

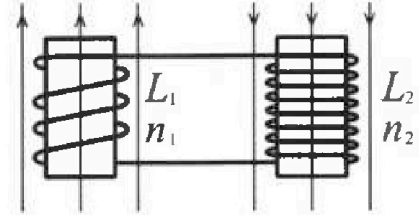
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

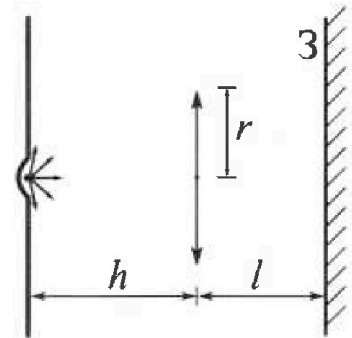


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 Z . Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

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



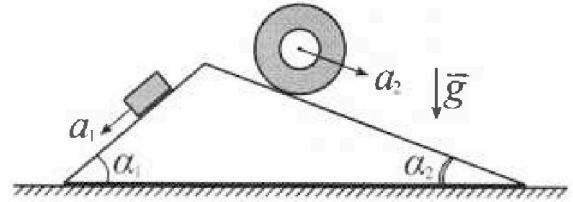
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

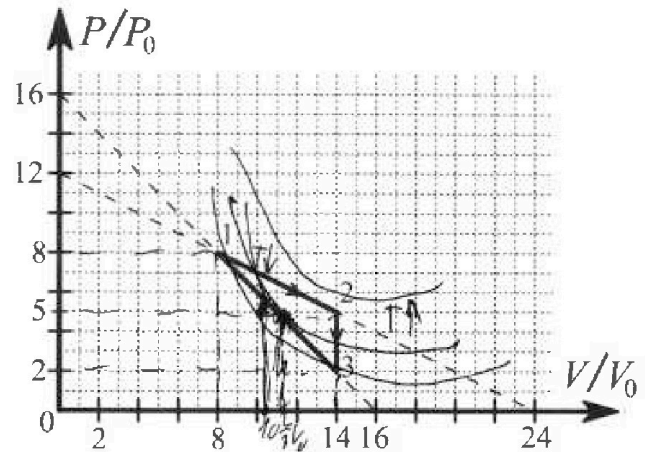


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

К 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.

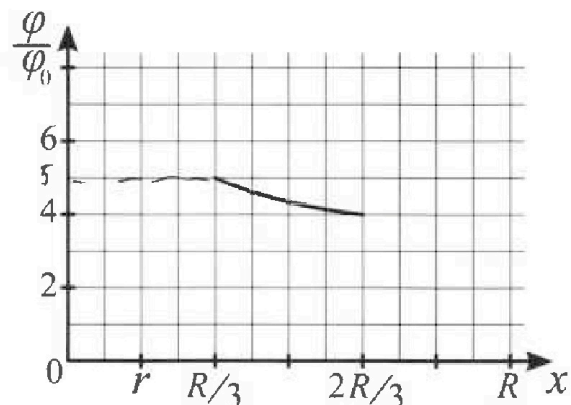
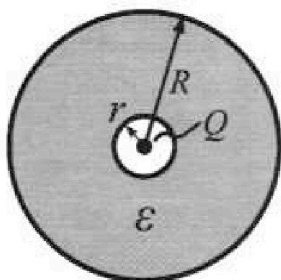
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 .



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.

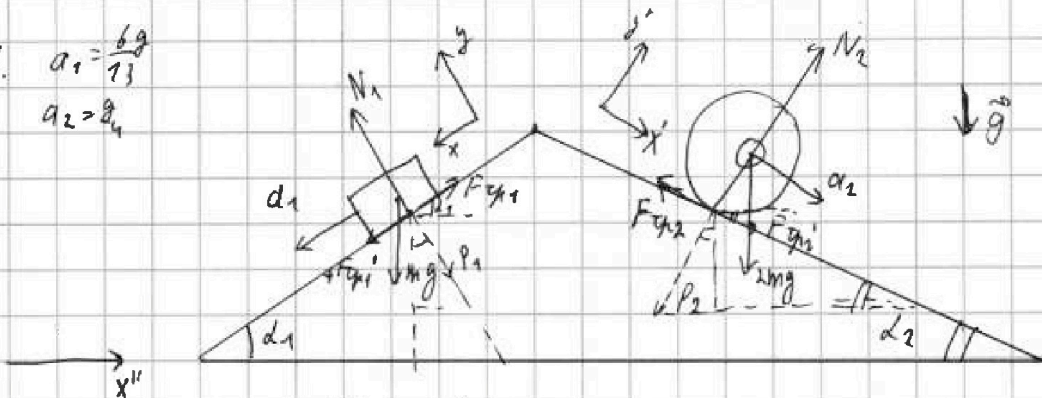


1 2 3 4 5 6 7

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. $a_1 = \frac{6g}{13}$
 $a_2 = \frac{2g}{5}$



1) 2 3H гиря движется по обоим угл:

$$\text{ок! } ma_1 = mgs \sin \alpha_1 - F_{cp1} \Rightarrow F_{cp1} = mgs \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \frac{3}{5} - m \frac{6g}{13} = mg \frac{9}{60} = \frac{3}{20} mg$$

2) условие отсутствия скольжения выполняется. $v_{\text{окр}} = v_{\text{центр}} = 0 \Rightarrow$

вращается $v_{\text{центр}} = \omega \cdot R$; условие отсутствия проскальзывания с углом $\alpha_2 \Rightarrow v_{\text{окр}} = f_2 \cdot d_2$. δ_2 это же сила трения, направляет "цилиндр" окр-но $F_{cp2} = 2m \frac{dv}{dt} \cdot R$ $\text{по } \omega R = f_2 \cdot d_2 \Rightarrow d\omega = a_2 dt \cdot \frac{1}{R}$

$$F_{cp2} = 2mR \frac{1}{d_2} a_2 dt \cdot \frac{1}{R} = 2m a_2 = 2m \cdot \frac{2}{5} = \frac{4}{5} mg$$

3) Заменим условие равновесия для кинки по осе x'' .

$$F_{cp1} \cos \alpha_1 - F_{cp2} \cos \alpha_2 + 2mg \cos \alpha_2 \cdot \sin \alpha_1 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + F_{cpk} = 0$$

$\underbrace{\quad}_{|N_2|=|P_2|} \quad \underbrace{\quad}_{|N_1|=|P_1|}$

$$F_{cpk} = \left| \frac{3}{20} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{mg}{2} \cdot \frac{12}{13} \cdot 2mg \frac{11}{13} \cdot \frac{5}{13} - mg \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} \right| = \left| \frac{3}{25} mg - \frac{6}{13} mg + \frac{120}{169} mg - \frac{12}{25} mg \right| = \left| \frac{42}{169} mg - \frac{9}{25} mg \right| = \frac{671}{4225} mg$$

3) $\text{Омлом: } 1) \frac{3}{20} mg; 2) \frac{4}{5} mg; 3) \frac{671}{4225} mg$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 2

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

2. 1) $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \int R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (64 p_0 V_0 + 70 p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 V_0 = 12 p_0 V_0$

$A_{\text{чист}}$ минимизируем затраты $(T_2 = A_{\text{чист}})$

$A_{\text{чист}} = \frac{5 p_0 + 8 p_0}{2} \cdot 6 V_0 = 39 p_0 V_0 - (2 + 8) p_0 \cdot 6 V_0 = 39 p_0 V_0 - 30 p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$

$k = \frac{\Delta U_{12}}{A_{\text{чист}}} = \frac{12 p_0 V_0}{9 p_0 V_0} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}$

2) $pV = \nu RT$; процесс 1-2 задан таким уравнением состояния (p, V) .

$p = -\frac{p_0}{2V_0} V + 12 p_0 \Rightarrow -\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 12 p_0 V = \nu RT \rightarrow T_{\text{макс}}$, когда $dT = 0$ (или макс.)

$\frac{d}{dV} (-\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 12 p_0 V) = 0$ - находим, куда dV , макс в вершине.

$V_0 = -\frac{12 p_0}{-p_0} \cdot V_0 = 12 V_0$

$T_{\text{макс}} = \frac{-p_0 \cdot 144 V_0^2}{2 \nu_0 R} + \frac{144 p_0 V_0}{\nu R} = \frac{72 p_0 V_0}{R}$

$\nu R T_2 = 28 p_0 V_0$

$\eta = \frac{T_{\text{макс}}}{T_2} = \frac{72 p_0 V_0}{R \cdot 28 p_0 V_0} = \frac{54}{7}$

3) $\eta = \frac{A_{\text{чист}}}{Q_{\text{под}} = Q_{12} + Q_{23}}$ $\delta Q = \frac{3}{2} R dT + p dV$ 1-2: $p(V) = -\frac{p_0}{2V_0} V + 12 p_0$

2-1: $p(V) = -\frac{p_0}{10} V + 16 p_0$

$\frac{dQ_{12}}{dT} = \frac{p_0}{2V_0} dV$ $dQ_{12} = \frac{p_0}{2V_0} dV$

$\delta Q_{12} = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp + p dV = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$

$\int \delta Q_{12} = -\frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} \int V dV + 30 p_0 \int dV + \frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} \int V dV = \int (-\frac{13}{4} \frac{p_0}{V_0} V dV + 30 p_0 dV) = -\int dT = 0$

$Q_{12} = -\frac{13}{8} \frac{p_0}{V_0} V^2 + 30 p_0 V$ - находим, куда dV - $p(T_{\text{макс}})$

$V_{\text{макс}} = -\frac{30 p_0 \cdot 4 V_0}{-13 p_0} = \frac{120}{13} V_0 = 9 \frac{3}{13} V_0$
 $-\frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V + 30 p_0 - \frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V = 0$
 $-\frac{13}{4} \frac{V}{V_0} = -30 \Rightarrow V = \frac{120 V_0}{13}$

$p(\frac{120}{13} V_0) = -\frac{p_0}{13} \frac{120 V_0}{V_0} + 12 p_0 = 12 p_0 - \frac{60 p_0}{13} = \frac{156 - 60}{13} p_0 = \frac{96}{13} p_0$

$p(10 V_0) = -\frac{p_0}{10} 10 V_0 + 16 p_0 = 15 p_0$

$\Delta U_{12} = \Delta U_{13} = \frac{3}{2} \nu R (\frac{120}{13} V_0 - 10 V_0) = 64 p_0 V_0$

$\Delta A_{12} = \frac{1}{2} (2 p_0 + \frac{96}{13} p_0) \cdot \frac{120}{13} V_0 = \frac{120}{13} \cdot 3 p_0$

4) $\Delta A_{12} + \Delta A_{23} = 133$

$\delta Q_{23} = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = -\frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V dV + 30 p_0 dV + \frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V dp = 0 \Rightarrow \frac{dV}{V} = \frac{40 p_0}{p_0 V} dV$
 $V = 10 V_0$

$Q_{11} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 28 p_0 V_0) + 6 V_0 \cdot \frac{3 p_0}{2} = \frac{3}{2} \cdot 32 p_0 V_0 - 9 p_0 V_0 = 39 p_0 V_0$

$\eta = \frac{39 p_0 V_0}{28 p_0 V_0 + 30 p_0 V_0} = \frac{39}{58} \approx 0.67$ - Ответ: 1) $\frac{4}{3}$; 2) $\frac{72}{28}$; 3) $\frac{96}{13}$ и т.д.



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 во каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2. 3) $Q_{12} = 9 p_0 V_0$

$$\int Q_{12} = \int \frac{1}{2} p dV + \frac{1}{2} V dp = -\frac{6}{4} \frac{p_0}{V_0} V dV + 3 p_0 dV + \frac{3}{4} \frac{p_0}{V_0} V = 0$$

$$-2 \frac{p_0}{V_0} V = -3 p_0$$

$V = 1.5 V_0$ - это точка по которой мы найдем работу \Rightarrow Q_{12} (19)

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (7 p_0 V_0 - 6 p_0 V_0) + \frac{3 p_0 \cdot 1.5 V_0}{2} = 1.5 p_0 V_0 + 2.25 p_0 V_0 = 3.75 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12} + Q_{12c}} = \frac{9 p_0 V_0}{3.75 p_0 V_0 + 3 p_0 V_0} = \frac{1}{10} = 0.1$$

Ответ: 1) $\frac{4}{3}$, 2) $\frac{18}{7}$, 3) 0.1



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 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!

3

1) Радиус сферы шарика радиуса R только хранит заряд Q .
При $x > R$ напряженность зависит как от точечного заряда Q в центре шара, но для $x < R$ напряженность убывает как от

в E раз. $E_{out}(x > R) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$. При R напряженность убывает как от точечного заряда: $E_{in}(R) = \frac{kQ}{R^2}$

$$2) \frac{d\varphi}{dx} = E_x \quad 1) \int_{\varphi_R}^{\varphi_x} d\varphi = \int_R^x E dx = \int_R^x \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx$$

$$\varphi_R - \varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon R}$$

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

$$2) \text{ Внутри: } \varphi_R$$

$$\int_{\varphi_x}^{\varphi_R} d\varphi = \int_x^R E dx = \int_x^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx$$

$$\varphi_x - \varphi_R = -\frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon x}$$

$$\varphi_x = \varphi_R + \frac{kQ}{\epsilon x} - \frac{kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon x} - \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$|\varphi_{5R}| = \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{5\epsilon R} - \frac{kQ}{5\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{5\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R} \left(\frac{5\epsilon + 1}{5\epsilon} \right)$$

$$3) \quad \varphi_{\left(\frac{R}{3}\right)} = 4\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\frac{\epsilon R}{3}} - \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\varphi_{\left(\frac{R}{3}\right)} = 5\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{3kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R} \quad | \cdot \frac{4}{3}$$

$$\frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{3kQ}{2\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R} = \frac{4}{3} \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{12}{5} \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{4}{3} \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{1}{3} \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{2\epsilon R} = \frac{8}{5} \frac{kQ}{\epsilon R} \quad | \cdot \frac{\epsilon R}{kQ} \cdot 5$$

$$\epsilon + \frac{5}{2} = 8 \rightarrow \epsilon = 5,5$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{kQ}{\epsilon R} \left(\frac{5\epsilon + 1}{\epsilon} \right); 2) 5,5.$$



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
_ 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!

5.

$$f = \frac{h}{3}$$

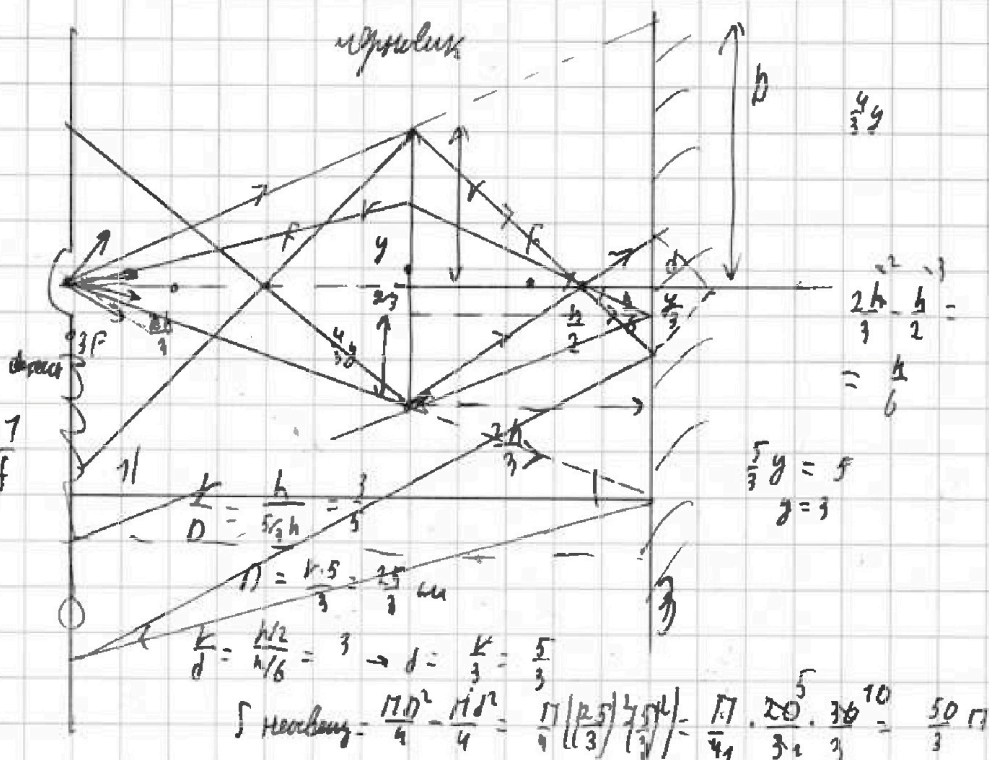
$$V = 56 \text{ м}$$

$$L = \frac{2h}{3}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{3} F$$

$$f = \frac{3F}{2}$$



$$2) \frac{1}{F} = \frac{1}{2h/3} + \frac{1}{d} = \frac{3k}{2F} - \frac{1}{2F} \Rightarrow d = 2F \quad d' = \frac{2h}{3}$$



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
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!

4.

1) Уменьшение магнитного потока в проводящем контуре,
приводит к появлению ЭДС индукции: $\Phi = B S_n$; $\mathcal{E}_i = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \frac{dB}{dt} S_n$

Касательная скорость поперечного сечения: $\mathcal{E}_i = L \frac{dI}{dt} + 16L \frac{dI}{dt}$ (при этом магнитный поток сохраняется) $R=0$

$$2 S_n = 17L \frac{dI}{dt} \rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2 S_n}{17L} \quad \left(\frac{d\Phi}{dt} = 0 = \frac{d\Phi_{ext}}{dt} + \frac{d\Phi_{ind}}{dt} \right)$$

2) При изменении внешнего М.П. ЭДС индукции будут направлены
против скорости $\Rightarrow \mathcal{E}_z = |\mathcal{E}_{i2} - \mathcal{E}_{i1}|$ $\mathcal{E}_{i1} = \left| S_n \frac{dB_1}{dt} \right|$; $\mathcal{E}_{i2} = \left| S_n \frac{dB_2}{dt} \right|$

$$\mathcal{E}_z = L \frac{dI}{dt} + 16L \frac{dI}{dt} \quad (R=0, \text{ ЭДС направлены в разные стороны})$$

$$S_n \left(\left| \frac{dB_2}{dt} \right| - \left| \frac{dB_1}{dt} \right| \right) = 17L \frac{dI}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$\Rightarrow I \cdot 17L = S_n \left(\frac{3}{4} B_0 - \frac{2}{3} B_0 \right) = \frac{1}{12} B_0 S_n$$

$$I = \frac{1}{12} \frac{B_0 S_n}{17L}$$

Ответ: 1) $\frac{2 S_n}{17L}$; 2) $\frac{1}{12} \frac{B_0 S_n}{17L}$.



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.

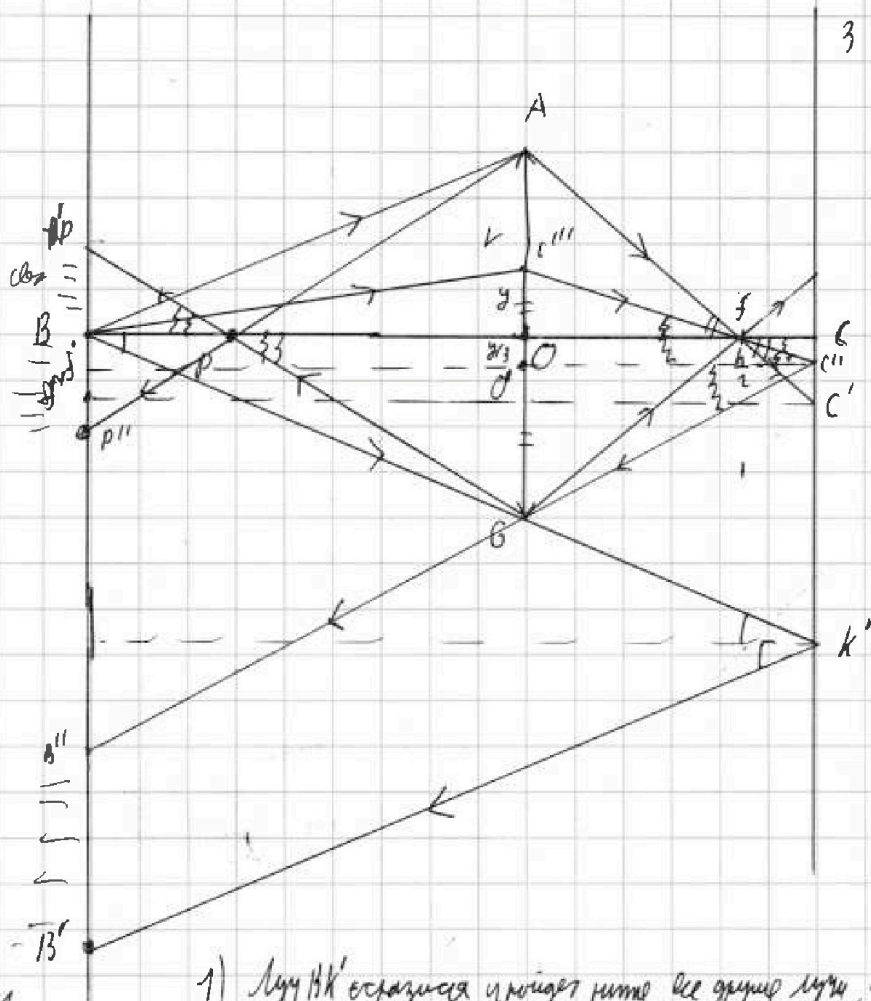
1 2 3 4 5 6 7

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!

5.

3



Решение.

- 1) Луч AK' отражается и пойдет нитке, все другие лучи, идущие нитке, будут обходить ее, что нитка $A'K'$ (симметрична по BC)
- 2) Каждый луч, который после преломления в линзе, отражения от зеркала пойдет через край линзы через точку G

1. Пусть $c''O = y$, тогда $c''c' = \frac{2}{3}h$ из подобия $\Delta c''O$ и $\Delta c''c'$

2. $c''O = y = \frac{4}{3}y$ $OG = O'O \cdot O'G = \frac{2}{3} + \frac{4}{3}y = \frac{5}{3}y = k \Rightarrow y = 3 \text{ (см)}$

3. Из подобия $\Delta c''A''$ и $\Delta c''O'G$: $O'G = \frac{2}{3}y = \frac{4}{3} = 1 \text{ см}$

$$\frac{A'B''}{O'G} = \frac{h}{\frac{1}{3}h} \rightarrow A'B'' = O'G \cdot \frac{h}{\frac{1}{3}h} = 1 \cdot \frac{h}{\frac{1}{3}h} = 3 \text{ (см)}$$

$$AB'' = A'A' + A'B'' = y + 1 = 3 + 1 = 4 \text{ (см)}$$

- 3) Из P -луча с той же линзой для лучей, идущих от зеркала:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{2}{3}h} + \frac{1}{p} \rightarrow \frac{1}{p} = \frac{3}{h} - \frac{3}{2h} = \frac{3}{2h} \rightarrow p = \frac{2}{3}h$$

Из подобия ΔPOB и $\Delta P'B'O'$:
 $\frac{PO}{AP} = \frac{OG}{AP'} = \frac{\frac{2}{3}h}{\frac{1}{3}h} = \frac{k}{AP'} \Rightarrow AP' = 2,5 \text{ см}$

4) $S_{\text{тени}} = S_{AB''} - S_{AP'} = \pi \cdot 4^2 - \pi \cdot \left(\frac{5}{2}\right)^2 = \pi \cdot \frac{16 \cdot 4 - 25 \cdot 4}{2} = 6\pi \text{ см}^2$ Ответ: $6\pi \text{ см}^2$; $2,5 \text{ см}$.



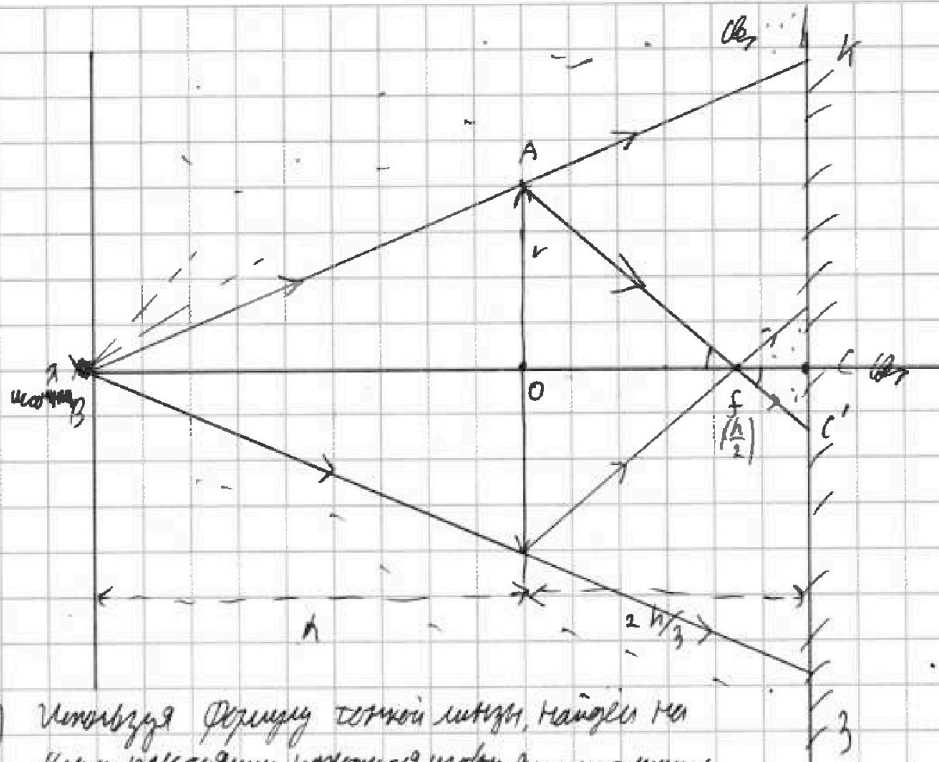
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

5.



- 1) Используя формулу тонкой линзы, найдем на каком расстоянии находится изображение источника:

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

- 2) Присланный луч, проходящий через точку линзы. Т.к. это параллельный луч, то часть пройдет не преломившись, а другая пойдет в изображение. Все лучи, идущие ниже, доходят в фокус C' .

Нарисовка симметрична оси ON по OC . $fC = \frac{h}{2} + \frac{2h}{3} = \frac{h}{6}$

- 3) Из подобия $\triangle AOD$ и $\triangle C'K$: $\frac{h/2}{h/6} = \frac{h}{C'K} \Rightarrow C'K = \frac{h}{3}$

Решение задачи 1) Объем линзы $S_1 = \frac{\pi K^2}{9}$

- 4) Из подобия $\triangle AOD$ и $\triangle AKC$:

$$\frac{h}{5/3h} = \frac{r}{KC} \Rightarrow KC = \frac{5}{3}r \Rightarrow S_2 = \frac{\pi 25r^2}{9}$$

$$S_{\text{исходный}} = S_2 - S_1 = \frac{24\pi r^2}{9} = \frac{24 \cdot 25\pi r^2}{9} = \frac{200}{3} \pi \text{ см}^2$$



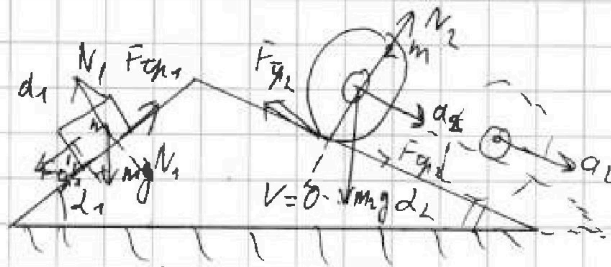
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

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

$\sin \alpha_1 = \frac{4}{5}$
 $\sin \alpha_2 = \frac{5}{13}$



$d_2 = \frac{9}{4}$
 черновик

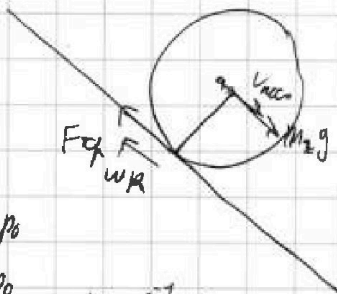
$ma_1 = mgsin\alpha_1 - F_{fr1}$

1) $F_{fr1} = mgsin\alpha_1 - ma_1 = mg \cdot \frac{4}{5} - m \cdot \frac{9}{4} = mg \frac{16-5}{20} = mg \frac{11}{20}$

2) Число касаний до момента остановки $\Rightarrow A_{fr} = 0$ т.к. $v_{кон} = 0$

$-F_{fr2} + mgsin\alpha_2 = ma_2$ $N_2 = m_2 g \cos\alpha_2$

$F_{fr} = \mu N = \mu m_2 g \cos\alpha_2 = m_2 g \sin\alpha_2 - F_{fr1}$



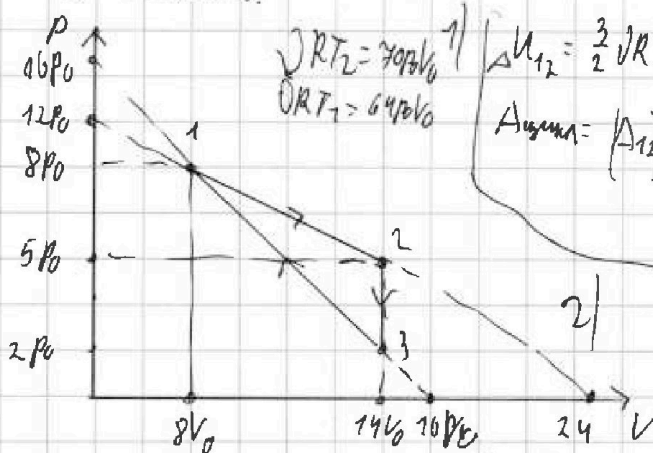
$v_{кон} = v_{нач} + at$
 $v_{кон} = at$

$v_{кон} = \omega R$
 $at = \omega R$ $a = \frac{\omega R}{t}$
 $F_{fr} = 2m \frac{dv}{dt} R = 2md = 2m \cdot \frac{9}{4} = \frac{mg}{2}$

Вращение + 2
 $P = -\frac{3}{4} P_0 \cdot v + 12 P_0$
 $P = -\frac{1}{2} P_0 \cdot v + 12 P_0$

3) Термический КПД двигателя

- 2.
- 1) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$
- 2) $\frac{T_{max12}}{T_3}$
- 3) $\eta = ?$



$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot \nu P_0 V_0 = \frac{12}{3} P_0 V_0$
 $A_{12} = (P_1 - P_2) \Delta V = (8P_0 - 2P_0) \cdot 6V_0 = 48 P_0 V_0$
 $\eta = \frac{12}{48} = \frac{1}{4}$

$\nu R T_3 = 28 P_0 V_0$
 $T_3 = \frac{28 P_0 V_0}{\nu R}$
 $\frac{T_1}{T_3} = \frac{64}{28} = \frac{16}{7}$

$T_{max} = T_1 = 64 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$

$T(V) = -\frac{P_0}{\nu \nu R} V^2 + \frac{12 P_0 V}{\nu R}$ - параб., ветвь вверх \Rightarrow
 $T_{max} \text{ при } T = T_{max} \Rightarrow V_{opt} = \frac{b}{2a} = \frac{12 P_0 \nu R}{2 \cdot (-P_0 \nu R)} = 6 V_0 \Rightarrow \text{границы } T$

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
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!

$L_1 = L$
 $L_2 = 10L$
 $n_1 = n$
 $n_2 = 4n$

$\frac{dB}{dt} = 2$

$\Phi = \Phi_{1n1} + \Phi_{2n2}$

$\mathcal{E}_i = - \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = S_n \frac{dB}{dt} = S_n \cdot 2$

$\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt} = S_n \cdot 2$

$\mathcal{E}_{i1} = S_n \cdot 2 = L \frac{dI}{dt} + 10L \frac{dI}{dt}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{S_n \cdot 2}{11L}$

$\mathcal{E}_{i1} = \mathcal{E}_{i2} = \mathcal{E}_i$

$\mathcal{E}_{i1} \neq \mathcal{E}_{i2} \quad \mathcal{E}_{i1}$

$\mathcal{E}_{i1} = S_n \frac{dB_1}{dt}$

$\mathcal{E}_{i2} = S_{2n} \frac{dB_2}{dt}$

$\frac{12B_0}{4} - \frac{9B_0}{4} = \frac{3}{4} B_0$

$\mathcal{E}_i = 3 S_n \frac{dB}{dt}$

$\mathcal{E}_i = S_n \left[\frac{dB_1}{dt} + 4 \frac{dB_2}{dt} \right] = L \frac{dI}{dt} + 10L \frac{dI}{dt}$

$S_n [4 \cdot 2B_0 - 9B_0] = 11L \frac{dI}{dt}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{S_n}{11L} \left[4 \cdot \frac{3}{4} B_0 - \frac{9}{4} B_0 \right] = \frac{S_n}{11L} B_0$

$\Phi = \Phi_{1n1} + \Phi_{2n2}$
 Означает $\Phi_{ind} = 0$

$\frac{d\Phi_{1n1}}{dt} = - \frac{d\Phi_{2n2}}{dt}$

$S_n \frac{dB_1}{dt} = \frac{L dI}{dt}$

$\frac{dB_1}{dt} = \frac{L dI}{S_n dt}$

$\mathcal{E}_i = L \frac{dI}{dt}$

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.

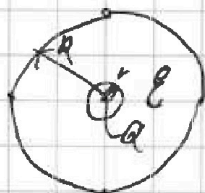
1 2 3 4 5 6 7

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!

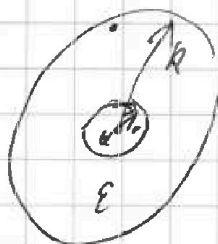


3.



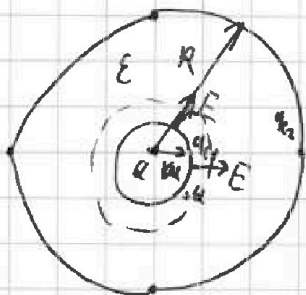
черновик

$$\varphi = \frac{q}{8}$$



Аналогично:
 $\varphi = \frac{kQ}{r}$

$$\frac{q}{6} = E \cdot 4\pi R^2$$



$$\varphi_1 + \varphi_2 = 0$$

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

$$E' = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)' = \left(r^{-1}\right)' = -\frac{1}{r^2}$$

$$-d\varphi = E$$

$$d\varphi = E dx$$

$$d\varphi = -E \cdot dr$$

$$\Delta\varphi = -\int \frac{kQ}{\epsilon r^2} dr$$

$$\Delta\varphi = -\int kQ = \frac{kQ}{\epsilon} \frac{1}{r}$$

$$\varphi_{\text{total}} = \frac{kQ}{\epsilon} \frac{1}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \frac{1}{R} = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) + \frac{kQ}{R} =$$

$$= \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{2} - \frac{6}{5\epsilon} - 1 \right) =$$

$$= -\frac{kQ \cdot 6}{R \cdot 5\epsilon}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 25 \\ \hline 210 \\ 84 \\ \hline 1030 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 71 \\ \times 6 \\ \hline 426 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 21 \\ \hline 338 \\ 671 \\ \hline 3529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 25 \\ \hline 845 \\ 338 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 677 \\ \times 58 \\ \hline 4225 \end{array}$$

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!

Для процесса 1-2: $\frac{5}{8}V_0 = \frac{5}{8} \cdot 24 = 15 \Rightarrow R$ *подобрана*

$$V_0 \cdot \frac{18 \cdot 5}{81} = 10$$

$$\delta Q_{12} = \nu R dT + p dV$$

$$p = -\frac{1}{2} p_0 \frac{V}{V_0} + 12 p_0$$

$$\nu R dT = p dV + V dp$$

$$\delta Q_{12} = 2 p dV + V dp$$

$$dp = -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} dV$$

$$= 2 \left[-\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V + 12 p_0 \right] dV + V \cdot -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} dV = -\frac{p_0}{V_0} V dV + 24 p_0 dV - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V dV =$$

$$= -\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V dV + 24 p_0 dV$$

$$Q_{12} = -\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} \frac{1}{2} V^2 + 24 p_0 V = -\frac{3}{4} \frac{p_0}{V_0} V^2 + 24 p_0 V$$

$$N = \frac{A}{Q_H}$$

$$p_H = -\frac{p_0}{V_0} V + 12 p_0$$

$$Q' = 0 = -\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V + 24 p_0 \rightarrow V = \frac{2 \cdot 24 V_0}{\frac{3}{2}} = 16 V_0 - \text{поиск}$$

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

$Q_{23} - 100\%$ *одна*
 $Q_{31} - \text{нельзя}$

$$\delta Q_{31} = \nu R dT + p dV = 2 p dV + V dp = -2 \frac{p_0}{V_0} V dV + 32 p_0 dV - \frac{p_0}{V_0} V dV$$

$$Q_{31} = -\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V^2 + 32 p_0 V$$

$$Q_{31} = 0 \Rightarrow -\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V + 32 p_0 = 0 \Rightarrow V = V_0 \cdot \frac{32}{3} = V_0 \cdot 10 \frac{2}{3} - \text{снова}$$

$$\Rightarrow \text{от } 14 V_0 \text{ до } 10 \frac{2}{3} V_0 - \text{снова поиск}$$

$$Q_{31} = A_{31} + A_{32}$$

$$\begin{array}{r} 200 \overline{) 3} \\ 18 \overline{) 100} \\ \underline{20} \\ 18 \\ \underline{2} \\ 66 \frac{2}{3} \end{array}$$