Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

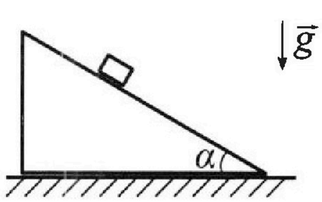
1. Шайба массой m=0,2 кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t)=\vec{V}_0\left(1-\frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0=4$ м/с, постоянная $T=2$ с.

1. Найдите путь S, пройденный шайбой за время от $t=0$ до $t=4T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

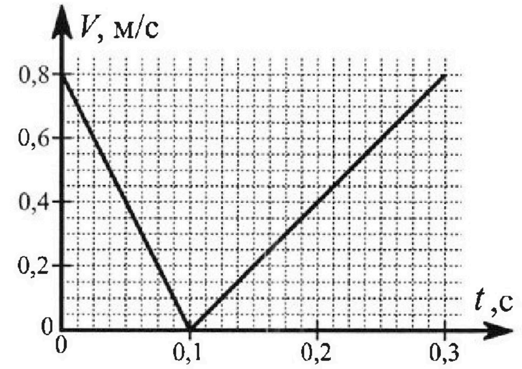
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T=4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}}=n=2$. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту H полета.
2. Найдите горизонтальную дальность S полета.
3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m=0,2$ кг, масса клина $2m$. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.



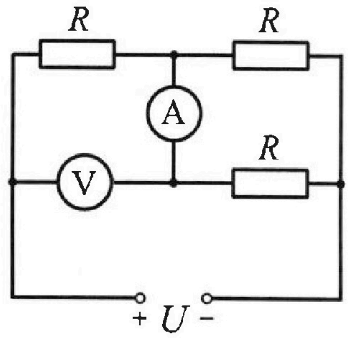
1. Найдите $\sin\alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль F_{TP} наибольшей силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0<t<0,3$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0<t<0,3$ с?



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 100$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 30$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R, сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R.

1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание U_B вольтметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при температуре $t_1 = 10$ °C, помещают лед. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы льда к массе воды $n = 9/7$.

1. Найдите долю δ массы воды, превратившейся в лед.

2. Найдите начальную температуру t_2 льда.

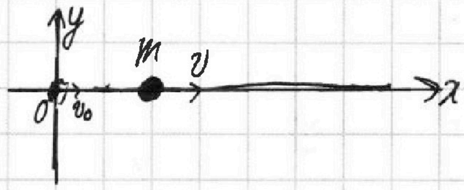
В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_Л = 2{,}1\cdot 10^3$ Дж/(кг·°C), удельная теплоёмкость воды $c_B = 4{,}2\cdot 10^3$ Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}36\cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °C.

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!

Дано:
$m = 0{,}2$ кг; $v_0 = 4$ м/с; $T = 2$ с
$\vec{v}(t) = \vec{v_0}\left(1 - \frac{t}{T}\right)$



Найти:
$S = ?$ от $t=0$ до $t=4T$
$F = ?$
$A = ?$ от $t=0$ до $t=T$

Решение:

$\vec{v}(t) = \vec{v_0}\left(1 - \frac{t}{T}\right) = \vec{v_0} - \frac{\vec{v_0}}{T}t$, т.е. $\vec{v}(t) \parallel \vec{v_0}$. Ось x направлена вдоль $\vec{v_0}$ таким образом, что шайба сначала движется в положительном направлении.

Заметим, что $\vec{v}(t)$ — линейная зависимость ~~предста~~ от времени. Представим её в следующем виде: $\vec{v}(t) = \vec{v_0} + \vec{a}t$, и тогда $\vec{a} = -\frac{\vec{v_0}}{T}$. Движение равноускоренное, причём $\vec{a} \parallel \vec{v_0}$, т.е. движение только вдоль ~~прямой~~ оси x.

Заметим, что ~~в момент времени $t=T$~~ $v(T) = 0$, а потом $\vec{v}(t) \uparrow\downarrow \vec{v_0}$. Значит, шайба развернётся (именно в момент времени $t=T$). ~~По~~ Это единственный разворот, т.к. до $t=T$ $\vec{v}(t) \uparrow\uparrow \vec{v_0}$, а после — $\vec{v}(t) \uparrow\downarrow \vec{v_0}$. Значит, чтобы посчитать путь ~~от~~ за время от $t=0$ до $t=4T$, нужно сложить пути до и после разворота. Пусть S_1 — путь до разворота, а S_2 — после. Определим проекции ускорения $\vec{a}$ и скорости $\vec{v_0}$ на ось x: $v_{0x} = v_0$, $a_x = -\frac{v_0}{T}$.

Выразим S_1: $S_1 - 0 = v_0 \cdot T - \frac{\frac{v_0}{T}\cdot T^2}{2} = \frac{v_0 T}{2}$ (и это координата разворота). (Основано на том, что $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$)

Дальше (с момента $t=T$) тело движется с ускорением $\vec{a}$, но начальная скорость равна нулю ($v(T) = 0$). Поэтому $S_2 = \frac{|a_x| t_{ост}^2}{2}$, где $t_{ост}$ — оставшееся время, $t_{ост} = 4T - T = 3T \Rightarrow S_2 = \frac{\frac{v_0}{T}(3T)^2}{2} = \frac{\frac{v_0}{T}\cdot 9T^2}{2} = \frac{9v_0T}{2}$

$S = S_1 + S_2 = \frac{v_0T}{2} + \frac{9v_0T}{2} = 5v_0T = 5 \cdot 4 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ с} = 40 \text{ м}$

По второму закону Ньютона $\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\cdot\left(-\frac{\vec{v_0}}{T}\right)$, т.к. ранее было определено, что $\vec{a} = -\frac{\vec{v_0}}{T} \Rightarrow \vec{F} = -\frac{m\vec{v_0}}{T} \Rightarrow$

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 ☐

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!

$\Rightarrow F = \frac{mv_0}{T} = \frac{0{,}2\,кг \cdot 4\,м/с}{2\,с} = 0{,}4\,Н$

~~Пусть ΔA – работа при малом перемещении на Δx. Поскольку при движении с t=0 до t=T тело имеет неотрицательную проекцию скорости, т.е.~~

При движении с $t=0$ до $t=T$ шайба имеет неотрицательную проекцию скорости на ось x, т.е. шайба движется в положительном направлении оси x. При этом $\vec{F} = -\frac{m\vec{v}_0}{T} \Rightarrow F_x = -\frac{mv_0}{T}$, т.е. проекция силы на ось x отрицательна. Пусть ΔA – работа при перемещении на малое Δx. Тогда $\Delta A = F_x \Delta x = -\frac{mv_0}{T}\Delta x$

Вся работа складывается из ΔA: $A = \sum\limits_{t=0}^{t=T} \Delta A = -\frac{mv_0}{T}\sum\limits_{t=0}^{t=T}\Delta x$. $\sum\limits_{t=0}^{t=T}\Delta x$ – перемещение за время T, т.е. $S_1 \Rightarrow A = -\frac{mv_0}{T}\cdot S_1 = -\frac{mv_0}{T}\cdot\frac{v_0T}{2} = -\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{0{,}2\,кг \cdot 16\,м^2/с^2}{2} = -1{,}6\,Дж$

Ответ: ~~$S = 40$ м; $F =$~~ $S = 5v_0T = 40$ м; $F = \frac{mv_0}{T} = 0{,}4$ Н; $A = -\frac{mv_0^2}{2} = -1{,}6$ Дж

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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 2

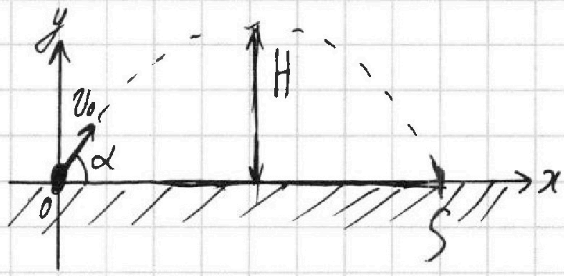
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$T = 4\,с;\ g = 10\ м/с^2$

$\frac{v_{max}}{v_{min}} = n = 2$

$\vec{g}\downarrow$



Найти: $H = ?$ $S = ?$ $R = ?$

Решение: Запишем закон сохранения энергии (ЗСЭ) в полёте:

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgy$, где m – масса мяча $\Big| \cdot \frac{2}{m}$

$v_0^2 = v^2 + 2gy \Rightarrow$ ~~это значит,~~ $v = \sqrt{v_0^2 - 2gy}$. Это значит, что v_{max} соответствует $y = 0$ (т.е. $v_{max} = v_0$), а v_{min} – максимальной высоте, т.е. H. ~~Очевидно~~ Скорость в полёте в проекции на ось x не меняется, а на y – меняется линейно со временем. Если v_y (проекция скорости на ось y) больше нуля, то через малое время мяч ещё немного поднимется. Если $v_y < 0$, то за малое время назад y был больше. Значит, при $y = H$ $v_y = 0$. Значит, $v_{max} = v_0$, а $v_{min} = v_0\cos\alpha$. $\frac{v_{max}}{v_{min}} = n \Rightarrow n = \frac{v_0}{v_0\cos\alpha} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{1}{n}$

Поскольку движение вдоль y равноускоренное, определим H следующим образом: $\Delta y = H = \frac{0 - (v_0\sin\alpha)^2}{2(-g)} = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} = \frac{v_0^2(1-\cos^2\alpha)}{2g} = \frac{v_0^2\left(1-\frac{1}{n^2}\right)}{2g}$.

$y(t) = v_0\sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} = t\left(v_0\sin\alpha - \frac{gt}{2}\right)$. Значит, тело упадёт, когда $v_0\sin\alpha = \frac{gt}{2}$ (а это через время T после удара).

$v_0\sin\alpha = \frac{gT}{2} \Rightarrow v_0\sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{gT}{2} \Rightarrow v_0 = \cancel{\frac{gT}{2\sqrt{1+\frac{1}{n^2}}}}\ \frac{gT}{2\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}}$

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

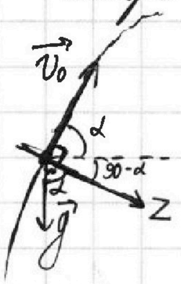
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

Тогда $H = \frac{v_0^2\left(1-\frac{1}{n^2}\right)}{2g} = \frac{\cancel{\left(1-\frac{1}{n^2}\right)}}{2g}\cdot\frac{g^2T^2}{4\cancel{\left(1-\frac{1}{n^2}\right)}} = \frac{gT^2}{8} = \frac{10\ м/с^2\cdot \cancel{4}^{2}с\cdot 4с}{\cancel{8}\,\cancel{2}\,1} = 20\ м$

Вдоль x движение равномерное $\Rightarrow S = v_0\cos\alpha\cdot T = \frac{gT^2}{2\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}}\cdot\frac{1}{n} =$

$= \frac{gT^2}{2\sqrt{n^2-1}} = \frac{10\ м/с^2\cdot \cancel{4}^{2}с\cdot 4с}{\cancel{2}\cdot\sqrt{3}} = \frac{80}{\sqrt{3}}\ м = \frac{80\sqrt{3}}{3}\ м$

Теперь рассмотрим начальный момент времени движения:



Направим ось z перпендикулярно $\vec{v_0}$. Заметим, что a_z – центростремительное ускорение. $a_z = g\cos\alpha =$

$= \frac{g}{n}$. $a_z = \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v_0^2}{a_z} = \frac{g^2T^2}{4\left(1-\frac{1}{n^2}\right)}\cdot\frac{n}{g} = \frac{gT^2\cdot n^3}{4(n^2-1)} =$

$= \frac{10\ м/с^2\cdot\cancel{4}с\cdot 4с\cdot 8}{\cancel{4}\cdot 3} = \frac{320}{3}\ м \approx 106{,}7\ м$

Ответ: $H = \frac{gT^2}{8} = 20\ м$; $S = \frac{gT^2}{2\sqrt{n^2-1}} = \frac{80}{\sqrt{3}}\ м = \frac{80\sqrt{3}}{3}\ м$; $R =$

$= \frac{gT^2n^3}{4(n^2-1)} = \frac{320}{3}\ м \approx 106{,}7\ м$

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 ☐

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!

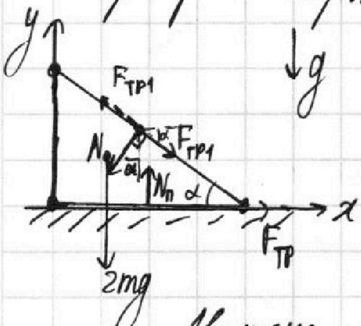
$a_{2z} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ после остановки, т.е. $a_{2z} = \frac{0{,}8\ м/с}{0{,}2\ с} = 4\ м/с^2$

Обозначим $\frac{F_{тр1}}{m}$ за a_Δ. Тогда $a_{1z} = g\sin\alpha + a_\Delta$, $a_{2z} = g\sin\alpha - a_\Delta$.

Тогда $\frac{a_{1z}+a_{2z}}{2} = \frac{g\sin\alpha + a_\Delta + g\sin\alpha - a_\Delta}{2} = g\sin\alpha \Rightarrow \sin\alpha = \frac{a_{1z}+a_{2z}}{2g} = \frac{8+4}{20} = \frac{12}{20} = 0{,}6$; и тогда $\cos\alpha = 0{,}8$.

~~Значит~~ Определим $F_{тр1}$: $F_{тр1} = m\cdot a_\Delta = m\cdot\frac{a_{1z}-a_{2z}}{2} = 0{,}4$ Н

Теперь рассмотрим силы, действующие на клин:



$F_{тр1}$ может быть направлена в любую из двух сторону вдоль клина, $F_{тр}$ может быть направлена в обе стороны вдоль оси x.

Клин покоится, запишем для него второй закон Ньютона в проекциях на оси x и y:

$$\begin{cases} y: N_п - 2mg - N\cos\alpha - F_{тр1,z}\sin\alpha = 0 \\ x: F_{тр,x} - N\sin\alpha + F_{тр1,z}\cos\alpha = 0 \end{cases}, \quad N = mg\cos\alpha$$

$F_{тр,x} = mg\cos\alpha\sin\alpha - F_{тр1,z}\cos\alpha$. В случае максимальной силы трения $F_{тр} = mg\cos\alpha\sin\alpha + F_{тр1}\cos\alpha = \cos\alpha(mg\sin\alpha + ma_\Delta) = m\cos\alpha \times (g\sin\alpha + a_\Delta) = ma_{1z}\cos\alpha = 0{,}2\ кг\cdot 8\ м/с^2\cdot 0{,}8 = 0{,}2\cdot 6{,}4\ Н = 1{,}28\ Н$

$\mu \geq \frac{|F_{тр,x}|}{N_п}$. Заметим, что $|F_{тр,x}|$ максимально при $F_{тр1,z} < 0$,

$N_п = 2mg + mg\cos^2\alpha + F_{тр1,z}\sin\alpha \Rightarrow N_п$ минимально при $F_{тр1,z} < 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{|F_{тр,x}|}{N_п}$ максимально при $F_{тр1,z} < 0 \Rightarrow N_{п,min} = mg(2+\cos^2\alpha) - ma_\Delta\sin\alpha =$

$= m(g(2+\cos^2\alpha) - a_\Delta\sin\alpha) \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{тр}}{N_{п,min}} = \frac{ma_{1z}\cos\alpha}{m(g(2+\cos^2\alpha) - a_\Delta\sin\alpha)} = \frac{a_{1z}\cos\alpha}{g(2+\cos^2\alpha) - a_\Delta\sin\alpha} =$

$= \cancel{\frac{8\cdot 0{,}8}{20+6{,}4-0{,}4\cdot 0{,}6}} = \cancel{\frac{6{,}4}{26{,}4-0{,}24}} = \cancel{\frac{64}{264-2{,}4}} = \cancel{\frac{64}{261{,}6}}$ $\frac{8\cdot 0{,}8}{20+6{,}4-2\cdot 0{,}6} = \frac{6{,}4}{26{,}4-1{,}2} = \frac{6{,}4}{25{,}2} = \frac{64}{252} = \frac{16}{63}$

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**.

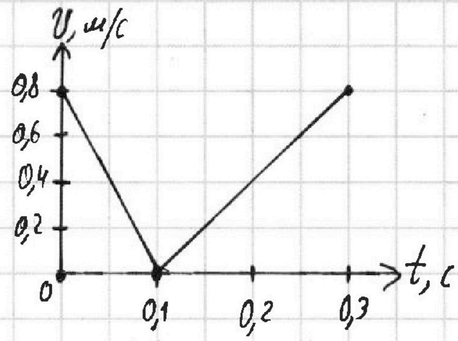
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Дано:

$m = 0{,}2$ кг; $g = 10$ м/с^2; $M = 2m$

$v(t)$

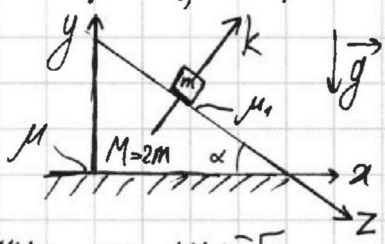


Найти:

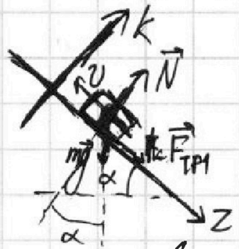
$\sin\alpha = ?$

$F_{ТР} = ?$ $0 < t < 0{,}3$ с

$\mu = ?$ $0 < t < 0{,}3$ с



Решение: Поскольку клин неподвижен, $v(t)$ равно ~~относительн~~ скорости шайбы относительно клина. Определим силы, действующие на шайбу:



$\vec{F}_{ТР1}$ — сила трения со стороны клина, она противонаправлена относительной скорости. Поскольку клин покоится, а шайба не отрывается и не продавливает клин, ускорение в проекции на ось k равно нулю. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Z и k:

$$\begin{matrix} Z: \\ k: \end{matrix} \begin{cases} ma_Z = mg\sin\alpha + F_{ТР1,Z} \\ ma_k = N - mg\cos\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_Z = g\sin\alpha + \dfrac{F_{ТР1,Z}}{m} \\ 0 = N - mg\cos\alpha \end{cases}$$

Заметим, что сначала шайбе сообщили скорость вверх по клину, ведь иначе либо скорость постоянно увеличивалась бы при движении вдоль клина, либо уменьшилась бы до нуля, и ~~оста~~ шайба остановилась бы. Всё движение шайбы вдоль одной прямой, вдоль поверхности клина. Заметим, что $F_{ТР1} = \mu_1 N \Rightarrow F_{ТР1} = \mu_1 mg\cos\alpha = const$, пока шайба не остановится. Значит, при подъёме вверх $a_{1Z} = g\sin\alpha + \dfrac{F_{ТР1}}{m}$, а при спуске — $a_{2Z} = g\sin\alpha - \dfrac{F_{ТР1}}{m}$

Из графика $a_{1Z} = -\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ до остановки, т.е. $a_{1Z} = \dfrac{0{,}8 \text{ м/с}}{0{,}1 \text{ с}} = 8$ м/с^2, 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 ☐

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!

Ответ: $\sin\alpha = 0{,}6$; $F_{тр} = 1{,}28$ Н; $\mu \geqslant \frac{16}{63}$

P.S. При рассмотрении сил, действующих на клин, $F_{тр1,2}$ изменила смысл — ~~теперь~~ ~~это~~ она стала силой, ~~с кото~~ трения со стороны шайбы, тут она сонаправлена со скоростью шайбы, так что случай $F_{тр}$ достигается при движении шайбы вверх.

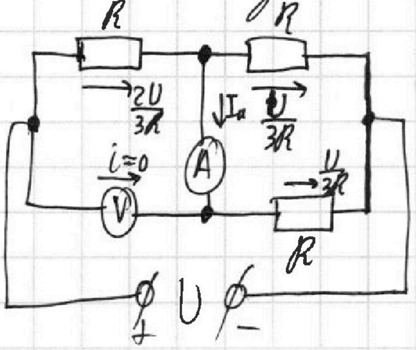
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц **в решении каждой задачи отдельно**.

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!

метре равна нулю. Для амперметра $P_a = I_a^2 \cdot r_A$, $r_A \approx 0$. Расставим токи на изначальной схеме:



По первому правилу Кирхгофа через амперметр течёт ток $I_a = \frac{2U}{3R} - \frac{U}{3R} = \frac{U}{3R} = 0{,}1 A$, т.е. того же порядка, что и на резисторах. ~~Эж~~ И поскольку $r_A \ll R$, $P_a \ll P_R \Rightarrow P_a \approx 0$, где P_R — мощность на каком-либо резисторе.

На вольтметре напряжение того же порядка, что и на резисторах, $P_в = \frac{U_в^2}{r_V}$, $r_V >> R \Rightarrow P_в \ll P_R$. Значит, $P_в \approx 0$ и $P_a \approx 0$

Тогда мощность P складывается из мощностей на резисторах: $P = I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R = (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2)R = (4I_2^2 + I_2^2 + I_2^2)R =$

$= 6R \cdot I_2^2 = 6R \cdot \left(\frac{U}{3R}\right)^2 = \frac{6RU^2}{9R^2} = \frac{2U^2}{3R} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 30}{3 \cdot 100}$ Вт $= 6$ Вт

Ответ: $I = \frac{2U}{3R} = 0{,}2\ A$; $U_в = \frac{2U}{3} = 20$ В; $P = \frac{2U^2}{3R} = 6$ Вт

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 ☐

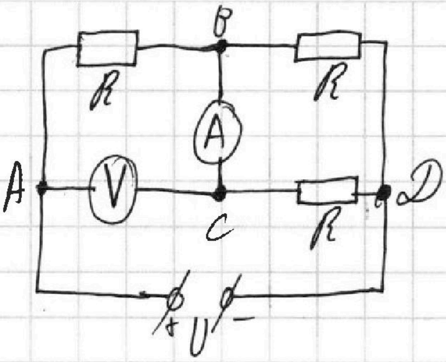
СТРАНИЦА 1 ИЗ 2

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!

Дано:

$R = 100$ Ом; $U = 30$ В

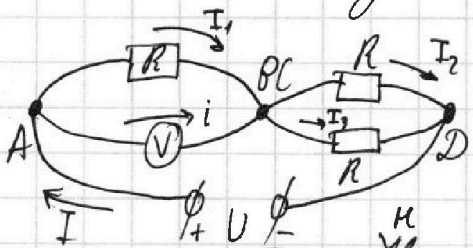
$r_A << R << r_V$



Найти: $I, U_B, P = ?$

Решение:

Поскольку $r_A << R << r_V$, амперметр и вольтметр можно считать идеальными. Значит, через вольтметр ток не течёт, напряжение на амперметре ~~равно нулю~~ пренебрежимо мало. Тогда можно объединить точки B и C и получить эквивалентную схему:

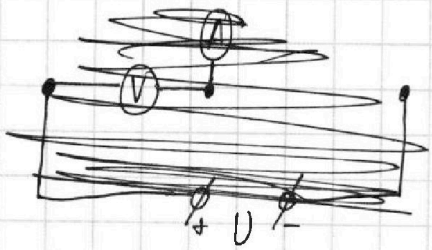


$i = 0$, а значит, по первому правилу Кирхгофа для узла BC $I_1 + i = I_2 + I_3 \Rightarrow$
$\Rightarrow I_1 = I_2 + I_3$.

Падение напряжения U_{BD} ~~на B и D~~ выразим двумя способами: $I_2R = I_3R \Rightarrow I_2 = I_3$, $I_1 = 2I_2$

Тогда $U = I_1R + I_2R = R(I_2 + 2I_2) = 3I_2R \Rightarrow I_2 = \frac{U}{3R}$, $I_3 = \frac{U}{3R}$, $I_1 = 2I_2 = \frac{2U}{3R}$. Тогда $U_B = I_1R = \frac{2U}{3R} \cdot R = \frac{2}{3}U = 20$ В

~~Расставим токи на изначальной схеме~~:



Ток, текущий через источник по первому правилу ~~Кирх~~ Кирхгофа равен $I = I_1 + i =$
$= I_1 = \frac{2U}{3R} = \frac{2 \cdot 30\ В}{3 \cdot 100\ Ом} = 0{,}2$ А

Заметим, что мощность, ~~на~~ рассеивающаяся на амперметре или вольт-

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!

Дано:

$t_1 = 10\,°C$, $m_в = m_л \equiv m_0$

$\frac{m_л'}{m_в'} = n = \frac{9}{7}$

$c_л = 2100$ Дж/(кг·°C); $c_в = 4200$ Дж/(кг·°C)

$\lambda = 3{,}36 \cdot 10^5$ Дж/кг; $t_0 = 0\,°C$

Найти:

$\delta = ?$

$t_2 = ?$

Решение: Поскольку $n > 1$, льда стало больше, т.е. вода кристаллизовывалась. Поскольку в состоянии теплового равновесия есть и вода, и лёд, их температура равна температуре плавления льда, т.е. t_0. Определим δ:

$$n = \frac{m_л'}{m_в'} = \frac{m_л + \delta m_в}{m_в - \delta m_в} = \frac{m_0 + \delta m_0}{m_0 - \delta m_0} = \frac{1+\delta}{1-\delta} \Rightarrow 1 + \delta = n - n\delta \Rightarrow \delta = \frac{n-1}{n+1} =$$

$$= \frac{\frac{9}{7} - 1}{\frac{9}{7} + 1} = \frac{9-7}{9+7} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 0{,}125$$

Раз вода начала кристаллизовываться, когда лёд нагреется до t_0, теплообмен прекратится, будет тепловое равновесие. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_л m_0 (t_0 - t_2) + c_в m_0 (t_0 - t_1) - \lambda \cdot \delta m_0 = 0$$

$$c_л m_0 (t_0 - t_2) = c_в m_0 (t_1 - t_0) + \lambda \delta m_0 \quad \Big|: m_0$$

$$c_л (t_0 - t_2) = c_в (t_1 - t_0) + \lambda \delta$$

$$t_2 = t_0 - \frac{c_в (t_1 - t_0) + \lambda \cdot \frac{n-1}{n+1}}{c_л} = 0 - \frac{4200 \cdot 10 + 336000 \cdot \frac{1}{8}}{2100}\,°C =$$

$$= -\frac{42000 + 42000}{2100}\,°C = -\frac{840}{21}\,°C = -40\,°C$$

Ответ: $\delta = \frac{n-1}{n+1} = \frac{1}{8} = 0{,}125$; $t_2 = t_0 - \frac{c_в (t_1 - t_0) + \lambda \cdot \frac{n-1}{n+1}}{c_л} = -40\,°C$