

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 $t = T$.

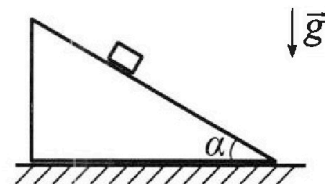
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

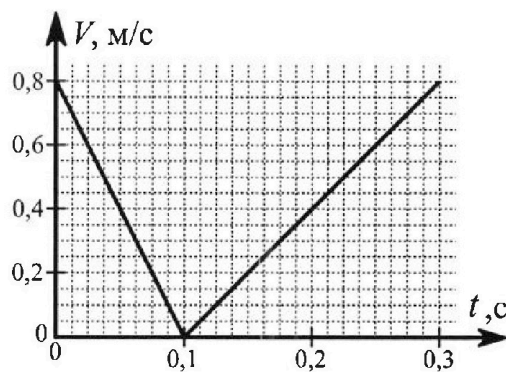
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до 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/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.

2. Найдите модуль $F_{тр}$ 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?





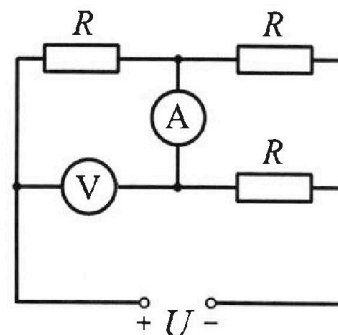
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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_V вольтметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при температуре $t_1 = 10$ °С, 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 $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.

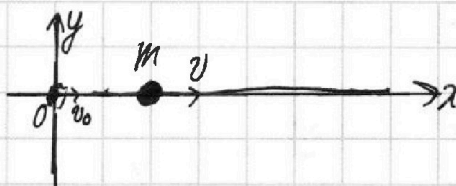
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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: $m = 0,2 \text{ кг}$; $v_0 = 4 \text{ м/с}$; $T = 2 \text{ с}$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$



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. 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 $\vec{v}(t) \uparrow \vec{v}_0$. Значит, шайба развернется (именно в момент времени $t = T$). По этому единственному развороту, т.к. до $t = T$ $\vec{v}(t) \uparrow \vec{v}_0$, а после — $\vec{v}(t) \downarrow \vec{v}_0$. Значит, чтобы посчитать путь 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 : $S_1 - 0 = v_0 \cdot T - \frac{v_0}{T} \cdot \frac{T^2}{2} = \frac{v_0 T}{2}$ (и это координата разворота). (Основано на том, что $S = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$)

Далее (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, $t_{ост} = 4T - T = 3T \Rightarrow S_2 = \frac{\frac{v_0}{T} (3T)^2}{2} = \frac{v_0 \cdot 9T^2}{2} = \frac{9v_0 T}{2}$

$$S = S_1 + S_2 = \frac{v_0 T}{2} + \frac{9v_0 T}{2} = 5v_0 T = 5 \cdot 4 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ с} = 40 \text{ м}$$

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 ☐

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!

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

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

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 $\vec{F} = -\frac{mv_0}{T} \Rightarrow F_x = -\frac{mv_0}{T}$, 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 : $A = \sum_{t=0}^{t=T} \Delta A = -\frac{mv_0}{T} \sum_{t=0}^{t=T} \Delta x$. $\sum_{t=0}^{t=T} \Delta x$ — перемещение за время T , т.е. $S_1 \Rightarrow A = -\frac{mv_0}{T} \cdot S_1 = -\frac{mv_0}{T} \cdot \frac{v_0 T}{2} = -\frac{mv_0^2}{2}$
 $= -\frac{0,2 \text{ кг} \cdot 16 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2} = -1,6 \text{ Дж}$

Ответ: ~~$S = 40 \text{ м}$~~ ; ~~$F =$~~ $S = v_0 T = 40 \text{ м}$; $F = \frac{mv_0}{T} = 0,4 \text{ Н}$; $A = -\frac{mv_0^2}{2} = -1,6 \text{ Дж}$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

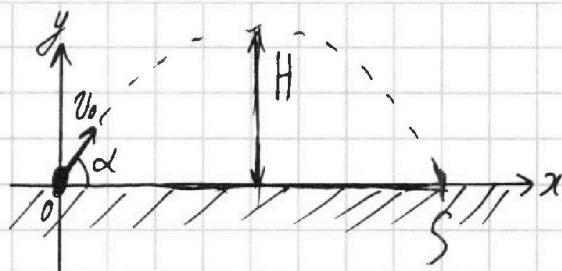
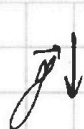
СТРАНИЦА
1 из 2

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

Дано:

$$T = 4 \text{ с}; g = 10 \text{ м/с}^2$$

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



Найти:

$$H = ?$$

$$S = ?$$

$$R = ?$$

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

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgy, \text{ где } m - \text{масса мяча} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_0^2 = v^2 + 2gy \Rightarrow \text{это значит, } v^2 = v_0^2 - 2gy. \text{ Это значит,}$$

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 казад 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:

$$\Delta y = H = \frac{v^2 - (v_0 \sin \alpha)^2}{2(-g)} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 (1 - \cos^2 \alpha)}{2g} =$$

$$= \frac{v_0^2 (1 - \frac{1}{n^2})}{2g}$$

$$y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = t(v_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2}). \text{ Значит, мяч упадет, когда}$$

$$v_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2} \text{ (а это через время } T \text{ после удара).}$$

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



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 $H = \frac{v_0^2(1 - \frac{1}{n^2})}{2g} = \frac{(1 - \frac{1}{n^2})}{2g} \cdot \frac{g^2 T^2}{4(1 - \frac{1}{n^2})} = \frac{g T^2}{8} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с} \cdot 4 \text{ с}}{8 \cdot 1} = 20 \text{ м}$

Вдоль x движение равномерное $\Rightarrow S = v_0 \cos \alpha \cdot T = \frac{g T^2}{2\sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}} \cdot \frac{1}{n} =$
 $= \frac{g T^2}{2\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с} \cdot 4 \text{ с}}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м} = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$

Теперь рассмотрим начальный момент времени движения:

Направим ось z перпендикулярно $\vec{v}_0$. Заметим, что a_z — центростремительное ускорение. $a_z = g \cos \alpha =$
 $= \frac{g}{n}$. $a_z = \frac{v_0^2}{R_n} \Rightarrow R = \frac{v_0^2}{a_z} = \frac{g^2 T^2}{4(1 - \frac{1}{n^2})} \cdot \frac{n}{g} = \frac{g T^2 \cdot n^3}{4(n^2 - 1)}$
 $= \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с} \cdot 4 \text{ с} \cdot 8}{4 \cdot 3} = \frac{320}{3} \text{ м} \approx 106,7 \text{ м}$

Ответ: $H = \frac{g T^2}{8} = 20 \text{ м}$; $S = \frac{g T^2}{2\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м} = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$; $R =$
 $= \frac{g T^2 n^3}{4(n^2 - 1)} = \frac{320}{3} \text{ м} \approx 106,7 \text{ м}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 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!

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

Обозначим $\frac{F_{TP}}{m}$ 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 $\cos \alpha = 0,8$.

Можно определить F_{TP} : $F_{TP} = m \cdot a_\Delta = m \cdot \frac{a_{1z} - a_{2z}}{2} = 0,4 \text{ Н}$

Теперь рассмотрим силы, действующие на клин: F_{TP} может быть направлена в любую сторону вдоль клина, F_{TP} может быть направлена в обе стороны вдоль оси x .
Клин покоится, запишем для него второй закон Ньютона в проекциях на оси x и y :

$$N_\Pi - 2mg - N \cos \alpha - F_{TP,z} \sin \alpha = 0$$

$$F_{TP,x} - N \sin \alpha + F_{TP,z} \cos \alpha = 0, \quad N = mg \cos \alpha$$

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

$\mu \geq \frac{|F_{TP,x}|}{N_\Pi}$. Заметим, что $|F_{TP,x}|$ максимально при $F_{TP,z} < 0$.

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

$\Rightarrow \frac{|F_{TP,x}|}{N_\Pi}$ максимально при $F_{TP,z} < 0 \Rightarrow N_{\Pi, \min} = mg(2 + \cos^2 \alpha) - m a_\Delta \sin \alpha = m(g(2 + \cos^2 \alpha) - a_\Delta \sin \alpha) \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{TP}}{N_{\Pi, \min}} = \frac{m a_{1z} \cos \alpha}{m(g(2 + \cos^2 \alpha) - a_\Delta \sin \alpha)} = \frac{a_{1z} \cos \alpha}{g(2 + \cos^2 \alpha) - a_\Delta \sin \alpha} = \frac{8 \cdot 0,8}{20 + 6,4 - 2 \cdot 0,6} = \frac{6,4}{25,2} = \frac{6,4}{25,2} = \frac{64}{252} = \frac{16}{63}$



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 ☐

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!

Дано:

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

$$v(t)$$

Найти:

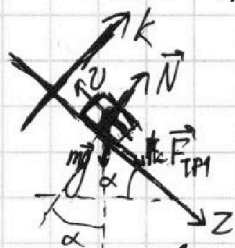
$$\sin \alpha = ?$$

$$F_{\text{тр}} = ? \quad 0 < t < 0,3 \text{ с}$$

$$\mu = ? \quad 0 < t < 0,3 \text{ с}$$

Решение:

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



$\vec{F}_{\text{тр}}$ — сила трения со стороны клина, она противоположна ^{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 :

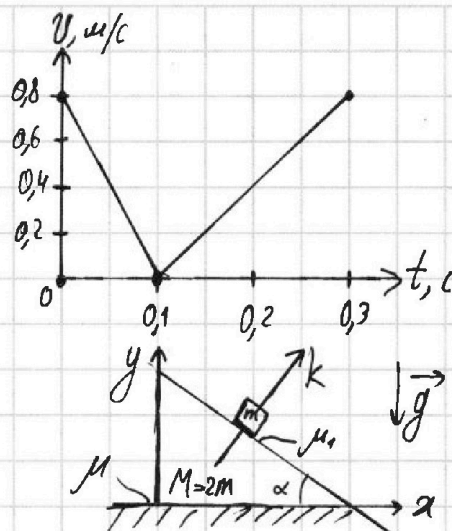
$$\begin{cases} m a_z = m g \sin \alpha + F_{\text{тр}, z} \\ m a_k = N - m g \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_z = g \sin \alpha + \frac{F_{\text{тр}, z}}{m} \\ 0 = N - m g \cos \alpha \end{cases}$$

Заметим, что сначала шайба сообщит скорости вверх по клину, ведь иначе либо скорость постоянно увеличивалась бы при движении вверх клина, либо уменьшалась бы до нуля, и шайба остановилась бы.

Все движение шайбы вдоль одной прямой, а именно вдоль поверхности клина.

Заметим, что $F_{\text{тр}} = \mu_1 N \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu_1 m g \cos \alpha = \text{const}$, пока шайба не остановится. Значит, при подъеме вверх $a_{1z} = g \sin \alpha + \frac{F_{\text{тр}}}{m}$, а при спуске — $a_{2z} = g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}}}{m}$.

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

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!

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

P.S. При рассмотрении сил, действующих на клин, $F_{\text{тр}1,2}$ — извне-
шняя силы — ~~теперь~~ ~~эта~~ она стала силой, ~~с~~ ~~которой~~ трения со сто-
роны шайбы, тут она сонаправлена со скоростью шайбы, так что
случай $F_{\text{тр}}$ достигается при движении шайбы вверх.

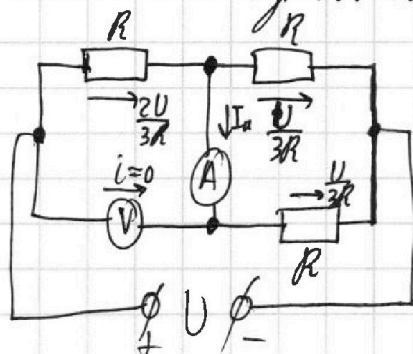


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 $P_A = I_A^2 \cdot r_A$, $r_A = 0$. Расставим токи на идеальной схеме:



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

На вольтметре напряжение того же порядка, что и на резисторах, $P_V = \frac{U_V^2}{r_V}$, $r_V \gg R \Rightarrow P_V \ll P_R$. Значит, $P_V = 0$ и $P_A = 0$

Тогда мощность P складывается из мощностей на резисторах: $P = I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R = (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2) R = (4I_2^2 + I_2^2 + I_2^2) R = 6R \cdot I_2^2 = 6R \cdot \left(\frac{U}{3R}\right)^2 = \frac{6RU^2}{3 \cdot 3R^2} = \frac{2U^2}{3R} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 30}{3 \cdot 100} \text{ Вт} = 6 \text{ Вт}$

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



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!

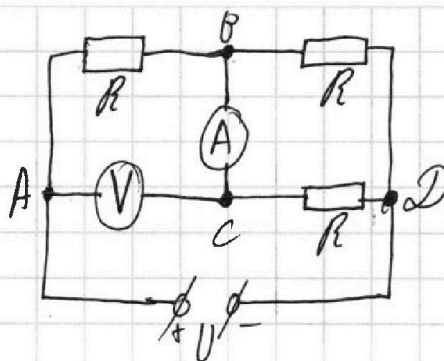
Дано:

$$R = 100 \text{ Ом}; U = 30 \text{ В}$$

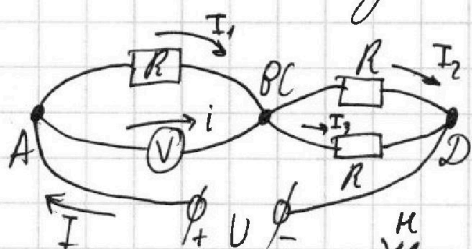
$$r_A \ll R \ll r_V$$

Найти: $I, U, P = ?$

Решение:



Поскольку $r_A \ll R \ll r_V$, амперметр и вольтметр можно считать идеальными. Значит, через вольтметр ток не течёт, напряжение на амперметре равно нулю (приблизительно). Тогда можно объединить точки B и C и получить эквивалентную схему:

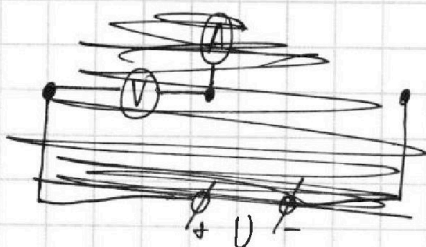


$i = 0$, а значит, по первому правилу Кирхгофа для узла B $I_1 + i = I_2 + I_3 \Rightarrow I_1 = I_2 + I_3$.

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

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

~~Рассчитать ток на соединительном проводе:~~



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

Заметим, что мощности, рассеиваемая 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:

$$t_1 = 10^\circ\text{C}, \quad m_B = m_A \equiv m_0$$

$$\frac{m_A'}{m_B'} = n = \frac{9}{7}$$

$$c_A = 2100 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}; \quad c_B = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$$

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

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 таяния льда, т.е. t_0 . Определим δ :

$$n = \frac{m_A'}{m_B'} = \frac{m_A + \delta m_0}{m_B - \delta m_0} = \frac{m_0 + \delta m_0}{m_0 - \delta m_0} = \frac{1 + \delta}{1 - \delta} \Rightarrow 1 + \delta = n - n\delta \Rightarrow \delta = \frac{n-1}{n+1} =$$

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

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

$$c_A m_0 (t_0 - t_2) + c_B m_0 (t_0 - t_1) - \lambda \cdot \delta m_0 = 0$$

$$c_A m_0 (t_0 - t_2) = c_B m_0 (t_1 - t_0) + \lambda \delta m_0 \quad | : m_0$$

$$c_A (t_0 - t_2) = c_B (t_1 - t_0) + \lambda \delta$$

$$t_2 = t_0 - \frac{c_B (t_1 - t_0) + \lambda \cdot \frac{n-1}{n+1}}{c_A} = 0 - \frac{4200 \cdot 10 + 336000 \cdot \frac{1}{8}}{2100} ^\circ\text{C} =$$

$$= - \frac{42000 + 42000}{2100} ^\circ\text{C} = - \frac{84000}{2100} ^\circ\text{C} = -40^\circ\text{C}$$

Ответ: $\delta = \frac{n-1}{n+1} = \frac{1}{8} = 0,125$; $t_2 = t_0 - \frac{c_B (t_1 - t_0) + \lambda \cdot \frac{n-1}{n+1}}{c_A} = -40^\circ\text{C}$