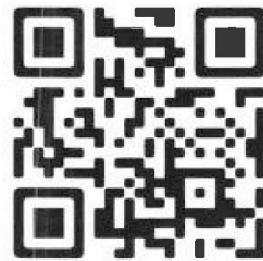




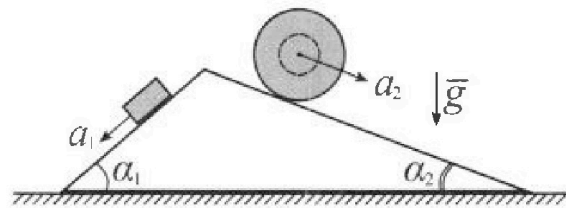
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

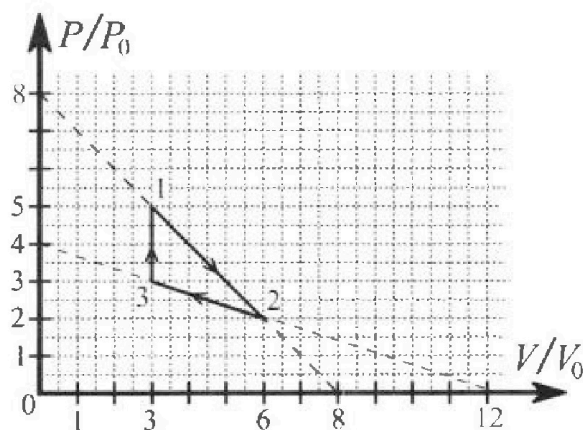


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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

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

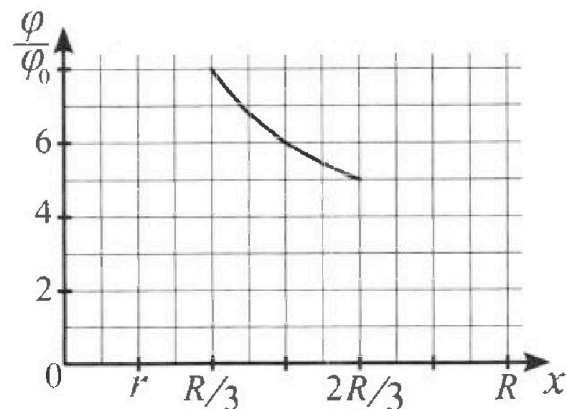
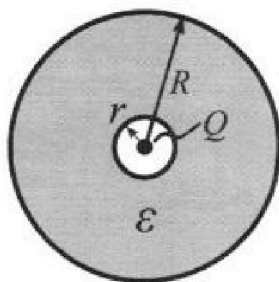
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



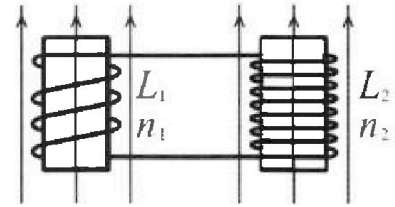
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

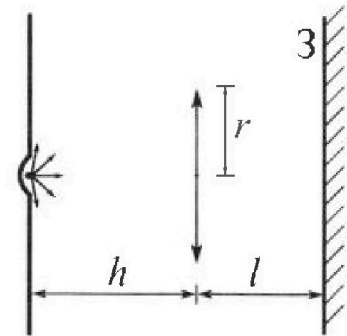


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 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.



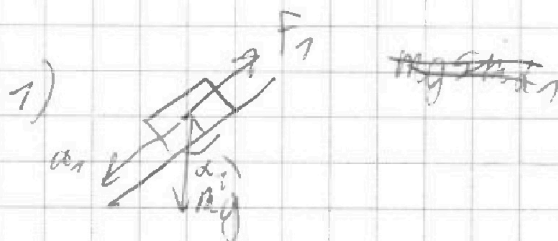
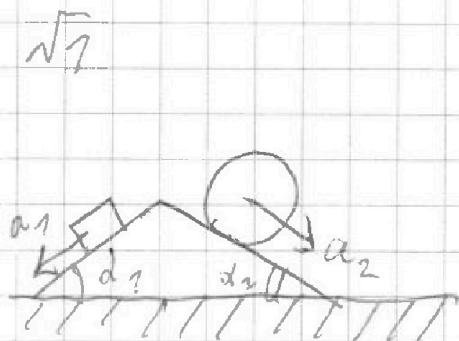
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



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

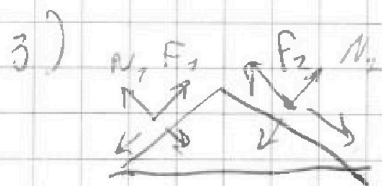
$$m \frac{49}{17} = mg \cdot \frac{3}{5} - F_1 \Rightarrow$$

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

2) На блоке сила трения направлена против движения при скольжении, $5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 - F_{тр}$

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

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



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

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$N_2 = 5mg \cos \alpha_2$$



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
☐

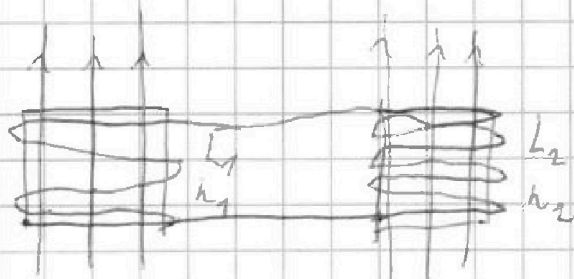
6
☐

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!

14

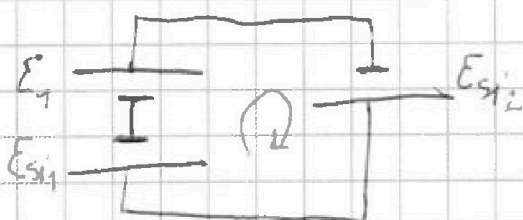


$$L_1 = L \quad N_1 = N$$

$$L_2 = 9L \quad N_2 = 3N$$

S - площадь 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 действуют в разные стороны. Запишем схему эквивалентной:



E_{si1} и E_{si2} - ЭДС самоиндукции первой и второй катушки соответственно, E_1 - ЭДС индукции внешнего источника. Применим второе правило

Кирхгофа.

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

$$\left\{ \begin{aligned} E_1 &= - \frac{d\Phi}{dt} = \mu N_1 S = \mu N S \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} E_{si1} &= L_1 \dot{I} \\ E_{si2} &= L_2 \dot{I} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \mu N S + 9L \dot{I} =$$



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!

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

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

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

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

$$\gamma R T_k = 15p_0V_0$$

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

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

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

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

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

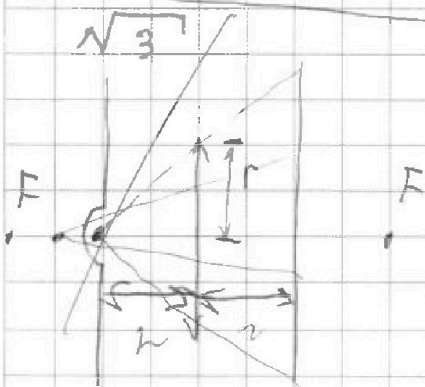
$$Q_H = Q_{1K} + Q_{31} = \frac{3}{2} \gamma R (T_K - T_1) + A_{1K} + A_{31}$$

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

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

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

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



1) $h < F = 2h \Rightarrow$ изобразим
механику. Формула механики
механики: 1-й закон Ньютона.

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

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



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 максимальна когда $p_0 V - \frac{p_0}{V_0} V^2$ максимальна

$$V = \frac{-8p_0}{-2 \frac{p_0}{V_0}} = 4V_0 \quad , \quad p = p_0 - \frac{p_0}{V_0} \cdot 4V_0 = 4p_0$$

$$T_{\max} = \frac{16p_0 V_0}{\gamma R}$$

В точке 2:

$$2p_0 \cdot 6V_0 = \gamma R T_2 \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

3) Запишем первое начало термодинамики:

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

Найдем эту точку на 12 и 23.

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

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

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:

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

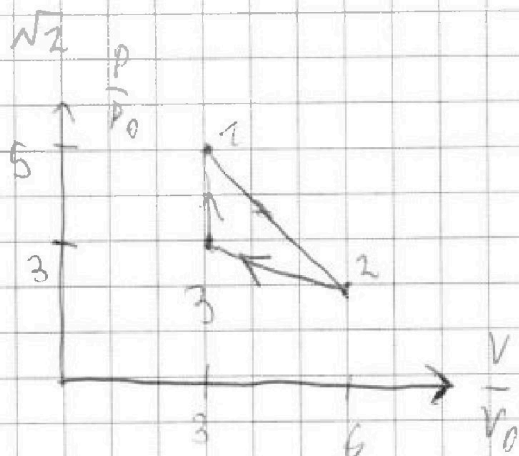
$$\Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{3V_0}$$



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;

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

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

Изм. внутренней энергии

в 3-1 (газ одноатомный):

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} (15p_0 V_0 - 9p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 = 9p_0 V_0$$

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

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

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

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:

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

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



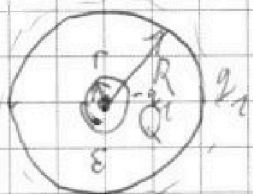
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.

Всего найдём q_1 :

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

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

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

Если $r < \frac{3R}{4} = x$:

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

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

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

Если $r > \frac{3R}{4} = x$:

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

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



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!

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

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

$$\text{Для } x = \frac{R}{3}:$$

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

$$\text{Для } x = \frac{2R}{3}$$

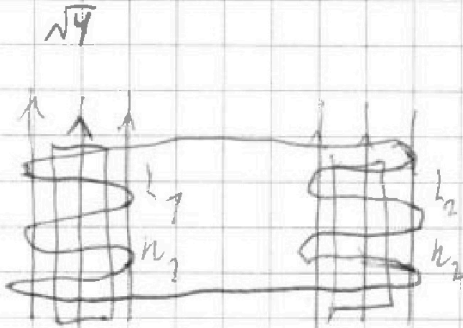
$$\varphi = \frac{kQ}{R} \left(\frac{3}{2} - \frac{E-1}{2E} \right) = \frac{kQ}{2R} \left(2 + \frac{1}{E} \right)$$



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.

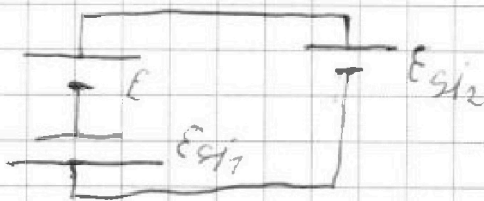
1
☐2
☐3
☐4
☒5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
1 из 2

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 создаст ток, стремящийся поддержать убывающее поле.

ЭДС самоиндукции обеих катушек направлены против возрастания тока.



E - ЭДС, создаваемая внешним источником;

E_{si1} и E_{si2} - ЭДС самоиндукции первой и второй катушек соответственно.

Выведем правило Кирхгофа.

$$E - E_{si2} - E_{si1} = 0$$

$$- \frac{d\Phi}{dt} = E_{si1} + E_{si2}$$

Φ - поток внешнего поля

$$- \mu_0 n_1 S \frac{\Delta B}{\Delta t} = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I}$$

$\dot{I}$ - скорость изменения тока

$$\mu_0 n_1 S = L_1 \dot{I} + 9L_2 \dot{I} = 10L_2 \dot{I}$$

$$\frac{\mu_0 n_1 S}{10L_2} = \dot{I}$$



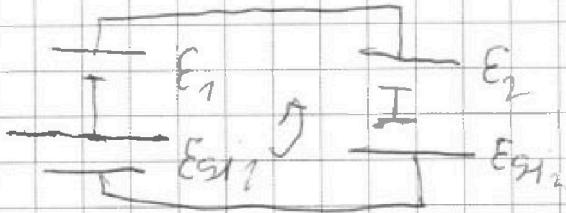
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 полями через 1-ую и 2-ую катушки.

E_{s1} и E_{s2} - ЭДС самоиндукции через 1-ую и 2-ую катушки. Д-е правило Кирхгофа.

$$E_2 - E_1 - E_{s1} - E_{s2} = 0$$

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

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

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

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

$$10L(I - 0)$$

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

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

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

ответ: 1) $\frac{d n_2 S}{10L} = \dot{I}$, 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.

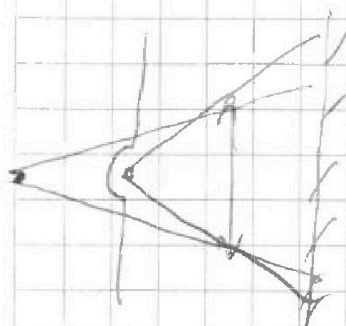
☐☐☐☐☒☐☐

СТРАНИЦА

7 из 7

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
мнимое. Формула тонкой линзы:
 d - расст. до 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!

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{5h}{3h} = \frac{5}{3}$$

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

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

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

Все лучи от мнимого источника отражаются и все r_1 пройдут через мизу. Формула тонкой линзы:

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

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

$$\tan \beta = \frac{r}{6h}$$

из подобия:

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

Значит, несомненно существует площадь

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

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

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

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

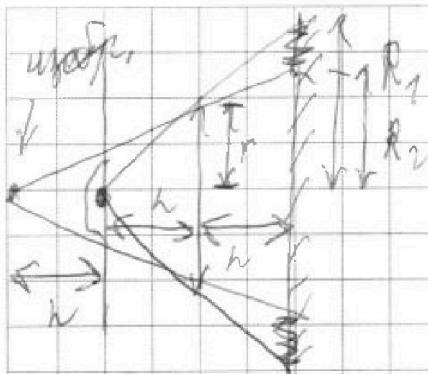


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 ^{границы} освещаемых источников и ^{и минимума} источников.

$$S_1 = \pi R_1^2$$

$$S_2 = \pi R_2^2$$

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

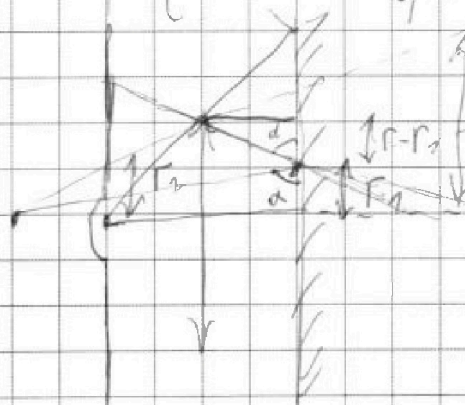
Из подобия:

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

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

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

2)



Все лучи, идущие от источника не будут освещать ^{и все отраженные на} ^{стене} область радиуса $2R_1 = 4r$.

$$2R_1 = 4r$$

Лучи от источника ^{и все отраженные} ^{будут} освещать область от r_2 до r_3 R_3



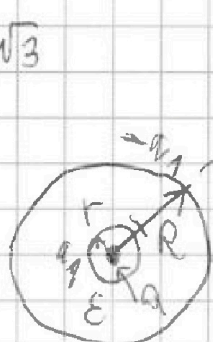
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$\sqrt{3}$



$$K \frac{Q}{x^2} - K \frac{q_1}{r^2}$$

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

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

$$\frac{Q}{\epsilon_0} \frac{1}{E_0}$$

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

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

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

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

$$\varphi = K \frac{Q}{R} - K \frac{q_1}{R} = K \frac{Q}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = \frac{KQ}{\epsilon R}$$

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

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

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{3\epsilon R}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \left(1 - \frac{2}{3\epsilon} + \frac{1}{3\epsilon}\right) =$$



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

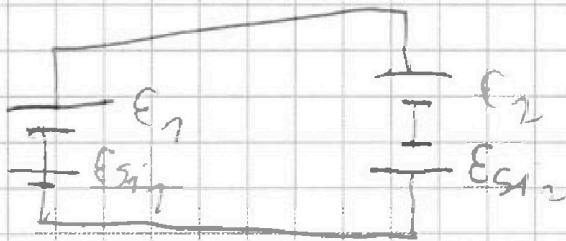
из

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!

$$8L\Delta I = \Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 = \frac{B_0}{3}Sh - \left(\frac{B_0}{3} - \frac{B_0}{72}\right) \cdot 32S =$$

$$\frac{B_0}{3}Sh - \frac{3B_0}{72} \cdot 32S = \frac{4B_0Sh}{72} - \frac{9B_0Sh}{72}$$
$$= -\frac{5B_0Sh}{72}$$

$$\Delta\varphi_1 - L\Delta I = \Delta\varphi_2 - 9L\Delta I$$

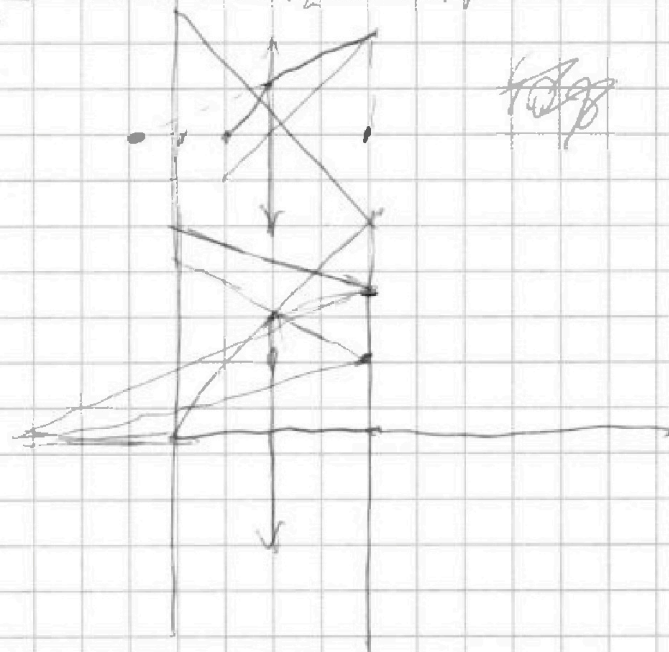
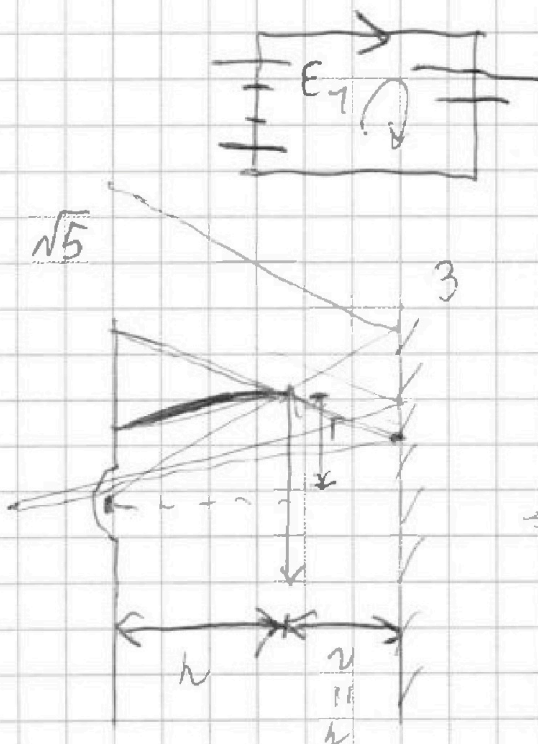


$$\epsilon_1 + \epsilon_{\epsilon_1} = \epsilon_2 - \epsilon_{\epsilon_2}$$

$$\Delta\varphi_1 + L\Delta I = \Delta\varphi_2 - 9L\Delta I$$

 $\Rightarrow$

$$\epsilon_1 + \epsilon_{\epsilon_2} = \epsilon_{\epsilon_1}$$





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
__ 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!

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

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

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

$\sqrt{B}$

$$L_1 \dot{I} = \frac{d\varphi}{dt} = S L_1 \frac{dB}{dt} = d S L_1$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = -d S L_1$$

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

~~$\epsilon + \epsilon_{Si1}$~~

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

~~$\epsilon \mu$~~

$$\epsilon + \epsilon_{Si1} = \epsilon_{Si2}$$

$$L_1 \dot{I} +$$

$$d S L_1 + L_1 \dot{I} = L_2 \dot{I}$$

$$d S L_1 + L_1 \dot{I} = S L_2 \dot{I}$$

$$\frac{d S L_1}{S L_2} = \dot{I}$$

$$2) \frac{d\varphi_1}{dt} + L_1 \frac{dI}{dt} = \frac{d\varphi_2}{dt} + S L_2 \frac{dI}{dt}$$

$$\Delta \varphi_1 + L_1 \Delta I = \Delta \varphi_2 + S L_2 \Delta I$$

$$8 L_1 \Delta I = \Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_2 = \frac{B_0}{3} - \left(\frac{4 B_0}{\sqrt{2}} - \frac{B_0}{\sqrt{2}} \right) = \frac{B_0}{3} - \frac{3 B_0}{\sqrt{2}}$$

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

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!



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

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

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

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

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

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

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

В точке, где температура максимальна.

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

В точке 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;

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

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

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

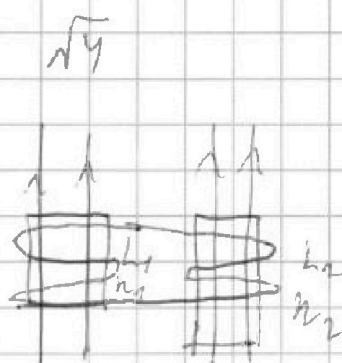


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$L_1 = L \quad k_1 = n$$
$$L_2 = 9L \quad k_2 = 3n$$

S - площадь витка.

1) При изменении внешнего поля в катушках потечёт ток, т.к. возникнет ЭДС индукции, и возникнет ЭДС самоиндукции. Проанализируем процесс. Можно заметить, что если ток через катушки течёт, 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 направлена сообразно току через неё, а ЭДС самоиндукции будет направлена против тока (так возникает).

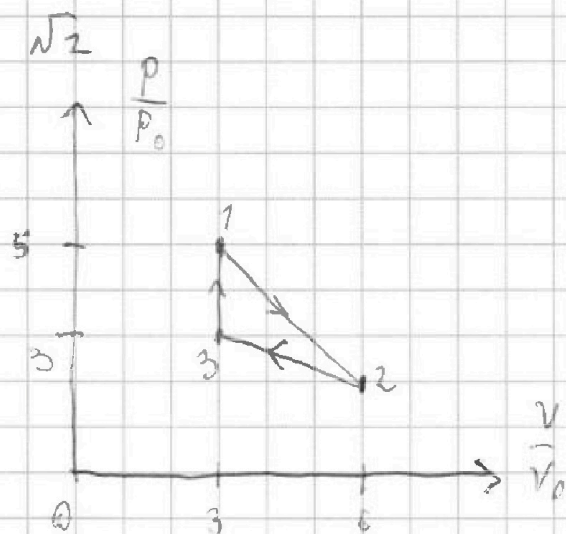
$$\Delta \Phi_2 - \Delta \Phi_1 = 10L \Delta I$$



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:

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

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

γ, T_1, T_3 - ил-во ил-во и температуры в $^{\circ}\text{K}$.

1 и 2. Ил-во степеней свободы - 3.

Изменение вн. энергии в 3-1:

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \gamma R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (15p_0V_0 - 9p_0V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6p_0V_0 = 9p_0V_0$$

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;

$$C_V dT = p dV + \frac{3}{2} \gamma R dT$$

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

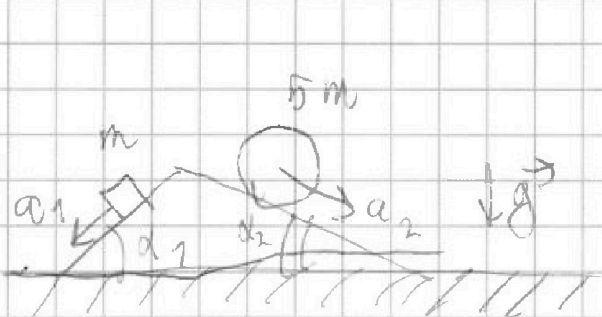


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

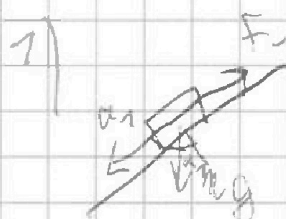


$$a_1 = \frac{4g}{14}$$

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

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

$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{14}$$



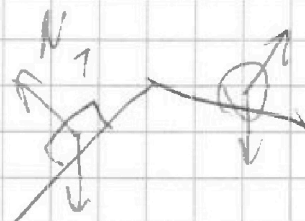
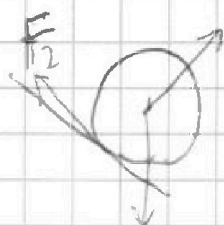
$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m\left(g \frac{3}{5} - \frac{4g}{14}\right)$$

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

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

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



$$3) \quad mg \cos \alpha_1 = N_1$$

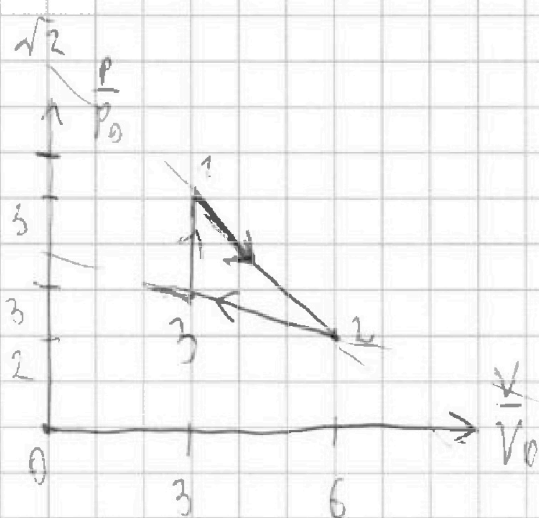
$$mg \cos \alpha_2 = N_2$$

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!



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

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

$$5P_0 \cdot 3V_0 = \gamma R T_1$$

$$3P_0 \cdot 3V_0 = \gamma R T_2$$

$$\frac{3}{2} (15 P_0 V_0 - 9 P_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6 P_0 V_0 = 9 P_0 V_0$$

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

$$A = 3 P_0 V_0$$

$$\frac{\Delta U_{31}}{4} = \frac{9 P_0 V_0}{3 P_0 V_0} = 3$$

$$2) \text{ ~~8 - pot~~ } \quad \frac{P}{P_0} = 8 - \frac{V}{V_0}$$

$$P = 8 P_0 - \frac{V}{V_0} P_0$$

$$0 = \delta A + dU$$

$$dU = -\delta A$$

$$\frac{3}{2} P dV + \frac{3}{2} V dP = -P dV$$

$$\frac{5}{2} P dV = -\frac{3}{2} V dP$$

$$\frac{dP}{dV} = -\frac{5P}{3V}$$

$$\frac{dP}{dV} = -\frac{P_0}{V_0}$$

$$-\frac{P_0}{V_0} = -\frac{5}{3} \frac{P}{V}$$

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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

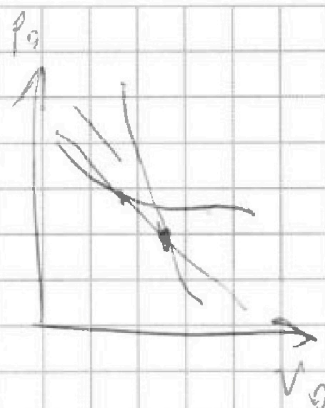
$$8p_0 (V - 3V_0) - \frac{p_0}{V_0} \left(\frac{V^2}{2} - \frac{9V_0^2}{2} \right) = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

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

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

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

$$T_{\max} - \frac{6}{2\alpha} = \frac{-8p_0}{-2p_0 \frac{1}{V_0}} V_0$$





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 черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

