



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-05

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 $V_1 = 12$ м/с и $V_2 = 8$ м/с. В процессе сближения ускорения материальных точек $a_1 = 1,5$ м/с² и $a_2 = 0,5$ м/с² постоянны и направлены противоположно соответствующим начальным скоростям.

1. При каком наименьшем начальном расстоянии L между точками не произойдет столкновение 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 моменту времени T , когда расстояние между точками будет наименьшим.

2. Футб олист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $\tau = 3$ с мяч падает на площадку на расстоянии $S = 60$ м от точки старта.

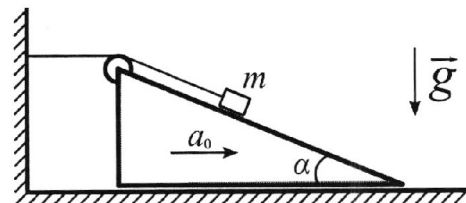
1. Найдите $tg\alpha$, здесь α – угол, который вектор начальной скорости мяча образует с горизонтом.

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 некоторое время мяч возвращается в точку старта со скоростью $0,6V_0$.

3. Найдите продолжительность T такого полета. 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 $a_0 = 2$ 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 $H = 18$ 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 T силы натяжения нити.



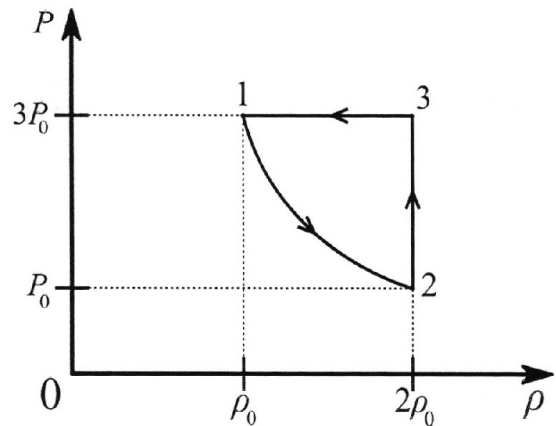
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

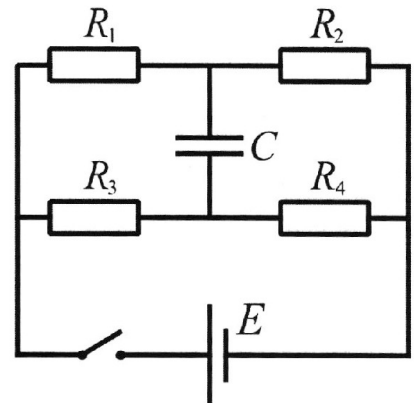


4. Циклический процесс, проводимый с одноатомным идеальным газом, представлен на графике в координатах (P, ρ) , здесь P – давление, ρ – плотность газа. Количество вещества – один моль. В процессе 1-2 давление газа изменяется по закону $P = a + \frac{b}{\rho}$, здесь a и b – постоянные. Максимальная внутренняя энергия газа в процессе $U_{MAX} = 4986$ 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 за цикл.
3. Какое количество $|\Delta Q|$ теплоты будет отведено от газа в начале 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 $E = 50$ В, сопротивления резисторов $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 24$ Ом, $R_3 = 18$ Ом, $R_4 = 12$ 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 наименьшая мощность сразу после замыкания ключа? Найдите эту мощность P_{MIN} .
3. С какой скоростью $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ будет расти заряд конденсатора сразу после замыкания ключа?

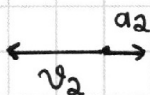
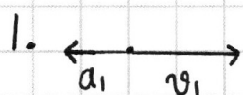


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



Перейдем в СО 2-ого тела, тогда 1-ый идет с ускорением

$a_1 + a_2$ и нач. скоростью $v_1 + v_2$. Запишем уравнение движения этого тела:

$$x = (v_1 + v_2)t - \frac{(a_1 + a_2)t^2}{2}. \text{ Так как } L \rightarrow \min, \text{ то это тело}$$

должно остановиться прямо перед столкновением, то есть

$$x_{\max} = L \quad (x=0 \text{ в нач. момент времени}):$$

$$L = (v_1 + v_2)T - \frac{(a_1 + a_2)T^2}{2}, \quad v_1 + v_2 = (a_1 + a_2)T$$

$$\text{Тогда } L = \frac{(v_1 + v_2)^2}{2(a_1 + a_2)} = \frac{20 \text{ м/с} \cdot 20 \text{ м/с}}{2(1,5 \text{ м/с}^2 + 0,5 \text{ м/с}^2)} = 100 \text{ м}$$

$$2. T = \frac{v_1 + v_2}{a_1 + a_2} = \frac{12 \text{ м/с} + 8 \text{ м/с}}{1,5 \text{ м/с}^2 + 0,5 \text{ м/с}^2} = 10 \text{ с}$$

3. Заметим, что тело останавливается через $\frac{v_1}{a_1} = t_1 = 8 \text{ с}$

после начала движения (в исходной СО, то есть нигде не переходя). Тогда S_1 складывается из путей L_1 и L_2 -

до остановки и после остановки (пути).

$$L_1 = v_1 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{v_1^2}{2a_1} = \frac{12 \text{ м/с} \cdot 12 \text{ м/с}}{2 \cdot 1,5 \text{ м/с}^2} = 48 \text{ м}$$

$$L_2 = \frac{a_1 (T - t_1)^2}{2} = \frac{1,5 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с}^2}{2} = 3 \text{ м}$$

$$\text{Тогда } S_1 = L_1 + L_2 = 51 \text{ м}$$

Ответ: $L = 100 \text{ м}$, $T = 10 \text{ с}$, $S_1 = 51 \text{ м}$



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!

Запишем закон изменения импульса:

$$\Delta p_x = -|F_x| \cdot \Delta t, \quad \Delta p_y = -|F_y| \cdot \Delta t - mg \Delta t$$

$$\Delta p_x = -k v_x \Delta t - k u \Delta t = -k \Delta x - k u \Delta t$$

$$\Delta p_y = -k v_y \Delta t - mg \Delta t = -k \Delta y - mg \Delta t$$

$$\Delta p_y = -0,6 m v_0 \sin \beta - m v_0 \sin \alpha = -k \cdot 0 - mg T \quad (\beta - \text{угол, под которым упал мяч на землю, когда скорость была } 0,6 v_0)$$

$$\text{Тогда } 0,6 v_0 \sin \beta + v_0 \sin \alpha = mg T \quad \text{~~mg T \sin \beta + v_0 \sin \alpha~~}$$

Аналогично для Δp_x :

$$\Delta p_x = -0,6 m v_0 \cos \beta - m v_0 \cos \alpha = -k \cdot 0 - k u T$$

$$0,6 v_0 \cos \beta + v_0 \cos \alpha = k u T$$

$$v_0 \cos \beta \cdot 0,6 = u \quad (u - \text{скорость ветра})$$

$$\text{Ответ: } v_0 = 25 \text{ м/с}, \quad \text{tg} \alpha = \frac{3}{4}.$$

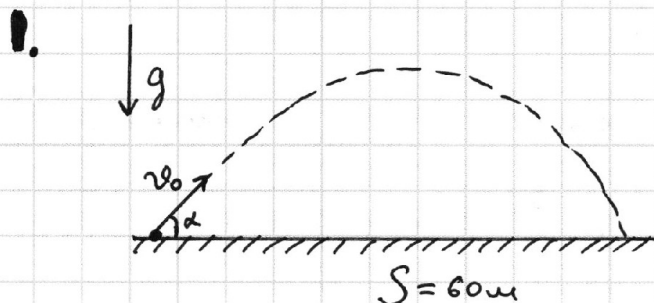


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Так как сопротивления воздуха нет, то $S = v_0 \cos \alpha \tau$.

$v_{y0} = v_0 \sin \alpha$ — нач. проекция v_0 на вертикаль

$$v_{y0} - 0 = g \frac{\tau}{2} \Rightarrow v_0 \sin \alpha = \frac{g\tau}{2}, \quad v_0 = \frac{g\tau}{2 \sin \alpha}$$

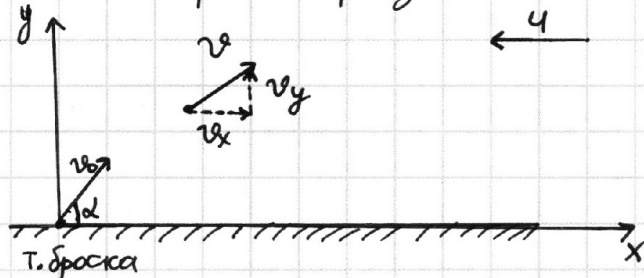
$$S = \frac{g\tau}{2 \sin \alpha} \cdot \cos \alpha \tau = \frac{g\tau^2}{2 \tan \alpha} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{g\tau^2}{2S} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ с}^2}{2 \cdot 60 \text{ м}} = \frac{3}{4}$$

$$2. \quad \tan \alpha = \frac{3}{4} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow \sin \alpha \cdot \frac{4}{3} = \cos \alpha, \quad \left(\frac{4}{3}\right)^2 \sin^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

$$\left(\frac{16}{9} + 1\right) \sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}, \quad \cos \alpha = \frac{4}{5} \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\text{Тогда } v_0 = \frac{g\tau}{2 \sin \alpha} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ с}}{2 \cdot 0,6} = 25 \text{ м/с}$$

3. Рассмотрим произвольный момент времени:



v — скорость в этот момент, v_x и v_y — проекции этой скорости на Ox и Oy . Пусть $v_{отнх}$ и $v_{отны}$ — проекции $v_{отн}$

на Ox и Oy . Тогда:

$$v_{отнх} = v_x + u, \quad v_{отны} = v_y$$

$|F_x| = k(v_x + u)$, $|F_y| = k v_y$ — проекции сил сопротивления (модули)



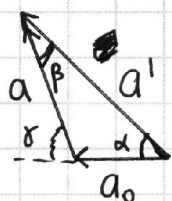
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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. В СО клина брусок едет по нему, затормозил это:



a' - отн. ускорение бруска

$$\frac{a_0}{\sin \beta} = \frac{a}{\sin \alpha} \Rightarrow \sin \beta = \frac{a_0}{a} \sin \alpha$$

Так как нить нерастяжима, то:

$$\frac{a_0 \Delta t^2}{2} = a \cos \beta \cdot \frac{\Delta t^2}{2} = a \sqrt{1 - \frac{a_0^2 \sin^2 \alpha}{a^2}} = \sqrt{a^2 - a_0^2 \sin^2 \alpha}$$

$$a_0^2 = a^2 - a_0^2 \sin^2 \alpha \Rightarrow a = a_0 \sqrt{1 + \sin^2 \alpha} = \frac{\sqrt{5}}{2} a_0 = \sqrt{5} \text{ м/с}^2$$

$H = \frac{a_y \tau^2}{2}$, где a_y - проекция a на вертикальную ось:

$$a_y = a \sin \gamma, \quad \gamma = \alpha + \beta \Rightarrow \sin \gamma = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{2\sqrt{5}}{5} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{5}}{5} = \frac{\sqrt{5}}{5} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

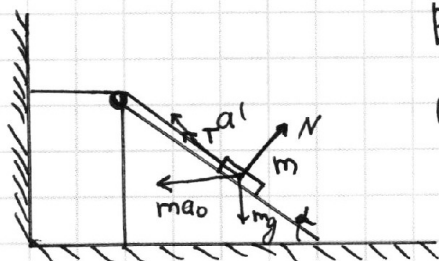
$$a_y = \frac{\sqrt{5}}{2} a_0 \cdot \frac{\sqrt{5}}{5} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = a_0 \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$$

$$\text{Тогда } \tau = \sqrt{\frac{2H}{a(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4})}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,18 \text{ м}}{(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}) \cdot \text{м/с}^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,18}{2 + \sqrt{3}}} =$$

$$= 0,6 \cdot \sqrt{\frac{2}{2 + \sqrt{3}}} \text{ с}$$

$$2. \quad a = \frac{\sqrt{5}}{2} a_0 = \sqrt{5} \text{ м/с}^2$$

3. В НЕСО клина:



$$ma' = T + ma_0 \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$T = m(a' - a_0 \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$a' = \frac{a_0}{\sin \beta} \cdot \sin \gamma = \frac{\sqrt{5}}{5} a_0 \cdot \frac{\sqrt{5}}{5} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) =$$

$$\text{Ответ: } \tau = 0,6 \sqrt{\frac{2}{2 + \sqrt{3}}} \text{ с}, a = \sqrt{5} \text{ м/с}^2, T = 2,8H = a_0 \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \Rightarrow T = m(a_0 + g \sin \alpha) = 2,8H$$



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 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. Заметим, что $p = \frac{pM}{RT}$ ($pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow p = \frac{m}{RT}$)

Так как газ идеальный, то $pV = \frac{1}{M}RT \Rightarrow RT = \frac{pV}{\nu}$

Тогда $p = \frac{pM}{pV} \cdot \frac{1}{\nu} = \frac{M}{V}$

В процессе 2-3 $p = 2p_0 = \text{const} \Rightarrow V = \text{const}$ - объем постоянный

В процессе 1-3 $p = 3p_0 = \text{const} \Rightarrow V = \alpha T$

В процессе 1-2 $p = a + \frac{b}{p}$, определим a и b , подставив

точки данные в условии ($p_1 = 3p_0$, $V_1 = V_0$, $p_1 = p_0$, $p_2 = p_0$, $p_2 = 2p_0$)

(Индекс 1, 2, 3 у величин соответствует номеру состояния)

$3p_0 = a + \frac{b}{p_0}$, $p_0 = a + \frac{b}{2p_0} \Rightarrow 2p_0 = \frac{b}{2p_0} \Rightarrow b = 4p_0^2$

$a = -p_0$, тогда:

$p = \frac{4p_0^2}{p} - p_0 \Rightarrow p = \frac{4p_0^2}{p+p_0} = \frac{M}{V} \Rightarrow 4p_0^2 V = M/p + M/p_0$

$p = \frac{4p_0^2}{M} V - p_0$. Так как $p_1 = 3p_0$ и $V_1 = V_0$, то:

$3p_0 = \frac{4p_0^2}{M} \cdot V_0 - p_0 \Rightarrow M = \frac{4}{3} p_0 V_0$

Тогда $V_2 = \frac{M}{4p_0^2} (p_2 + p_0) = 2p_0 \cdot \frac{p_0 V_0}{4p_0^2} = \frac{1}{2} V_0$

$V_3 = V_2 = \frac{1}{2} V_0$

Нарисуем цикл в координатах (p, V):

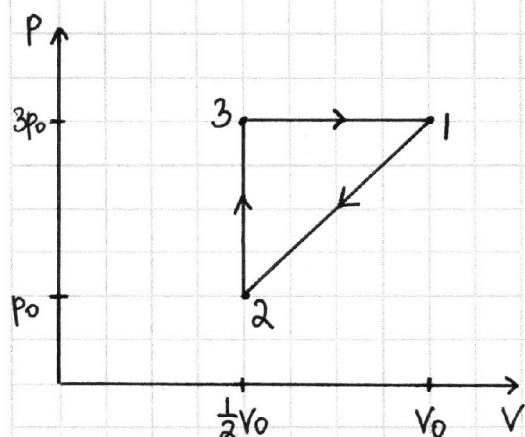


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



2. А - площадь под графиком, тогда:

$$A = \frac{1}{2} (3p_0 - p_0) \cdot (V_0 - \frac{1}{2} V_0) = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot \frac{1}{2} V_0 = \frac{1}{2} p_0 V_0$$

Теперь заметим, что $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \nu \cdot \frac{pM}{\rho} = \frac{3}{2} p_0 V_0 \cdot \frac{p}{p_0}$

Тогда $U \rightarrow \max$, если $\frac{p}{p_0} \rightarrow \max$. $\frac{p}{p_0} = \frac{3p_0}{p_0}$ - максимальное

отношение p/p_0 в цикле, так как в процессе 1-2 $\frac{p}{p_0}$

уменьшается ($p \downarrow$, $p \uparrow$), в процессе 2-3 увеличивается

до $\frac{3p_0}{2p_0} < \frac{3p_0}{p_0}$ ($p \uparrow$, $p = \text{const}$) и в процессе 3-1 достигает

максимального значения $\frac{3p_0}{p_0}$ ($p = \text{const}$, $p \downarrow$)

$$\text{Тогда } U_{\max} = \frac{3}{2} p_0 V_0 \cdot \frac{3p_0}{p_0} = \frac{9}{2} p_0 V_0 \Rightarrow p_0 V_0 = \frac{2}{9} U_{\max}$$

$$A = \frac{1}{9} U_{\max} = 554 \text{ Дж}$$

3. Так как $\Delta T = 1 \text{ К}$ - маленькая, то $\Delta p \cdot \Delta V \approx 0$ (Δp - изменение давления от состояния 1, а ΔV - изменение объема)



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
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!

$$\sqrt{R(T_1 - \Delta T)} = (p - \Delta p)(V_1 - \Delta V) \approx pV_1 - \Delta pV_1 + p\Delta V$$

$$\text{Тогда } \sqrt{R\Delta T} = p\Delta V + V_1\Delta p, \quad p_1 = 3p_0, \quad V_1 = V_0$$

$$\text{Так как } p = \frac{\gamma p_0 p_0}{\mu \gamma} V - p_0 = \frac{\gamma p_0 V}{V_0} - p_0, \text{ то } \Delta p = \frac{\gamma p_0 \Delta V}{V_0}$$

$$\text{Тогда: } \sqrt{R\Delta T} = p_1 \Delta V + V_1 \cdot \frac{\gamma p_0 \Delta V}{V_0} = 3p_0 \Delta V + V_0 \cdot \frac{\gamma p_0 \Delta V}{V_0} = 7p_0 \Delta V$$

$$p_0 \Delta V = \frac{1}{7} \sqrt{R\Delta T} \Rightarrow A' = p_1 \Delta V = 3p_0 \Delta V = \frac{3}{7} \sqrt{R\Delta T}$$

$$\Delta Q = \frac{3}{2} \sqrt{R\Delta T} + \frac{3}{7} \sqrt{R\Delta T} = \frac{27}{14} \sqrt{R\Delta T} \approx 16 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } A = 554 \text{ Дж}, \quad \Delta Q = 16 \text{ Дж}$$



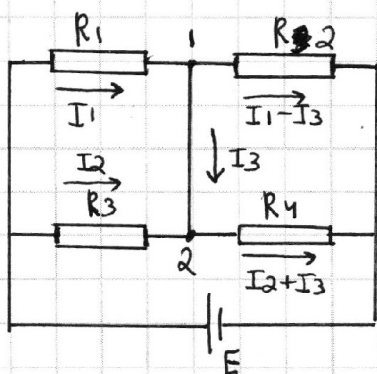
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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. Так как конденсатор не заряжен изначально, то сразу после замыкания ключа напряжение на нем будет 0 (между обкладками), то есть можно заменить на провод. Тогда:



Введем токи I_1, I_2, I_3 (см. рис.)

Тогда:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 0 = -I_1 R_1 + I_2 R_3 \quad (R_3 = 3R_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_1 = 3I_2$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 0 = (I_1 - I_3) R_2 - (I_2 + I_3) R_4 \quad (R_2 = 2R_4)$$

$$\Rightarrow 2I_1 - 2I_3 = I_2 + I_3 = 6I_2 - 2I_3 \Rightarrow I_2 = \frac{3}{5}I_3 = 0,6I_3$$

$$I_1 = 1,8I_3. \quad E = I_1 R_1 + (I_1 - I_3) R_2 = 1,8I_3 R_1 + 0,8I_3 \cdot 3R_1 =$$

$$= 5I_3 R_1 \Rightarrow I_3 = \frac{E}{5R_1} = \frac{50 \text{ В}}{5 \cdot 6 \Omega} = \frac{10}{6} \text{ А}, \text{ тогда } I_2 = 1 \text{ А}, I_1 = 3 \text{ А}$$

Значит, искомый ток I равен: $I = I_1 + I_2 = 4 \text{ А}$

$$2. \quad P_1 = I_1^2 R_1 = 9 \text{ А}^2 \cdot 6 \Omega = 54 \text{ Вт}, \quad P_3 = I_2^2 R_3 = 1 \text{ А}^2 \cdot 18 \Omega =$$

$$= 18 \text{ Вт}, \quad P_2 = (I_1 - I_3)^2 R_2 = \frac{128}{3} \text{ Вт} < 18 \text{ Вт}, \quad P_4 = (I_2 + I_3)^2 R_4 =$$

$$= \frac{256}{3} \text{ Вт}. \text{ Тогда минимальная мощность на резисторе}$$

$$3. \quad P_{\min} = P_3 = 18 \text{ Вт}$$

$$3. \quad \frac{\Delta Q}{\Delta t} = I_3 = \frac{10}{6} \text{ А}$$

$$\text{Ответ: } I = 4 \text{ А}, P_{\min} = 18 \text{ Вт}, I_3 = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{10}{6} \text{ А}$$



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!

$$p = \frac{PM}{RT} = \frac{PM}{RV} \cdot 1 = \frac{MV}{V}, \quad p = a + \frac{bV}{MV} \Rightarrow p = \alpha + \beta V$$

$$p = \frac{PM}{RT} \Rightarrow RT = \frac{PM}{p}, \quad \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot \frac{PM}{p} \quad (p/p \rightarrow \max)$$

$$p = \alpha + \frac{\beta}{p}, \quad a + \frac{b}{p} = \frac{pa+b}{p}, \quad \left(\frac{pa+b}{p^2}\right)' = 0$$

$$a \cdot p^2 - (pa+b) \cdot 2p = 0, \quad pa - 2pa - 2b = 0$$

$$3pa = a + \frac{b}{p_0}$$

$$pa = 2b, \quad p = \frac{2b}{a}$$

$$p_0 = a + \frac{b}{2p_0}, \quad 2p_0 = \frac{b}{2p_0}, \quad b = 4p_0^2, \quad a = -p_0$$

$$p = \frac{4p_0^2}{p} - p_0$$

$$p = \frac{2 \cdot 4p_0^2}{-p_0} (-1) = 8p_0$$

$$\frac{8p_0 \cdot (-p_0) + 4p_0^2}{(8p_0)^2} = \frac{-4p_0^2}{64p_0^2}$$

$$U_{\max} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot \frac{PM}{p} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot \frac{3p_0}{p_0} = \frac{9}{2} \frac{p_0 V_M}{p_0}$$

$$p = -p_0 + \frac{4p_0^2 V}{MV}, \quad 3p_0 = -p_0 + \frac{4p_0^2 \cdot V_0}{MV}$$

$$MV = p_0 V_0$$

$$V = \frac{4p_0 V_0}{MV}, \quad V_0 = \frac{MV}{p_0}$$

$$p = \frac{p_0 V_0}{V}, \quad 2p_0 = \frac{p_0 V_0}{V_2}, \quad V_2 = \frac{1}{2} V_0 = V_3$$

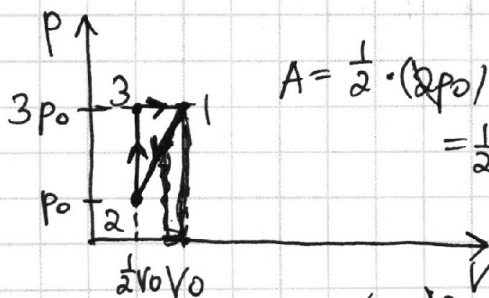
$$U_{\max} = \frac{3}{2} MV \cdot \frac{p}{p} = p_0$$

$$= \frac{3p_0}{p_0} \cdot \frac{3}{2} \cdot p_0 V_0 = \frac{9}{2} p_0 V_0$$

$$\frac{3 \cdot 1108}{1 \cdot 8,31}$$

$$p = -p_0 + \frac{4p_0 V}{V_0}$$

$$p_0 V_0 = \frac{2}{9} U_{\max} = 1108 \text{ Дж}$$



$$A = \frac{1}{2} \cdot (2p_0) \cdot \frac{1}{2} V_0 = \frac{1}{2} p_0 V_0 = 554 \text{ Дж}$$

$$3p_0 V_0 = RT_0$$

$$T_0 = \frac{3p_0 V_0}{pR} = 400 \text{ К}$$



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.

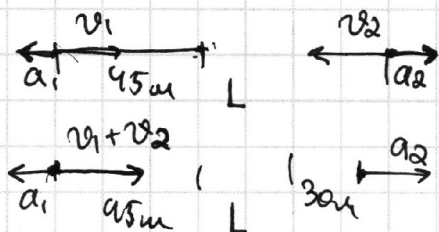
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

$$1-2. \Delta Q = \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T} + A',$$

$$\left(\frac{\gamma p_0 V}{V_0} - p_0 \right) V = \sqrt{R} (T_0 - \Delta T)$$



$$(v_1 + v_2)t - \frac{a_1 t^2}{2} = x_1, \quad x_2 = L + \frac{a_2 t^2}{2}$$

$$x_1 = x_2, \quad (v_1 + v_2)t - \frac{a_1 t^2}{2} = L + \frac{a_2 t^2}{2}$$

$$L = 20 \cdot 10 - \frac{2 \cdot 100}{2} = 100 \text{ m}$$

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

$$v_1 t - \frac{a_1 t^2}{2} = 12 \cdot 10 - \frac{1.5 \cdot 100}{2} = 120 - 75 = 45 \text{ m}$$

$$v_2 t - \frac{a_2 t^2}{2} = 80 - \frac{0.5 \cdot 100}{2} = 80 - 25 = 55 \text{ m}$$

$$T = 10 \text{ s}$$

$$v_2 t_1 = 80, \quad L_1 = v_2 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = 12 \cdot 8 - \frac{1.5 \cdot 64}{2} = \frac{96}{2} = 48$$

$$\frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{1.5 \cdot 64}{2} = 48, \quad = 12 \cdot 8 - 3 \cdot 16 = 48 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{a_1 (T - t_1)^2}{2} = \frac{1.5 \cdot 2^2}{2} = 3 \text{ m}, \quad L = 51 \text{ m}$$

$$v_0 (0.6 \sin \beta + \sin \alpha) = gT$$

$$u = 0.6 v_0 \cos \beta \Rightarrow$$

$$k(vx + u)$$



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.

$$v_1 = a_1 t_1, t_1 = \frac{v_1}{a_1} = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ c}$$

$$v_2 = a_2 t_2, t_2 = \frac{v_2}{a_2} = \frac{8}{0,5} = 16 \text{ c}$$

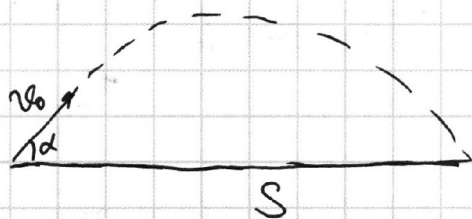
$$x_1 = v_1 t = \frac{a_1 t^2}{2}$$

$$x_2 = L + v_2 t + \frac{a_2 t^2}{2} = v_1 t - \frac{a_1 t^2}{2}$$

$$L = (v_1 + v_2) t - \frac{a_1 + a_2}{2} t^2, \quad \frac{a_1 + a_2}{2} t^2 - (v_1 + v_2) t + L = 0$$

$$t^2 - 20t + L = 0$$

2.



$$S = v_0 \cos \alpha \tau$$

$$\tau = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}, \quad v_0 = \frac{g \tau}{2 \sin \alpha}$$

$$S = \frac{g \tau}{2 \sin \alpha} \cdot \cos \alpha \tau = \frac{g \tau^2}{2 \tan \alpha} = S$$

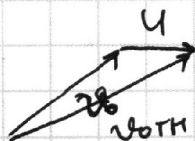
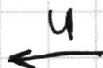
$$\tan \alpha = \frac{g \tau^2}{2 S} = \frac{10 \cdot 9}{2 \cdot 60} = \frac{3}{4}$$

$$v_0 = \frac{g \tau}{2 \sin \alpha}, \quad \tan \alpha = \frac{3}{4} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}, \quad \sin \alpha = \frac{3}{5} \cos \alpha,$$

$$v_0 = \frac{g \tau}{2 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{5 g \tau}{6} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 3}{2 \cdot 6} = 25 \text{ м/с}$$

$$\sin^2 \alpha \cdot \frac{16}{9} = \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

$$\frac{25}{9} \sin^2 \alpha = 1, \quad \sin \alpha = \frac{3}{5}$$



$$\cos \alpha = 0,8$$

$$0,8 v_0$$



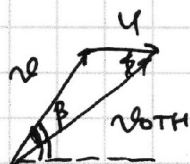
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$F_{\text{внеш}} = \frac{dp}{dt}, F_x = \frac{dp_x}{dt}, F_y = \frac{dp_y}{dt}$$



$$v_{0Tx} = v \cos \beta + u, v_{0Ty} = v \sin \beta$$

$$F_y = k v \sin \beta, F_x = k(v \cos \beta + u)$$

$$p_{0x} = v_0 \cos \alpha \cdot m$$

$$\frac{25}{3} \cdot \frac{27}{14}$$

$$\begin{array}{r} 675 \\ 42 \overline{) 675} \\ \underline{42} \\ 255 \\ \underline{252} \\ 3 \end{array}$$

$$(k v_y + mg) dt = dp_y, k v_y dt + mg dt = k dy + mg dt = dp_y$$

$$k v_x dt + k u dt = dp_x, dp_x = k dx + k u dt$$

$$p_{0y} = v_0 \sin \alpha \cdot m, p_{0x} = v_0 \cos \alpha \cdot m$$

$$0 + m v_0 \cos \alpha = k \Delta x + k u \Delta t$$

$$0 + m v_0 \sin \alpha = k \Delta y + mg \Delta t$$

$$mg \Delta t - k \Delta y = dp_y$$

$$\Delta p_y = m \cdot 0,6 v_0 \sin \beta = mg \Delta t - k \Delta y$$

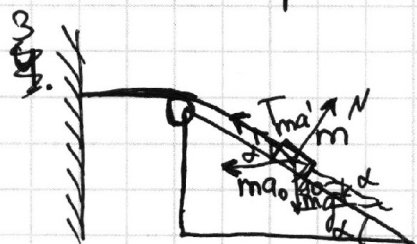
$$m \cdot 0,6 v_0 \cos \beta =$$

$$m v_0 (0,6 \sin \beta + \sin \alpha) = mg T$$

$$\frac{27}{14} \cdot 8,31 = \frac{27}{14} \cdot \frac{831}{100}$$

$$m a' = T + m a_0 \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$\frac{3}{2} + \frac{3}{7} = \frac{3 \cdot 7 + 3 \cdot 2}{14} = \frac{21 + 6}{14} = \frac{27}{14}$$



$$4. \quad p = \frac{PM}{RT}, p = \text{const} \Rightarrow p = \alpha T \Rightarrow V = \text{const}$$

$$p = \text{const} \Rightarrow \Delta T \propto \Delta p, T = \frac{p}{\alpha} \Rightarrow V = \beta T$$

$$p = \left(a + \frac{b}{p}\right) \frac{M}{RT} = \frac{aM}{RT} + \frac{bM}{pRT}$$

$$pV = \sqrt{RT}, \left(a + \frac{b}{p}\right) V = \sqrt{RT}, RT = \frac{pV}{\sqrt{RT}}$$

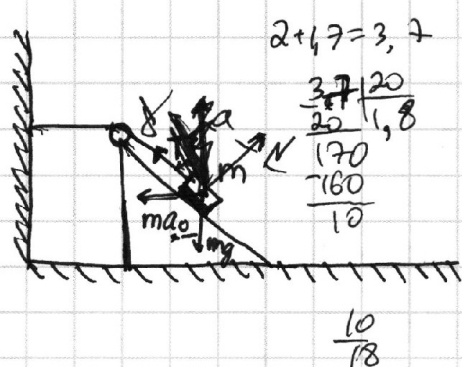


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

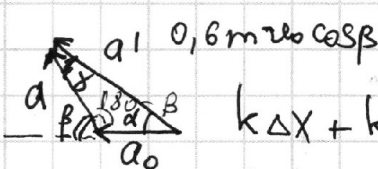
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!



$$\Delta x = \frac{a_0 \Delta t^2}{2}$$

$$m v_0 \cos \alpha$$



$$\frac{a_0}{\sin \alpha} = \frac{a}{\sin \alpha}$$

$$a \cos \alpha = a_0, a \sin \alpha = a_0 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_0 \sin \alpha}{a}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{a_0^2 \sin^2 \alpha}{a^2}} = \frac{\sqrt{a^2 - a_0^2 \sin^2 \alpha}}{a}$$

$$\sqrt{a^2 - a_0^2 \sin^2 \alpha} = a_0$$

$$a^2 = a_0^2 (1 + \sin^2 \alpha) = \frac{5}{4} a_0^2$$

$$a = \frac{\sqrt{5}}{2} a_0$$

$$H = a_y \cdot \frac{t^2}{2}, a_y = a \sin \beta$$

$$180 - \beta = 180 - \alpha - \gamma, \beta = \alpha + \gamma$$

$$\sin(\alpha + \gamma) = \sin \alpha \cos \gamma +$$

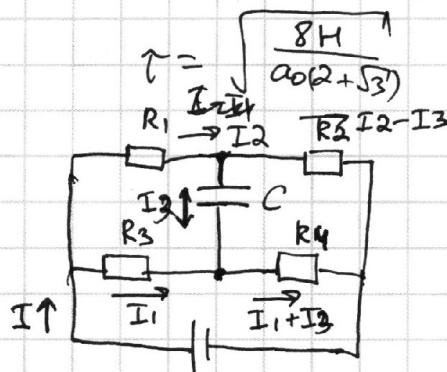
$$+ \cos \alpha \sin \gamma, \sin \gamma = \frac{a_0 \sin \alpha}{a} = \frac{a_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{5}}}{\frac{\sqrt{5}}{2} a_0} = \frac{\sqrt{5}}{5}$$

$$\cos \gamma = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$

$$\sqrt{1 - \frac{5}{25}} = \sqrt{\frac{4}{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$

$$\sin(\alpha + \gamma) = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\sqrt{5}}{5} + \frac{\sqrt{5}}{5} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{5}}{5} \left(\frac{2 + \sqrt{3}}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} a_0 =$$

$$\frac{a_0 (2 + \sqrt{3})}{4} \cdot \frac{t^2}{2} = H$$



$$I = I_1 + I_2$$

$$I_3 = 0, I_2 (R_1 + R_2) = E$$

$$I_1 (R_3 + R_4) = E$$

$$I_4 = \frac{E}{R_3 + R_4} + \frac{E}{R_1 + R_2} = E \cdot \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{30} \right)$$

$$\frac{E}{15} = \frac{50}{15} A$$

$$\frac{30 \Omega \cdot 30 \Omega}{60 \Omega} = 15 \Omega$$

$$P_{min} = \left(\frac{1}{2} I \right)^2 \cdot R_1 = \frac{1}{4} I^2 \cdot 6 = \frac{3}{2} I^2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{100}{3} = \frac{100}{6} W$$



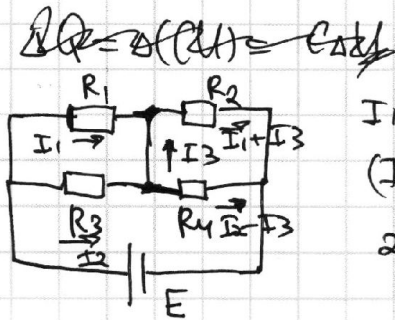
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

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!



$$I_1 R_1 = I_2 R_3 \Rightarrow I_1 = 3I_2$$

$$(I_2 - I_3) \cdot 24 = 24 \cdot (I_1 + I_3)$$

$$2I_1 + 2I_3 + I_3 = I_2 - 3I_3 + 6I_2$$

$$I_2 = -\frac{3}{5}I_3 \Rightarrow I_1 = -1,8I_3$$

$$E = I_2 R_3 +$$

$$+ (I_2 - I_3) R_4 = 3I_2 R_1 + (I_2 - I_3) \cdot 2R_1 = 5I_2 R_1 - 2I_3 R_1 = -5I_3 R_1$$

$$I_3 = -\frac{E}{5R_1} = -\frac{10}{6} \text{ A}, \quad I_2 = -\frac{10}{6} \text{ A} \cdot -\frac{3}{5} = 1 \text{ A}, \quad I_1 = 3 \text{ A}$$

$$\frac{20}{6} \cdot 2 = \frac{16}{6} \cdot 4 \quad \frac{16}{6} \cdot 12 = \frac{8}{6} \cdot 24 \quad I = 4 \text{ A}$$

$$3 \cdot 6 + 9 \cdot \frac{8}{6} = 50 \text{ B}, \quad P_1 = 9 \cdot 6 = 54 \text{ BТ}$$

$$\frac{256}{3} \cdot \frac{3}{85} = \frac{256}{85}$$

$$P_3 = 1 \cdot 18 = 18 \text{ BТ} = P_{\text{min}}$$

$$P_2 = \left(\frac{8}{6}\right)^2 \cdot 24 = \frac{64 \cdot 24}{9} = \frac{128}{3}$$

$$P_4 = \left(\frac{16}{6}\right)^2 \cdot 12 = \frac{16^2 \cdot 12}{36} = \frac{256}{3} \approx 85 \text{ BТ}$$

$$I_3 = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\sqrt{R \Delta T} = \frac{4p_0 \Delta V}{V_0} \cdot V_0 + 3p_0 \Delta V =$$

$$p_0 \Delta V = \frac{\sqrt{R \Delta T}}{7} = 7p_0 \Delta V$$

$$T_1 = 400 \text{ K}, \quad \Delta Q = \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T} + A'$$

$$\sqrt{R T_1} = 3p_0 V_0, \quad \sqrt{R(T_1 - \Delta T)} = (p - \Delta p)(V - \Delta V) \approx pV - \Delta pV - p\Delta V$$

$$\sqrt{R \Delta T} = \Delta pV + p\Delta V, \quad \sqrt{R \Delta T} = \Delta p \cdot V_0 + 3p_0 \cdot \Delta V$$

$$A = \frac{p + (p - \Delta p)}{2} (\Delta V) = \left(p - \frac{1}{2} \Delta p\right) \Delta V = p\Delta V = 3p_0 \Delta V = \frac{3}{7} \sqrt{R \Delta T}$$

$$p = \frac{4p_0 p_0}{p} - p_0, \quad p = \frac{4p_0 p_0}{p_0 V_0} - p_0, \quad p = p_0 \left(\frac{4V}{V_0} - 1\right)$$

$$\Delta p = \frac{4p_0 \Delta V}{V_0}$$