



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**

Вариант 09-01

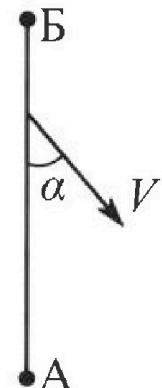


*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Продолжительность полета аппарата по маршруту А → Б в безветренную погоду составляет $T_0=400$ с. Расстояние АБ равно $S=9,6$ км.

- 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 АБ (см. рис.) таким, что $\sin \alpha = 0,6$.



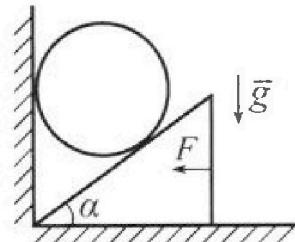
- Найдите продолжительность T_1 полета по маршруту А → Б в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна U .
- При каком значении угла α продолжительность полета по маршруту А → Б → А максимальная? Движение аппарата прямолинейное.
- Найдите максимальную продолжительность T_{MAX} полета по маршруту А → Б → А. 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.

- Найдите продолжительность T полета от старта до падения на площадку.
- Найдите максимальную высоту H полета.
- 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 поконится 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.

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



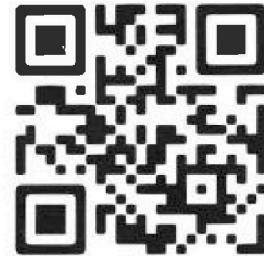
Силу F снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на $H=0,8$ м шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью.

- Найдите перемещение h шара после соударения до первой остановки.
- Найдите ускорение a клина в процессе разгона.
- При каком значении угла α ускорение клина максимальное?
- Найдите максимальное ускорение a_{MAX} клина.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

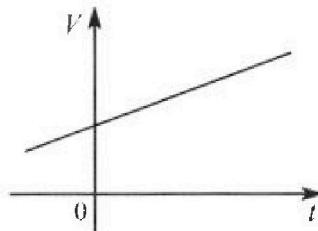
Вариант 09-01



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 $\rho = 13,6 \text{ г}/\text{см}^3$. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

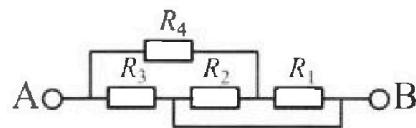


- Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: m , ρ , β , t_0 , t_{100} , t .
- Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ до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

5. В цепи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$.

- Найдите эквивалентное сопротивление $R_{экв}$ цепи.

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



- Найдите мощность P , которая рассеивается на всей цепи.
- На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? Найдите эту наименьшую мощность P_{MIN} .



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

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!

№1

Дано:

$$T_0 = 400 \text{ с}$$

$$S = 9,6 \text{ км} = 9600 \text{ м}$$

$$V = 16 \text{ м/с}, \sin\alpha = 0,6$$

Найти:

$$U = ? \quad V = ?$$

$$T = ? \quad V = 16 \text{ м/с}, \sin\alpha = 0,6$$

$$T_1 = ?$$

$$\alpha = ? \quad T_{ABA} = T_{MAX}$$

$$T_{MAX} = ?$$

Решение:

Рассмотрим первый шаг. Аппарат с постоянной скоростью U за время T_0 проходит расстояние S . Значит,

$$U = \frac{S}{T_0} = \frac{9600 \text{ м}}{400 \text{ с}} = 24 \text{ м/с}$$

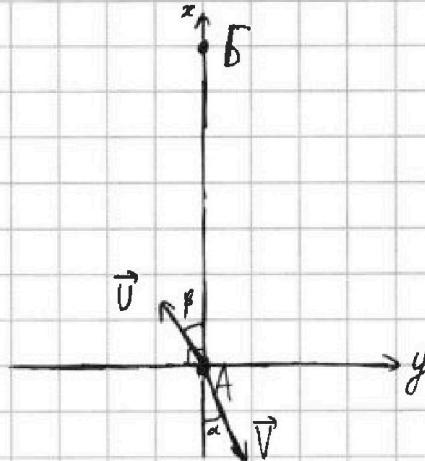
На время можно перейти в СО, связанную с ветром. В ней аппарат движется со скоростью \vec{U} , а точка Б движется со скоростью $-\vec{V}$. Тогда очевидно, что аппарат движется прямолинейно, т.к. кратчайшим путем от одной точки до другой является прямая.

Вернемся в СО, связанную с Землей. Тогда аппарат движется со по прямой от А к Б. Назовем ее, проходящую через А и Б, осью x , а перпендикулярную ей — осью y . Начало координат в точке А (см. рисунок).

Поскольку аппарат движется только вдоль оси x , проекция его скорости на ось y равна 0. В свою очередь, проекция скорости аппарата на ось y складывается из проекций скоростей \vec{V} и \vec{U} на ось y .

Пусть \vec{U} направлен под углом β к оси x .

Тогда, $0 = V \sin\alpha - U \sin\beta \Rightarrow \sin\beta = \frac{V \sin\alpha}{U}$. Тогда $\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = 0,8$, $\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{V^2 \sin^2\alpha}{U^2}}$. Значит, Проекция го скорости аппарата на ось x складывается из проекций составе \vec{U} и \vec{V} на ось x .





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.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

Обозначим эту проекцию за v_x . Тогда, $v_x = U \cos \alpha - V \sin \alpha$

$$= U \sqrt{1 - \frac{v^2}{U^2} \sin^2 \alpha} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

Время T_1 – отношение расстояния S к v_x , а значит,

$$T_1 = \frac{S}{\sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{9600}{\cancel{\sqrt{24^2 - 16^2}} \cancel{\frac{U}{c}} \cancel{+ \frac{9600}{\sqrt{24^2 - 16^2 \sin^2 \alpha} - 16 \sqrt{1 - 0,36}} c} =$$

$$= \frac{9600}{\cancel{\sqrt{576 - 256 \cdot 0,36}} - 16 \cdot 0,8} c \Rightarrow 16 \cdot 0,8 = 12,8; 256 \cdot 0,36 = \frac{256}{0,36} + \frac{1536}{768} = \frac{92,16}{92,16} \Rightarrow 576 - 92,16 = 483,84$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{9600}{\sqrt{483,84} - 12,8} c$$

Чтобы максимизировать T_1 при наименее $A \rightarrow b \rightarrow A$ время будем складываться из $\frac{S}{\sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} + \frac{S}{\sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha} + V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$, т.к.

на обратных путях ветер в проекции на Ox сонаправлен с аппаратом. Тогда,

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

$$= 2S \cdot \frac{\sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha}}{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha - V^2 + V^2 \sin^2 \alpha} = 2S \cdot \frac{\sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha}}{U^2 - V^2}, \text{ но } \frac{2S}{U^2 - V^2} = \text{const} \Rightarrow$$

при $T = T_{\max}$ получает значение выражения $\sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha}$ максимально, & что будет в случае, когда $\sin^2 \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$ или $\alpha = 180^\circ$

$$T_{\max} = \frac{2S}{U^2 - V^2} \cdot \sqrt{U^2} = \frac{2US}{U^2 - V^2} = \frac{2 \cdot 24 \cdot 9600}{576 - 256} = \frac{2 \cdot 24 \cdot 9600}{320} = 2 \cdot 24 \cdot 30 = 1440 \text{ c}$$

Ответ: $U = 24 \text{ м/с}$; $T_1 = \frac{9600}{\sqrt{483,84} - 12,8} \text{ c}$; $\alpha = 0 + n\pi$ радиан, $n \in \mathbb{R}$; $T_{\max} = 1440 \text{ c}$

$$U = \frac{S}{T_0}; T_1 = \frac{S}{\sqrt{U^2 - V^2 \sin^2 \alpha} - V \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}; T_{\max} = \frac{2US}{U^2 - V^2}$$

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.

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

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!

N²

Дано:

$$t_1 = 1 \text{ с}, t_2 = 2 \text{ с}, |\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$$

$$2\beta = 60^\circ$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$T = ?$$

$$H = ?$$

$$R_{\text{н}} = ?$$

m - масса мяча

Решение:

Мяч летит по параболе. а значит $\frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const} \Rightarrow v^2 + 2gh = \text{const} \Rightarrow$ Поскольку $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$, $h_1 = h_2$, где h_1 и h_2 - высоты мяча над землей в моменты времени t_1 и t_2 соответственно.

Поскольку горизонтальная составляющая скорости мяча не меняется, а значит, поскольку $v_1 = v_2$, ее расстояние от высшей точки траектории до точек траектории в моменты t_1 и t_2 по горизонтали равны. Пусть горизонтальная составляющая скорости мяча равна v_x . В силу симметрии на высшей точке траектории будет достигнута в момент времени $\frac{T}{2}$.

$$\text{Тогда } v_x \left(\frac{T}{2} - t_1 \right) = v_x \left(t_2 - \frac{T}{2} \right) \quad | : v_x$$

$$\frac{T}{2} - t_1 = t_2 - \frac{T}{2} \Rightarrow T = t_1 + t_2 = 3 \text{ с}$$

Заметим, что в моменте t_1 вертикальная составляющая отшагает от верх скорости отшагает от вертикальной составляющей скорости в моменте t_2 (как мы видели, направивши, т.е. склоня бояла вверх, потом вниз). Но модуль скорости не изменился, а значит, модуль вертикальной составляющей не изменился, т.к. горизонтальная - const.

Тогда $2\beta = \text{удвоенный угол}$ или Тогда $2\beta = \text{удвоенный угол}$



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

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!

шепту склоняется в момент t_1 под углом к горизонту к горизонтали. Значит, в этот момент угол равен β .
Определить вертикальную составляющую скорости мяча в момент времени t_1 (далее она будет обозначаться v_y).

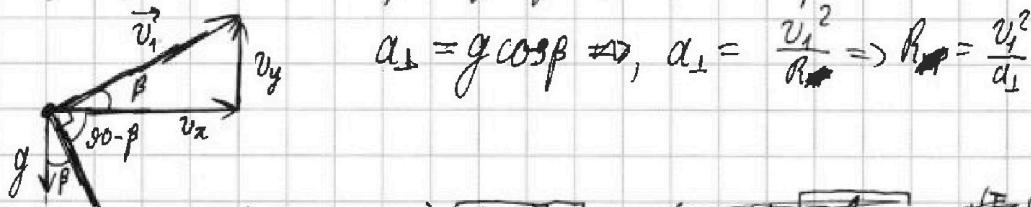
$$\cancel{g}(\frac{T}{2} - t_1) \quad \frac{v_y}{g} = \frac{T}{2} - t_1 \Rightarrow v_y = g\left(\frac{T}{2} - t_1\right)$$

$$t_{GP} = \frac{v_y}{g} \Rightarrow v_x = \frac{v_y}{t_{GP}} = \frac{g\left(\frac{T}{2} - t_1\right)}{t_{GP}}$$

Заметим, что за вторую половину времени в проекции на ось вертикаль мяч падает с ускорением g , причем в момент времени $\frac{T}{2}$ вертикальная составляющая скорости равна 0, мяч падает с высоты H .

Тогда, $H = g \cdot \frac{\left(\frac{T}{2}\right)^2}{2} = \frac{gT^2}{8} = \frac{10 \cdot 9}{8} = 11,25 \text{ м}$

Для определения радиуса кривизны необходимо знать нормальное ускорение, т.е. перпендикулярное скорости.



$$a_\perp = g \cos \beta \Rightarrow R_\perp = \frac{v_1^2}{a_\perp} = \frac{v_1^2}{g \cos \beta}$$

$$v_1 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \cancel{g} \left(\frac{T}{2} - t_1 \right) \sqrt{\frac{1}{t_{GP}^2} + 1} = \cancel{g} \left(\frac{T}{2} - t_1 \right) \frac{1}{\cos^2 \beta} = \cancel{g} \left(\frac{T}{2} - t_1 \right)$$

~~$$\frac{v_1^2}{a_\perp} = \frac{g^2 \left(\frac{T}{2} - t_1 \right)^2}{\cos^2 \beta \cdot g \cos \beta} = \frac{g \left(\frac{T}{2} - t_1 \right)^2}{\cos^3 \beta}$$~~

$$= \frac{g \left(\frac{T}{2} - t_1 \right)}{\sin \beta} \Rightarrow R = \frac{v_1^2}{a_\perp} = \frac{g^2 \left(\frac{T}{2} - t_1 \right)^2}{\sin^2 \beta \cdot g \cos \beta} = \frac{g \left(\frac{T}{2} - t_1 \right)^2}{\cos \beta \sin^2 \beta} = \frac{10 \cdot \frac{1}{4}}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{4}} =$$

$$= \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

Ответ: $T = 3 \text{ с}; H = 11,25 \text{ м}; R = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м}$

$$T = \frac{t_1 + t_2}{2}; H = \frac{gT^2}{8}; R = \frac{g \left(\frac{T}{2} - t_1 \right)^2}{\cos \beta \sin^2 \beta}$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

N³

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$F = ?$$

$$h, a, \alpha, a_{\max} = ? \quad H = 0,8 \text{ м}$$

Решение:

На клин со стороны шаря действует сила N_1 . Толькo она имеет горизонтальную составляющую равную F (N_1 под углом α к вертикали).

$$F = N_1 \sin \alpha$$

Шар находится в равновесии \Rightarrow по вертикали силы скомпенсированы:

$$N_1 \cos \alpha = mg \Rightarrow N_1 = \frac{mg}{\cos \alpha} \Rightarrow F = mg \tan \alpha = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ Н}$$

Пусть ускорение шара равно a_0 . Запишем уравнение:

$$\begin{cases} ma_0 = mg - N_1 \cos \alpha \\ ma = N_1 \sin \alpha \end{cases}$$

Нужно solve 1 уравнение.

Запишем, что шар касается поверх наклонной поверхности клина \Rightarrow Радиус радиус шара перпендикулярен ей \Rightarrow Шар касается одной и той же точкой.

Пусть шар опустится на ΔH , тогда в клине все ходил вперед на расстояние L . Тогда расстояние между точками соприкосновения в эти два момента равно L и ΔH по горизонтали и вертикали соответственно, а значит, $\tan \alpha = \frac{\Delta H}{L}$.

Будем сравнивать один начальный момент с конечным. Тогда $\tan \alpha = \frac{a_0 t^2}{a_0 \cdot t^2} = \frac{a_0}{a_H}$

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.



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

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!

$$N_1 = \frac{ma}{\sin \alpha}, \quad ma_0 = mg - ma \operatorname{tg} \alpha \quad ma_0 = mg - N_1 \cos \alpha = \\ = mg - ma \operatorname{ctg} \alpha - mg - ma \operatorname{ctg} \alpha$$

$$a_0 = a \operatorname{tg} \alpha = g - a \operatorname{ctg} \alpha \Rightarrow a \left(\operatorname{tg} \alpha + \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = g \Rightarrow \\ \Rightarrow a = \frac{gt \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} \Rightarrow a_0 = \frac{g \operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} \quad \left(\alpha = \frac{10 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}{\frac{4}{3}} = 25 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ м/с}^2 \right)$$

$$H = a_0 \frac{t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_0}} \Rightarrow t = \sqrt{2 \cdot \frac{2H}{a_0}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2 \cdot g \operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} \cdot H}$$

$$\text{Чтобы } \frac{mv^2}{2} = mgh, \text{ где } m - \text{масса шара} \cdot \frac{2}{m}$$

$$v^2 = 2gh, \quad v^2 = \frac{2gH \operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} \Rightarrow h = H \cdot \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} = 0,8 \cdot \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{3}} = 0,2 \text{ м}$$

$a = \frac{gt \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1}$, максимизируем это значение. Для этого нужно минимизировать $\operatorname{tg} \alpha + \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$. Тогда $(\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)$. Пусть $x = \operatorname{tg} \alpha$. Тогда минимизируем $x + \frac{1}{x}$.

$$\left(x + \frac{1}{x} \right)' = \left(x' + x^{-1} \right)' = 1 + (-x^2) = 0 \Rightarrow x^2 = 1 \Rightarrow \operatorname{tg}^2 \alpha = 1. \text{ Значит,}$$

Поскольку $\alpha < 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$. Значит, $a_{\max} = \frac{g \cdot 1}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} = \frac{g}{2} = 5 \text{ м/с}^2$

Ответ: $F = mgt \operatorname{tg} \alpha = \frac{10}{\sqrt{3}} H; \quad h = 0,2 \text{ м}; \quad a = \frac{gt \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} =$

$$h = H \cdot \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} = 0,2 \text{ м}; \quad a = \frac{gt \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ м/с}^2; \quad \alpha = 45^\circ;$$

$$a_{\max} = \frac{g}{2} = 5 \text{ м/с}^2$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

N4

Дано:

$$t_1 = 35^\circ\text{C}, t_2 = 42^\circ\text{C}, L = 50 \text{ mm}$$

$$m = 2 \text{ г}$$

$$t_{100} = 100^\circ\text{C}; \beta = 1,018; t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$$\rho(t_0) = \rho = 13,6 \text{ г/см}^3$$

Найти:

$$V(t) = ?$$

$$\Delta V = ?$$

$$S = ?$$

Решение:

$\beta = V = V_0 + \alpha t$, где V_0 — объем ртути при t_0 , α — некоторый коэффициент, а t — температура. В условиях сказано, что $\frac{V(t_{100})}{V(t_0)} = \beta$, а значит,

$$\frac{V_0 + \alpha t_{100}}{V_0 + \alpha t_0} = \beta \Rightarrow V_0 + \alpha t_{100} = \beta V_0 + \alpha \beta t_0 \Rightarrow \alpha(t_{100} - \beta t_0) = (\beta - 1)V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0 = \alpha = \frac{\beta - 1}{t_{100} - \beta t_0} V_0. V_0 \text{ можно вычислить как } V_0 = \frac{m}{\rho} =$$

$$= \frac{20}{136} \text{ см}^3 = \frac{5}{34} \text{ см}^3 \Rightarrow \alpha = \frac{0,018}{100} \cdot \frac{5}{34} \text{ см}^3/\text{°C} = \frac{0,09}{3400} \text{ см}^3/\text{°C} = \frac{90}{3400} \text{ мкм}^3/\text{°C} =$$

$$= \frac{9}{340} \text{ мкм}^3/\text{°C}, V_0 = \frac{5}{34} \text{ см}^3 = \frac{5000}{34} \text{ мкм}^3 = \frac{2500}{17} \text{ мкм}^3$$

$$\text{Тогда } V(t) = \frac{2500}{17} \text{ мкм}^3 + \frac{9 \text{ мкм}^3}{340 \text{ °C}} \cdot t = \frac{m}{\rho} + \frac{(\beta - 1)m}{(t_{100} - \beta t_0)\rho} t$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= V(t_2) - V(t_1) = V_0 + \alpha t_2 - V_0 - \alpha t_1 = \alpha(t_2 - t_1) = \\ &= \frac{(\beta - 1)m}{\rho} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_{100} - \beta t_0} = \frac{0,018 \cdot 2 \text{ г}}{13,6 \text{ г/см}^3} \cdot \frac{7 \text{ °C}}{100 \text{ °C}} = \frac{0,018 \cdot 2 \cdot 7}{1360} \text{ см}^3 = \frac{18 \cdot 7}{1360} \text{ мкм}^3 \\ &= \frac{63}{340} \text{ мкм}^3 \end{aligned}$$



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

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!

Задано, что это изменение объема соответствует расстоянию между сечениями, т.е. $\Delta V = SL \Rightarrow S = \frac{\Delta V}{L} = \frac{63}{340 \cdot 50} \text{ мм}^2 = \frac{63}{17000} \text{ мм}^2$

Объем: $V(t) = \frac{m}{\rho} + \frac{(\beta-1)m}{(t_{100}-\rho t_0)\rho} t, \Delta V = \frac{(\beta-1)m}{\rho} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_{100} - \rho t_0} = \frac{63}{340} \text{ мм}^3, S = \frac{63}{17000} \text{ мм}^2 \cdot \frac{(\beta-1)m}{\rho L} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_{100} - \rho t_0} = \frac{63}{17000} \text{ мм}^2$

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 2



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

№5

Дано:

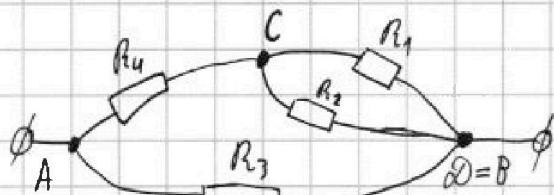
$$\begin{aligned} R_1 &= 5 \text{ Ом} \\ R_2 &= 20 \text{ Ом} \\ R_3 &= 10 \text{ Ом} \\ R_4 &= 6 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Найти: $R_{\text{экв}} = ?$

$$P, P_{\min} = ? \quad U = 10 \text{ В}$$

Решение:

Пусть $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C, \varphi_D$ — потенциалы точек A, B, C, D соответственно. Заметим, что $\varphi_D = \varphi_B$ т.к. они замкнуты проводом (идеальны). Нарисуем эквивалентную схему:



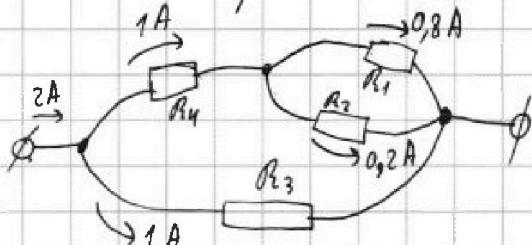
Пользуясь формулами параллельных и последовательных соединений,

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

$$= \frac{10 \cdot (6 + \frac{5 \cdot 20}{25})}{10 + 6 + \frac{5 \cdot 20}{25}} = \frac{10(6+4)}{10+6+4} = \frac{10 \cdot 10}{10+10} = 5 \text{ Ом}$$

Через это цепь протекает ток $I_0 = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = ? \text{ А}$

Ток при параллельном соединении разделяется обратно пропорционально сопротивлениям. Укажем токи в цепи.



Пользуясь пачкой



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

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!

Понада пусть P_1, P_2, P_3, P_4 — мощности, рассеивавшиеся на резисторах R_1, R_2, R_3, R_4 соответственно.

$$P_i = I_i^2 R_i \Rightarrow P_1 = 0,8^2 \cdot 5 = 3,2 \text{ Вт}; P_2 = 0,2^2 \cdot 20 = 0,8 \text{ Вт};$$
$$P_3 = 1^2 \cdot 10 = 10 \text{ Вт}; P_4 = 1^2 \cdot 6 = 6 \text{ Вт}. \text{ Значит, } P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 20 \text{ Вт};$$
$$\alpha P_{\min} = \min(P_1; P_2; P_3; P_4) = P_2 = 0,8 \text{ Вт}$$

Ответ: $R_{\text{кр}} = 10 \text{ с.м.}$; $P = 20 \text{ Вт}$; 11 на 2-ом резисторе;

$$P_2 = P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$$

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.

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!

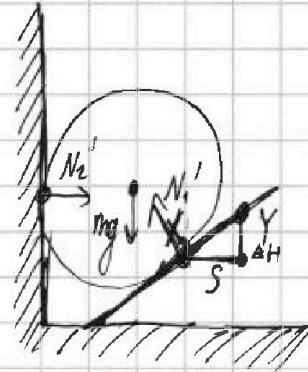
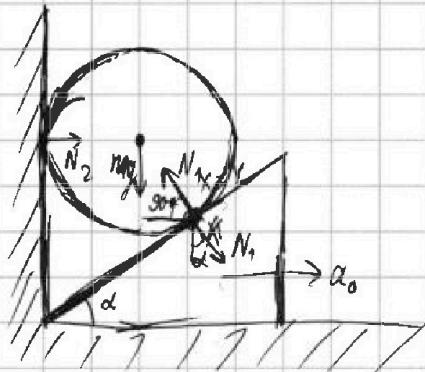
$$\begin{array}{r} 48384 \\ \times 12 \\ \hline 96768 \\ + 48384 \\ \hline 580608 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 320724 \\ \times 12 \\ \hline 641448 \\ + 320724 \\ \hline 3848688 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 96032 \\ \times 30 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$48 \times 30 = 1440$$

$$\begin{array}{r} 136014 \\ \times 12 \\ \hline 272028 \\ + 136014 \\ \hline 16340 \end{array}$$



$$ma_0 = N_1 \cos(90^\circ - \alpha) = N_1 \sin \alpha \Rightarrow N_1 = \frac{ma_0}{\sin \alpha}$$

$$\frac{\Delta H}{S} = \tan \alpha \quad \frac{v_m}{v_k} = \tan \alpha = \frac{a_0 t_f^2}{\alpha_0 f^2} \Rightarrow \alpha_0 = a_0 \tan \alpha$$

$$ma_1 = mg - N_1 \cos \alpha =$$



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

1

2

3

4

5

6

7

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!