



# 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.

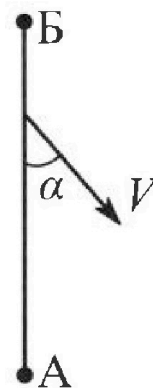
1. Найдите скорость  $U$  аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью  $V = 16$  м/с под углом  $\alpha$  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  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

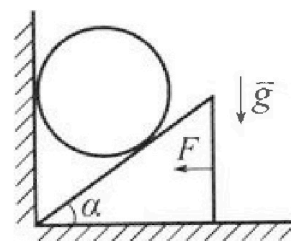
1. Найдите продолжительность  $T$  полета от старта до падения на площадку.

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/с<sup>2</sup>.

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  $\alpha$  ускорение клина максимальное?

5. Найдите максимальное ускорение  $a_{MAX}$  клина.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

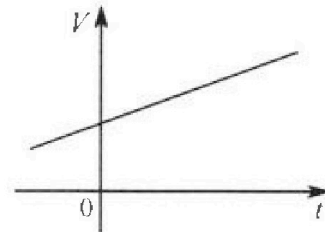
## Вариант 09-01

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/см<sup>3</sup>. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

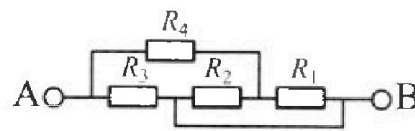


1. Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема  $V(t)$  ртути от температуры  $t$ , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины:  $m$ ,  $\rho$ ,  $\beta$ ,  $t_0$ ,  $t_{100}$ ,  $t$ .
2. Найдите приращение  $\Delta V$  объема ртути при увеличении температуры от  $t_1 = 35^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 42^\circ\text{C}$ . В ответе приведите формулу и число в мм<sup>3</sup>.
3. Найдите площадь  $S$  поперечного сечения капилляра термометра. Ответ представьте в мм<sup>2</sup>.

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  $P_{\text{MIN}}$ .



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 черновой и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

### Задача ~ 1

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

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 240 \\ 400 \\ \hline 9600 \end{array}$$

— 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:

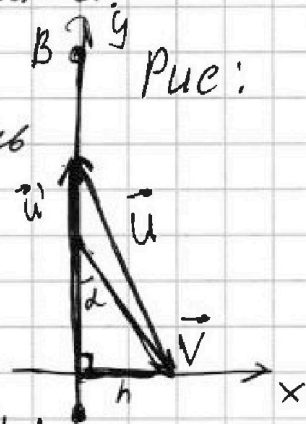


Рис:

$$\vec{v} + \vec{u} = \vec{u}' \quad \text{Найдем скорость } u'.$$

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

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

Величина  $h$  — это проекция векторов скорости  $\vec{v}$  и  $\vec{u}$  на ось  $Ox$ .

запишем скорость  $u' = \sqrt{u^2 - h^2} = \sqrt{v^2 - h^2} =$

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

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

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

$$= 22,2 - 12,8 = 9,4 \text{ м/с} \quad \text{— Ответ}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 24 \\ 9,6 \\ \hline 19,6 \\ 1576 \\ \hline 9216 \\ 256 \\ \hline 25600 \\ 9216 \\ \hline 16384 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ - 12,8 \\ \hline 9,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 0,1 \\ \hline 2,22 \\ 222 \\ \hline 2220 \\ 222 \\ \hline 22200 \\ 222 \\ \hline 22200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 48384 \\ - 16384 \\ \hline 32000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 222 \\ \times 222 \\ \hline 444 \\ 444 \\ \hline 49284 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9,1 \\ \times 0,1 \\ \hline 0,91 \\ 901 \\ \hline 9010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,2 \\ \times 24 \\ \hline 888 \\ 444 \\ \hline 5328 \end{array}$$



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.

$$A \quad S_{АБА} = 2S$$

Сначала аппарат летит из А в Б на высоте  $h$  (горизонтальная скорость  $u$ , вертикальная  $v$ ); значит:

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

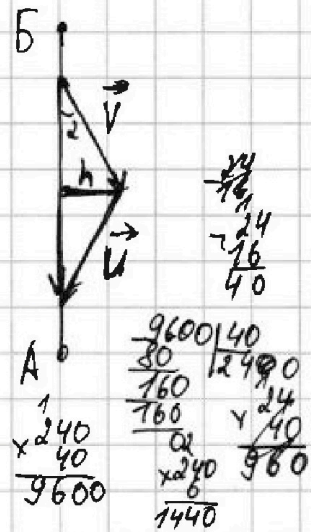
$$u_1 = \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - \sqrt{v^2 - v^2 \sin^2 \alpha} = \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - v \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{u^2 - v^2 \sin^2 \alpha} - v \cos \alpha$$

Обратно нужно лететь как показано на рисунке для прямолинейного движения:

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

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

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



$T_{\max}$  при  $u^2 - v^2 \sin^2 \alpha$  - минимально, значит  $\sin^2 \alpha$  - минимальный; то есть  $\alpha = 0^\circ$  - ответ

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

$$\text{найдем } T_{\max} = \frac{2S u}{u^2 - v^2} = \frac{2 \cdot 9600 \text{ м} \cdot 24 \text{ м/с}}{(24^2 - 16^2) \text{ м}^2/\text{с}^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{(24-16)(24+16)} \text{ с} = \frac{460800}{8 \cdot 40} \text{ с} = 1440 \text{ с.} - \text{ответ}$$

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

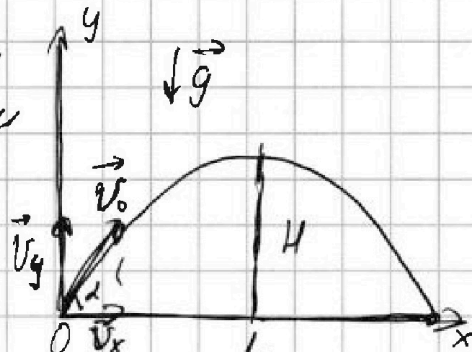
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

## Задача 2

1). Нарисуем график и 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:

$$2 v_0 \cdot \sin \alpha - g t_1 - g t_2 = 0$$

$$\Rightarrow 2 v_0 \cdot \sin \alpha = g (t_1 + t_2) \Rightarrow v_0 \cdot \sin \alpha = \frac{g}{2} (t_1 + t_2) = \frac{10 \text{ м/с}^2}{2} (1 + 2) \cdot$$

$= 5 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ с} = 15 \text{ м/с}$  - 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,  $T = 2T$ .

$$\text{Знаем } v_0 \cdot \sin \alpha - g T = 0 \Rightarrow v_0 \cdot \sin \alpha = g T \Rightarrow T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow T = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

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

Значит

2) Нарисуем вектор скорости в момент  $t_1$  и  $t_2$  на одной рисунке. Для нахождения высоты  $H$  полета понимаем, что поднимаемая и



1  2  3  4  5  6  7

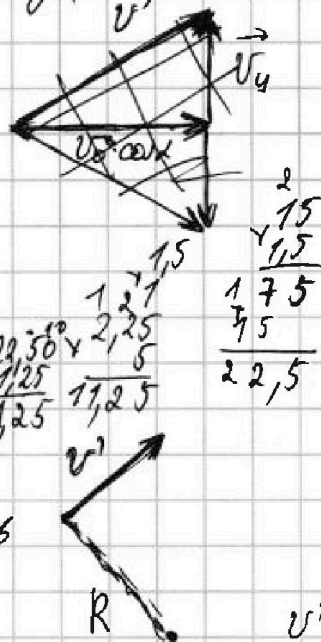
СТРАНИЦА  
2 из 2

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  $\frac{T}{2}$  (походя из строения параболы) значит:

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

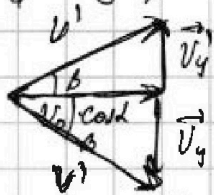
$$\Rightarrow H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gT^2}{2} = 15 \text{ м/с} \cdot 1,5c - 5 \text{ м/с}^2 \cdot (1,5)^2 c^2 = 22,5 \text{ м} - 11,25 \text{ м} = 11,25 \text{ м. - ответ}$$



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  $u$  и  $v$  векторного рисунка скорости найдем  $v'$ :



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

$$\sin \beta = \frac{v_y}{v'}; \text{ (данное утверждение расписано}$$

рядом и из-за условия, что скорости равны, значит треугольник равнобедренный,  $v_0 \cos \alpha = \sin \alpha$ ,

$$\text{и углы равны)} \Rightarrow v' = \frac{v_y}{\sin 30^\circ} = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{\frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{15 \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}}{\frac{1}{2}} = 10 \text{ м/с.}$$

В данный момент  $t_2$  тот же мяч вращается с угловой скоростью  $\omega$ , при этом поминим, что за время  $t_2 - t_1$  вектор скорости поворачивая и как бы не изменил свой модуль, значит  $\omega = \frac{60^\circ}{(2-1)c} = \frac{\pi}{3} =$

$$= \frac{\pi}{3} \text{ рад/с.} \Rightarrow v' = \omega R \Rightarrow R = \frac{v'}{\omega} = \frac{10 \text{ м/с}}{\frac{\pi}{3} \text{ рад/с}} =$$

$$= \frac{10}{\frac{\pi}{3}} \text{ м} = \frac{10 \cdot 3}{\pi} \text{ м} = \frac{30}{\pi} \text{ м} = 3,14 \text{ м} \approx$$

$\approx 10 \text{ м}$  - 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.

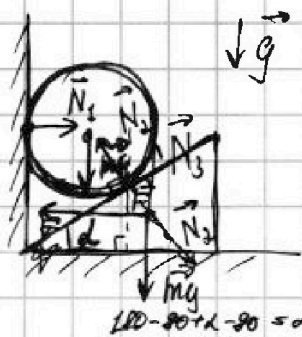
1  2  3  4  5  6  7

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. Попробуйте, что между шаром и клином есть еще сила  $N_2$  (они равны по третьему закону Ньютона). Запишем второй закон Ньютона для шара.



Запишем второй закон Ньютона для шара:

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

на ось Oy:  $-mg + N_2 \cdot \cos \alpha = 0$   
 $\Rightarrow mg = N_2 \cdot \cos \alpha$

Запишем второй закон Ньютона для клина:

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

Ox:  $-F + N_2 \cdot \sin \alpha = 0$

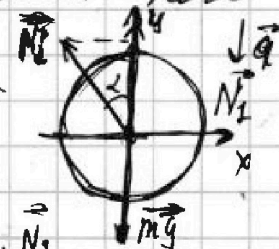
$$\Rightarrow F = N_2 \cdot \sin \alpha$$

но  $N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha}$

$$\Rightarrow F = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha = 10 \cdot 10 \operatorname{tg} 30^\circ = 10 \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{10\sqrt{3}}{3} \text{ Н.} - \text{Ответ}$$

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

закон Ньютона:  $m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = m\vec{a}$ , а ускорение шара;

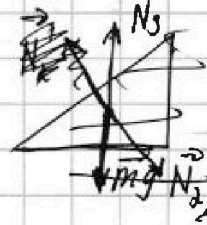


по оси Ox:  $-mg + N_2 \cdot \cos \alpha = -ma$

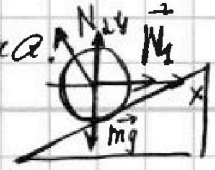
знаем, что  $N_2 \cdot \sin \alpha = F$

$$\Rightarrow N_2 = \frac{F}{\sin \alpha} = \frac{10}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 10\sqrt{3}$$

$$\Rightarrow a = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{m} = \frac{100 - 10\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{100 - 150}{10} = -5$$



Запишем для клина второй закон Ньютона.





1  2  3  4  5  6  7

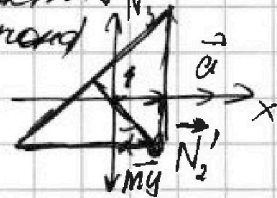
СТРАНИЦА  
2 из 4

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 он еще~~, которая уравновешивает ~~шар~~ силы, действующие на шар, по оси  $Ox$ .  
Значит шар будет двигаться с ускорением  $a = g$ .

3) Для нахождения ускорения шара запишем силы, действующие на него ~~вместе~~ ~~молчим~~.  $\vec{N}_3 + m\vec{g} + \vec{N}_2 = m\vec{a}$  (Закон Ньютона)

Эта сила ~~шар~~ уравновешивает силу  $N_2$ ; то  $N_2 \cdot \sin \alpha = F$ .



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

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

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

$N_2 \cdot \cos \alpha = mg$

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

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

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

при этом для шара сила

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

уравнения), получаем, что  $N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha} \Rightarrow a = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \frac{\sin \alpha}{m} =$

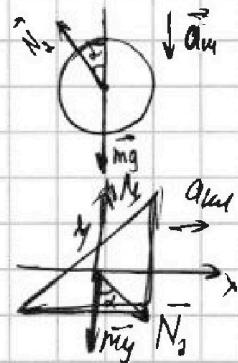
$\text{tg} \alpha \cdot g$ . Максимально, если  $\text{tg} \alpha$  - максимальный, то есть  $\alpha = 45^\circ$ .

4) Запишем для шара и шина законы Ньютона по осм  $Ox$  и  $Oy$ :

$mg \rightarrow Oy; mg - N_2 \cdot \cos \alpha = ma_{ш}$

$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{5+1}{10} = 0x; N_2 \cdot \sin \alpha = ma_{ш}$

$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} = \frac{3+1}{4} = \frac{1}{4}$







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

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

Выразим  $N_2$  из обоих уравнений:

$$N_2 = \frac{mg - ma_{\text{ш}}}{\cos d} = m \frac{(g - a_{\text{ш}})}{\cos d}; \quad N_2 = \frac{ma_{\text{ш}}}{\sin d}.$$

$$\Rightarrow \frac{ma_{\text{ш}}}{\sin d} = \frac{m(g - a_{\text{ш}})}{\cos d} \Rightarrow a_{\text{ш}} \cdot \cos d = g \cdot \sin d - a_{\text{ш}} \cdot \sin d =$$

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

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

$$a_{\text{ш}} = g \frac{\sin d}{\cos d + \text{tg}d \cdot \sin d} = a. \quad \text{— ускорение шина.}$$

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

но еще  $a = g \cdot \sin d \cdot \cos d \quad | \cdot 2$

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

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

но еще  $\angle d = 45^\circ$  — ответ.

5) Посчитаем  $a_{\text{max}} = \frac{g \cdot 1}{2}$ ; но еще  $a_{\text{max}} = \frac{10 \text{ м/с}^2}{2} =$   
 $= 5 \text{ м/с}^2$  — ответ, максимальное ускорение шина.

3) Посчитаем ускорение  $a$  по найденной формуле

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

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

2) Найдем ускорение шара мая  $a_{\text{ш}}:$

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



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

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 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!

Зная ускорение шара, рассчитаем по формуле скорости при достижении поверхности.

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

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

~~$h = \frac{v^2}{2g}$~~   $h = \frac{v_0^2}{2g}$ ; мы еще забыли  
не действует формула

$$\Rightarrow h = \frac{9}{20} \text{ м} = \frac{2}{5} \text{ м} = 0,4 \text{ м} \text{ - Ответ; высота } h.$$

$$\begin{array}{r} 20 \overline{) 9} \\ 20 \overline{) 0,4} \\ \hline 0 \end{array}$$



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  
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:  $V(t) = \beta V_0 + kt$ .  
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  $\rho_0$  - нач. масса и плотность ртути.  
Значит:  $V_0 = \frac{m}{\rho}$ ; Найдем теперь  $k$ ;

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

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

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

Пусть  $V$  - объем при  $t_0$ ; значит;

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

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

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

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

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

- уравнение зависимости.

- ответ

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

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

$$\text{ущла.} \Rightarrow \Delta V = \frac{22}{1360} \cdot \frac{0,018}{100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}} \cdot 70^\circ\text{C} = \frac{14 \cdot 0,018}{13,6 \cdot 100} \text{ см}^3 =$$

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

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

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) Найдем площадь сечения  $S$  по формуле  
объема цилиндра:  $V = L \cdot S$

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

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 340 \\ \hline 680 \\ 11900 \\ \hline 117000 \end{array}$$

Ответ:  $S = \frac{63}{17000} \text{ мм}^2$  - площадь сечения.



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.

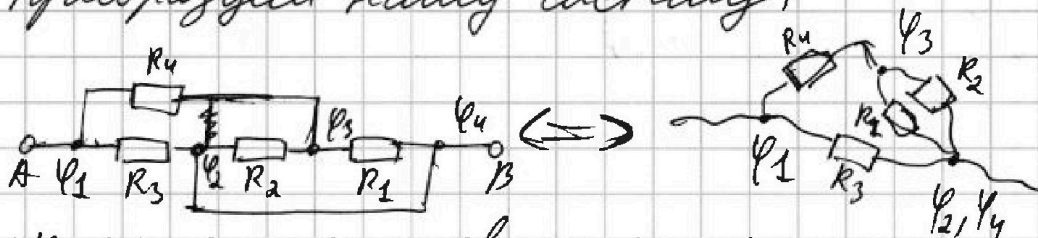
1  2  3  4  5  6  7

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 5.

1) Для нахождения сопротивления преобразуем нашу схему;



$\varphi_2 = \varphi_4$ , т.е. соединим проводом узлы 2 и 4.

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

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

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

— 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). Покишаем, что  $U = U_3 = U_4 + U_{12}.$

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:

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

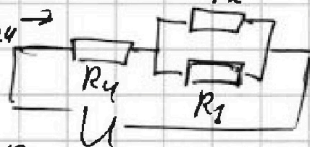
$\Rightarrow U_4 = R_4 \cdot I_{124} = 6 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ А} = 6 \text{ В}.$

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

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

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

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



$$\begin{aligned} I_1 R_1 &= I_2 R_2 \\ I_1 + I_2 &= 1 \text{ А} \end{aligned}$$

16	5
75	3,2
10	
20	
40	5
10	8



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

Ответ:  $P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$