

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.

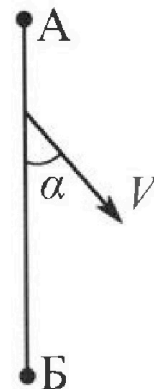
1. Найдите скорость U аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, 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.

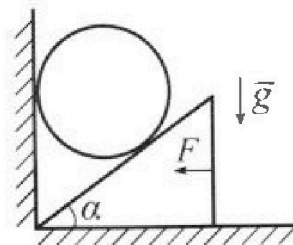
1. Найдите продолжительность T полета от старта до подъема на максимальную высоту.

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

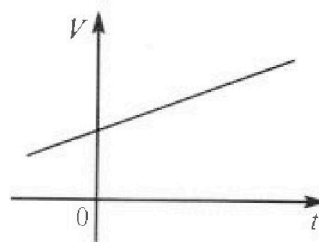
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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 $|dV|$ 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} .



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!



Укажем скорость воздуха $v_{абс}$ - скорость относительно земли, тогда для u : $v_{абс} \cdot u \rightarrow$

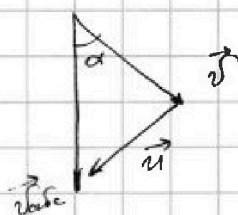
$$\rightarrow 25 = T_0 \cdot u \Rightarrow u = \frac{25}{T_0} = \frac{2 \cdot 2 \text{ км}}{200 \text{ с}} = 0,02 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

При веде, необходимо записать u -мoment

скорости: $\vec{v}_{абс} = \vec{u} + \vec{v}$, т.к. скорость от веда = u .

а) Нарисуем векторное Δ -к ($\vec{v}_{абс}$ совпадает с $\vec{v}$ в Δ AB , AB).

косоугольный. Векторные Δ -к (угол α)



(то применим косинусов:

$$u^2 = v^2 + v_{абс}^2 - 2 \cdot v \cdot v_{абс} \cdot \cos \alpha$$

Применяем квадратные формулы ($\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$):

$$v_{абс}^2 - 2 \cdot 15 \cdot 0,6 v_{абс} + 15^2 - 20^2 = 0.$$

Всё в см:

$$v_{абс}^2 - 18 v_{абс} - 175 = 0.$$

$$v_{абс} = \frac{18 \pm \sqrt{18^2 + 4 \cdot 175}}{2} = 9 \pm \sqrt{9^2 + 175} = 9 \pm 16 = 25 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

отрицательный
не подходит

$$T_1 = \frac{S}{v_{абс}} = \frac{2000 \text{ м}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 80 \text{ с}.$$

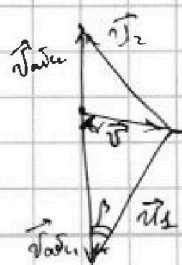
а) Для нахождения

минимума

нарисуем Δ -к скорости.

$$\vec{v}_{абс1} = \vec{u}_1 + \vec{v}$$

$$\vec{v}_{абс2} = \vec{u}_2 + \vec{v}$$



$$T_{\min} = \frac{S}{v_{абс1}} + \frac{S}{v_{абс2}}$$

$$= \frac{v_{абс1} \cdot v_{абс2}}{v_{абс1} \cdot v_{абс2}} S \frac{v_{абс1} + v_{абс2}}{v_{абс1} \cdot v_{абс2}}$$



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!

по теореме синусов $\frac{v}{\sin \beta} = \frac{u}{\sin \alpha} \Rightarrow \sin \beta = \frac{v \sin \alpha}{u}$

$$v_{\text{отс}} = v \cos \alpha + u \cos \beta$$

$$v_{\text{отс}} = 2u \cos \beta - v \cos \alpha - u \cos \beta = u \cos \beta - v \cos \alpha$$

$$T_{\text{min}} = S \cdot \frac{2u \cos \beta}{(v \cos \alpha + u \cos \beta)(u \cos \beta - v \cos \alpha)} = S \cdot \frac{2u \cos \beta}{u^2 \cos^2 \beta - v^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= S \cdot \frac{2u \cdot \sqrt{\frac{u^2 v^2 \sin^2 \alpha}{u^2}}}{u^2 \cdot \left(1 - \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{u^2}\right) - v^2 \cos^2 \alpha} = S \cdot \frac{2 \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha - v^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= S \cdot \frac{2 \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}{u^2 - v^2}$$

в точке экстремума производная

$$T'(\alpha) = 0$$

$$T'(\alpha) = \frac{2S}{u^2 - v^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}} \cdot (-v) \cdot 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\frac{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}} = 0$$

$$\sin \alpha \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} \neq 0$$

экстремум возможно в $\alpha \in \{0^\circ; 90^\circ\}$.

для $\alpha \in (0; 90^\circ)$: $T' < 0$; ~~поэтому~~

$\Rightarrow$ минимум $\alpha = 90^\circ$

$$T_{\text{min}} = \frac{2 \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}{u^2 - v^2} S = \frac{2 \cdot 20}{20^2 - 15^2} \cdot \frac{2000}{\sqrt{15^2 - 20^2}} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 2000}{15^2 - 20^2} = \frac{800}{\sqrt{5}} \text{ с}$$

для $\alpha = 90^\circ$: $T = \frac{2S}{\sqrt{u^2 - v^2}} = \frac{2 \cdot 2000}{\sqrt{15^2 - 20^2}} = \frac{800}{\sqrt{5}} \text{ с}$

Ответ: $u = 20 \text{ м/с}$; $\alpha = 90^\circ$; $T_{\text{min}} = \frac{800}{\sqrt{5}} \text{ с}$.



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
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!

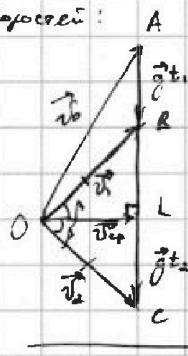
Заметим, что движение является равноускоренным движением (с учетом сопротивления воздуха пренебрежим): $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$.

$\vec{v}$ - скорость в любой момент времени t или любая другая величина скорости $\vec{v}_0$. Если $\vec{v}_1$ - скорость через t_1 , а

$\vec{v}_2$ - через t_2 , то: $\vec{v}_1 = \vec{v}_0 + \vec{g}t_1$, $\vec{v}_2 = \vec{v}_0 + \vec{g}t_2$, а

$\angle(\vec{v}_1, \vec{v}_2) = 2\beta$. Найдём соответствующий азимутальный А-к

скоростей:



Т.е. $\triangle OBC$ - р/с, то по высоте точки B и C.

OL - высота. Заметим, что в любой момент

скорость направлена || вертикальной скорости $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ Если от скорости $\vec{v}_0$, то $\vec{v}_0 = \vec{OL}$.

$$\vec{v}_0 = \vec{OL} = \vec{OB} + \vec{BL} \Rightarrow \vec{v}_0 = \vec{OL} \Rightarrow \frac{BL}{OL} = \frac{BL}{g\beta} =$$

$$= \frac{g(t_1 + t_2)}{2g\beta} = \frac{10 \cdot (0,5 + 1,5)}{2 \cdot 10} =$$

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_0 + \vec{g}t_0 \quad \text{Обычно, что высота } AL = g\beta T, \text{ то}$$

$$T - \text{время полёта по высоте} \Rightarrow T = \frac{g(t_1 + t_2)}{g\beta} =$$

$$= \frac{10 \cdot (0,5 + 1,5)}{10} = 1 \text{ с.}$$

Если t_2 - время полёта, то $t_2 = 2T = g(t_1 + t_2)$, т.е.

T - полное время, а t_2 - полное (обратное движение)

Заметим, что в данном случае горизонтальная ось OX



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!

a. $v_x = \text{const}$. $v_x = v_{\text{ср}x} = v_{\text{ср}} \Rightarrow L = v_x \cdot t_2 =$
 $= \frac{g(t_1+t_2)}{2 \cdot \tan \alpha} \cdot (t_1+t_2) = \frac{g(t_1+t_2)^2}{2 \cdot \tan \alpha} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,5 \text{с} + 1,5 \text{с})^2}{2 \cdot \tan(45^\circ)} = 20 \text{ м}.$

Радиус кривизны равен $R = \frac{v^2}{a_n}$. Величина a_n определяется
всего $a_n = g$, т.е. касательная к траектории

будет $\perp$ вектору скорости свободно падающего $\Rightarrow$
 $\Rightarrow R = \frac{v_{\text{ср}}^2}{g} = \frac{g^2(t_1+t_2)^2}{g \cdot 4 \cdot \tan^2 \alpha} = \frac{g(t_1+t_2)^2}{4 \cdot \tan^2 \alpha} =$
 $= \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,5 \text{с} + 1,5 \text{с})^2}{4 \cdot \tan^2(45^\circ)} = 10 \text{ м}.$

Ответ: $T = 1 \text{ с}$; $L = 20 \text{ м}$; $R = 10 \text{ м}.$

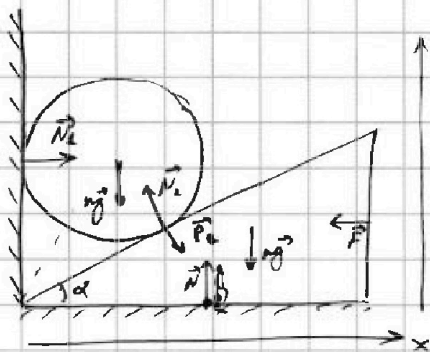


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

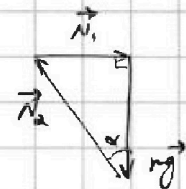
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!



Т.к. система в покое (до начала)

по II з.к. $\vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{N}_2 = \vec{0}$. Разложим векторы



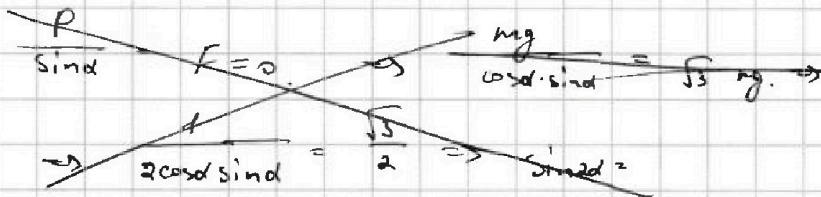
углы между векторами, содержащими $m\vec{g}$ и $\vec{N}_2$,

равны α и γ соответственно. Следовательно:

$$\Rightarrow N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha}.$$

по II з.к. до начала:

$m\vec{g} + \vec{F} + \vec{N} + \vec{P} = \vec{0}$. Спроецируем на OX:



$$P \sin \alpha - F = 0.$$

$$P \sin \alpha = F.$$

$$P = N_2 \text{ по III з.к.}$$

$$mg \sin \alpha = mg \cdot \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = \arcsin(\sqrt{3}) = 60^\circ.$$

Заметим, что если отпустить цилиндр F_1 , N_1 , N_2 соприкасаются

в одну точку до начала, потому что в самом деле

ситуация не будет меняться, если будет наблюдаться нуль силы:



или будет равен нулю. $\Rightarrow \frac{P}{m} = g \sin \alpha$

$\Rightarrow$ условие кинематическое будет верно по II з.к. $\frac{F}{m} = \frac{P}{m} = g \sin \alpha$.



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.

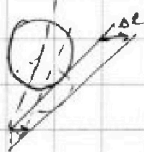


СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

Для груза или движущегося тела на Δt . Тогда

и при сближении груза на $\Delta l \cdot \cos \alpha \Rightarrow$ ускорение по направлению



направленного груза $a_2 = a \cos \alpha + g \sin^2 \alpha$

Если соударение с неподвижным ускорением равно g .

из кинематики: $h = \frac{gt^2}{2}$

и $v_{\text{сближения}} = gt$ (из формулы

движения и скорости груза) $\Rightarrow h = \frac{v_{\text{ср}}^2}{2g} \Rightarrow v_{\text{ср}} = \sqrt{2gh}$.

Для шарика, то с ускорением $g \sin \alpha$ на расстоянии $\sqrt{2gh}$.

~~$H = \frac{gt^2}{2}$~~ $H = \frac{g \sin^2 \alpha \cdot t_2^2}{2}$, $v_{\text{ср}} = g t_2 \sin \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow H = \frac{v_{\text{ср}}^2}{2 \sin^2 \alpha g} = \frac{h}{\sin^2 \alpha} = \frac{2.15 \text{ м}}{(\frac{1}{\sqrt{3}})^2} = 6.45 \text{ м}$

Поскольку $N_1 = \text{const}$, то воспользуемся векторной суммой

$\vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{N}_2$



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.

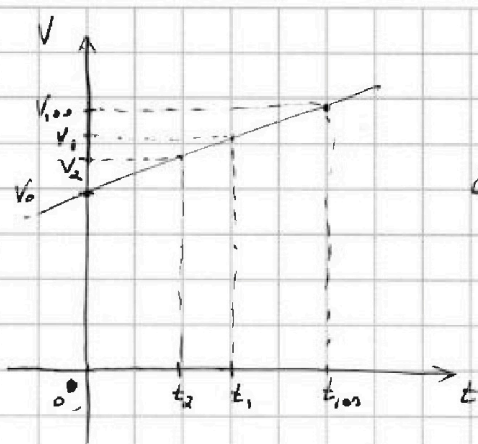
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА

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!



Найдем прямой коэффициент пропорциональности

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

Зависимость $V(t)$ имеет вид

$$V = kt + b, \text{ где } b - \text{свободный член}$$

b , очевидно, равен V_0 :

$$V = \frac{V_{100} - V_0}{t_{100} - t_0} t + V_0$$

$$V_0 = \frac{m}{\rho}, \text{ а } V_{100} = \beta V_0 = \beta \frac{m}{\rho} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{(\beta - 1)m}{\rho(t_{100} - t_0)} t + \frac{m}{\rho} \leftarrow \text{Зависимость найдена}$$

Тогда по формуле из н.1: $V_1 = \frac{(\beta - 1)m}{\rho(t_{100} - t_0)} \cdot t_1 + \frac{m}{\rho};$

$$V_2 = \frac{(\beta - 1)m}{\rho(t_{100} - t_0)} \cdot t_2 + \frac{m}{\rho}$$

$$|\Delta V| = V_1 - V_2 = \frac{(\beta - 1)m}{\rho(t_{100} - t_0)} \cdot (t_1 - t_2) = \frac{(1,12 - 1) \cdot 0,042}{0,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})} \cdot (50^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) =$$

$$= \frac{0,12 \cdot \frac{2}{50} \cdot 10^\circ\text{C}}{\frac{8}{10 \text{ см}^3} \cdot 100^\circ\text{C}} = \frac{0,12 \cdot \frac{2}{5} \cdot 10^\circ\text{C}}{\frac{4}{5} \cdot 100^\circ\text{C}} = \frac{0,12 \text{ см}^3}{100}$$

$$= \frac{0,04}{100} \text{ см}^3 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3 = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 \text{ мм}^3 = 0,6 \text{ мм}^3$$

Также $t \uparrow$ с t_0 до t_{100} , ΔV — изменение объема

изменяется объем на ΔV_0 , а он зависит от глубины сечения S и

длины $L \Rightarrow |\Delta V_0| = SL$. Если использовать формулу из

предыдущего пункта, а вместо t_1 и t_2 подставить t_0 и t_{100} :

$$|\Delta V_0| = \frac{(\beta - 1)m}{\rho(t_{100} - t_0)} \cdot (t_{100} - t_0) = \frac{(\beta - 1)m}{\rho} = SL \Rightarrow S = \frac{(\beta - 1)m}{\rho L}$$

$$= \frac{(1,12 - 1) \cdot 0,042}{0,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 100 \text{ мм}} = \frac{0,12 \cdot 0,042}{0,8 \cdot 10 \text{ см}} = \frac{0,12 \cdot 0,042}{8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2 = 0,06 \text{ мм}^2$$



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
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!

Ответ: $V(t) = \frac{(p-1)m}{p(t_{100}-t_0)} t + \frac{m}{p}$; $|\Delta V| = 9,6 \text{ мм}^3$; $S = 9,06 \text{ мм}^2$.



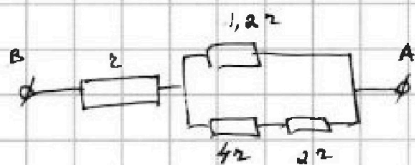
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

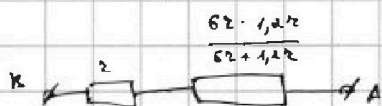
1 из 1

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!

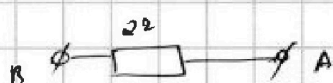


Будем упрощать эту схему на эквивалентно идеальной записи последовательно

и параллельного соединению.



$$\Rightarrow R_{\text{экв}} = 2 + \frac{62 \cdot 1,2}{62 + 1,2} = 2,5 \text{ Ом} = 10 \text{ Ом}$$

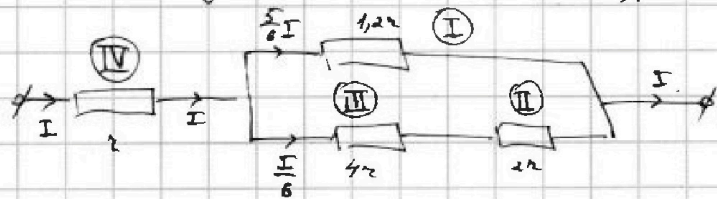


Поскольку это схема с идеальным ВАХ,

применим формулу $P = I^2 R_{\text{экв}} = 2 I^2$

$$= 2 \cdot 4^2 \text{ А}^2 \cdot 5 \text{ Ом} = 160 \text{ Вт}.$$

Для нахождения остальных P_i , составим ток:



Внесем на это с помощью 1 правила Кирхгофа

и 3-е Ом за участок цепи.

Применим формулу по каждому участку: (P_i - мощность на i резисторе)

$$P_1 = 1,2 \cdot \left(\frac{5}{6} I\right)^2 = \frac{5}{6} I^2$$

$$1 > \frac{5}{6} > \frac{1}{9} > \frac{1}{18} \Rightarrow$$

$$P_2 = 4 \cdot \left(\frac{1}{6} I\right)^2 = \frac{1}{9} I^2$$

$\Rightarrow$ на резисторе 2 - наименьшая

$$P_3 = 2 \cdot \left(\frac{1}{6} I\right)^2 = \frac{1}{18} I^2$$

$$\text{мощность } P_{\min} = P_2 = \frac{1}{18} I^2$$

$$P_4 = I^2 \cdot 2.$$

$$= \frac{1}{18} \cdot 4^2 \text{ А}^2 \cdot 5 \text{ Ом} = \frac{40}{9} \text{ Вт} \approx 4,44 \text{ Вт}.$$

Ответ: $R_{\text{экв}} = 10 \text{ Ом}$; $P = 160 \text{ Вт}$; резистор 2; $P_{\min} = 4,44 \text{ Вт}$.



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!

Задача

номер

страниц

номер

страниц

номер

страниц

Задача

номер



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!

Handwritten solutions on grid paper, including diagrams and calculations.

Top Left: Calculations involving $400 - 225 = 175$, 80000 , 175 , $48 \cdot 10^{-4}$, 8 , 4 , 8 .

Top Center: Vector diagram showing a triangle with sides u , v , and w , and angles α , β , γ .

Top Right: Calculations involving 4000 , $\sqrt{125}$, 5 , 300 , $\sqrt{3}$, 225 , $\sqrt{3} < 4$.

Middle Left: Calculations involving 5 , 15 , 2 , 1 , 19 , 1 , $15 + 2 + 1$, 19 , 1 .

Middle Center: Diagram of a circle with radius r and a point P on its circumference. A vector $\vec{r}$ points from the center to P . A vector $\vec{v}$ points from P to a point Q on the circumference. A vector $\vec{u}$ points from Q to the center. A vector $\vec{w}$ points from the center to Q .

Middle Right: Calculations involving $2u \cos \beta$, $(v \cos \alpha + u \cos \beta)(u \cos \beta - v \cos \alpha)$, $2u \cos \beta$, $v \cos \alpha - u \cos \beta$, $2u \cos \beta$, $v \cos \alpha$, $u \cos \beta$, $v \cos \alpha$, $u \cos \beta$, $v \cos \alpha$.

Bottom Left: Diagram showing a vector $\vec{V}_0$ and a vector $\vec{V}$ with components V_x and V_y . Calculations involving V_0 , V , V_x , V_y , $V_0 \cos \alpha$, $V \cos \alpha$, $V_0 \sin \alpha$, $V \sin \alpha$.

Bottom Center: Calculations involving V_0 , V , V_x , V_y , $V_0 \cos \alpha$, $V \cos \alpha$, $V_0 \sin \alpha$, $V \sin \alpha$.

Bottom Right: Diagram showing a circle with radius r and a point P on its circumference. A vector $\vec{r}$ points from the center to P . A vector $\vec{v}$ points from P to a point Q on the circumference. A vector $\vec{u}$ points from Q to the center. A vector $\vec{w}$ points from the center to Q .

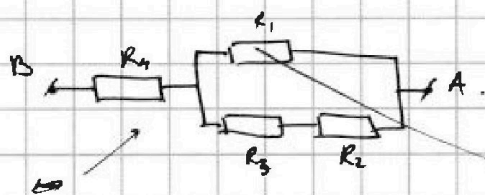


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

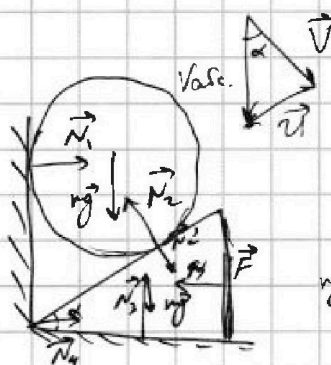


$$R_1 = 1,2 \Omega, R_2 = 2 \Omega, R_3 = 3 \Omega, R_4 = 2 \Omega, z = 5 \Omega$$

$$R_2 = R_4 + \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 2 + \frac{1,2(2+3)}{1,2+2+3} = 2 + \frac{6}{6,2} = 2,967 \Omega$$

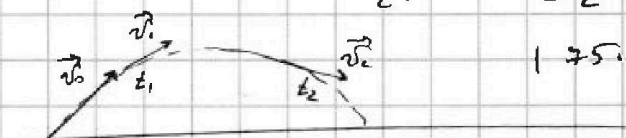
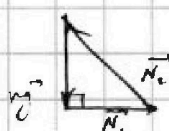
$$= 2 \left(1 + \frac{6}{6,2} \right) = 2 \left(1 + \frac{30}{31} \right) = \frac{61}{31} \Omega$$

400

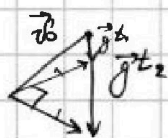
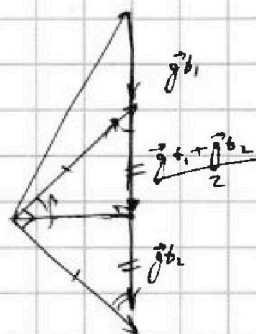


$$\vec{V} + \vec{U} = \vec{V}_{asc}$$

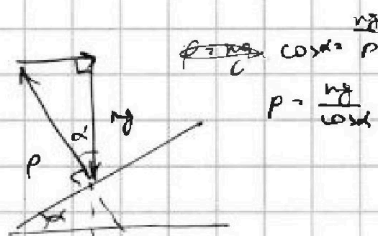
16.



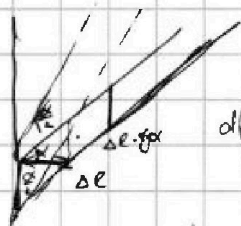
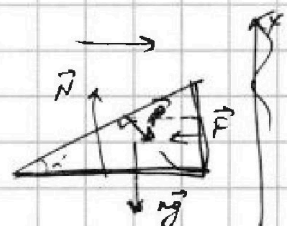
→ $mg \sin \alpha$



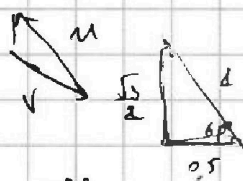
$$v_1 = \frac{g(t_1 + t_2)}{2 \sin \alpha} \dots \cos \alpha$$



$$= \sqrt{v_1^2 + g^2 t_2^2 - 2 v_1 g t_2 \cos \alpha} = \frac{g^2 (t_1 + t_2)^2}{8} + g^2 t_2^2 - 2 \cdot \frac{g(t_1 + t_2)}{2 \sin \alpha} \cdot g \cdot t_2 \cdot \cos \alpha$$



$$\frac{d(\sin \alpha)}{d\alpha} = \cos \alpha$$



$$P = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$a = \frac{g}{\sin \alpha}$$

$$\sin \alpha = \frac{P}{R_x}, R_x = \frac{P}{\sin \alpha}, \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} = F, \frac{mg}{\sin \alpha} = \sqrt{3} mg, \frac{mg}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\frac{mg}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$