



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/с² и $a_2 = 0,2$ м/с² 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.

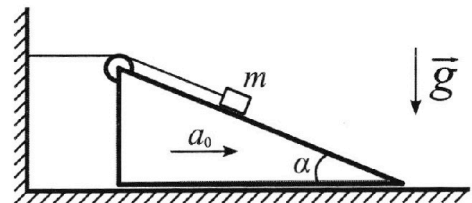
1. Найдите $tg\alpha$, здесь α – угол, который вектор начальной скорости мяча образует с горизонтом.

2. Найдите модуль V_0 начальной скорости мяча. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

Футболист наносит удар по мячу и сообщает ему начальную скорость V_0 , направленную под углом α к горизонту (V_0 и α 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 $\vec{F}_{сопр} = -k \cdot \vec{V}_{отн}$, здесь k – коэффициент пропорциональности, постоянная величина, $\vec{V}_{отн}$ – скорость мяча относительно воздушного потока.

3. Клин с углом $\alpha = 30^\circ$ при вершине движется с ускорением $a_0 = 3$ м/с² 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 τ после начала движения брусок переместится по вертикали на $H = 20$ см? Начальные скорости всех тел нулевые. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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

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



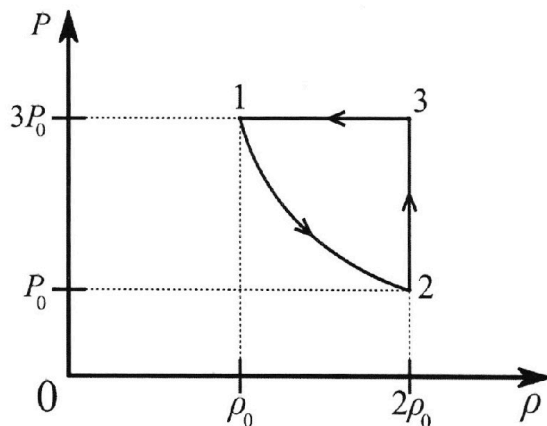
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, ρ) , здесь P – давление, ρ – 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.



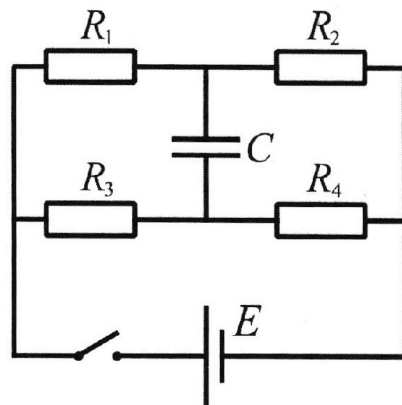
1. Постройте график процесса в координатах (P, V) .

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?

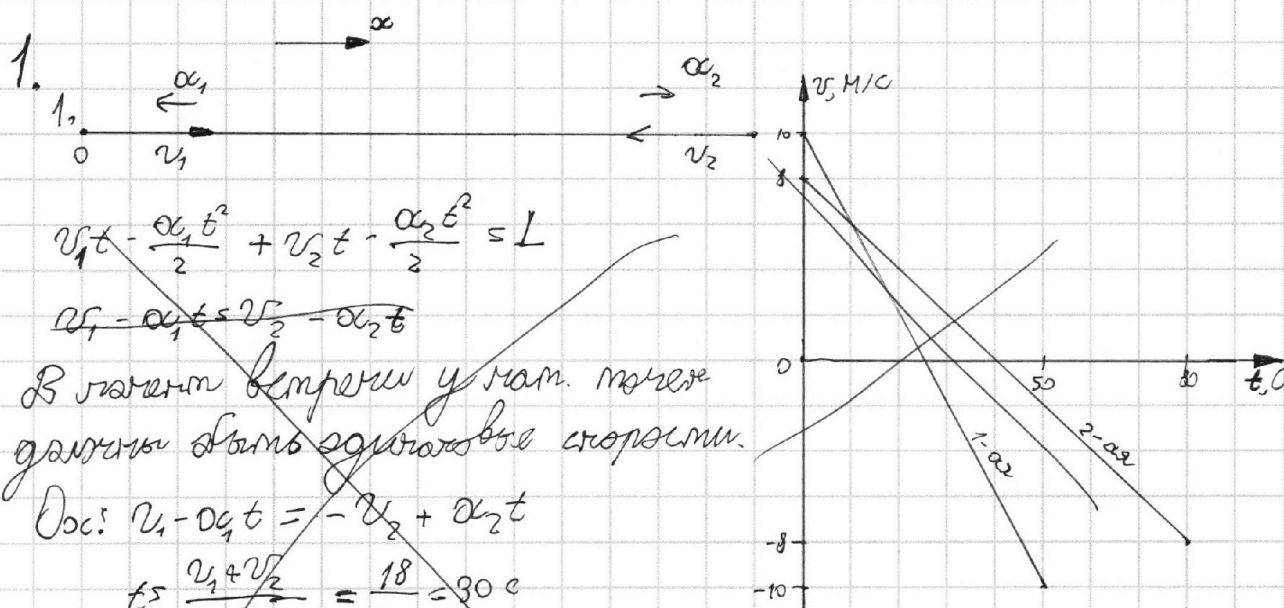


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



В момент встречи у нас. через данный был одинаковые скорости.

$$\text{Рос: } v_1 - a_1 t = -v_2 + a_2 t$$

$$t = \frac{v_1 + v_2}{a_1 + a_2} = \frac{18}{0.3} = 30 \text{ c}$$

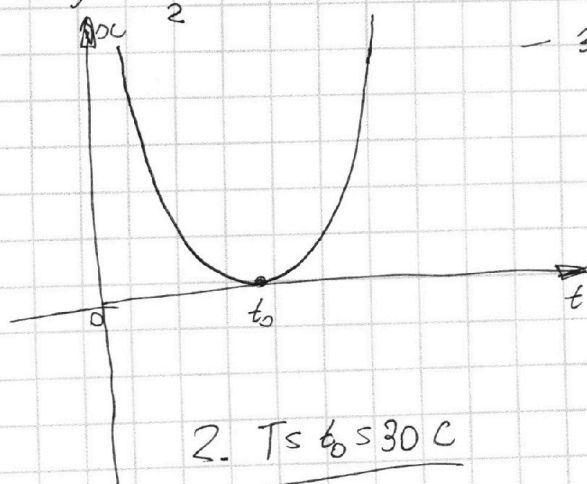
t - время, прошедшее с начала движения

$$L = (v_1 + v_2)t - \frac{a_1 + a_2}{2} t^2 = 18 \cdot 30 - 0.3 \cdot 30^2 = 450 -$$

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,

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

$$x(t_0) = 0:$$

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

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

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



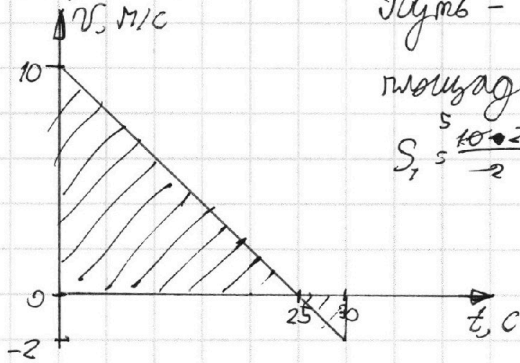
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

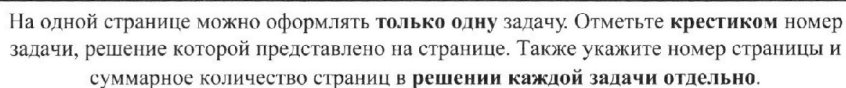
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3. ~~S₁~~ ~~S₂~~



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

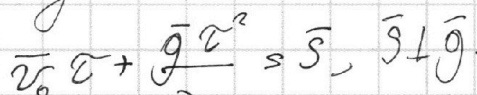
P.S.: При L расстояние между мячами будет постоянным, когда оно равно 0. (мячи встретились)



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:



$$t_{g2} = \frac{g \tau^2}{s} = \frac{g \tau^2}{25} = \frac{10 \cdot 16}{2 \cdot 60} = \frac{160}{120} = \frac{4}{3} \approx 1,33 \text{ — anders}$$

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

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

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

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



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 ☐

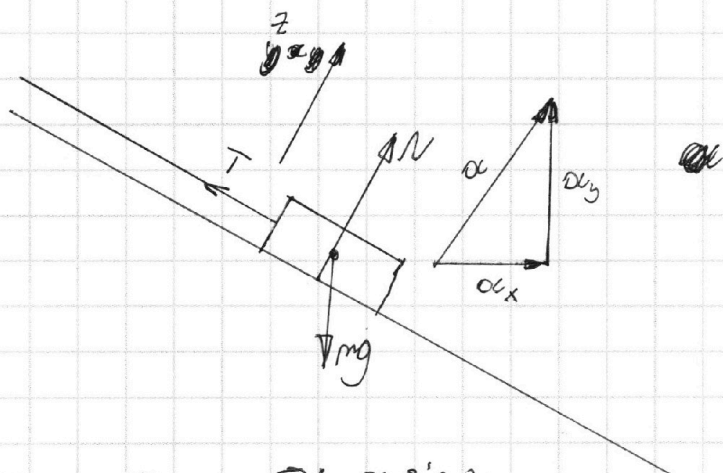
СТРАНИЦА
2 из 2

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 α_x на z : $\alpha_x \sin \alpha$

Проекции α_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: $N \approx 4,08 \text{ Н}$



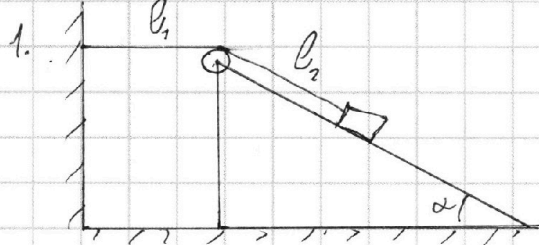
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

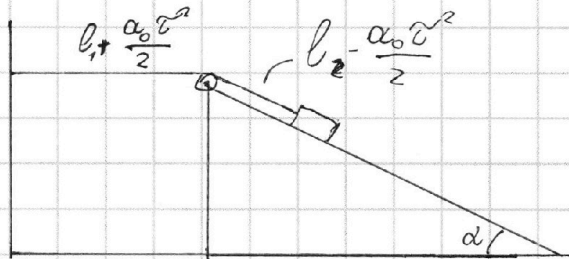
СТРАНИЦА
1 из 2

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.



через $\frac{v}{\omega}$



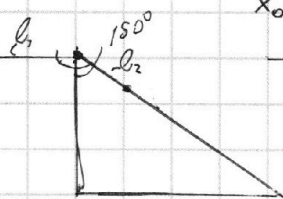
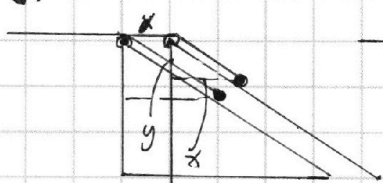
$l_1 + l_2 = \text{const}$ (модель нереализована)

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

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

$$\frac{54}{27} \approx \frac{2 \cdot 1.41}{27} \approx \frac{2.82}{27} \approx 0.104 \text{ с.} - \text{ответ.}$$

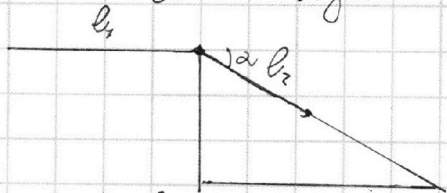
2.



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

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

кур. коэф.



увеличение
на $x \rightarrow 0$.

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

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

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

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

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

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

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

$\Rightarrow \frac{d^2}{dt^2}$

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

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



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

Рассмотрим процесс при постоянном давлении. Газовое вещество из состояния P, V, T переходит в состояние P', V', T' и температура увеличивается на $\Delta T = 1K$.

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

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

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

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

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

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

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



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!

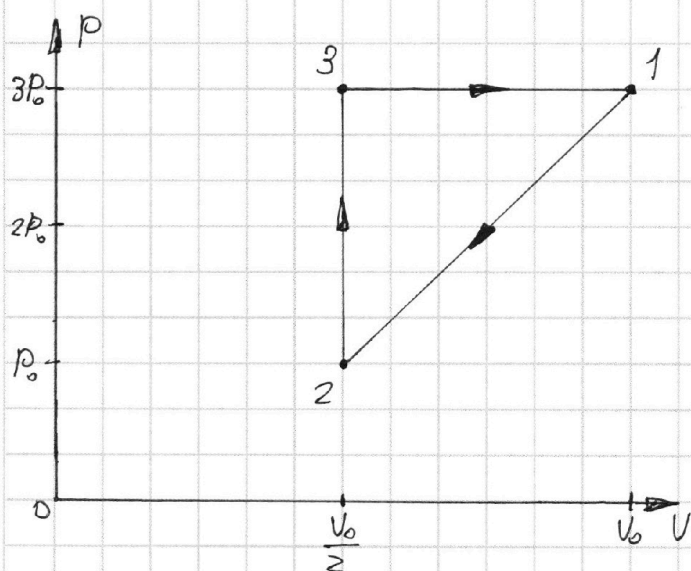
4. 1. $p = \frac{m}{V}$ - связь между плотностью и объемом, $m = \text{const}$. в данной задаче.
 $pV = \text{const}$

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)

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

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

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 $I_2 R_2 = I_4 R_4$

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

$$\begin{array}{r} 194 \\ 4 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ 8 \\ \hline 288 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 81 \cdot 3 = \\ 2 \\ \hline = 121,5 \text{ Вт} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 27 \cdot 22 = \\ 2 \\ \hline 594 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ 27 \\ \hline 54 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 189 \\ 54 \\ \hline 729 \end{array}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= I_1^2 R_1 & P_2 &= I_2^2 R_2 & P_3 &= I_3^2 R_3 & P_4 &= I_4^2 R_4 \\ P_1 &= 135^2 \cdot 2 \text{ Вт} & P_2 &= 6^2 \cdot 8 \text{ Вт} & P_3 &= 45^2 \cdot 6 \text{ Вт} & P_4 &= 12^2 \cdot 4 \text{ Вт} \\ P_1 &= 364,5 \text{ Вт} & P_2 &= 288 \text{ Вт} & P_3 &= 121,5 \text{ Вт} & P_4 &= 576 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Ответ:

Максимальная мощность на резисторе 4: $P_{\max} = 576 \text{ Вт}$

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

$$i = 75A$$

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

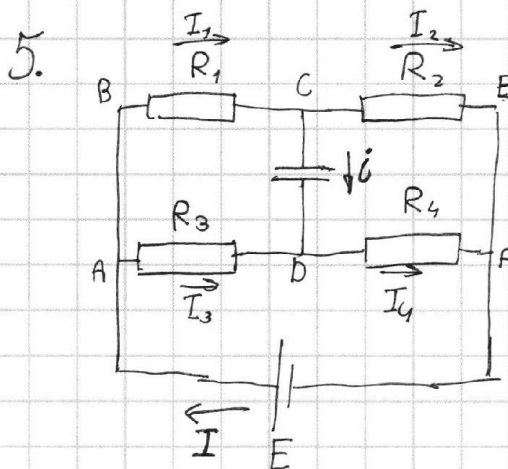
$$\text{Ответ: } \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 75A$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

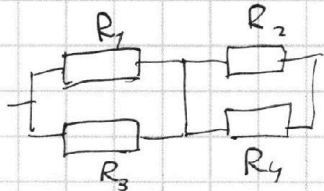
СТРАНИЦА
1 из 2

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 (вспомогательные) 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!

