



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

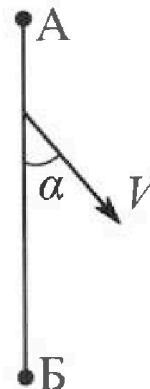


1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Аппарат всегда летит по прямой. Продолжительность полета аппарата по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$ в безветренную погоду составляет $T_0=200$ с. Расстояние AB равно $S=2$ км.

1. Найдите скорость U аппарата в спокойном воздухе.

Допусти м, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью $V = 15$ м/с под углом α к прямой AB (см. рис.), $\sin \alpha = 0,8$.

2. Найдите продолжительность T_1 полета по маршруту $A \rightarrow B$ в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна U .
3. При каком значении угла α продолжительность полета по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$ минимальная?
4. Найдите минимальную продолжительность T_{MIN} полета по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$.



2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через $t_1 = 0,5$ с и $t_2 = 1,5$ с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости мяча повернулся на угол $2\beta = 90^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите продолжительность T полета от старта до подъема на максимальную высоту.
2. Найдите дальность L полета от старта до падения на площадку.
3. Найдите радиус R кривизны траектории в малой окрестности высшей точки.

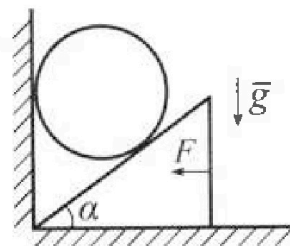
3. Клин с углом α при вершине находится на горизонтальной поверхности (см. рис). На наклонной плоскости клина покоится однородный шар, касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны $m=0,4$ кг. Трения нет. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Систему удерживают в покое горизонтальной силой $F = \sqrt{3}mg$.

1. Найдите угол α , который наклонная плоскость клина образует с горизонтальной поверхностью.

Силу F снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на H шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью. Перемещение шара после соударения до первой остановки равно $h=0,15$ м.

2. Найдите перемещение H шара до соударения.
3. Найдите силу N_1 , с которой вертикальная стенка действует на шар в процессе разгона клина.
4. При каком значении угла α сила N_1 максимальная по величине?
5. Найдите максимальную величину N_{MAX} этой силы.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 09-02

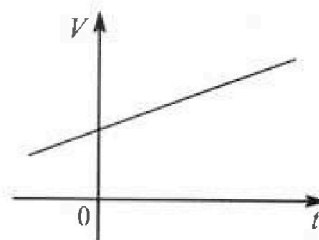
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Для контроля температуры воды в лечебной ванне используют спиртовой термометр. На шкале такого термометра расстояние между отметками $t_0 = 0^\circ\text{C}$ и $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ равно $L=100$ мм. В термометре находится $m=0,04$ г спирта.

Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем спирта увеличивается по линейному закону. График зависимости объема V спирта от температуры t , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ объем спирта в $\beta = 1,12$ раза больше объема спирта при $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Плотность спирта при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$ считайте равной $\rho = 0,8$ г/см³. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

1. Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ спирта от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: $m, \rho, \beta, t_0, t_{100}, t$.



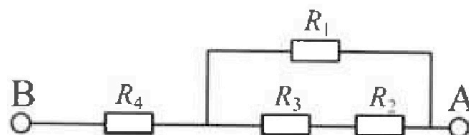
Температура воды, поступающей в ванну от природного геотермального источника, равна $t_1 = 50^\circ\text{C}$.

2. Найдите убыль $|\Delta V|$ объема спирта при уменьшении температуры воды от $t_1 = 50^\circ\text{C}$ до $t_2 = 40^\circ\text{C}$. В ответе приведите формулу и число в мм³.
3. Найдите площадь S поперечного сечения капилляра термометра. Ответ представьте в мм².

5. В цепи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов $R_1 = 1,2r, R_2 = 2r, R_3 = 4r, R_4 = r$, здесь $r = 5$ Ом.

1. Найдите эквивалентное сопротивление $R_{\text{ЭКВ}}$ цепи.

Контакты А и В подключают к источнику постоянного тока $I = 4$ А.



2. Найдите мощность P , которая рассеивается на всей цепи.

3. На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? Найдите эту наименьшую мощность P_{MIN} .



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!

N1

Дано:

$$t_0 = 200 \text{ c}$$

$$S = 2000 \text{ м}$$

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$V = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$U = ?$$

$$t_1 = ?$$

$$\alpha = ?$$

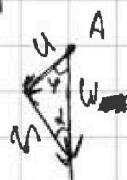
$$T_{\text{полет}} = ?$$

Решение:

Маршрут $A \rightarrow B - A \Rightarrow$ путь $2S$

$$U = \frac{2S}{t_0}; U = \frac{2000 \cdot 2}{200} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Самолёт всегда $\Rightarrow$ если есть ветер, самолёт должен лететь так, чтобы ветер его снесло на по прямой прямого траекторию из A в $B \Rightarrow$



$\Rightarrow U \sin \varphi = V \sin \alpha$ (φ - угол между собой скоростью самолёта и ветром) только при таком условии, самолёт не сдвинется

$$\sin \varphi = \frac{V \sin \alpha}{U}$$

$$\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi = 1 \Rightarrow \cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = \sqrt{1 - \left(\frac{V \sin \alpha}{U}\right)^2}$$

W - ~~вектор~~ скорость самолёта относительно неподвижной $C.O.$ при полёте из A в B

$$W = U \cos \varphi + V \cos \alpha = U \sqrt{1 - \left(\frac{V \sin \alpha}{U}\right)^2} + V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

во 2 случае

траектория $A \rightarrow B \Rightarrow$ путь S

$$t_1 = \frac{S}{W} = \frac{S}{U \sqrt{1 - \left(\frac{V \sin \alpha}{U}\right)^2} + V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$

$$T_1 = \frac{2000}{20 \sqrt{1 - \left(\frac{15 \cdot 0,8}{20}\right)^2} + 15 \sqrt{1 - 0,8^2}} = \frac{2000}{20 \sqrt{1 - (0,6)^2} + 15 \sqrt{1 - 0,64}} = \frac{2000}{20 \cdot 0,8 + 15 \cdot 0,6} = \frac{2000}{16 + 9} = \frac{2000}{25} = \frac{400}{5} = 80 \text{ c}$$

T - время полёта $A \rightarrow B \rightarrow A$ при ветре складывается из T_1 и T_2 . (хотя летит в обратную сторону) самолёт также должен лететь по прямой в по прямой



$$U \sin B = V \sin \alpha \Rightarrow \sin B = \frac{V \sin \alpha}{U} \Rightarrow \sin B = \sin \alpha \Rightarrow \angle B = \angle \alpha$$

W_1 - скорость самолёта относительно неподвижной $C.O.$ при полёте из B в A

$$W_1 = U \cos \varphi - V \cos \alpha = U \sqrt{1 - \left(\frac{V \sin \alpha}{U}\right)^2} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$T_2 = \frac{S}{W_1} = \frac{S}{U \sqrt{1 - \left(\frac{V \sin \alpha}{U}\right)^2} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$



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!

$$T = T_1 + T_2 = \frac{S}{u\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2} + v\sqrt{1-\sin^2 d}} + \frac{S}{u\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2} - v\sqrt{1-\sin^2 d}} =$$

$$= S \left(\frac{u\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2} + v\sqrt{1-\sin^2 d} + u\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2} - v\sqrt{1-\sin^2 d}}{u^2\left(1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2\right) - v^2(1-\sin^2 d)} \right) =$$

$$= S \left(\frac{2u\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2}}{u^2 - v^2\sin^2 d - v^2 + v^2\sin^2 d} \right) = S \left(\frac{2u\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2}}{u^2 - v^2} \right)$$

$$T = \frac{2uS}{u^2 - v^2} \sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2} \quad \text{это будет минимально, при}$$

$$\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2} \text{ минимально} \Rightarrow 1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2 \text{ минимально} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2 \text{ максимально} \Rightarrow \frac{v\sin d}{u} \text{ - максимально} \Rightarrow \sin d \text{ - максимально}$$

$$\Rightarrow \sin d = 1 \Rightarrow d = 90^\circ$$

$$T_{\text{MIN}} = \frac{2uS}{u^2 - v^2} \sqrt{1 - \frac{v^2}{u^2}}; T_{\text{MIN}} = \frac{2uS}{u^2 - v^2} \sqrt{\frac{u^2 - v^2}{u^2}}$$

$$T_{\text{MIN}} = \frac{2uS}{u} \cdot \sqrt{\frac{u^2 - v^2}{(u^2 - v^2)^2}} = \frac{2S}{\sqrt{u^2 - v^2}}$$

$$T_{\text{MIN}} = \frac{2 \cdot 2000 \text{ м}}{\sqrt{(200 \text{ м/с})^2 - (15 \text{ м/с})^2}} = \frac{4000 \text{ м}}{\sqrt{(20-15)(20+15)}} \cdot c = \frac{4000}{\sqrt{5 \cdot 35}} \cdot c = \frac{4000}{5\sqrt{7}} \cdot c = \frac{800}{\sqrt{7}} \cdot c$$

$$T_{\text{MIN}} = \frac{57800}{7} \text{ с}$$

Прим.: $u = \frac{2S}{T_0} = 20 \text{ м/с}$; $T_1 = \frac{S}{u\sqrt{1-\left(\frac{v\sin d}{u}\right)^2} + v\sqrt{1-\sin^2 d}} = 80 \text{ с}$
 $d = 90^\circ$; $T_{\text{MIN}} = \frac{800\sqrt{7}}{7} \text{ с}$



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
__ ИЗ __

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!



$$N_1 = F$$

$$N \cos \alpha = mg$$

$$N_1 = \cancel{mg \sin \alpha} N \sin \alpha$$

$$N_1 = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = mg \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha \max \quad \operatorname{tg} \alpha \max =$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\operatorname{tg}' \alpha = \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \frac{\sin' \alpha \cos \alpha + \cos' \alpha \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\operatorname{tg}' \alpha = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha - 1 + \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{2 \cos^2 \alpha - 1}{\cos^2 \alpha} = 2 - \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 0$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$2 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 2$$

$$1 = \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = 1$$



$$N \sin^2 \alpha = u^2$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{u^2}{N^2}$$

$$\sin \alpha = \frac{u}{N}$$

$$\sin \alpha = \frac{40}{15}$$



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!

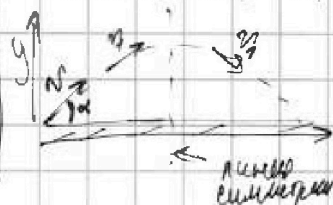
NR

Дано:
 $S = 9000 \text{ м}$
 $t_0 = 200 \text{ с}$
 $n = 10^\circ$
 $\sin \alpha = 0,8$
 $T_1 = ?$
 $T_2 = ?$

Дано:
 $t_1 = 0,5 \text{ с}$
 $t_2 = 1,5 \text{ с}$
 $\theta = 90^\circ$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $r = ?$
 $L = ?$
 $R = ?$

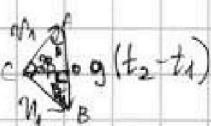
Решение:

~~так как скорости направлены перпендикулярно~~



v_1 - значение скорости через t_1 и t_2
 α - угол между вектором скорости и поверхностью
 v - начальная скорость

так как скорости направлены перпендикулярно, т.е. модули скорости равны через t_1 и t_2 , рассмотрим что в эти моменты тело находится на равных высотах от линии симметрии параболы, по которой оно летит, является траекторией тела. Так же можем рассмотреть векторный Δ



$2B = 90^\circ$
векторный Δ равнобедренный. $\Rightarrow$ скорости v_1 направлены под углом $B = 45^\circ$ к горизонту

$B = 45^\circ \Rightarrow v_1$ и v_2 направлены под углом B к горизонту. $\angle AOB = 90^\circ$. $\angle CAO = B = 45^\circ \Rightarrow \angle ACO = 180^\circ - \angle AOC - \angle CAO = 180^\circ - 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$. То же самое и с ΔOCB .

по т. Пифагора
 $v_1^2 + v_2^2 = g^2 (t_2 - t_1)^2$
(3) $v_1 = \frac{g(t_2 - t_1)}{\sqrt{2}}$

$\vec{v}_1 + g\vec{t} = \vec{v}_2$
по у: $v_1 \sin B - gt_1 = v_2 \sin B$
(2) $v_1 \sin B - gt_2 = -v_2 \sin B$

v_1 - начальная
 v_2 - конечная
(1+2) $2v_1 \sin B - g(t_1 + t_2) = 0$
 $v_1 \sin B = \frac{g(t_1 + t_2)}{2}$

$v_1 \sin B = v_1 \sin B + g t_1$
 $v_1 \sin B = \frac{g(t_2 - t_1)}{\sqrt{2}} \sin B + g t_1 - \frac{g(t_2 - t_1)}{\sqrt{2}} \sin B + g t_1$

на максимальной высоте вертикальная скорость равно 0

$v_1 \sin B - gT = 0$
 $gT = v_1 \sin B$
 $T = \frac{v_1 \sin B}{g} = \frac{g(t_1 + t_2)}{2g}$

т.к. T - время полета от старта до падения на землю.

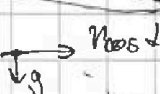
$\Rightarrow$ весь время полета равно $2T$ (т.к. траектория параболы)

$T = \frac{(t_1 + t_2)}{2}$, $T = \frac{0,5 + 1,5}{2} = 1 \text{ с}$

$\Rightarrow L = v \cos B \cdot 2T$

$L = \frac{g(t_2 - t_1)}{\sqrt{2}} \cdot \cos B \cdot 2T$

$L = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (1,5 \text{ с} - 0,5 \text{ с})}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 2 \cdot 1 \text{ с} = \frac{10 \text{ м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ с} \cdot 2 \cdot 1 \text{ с} = 10 \text{ м}$



Рассмотрим вертикальную ось траектории, в ней Δ нормальное ускорение равно g , т.к. скорость тела в этот момент равна $v \cos B$, и она перпендикулярна g .

$g = \frac{(v \cos B)^2}{R}$, где R - радиус кривизны

$R = \frac{(v \cos B)^2}{g} = \frac{(g(t_2 - t_1) \cos B)^2}{g}$
 $R = \frac{(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (1,5 \text{ с} - 0,5 \text{ с}) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2})^2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}$
 $R = 2,5 \text{ м}$

Ответ: $T = \frac{(t_1 + t_2)}{2} = 1 \text{ с}$
 $L = \frac{g(t_2 - t_1)}{\sqrt{2}} \cdot \cos B \cdot 2T = 10 \text{ м}$
 $R = \frac{(v \cos B)^2}{g} = 2,5 \text{ м}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

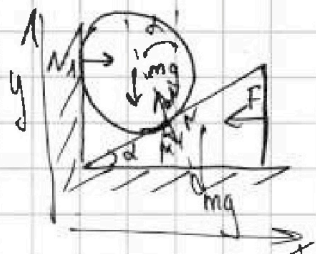
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

№ 3

Дано: $m = 0,4 \text{ кг}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $F = \sqrt{3} mg$
 $\alpha = ?$
 $N = ?$
 $N_1 = ?$
 $d = ?$
 $N_{\text{мгн}} = ?$

Решение:



N — сила с которой шар действует на клин и наоборот

т.к. шарик ба тела находится в покое, можем записать уравнения:

ОХ: $N \sin \alpha - F = 0$
на клин $N \sin \alpha = F \quad (1)$

ОУ: $N \cos \alpha - mg = 0$
на шар $N \cos \alpha = mg \quad (2)$

$(\frac{1}{2}): \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{F}{mg} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{F}{mg}; \quad \tan \alpha = \frac{\sqrt{3} mg}{mg} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$

После перемещения на h шар ударяется о поверхность и отскакивает со скоростью v на высоту h , N создается за счет изменения скорости до удара с удвоенным $a_{\text{ш}}$.

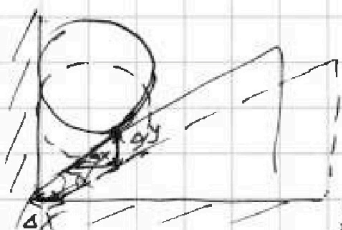
$a_{\text{ш}} t_1 = v$ t_1 — время движения до соударения
 $H = \frac{a_{\text{ш}} t_1^2}{2}$

$v - g t_2 = 0$ t_2 — время от момента до остановки
 $h = v t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$

$H = \frac{a_{\text{ш}} \cdot h^2}{2 a_{\text{ш}}} = \frac{v^2}{2 a_{\text{ш}}}$ $h = \frac{v^2}{g} - \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v^2 = h \cdot 2g$

$H = \frac{h \cdot 2g}{2 a_{\text{ш}}} = \frac{g}{a_{\text{ш}}} \cdot h$

Рассмотрим перемещение шара вверх:



шар ускоряется на α вверх, а клин на α вниз

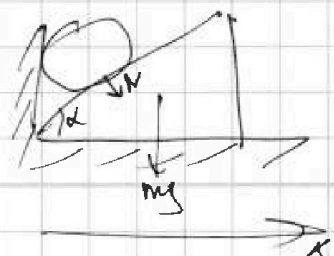
$\tan \alpha = \frac{a_{\text{ш}}}{a_{\text{к}}} = \frac{a_{\text{ш}} \cdot \frac{h}{2g}}{\frac{a_{\text{ш}} \cdot h^2}{2}} = \frac{a_{\text{ш}}}{a_{\text{к}}}$ $a_{\text{к}}$ — ускорение клина

Рассмотрим силы, действующие на клин:

на ОХ: $N \sin \alpha = m a_{\text{к}}$
 $F = m a_{\text{к}} \Rightarrow a_{\text{к}} = \frac{F}{m} = \frac{\sqrt{3} mg}{m} = \sqrt{3} g$

$a_{\text{ш}} = \tan \alpha \cdot \sqrt{3} g = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} g = 3g$

$H = \frac{g \cdot h}{3g} = \frac{h}{3}; \quad H = \frac{0,15 \text{ м}}{3} = 0,05 \text{ м}$





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.

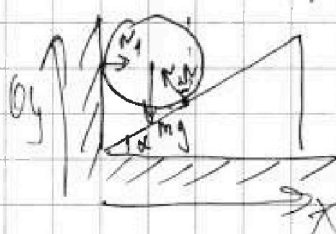
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

2 из 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!

Рассмотрим силы действующие на шар:



на ось $N_1 = N \sin \alpha$ т.к. к шару действует только одна сила ~~поэтому~~ N_1

$$mg - N \cos \alpha = m a_{\text{шар}}$$
$$N \cos \alpha = mg - 3g$$
$$N \cos \alpha = -2mg$$

$$N = \frac{2mg}{\cos \alpha}$$

$$N_1 = \frac{2mg}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = 2mg \tan \alpha$$

$$N_1 = mg \cdot \tan \alpha$$

$$N_{1 \max} \text{ при } \tan \alpha_{\max} \Rightarrow \alpha_{\max}$$

$$N_{1 \max} = mg \tan \alpha_{\max}$$

$$N_1 = 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \sqrt{3} = 4\sqrt{3} \text{ Н}$$

Ответ: $\alpha = 60^\circ$; $M = 0,05 \text{ кг}$; $N_1 = mg \tan \alpha = 4\sqrt{3} \text{ Н}$

при $N_{1 \max}$ ~~при~~ $\tan \alpha_{\max}$; $N_{1 \max} = mg \tan \alpha_{\max}$



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:

$$t_0 = 0^\circ\text{C}; t_1 = 50^\circ\text{C}$$

$$t_{100} = 100^\circ\text{C}; t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$b = 0,14$$

$$m = 0,04 \text{ г}$$

$$\beta = 1,12$$

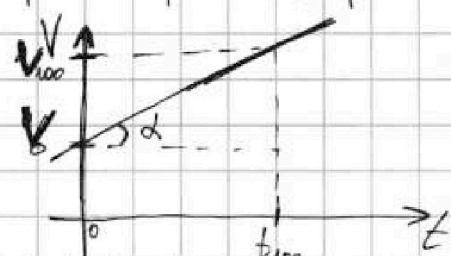
$$\rho = 0,82 \text{ г/см}^3$$

$$V(t) = ?$$

$$\Delta V = ?$$

$$S = ?$$

Решение
рассмотрим график $V(t)$



$$V = kt + V_0$$

$$V_0 = \frac{m}{\rho}$$

V_{100} - объем шара при $t_{100} = 100^\circ$

$$V_{100} = \beta V_0 = \beta \frac{m}{\rho}$$

$$k = \text{tg} \alpha = \frac{V_{100} - V_0}{t_{100} - t_0} = \frac{\beta \frac{m}{\rho} - \frac{m}{\rho}}{t_{100} - t_0} = \frac{m}{\rho(t_{100} - t_0)} (\beta - 1)$$

$$V(t) = \frac{m}{\rho(t_{100} - t_0)} (\beta - 1) \cdot t + \frac{m}{\rho}$$

$$V(t) = \frac{m}{\rho} \left(\frac{(\beta - 1)t}{t_{100} - t_0} + 1 \right)$$

$\Delta V = |V_1 - V_2|$, где V_1 - объем шара при t_1 , найдем V_1 и V_2
 V_2 - объем шара при t_2 полагая t_1 и t_2 в зависимость $V(t)$

$$V_1 = \frac{m}{\rho} \left(\frac{(\beta - 1)t_1}{t_{100} - t_0} + 1 \right) \quad V_2 = \frac{m}{\rho} \left(\frac{(\beta - 1)t_2}{t_{100} - t_0} + 1 \right)$$

$$|\Delta V| = |V_1 - V_2| = \left| \frac{m}{\rho} \left(\frac{(\beta - 1)t_1}{t_{100} - t_0} + 1 \right) - \frac{m}{\rho} \left(\frac{(\beta - 1)t_2}{t_{100} - t_0} + 1 \right) \right| = \left| \frac{m}{\rho} \frac{(\beta - 1)(t_1 - t_2)}{t_{100} - t_0} \right|$$

$$|\Delta V| = \frac{0,042}{0,82 \text{ г/см}^3} \cdot \frac{(1,12 - 1)(50^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})}{100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}} = 0,05 \text{ см}^3 \cdot \frac{0,12 \cdot 10^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C}} = 0,05 \text{ см}^3 \cdot 0,012$$

$$|\Delta V| = 0,05 \cdot 0,012 \cdot 1000 \text{ мм}^3 = 0,05 \cdot 12 \text{ мм}^3 = 0,6 \text{ мм}^3$$

$$S = \frac{V_{100} - V_0}{L} = \frac{\beta V_0 - V_0}{L} = \frac{V_0(\beta - 1)}{L} = \frac{m(\beta - 1)}{\rho \cdot L}, \quad S = \frac{0,042}{0,82 \text{ г/см}^3} \cdot \frac{1,12 - 1}{100 \text{ см}} = \frac{0,05 \cdot 0,12}{10} \text{ см}^2$$

$$S = \frac{0,05 \cdot 0,12}{10} \cdot 100 \text{ мм}^2 = 0,5 \cdot 0,12 \text{ мм}^2 = 0,06 \text{ мм}^2$$

$$\text{Ответ: } V(t) = \frac{m}{\rho} \left(\frac{(\beta - 1)t}{t_{100} - t_0} + 1 \right), \quad |\Delta V| = \left| \frac{m(\beta - 1)(t_1 - t_2)}{\rho(t_{100} - t_0)} \right| = 0,6 \text{ мм}^3, \quad S = \frac{m(\beta - 1)}{\rho L} = 0,06 \text{ мм}^2$$



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
1 ИЗ 1

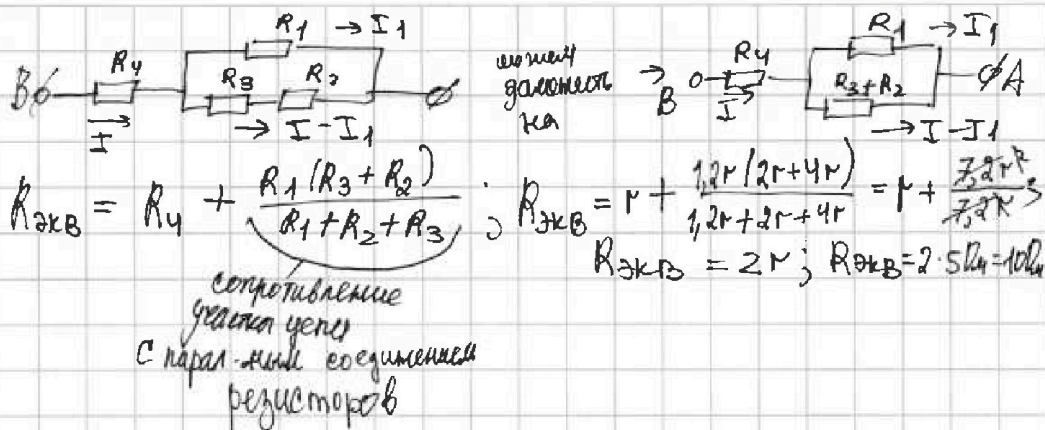
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N5 $R_1 = 1,2 \text{ r}$
 $R_2 = 2 \text{ r}$
 $R_3 = 4 \text{ r}$
 $R_4 = 1 \text{ r}$
 $I = 5 \text{ A}$
 $I = 4 \text{ A}$

$R_{\text{экв}} = ?$

$P = ?$

$P_{\text{MIN}} = ?$



$P = UI$ Закон Ома $U = IR_{\text{экв}} \Rightarrow P = I R_{\text{экв}} I = I^2 R_{\text{экв}} = I^2 \cdot 2 \text{ r}$
 U — напряжение в цепи
 $P = (4 \text{ A})^2 \cdot 10 \text{ A} = 16 \text{ A}^2 \cdot 10 \text{ A} = 160 \text{ Вт}$

через резистор с сопр R_4 течет ток I , через резистор R_1 течет ток $I_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ через резисторы R_2 и R_3 течет ток $(I - I_1)$

$U_1 = U_{23}$

напряжения на резисторах
с сопр. R_1 и $(R_2 + R_3)$ соотв.

по закону Ома

$U_1 = R_1 I_1$ $U_{23} = (R_2 + R_3)(I - I_1)$

$R_1 I_1 = (R_2 + R_3)(I - I_1)$

$R_1 I_1 = R_2 I + R_3 I - R_2 I_1 - R_3 I_1$

$I_1 (R_1 + R_2 + R_3) = I (R_2 + R_3)$

Найдем мощности для каждого резистора
 (P_4, P_1, P_3, P_2) для резисторов
с сопр. R_4, R_1, R_3, R_2 соотв.)

$I_1 = \frac{I(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{I \cdot (2+4)}{1,2+2+4} = \frac{5I}{7,2} = \frac{5}{6} I$

$P_4 = U_4 I = I^2 R_4 = I^2 \cdot 1$

$U_4 = I R_4$
напр. на резист. с сопр. R_4

$P_4 = (5 \text{ A})^2 \cdot 1 \text{ A} = 25 \text{ A}^2 \cdot 1 \text{ A} = 25 \text{ Вт}$
 $P_4 = 80 \text{ Вт} = \frac{720}{9} \text{ Вт}$

$P_1 = U_1 I_1 = I_1^2 R_1 = \left(\frac{5}{6} I\right)^2 \cdot 1,2 \text{ r}$

$U_1 = R_1 I_1$

$P_1 = \left(\frac{5}{6} \cdot 4 \text{ A}\right)^2 \cdot 1,2 \cdot 5 \text{ A} = \frac{100}{9} \text{ A}^2 \cdot 1,2 \cdot 5 \text{ A} = \frac{100 \text{ A}^2}{9} \cdot 6 \text{ A} = \frac{200}{3} \text{ Вт} = \frac{600}{9} \text{ Вт}$

$P_2 = U_2 (I - I_1) = (I - I_1)^2 R_2 = \left(I - \frac{5}{6} I\right)^2 \cdot R_2 = \left(\frac{1}{6} I\right)^2 R_2 = \left(\frac{1}{6} I\right)^2 \cdot 2 \text{ r}$

$P_3 = U_3 (I - I_1) = (I - I_1)^2 R_3$

$U_2 = R_2 (I - I_1)$
напр. на резист.
с сопр. R_2

$P_2 = \left(\frac{1}{6} \cdot 4 \text{ A}\right)^2 \cdot 2 \cdot 5 \text{ A} = \frac{4}{9} \text{ A}^2 \cdot 2 \cdot 5 \text{ A} = \frac{40}{9} \text{ Вт}$

$U_3 = (I - I_1) R_3$
напр. на резист.
с сопр. R_3

$P_3 = \left(\frac{1}{6} \cdot 4 \text{ A}\right)^2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 5 \text{ A} = \frac{4}{9} \text{ A}^2 \cdot 20 \text{ A} = \frac{80}{9} \text{ Вт}$

сравним все мощности мощности,

то $P_{\text{MIN}} = P_2 = \frac{40}{9} \text{ Вт}$

Ответ: $R_{\text{экв}} = 2 \text{ r} = 10 \text{ A}; P = I^2 \cdot 2 \text{ r} = 160 \text{ Вт}; P_{\text{MIN}} = \left(\frac{1}{6} I\right)^2 \cdot 2 \text{ r} = \frac{40}{9} \text{ Вт}$

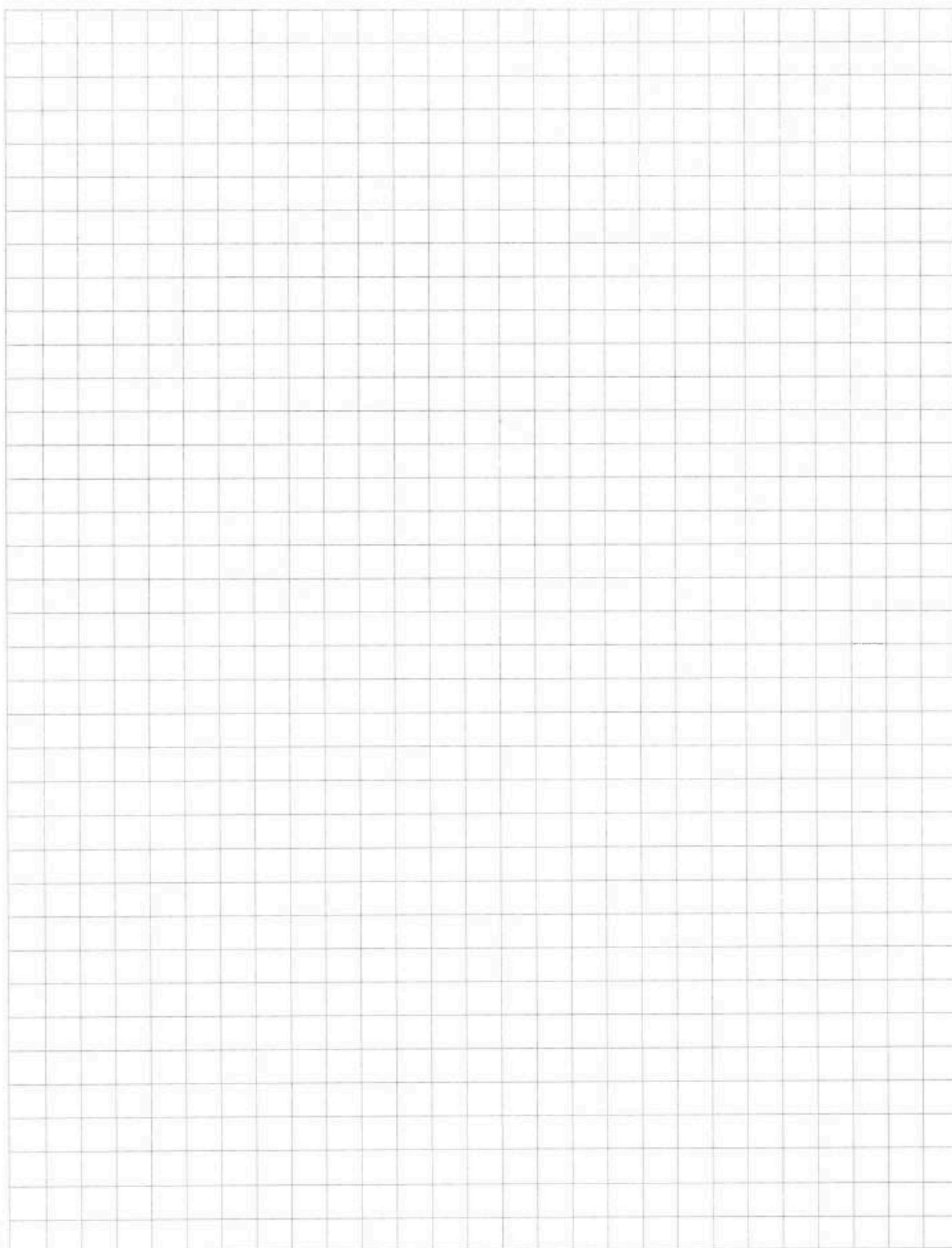


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!





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
__ ИЗ __

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!



$$N \cos \alpha = mg$$

$$N \sin \alpha = F$$

$$\frac{N \sin \alpha}{N \cos \alpha} = \frac{F}{mg}$$

$$N = \frac{F}{\sin \alpha}$$

$$\frac{F}{\sin \alpha} \cos \alpha = mg$$

$$\frac{F}{\tan \alpha} = mg$$

$$\frac{N \sin \alpha}{F = N_1} \tan \alpha = \frac{F}{mg} = \frac{\sqrt{3} mg}{mg} = \sqrt{3}$$

$$\tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\tan 45^\circ = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 1 \quad \tan 60^\circ = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

$$\sin 90^\circ = 1$$

$$h = v_1 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = \frac{v_1^2}{g} - \frac{g \cdot \frac{v_1^2}{g^2}}{2}$$

$$h = \frac{v_1^2}{g} - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1^2 = 2gh$$

$$h = \frac{2gh}{2g} = \frac{gh}{g}$$

$$v_1 - gt = 0$$

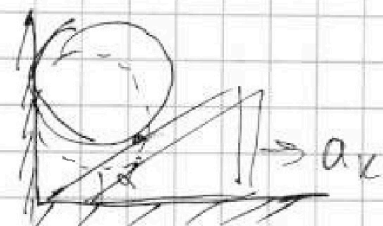
$$t = \frac{v_1}{g}$$

$$h = \frac{a t^2}{2} \quad v_1 = at_1$$

$$h = \frac{a \frac{v_1^2}{g^2}}{2} = \frac{v_1^2}{2g}$$

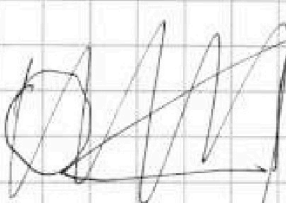
$$t_1 = \frac{v_1}{g}$$

$$N \sin \alpha = mg$$



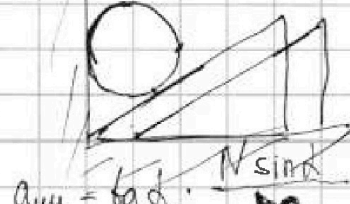
$$a_{\text{ax}} = \tan \alpha \cdot g$$

$$a_{\text{ax}} = 3g$$



$$\tan \alpha = \frac{a_{\text{ax}}}{a_{\text{xn}}}$$

$$a_{\text{ax}} = \tan \alpha \cdot a_{\text{xn}}$$



$$a_{\text{ax}} = \tan \alpha \cdot \frac{N \sin \alpha}{m} = \frac{F}{m}$$



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
из

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!

$$S = 2kV$$
$$T_0 = 200 \text{ c}$$



$$U = \frac{25}{T_0}$$

$$U = \frac{2 \cdot 20000}{200} = \frac{40}{2} = 20 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$

$$U \sin \varphi = V \sin \alpha$$

$$\sin \varphi = \frac{V \sin \alpha}{U}$$

$$W_{\text{отн}} = U \cos \varphi + V \cos \alpha$$

$$T_1 = \frac{S}{W_{\text{отн}}} = \frac{S}{U \cos \varphi + V \cos \alpha} = \frac{S}{U \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} + V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{S}{U \sqrt{1 - \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{U^2}} + V}$$

$$T_1 = \frac{20000}{20 \sqrt{1 - \frac{15^2 \cdot 0,8^2}{20^2}} + 15}$$

$$\frac{3 \cdot 15 \cdot 15 \cdot 0,64}{4 \cdot 20000} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 15 \cdot 0,04}{4 \cdot 4} = 9 \cdot 0,04 = 0,36$$

$$1 - 0,36 = 0,64$$

$$T_1 = \frac{20000}{20 \cdot 0,8 + 15 \cdot 0,6} = \frac{20000}{16 + 9} = \frac{20000}{25} = 800$$

$$\frac{15 \cdot 0,6}{10,8}$$

$$\frac{15 \cdot 0,6}{10,8}$$

$$\frac{15 \cdot 0,6}{10,8}$$

$$\frac{15 \cdot 0,6}{10,8}$$

$$\frac{15 \cdot 0,6}{10,8}$$

$$\frac{15 \cdot 0,6}{10,8}$$

$$\frac{15 \cdot 0,6}{10,8}$$

$$\frac{0,36}{1,6}$$

$$\frac{0,36}{1,6}$$

$$1 - 0,36 = 0,64$$

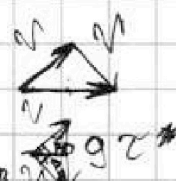
$$U \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} + V \cos \alpha$$

$$U \sqrt{1 - \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{U^2}} + V \cos \alpha$$

$$\min \cos \alpha \min U \sqrt{1 - \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{U^2}}$$

$$v^2 = 2 \cdot \dots$$

$$\min$$



$$V \sin \alpha + g t_1 = V \sin \beta$$
$$V \sin \alpha + g t_2 = V \sin \beta$$
$$2 V \sin \alpha + g(t_1 + t_2) = 0$$

$$V \sin \alpha = g \frac{(t_1 + t_2)}{2}$$

$$V \sin \alpha - g T = 0$$
$$T = \frac{g(t_1 + t_2)}{2} = \frac{g T}{2}$$



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
_ ИЗ _

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!

$$L = v \cos \alpha \cdot \Delta T$$

$$h = v \sin \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$h = v \sin \alpha t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$v \sin \alpha t_2 + \frac{g t_2^2}{2} = v \sin \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$v \sin \alpha (t_2 - t_1) = \frac{g}{2} (t_1^2 - t_2^2)$$

$$v \sin \alpha = \frac{g}{2} (t_1 + t_2)$$



$$\sin \alpha = \frac{g(t_1 + t_2)}{2v}$$

$$M = v \sin \alpha T + \frac{g T^2}{2}$$

$$M = \frac{g(t_1 + t_2)}{2} T + \frac{g T^2}{2}$$

$$M = \frac{g}{2} (t_1 + t_2) T + T^2$$

$$12,4 \cdot 0,05 = 0,6$$

$$v^2 + v^2 = g^2 (t_2 - t_1)^2$$

$$2v^2 = g^2 (t_2 - t_1)^2$$

$$v = \frac{g(t_2 - t_1)}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{0,6}{20} = \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{5}{100} \text{ или } 0,05$$

$$\sin \alpha = \frac{g(t_1 + t_2) \cdot \sqrt{2}}{2g(t_2 - t_1)} = \frac{5}{2} \frac{(t_1 + t_2)}{(t_2 - t_1)}$$



$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}$$

$$R_{\text{общ}} = R_4 + \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$100 \text{ мк} = 100 \text{ мк} = 0,1 \text{ м}$$

$$V_{100} = 1,12 V_0$$

$$V_0 = \frac{m}{\rho}$$

$$V_{100} = V_0 + x V_0$$

$$V = k t + V_0$$

$$y = kx + b$$

$$k = \frac{V_{100} - V_0}{t_{100} - t_0}$$

$$P = UI = I^2 R$$

$$P = I^2 R_{\text{общ}}$$

$$1 \text{ см} = 10 \text{ мм}$$

$$1 \text{ см}^2 =$$

$$= 10 \text{ мм} \cdot 10 \text{ мм}$$

$$= 100 \text{ мм}^2$$

