



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 10-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



1. Две материальные точки движутся по одной прямой навстречу друг другу. В момент времени  $t = 0$  скорости материальных точек  $V_1 = 10$  м/с и  $V_2 = 8$  м/с. В процессе сближения ускорения материальных точек  $a_1 = 0,4$  м/с<sup>2</sup> и  $a_2 = 0,2$  м/с<sup>2</sup> постоянны и направлены противоположно соответствующим начальным скоростям.

1. При каком наименьшем начальном расстоянии  $L$  между точками не произойдет столкновения точек в процессе движения?

2. Найдите показание  $T$  часов в тот момент, когда расстояние между точками будет наименьшим, если при  $t = 0$  расстояние между точками было равно  $L$ .

3. Найдите длину  $S_1$  пути, пройденного первой материальной точкой к тому моменту времени, когда расстояние между точками будет наименьшим.

2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через  $\tau = 4$  с мяч падает на площадку на расстоянии  $S = 60$  м от точки старта.

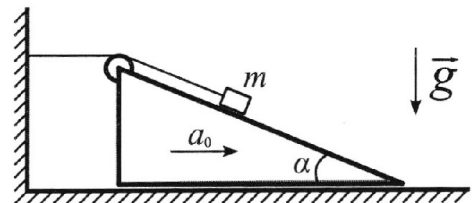
1. Найдите  $\operatorname{tg} \alpha$ , здесь  $\alpha$  – угол, который вектор начальной скорости мяча образует с горизонтом.

2. Найдите модуль  $V_0$  начальной скорости мяча. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

Футболист наносит удар по мячу и сообщает ему начальную скорость  $V_0$ , направленную под углом  $\alpha$  к горизонту ( $V_0$  и  $\alpha$  найдены Вами при ответах на вопросы 1 и 2). Мяч летит навстречу ветру, дующему вдоль поверхности земли с постоянной горизонтальной скоростью. Через  $T = 3,2$  с после удара мяч возвращается в точку старта с неизвестной скоростью  $V_1$ .

3. Найдите скорость  $V_1$  мяча в момент возвращения в точку старта. Силу сопротивления, с которой воздушный поток действует на мяч, считайте пропорциональной относительной скорости  $\vec{F}_{\text{сопр}} = -k \cdot \vec{V}_{\text{отн}}$ , здесь  $k$  – коэффициент пропорциональности, постоянная величина,  $\vec{V}_{\text{отн}}$  – скорость мяча относительно воздушного потока.

3. Клин с углом  $\alpha = 30^\circ$  при вершине движется с ускорением  $a_0 = 3$  м/с<sup>2</sup> по горизонтальному столу (см. рис.). По гладкой наклонной плоскости клина скользит брусок массы  $m = 0,4$  кг, скрепленный с легкой нерастяжимой нитью, которая перекинута через гладкий блок на клине и прикреплена к вертикальной стенке. Отрезок нити от стенки до блока считайте горизонтальным, отрезок нити от блока до бруска считайте параллельным наклонной плоскости клина.



1. За какое время  $\tau$  после начала движения брусок переместится по вертикали на  $H = 20$  см? Начальные скорости всех тел нулевые. Ускорение сводного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

2. Найдите модуль  $a$  ускорения бруска в лабораторной системе отсчета.

3. Найдите модуль  $N$  силы, с которой клин действует на брусок.



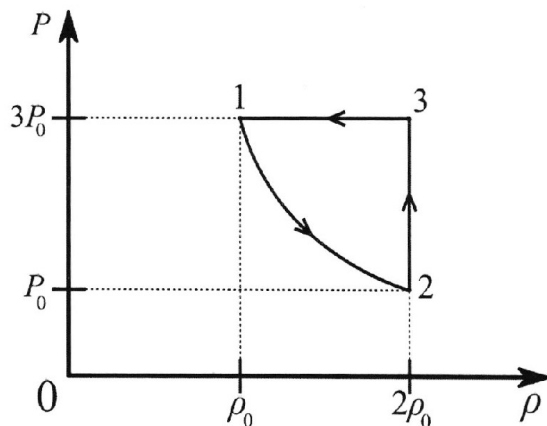
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 10-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. Циклический процесс, проводимый с одноатомным идеальным газом, представлен на графике в координатах  $(P, \rho)$ , здесь  $P$  – давление,  $\rho$  – плотность газа. Количество вещества – один моль. В процессе 1-2 давление газа изменяется по закону  $P = a + \frac{b}{\rho}$ , здесь  $a$  и  $b$  – постоянные. Наименьшая внутренняя энергия газа в процессе  $U_{\min} = 1800$  Дж.



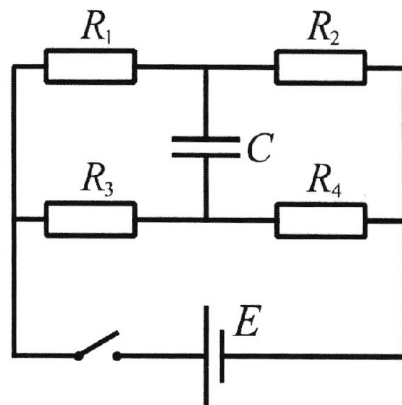
1. Постройте график процесса в координатах  $(P, V)$ .

В состоянии 1 объем газа  $V_0$ , давление газа  $3P_0$ .

2. Найдите работу  $A$  газа в процессе сжатия.

3. Какое количество  $|\Delta Q|$  теплоты будет отведено от газа в конце процесса сжатия при уменьшении температуры на  $|\Delta T| = 1$  К? Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы можно считать идеальными, ЭДС батареи  $E = 75$  В, сопротивления резисторов  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 8$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом. Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало. До замыкания ключа заряд конденсатора нулевой. Ключ замыкают.



1. Найдите силу  $I$  тока, текущего через источник сразу после замыкания ключа.

2. На каком резисторе рассеивается наибольшая мощность сразу после замыкания ключа? Найдите эту мощность  $P_{\max}$ .

3. С какой скоростью  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  будет расти заряд конденсатора сразу после замыкания ключа?

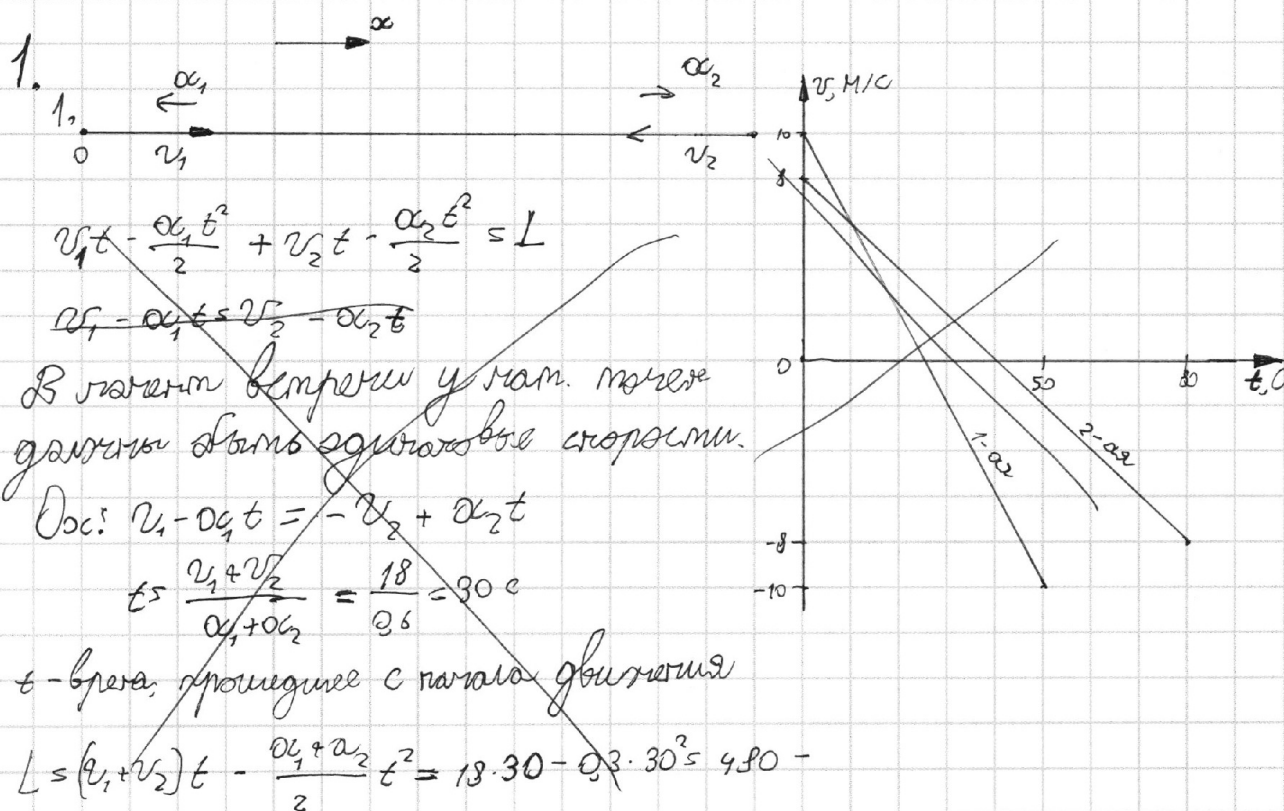


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

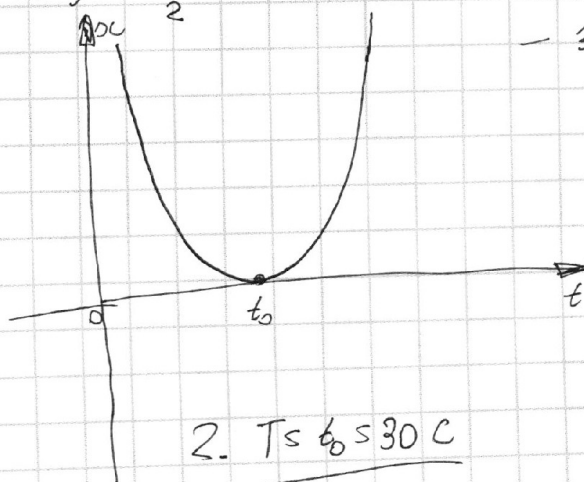
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Пусть  $x(t)$  - расстояние между точками в произвольный момент времени.  $x(t) = L - v_1 t + \frac{a_1 t^2}{2} - v_2 t + \frac{a_2 t^2}{2}$

Условие на  $x$ :  $x \geq 0$  в любой момент времени.

$$x(t) = \frac{a_1 + a_2}{2} t^2 - (v_1 + v_2)t + L$$



- экстремальный случай,

$$t = \frac{-b}{2a} = \frac{v_1 + v_2}{a_1 + a_2} = 30 \text{ c.}$$

$$x(t_0) = 0:$$

$$0 = 0.3 \cdot 30^2 - (10 + 8) \cdot 30 + L, \text{ откуда}$$

$$L = 30(18 - 0.3 \cdot 30) = 270 \text{ м.}$$

$$2. T \leq t_0 \leq 30 \text{ c}$$



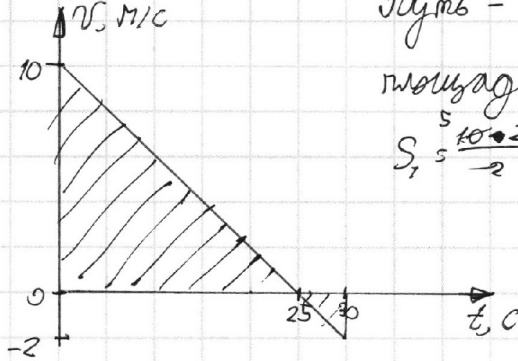
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

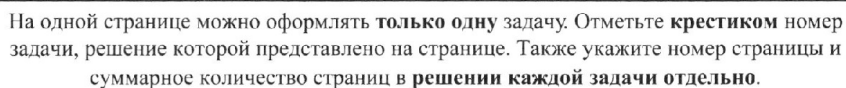
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

3. ~~S<sub>1</sub>~~ ~~S<sub>2</sub>~~



Путь - ~~арифметическая~~ <sup>на</sup> ~~площадь фигур под графиком~~ <sup>графике.</sup> скорости  
 $S_1 = \frac{5 \cdot 10 + 25}{2} + \frac{5 \cdot 2}{2} = 125 + 5 = 130 \text{ м.} - \text{ответ}$

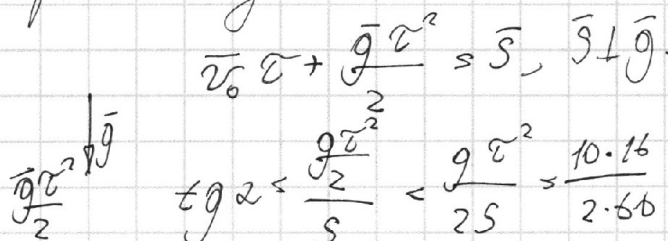
P.S.: При  $L$  расстояние между мячами будет повторяться, когда это равно 0. (мячи встретились)



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. Использует векторный метод:



$$\epsilon g^2 \leq \frac{g^2 v^2}{s} < \frac{g^2 v^2}{2s} = \frac{10 \cdot 16}{2 \cdot 60} \leq \frac{160}{120} = \frac{4}{3} \approx 1,33 \quad \text{— aber}$$

$$2. \tan \alpha = \frac{4}{3} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{4}{5}, \cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{v_0} = \frac{3}{5} \Rightarrow v_0 = \frac{55}{30} = \frac{5.60}{3.4} = 25 \text{ M/C}$$

$$F_y - R V_{\text{out } y} = -K V_y$$

$$F_x - R V_{\text{out } x} = -K(V_x + V_B)$$



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 ☐

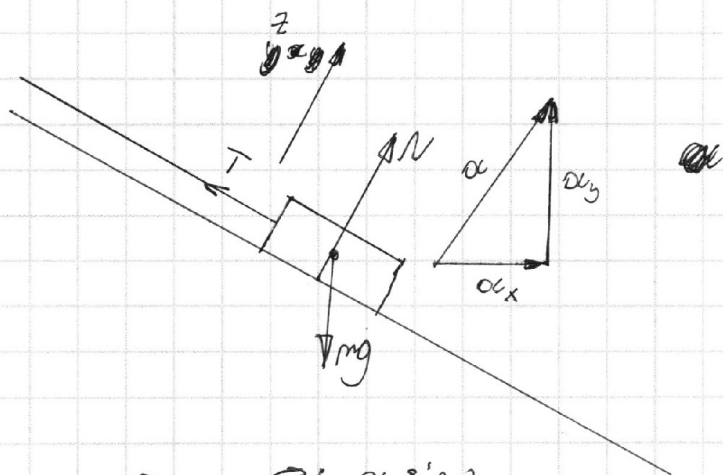
СТРАНИЦА  
2 из 2

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!

$$= \alpha_0 \sqrt{2-2\cos\alpha} = 3\sqrt{2-\sqrt{3}} \approx 3 \cdot \sqrt{0.27} \approx 3 \cdot 0.51 \approx 1.53 \text{ м/с}^2$$

ответ.

3.



Проекции  $\alpha_x$  на  $z$ :  $\alpha_x \sin \alpha$

Проекции  $\alpha_y$  на  $z$ :  $\alpha_y \cos \alpha$

$$\alpha_z = \alpha_x z + \alpha_y z, \text{ м.к.}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y$$

По II з.н  $O_z$ :  $N - mg \cos \alpha = m a_z = m(\alpha_x \sin \alpha + \alpha_y \cos \alpha)$

$$\Rightarrow N = mg \cos \alpha + m(\alpha_x \sin \alpha + \alpha_y \cos \alpha) =$$

$$= mg \cos \alpha + m \alpha_0 (1 - \cos \alpha) \sin \alpha + m \alpha_0 \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= mg \cos \alpha + m \alpha_0 \sin \alpha = m(g \cos \alpha + \alpha_0 \sin \alpha) \approx 0.4 \cdot (8.7 + 1.5) \approx$$

$$0.4 \cdot 10.2 \approx \underline{4.08 \text{ Н}}$$

ответ:  $N \approx 4.08 \text{ Н}$



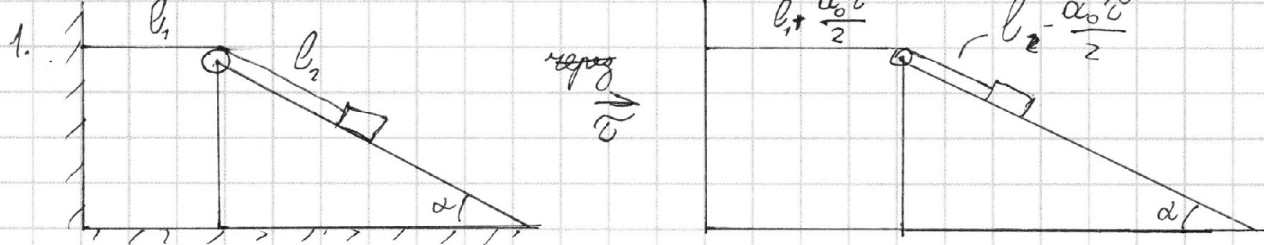
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

3.



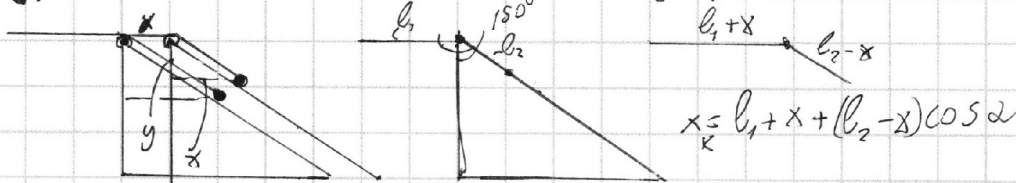
$l_1 + l_2 = \text{const}$  (общая длина не меняется)

$$H = l_2 \sin \alpha - (l_2 - \frac{\alpha_0 t^2}{2}) \sin \alpha$$

$$H = \frac{\alpha_0 t^2}{2} \sin \alpha \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{\alpha_0 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.2}{3 \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{\frac{0.8}{3}} = \sqrt{\frac{8}{36}} \approx \frac{2\sqrt{2}}{6} \approx$$

$$\approx \frac{2 \cdot 1.41}{6} \approx \frac{2.82}{6} \approx 0.47 \text{ с.} - \text{ответ.}$$

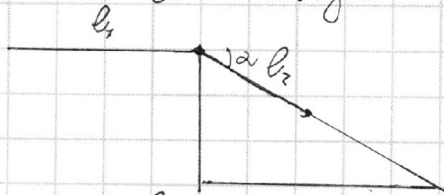
2.



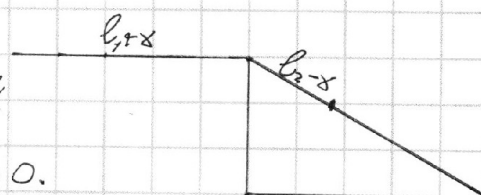
$$x_0 = l_1 + l_2 \cos \alpha$$

$$x_k = l_1 + x + (l_2 - x) \cos \alpha$$

Кин. энерг:



увеличение  
на  $X \rightarrow 0$ .



$$x_0 = l_1 + l_2 \cos \alpha - \text{нач. координаты}$$

$$y_0 = l_2 \sin \alpha - \text{другая}$$

$$x_k = l_1 + x + (l_2 - x) \cos \alpha$$

$$y_k = (l_2 - x) \sin \alpha$$

$$x_k - x_0 = x - x \cos \alpha = x(1 - \cos \alpha)$$

$$\alpha_x = \alpha_0 (1 - \cos \alpha)$$

$$y_k - y_0 = -x \sin \alpha$$

$$\alpha_y = \alpha_0 \sin \alpha \quad \text{верно.}$$

$$\alpha = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2} = \alpha_0 \sqrt{1 - 2\cos \alpha + \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = \text{верно.}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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

3.  $\Delta Q = \Delta U + \Delta A$  - первое начало термодинамики  $\Delta T = 1K$  (для удобства)  
 $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$  ( $\Delta T = +1K$ )

Расширили газ при изотерм. Процесс из состояния  $P, V, T$  мы переходим в состояние  $P', V'$  и температура осталась та же  $\Delta T = 1K$ .

$$PV = \nu RT, \quad P'V' = \nu R(T - \Delta T) \quad \frac{P}{V} = \frac{P'}{V'} \Rightarrow PV' = P'V$$

$$\text{Работа при этом изменении } \Delta A = \frac{P + P'}{2} \cdot (V - V') = -\frac{PV - P'V' + P'V - P'V'}{2} =$$

$$= \frac{PV - P'V'}{2} = -\frac{\nu RT - \nu R(T - \Delta T)}{2} = -\frac{\nu R \Delta T}{2}$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T - \frac{\nu R \Delta T}{2} = -2 \nu R \Delta T = -2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 1 = -16,62 \text{ Дж}$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \cdot \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 300 = 9 \cdot 8,31 \cdot 300 = 9 \cdot 2493 = 22437 \text{ Дж}$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2$$

$$\text{Ответ } |\Delta Q| = 16,62 \text{ Дж}$$



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!

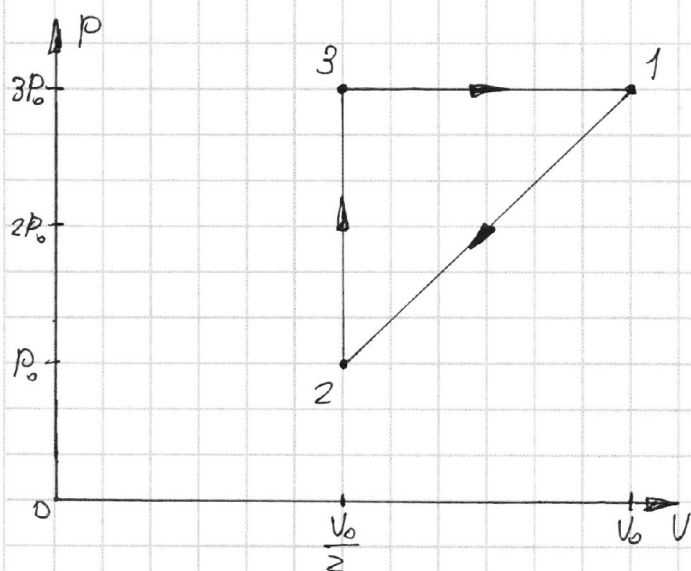
4. 1.  $p = \frac{m}{V}$  - связь между плотностью и объемом,  $m = \text{const}$ . в данной задаче.  
 $pV = \text{const}$

В состоянии 1:  $3P_0, V_0, P_0$

В состоянии 2:  $P_0, 2P_0, \frac{V_0}{2}$

В состоянии 3:  $3P_0, 2P_0, \frac{V_0}{2}$

Объемы в состояниях 2 и 3 вычисляются из  $pV = m = P_0 V_0$



Рассмотрим процесс 1-2:

$$p = a + \frac{b}{V}, \quad p = \frac{m}{V} \Rightarrow$$

$$p = a + \frac{b}{m} V, \quad a = \text{const}, \quad \frac{b}{m} = \text{const},$$

значит на  $PV$  диаграмме процесс 1-2 - прямая.

2-3 - изохора, т.е.  $p = \text{const}$

3-1 - изобара. ( $p = \text{const}$ )

2. Сжатие - процесс 1-2.

$$A = A_{12} = - \frac{3P_0 + P_0}{2} \cdot \frac{V_0}{2} = P_0 V_0$$

(работа - площадь под графиком  $P(V)$  с учётом знака)

$\mu = \frac{5}{2} RT$ ,  $PV = RT$  - уравнение состояния идеального газа.

$$\mu = \frac{5}{2} PV = \frac{3}{2} PV \text{ для одностатного газа.}$$

Наименьшая внутренняя энергия газа в состоянии 2:

$$\mu_{\min} = \frac{3}{2} P_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{3}{4} P_0 V_0 \Rightarrow P_0 V_0 = \frac{4}{3} \mu_{\min} = 2400 \text{ Дж.}$$

$$A \leq P_0 V_0 \leq 2400 \text{ Дж} - \text{ответ}$$



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

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА  
 2 ИЗ 2

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

По I-ой правилу Кирхгофа для узла F:  $I_2 + I_4 = I$

По II-ой правилу Кирхгофа для контура  $I_2 R_2 = I_4 R_4$

$$\begin{cases} I_2 R_2 = I_4 R_4 \\ I_2 + I_4 = I \end{cases} \quad I_2 = 6A \quad I_4 = 12A$$

$$\begin{array}{r} 194 \\ 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ 8 \\ 288 \\ 81 \cdot 3 = \\ 2 = 121,5B_T \end{array}$$

$$P_1 = I_1^2 R_1$$

$$P_2 = I_2^2 R_2$$

$$P_3 = I_3^2 R_3$$

$$P_4 = I_4^2 R_4$$

$$P_1 = 135^2 \cdot 2B_T$$

$$P_2 = 6^2 \cdot 8B_T$$

$$P_3 = 45^2 \cdot 6B_T$$

$$P_4 = 12^2 \cdot 4B_T$$

$$\begin{array}{r} 27 \cdot 27 \\ 2 \\ 27 \\ 27 \\ 189 \\ 54 \\ 729 \end{array}$$

$$P_1 = 364,5B_T$$

$$P_2 = 288B_T$$

$$P_3 = 121,5B_T$$

$$P_4 = 576B_T$$

Ответ:

Максимальная мощность на резисторе 4:  $P_{max} = 576B_T$

3. По I правилу Кирхгофа для узла C:  $I_1 = I_2 + i$

$$i = 75A$$

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \text{ (скорость роста заряда)}$$

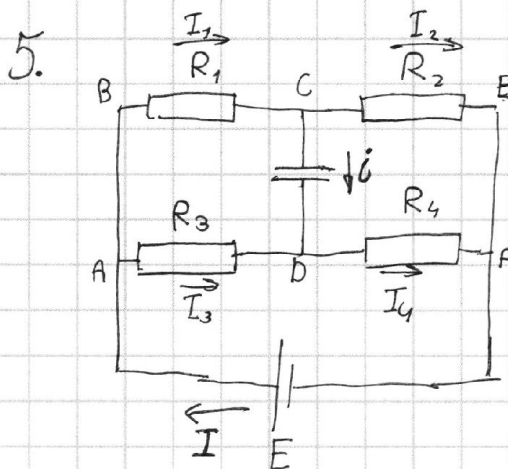
$$\text{Ответ: } \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 75A$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

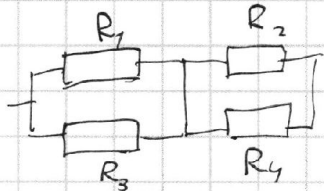
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!



В начальный момент времени, когда конденсатор не заряжен, в цепи он имеет нулевое сопротивление, и "через него" течёт некоторый ток  $i$ .

1. В начальный момент следующее соединение резисторов:



$$R_{24} = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{8 \cdot 4}{8 + 4} = \frac{32}{12} \text{ Ом (параллельное)}$$

$$R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{2 \cdot 6}{2 + 6} = \frac{12}{8} \text{ Ом (параллельное)}$$

$$R_{1234} \text{ (общее сопротивление цепи)} = R_{13} + R_{24} = \frac{16}{6} + \frac{9}{6} = \frac{25}{6} \text{ Ом (последовательное)}$$

$$I = \frac{E}{R_{1234}} \text{ (Закон Ома для полной цепи)}$$

$$I = \frac{75}{\frac{25}{6}} = \frac{75 \cdot 6}{25} = 18 \text{ А}$$

Ответ:  $I = 18 \text{ А}$

2.  $I_1$  и  $I_3$  — токи через первый, второй, четвертый и третий резисторы соответственно.

Вспомогательные (отсчётные) узлы цепи.

По I-ому правилу Кирхгофа для узла A:  $I = I_1 + I_3$

По II-ому правилу Кирхгофа для контура ABCD:  $I_1 R_1 - I_3 R_3 = 0$ .

$$\begin{cases} I = I_1 + I_3 \\ I_1 R_1 = I_3 R_3 \end{cases} \Rightarrow I_1 = 13.5 \text{ А} \quad I_3 = 4.5 \text{ А}$$



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!

