



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Продолжительность полета аппарата по маршруту $A \rightarrow B$ в безветренную погоду составляет $T_0=400$ с. Расстояние AB равно $S=9,6$ км.

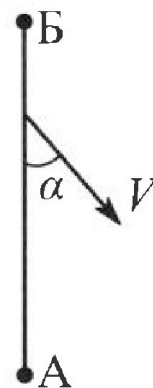
1. Найдите скорость U аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью $V = 16$ м/с под углом α к прямой AB (см. рис.) таким, что $\sin \alpha = 0,6$.

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 $A \rightarrow B \rightarrow A$ максимальная? Движение аппарата прямолинейное.

4. Найдите максимальную продолжительность $T_{\max}$ полета по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$. Движение аппарата прямолинейное.



2. Школьник наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через $t_1 = 1$ с и $t_2 = 2$ с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости повернулся на угол $2\beta = 60^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите продолжительность T полета от старта до падения на площадку.

2. Найдите максимальную высоту H полета.

3. Найдите радиус R кривизны траектории в момент времени $t_1 = 1$ с.

3. Клин с углом при вершине $\alpha = 30^\circ$ находится на горизонтальной поверхности. На наклонной плоскости клина покоится однородный шар (см. рис.), касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны $m=1$ кг. Трения нет. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите горизонтальную силу F , которой систему удерживают в покое.

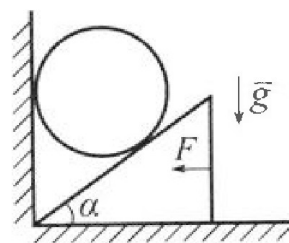
Силу F снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на $H=0,8$ м шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью.

2. Найдите перемещение h шара после соударения до первой остановки.

3. Найдите ускорение a клина в процессе разгона.

4. При каком значении угла α ускорение клина максимальное?

5. Найдите максимальное ускорение $a_{\max}$ клина.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

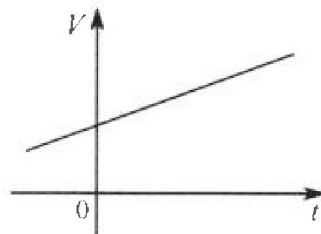
Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками $t_1 = 35^\circ\text{C}$ и $t_2 = 42^\circ\text{C}$ равно $L=5$ см. В термометре находится $m=2$ г ртути.

Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем ртути увеличивается по линейному закону. График зависимости объема V ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ объем ртути в $\beta = 1,018$ раза больше объема ртути при $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Плотность ртути при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$ считайте равной $\rho = 13,6$ г/см³. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

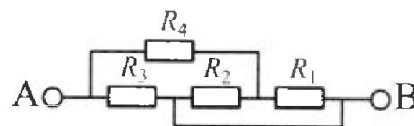


1. Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: m , ρ , β , t_0 , t_{100} , t .
2. Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ до $t_2 = 42^\circ\text{C}$. 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 $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 10$ Ом, $R_4 = 6$ Ом.

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

Контакты А и В подключают к источнику постоянного напряжения $U=10$ В.



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!

Задача ~ 1

- 1) Для нахождения скорости аппарата U , введем формулу расчета скорости:

$$U = \frac{S}{T_0} = \frac{9,6 \text{ км}}{400 \text{ с}} = \frac{9600 \text{ м}}{400 \text{ с}} = 24 \text{ м/с.} - \text{ответ}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 240 \\ 4800 \\ \hline 9600 \end{array}$$

- скорость летательного аппарата.

- 2) На рисунке видно, ~~как~~ как должна быть направлена скорость аппарата, чтобы он двигался прямолинейно по маршруту AB . Вектор скорости U' будет являться суммой векторов:

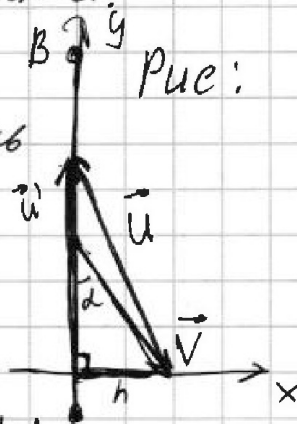


Рис:

$$\vec{V} + \vec{U} = \vec{U}' \quad \text{Найдем скорость } U'.$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{V} \Rightarrow h = V \cdot \sin \alpha = 16 \text{ м/с} \cdot 0,6 = 9,6 \text{ м/с}$$

Величина h - это проекция векторов скорости $\vec{V}$ и $\vec{U}$ на ось OX .

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 16 \\ 0,6 \\ \hline 9,6 \end{array}$$

Запишем скорость $U' = \sqrt{U^2 - h^2} = \sqrt{V^2 - h^2} =$

$$= \sqrt{24^2 \text{ м/с}^2 - 9,6^2 \text{ м/с}^2} = \sqrt{16^2 \text{ м/с}^2 - 9,6^2 \text{ м/с}^2} =$$

$$= \sqrt{576 - 92,16} = \sqrt{256 - 92,16} \text{ м/с} =$$

$$= \sqrt{483,84} - \sqrt{163,84} =$$

$$= 22,01 - 12,8 = 9,21 \text{ м/с} - \text{ответ}$$

$$\begin{array}{r} 483,84 \\ - 163,84 \\ \hline 320,00 \\ \sqrt{320,00} \\ 17,8 \\ \hline 48,841 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 22,2 \\ \hline 444 \\ 4884 \\ \hline 488,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 22,2 \\ \hline 444 \\ 4884 \\ \hline 488,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 22,2 \\ \hline 444 \\ 4884 \\ \hline 488,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 22,2 \\ \hline 444 \\ 4884 \\ \hline 488,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 22,2 \\ \hline 444 \\ 4884 \\ \hline 488,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 22,2 \\ \hline 444 \\ 4884 \\ \hline 488,44 \end{array}$$



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!

3) Запишем полную формулу для нахождения времени полета по маршруту А-Б-А.

$$A \quad S_{ABA} = 2S$$

Сначала аппарат летит из А в Б на высоте h (горизонтально), значит:

$$T_1 = \frac{S}{u_1} = \frac{S}{\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - \sqrt{v^2 - v^2 \sin^2 \alpha}} = \frac{S}{\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - V \cos \alpha}$$

$$u_1 = \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - \sqrt{v^2 - v^2 \sin^2 \alpha} = \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - V \cos \alpha$$

Обратно нужно лететь как показано на рисунке для прямолинейного движения:

$$\Rightarrow u_2 = \sqrt{v^2 - v^2 \sin^2 \alpha} + \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} = V \cos \alpha + \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{S}{u_2} = \frac{S}{V \cos \alpha + \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}$$

$$\Rightarrow T = T_1 + T_2 = \frac{S}{\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - V \cos \alpha} + \frac{S}{V \cos \alpha + \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}$$

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

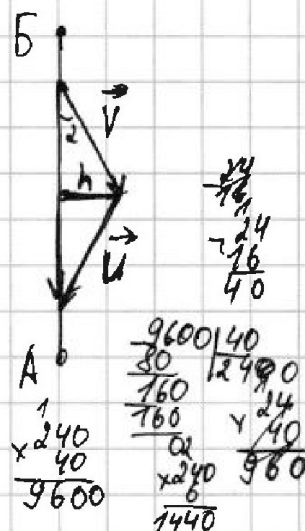
$$= S \frac{2\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}{u^2 - v^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)} = \frac{2S\sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}{u^2 - v^2}$$

$T_{\max}$ при $u^2 - v^2 \sin^2 \alpha$ - минимально, значит $\sin^2 \alpha$ - максимальный; но если $\alpha = 0^\circ$ - ответ

4) Зная, что при $\alpha = 0$ $T_{\max}$ - минимально,

$$\text{найдем } T_{\max} = \frac{2S u}{u^2 - v^2} = \frac{2 \cdot 9600 \text{ м} \cdot 24 \text{ м/с}}{(24^2 - 16^2) \text{ м}^2/\text{с}^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{(24-16)(24+16)} \text{ с} = \frac{8 \cdot 40}{1} \text{ с} = 1440 \text{ с.} - \text{ответ}$$

Ответ: $T_{\max} \rightarrow 1440 \text{ с.}$





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

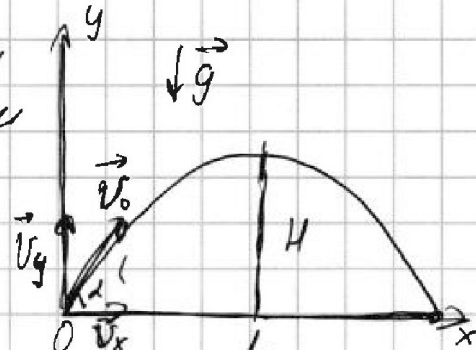
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача - 2

1). Нарисовав рисунок запишем все скорости в проекции на оси Ox и Oy .

$$V_x = V_0 \cdot \cos \alpha.$$

$$V_y = V_0 \cdot \sin \alpha - g t.$$



Поскольку V_x - постоянны, то изменяется только V_y .
Понимаем, что через t_1 и t_2 - скорости V_y .

V_{y1} и V_{y2} - равны, значит запишем:

$$V_0 \cdot \sin \alpha - g t_1 = -V_0 \cdot \sin \alpha = -g t_2$$

$$V = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + (V_0 \cdot \sin \alpha - g t)^2} \Rightarrow$$

$$V^2 \cos^2 \alpha + (V_0 \cdot \sin \alpha - g t_1)^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha + (V_0 \cdot \sin \alpha - g t_2)^2$$

$$(V_0 \cdot \sin \alpha - g t_1 - V_0 \cdot \sin \alpha + g t_2)(V_0 \cdot \sin \alpha - g t_1 + V_0 \cdot \sin \alpha - g t_2) = 0.$$

(по формуле разности квадратов). Тогда либо $g t_1 = g t_2$, что неверно, либо:

$$2 V_0 \cdot \sin \alpha - g t_1 - g t_2 = 0.$$

$$\Rightarrow 2 V_0 \cdot \sin \alpha = g (t_1 + t_2). \Rightarrow V_0 \cdot \sin \alpha = \frac{g}{2} (t_1 + t_2) = \frac{10 \text{ м/с}^2}{2} (1 \text{ с} + 2 \text{ с}).$$

$= 5 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ с} = 15 \text{ м/с}$ - скорость V_y в начальный момент времени.

$$y = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

~~$H = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot T - \frac{g T^2}{2}$~~ T - время подъема и падения, $T = 2t$.

Значит $V_0 \cdot \sin \alpha - g T = 0$

$$\Rightarrow V_0 \cdot \sin \alpha = g T \Rightarrow T = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow T = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$= \frac{2 \cdot 15 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{30 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 3 \text{ с} - \text{время полета верто.}$$

Значит

2) Нарисовав вектор скорости в момент времени t_1 и t_2 на одном рисунке: Для нахождения высоты H полета понимаем, что поднимаемая и



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

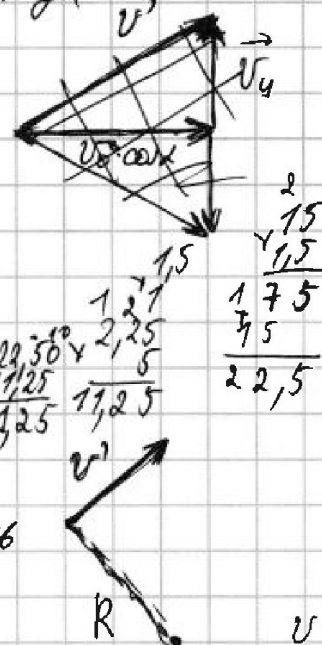
СТРАНИЦА
2 из 2

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!

опускался мяч за время $\frac{T}{2}$ (исходя из строения параболы) значит:

$$T = \frac{8c}{2} = 1,5c. \text{ - время подброса.}$$

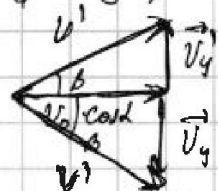
$$\Rightarrow H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot T - \frac{gT^2}{2} = 15 \text{ м/с} \cdot 1,5c - 5 \text{ м/с}^2 \cdot (1,5)^2 c^2 = 22,5 \text{ м} - 11,25 \text{ м} = 11,25 \text{ м. - ответ}$$



3) В момент времени $t_2 = 1c$ мяч вращается по окружности радиуса R , который нужно найти. В этот момент времени скорость

$$v' = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - gt)^2}$$

из из векторного рисунка скорости найдем v' :



Зная, что $\angle \beta = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$, найдем v' :

$$\sin \beta = \frac{v_y}{v'}; \text{ (данное утверждение расписано в равных из-за условия, что скорости равны, значит тригонометрические равенства, } v_0 \cos \alpha = \cos \alpha, \text{ и углы равны)}$$

$$\Rightarrow v' = \frac{v_y}{\sin 30^\circ} = \frac{15 \sin 60^\circ - 10}{\frac{1}{2}} = \frac{15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 10}{\frac{1}{2}} = 10 \text{ м/с.}$$

В данный момент t_2 мяч вращается с угловой скоростью ω , при этом помня, что за время $t_2 - t_1$ вектор скорости повернулся и как бы не изменил свой модуль, значит $\omega = \frac{60^\circ}{(2-1)c} = \frac{\pi}{1c} = \frac{\pi}{1} \text{ рад/с.}$

$$\Rightarrow v' = \omega R \Rightarrow R = \frac{v'}{\omega} = \frac{10 \text{ м/с}}{\frac{\pi}{1} \text{ рад/с}} = \frac{10}{\pi} \text{ м} \approx 3,14 \text{ м} \approx 10 \text{ м - радиус кривизны. - ответ}$$

Ответ: $R = 10 \text{ м}$; $T = 3c$; $H = 11,25 \text{ м}$.



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 4

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 3.

1) На рисунке расставлены силы, действующие на шар и клин.

Понимая, что между шаром и клином есть еще одна сила N_2 (они равны по третьему закону Ньютона).

Запишем второй закон Ньютона для шара:

$$\vec{N}_2 + \vec{N}_1 + m\vec{g} = 0.$$

Запишем проекцию на ось Oy :

$$-mg + N_2 \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\Rightarrow mg = N_2 \cdot \cos \alpha.$$

Запишем второй закон Ньютона для клина:

$$\vec{F} + \vec{N}_3 + m\vec{g} + \vec{N}_2 = 0.$$

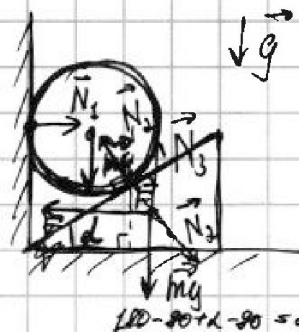
Ох:

$$-F + N_2 \cdot \sin \alpha = 0,$$

$$\Rightarrow F = N_2 \cdot \sin \alpha; \text{ но } N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$\Rightarrow F = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ =$$

$$= \frac{10\sqrt{3}}{2} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ Н} = \frac{10\sqrt{3}}{3} \text{ Н}. \text{ - Ответ}$$



2) Снова изобразим шар с действующими на него силами! Запишем

А запишем для клина теперь закон Ньютона: $m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = m\vec{a}$, а - ускорение шара;

$$\text{Ох: } -mg + N_2 \cdot \cos \alpha = -ma$$

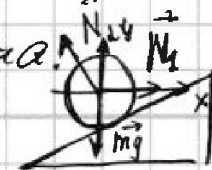
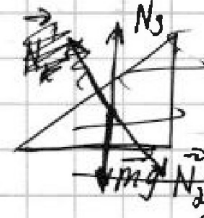
Но для клина запишем тоже:

$$\text{Зная, что } N_2 \cdot \sin \alpha = F$$

$$\Rightarrow N_2 = \frac{F}{\sin \alpha} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot \sin 30^\circ} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0.5} = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow a = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{m} = \frac{10 - 10}{1} = 0$$

Запишем для шара относительно клина.





1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

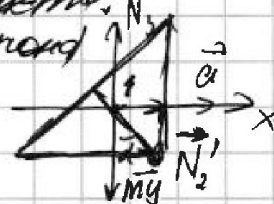
СТРАНИЦА
2 из 4

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!

Теперь в этом случае на шар будет действовать только сила $N_2' = N_1$, чтобы уравновесить шар ~~и еще~~, которая уравновешивает ~~и~~ силы, действующие на шар, по оси Ox .
Значит шар будет двигаться с ускорением $a = g$.

3) Для нахождения ускорения мины запишем силы, действующие на нее в момент ~~момента~~ $\vec{N}_2$
 $\vec{N}_3 + m\vec{g} + \vec{N}_2 = m\vec{a}$ (Закон Ньютона)

Эта мино как сила уравновешивала
силу N_2 ; то $N_2 \cdot \sin \alpha = F$.



$$\Rightarrow Ox: N_2 \cdot \sin \alpha = ma. \Rightarrow F = ma.$$

$$\Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ Н} : 1 \text{ кг} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ м/с}^2 - \text{ускорение мины.}$$

4) Попробуем, что $a = \frac{N_2 \cdot \sin \alpha}{m}$

$$N_2 \cdot \cos \alpha = mg.$$

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

$$a = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \frac{\sin \alpha}{m} =$$

$$= \tan \alpha \cdot g.$$

4) Попробуем, что $a = \frac{N_2 \cdot \sin \alpha}{m}$,

при этом для шара сила

$$N_2 \cdot \cos \alpha = mg \text{ (из уже записанного}$$

уравнения), получаем, что $N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha} \Rightarrow a = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \frac{\sin \alpha}{m} = \tan \alpha \cdot g$. Максимально, если $\tan \alpha$ - максимальный, то есть $\alpha = 45^\circ$.



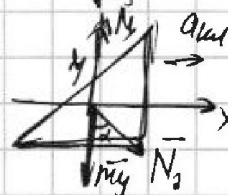
4) Запишем для шара и мины

законы Ньютона по осям Ox и Oy :

$$mg \Rightarrow Oy: mg - N_2 \cdot \cos \alpha = ma_m.$$

$$\frac{4}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{5 + \frac{1}{\sqrt{3}}}{2} \Rightarrow Ox: N_2 \cdot \sin \alpha = ma_m.$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{4}.$$





1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 4

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!

Примем, если перейти в СД шина, то шар будет двигаться вдоль линии шина, при этом

$\vec{a}_{\text{отн}} = \vec{a}_m + \vec{a}_{\text{ш}}; \text{ и шар будет двигаться}$
 $\vec{a}_{\text{отн}} \rightarrow \vec{a}_m \cdot \text{tg} d = \frac{a_m}{a_{\text{ш}}} \Rightarrow a_m = a_{\text{ш}} \cdot \text{tg} d.$

Выразим N_2 из обоих уравнений:

$$N_2 = \frac{mg - ma_m}{\cos d} = m \frac{(g - a_m)}{\cos d}; \quad N_2 = \frac{ma_m}{\sin d}.$$

$$\Rightarrow \frac{ma_m}{\sin d} = \frac{m(g - a_m)}{\cos d} \Rightarrow a_m \cdot \cos d = g \cdot \sin d - a_m \sin d =$$

$$= g \cdot \sin d - a_m \cdot \text{tg} d \cdot \sin d.$$

$$\Rightarrow a_m \cdot \cos d + a_m \cdot \text{tg} d \cdot \sin d = g \cdot \sin d.$$

$$a_m = g \frac{\sin d}{\cos d + \text{tg} d \cdot \sin d} = a. \quad - \text{ускорение шина.}$$

$$a = g \frac{\sin d}{\cos d + \frac{\sin^2 d}{\cos d}} = g \frac{\sin d}{\frac{\cos^2 d + \sin^2 d}{\cos d}} = g \cdot \sin d \cdot \cos d.$$

по ерб $a = g \cdot \sin d \cdot \cos d \cdot 1.2$

$$2a = 2 \sin d \cos d \cdot g. \Rightarrow 2a = 2g \sin 2d.$$

$$\Rightarrow a = g \cdot \frac{\sin^2 2d}{2} \text{ } g \text{ максимум, при } \sin 2d = 1;$$

по ерб $2d = 90^\circ - \text{ответ.}$

5) Посчитаем $a_{\text{max}} = \frac{9 \cdot 1}{2}$; пусть $a_{\text{max}} = \frac{10 \text{ м/с}^2}{2} =$
 $= 5 \text{ м/с}^2 - \text{ответ, максимальное ускорение шина.}$

3) Посчитаем ускорение a по найденной формуле

$$a = g \cdot \frac{\sin 2d}{2}; \quad a = 10 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{\sin 60^\circ}{2} = \frac{10}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{10\sqrt{3}}{4} \text{ м/с}^2$$

$$= 2,5 \cdot \sqrt{3} \text{ м/с}^2 = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ м/с}^2 - \text{ответ, ускорение шина.}$$

2) Найдем ускорение шара a_m по формуле

$$a_m = a_m \cdot \text{tg} d = g \cdot \sin d \cdot \cos d \cdot \frac{\sin^2 d}{\cos d} = g \cdot \sin^2 d = \frac{10}{4} \text{ м/с}^2 = 2,5 \text{ м/с}^2$$



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
4 ИЗ 4

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!

зная ускорение шара, рассчитали по
с формуле при достижении поверхности.

$$s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2sa} = \sqrt{2 \cdot 9 \text{ м} \cdot 2,5 \text{ м/с}^2}$$

$$= \sqrt{45} \text{ м/с} = 2\sqrt{10} \text{ м/с}$$

$\Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$; мы еще забыли
не учитывать другие

$$\Rightarrow h = \frac{8}{20} \text{ м} = \frac{2}{5} \text{ м} = 0,4 \text{ м}.$$

20 | 5
20 | 0,4
0

Ответ: высота h.



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!

Задача 4.

1) $V(t)$; Видно, что зависимость
прямая; значит: $V(t) = V_0 + kt$.

где V_0 - нач. объем; k - коэффициент; t - температура.

Но мы знаем, что $V_0 = \frac{m_0}{\rho_0}$; $m_0 = m$; $\rho_0 = \rho$;

m_0 и ρ_0 - нач. масса и плотность ртути.

значит: $V_0 = \frac{m}{\rho}$; Найдем теперь k ;

$$\Rightarrow V(t) = V_0 + k \cdot t_0 = V_0 + 0$$

$$\Rightarrow 1,018 V_0 = V_0 + k t_{100}$$

$$\beta V_0 = V_0 + k t_{100}; \text{ при } t_0 = V_0 \Rightarrow V(t) = V_0$$

Пучок V - объем при t_0 ; значит;

$$V = V_0 + k t_0; \text{ тогда } \beta V = V_0 + k t_{100}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{V_0 + k t_{100}}{V_0 + k t_0} \Rightarrow \beta V_0 + \beta k t_0 = V_0 + k t_{100}$$

$$\Rightarrow \beta k t_0 - k t_{100} = V_0 - \beta V_0 \Rightarrow k (\beta t_0 - t_{100}) = V_0 (1 - \beta)$$

$$\text{или } k = V_0 \frac{(\beta - 1)}{(t_{100} - \beta t_0)}; \text{ значит:}$$

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

- уравнение ~~для~~ зависимости.

- ответ

$$2) \Rightarrow \Delta V = V(t_2) - V(t_1) = \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{\beta - 1}{t_{100} - \beta t_0} t_2 \right) - \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{\beta - 1}{t_{100} - \beta t_0} t_1 \right) =$$

$$= \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{\beta - 1}{t_{100} - \beta t_0} t_2 - 1 - \frac{\beta - 1}{t_{100} - \beta t_0} t_1 \right) = \frac{m(\beta - 1)}{\rho(t_{100} - \beta t_0)} \cdot (t_2 - t_1) - \text{проп-}$$

миса.

$$\Rightarrow \Delta V = \frac{22}{13,64/\text{см}^3} \cdot \frac{0,018}{100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}} \cdot 70^\circ\text{C} = \frac{14 \cdot 0,018}{13,6 \cdot 100} \text{ см}^3 =$$

$$= \frac{14 \cdot 0,018}{1360} \text{ см}^3 = \frac{0,252}{1360} \text{ см}^3 = \frac{252}{1360} \text{ мм}^3 = \frac{126}{680} \text{ мм}^3 =$$

$$= \frac{63}{340} \text{ мм}^3. \text{ Ответ: } \Delta V = \frac{m}{\rho} \frac{(\beta - 1)}{(t_{100} - \beta t_0)} (t_2 - t_1) = \frac{63}{340} \text{ мм}^3. - \text{ответ}$$



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!

3) Найдём площадь сечения S по формуле
объёма цилиндра: $V = L \cdot S$

$$\rightarrow S = \frac{V}{L} = \frac{63}{340} \text{ мм}^3 \cdot \frac{1}{50 \text{ мм}} = \frac{63}{17000} \text{ мм}^2.$$

$\begin{array}{r} 2 \\ \times 340 \\ \hline 17000 \end{array}$ Ответ: $S = \frac{63}{17000} \text{ мм}^2$ — площадь сечения.



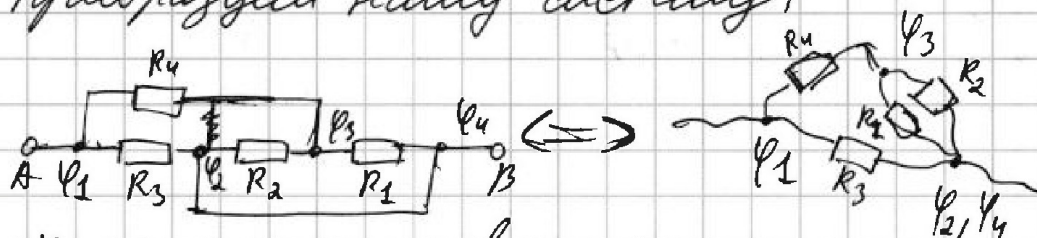
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

Задача 15.

1) Для нахождения сопротивления преобразуем нашу систему;



$\varphi_2 = \varphi_4$, т.е. соединим проводом идеальным.

$$\Rightarrow R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \text{ Ом} \cdot 20 \text{ Ом}}{5 \text{ Ом} + 20 \text{ Ом}} = \frac{100}{25} \text{ Ом} = 4 \text{ Ом}.$$

$$R_{124} = R_4 + R_{12} = 6 \text{ Ом} + 4 \text{ Ом} = 10 \text{ Ом}.$$

$$\Rightarrow R_{26} = \frac{R_3 \cdot R_{124}}{R_3 + R_{124}} = \frac{100 \text{ Ом}}{2 \cdot 100 \text{ Ом}} = 5 \text{ Ом}.$$

эквивалентное сопротивление. - ответ

2) Запишем, что $P = \frac{U^2}{R} = \frac{10^2 \text{ В}^2}{5 \text{ Ом}} = \frac{100 \text{ В}^2}{5 \text{ Ом}} = 20 \text{ Вт}.$ - ответ

3). Покидаем, что $U_3 = U = U_4 + U_{12}.$

это напряжения на соответствующих резисторах.

значит: $P_3 = \frac{U_3^2}{R_3} = \frac{U^2}{R_3} = \frac{100 \text{ В}^2}{10 \text{ Ом}} = 10 \text{ Вт}.$

$U_{12} = U_1 = U_2$; значит:

$R_{124} = 10 \text{ Ом} \Rightarrow I_{124} = \frac{U}{R_{124}} = \frac{10 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}.$

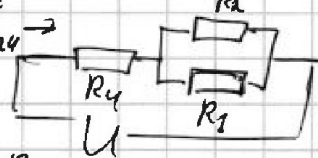
$\Rightarrow U_4 = R_4 \cdot I_{124} = 6 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ А} = 6 \text{ В}.$

$\Rightarrow P_4 = \frac{U_4^2}{R_4} = \frac{36 \text{ В}^2}{6 \text{ Ом}} = 6 \text{ Вт}.$

$\Rightarrow U_1 = U_2 = U - U_4 = 10 \text{ В} - 6 \text{ В} = 4 \text{ В}.$

$\Rightarrow P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{16 \text{ В}^2}{5 \text{ Ом}} = 3,2 \text{ Вт}.$

$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{16 \text{ В}^2}{20 \text{ Ом}} = \frac{4}{5} \text{ Вт} = 0,8 \text{ Вт}.$ - ответ



$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$
 $I_1 + I_2 = 1 \text{ А}$

$$\begin{array}{r} 16 \cdot 5 \\ 75 \cdot 3,2 \\ 10 \\ 10 \\ \hline 40 \cdot 5 \\ 10,8 \end{array}$$



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!

Значит $P_{\min} \approx 0,8 \text{ Вт}$ и достигается оно
на втором резисторе.

Ответ: $P_{\min} \approx 0,8 \text{ Вт}$