



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.

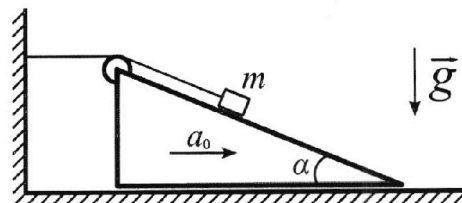
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $\tau = 3$ с мяч падает на площадку на расстоянии $S = 60$ м от точки старта.

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.



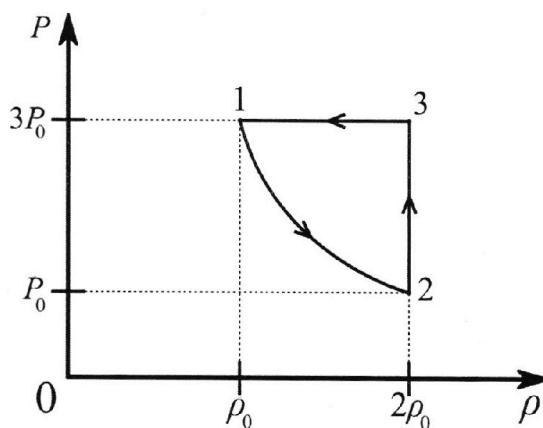
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

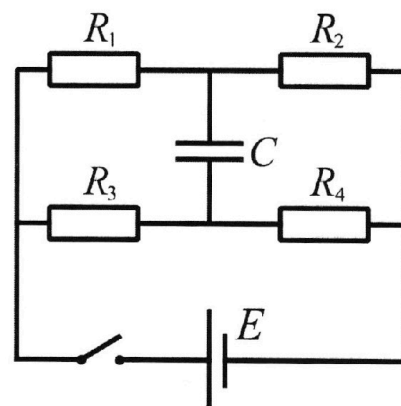


1. Постройте график процесса в координатах (P, V) . В состоянии 1 объем газа V_0 , давление газа $3P_0$.

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?



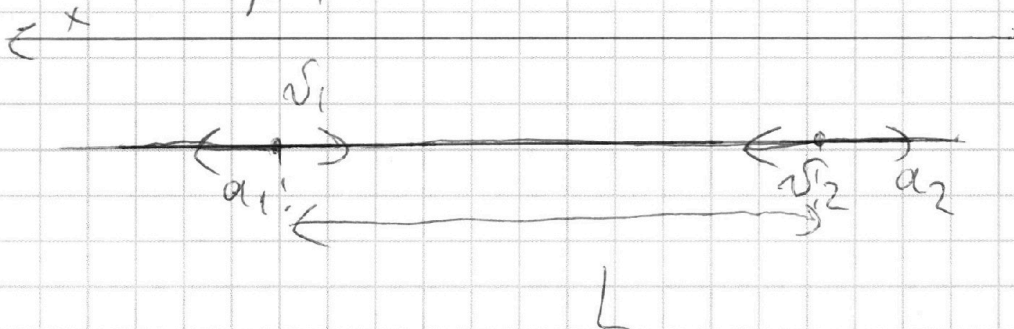
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

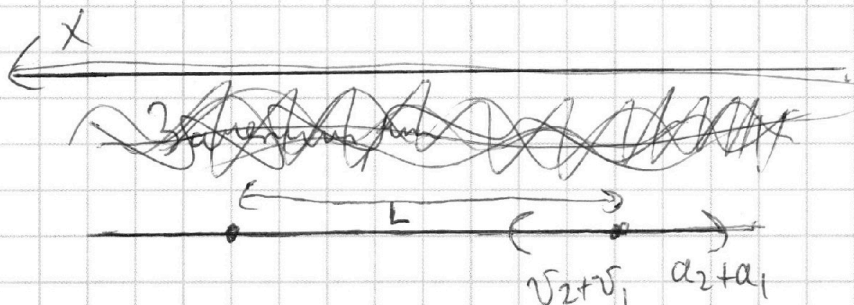
СТРАНИЦА
1 из 3

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!

В начальный момент $t=0$:



Перейдем в КСОО 1-й точки.



Если между точками не произошло столкновения, то укажем, что в тот начальный момент времени, когда 2-я точка остановилась (поскольку расстояние будет увеличиваться), она ещё не прошла расстояние L .

Т.к. L — наименьшее расстояние, будем считать, что к моменту остановки 2-й точки практически дошла до первой, т.е. прошла расстояние L .

Путь, пройденный 2-й точкой, равен L .



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 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!

т.к. 2-я точка останавливается, в этот момент времени её скорость 0.

$$0 = (v_2 + v_1) - T \cdot (a_1 + a_2) \quad \text{т.к. условие равновесия по оси X.}$$

$$T = \frac{v_2 + v_1}{a_2 + a_1} = \frac{12 \text{ м/с} + 8 \text{ м/с}}{1,5 \text{ м/с}^2 + 0,5 \text{ м/с}^2} = \frac{20 \text{ м/с}}{2 \text{ м/с}^2} = 10 \text{ с.}$$

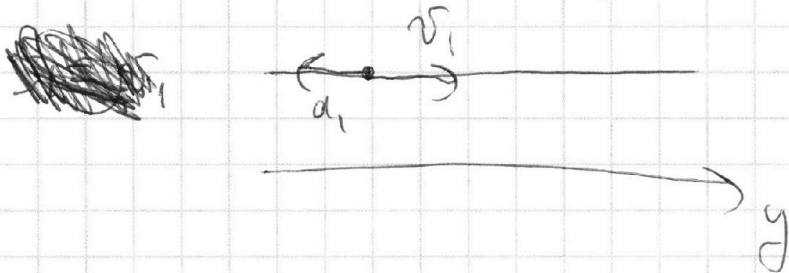
$$L = \frac{0^2 - (v_1 + v_2)^2}{- (a_1 + a_2) \cdot 2} \quad \text{т.к. условие равновесия по оси X.}$$

$$L = \frac{(v_1 + v_2)^2}{2(a_1 + a_2)} = \frac{(12 \text{ м/с} + 8 \text{ м/с})^2}{2 \cdot (1,5 \text{ м/с}^2 + 0,5 \text{ м/с}^2)} = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} =$$

$$= 100 \text{ м.}$$

Передвижение в л.с.о.

За время T 1-я точка пройдет путь S_1 .





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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Найдем время T_1 , за которое 1-я точка остановится.

$0 = v_1 - a_1 T_1$ - уравн. движ. по оси y .

$$T_1 = \frac{v_1}{a_1} = \frac{12 \text{ м/с}}{1,5 \text{ м/с}^2} = \frac{12 \text{ м/с}}{3 \text{ м/с}^2} = \frac{24 \text{ м/с}}{3 \text{ м/с}^2} = 8 \text{ с} \leq T =$$

$\approx 10 \text{ с}$.

$T_2 = T - T_1 \approx 2 \text{ с}$ - время движения в противополож. напр.

Значит, первые 8 с движения точка будет двигаться в одну сторону, а последние 2 с - в другую.

Пусть за первые 8 с (совр. с переключением, т.к. движение вдоль одной оси в одну сторону).

$$S_{11} = \frac{v_1^2 - v_1^2}{-2a_1} = \frac{v_1^2}{2a_1} = \frac{(12 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 1,5 \text{ м/с}^2} = \frac{144 \text{ м}^2/\text{с}^2}{3 \text{ м/с}^2} = 48 \text{ м}.$$

Пусть за последние 2 с (совр. с переключением, т.к. движение вдоль одной оси в одну сторону).

$$S_{12} = 0 \cdot T_2 + \frac{a_1 T_2^2}{2} = \frac{a_1 T_2^2}{2} = \frac{1,5 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с}^2}{2} = 3 \text{ м}.$$

Пусть, пройденный 1-й точкой за время t $S_t = S_{11} + S_{12} =$

$$= 48 \text{ м} + 3 \text{ м} = 51 \text{ м}.$$

Ответ: 100 м; 10 с; 51 м.



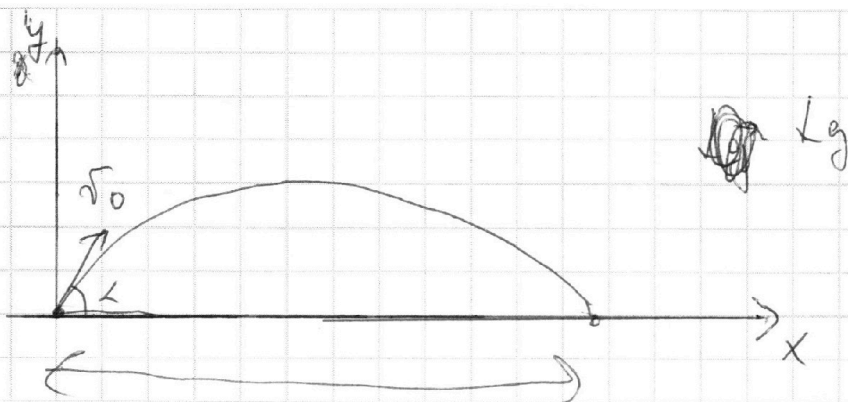
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 6

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 оси y движение равноуск., по оси x — равномерное.

Взять время до вершины t_1 . В вершине y скорость

по оси y равна 0 $\Rightarrow 0 = v_0 \sin \alpha - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

Взять время полета $\tau = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ (мгн. поднимается и падает снова и то же время).

По оси x : $S = v_0 \cos \alpha \tau \Rightarrow v_0 = \frac{S}{\tau \cos \alpha}$

$$\tau = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \sin \alpha}{g} \cdot \frac{S}{\tau \cos \alpha} = \frac{2S \tan \alpha}{g\tau} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{g\tau^2}{2S} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 9 \text{ с}^2}{2 \cdot 60 \text{ м}} = \frac{9 \cdot 10}{12 \cdot 10} = \left(\frac{3}{4}\right).$$

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ — экв. при. постр.: $0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \Rightarrow 0 < \sin \alpha < 1, 0 < \cos \alpha < 1.$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{9}{16}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}.$$



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

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

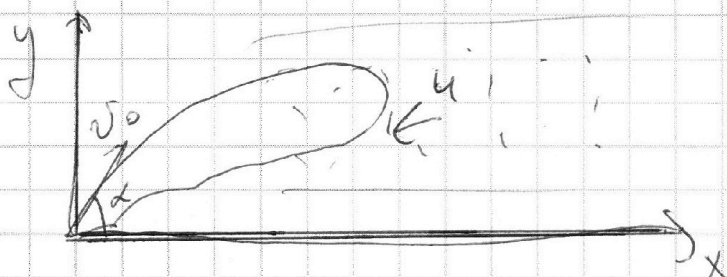
СТРАНИЦА
2 из 6

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!

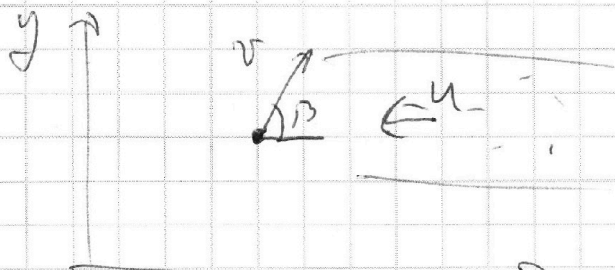
$$v_0 = \frac{S}{\tau \cos \alpha} = \frac{S}{\tau \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 \alpha}}} = \frac{S}{\tau \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{9c^2}{25}\right)^2}}}$$

$$= \frac{60 \text{ м}}{3c \cdot \frac{9}{5}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{5}{9} = \left(25 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Теперь рассмотрим ситуацию, когда есть воздушный поток. Пусть скорость потока относительно поверхности земли равна u .



Рассмотрим граничный начерт времени t :



Скорость по оси x $v_x = v \cos \beta$, по оси y $v_y = v \sin \beta$
Найдём скорость ветра относительно воздушного потока.



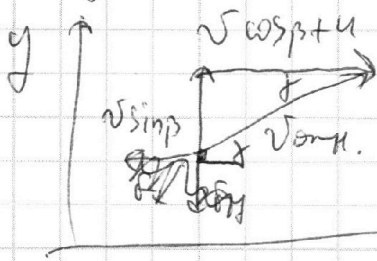
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
3 ИЗ 6

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 С.О. возг. потока:



по Т. Пифагора: $v_{sum}^2 = (v \sin \beta)^2 + (v \cos \beta + u)^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{sum} = \sqrt{v^2 + u^2 + 2uv \cos \beta}$$

$$\cos \gamma = \frac{v \cos \beta + u}{v_{sum}}, \sin \gamma = \frac{v \sin \beta}{v_{sum}}$$

угол между $\vec{v}_{sum}$ и горизонтал.

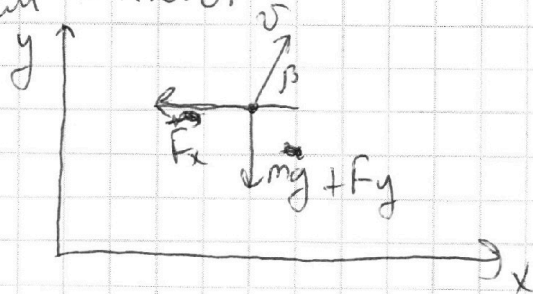
Результирующая сила сопротивления $\vec{F}_{сопр} = -k \vec{v}_{sum}$

Разложим вектор этой силы на оси x и y.

$$F_x = -k v_{sum} \cos \gamma = -k \cdot \frac{v \cos \beta + u}{v_{sum}} \cdot v_{sum} = -k (v \cos \beta + u)$$

$$F_y = -k v_{sum} \sin \gamma = -k \cdot v_{sum} \cdot \frac{v \sin \beta}{v_{sum}} = -k v \sin \beta$$

Положим в Л.С.О.





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 6

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!

Уск. по оси x a_x , по оси y a_y .

2-й закон Ньютона на x : $m a_x = F_x = -k(v \cos \beta + u)$

$$a_x = \frac{-k}{m} (v \cos \beta + u)$$

2-й закон Ньютона на y : $m a_y = -m g + F_y = -m g - k v \sin \beta$

$$a_y = -g + \frac{k}{m} v \sin \beta$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}$$

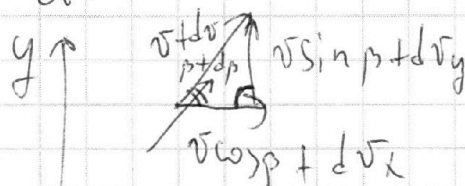
изменение скорости по оси x .

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} \Rightarrow dv_x = a_x dt = -\frac{k}{m} (v \cos \beta + u) dt$$

изм. скорости по оси y

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} \Rightarrow dv_y = a_y dt = -(g + \frac{k}{m} v \sin \beta) dt$$

через время dt :



теорема Пифагора: $(v + dv)^2 = (v \sin \beta + dv_y)^2 + (v \cos \beta + dv_x)^2$

$$v^2 + 2v dv + dv^2 = v^2 + 2v \sin \beta dv_y + (dv_y)^2 + 2v \cos \beta dv_x + (dv_x)^2$$

$$2v dv = 2v \sin \beta dv_y + 2v \cos \beta dv_x$$



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
5 из 6

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!

$$dv = \sin \beta dy + \cos \beta dx = \sin \beta \cdot -\left(g + \frac{k}{m} v \sin \beta\right) dt + \cos \beta \cdot -\frac{k}{m} (v \cos \beta + u) dt.$$

$$dv = -\left(g \sin \beta dt + \frac{k}{m} v \sin^2 \beta dt + \frac{k}{m} v \cos^2 \beta dt + \frac{k}{m} u \cos \beta dt\right)$$

$$dv = -\left(g \sin \beta + \frac{k v \cos \beta}{m} + 1\right) dt.$$

$$\cos(\beta + d\beta) = \frac{v \cos \beta + dx}{v + dv} \Rightarrow \cos \beta - d\beta \sin \beta = \frac{v \cos \beta}{v + dv} + \frac{dx}{v + dv}$$

$$\cos \beta \cos d\beta - \sin \beta \sin d\beta$$

$$\cos \beta - \sin \beta d\beta = \cos \beta + \frac{dx}{v + dv}$$

$$d\beta = \frac{-dx}{(v + dv) \sin \beta} = \frac{-dx}{v \sin \beta} = \frac{\frac{k}{m} \cdot (v \cos \beta + u) dt}{v \sin \beta}$$

$$d\beta = \frac{k}{m} \cdot \left(\cot \beta + \frac{u}{v \sin \beta}\right) dt$$

$$\int_{\alpha}^{\beta} \frac{d\beta}{\cot \beta + \frac{u}{v \sin \beta}} = \int_0^t \frac{k}{m} dt.$$



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

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 6

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!

$$\frac{k}{m} t = \int_{-\cos(\beta)}^{\beta} \frac{\sin p \, dp}{\cos p + \frac{u}{v}} = \left(x = -\cos p \Rightarrow dx = \sin p \, dp \right) =$$

$$= \int_{-\cos(\beta)}^{\cos(\alpha)} \frac{dx}{-x + \frac{u}{v}}$$

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{-g \sin p + \frac{k u \cos p}{m} + 1} = \int_0^t dt = t$$

$$\frac{k}{m} \cdot \int_{v_0}^v \frac{dv}{g \sin p + \frac{k u \cos p}{m} + 1} = \int_{-\cos \beta}^{\cos \alpha} \frac{dx}{-x + \frac{u}{v}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{k}{m} \cdot \frac{dv}{g \sin p + \frac{k u \cos p}{m} + 1} = \frac{\sin p \, dp}{\cos p + \frac{u}{v}}$$

$$\left(\frac{k}{m} \cdot \cos p + \frac{k u}{m v} \right) \cdot dv = \left(g \sin^2 p + \frac{k u \cos p \sin p}{m} + \sin p \right) dp$$

$$T = \int_{0.6 v_0}^{v_0} \frac{dv}{g \sin p + \frac{k u \cos p}{m} + 1} \quad \text{Answer: } \frac{3}{4} \cdot 25 \text{ m/c.}$$



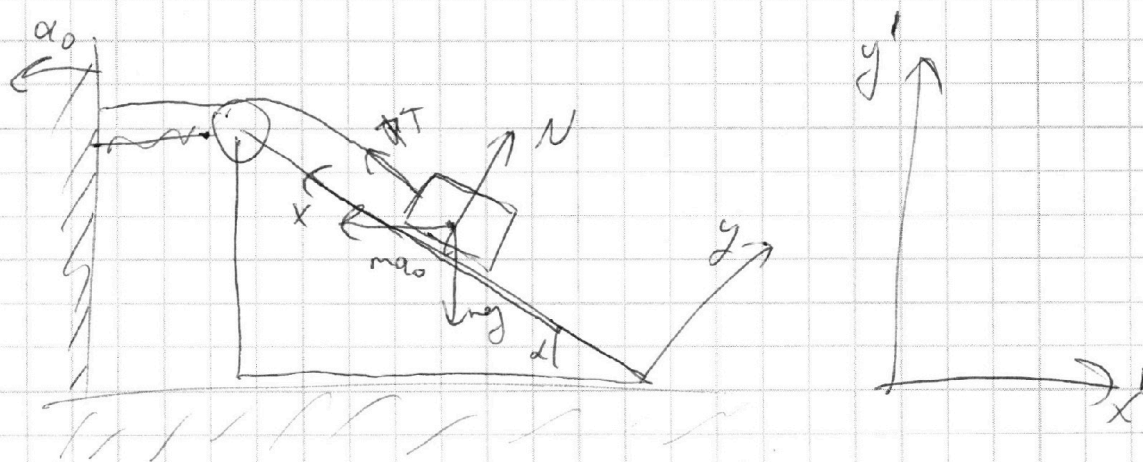
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

В кейсе клина:



Брусок может двигаться только вдоль поверхности клина $\Rightarrow$
 $\Rightarrow a_y = 0$.

2-й 3-й законы на y: $0 = N - mg \cos \alpha - ma_0 \sin \alpha$

2-й 3-й законы на x: $ma_x = T + ma_0 \cos \alpha - mg \sin \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow T = ma_x - ma_0 \cos \alpha + mg \sin \alpha$.

Заметим, что брусок движется влево с ускор. a_0 . (после пере-
хода в С.О. в клин).

П.к. нить нерастянима, $a_x = a_0$. (на сколько сместится

брус, насколько रहे и брусок, продифференцировав по вре-
мени 2 раза, получим связь ускорений)

Проекция a_x на y' : $a_y' = a_x \sin \alpha = a_0 \sin \alpha$



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
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!

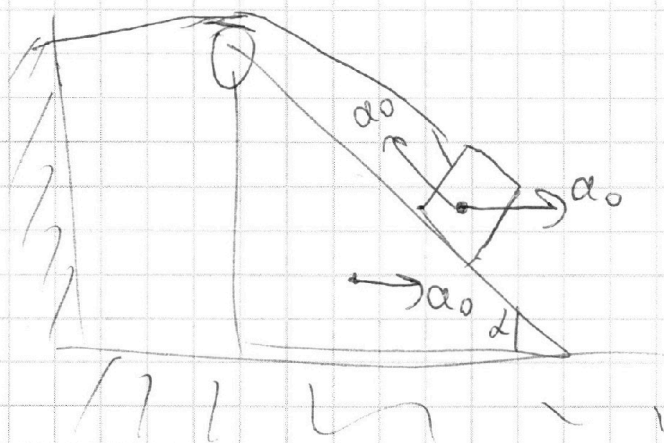
Начальная скорость нулевая, движение по оси y' равноус.

$H = a_{y'} \cdot \frac{t^2}{2}$ H - расстояние, на которое поднимется брус.
сек. t - время, за которое он это сделает.

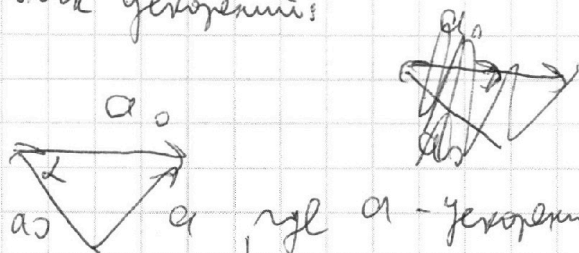
$$t = \sqrt{\frac{2H}{a_{y'}}} = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,18 \text{ м}}{2 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{\frac{0,18 \text{ м}}{\frac{1}{2} \text{ м/с}^2}} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 0,18 \text{ с}} = 0,6 \text{ с.}$$

В л.с.д.:



Треугольник ускорений:



, где a - ускорение бруска в л.с.д.



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



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!

Теорема косинусов: $a^2 = a_0^2 + a_0^2 - 2a_0 \cdot a_0 \cdot \cos \alpha$.

$$|a| = \cancel{2a_0} a_0 \sqrt{2(1 - \cos \alpha)} = a_0 \sqrt{2(1 - \frac{\sqrt{3}}{2})} =$$

$$= a_0 \sqrt{2 - \sqrt{3}} = a_0 \sqrt{\frac{a_0 - 4\sqrt{3}}{4}} = \frac{a_0}{2} \cdot \sqrt{6 + 2 - 2 \cdot \sqrt{12}} =$$

$$= \frac{a_0}{2} \cdot (\sqrt{6} - \sqrt{2}) = (\sqrt{6} - \sqrt{2}) \text{ м/с}^2.$$

$$T = ma_x - ma_0 \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_0 - ma_0 \cos \alpha + mg \sin \alpha =$$

$$= m(a_0 - a_0 \cos \alpha + g \sin \alpha) = 0,4 \text{ кг} \cdot (2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} +$$

$$+ 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2}) = 0,4(2 - \sqrt{3} + 5) \text{ Н} = 0,4(7 - \sqrt{3}) \text{ Н} =$$

$$= (2,9 - 0,4\sqrt{3}) \text{ Н}.$$

$$\text{Ответ: } 0,6 \text{ с}; (\sqrt{6} - \sqrt{2}) \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; (2,9 - 0,4\sqrt{3}) \text{ Н}.$$

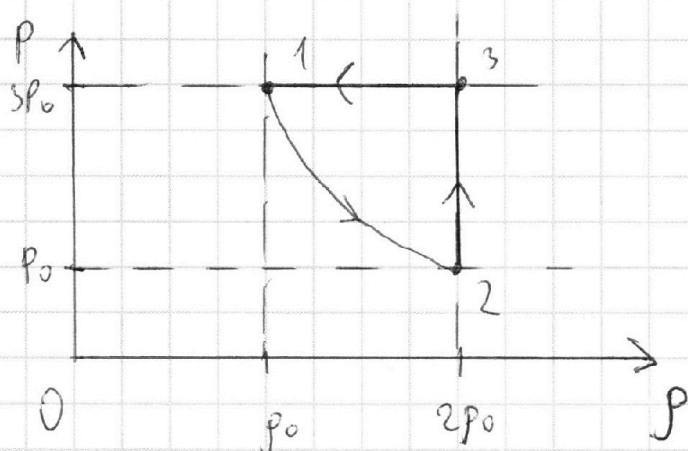


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 6

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!



Зр.-е состояние идеального газа: $PV = \nu RT \Rightarrow \frac{P}{T} = \frac{\nu R}{V}$
 $\nu = \frac{m}{\mu}$ (m - масса, μ - молярная масса, ν - кол.-во вез.-вез.).

$$P \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot RT \Rightarrow P = \frac{RT}{\mu} \cdot \left(\frac{m}{V} \right) \Rightarrow P = \frac{\nu RT}{V} \Rightarrow \frac{P}{T} = \frac{\nu R}{V}$$

Заметим, что $\frac{P}{T} = \frac{\nu R}{V} = \frac{\nu R}{\mu} \Rightarrow V = \frac{\mu \nu}{P} \Rightarrow P = \frac{\mu \nu}{V}$

Рассмотрим процесс 1-2. Утверд. что, что во время этого процесса $P = a + \frac{b}{P}$.

В(1): $3P_0 = a + \frac{b}{P_0}$; В(2): $P_0 = a + \frac{b}{2P_0} \Rightarrow$

$$\Rightarrow 3P_0 - P_0 = a + \frac{b}{P_0} - \left(a + \frac{b}{2P_0} \right) \Rightarrow 2P_0 = \frac{b}{2P_0} \Rightarrow b = 4P_0^2$$

$$3P_0 = a + \frac{4P_0^2}{P_0} \Rightarrow a = -P_0$$

Значит, $P = -P_0 + \frac{4P_0^2}{P}$ (во время процесса 1-2). $P = \frac{\mu \nu}{V} \Rightarrow$

$$\Rightarrow P = -P_0 + \frac{4P_0^2}{P} \Rightarrow P^2 = -P_0 P + 4P_0^2 \Rightarrow P = -P_0 + \frac{4P_0^2}{\mu \nu}$$



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 6

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!

$$B(1) : P_1 = 3P_0, V_1 = V_0.$$

$$3P_0 = -P_0 + \frac{4P_0 P_0 \cdot V_0}{\mu_0} \Rightarrow \mu_0 = \frac{4P_0 P_0 V_0}{2P_0} \Rightarrow \mu = \frac{P_0 V_0}{2}.$$

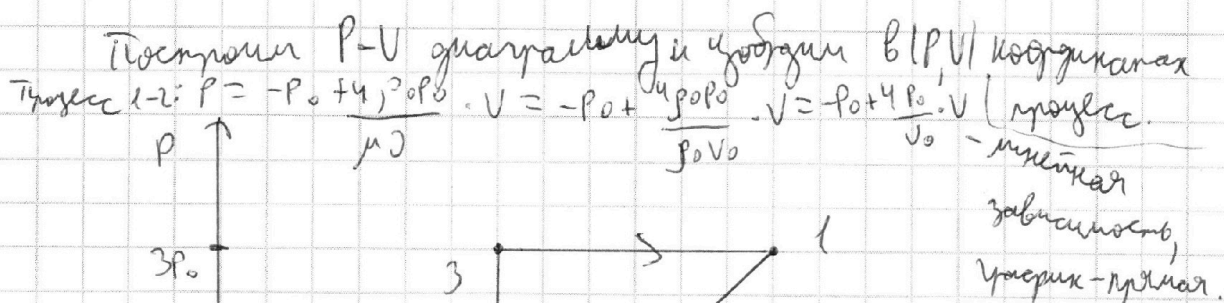
Рассмотрим процесс 2-3: $P = \text{const} \Rightarrow (\mu \cdot K \cdot V = \frac{\mu_0}{P}) V = \text{const}.$

$$V = \frac{\mu_0}{2P_0} = \frac{P_0 V_0}{2P_0} = \frac{V_0}{2}$$

$P_2 = P_0, P_3 = 3P_0$ - давления в состояниях 2 и 3 соответственно.

Рассмотрим процесс 3-1: $P = 3P_0 = \text{const}.$

$V_1 = V_0, V_3 = \frac{P_0 V_0}{3P_0} = \frac{V_0}{3}$ (из уравнения состояния и процессу 2-3) - объёмы в состояниях 1 и 3 соответственно.





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 6

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!

Работа газа за цикл ~~и площади~~ ~~отличается~~ равна
площади фигуры, ограниченной циклом в P - V координатах.

$$A = \frac{(3P_0 - P_0) \cdot (V_0 - \frac{V_0}{2})}{2} = \frac{2P_0 \cdot \frac{V_0}{2}}{2} = \frac{P_0 V_0}{2} \quad (A > 0, \text{ т.к. } A =$$

~~3-1~~ $|A_{3-1}| - |A_{1-2}| > 0$, т.к. площадь под прямой 3-1 >
чем площадь под прямой 1-2).

Внутренняя энергия газа $U = \frac{i}{2} (2RT) = \frac{i}{2} PV$

т.к. газ одноатомный, $i = 3$.

$$U = \frac{3}{2} PV.$$

За весь цикл $P_{\max} = 3P_0$, $V_{\max} = V_0$ - в 1:1. В любой другой
точке либо $P < P_{\max}$, либо $V < V_{\max}$. $\Rightarrow PV < P_{\max} V_{\max} \Rightarrow$
 $\Rightarrow U < U_{\max}$. Значит, макс. внутр. энергия в 1:1.

$$U_{\max} = U_1 = \frac{3}{2} \cdot 3P_0 \cdot V_0 = \frac{9P_0 V_0}{2} \Rightarrow P_0 V_0 = \frac{2U_{\max}}{9} = 1100 \text{ Дж}$$

$$A = \frac{P_0 V_0}{2} = \frac{2U_{\max}}{9} \cdot \frac{1}{2} = \frac{U_{\max}}{9} = 554 \text{ Дж.}$$

Процесс сжатия - это процесс 1-2 (только в этом процессе
объем уменьшается).



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
4 из 6

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 этом процессе $P = -P_0 + \frac{4P_0}{V_0} \cdot V$.

ВНН: $P_1 V_1 = 3R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 V_1}{3R} = \frac{3P_0 V_0}{3R}$

Когда температура увеличилась на ΔT : $T_1 - T_1 = \frac{P V}{3R}$

$$\frac{3P_0 V_0}{3R} - |\Delta T| = \frac{(-P_0 + \frac{4P_0}{V_0} \cdot V) \cdot V}{3R} \Rightarrow 3P_0 V_0 - 3R |\Delta T| =$$

$$= -P_0 V_4 + \frac{4P_0 V^2}{V_0} \quad \text{Также } V_4 \text{ — это } V \text{ где температура увеличилась на } |\Delta T|, P_4 \text{ — давление в этом состоянии.}$$

$$\frac{4P_0 V^2}{V_0} - P_0 V = (3P_0 V_0 - 3R |\Delta T|) = 0$$

$$P_0 \left(\frac{4V}{V_0} - 1 \right) = 3P_0 V_0 - 3R |\Delta T|$$

$$V_4 =$$

$$3P_0 / V_0$$

$$= V_0 \cdot \left(\frac{1 + \sqrt{1 + \frac{16}{V_0} \cdot (3V_0 - \frac{3R |\Delta T|}{P_0})}}{2} \right) = \frac{V_0}{2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \Delta T}{P_0 V_0}} \right)$$

На участке 1-2 тело всё время движется (т.к. $P < 0, \Delta U < 0$)

$Q = A + \Delta U$ — первое начало термодинамики.

$$Q = A + \Delta U$$

$$|\Delta Q| = |A + \Delta U| = (V_0 - V_4) \cdot \frac{3P_0 + P_4}{2} + \frac{3}{2} (3P_0 V_0 - P_4 V_4)$$

$$P_4 = -P_0 + \frac{4P_0}{V_0} \cdot V_4$$

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Пороча OR-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.

☐☐☐☒☐☐☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 6

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!

$$|AQ| = \frac{1}{2} \left[4DR|AT| - \frac{\gamma}{\rho} \rho_0 V_0 + \frac{\rho_0 V_0}{\rho} \cdot \sqrt{49 - \frac{16DR|AT|}{\rho_0 V_0}} \right]$$

Подставим численные значения:

$$|AQ| = \frac{1}{2} \left[4 \cdot 0,31 \cdot 1 - \frac{7}{9} \cdot 1109 + \frac{1109}{9} \cdot \sqrt{49 - \frac{16 \cdot 0,31}{1109}} \right] \text{ Др.}$$

$$= \frac{1}{2} \left(33,24 - 969,5 + 138,5 \cdot \sqrt{49 - \frac{132,96}{1109}} \right) \text{ Др.}$$

$$= \frac{1}{2} \left(-936,26 + 138,5 \cdot \sqrt{49 - \frac{132,96}{1109}} \right) \text{ Др.} =$$

$$= \frac{-6553,82 + 138,5 \cdot \sqrt{54159,04}}{2} \text{ Др.}$$

$$\text{Ответ: } 554 \text{ Др.; } \frac{-6553,82 + 138,5 \cdot \sqrt{54159,04}}{2} \text{ Др.}$$



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
☒

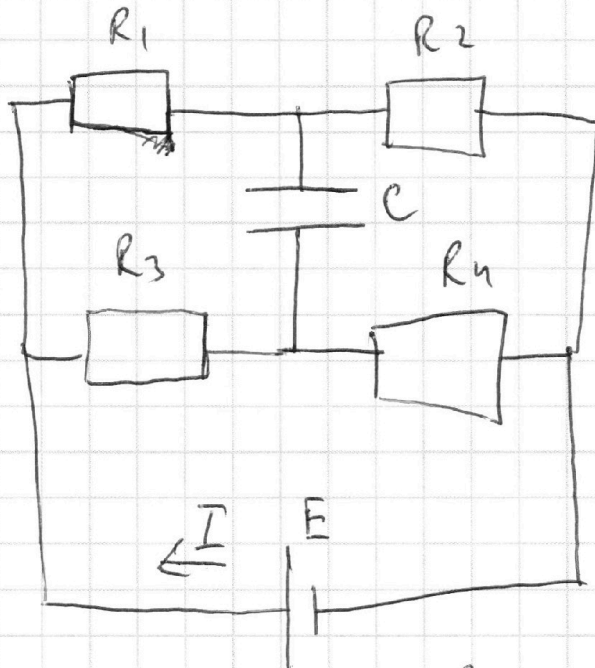
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 4

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!

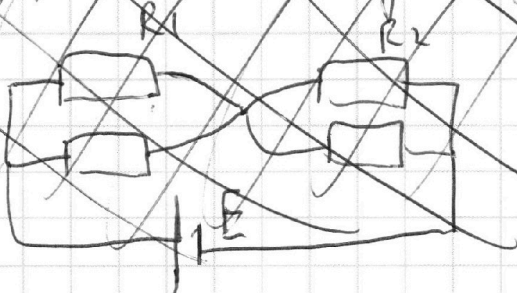
Рассмотрим момент времени сразу после замыкания ключа



Заряд конденсатора равен 0 $\Rightarrow$ разность потенциалов ~~разность потенциалов~~ на его пластинках $\Delta\varphi = 0$ (т.к. $\Delta\varphi = \frac{q}{C}$, где C — ёмкость конденсатора, $C \neq 0$).

Значит, в начальный момент времени конденсатор можно считать идеальной переключкой.

~~Нельзя перерисовать схему следующим образом:~~





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 4

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!

Ток идет через конденсатор течет ток I.

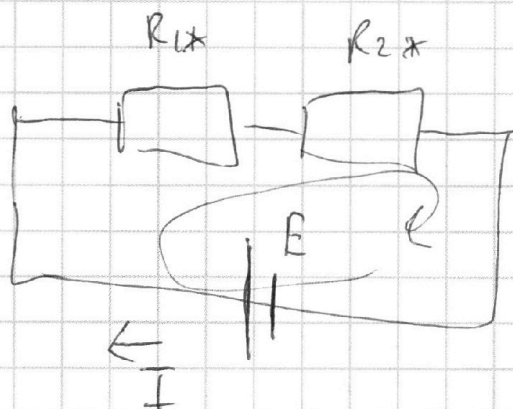
П.к. конденсатор в начальный момент времени работает как идеальная перемычка, можно считать, что резисторы

R_1 и R_3 соединены параллельно и резисторы R_2 и R_4 соединены параллельно.

$$R_{1x} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{6 \text{ Ом} \cdot 12 \text{ Ом}}{6 \text{ Ом} + 12 \text{ Ом}} = \frac{6 \cdot 12 \text{ Ом}}{24} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 9 \text{ Ом}}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3} =$$

$$= 4,5 \text{ Ом}.$$

$$R_{2x} = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{24 \text{ Ом} \cdot 12 \text{ Ом}}{24 \text{ Ом} + 12 \text{ Ом}} = \frac{3 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 2 \text{ Ом}}{3 \cdot 12} = 9 \text{ Ом}.$$



Резисторы R_{1x} и R_{2x} соединены ~~последовательно~~ последовательно, $\Rightarrow$ ток через них течет ток I.

$$E - I R_{1x} - I R_{2x} = 0. \quad \text{2-е уравнение Кирхгофа}$$

$$I = \frac{E}{R_{1x} + R_{2x}} = \frac{E}{\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}} = \frac{50 \text{ В}}{4,5 \text{ Ом} + 9 \text{ Ом}} = \frac{50 \text{ В}}{13,5 \text{ Ом}}$$



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**.

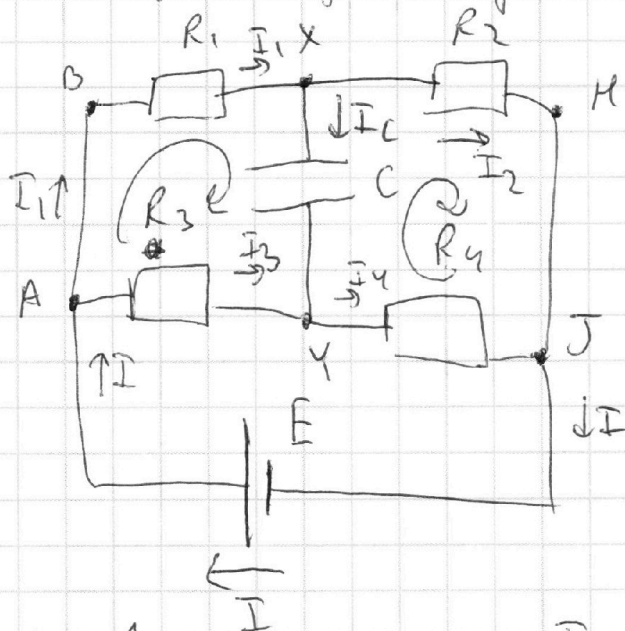
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 4

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!

$$I = \frac{50 \text{ В} \cdot 2}{12,5 \Omega} = \frac{100 \text{ В}}{25 \Omega} = 4 \text{ А.}$$

Рассмотрим указательную схему.



1-е правило Кирхгофа для узла А: $I = I_1 + I_3 \Rightarrow I_1 = I - I_3$.

2-е правило Кирхгофа (контура АВХУА): $0 = -I_1 R_1 + I_3 R_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow (I - I_3) R_1 = I_3 R_3 \Rightarrow (I - I_3) R_1 = I_3 R_3$$

$$I R_1 - I_3 R_1 = I_3 R_3 \Rightarrow I R_1 = I_3 (R_1 + R_3).$$

$$I_3 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 4 \text{ А} \cdot \frac{6 \Omega}{6 \Omega + 16 \Omega} = 4 \text{ А} \cdot \frac{6}{24} = 1 \text{ А.}$$

$$I_1 = I - I_3 = 4 \text{ А} - 1 \text{ А} = 3 \text{ А.}$$

1-е правило Кирхгофа для узла J: $I_2 + I_4 = I \Rightarrow I_2 = I - I_4$.

2-е правило Кирхгофа (контура YXHTY): $0 = -I_2 R_2 + I_4 R_4$



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
4 из 4

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!

$$\begin{aligned} \textcircled{I_2 R_2 = I_4 R_4} \Rightarrow (I - I_4) R_2 &= I_4 R_4 \Rightarrow I R_2 - I_4 R_2 = I_4 R_4 \\ \text{или} \\ I - I_4 &= \frac{I_4 R_4}{R_2} \end{aligned}$$

$$I R_2 = I_4 (R_2 + R_4) \Rightarrow I_4 = \frac{I R_2}{R_2 + R_4} = 4 \text{ A} \cdot \frac{24 \text{ Ом}}{24 \text{ Ом} + 12 \text{ Ом}} =$$

$$= 4 \text{ A} \cdot \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 12} = \textcircled{\frac{9}{3} \text{ A}}$$

$$I_2 = I - I_4 = I - \frac{I R_2}{R_2 + R_4} = 4 \text{ A} - \frac{9}{3} \text{ A} = \frac{12 - 9}{3} \text{ A} = \textcircled{\frac{4}{3} \text{ A}}$$

Мощность, рассеивающаяся на резисторе $P = I U$, где I — ток через резистор, U — напряжение на нём.

Закон Ома: $U = I R$.

$$\text{Значит, } P = I U = I \cdot I R = I^2 R.$$

Найдём мощность, которая рассеивается на каждом резисторе.

$$\begin{aligned} P_1 &= R_1 I_1^2 = 6 \text{ Ом} \cdot 9 \text{ A}^2 = 54 \text{ Вт} - \text{на 1-м резисторе}; \\ P_2 &= R_2 I_2^2 = 24 \text{ Ом} \cdot \frac{16}{9} \text{ A}^2 = \frac{128}{3} \text{ Вт} - \text{на 2-м резисторе}; \\ P_3 &= R_3 I_3^2 = 12 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ A}^2 = 12 \text{ Вт} - \text{на 3-м резисторе}; \\ P_4 &= R_4 I_4^2 = 12 \text{ Ом} \cdot \frac{64}{9} \text{ A}^2 = \frac{256}{3} \text{ Вт} - \text{на 4-м резисторе}. \end{aligned}$$

Наибольшая мощность P_{max} рассеивается на 3-м резисторе и равна P_3 .

$$P_{\text{max}} = P_3 = R_3 I_3^2 = 12 \text{ Вт}$$

Ток равен $\frac{\Delta q}{\Delta t}$. Ток $\frac{1}{3}$ конденсатор $I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ — скорость роста заряда конденсатора.

$$1-\text{е правило Кирхгофа для узлов X: } I_1 = I_C + I_2 \Rightarrow I_C = I_1 - I_2 = \frac{5}{3} \text{ A} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Ответ: 4 A; на 3-м резисторе; 12 Вт; $\frac{5}{3}$ A.



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
4 ИЗ 7

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!

$$PV = \nu RT$$

$$P \cdot V = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P = \frac{PRT}{\mu}$$

$$2285^\circ \text{C} = \frac{2\nu_0 \sin \alpha}{g}; \tau = \frac{2 \sin \alpha}{g} \cdot \frac{S}{\cos \alpha} = \frac{2S \lg \alpha}{g \tau}$$

$$g \tau^2 = 2S \lg \alpha \Rightarrow \lg \alpha = \frac{g \tau^2}{2S} = \frac{10 \cdot 9}{2 \cdot 60} = \frac{15}{20} = 0.75$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$3P_0 = \frac{PRT}{\mu} \Rightarrow T = \frac{3P_0 \mu}{PR}$$

$$\begin{array}{r} 4986 \\ - 95 \\ \hline 4891 \\ - 45 \\ \hline 4846 \\ \hline 36 \end{array}$$



$$V = \frac{\nu RT}{3P_0} = \frac{\nu R}{3P_0} \cdot \frac{3P_0 \mu}{PR} = \frac{\nu \mu}{P}$$

$$V_0 = \frac{\nu \mu}{P_0} \Rightarrow \mu = \frac{V_0 P_0}{\nu}$$

$$\frac{P}{T} = \frac{PR}{\mu} = \frac{\nu R}{V}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{3}{8} = \frac{5}{8} \Rightarrow V = \frac{V_0 P_0}{P}$$

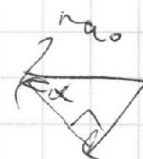
$$\frac{a+b}{P} = \frac{PR}{\mu} \Rightarrow T = \frac{\mu}{PR} \cdot \frac{a+b}{P}$$

$$\frac{PR}{V_0 P_0} \cdot V = \frac{\nu R}{V} \Rightarrow V = \frac{V_0 P_0}{P}$$

$$2P_0 = \frac{4P_0 \mu}{P_0 \mu} \cdot \frac{P_0 \mu}{2R} \Rightarrow 2P_0 = 2P_0$$

$$3P_0 = a + \frac{b}{P_0}; P_0 = a + \frac{b}{2P_0}$$

$$P = a + \frac{b}{P}$$



$$a \sin \alpha = \frac{P_0 a}{P}$$

