



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  $t = T$ .

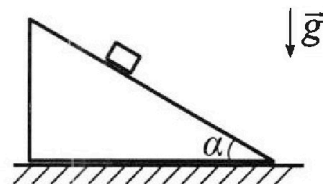
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через  $T = 4$  с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета  $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Силу сопротивления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

1. Найдите максимальную высоту  $H$  полета.

2. Найдите горизонтальную дальность  $S$  полета.

3. Найдите радиус  $R$  кривизны начального участка траектории.

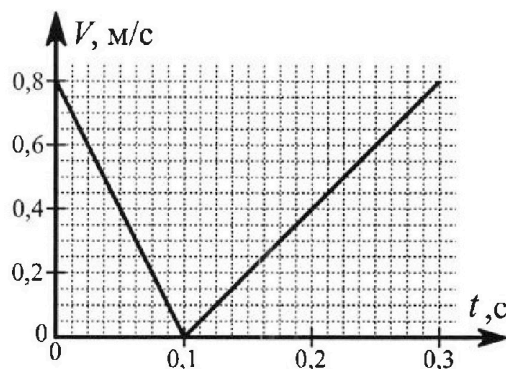
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до 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<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – 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  $\mu$  трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при  $0 < t < 0,3$  с?





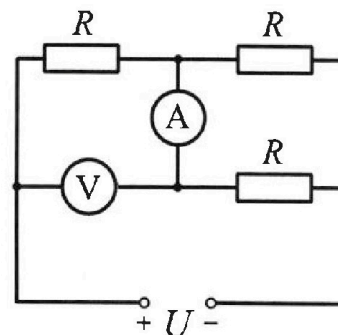
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

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  $\delta$  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.

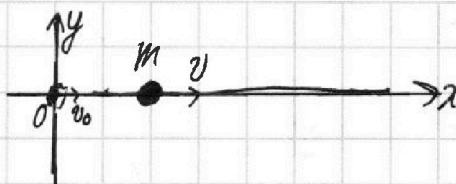
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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  $\vec{v}(t) \parallel \vec{v}_0$ . 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  $S_2 = \frac{|a_x| t_{\text{ост}}^2}{2}$ , где  $t_{\text{ост}}$  — оставшееся время,  $t_{\text{ост}} = 4T - T = 3T \Rightarrow S_2 = \frac{\frac{v_0}{T} (3T)^2}{2} = \frac{v_0 \cdot 9T^2}{2} = \frac{9v_0 T}{2}$

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

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  $\Delta A$  — 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  $\Delta x$ .~~

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  $\Delta A$  — работа при перемещении на малое  $\Delta x$ . Тогда  $\Delta A = F_x \Delta x = -\frac{mv_0}{T} \Delta x$ .  
Вся работа складывается из  $\Delta A$ :  $A = \sum_{t=0}^{t=T} \Delta A = -\frac{mv_0}{T} \sum_{t=0}^{t=T} \Delta x$ .  $\sum_{t=0}^{t=T} \Delta x$  — 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 ☐

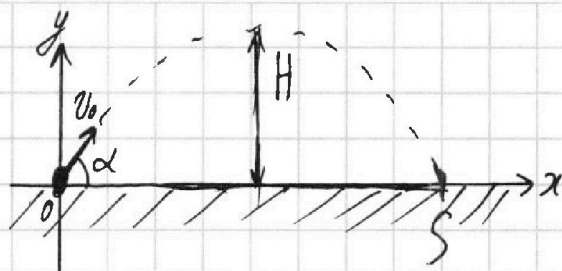
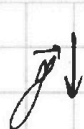
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!

$$a_{22} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ после остановки, т.е. } a_{22} = \frac{0,8 \text{ м/с}}{0,2 \text{ м/с}} = 4 \text{ м/с}^2$$

Обозначим  $\frac{F_{TP}}{m}$  за  $a_\Delta$ . Тогда  $a_{12} = g \sin \alpha + a_\Delta$ ,  $a_{22} = g \sin \alpha - a_\Delta$ .  
Тогда  $\frac{a_{12} + a_{22}}{2} = \frac{g \sin \alpha + a_\Delta + g \sin \alpha - a_\Delta}{2} = g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_{12} + a_{22}}{2g} = \frac{8 + 4}{20} = \frac{12}{20} = 0,6$ ; и тогда  $\cos \alpha = 0,8$ .

Можно определить  $F_{TP}$ :  $F_{TP} = m \cdot a_\Delta = m \cdot \frac{a_{12} - a_{22}}{2} = 0,4 \text{ Н}$

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  $F_{TP} = mg \cos \alpha \sin \alpha + F_{TP,z} \cos \alpha = \cos \alpha (mg \sin \alpha + m a_\Delta) = m \cos \alpha \cdot (g \sin \alpha + a_\Delta) = m a_{12} \cos \alpha = 0,2 \text{ кг} \cdot 8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,8 = 0,2 \cdot 6,4 \text{ Н} = 1,28 \text{ Н}$

$\mu \geq \frac{|F_{TP,x}|}{N_\Pi}$ . 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  $F_{TP,z} < 0 \Rightarrow N_{\Pi, \min} = mg(2 + \cos^2 \alpha) - m a_\Delta \sin \alpha =$

$= m(g(2 + \cos^2 \alpha) - a_\Delta \sin \alpha) \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{TP}}{N_{\Pi, \min}} = \frac{m a_{12} \cos \alpha}{m(g(2 + \cos^2 \alpha) - a_\Delta \sin \alpha)} = \frac{a_{12} \cos \alpha}{g(2 + \cos^2 \alpha) - a_\Delta \sin \alpha} =$   
 $= \frac{8 \cdot 0,8}{20 + 6,4 - 2 \cdot 0,6} = \frac{6,4}{26,4 - 1,2} = \frac{6,4}{25,2} = \frac{64}{252} = \frac{16}{63}$



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 ☐

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:

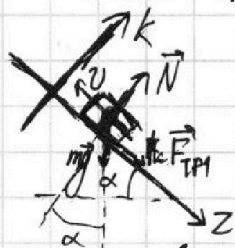
$$\sin \alpha = ?$$

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

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

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 <sup>относительной</sup> 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  $k$ :

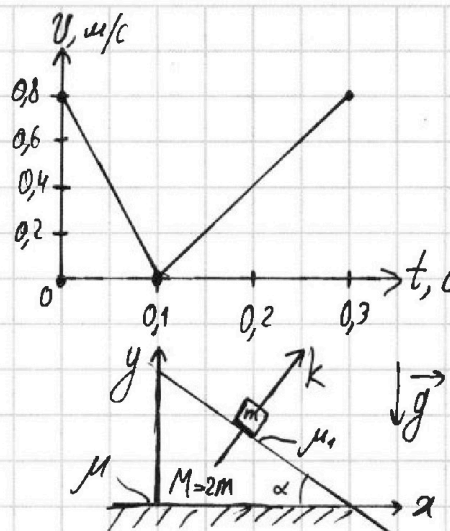
$$\begin{cases} m a_z = m g \sin \alpha + F_{\text{тр}, z} \\ m a_k = N - m g \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_z = g \sin \alpha + \frac{F_{\text{тр}, z}}{m} \\ 0 = N - m g \cos \alpha \end{cases}$$

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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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.

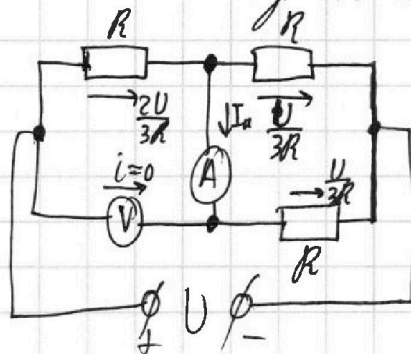


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

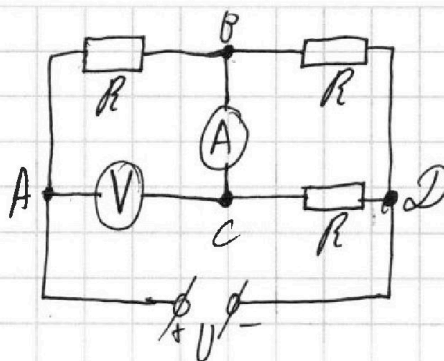
Дано:

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

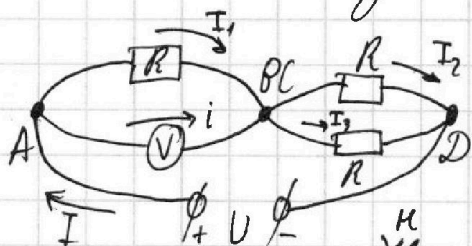
$$r_A \ll R \ll r_V$$

Найти:  $I, U, P = ?$

Решение:



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:



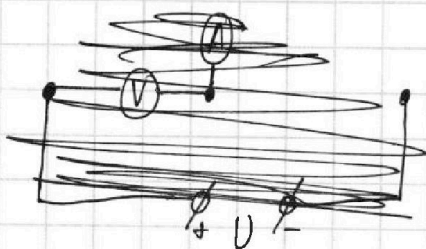
$i = 0$ , а значит, по первому правилу Кирхгофа для узла B  $I_1 + i = I_2 + I_3 \Rightarrow I_1 = I_2 + I_3$ .

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

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

$$I_1 = 2I_2 = \frac{2U}{3R}. \text{ Тогда } U_B = I_1 R = \frac{2U}{3} \cdot R = \frac{2}{3}U = 20 \text{ В}$$

~~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 мощность, 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  $\delta$ :

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

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

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