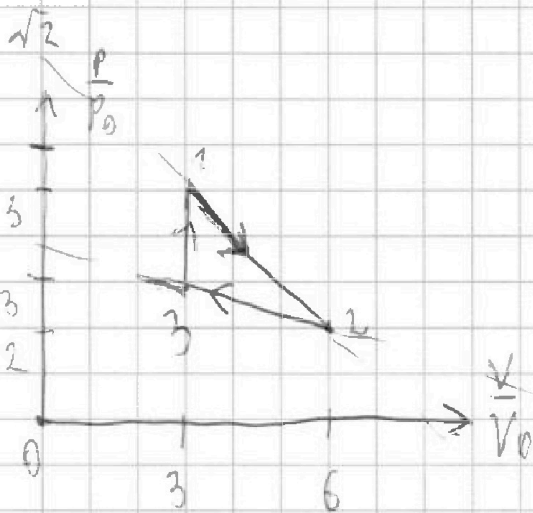


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



$$1) \Delta U_{31} = \frac{3}{2} \gamma R (T_1 - T_3)$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}$$

$$5 p_0 \cdot 3 V_0 = \gamma R T_1$$

$$3 p_0 \cdot 3 V_0 = \gamma R T_2$$

$$\frac{3}{2} (15 p_0 V_0 - 9 p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6 p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$$

$$S = \frac{2+5}{2} \cdot 3 - \frac{2+3}{2} \cdot 3 = \frac{3}{2} (4-5) = 3$$

$$A = 3 p_0 V_0$$

$$\frac{\Delta U_{31}}{A} = \frac{9 p_0 V_0}{3 p_0 V_0} = 3$$

$$2) \delta - p_0 v \quad \frac{p}{p_0} = 8 - \frac{v}{V_0}$$

$$p = 8 p_0 - \frac{v}{V_0} p_0$$

$$0 = \delta A + dU$$

$$dU = -\delta A$$

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

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

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V}$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{V_0}$$

$$-\frac{p_0}{V_0} = -\frac{5}{3} \frac{p}{V}$$

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!

$$\frac{p_0}{V_0} = \frac{5}{3} \quad \frac{8p_0 - \frac{V}{V_0} p_0}{V_0}$$

$$3 \frac{p_0}{V_0} V = 40p_0 - 5 \frac{p_0}{V_0} V$$

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

$$\frac{V}{V_0} = 5 \Rightarrow V = 5V_0$$

$$p = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} \cdot 5V_0 = 3p_0$$

$$3p_0 \cdot 5V_0 = \nu R T_{\max}$$

$$15 p_0 V_0 = \nu R T_{\max}$$

$$2p_0 \cdot 6V_0 = \nu R T_2$$

$$12 p_0 V_0 = \nu R T_2$$

$$\frac{15}{12} = \frac{T_{\max}}{T_2}$$

$$\frac{5}{4} = \frac{T_{\max}}{T_2}$$

$$3) \quad p dV = -\frac{3}{2} \nu R dT$$

$$8p_0 dV - \frac{p_0}{V_0} V dV = -\frac{3}{2} \nu R dT$$

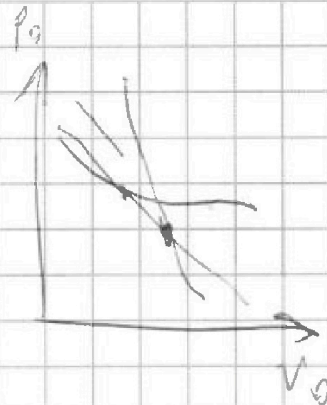
$$8p_0 (V - 3V_0) - \frac{p_0}{V_0} \left( \frac{V^2}{2} - \frac{9V_0^2}{2} \right) = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$8p_0 V - 24p_0 V_0 - \frac{p_0}{V_0} \frac{V^2}{2} + \frac{9}{2} p_0 V_0 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\left( 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) V \Rightarrow \max$$

$$8p_0 V - \frac{p_0}{V_0} V^2 \Rightarrow \max$$

$$x_{\max} = \frac{b}{-2a} = \frac{-8p_0}{-2p_0/V_0} V_0$$





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  
\_\_ ИЗ \_\_

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

