Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

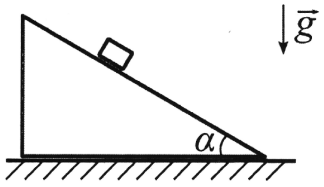
1. Шайба массой m=0,2 кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t)=\vec{V}_0\left(1-\frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0=4$ м/с, постоянная $T=2$ с.

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 $t=T$.

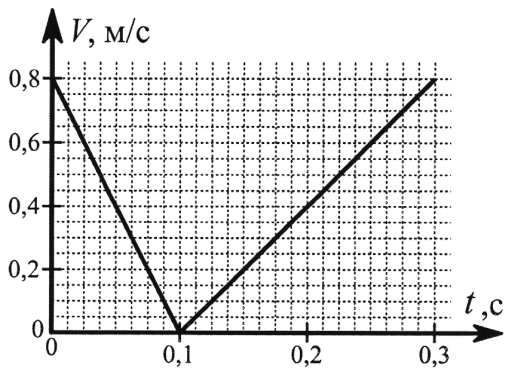
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T=4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}}=n=2$. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2. Силу сопротивления воздуха считайте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

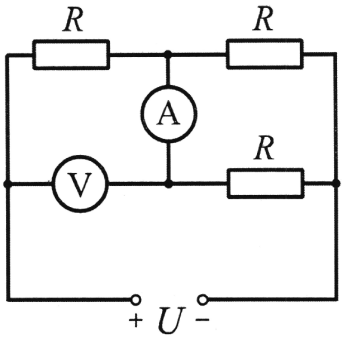


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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!

№1

Дано:

$m = 0{,}2$ кг

$\vec{v}(t) = \vec{v_0}\left(1 - \frac{t}{T}\right)$

$|\vec{v_0}| = 4$ м/с

$T = 2$ с = Const

Найти:

1) $S(t = 4T) = ?$

2) $F = ?$

3) $A(t = T) = ?$

$\vec{v} \uparrow\uparrow \vec{v_0}$ => можно рассматривать все движение в проекции на ось $\vec{Ox} \uparrow\uparrow \vec{v_0}$

$v = v_0 - \frac{t}{T} \cdot v_0$ — $v(t)$

Рассмотрим перемещение шайбы в момент времени t и за малое время Δt

$\Delta S = v \cdot \Delta t = v(t) \cdot \Delta t = v_0 \cdot \Delta t - \frac{t}{T} \cdot v_0 \cdot \Delta t$

$\int_0^S dS = v_0 \int_0^{4T} dt - \frac{v_0}{T} \int_0^{4T} t \cdot dt$

$S = v_0 \cdot 4T - \frac{v_0}{T} \cdot \frac{(4T)^2}{2}$

$S = v_0 \cdot 4T - \frac{v_0}{T} \cdot 8T^2$

$v(t) = v_0 - \frac{v_0}{T} \cdot t$

v_0: Const; $\frac{v_0}{T}$: Const < 0

v линейно зависит от t ⇓ перед нами равнозамедленное движение

$a = -\frac{v_0}{T} = \text{Const}$

$v(t) = v_0 - a \cdot t \Rightarrow x(t) = v_0 \cdot t - \frac{at^2}{2}$ — координата тела на оси Ox ($\uparrow\uparrow \vec{v_0}$). Т.О — обозначено начальное положение

Найдем момент времени, когда тело остановится

$t_{ост} = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\frac{v_0}{T}} = T = 2$ с

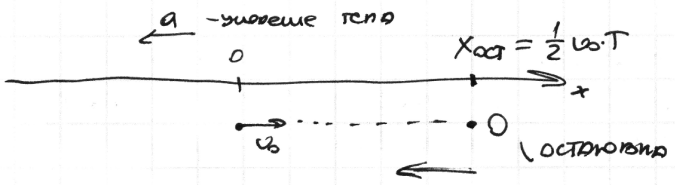
Найдем координату остановки шайбы

$x_{ост} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2 \cdot \frac{v_0}{T}} = \frac{1}{2} v_0 \cdot T = 4$ 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!



При $0 \le t \le T$ тело движется по оси Ox в положительном направлении и до остановки проходит путь $X_{ост} - 0 = \frac{1}{2} v_0 \cdot T$

При $t > T$ тело движется в отрицательном направлении оси Ox. И за время $4T - T = 3T$ пройдет путь —

$a \cdot \frac{(3T)^2}{2} = \frac{9}{2} a \cdot T^2 = \frac{9}{2} v_0 \cdot T$ (стартует и т. $X_{ост}$ с нулевой начальной скоростью)

$$S(t = 4T) = \frac{1}{2} v_0 \cdot T + \frac{9}{2} v_0 \cdot T = 5 v_0 \cdot T = 5 \cdot 4 \cdot 2 = 40 \text{ м}$$

F – модуль горизонтальной силы, действующей на шайбу. В соответствии с II з. Ньютона на ось Ox: (других горизонтальных сил нет)

$F = ma \Rightarrow$ F действует против оси Ox:

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{v_0}{T} = 0{,}2 \cdot \frac{4}{2} = 0{,}4 \text{ Н}$$

A – работа силы F за время $t = 0$ до $t = T$, т.е до остановки тела

$$A = -F \cdot S_{ост} = -F \cdot \frac{1}{2} v_0 \cdot T = -0{,}4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 2 = -1{,}6 \text{ Дж}$$

Знак „–" потому что сила и перемещение при $t \le T$ разнонаправлены

Ответ: 1) $S = 40$ м

2) $F = 0{,}4$ Н

3) $A = -1{,}6$ 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 ☐

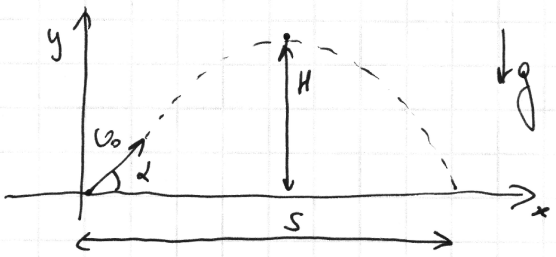
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

№2

Дано:
$T = 4c$
$\frac{v_{max}}{v_{min}} = n = 2$
$g = 10 м/с^2$

Найти:
1) $H = ?$
2) $S = ?$
3) $R = ?$

После того как футболист наносит удар по мячу, мяч летит по параболической траектории → равноускоренно под углом к горизонту



Обозначения: v_0 – начальная скорость
α – угол к горизонту в начальный момент

Oy: $v_y(t) = v_0 \sin\alpha - g \cdot t$ – проекция скорости

$y(t) = v_0 \cdot \sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ – координата

Ox: $v_x(t) = v_0 \cos\alpha = const$

$x(t) = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot t$

Из уравнений $v_y(t)$ и $v_x(t)$ очевидно, что v_{max} реализуется в начальный и конечный момент, а v_{min} – в когда мяч находится в вершине параболы (траектории), тогда

$\vec{v}_{min} \uparrow\uparrow \vec{Ox} \Rightarrow v_{min} = v_0 \cos\alpha$

$v_{max} = v_0$

$\frac{v_{max}}{v_{min}} = \frac{1}{\cos\alpha} = n = 2 \Rightarrow \cos\alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60°$

$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

Полное время полёта: $T = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{T \cdot g}{2\sin\alpha} = \frac{T \cdot g}{\sqrt{3}}$

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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Наибольшая высота подъема H:

$$H = \frac{(v_0 \sin\alpha)^2}{2g} = \frac{\sin^2\alpha}{2g} \cdot v_0^2 = \frac{\frac{3}{4}}{2g} \cdot T^2 g^2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{8} T^2 g = \frac{1}{8} \cdot 4^2 \cdot 10 = 20 \text{ м}$$

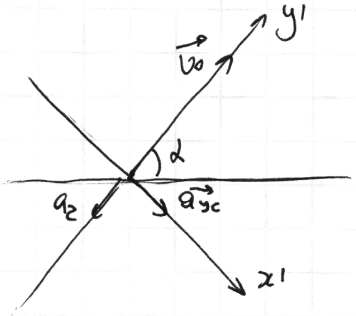
Дальность полёта

$$S = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot T = \frac{T \cdot g}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \cdot T = \frac{1}{2\sqrt{3}} g T^2 = \frac{\sqrt{3}}{6} g T^2$$

$$S = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot 10 \cdot 4^2 = \sqrt{3} \cdot \frac{80}{3} \text{ м} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

Радиус кривизны траектории R в начальный момент

Полное ускорение мяча в любой момент времени $\vec{a} = \vec{g}$



Разложим его на

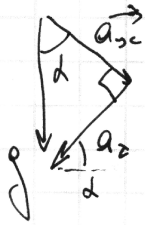
$\vec{a_{yc}}$ – центростремительное ускорение

$\vec{a_2}$ – тангенциальное ускорение

$\vec{a_{yc}} \perp \vec{v_0}$

$\vec{a_2} \uparrow\uparrow -\vec{v_0}$

$\vec{a_{yc}} + \vec{a_2} = \vec{g}$



$\Rightarrow a_{yc} = g\cos\alpha$

$$R = \frac{v_0^2}{a_{yc}} = \frac{T^2 g^2}{3} \cdot \frac{1}{g \cdot \cos\alpha} = \frac{2}{3} g T^2 = \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 4^2 = \frac{320}{3} \text{ м}$$

Ответ: 1) $H = 20$ м 3) $R = \frac{320}{3}$ м

2) $S = \frac{80}{\sqrt{3}}$ 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!

№3

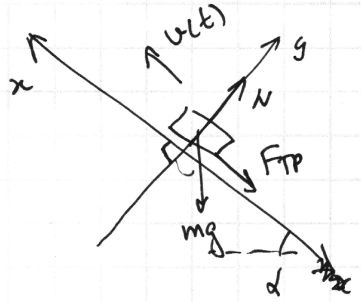
Дано:
$|v|(t)$
$m = 0{,}2$ кг
$g = 10$ м/с^2

Найти:
1) $\sin\alpha = ?$
2) $F_{тр\,max} = ?$ $0 < t < 0{,}3$ с
3) $\mu = ?$ $0 < t < 0{,}3$ с

Шайба движется по покоящемуся клину (по условия) => полная скорость шайбы всегда лежит вдоль линии падения волны на клине

Из графика $v(t)$ понятно, что сначала скорость шайбы уменьшается, потом происходит остановка, потом скорость шайбы увеличивается. => Начальная скорость шайбы $v_0 = 0{,}8$ м/с была направлена вверх по клину.

Рассмотрим движение шайбы вверх по клину.



II з. Ньютона

oy: $N - mg\cos\alpha = 0$

$N = mg\cos\alpha$

ox: $ma_x = -mg\sin\alpha - F_{тр}$

$a_x = -g\sin\alpha - \frac{F_{тр}}{m}$

Шайба движется => $F_{тр\,max} = \mu_1 N$

μ_1 – коэффициент трения шайбы о поверхность клина

$a_x = -g\cdot\sin\alpha - \mu_1 g\cos\alpha$ — против оси ox

Остановка шайбы произойдет $t_{ост} = \frac{v_0}{a_x}$

По графику $t_{ост} = 0{,}1$ с $(v = 0)$

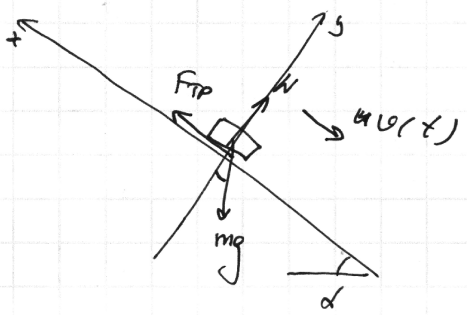
$t_{ост} = \frac{v_0}{g(\sin\alpha + \mu_1\cos\alpha)}$ => $\frac{v_0}{t_{ост}} = g\sin\alpha + \mu_1 g\cos\alpha$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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 движение шайбы вниз по клину



II з. Ньютона

oy: $N = mg\cos\alpha$

ox: $ma_x = mg\sin\alpha - F_{тр}$

$$a_x = g\sin\alpha - \frac{F_{тр}}{m}$$

Шайба движется $\Rightarrow F_{тр\,max} = \mu_1 \cdot N = \mu_1 mg\cos\alpha$

$$a_x = g\sin\alpha - \mu_1 g\cos\alpha$$

$a_x = \frac{dv}{dt}$ — т.е угловой коэффициент наклона возрастающей части графика

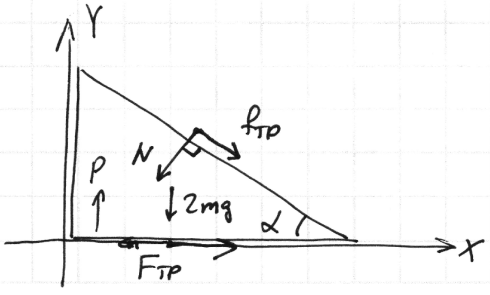
$$a_x = \frac{0{,}8\ м/с - 0}{0{,}3\ с - 0{,}1\ с} = 4\ м/с^2$$

$$\left.\begin{aligned} a_x &= g\sin\alpha - \mu_1 g\cos\alpha \\ \frac{v_0}{t_{ост}} &= g\sin\alpha + \mu_1 g\cos\alpha \end{aligned}\right\} \Rightarrow a_x + \frac{v_0}{t_{ост}} = 2g\sin\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{1}{2g}\left(a_x + \frac{v_0}{t_{ост}}\right) = \frac{1}{2\cdot 10}\cdot\left(4 + \frac{0{,}8}{0{,}1}\right) = \frac{12}{2\cdot 10} = 0{,}6 = \frac{3}{5}$$

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

Рассмотрим силы, действующие на клин



$f_{тр}$ – сила трения между шайбой и клином

N – сила реакции опоры со стороны шайбы на клин

P – сила реакции опоры со стороны плоскости

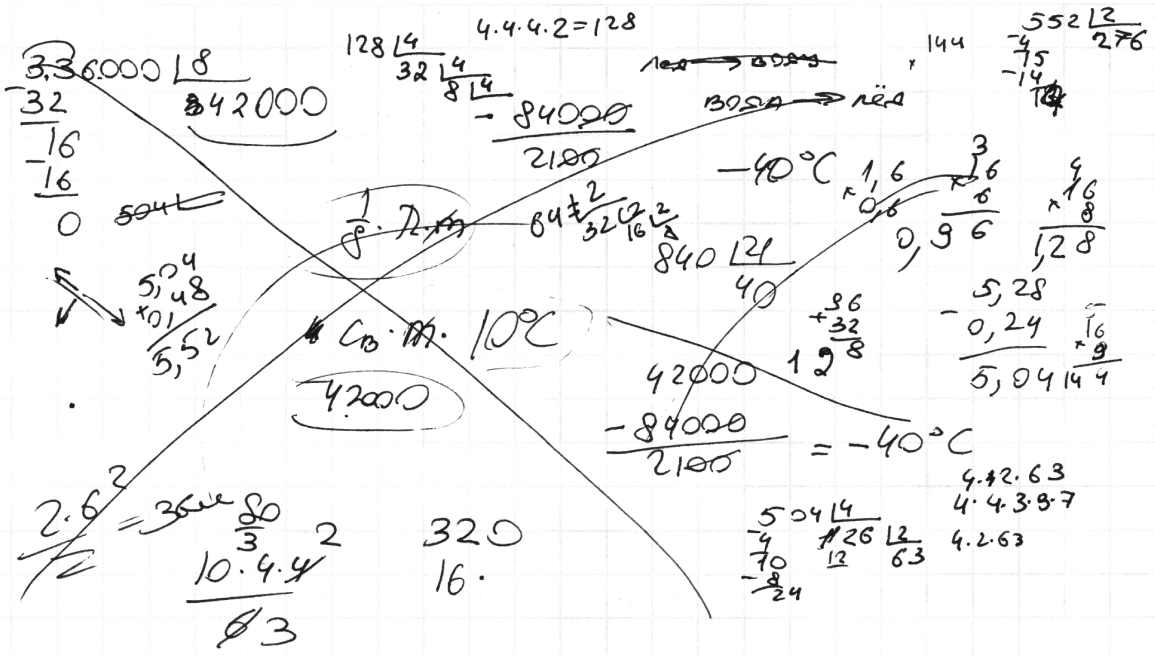
$F_{тр}$ – сила трения между клином и плоскостью.

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 5

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!



Направления сил $F_{тр}$ и $f_{тр}$ могут различаться, потому что шайба движется в разные стороны

Клин покоится $\Rightarrow \Sigma F_x = 0$

$$\pm f_{тр} \cdot \cos\alpha - N\sin\alpha + F_{тр} = 0$$

$$F_{тр} = N\sin\alpha \pm f_{тр}\cdot\cos\alpha$$

Из предыдущего решения $|f_{тр}| = \mu_1 mg\cos\alpha$

$\mu_1 g\cos\alpha = g\sin\alpha - a_x = 10\cdot 0{,}6 - 4 = 2\ м/с^2$

$|f_{тр}| = m\cdot\mu_1\cdot g\cdot\cos\alpha = 0{,}2\cdot 2 = 0{,}4\ Н$

$|f_{тр}|\cdot\cos\alpha = 0{,}4\cdot 0{,}8 = 0{,}32\ Н$

$N = mg\cos\alpha = 0{,}2\cdot 10\cdot 0{,}8 = 1{,}6\ Н$

$N\cdot\sin\alpha = 1{,}6\cdot 0{,}6 = 0{,}96\ Н$

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 ☐

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!

Если „+" — $f_{тр}$ вверх по клину, шайба спускается

$$F_{тр} = N\sin\alpha + f_{тр}\cos\alpha = 0{,}96\,Н + 0{,}32\,Н = 1{,}28\,Н$$

Если „−": $F_{тр} = N\sin\alpha - f_{тр}\cos\alpha = 0{,}64\,Н < 1{,}28\,Н$ ⇓ шайба поднимается

$$F_{тр\,max} = 1{,}28\,Н$$

По оси OY клин покоится

$$\Rightarrow P = 2mg + N\cos\alpha \mp f_{тр}\cdot\sin\alpha$$

„−" шайба спускается; „+" шайба поднимается

Клин покоится $\Rightarrow F_{тр} \le \mu P$

$$\mu \ge \frac{F_{тр}}{P}$$

Для случая спуска шайбы

$F_{тр} = 1{,}28\,Н$

$P = 2mg + N\cos\alpha - f_{тр}\cdot\sin\alpha = 2\cdot 0{,}2\cdot 10 + 1{,}6\cdot 0{,}8 - 0{,}4\cdot 0{,}6 =$

$= 5{,}04\,Н$

$$\mu \ge \frac{1{,}28}{5{,}04} = \frac{4\cdot 4\cdot 4\cdot 2}{4\cdot 2\cdot 63} = \frac{16}{63}$$

Для случая подъема шайбы

$F_{тр} = 0{,}64\,Н$

$P = 2mg + N\cos\alpha + f_{тр}\cdot\sin\alpha = 2\cdot 0{,}2\cdot 10 + 1{,}6\cdot 0{,}8 + 0{,}4\cdot 0{,}6 = 5{,}52\,Н$

$$\mu \ge \frac{0{,}64}{5{,}52} = \frac{8}{69}$$

$\frac{16}{63} > \frac{8}{69}$ а т.к. клин всегда покоится

$$\mu \ge \max\left(\frac{16}{63}; \frac{8}{69}\right) = \frac{16}{63}$$

$$\mu \ge \frac{16}{63}$$

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 5 ИЗ 5

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: 1) $\sin\alpha = 0{,}6$

2) $F_{тр\,max} = 1{,}28\ Н$

3) $\mu \geq \frac{16}{63}$

$552 = 2^3 \cdot 3 \cdot 23$; $64 = 2^6$; $\frac{2\cdot2\cdot2\cdot3\cdot23}{2^6} = \frac{2^3\cdot3\cdot23}{2^6} = \frac{3\cdot23}{2^3} = \frac{69}{8}$

$2\cdot2\cdot2\cdot2\cdot2\cdot2$ (4, 8, 16, 32)

$23 \cdot 3 = 69$; $69 \cdot 8 = 552$; $1{,}28 + 0{,}24 = 1{,}52$

$552 : 8 = 69$; 48; 72

$\frac{16}{63} \vee \frac{8}{69} \mid \cdot 69 \cdot 63$

$2 \cdot 69 \vee 63$

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

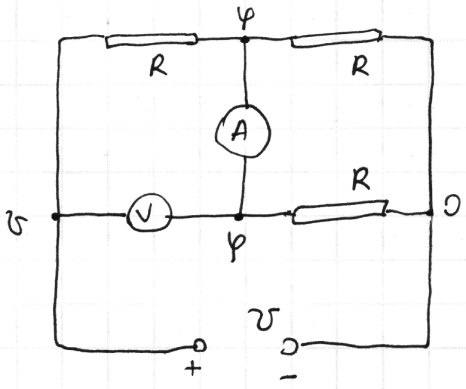
СТРАНИЦА 1 ИЗ 1

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!

№4

Дано:
$R = 100\,\Omega$
$\upsilon = 30\,В$

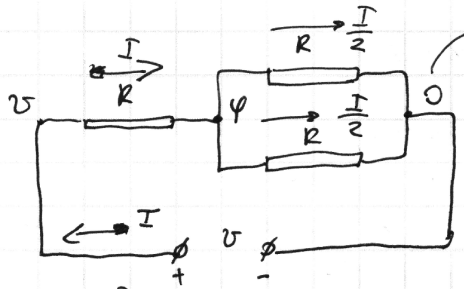
Найти:
1) $I = ?$
2) $\upsilon_в = ?$
3) $P = ?$



Сопротивление амперметра много меньше R => амперметр является идеальной перемычкой => потенциалы на его клеммах равны. $\varphi = \varphi$

Сопротивление вольтметра много больше R => вольтметр является разрывом цепи и через него ток не идёт

С учётом выше изложенного схема имеет вид



т.к это параллельное соединение
I - сила тока через источник.
Полный контур схемы:

$$\upsilon = I \cdot R + \frac{I}{2} \cdot R$$

$$\upsilon = \frac{3}{2} IR \quad => \quad I = \frac{2}{3} \cdot \frac{\upsilon}{R} = \frac{2}{3} \cdot \frac{30}{100} = 0{,}2\,А$$

Показание вольтметра — это напряжение на одиночном резисторе R ($\upsilon - \varphi$), т.к они соединены параллельно

$$\upsilon_в = I \cdot R = \frac{2}{3} \upsilon = 20\,В$$

P - мощность, рассеивающаяся в цепи

$$P = \upsilon \cdot I = 30\,В \cdot 0{,}2\,А = 30 \cdot \frac{2}{10} = 6\,Вт$$

Ответ: 1) $I = 0{,}2\,А$

2) $\upsilon_в = 20\,В$

3) $P = 6\,Вт$

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 ☐

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!

Из (III) $m_A - m = m - m_B$

$m_A = 2m - m_B$

(III) → (II) $n = \frac{2m - m_B}{m_B}$

$2m - m_B = n \cdot m_B \Rightarrow m_B = \frac{2m}{1+n} = \frac{2}{1+\frac{9}{7}} \cdot m = \frac{2}{16} \cdot 7m$

$m_B = \frac{7}{8}m \Rightarrow m_A = \frac{9}{8}m$

(II) → (IV)

$\delta = \frac{m - m_B}{m} = \frac{m - \frac{2m}{1+n}}{m} = 1 - \frac{2}{1+n} = \frac{1+n-2}{1+n} = \frac{n-1}{n+1}$

$\delta = \frac{n-1}{n+1} = \frac{\frac{9}{7}-1}{\frac{9}{7}+1} = \frac{9-7}{9+7} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$

Уравнение (I)

$c_B \cdot m(t_0 - t_1) + c_A \cdot m(t_0 - t_2) \mp \lambda\left(\frac{9}{8}m - m\right) = 0 \quad | : m$

$c_B(t_0 - t_1) + c_A(t_0 - t_2) \mp \lambda \cdot \frac{1}{8} = 0$

$c_B(t_0 - t_1) \mp \frac{1}{8}\lambda = c_A(t_2 - t_0)$

$t_2 = \frac{c_B(t_0 - t_1) \mp \frac{1}{8}\lambda}{c_A} + t_0 = \frac{4200 \cdot (0 - (-10)) \mp \frac{336000}{8}}{2100} + 0 = -40^\circ C$

Ответ: 1) $\delta = \frac{1}{8}$

2) $t_2 = -40^\circ C$

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 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!

№5

Дано:

$t_1 = 10°C$

$\eta = \frac{3}{7}$

$c_л = 2{,}1 \cdot 10^3 \frac{Дж}{кг°C}$

$c_в = 4{,}2 \cdot 10^3 \frac{Дж}{кг°C}$

$\lambda = 3{,}36 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг}$

$t_0 = 0°C$

Найти:

1) $\delta = ?$

2) $t_2 = ?$

Обозначения:

1. m – начальная масса воды, и по условию и начальная масса льда
2. $m_в$ – конечная масса воды
3. $m_л$ – конечная масса льда

После установления теплового равновесия в калориметре остались и вода, и лёд ($\eta \neq 0$) => установившаяся температура – $t_0 = 0°C$

$\eta > 1$ => в системе часть воды превратилась в лёд, а не часть льда растаяла.

Запишем уравнение теплового баланса

$$c_в \cdot m \cdot (t_0 - t_1) + c_л \cdot m (t_0 - t_2) - \lambda (m_л - m) = 0 \quad (I)$$

↑ вся вода остыла до t_0

↑ весь лед нагрелся до t_0

↑ часть воды превратилась в лёд

Из условия $$\eta = \frac{m_л}{m_в} \quad (II)$$

Т.к из системы в-ва не уходят, то насколько увеличилась масса льда, настолько же уменьшилась масса воды.

$$m_л - m = m - m_в \quad (III)$$

Доля массы воды, превратившаяся в лёд

$$\delta = \frac{m - m_в}{m} \quad (IV)$$