



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.

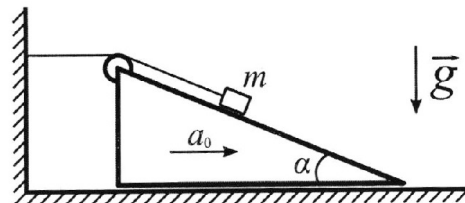
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $\tau = 4$ с мяч падает на площадку на расстоянии $S = 60$ м от точки старта.

1. Найдите $\operatorname{tg} \alpha$, 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 $\vec{F}_{\text{сопр}} = -k \cdot \vec{V}_{\text{отн}}$, 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/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 сводного 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.



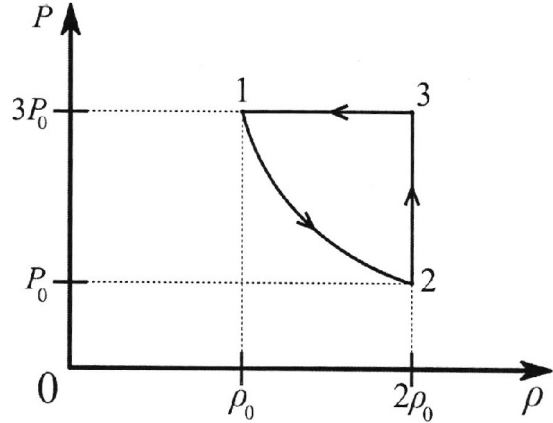
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.



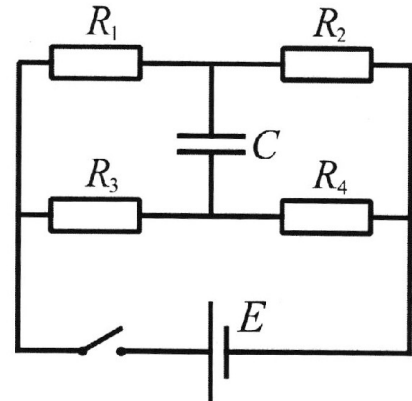
1. Постройте график процесса в координатах (P, V) .

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 10

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!

Задача 1

Пересмотрим в системе отсчета материальной точки $N^{\circ}1$ (в этой СО она покоится), а мат. точка номер $N^{\circ}2$ движется со скоростью $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$ и ускорением $\vec{a}_{отн} = \vec{a}_2 - \vec{a}_1$



- 1) Наименьшее расстояние, чтобы не произошло соударение должно в этой СО равняться расстоянию, которое пройдет мат. точка $N^{\circ}2$ до остановки. Остановка произойдет в момент времени $T = \frac{V_1 + V_2}{a_1 + a_2}$ (т.к. в этот момент у точки $N^{\circ}2$ в этой СО) будет нулевая скорость

Для нахождения расстояния L воспользуемся безвременной формулой $S = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a}$ $\Rightarrow L = \frac{(V_1 + V_2)^2}{2(a_1 + a_2)} = \frac{(18 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 0,6 \text{ м/с}^2} = 270 \text{ м}$

- 2) А время T , как указано выше в решении равно $\frac{V_1 + V_2}{a_1 + a_2} = 30 \text{ с}$

- 3) Найдем для начала время движения мат. 1 до остановки в исходной системе отсчета. Это время равно $\frac{V_1}{a_1} = 25 \text{ с}$.

т.е. путь до остановки равен $\frac{V_1^2}{2a_1}$, но еще он будет двигаться в течение времени $T - \frac{V_1}{a_1} = 5 \text{ с}$ с ускорением a_1 , с 0-ой начальной скоростью. и пройдет еще расстояние $\frac{a_1}{2} \cdot \left(T - \frac{V_1}{a_1}\right)^2$

Подставим для $S_1 = \frac{V_1^2}{2a_1} + \frac{a_1}{2} \left(\frac{V_1 + V_2}{a_1 + a_2} - \frac{V_1}{a_1}\right)^2 = 130 \text{ м}$

$$L = \frac{(V_1 + V_2)^2}{2(a_1 + a_2)} = 270 \text{ м};$$

Ответ:

$$T = \frac{V_1 + V_2}{a_1 + a_2} = 30 \text{ с};$$

$$S = \frac{V_1^2}{2a_1} + \frac{a_1}{2} \left(\frac{V_1 + V_2}{a_1 + a_2} - \frac{V_1}{a_1}\right)^2 = 130 \text{ м}$$



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
7 ИЗ 10

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!

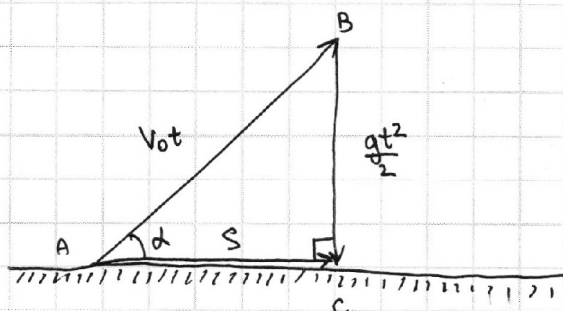
Задача 2

$t = 4c$

$$\vec{S}(t) = \vec{V}(t)t + \vec{g}\frac{t^2}{2}, \quad |\vec{V}(t)| = \text{const} = V_0 \Rightarrow \vec{S}(t) = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}, \text{ где}$$

$\vec{S}$ - вектор перемещения.

Нарисуем векторный треугольник перемещений:



$\triangle ABC$ - прямоугольный

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{g t^2}{2S} = \frac{BC}{AC} = \frac{10 \cdot 16}{120} = \frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow \boxed{\tan \alpha = \frac{4}{3}}$$

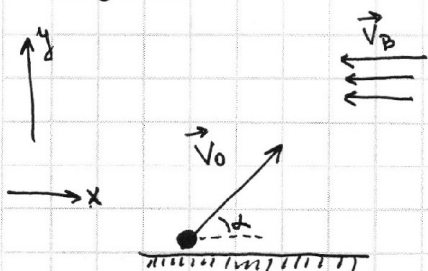
Теперь нетрудно заметить, что если $\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}]$, то $\sin \alpha = \frac{4}{5}$
 $\cos \alpha = \frac{3}{5}$

$$2) \cos \alpha = \frac{S}{V_0 t} = \frac{3}{5} \Rightarrow V_0 = \frac{5S}{3t} = \frac{5 \cdot 60}{3 \cdot 4} \text{ м/с} = 25 \text{ м/с}$$

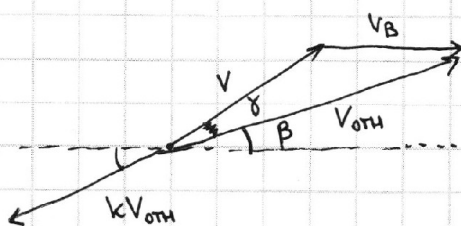
$$2) \boxed{V_0 = 25 \text{ м/с}}$$

Пункт 3

$\Gamma = 3.2c$



В системе отсчета Венеры $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_0 - \vec{V}_B$:



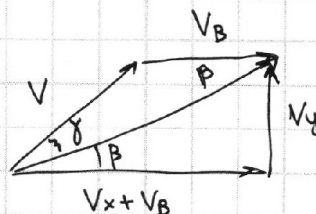
Второй Закон Ньютона: (0x)

$$m \frac{dV_x}{dt} = -k V_{отн} \cos \beta$$

Второй Закон Ньютона: (0y)

$$m \frac{dV_y}{dt} = -mg - k V_{отн} \sin \beta$$

Теперь заметим, что $V_{отн} \sin \beta = V_y$, а $V_{отн} \cos \beta = V_x + V_B$





1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
8 ИЗ 10

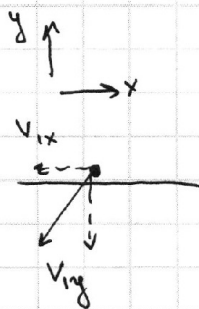
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Поработаем с Oy :

$$m \frac{dv_y}{dt} = -mg - kV_y \quad | \cdot dt \Rightarrow m dv_y = -mg dt - kV_y dt$$

Но $V_y \cdot dt = dy$ $\sum dy = 0$, т.к. мы вернемся в ту же точку.

$$\Rightarrow m \sum dy = -mg \sum_0^T dt - k \sum dy \Rightarrow m(V_{iy} - V_{oy}) = -mgT$$



$$V_{iy} = V_o \sin \alpha - gT = \frac{4}{5}V_o - gT = -12 \text{ м/с}, \text{ что согласуем с тем, что скорость направлена вниз}$$

Вернемся к второму закону Ньютона

$$m \Delta V_x = -k(V_x + V_B) \Delta t$$

$$m \Delta V_y = -(kV_y + mg) \Delta t$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V_x}{\Delta V_y} = \frac{V_x + V_B}{V_y + \frac{mg}{k}}$$

Теперь заметим, что $V_B = \text{const}$, $\frac{mg}{k} = \text{const}$

$$\Rightarrow \Delta(V_x + V_B) = \Delta V_x, \text{ а } \Delta(V_y + \frac{mg}{k}) = \Delta V_y \Rightarrow \frac{\Delta(V_x + V_B)}{\Delta(V_y + \frac{mg}{k})} = \frac{V_x + V_B}{V_y + \frac{mg}{k}}$$

Получим через лему $\frac{\Delta A}{\Delta B} = \frac{A}{B} \Rightarrow \boxed{\frac{A}{B} = \text{const}}$; $\frac{A + \Delta A}{B + \Delta B} = \frac{A + \frac{\Delta A}{B} \Delta B}{B + \Delta B} =$

$$= \frac{A(1 + \frac{\Delta B}{B})}{B(1 + \frac{\Delta B}{B})} = \text{const} \Rightarrow \frac{V_x + V_B}{V_y + \frac{mg}{k}} = \text{const}, \text{ в начальный момент}$$

$$V_x = V_o \cos \alpha; V_y = V_o \sin \alpha \Rightarrow \frac{V_o \cos \alpha + V_B}{V_o \sin \alpha + \frac{mg}{k}} = \frac{V_{ix} + V_B}{V_{iy} + \frac{mg}{k}}$$

$$\Rightarrow V_o \cos \alpha (V_{iy} + \frac{mg}{k}) + V_B (V_{iy} + \frac{mg}{k}) = V_{ix} (V_o \sin \alpha + \frac{mg}{k}) + V_B (V_o \sin \alpha + \frac{mg}{k})$$

$$\Rightarrow V_B (V_o \sin \alpha - V_{iy}) = V_o \cos \alpha (V_{iy} + \frac{mg}{k}) - V_{ix} (V_o \sin \alpha + \frac{mg}{k})$$

Второй закон Ньютона по оси X применим

$$m(V_{ix} - V_o \cos \alpha) = -kV_B T + (-k \sum dx), \text{ также } \sum dx = 0, \text{ т.к.}$$

$$\text{мы все вернулись в ту же точку} \Rightarrow V_B = \frac{m(V_o \cos \alpha - V_{ix})}{kT}$$



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 ☐

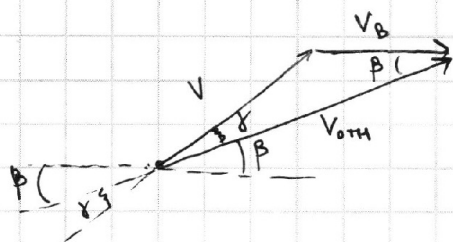
СТРАНИЦА
9 из 10

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!

Задача 2 (продолжение)

$$\frac{m(V_0 \cos \alpha - V_{1x})}{kT} (V_0 \sin \alpha - V_{1y}) = V_0 \cos \alpha \left(V_{1y} + \frac{mg}{k} \right) - V_{1x} \left(V_0 \sin \alpha + \frac{mg}{k} \right)$$

Это не решает без знания k и m , точнее без m .
Попробуем рассмотреть элементарную работу



$$m \dot{V}_x = -k(V_x + V_B)$$

$$\Rightarrow m \ddot{V}_x = -k \dot{V}_x$$

$$m \dot{V}_y = -k V_y - mg$$

$$\Rightarrow m \ddot{V}_y = -k \dot{V}_y$$

$$\frac{\ddot{V}_x}{\ddot{V}_y} = \frac{\dot{V}_x}{\dot{V}_y}$$

$$\Delta A_{\text{fric}} = -V \Delta t \cos \gamma \cdot k(V \cos \gamma + V_B \cos \beta) \quad \text{— малая работа силы сопротивления}$$

Th. синусов: $\Rightarrow V_B = V \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \Rightarrow \text{~~затрачено~~}$

$$\frac{V_B}{\sin \gamma} = \frac{V}{\sin \beta}$$

$$\boxed{V_{1y} = -12 \text{ м/с}}; \quad V_1 = \sqrt{V_{1y}^2 + V_{1x}^2}$$

Если не всё так в задаче была дана высота, то V_x — выражается из большого уравнения сверху.

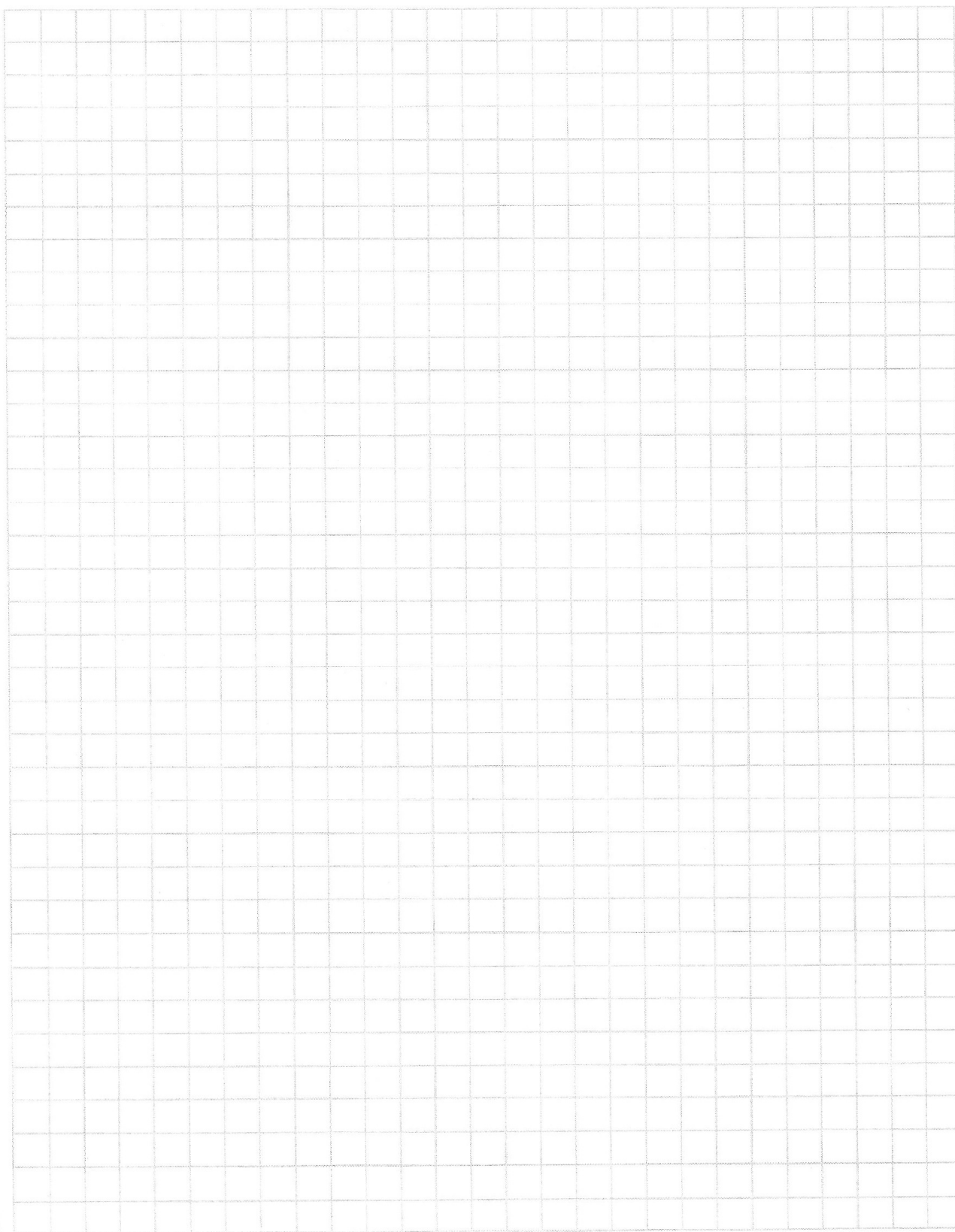


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
10 ИЗ 10

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!





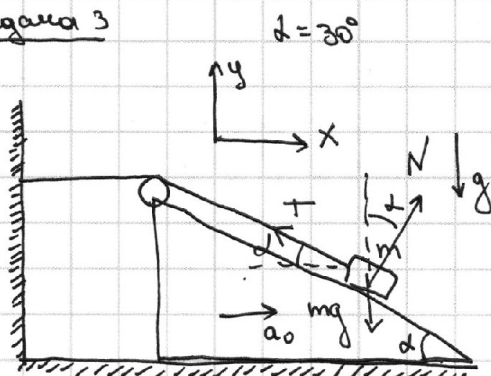
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 10

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!

Задача 3



Вспользуемся методом малых перемещений.

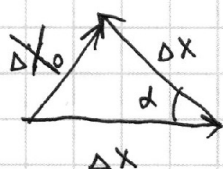
За время Δt нитка на нитке укоротится на $\frac{a_0 \Delta t^2}{2}$

Поделим смещение груза на два участка:

- по горизонтали вместе с блоком
- вдоль поверхности нитки

Смотрите рисунок:

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



При смещении с блоком на Δx , грузик должен проехать вдоль поверхности нитки тоже на Δx ввиду нерастяжимости нитки

Теорема косинусов для ускорений, т.к. $\Delta \ddot{x} = a_0$

$$a^2 = a_0^2 + a_0^2 - 2a_0 \cdot a_0 \cdot \cos \alpha \Rightarrow a = a_0 \sqrt{2 - 2\cos \alpha}$$

$$1) a_y = \Delta \ddot{x} \cdot \sin \alpha = a_0 \sin \alpha \quad (\text{см. рисунок выше})$$

$$H = \frac{a_y \tau^2}{2} = \frac{a_0 \sin \alpha \tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{3 \cdot 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{\frac{8}{30}} \text{ с}$$

Получили $\tau \approx 0,5 \text{ с}$ (разрешена погрешность 10%)

$$2) \text{ Как было сказано ранее } a = a_0 \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}, \text{ поэтому } a \approx 1,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (\text{разрешена погрешность 10\%})$$

3) Разставим силы действующие на блок: $\vec{mg}$, $\vec{T}$, $\vec{N}$, где T - натяжение нитки

Запишем второй закон Ньютона на оси x и y .

$$m a_x = N \sin \alpha - T \cos \alpha, \text{ где } a_x = a_0 (1 - \cos \alpha); a_y = a_0 \sin \alpha$$

$$m a_y = N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg$$

Данное первое уравнение на $\cos \alpha$, второе на $\sin \alpha$, чтобы избавиться от T :

$$m a_x \sin \alpha + m a_y \cos \alpha = N (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) - mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow N = mg \cos \alpha + m (a_0 (1 - \cos \alpha) \sin \alpha + a_0 \sin \alpha \cos \alpha) = mg \cos \alpha + m a_0 \sin \alpha \approx 34 \text{ Н}$$

Ответ: $\tau \approx 0,5 \text{ с}$; $a \approx 1,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $N \approx 34 \text{ Н}$



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
3 ИЗ 10

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!

Задача 4

Закон Клапейрона - Менделеева:

$i=3$, т.к. газ - одноатомный

$pV = \nu RT$, где $\nu = \frac{m}{\mu}$; m - масса газа
 μ - молярная масса газа

$$\Rightarrow p = \left(\frac{m}{V}\right) \cdot \frac{RT}{\mu} \Rightarrow p = \frac{p_0}{RT} = \frac{m}{V}$$

$$\Rightarrow p(p) = a + b \cdot \frac{V}{m} = a + \frac{b}{m} \cdot V. \quad V = \text{const} \Rightarrow m = \text{const}$$

$$\Rightarrow p(V) = a + \frac{b}{m} V \quad p_0 = \frac{m}{V_0}; \quad 2p_0 = \frac{m}{\left(\frac{V_0}{2}\right)} \Rightarrow \text{В точке 2}$$

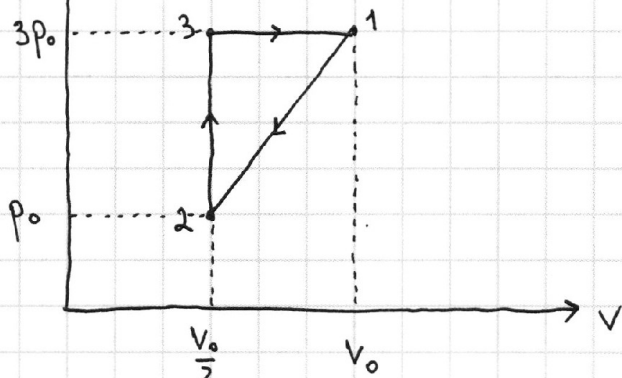
общем газ равен $\frac{V_0}{2}$; Процесс 1-2 - линейная зависимость $p(V)$.

Процесс 2-3: $p = \text{const} \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow$ Процесс 2-3 - изохорный

Процесс 3-1: $p = \text{const} \Rightarrow$ Процесс 3-1 - изобара

1) P График (p, V)

Процессы изображены на графике и описаны выше



$$U_{\min} = 1800 \text{ Дж}$$

2) Статическое соответствует процессу 1-2. Работа газа в этом случае вычисляется $\int p(V) dV$, т.е. площадь под графиком. Фигура - трапеция

$$\text{с основаниями } p_0 \text{ и } 3p_0, \text{ высотой } \frac{V_0}{2} \quad S = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_0}{2} (p_0 + 3p_0) = p_0 V_0 = |A|$$

Таким образом, что минимальная внутренняя энергия газа будет в точке 2, т.к. именно там произведение $p \cdot V$ - минимально

$$U_{\min} = \frac{3}{2} \left(p_0 \cdot \frac{V_0}{2} \right) = \frac{3}{4} p_0 V_0 \Rightarrow p_0 V_0 = \frac{4}{3} U_{\min} = 2400 \text{ Дж}$$

Газ сжимается $\Rightarrow$ объем уменьшается и работа отрицательна

$$A = -p_0 V_0 = -2400 \text{ Дж}$$

~~Процесс 1-2~~

Смотрите продолжение ↓



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 ИЗ 10

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!

Задача 4 (продолжение)

Стрелка, описывающая процесс сжатия, т.е. 1-2 имеет коэффициент наклона $\frac{\Delta P}{\Delta V} = \frac{-2P_0}{-\frac{V_0}{2}} = 4 \frac{P_0}{V_0}$

В конце сжатия объем и давление газа равно $\frac{V_0}{2}$ и P_0 . Также справедливо для малых приращений $\Delta T, \Delta V, \Delta P$ следующее равенство: $\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V}$. Доказательство: $PV = \nu RT$
 $(P + \Delta P)(V + \Delta V) = \nu R(T + \Delta T)$

Вычитаем и делим обе части на PV . $\Delta V < 0$

$$|\Delta Q| = |\Delta U + \Delta A| = \left| -\frac{3}{2} \nu R \Delta T + P_0 \Delta V \right| = |P_0 \Delta V| + \left| \frac{3}{2} \nu R \Delta T \right|$$

$$\Delta P = 4P_0 \frac{\Delta V}{V_0} \text{ подставим: } \frac{\Delta T}{T_0} = \frac{4P_0 \Delta V}{V_0 P_0} + \frac{\Delta V}{\frac{V_0}{2}} = \frac{6 \Delta V}{V_0}, \text{ где } T_0 - \text{темпера-}$$

$$\text{тура газа в точке 2. } P_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \nu R T_0 \Rightarrow \frac{1}{T_0} = \frac{2 \nu R}{P_0 V_0} \Rightarrow \Delta V = \frac{V_0 \Delta T}{6 T_0}$$

$$\Delta A + \Delta U = P_0 \cdot \frac{V_0 \Delta T}{6} \cdot \frac{2 \nu R}{P_0 V_0} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \left(\frac{1}{3} + \frac{3}{2} \right) \nu R \Delta T = \frac{11}{6} \nu R \Delta T$$

$$|\Delta Q| = \frac{11}{6} \nu R \cdot |\Delta T| = 15,235 \text{ Дж}$$

Ответы: 1) см. рисунок; 2) -2400 Дж; $|\Delta Q| = 15,235 \text{ Дж}$



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 ☐

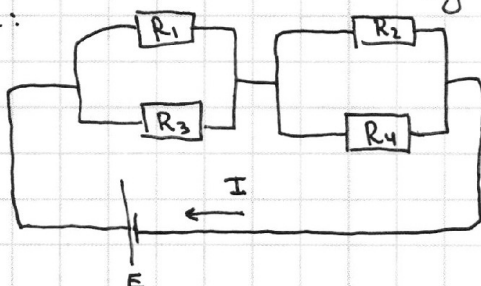
СТРАНИЦА
5 ИЗ 10

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!

Задача 5

Так как заряд конденсатора в начальный момент нулевой, то он представляет собой контур нулевого сопротивления, поэтому его можно заменить на провод (в начальный момент).

Поэтому эквивалентная цепь сразу после замыкания ключа выглядит так:



$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 80 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 60 \text{ Ом}$$

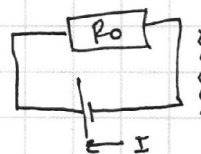
$$R_4 = 40 \text{ Ом}$$

эквивалентное сопротивление цепи: $R_0 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$

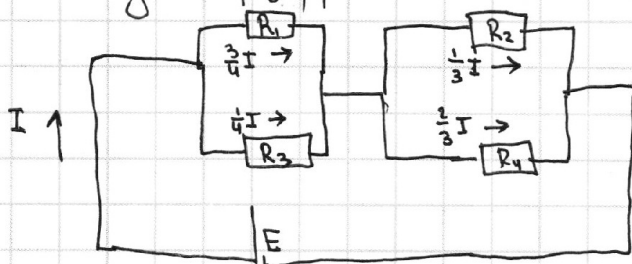
Вычисляем R_0 : $R_0 = \frac{2 \cdot 6}{8} \text{ Ом} + \frac{8 \cdot 4}{12} \text{ Ом} = \frac{25}{6} \text{ Ом}$

1) $I = \frac{E}{R_0} = \frac{75}{\frac{25}{6}} \text{ А} = 18 \text{ А}$

{ эквивалентная цепь:



2) Нарисуем схему еще раз, расставив токи на резисторах:



$$I_{R_1} = I \frac{R_3}{R_1 + R_3} = \frac{3}{4} I; \quad I_{R_3} = I - I_{R_1} = \frac{1}{4} I$$

$$I_{R_2} = I \frac{R_4}{R_2 + R_4} = \frac{1}{3} I; \quad I_{R_4} = I - I_{R_2} = \frac{2}{3} I$$

Таким образом, что напряжения на резисторах 1 и 3 одинаковы так же как и на резисторах 2 и 4, поэтому из 4 вариантов максимальной мощности остается только два варианта — где ток больше. $I_{R_4} > I_{R_2}$ и $I_{R_1} > I_{R_3}$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 10

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_{R_1} - мощность на резисторе R_1 .

P_{R_4} - мощность на резисторе R_4 .

$$P_{R_1} = U_{R_1} I_{R_1} = I_{R_1}^2 \cdot R_1; \quad P_{R_4} = I_{R_4}^2 \cdot R_4$$

Вычислим P_{R_1} и P_{R_4} :

$$P_{R_1} = \left(\frac{3}{4}I\right)^2 R_1 = \frac{9I^2 R_1}{16} = 364,5 \text{ Вт}$$

$$P_{R_4} = \left(\frac{2}{3}I\right)^2 R_4 = \frac{4I^2 R_4}{9} = 576 \text{ Вт}$$

$$P_{R_4} > P_{R_1}$$

$\Rightarrow$ Максимальная мощность, рассеиваемая на резисторе, будет выделяться на R_4 . Она равна $P_{\text{MAX}} = 576 \text{ Вт}$

3) $\Delta Q = I_K \Delta t$, где I_K - ток через конденсатор

$\Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} = I_K$. То есть нужно найти ток через конденсатор сразу после замыкания ключа. По правилу Кирхгофа: сумма входящих токов равна сумме выходящих токов получим, что I_K течет вниз и равен $I_{R_1} - I_{R_2} = \frac{3}{4}I - \frac{1}{3}I = \frac{5}{12}I = 7,5 \text{ А}$

$$I_K = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 7,5 \text{ А}$$

Ответы: 1) $I = 18 \text{ А}$; 2) $P_{\text{MAX}} = 576 \text{ Вт}$; $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 7,5 \text{ А}$



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!

20-32

$m \frac{dv_x}{dt} = -k(V_x + V_0)$

$p = \frac{m}{V}$

$m(V_{0x} - V_x) = \dots$

$V_x = \text{const}$

$p = a + kV$

$p = \text{const}$

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

$\frac{\Delta V_x}{\Delta V} = \dots$

$\frac{\Delta p}{p_0} + \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0}$

$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0}$

$\Delta V = \frac{V_0}{6T_0} \Delta T = \frac{V_0 \Delta T}{6T_0}$

$T_0 = \frac{p_0 V_0}{2JR} \Rightarrow \Delta V = \Delta T \frac{V_0}{6 \cdot p_0 V_0} 2JR = \frac{DR \Delta T}{3p_0}$

$p_0 \Delta V = \frac{1}{3} JR \Delta T$

$\frac{3}{2} JR \Delta T + \frac{1}{3} JR \Delta T$

$1,5 + 0,3 = 1,8(3)$

$\frac{9}{6} + \frac{2}{6} = \frac{11}{6}$

$R_1 = 20 \Omega$
 $R_2 = 80 \Omega$
 $R_3 = 60 \Omega$
 $R_4 = 40 \Omega$

$I = \frac{R_3}{R_1 + R_3}$

$I = \frac{R_4}{R_2 + R_4}$

$I_{\text{coll}} = I \left(\frac{R_1}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right)$

$\frac{2}{2+6} - \frac{8}{8+4} = \frac{1}{4} - \frac{2}{3}$

$R_0 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$

$\frac{2 \cdot 6}{2+6} + \frac{8 \cdot 4}{8+4} = \frac{12}{8} + \frac{32}{12} = \frac{3}{2} + \frac{8}{3}$

$V_{\text{at.}}$

$\frac{V_B}{\sin \alpha}$

$V_B \cos \alpha + V_{\text{at.}}$

$\Delta A = V_{\text{at.}} \cos \alpha$

$k(V_B \cos \alpha + V_{\text{at.}})$

$\Delta A = V_{\text{at.}}^2 \cos \alpha$



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!

$P = a + \frac{b}{P}$ $i=3$ $\frac{2}{6} + \frac{9}{6} = \frac{11}{6} \Delta R \Delta T$

$\frac{m}{\mu V} R T = P$ $P = \frac{P_{\mu}}{R T}$ $T = \frac{P V}{\mu R}$ $P = \frac{P_{\mu}}{R \cdot \frac{P V}{\mu R}} = \frac{\mu}{V}$ $\frac{831}{6} \cdot \frac{16}{11,385}$

$P = a + \frac{b}{V}$ 15.2 Дж $P_0 = \frac{10 \cdot 16}{12} = \frac{4}{3}$ $\frac{831}{6} \cdot \frac{16}{11,385}$

$\frac{2}{6} + \frac{9}{6}$ $V = \text{const} \Rightarrow P_0 V_0 = \frac{4}{3} U_{\min}$

$\frac{3}{2} P_0 \frac{V_0}{2} = U_{\min}$

$A = \frac{P_0 + 3P_0}{2} \cdot \frac{V_0}{2} = P_0 V_0 = \frac{4}{3} U_{\min} = 2000$

$\left| \frac{5}{2} \Delta R \Delta T \right| =$

$P_0 \Delta V + \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = \frac{5}{2} \Delta R \Delta T$

$dV = \frac{dT}{T} \cdot V = \frac{\Delta T}{T_0} \cdot V = \frac{\Delta R \Delta T}{P_0}$

$\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T_0}$ $\frac{\Delta P}{\Delta V} = 4 \frac{P_0}{V_0} \Rightarrow \Delta V = \frac{V_0 \Delta P}{4 P_0}$ $\Delta P = 4 P_0 \frac{\Delta V}{V_0}$

$\frac{\Delta V}{V_0} + \frac{4 \Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0} \Rightarrow \frac{5 \Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0} \Rightarrow \Delta V = V_0 \frac{\Delta T}{T_0} \cdot \frac{1}{5}$ $\frac{2}{5} \Delta R \Delta T + \frac{3}{2} \Delta R \Delta T$

$\frac{2}{5} + \frac{3}{2} = \frac{4+15}{10} = \frac{19}{10} \Delta R \Delta T$ $T_0 = \frac{P_0 V_0}{2 \mu R}$

$\frac{1}{5} T = 81 \cdot \frac{12}{5} = 194.4$

$4 \cdot \frac{18 \cdot 18 \cdot 4}{2} = 216 \cdot 18 \cdot 4 = 15552$

$13.5 - 6 = 7.5$ $32 - 3 \cdot 4.5 = 6$ $18 \cdot 32 = 576$ $18 \cdot 32 = 576$ $18 \cdot 32 = 576$



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

$\frac{4}{12}$

V_1

a_1

$\frac{6}{8} = \frac{3}{4} \text{ I}$

$B \in \perp$

$L = \frac{V_1^2}{2a_1}$

V_2

a_2

$V_1 + V_2$

$a_1 + a_2$

$L = \frac{(V_1 + V_2)^2}{2(a_1 + a_2)}$

$T = \frac{V_1 + V_2}{a_1 + a_2}$

$T_{\text{ост.}} = \frac{V_1}{a_1} = \frac{10}{\frac{4}{10}} = 25 \text{ c}$

$T = \frac{18 \text{ м/с}}{0,6} = 30 \text{ c}$

$S = \frac{V_1^2}{2a_1} + \frac{a_1}{2} \left(\frac{V_1 + V_2}{a_1 + a_2} - \frac{V_1}{a_1} \right)^2$

$\frac{10^2}{\frac{8}{10}} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ м}$

$\frac{0,2 \cdot 5^2}{2} = 2,5 \text{ м}$

$\frac{(10+8)^2}{2 \cdot 0,6} = \frac{18 \cdot 18 \cdot 10}{2 \cdot 6} = 15 \cdot 18$

$\frac{10}{\frac{4}{10}} = 25$

$\frac{18 \text{ м/с}}{6} \cdot 10$

$S = \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot 0,4 + \frac{10^2}{2 \cdot 0,4} = \frac{1000}{8} + \frac{5 \cdot 5 \cdot 10}{2} = 125 + 5 = 130 \text{ м}$

№2

V_{0x}

$\frac{g t^2}{2}$

α

S

$\tan \alpha = \frac{g t^2}{2S} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 4}{2 \cdot 606} = \frac{16}{12}$

$\tan \alpha = \frac{4}{3}$

$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5} = \frac{3}{V_{0x}}$

$\Rightarrow S = \frac{3}{5} V_{0x} = V_0 = \frac{5S}{3t} = \frac{5 \cdot 60}{12} = 25 \text{ м/с}$



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!

$40 \cdot 0,7 + 6 = 28 + 6 = 34 \text{ Н}$ 28 $\frac{3}{2} + \frac{8}{3}$

$\vec{m}\vec{a} = m\vec{g} - k(\vec{V} - \vec{V}_B)$ $\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{16 + 9}{6} = \frac{25}{6}$

$\sqrt{2-3} = \sqrt{0,27}$ $\frac{2 \cdot 6}{2+6} + \frac{8 \cdot 4}{12} = \frac{12}{8} + \frac{32}{12}$

$m \frac{dv_x}{dt} = -k(V_x + V_B) \Rightarrow m dv_x = -k dx - k V_B dt$ $I = \frac{35}{25} = 1,4 \text{ А}$

$m \frac{dv_y}{dt} = -mg - k V_y \Rightarrow m dv_y = -mg dt - k dy$

$0,7 \cdot 40 + 12 \cdot \frac{1}{2}$

$m(V_x - V_0 \cos \alpha) = -k V_B \pi$ $\frac{0,4}{\frac{3}{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{30}}; \frac{2 \cdot 1,4}{5,5} = \frac{2,8}{5,5}$

$6 + 28$ $m(V_y - V_0 \sin \alpha) = -mg \pi$ $V_x = \frac{mg}{k} V_0 \cos \alpha$ $\frac{52}{52}$

$V_0 \cos \alpha \frac{mg}{k} = V_x V_0 \sin \alpha + V_x \frac{mg}{k} \cos \alpha = \frac{V_x}{V_0} \frac{mg}{k} (V_0 \sin \alpha + \cos \alpha)$ $m \frac{dv_x}{dt} = -k \sqrt{V_y^2 + (V_x + V_0)^2} \cdot \cos \alpha$ $\frac{104}{250}$

$\frac{2 \cdot 0,2}{3 \cdot 0,5} = \frac{0,8}{3} = \sqrt{\frac{8}{30}}$ $\frac{2604}{0,584}$

$\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{30}}$ $\frac{53}{159}$ $0,27265$ $\frac{27}{27}$

$\frac{a_0 r^2}{2} \sin \alpha = H$ $\Rightarrow r = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \frac{2 \cdot 0,2}{3 \cdot 0,5}$

$\frac{0,8}{3}$ $\sqrt{2a^2 - 2a^2 \cos \alpha} = a \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$ $\sqrt{2-3}$ $\frac{525}{3}$ $1,575$

$\frac{dV_y}{dV_x} = \frac{V_y - C}{V_x + C} = \frac{(-k V_y - mg) dt}{(-k(V_x + V_B) dt)} = \frac{V_y - C}{V_x + C} = \text{const}$

$90 - \frac{\alpha}{2}$

$T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = m a_y \cdot \cos \alpha$

$N \sin \alpha - T \cos \alpha = m a_x \cdot \sin \alpha$

$N - mg \cos \alpha = m(a_0 \sin \alpha (1 - \cos \alpha) + a_0 \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$

$N - mg \cos \alpha = m a_0 \sin \alpha$

$N = m a_0 \sin \alpha + mg \cos \alpha$