



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-02

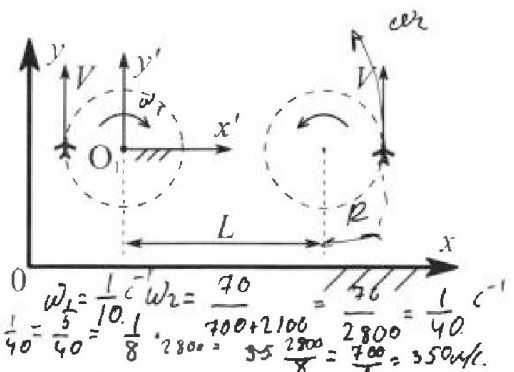
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 70$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R = 700$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.

$$at = v_1 - v_2 \quad s = a(v_1 - v_2)^2$$
$$t = \frac{v_1 - v_2}{a}$$



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей $L = 2,1$ км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно $S_1 = 160$ м, упавших на склон, $S_2 = 120$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите угол α , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

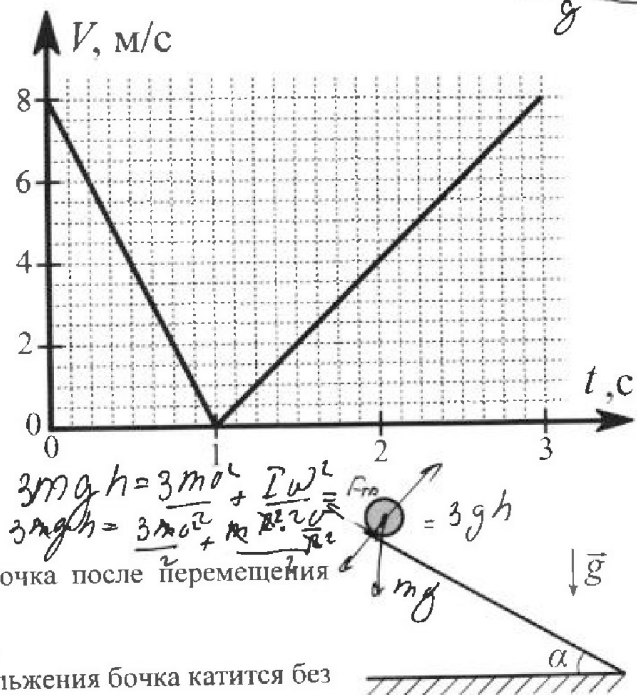


3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в $n = 2$ раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на $L = 0,6$ м?
3. Найдите ускорение a , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

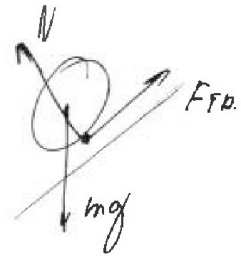


4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят $Q = 780$ Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на $|\Delta T_1| = 31,2$ К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на $|\Delta T_2| = 20$ К.

1. Найдите работу A внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_p смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_1}{N_2}$ числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа азота $U = \frac{5}{2} PV$.

$$\begin{aligned} Q_1 &= -\nu R \Delta T_1 + p \Delta V \\ Q_2 &= -\nu R \Delta T_2 + p \Delta V \\ \nu_1 R \Delta T_1 &= \nu_2 R \Delta T_2 \end{aligned}$$



5. Частица с удельным зарядом $\gamma = \frac{q}{m} < 0$ движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения U , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите скорость V_0 частицы в рассматриваемый момент времени.

Через некоторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

2. С какой по величине скоростью V движется в этот момент частица?

$$\begin{aligned} A = 0 \quad Q &= \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_1 = \frac{\Delta T_1 R}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) \\ Q = \Delta U + A &= \frac{\Delta T_2 R}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) + p \Delta V = \frac{\Delta T_2 R}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) + \nu R \Delta T_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{R \Delta T}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2) + (\nu_1 + \nu_2) R \Delta T}{\Delta T} = \frac{R}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2) + (\nu_1 + \nu_2) R \\ &= \frac{780 \cdot 5}{156} = \frac{250 \cdot 5}{156} = \frac{1250}{156} = \frac{625}{78} \approx 8,01 \text{ Дж/К} \\ &= \frac{780 \cdot 5}{156} = \frac{250 \cdot 5}{156} = \frac{1250}{156} = \frac{625}{78} \approx 8,01 \text{ Дж/К} \\ &= \frac{780 \cdot 5}{156} = \frac{250 \cdot 5}{156} = \frac{1250}{156} = \frac{625}{78} \approx 8,01 \text{ Дж/К} \end{aligned}$$



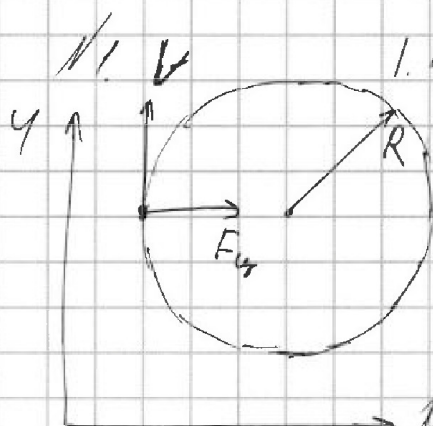
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА

1 из 3

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. Рассмотрим силы, действующие на летящую в горизонтальной плоскости: (2-й закон Ньютона на Ox).

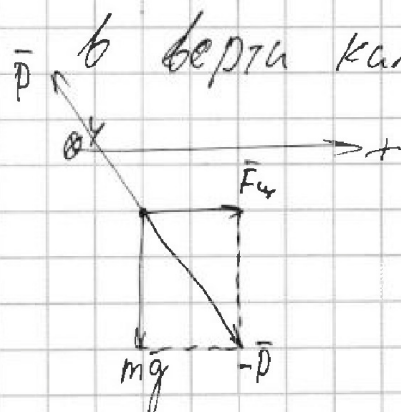
$F_c = m a_c$, где F_c - центростремительная сила

$$F_c = m a = m \frac{v^2}{R}$$

$$F_c = m \frac{v^2}{R}$$

a_c - центростремительное ускорение.

Рассмотрим силы, действующие на pilota в верти кальной плоскости:



$$\vec{F}_c + m\vec{g} = -\vec{P}$$

$$|\vec{P}| = \sqrt{m^2 g^2 + F_c^2} = \sqrt{m^2 g^2 + m^2 \frac{v^4}{R^2}} = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g}$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{10^2 + \frac{70^4}{700^2}}}{10} = \frac{\sqrt{100 + 49}}{10} = \frac{\sqrt{149}}{10}$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{149}}{10}$$



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 3

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!

2. Пусть система отсчета $x'O, y'$ движется с угловой скоростью ω_1 относительно O . Т.к. она связана

1-м самолетом, ω_1 равна угловой скорости 1-го самолета относительно O , которая равна $\frac{V}{R}$.

$\omega_1 = -\frac{V}{R}$. Знак "-" стоит потому, что ω_1 направлен ~~против~~ ^{вдоль} ~~по часовой стрелке~~ ^{по часовой стрелке}.

Т.к. скорость 2-го самолета направлена перпендикулярно оси x' , угловая скорость 2-го самолета ω_2 относительно точки O равна

$$\omega_2 = \frac{V}{L+R}$$

~~ω_2 - угловая скорость 2-го самолета. Относительно~~

~~Только точки O .~~
Знак "+" стоит потому, что она направлена ~~против~~ ^{по часовой стрелке}.

перейдем в СО ~~куда~~ $x'O, y'$.

Угловая скорость 2-го самолета в ней равна

$$\omega_2' = \omega_2 - \omega_1 = \frac{V}{L+R} + \frac{V}{R} = V \left(\frac{1}{L+R} + \frac{1}{R} \right)$$

Линейная скорость в этой СО у 2-го самолета будет равна

$$\begin{aligned} v_{\text{линейная}} &= \omega_2' \cdot (L+R) = V \left(\frac{1}{L+R} + \frac{1}{R} \right) (L+R) = V \cdot \left(\frac{L+R}{L+R} + \frac{L+R}{R} \right) = \\ &= V \cdot \left(1 + \frac{L}{R} + 1 \right) = V \cdot \left(2 + \frac{L}{R} \right) = 70 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \left(2 + \frac{2,1 \text{ км}}{200 \text{ м}} \right) = 70 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \left(2 + \frac{2100 \text{ м}}{200 \text{ м}} \right) = 70 \cdot (2+3) = 350 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \end{aligned}$$



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 ☐

СТРАНИЦА
3 из 3

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, -- направление $\vec{U}$:



Они направлены по касательной к окружности с центром в т. O_1 . Т.к. 2-й самолет не ходит на продолжении оси x' , то которая включает в себя и радиус окружности, $\vec{U}$ направлен перпендикулярно x' или вдоль оси y'

Ответ: 1. $\frac{R}{mg} = \frac{\sqrt{145}}{10}$ 2. $|\vec{U}| = 350 \text{ м/с}$; направление вдоль оси y'



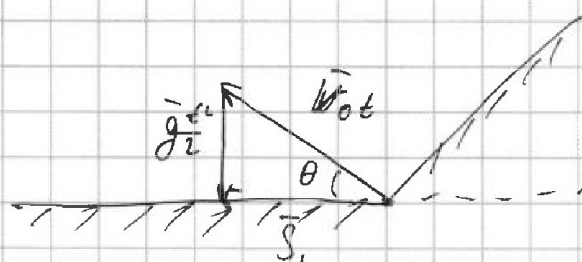
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
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!

1. Рассмотрим осколок, который ~~пронесет дальше всего~~ ^{улетит} дальше всех среди тех, что упали на горизонтальную поверхность. Найдём ^{какой-то} суммарную длину перемещений:



$\sin \theta = \theta$ - угол с горизонтом,

под которым вылетел этот осколок

$$\sin \theta = \frac{gt}{V_0 t} = \frac{gt}{V_0 t}$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \theta}{g}$$

$$gt + V_0 t = S_1$$

$$\cos \theta = \frac{S_1}{V_0 t}$$

$$S_1 = V_0 t \cdot \cos \theta = \frac{2V_0 \sin \theta}{g} \cdot \cos \theta = \frac{2V_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$V_0^2 = \text{const}, g = \text{const}.$

Наибольшее S_1 достигается при максимальном $\sin 2\theta$, т.е.

$$\sin 2\theta = 1 \Rightarrow 2\theta = 90^\circ \Rightarrow \theta = 45^\circ$$

$$S_1 = \frac{V_0^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{V_0^2}{g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{g S_1} = \sqrt{10 \cdot 160} = \sqrt{1600} = 40 \text{ м/с}$$

$$V_0 = 40 \text{ м/с}$$

2. Рассмотрим осколок, который улетит дальше всех из тех, которые упали на наклонную поверхность



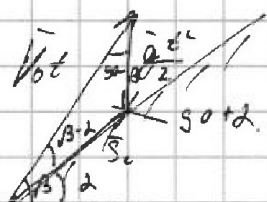
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 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!

Нарисуем векторный треугольник перемещений:



Теорема косинусов:

β - угол между сторонами, под которым лежит сторона S_L .
 $0 < \beta < 90^\circ$

Теорема синусов:

$$\frac{V_0 t}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{g t^2}{2 \sin(\beta - \alpha)} = \frac{S_L}{\sin(90^\circ - \beta)}$$

$$\vec{V}_0 t + \vec{g} t^2 = \vec{S}_L$$

$$\frac{V_0 t}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{g t^2}{2 \sin(\beta - \alpha)}$$

$$\frac{V_0 t}{\cos \alpha} = \frac{g t^2}{2 \sin(\beta - \alpha)}$$

$$t = \frac{2 V_0 \sin(\beta - \alpha)}{g \cos \alpha}$$

$$\frac{V_0 t}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{S_L}{\sin(90^\circ - \beta)}$$

$$S_L \frac{V_0 t}{\cos \alpha} = \frac{S_L}{\cos \beta}$$

$$S_L = \frac{V_0 t \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{V_0 \cos \beta}{\cos \alpha} \cdot \frac{2 V_0 \sin(\beta - \alpha)}{g \cos \alpha} = \frac{V_0^2 \cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha)}{g \cos^2 \alpha}$$

$L, V_0, g - \text{const.}$

Найдем наибольшее значение $\cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha)$.

1. Для начала, найдем значение β , при котором это значение

равно нулю + наибольшее значение при $\beta = 90^\circ$.



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
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!

Т.к. $2 \cos \alpha$, то $\cos \alpha = \cos \alpha$, тогда α рассматриваем
значит, α найти α ~~найти α~~
~~найти α~~ $\cos \beta \sin(\beta - \alpha)$

Согласно это, α производную по β

$$(\cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha))' = 0.$$

$$\begin{aligned} (\cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha))' &= -\sin \beta \cdot \sin(\beta - \alpha) + \cos(\beta - \alpha) \cdot \cos \beta = \\ &= \cos \beta \cdot \cos(\beta - \alpha) - \sin \beta \cdot \sin(\beta - \alpha) = \cos(\beta + \beta - \alpha) = \cos(2\beta - \alpha) \end{aligned}$$

$$\cos(2\beta - \alpha) = 0.$$

$$2\beta - \alpha = \frac{\pi}{2}.$$

$$\beta = \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} = 45^\circ + \frac{\alpha}{2}.$$

$$\begin{array}{c} \nearrow \\ \tau \quad \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \end{array}$$

Выражение $\cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha)$ принимает на $\cos \alpha$

значит при $\beta = 45^\circ + \frac{\alpha}{2}$ равно $\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$
Найдем максимум $\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$
 $\cos^2 \alpha$

Производная по α

$$(\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}))' = 0.$$

$$(\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}))' = -\sin(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) + \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \cos(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$$

$$= (\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}))' \cdot \cos^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) = 0.$$



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!

$$\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) = (\cos 45^\circ \cos \frac{\alpha}{2} - \sin 45^\circ \sin \frac{\alpha}{2}) (\sin 45^\circ \cos \frac{\alpha}{2} - \cos 45^\circ \sin \frac{\alpha}{2})$$

$$\cos 45^\circ = \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$(\frac{1}{\sqrt{2}} \cos \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\alpha}{2}) (\frac{1}{\sqrt{2}} \cos \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\alpha}{2}) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2}) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2}) =$$

$$= \frac{1}{2} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2})^2 = \frac{1}{2} (\cos^2 \frac{\alpha}{2} + \sin^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2}) =$$

$$= \frac{1}{2} (1 - \sin \alpha) = \frac{1}{2} - \frac{\sin \alpha}{2}$$

~~$$\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) = \frac{1}{2} - \frac{\sin \alpha}{2}$$~~

$$S_2 = \frac{2 V_0^2 \cos \beta \sin(\beta - \alpha)}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2 V_0^2 (\frac{1}{2} - \frac{\sin \alpha}{2})}{g \cos^2 \alpha} =$$

$$\pm S_2 = \frac{2 V_0^2 \cdot \frac{1}{2} (1 - \sin \alpha)}{g (1 - \sin^2 \alpha)} = \frac{V_0^2 (1 - \sin \alpha)}{g (1 - \sin \alpha) (1 + \sin \alpha)}$$

$$\alpha \neq 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha \neq 1 \Rightarrow \Rightarrow \sin \alpha - 1 \neq 0$$

$$S_2 = \frac{V_0^2}{g (1 + \sin \alpha)}$$

$$1 + \sin \alpha = \frac{V_0^2}{S_2 g}$$

$$\sin \alpha = \frac{V_0^2}{S_2 g} - 1 = \frac{1600}{120 \cdot 10} - 1 = \frac{1600}{1200} - 1 = \frac{3}{2} - 1 = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Ответ: $V_0 = 40 \text{ м/с}$ $\alpha = 30^\circ$



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 3

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. Рассмотрим движение шайбы вверх по шероховатой поверхности:

2-й 3-й Ньютона на Oy :

$$N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

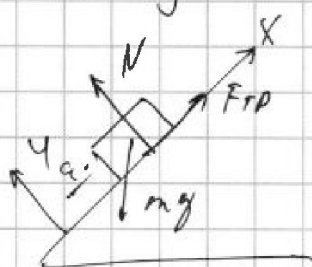
$$\text{на } O_x: -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = +ma$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = -ma$$

$$|a| = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

6 ншз:



$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = -ma$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$-\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = -ma$$

$$|a| = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$|a_2| < |a_1| \Rightarrow$ брусок толкнута вверх, после чего он останется в покое и поехал вниз (из

третей точки)

$$|a| = g(-\sin \alpha + \mu \cos \alpha + \sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{g_1 + g_2}{2g}$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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!

а3 График:

$$|a_1| = \frac{8}{1} = 8 \text{ м/с}^2$$

$$a_1 = -\frac{8}{1} \text{ м/с}^2$$

$$|a_2| = \frac{8}{2} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = \frac{8}{2} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$\sin \alpha = \frac{|a_1| + |a_2|}{2g} = \frac{8+4}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{5}$$

Задача 2. Пусть масса бруса равна m ,

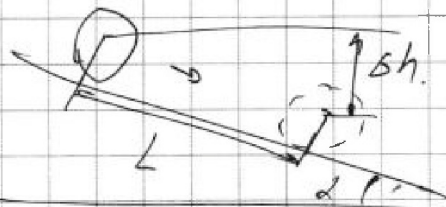
тогда масса воды L и n - m и n , масса всей системы $m(n+1)$.

Пусть ее радиус R , тогда I к. вода бруса

не вращается момент инерции бруса I

равен $I = mR^2$ Δh - изменение высоты бруса

$$\Delta h = L \sin \alpha$$



Угловая скорость бруса ω

$$\text{и бруса равна } \omega = \frac{v}{R}$$

Запишем ЗСЭ:

$$m(n+1)gh = \frac{3}{2}mv^2 + \frac{I\omega^2}{2} \quad m(n+1)gh = \frac{m(n+1)v^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

$$m(n+1)gL \sin \alpha = \frac{m(n+1)v^2}{2} + \frac{mR^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}}{2}$$

$$(n+1)gL \sin \alpha = \frac{v^2(n+1+1)}{2}$$

$$v^2 = \frac{2(n+1)gL \sin \alpha}{n+2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2gL \sin \alpha (n+1)}{n+2}}$$



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.



СТРАНИЦА

3 из 3

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!

$$v = \sqrt{\frac{2gl \sin \alpha (n+1)}{n+2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot \frac{1}{5} \cdot (2+1)}{2+2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 3}{4}}$$
$$= \sqrt{1,8} \text{ м/с.}$$

3. Рассмотрим равно ускоренное движение
поезда, когда он скатывается с холма, 0,6 м.

$$v_0 = 0 \quad v_n = \sqrt{1,8} \text{ м/с}$$

$$L = \frac{a t^2}{2}$$

$$L = \frac{a t^2}{2}$$



$$v = a t \Rightarrow t = \frac{v}{a}$$

$$\frac{2L}{a}$$

$$L = \frac{a \cdot v^2}{2 a^2} = \frac{v^2}{2 a}$$

$$v = \sqrt{2 a L} \Rightarrow a = \frac{v^2}{2 L}$$

$$a = \frac{v^2}{2 L} = \frac{1,8}{2 \cdot 0,6} = \frac{1,8}{1,2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $\sin \alpha = \frac{1}{5}$; $v = \sqrt{1,8} \text{ м/с}$; $a = 1,5 \text{ м/с}^2$.



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
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. Рассмотрим изохорический процесс:



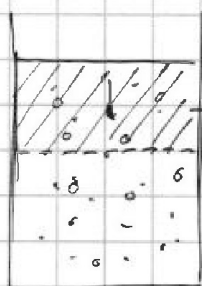
ν_{He} - кол-во кал-б гелия ν_{N_2} - кол-во кал-б азота.
 ΔU - изм. вн. эн. в этом процессе.

$$A = p \Delta V; \text{ так как } V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0.$$

$$-Q = \Delta U_1 = \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 - \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2$$

$$Q = \frac{R \Delta T_1}{2} (3 \nu_{He} + 5 \nu_{N_2}); \Delta U_1 = Q = \frac{R \Delta T_1}{2} (3 \nu_{He} + 5 \nu_{N_2})$$

2. Рассмотрим изобарический процесс:



$$-Q = \Delta U_2 + A = \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} + A = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2 + A$$

$$A = -\frac{R \Delta T_2}{2} (3 \nu_{He} + 5 \nu_{N_2}) - A$$

$$A = \frac{R \Delta T_1}{2} Q - \frac{R \Delta T_2}{2} (3 \nu_{He} + 5 \nu_{N_2})$$

$$\frac{R \Delta T_2}{2} (3 \nu_{He} + 5 \nu_{N_2}) = Q$$

$$= \frac{R \Delta T_2}{2} (3 \nu_{He} + 5 \nu_{N_2}) = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \cdot \frac{R \Delta T_1}{2} (3 \nu_{He} + 5 \nu_{N_2}) = Q \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

$$A = Q - Q \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = 780 \cdot \left(1 - \frac{20}{31,2} \right) = 780 \left(1 - \frac{100}{156} \right) =$$

$$= 780 \cdot \frac{56}{156} = 780 \cdot \frac{14}{39} = 20 \cdot 14 = 280 \text{ Дж}$$

$$A = 280 \text{ Дж}$$

$$2. C_p = \frac{-Q}{\Delta T_2} = \frac{780 \text{ Дж}}{-(-20 \text{ К})} = 39 \text{ Дж/К}$$



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 и 5 изобразя процесс:

$$-Q = \Delta U_2 + A_c \quad A_c - \text{работы, совершаемые в процессе.}$$

$$-Q = -\frac{R\Delta T_2}{2} \left(\frac{3}{2} \nu_{He} + 5 \nu_{N_2} \right) - p\Delta V.$$

$$Q = \frac{R\Delta T_2}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) + (\nu_{He} + \nu_{N_2}) \cdot R \cdot \Delta T_2 \quad | : \Delta T_2$$

$$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{3}{2} R \Delta T_2 \nu_{He} + \frac{5}{2} R \Delta T_2 \nu_{N_2} + \nu_{He} R \Delta T_2 + \nu_{N_2} R \Delta T_2$$

$$\frac{Q}{\Delta T_2} = R \left(\frac{3}{2} \nu_{He} + \frac{5}{2} \nu_{N_2} + \nu_{He} + \nu_{N_2} \right) \quad Q = R \Delta T_2 \left(\frac{5}{2} \nu_{He} + \frac{7}{2} \nu_{N_2} \right)$$

5 изобразя процесс:

$$Q = \frac{R\Delta T_1}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) \quad | : \Delta T_1$$

$$\frac{Q}{\Delta T_1} = C_V = R \left(\frac{3}{2} \nu_{He} + \frac{5}{2} \nu_{N_2} \right) \quad C_V - \text{теплоемкость при изохоре}$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{780}{31,2} = 25 \quad \text{процесс.}$$

$$Q = R \Delta T_2 \left(\frac{5}{2} \nu_{He} + \frac{7}{2} \nu_{N_2} \right); \quad Q = \frac{R\Delta T_1}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2})$$

$$\frac{R\Delta T_2}{2} (5\nu_{He} + 7\nu_{N_2}) = \frac{R\Delta T_1}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2})$$

$$\frac{5}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{7}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2 = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_1$$

$$\nu_{He} R (5\Delta T_2 - 3\Delta T_1) = \nu_{N_2} R (5\Delta T_1 - 7\Delta T_2)$$

$$\frac{\nu_{He}}{\nu_{N_2}} = \frac{5\Delta T_1 - 7\Delta T_2}{5\Delta T_2 - 3\Delta T_1}; \quad \nu_{He} = \frac{N_1}{N_A}; \quad \nu_{N_2} = \frac{N_2}{N_A}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{5\Delta T_1 - 7\Delta T_2}{5\Delta T_2 - 3\Delta T_1} = \frac{156 - 140}{100 - 93,6} = \frac{16}{6,4} = \frac{1}{0,4} = \frac{5}{2} = 2,5$$

$$\text{Ответ: } A = 180 \text{ Дж} \quad C_p = 39 \text{ Дж/К} \quad \frac{N_1}{N_2} = 2,5$$