



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-02



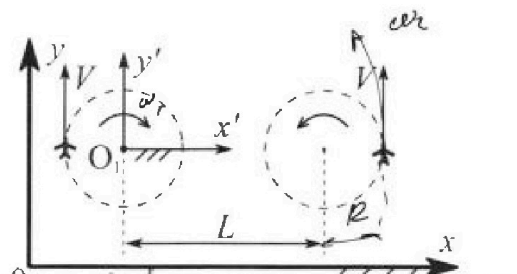
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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/с<sup>2</sup>.

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

$$at = v_1 - v_2 \quad s = a(v_1 - v_2)^2$$

$$t = \frac{v_1 - v_2}{a}$$



$$\omega_1 = \frac{v}{R} = \frac{70}{700} = \frac{1}{10} \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{70}{700} = \frac{1}{10} \text{ с}^{-1}$$

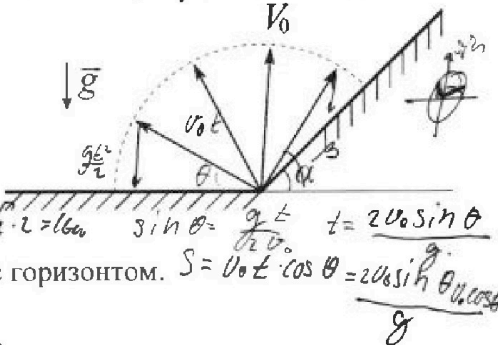
$$\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{40} = \frac{1}{400} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{50} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2800} = \frac{1}{22400} = \frac{1}{2800} \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{2800} \cdot \frac{1}{3500} = \frac{1}{9800000}$$

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/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

$$180^\circ - 90^\circ + \beta - \beta + 2\alpha = 90^\circ + 2\alpha$$



$$t = \frac{40}{10} = 4 \text{ с}$$

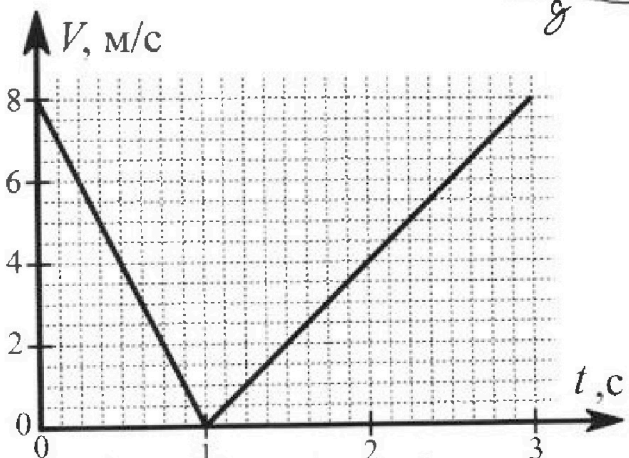
$$S = \frac{40}{\sqrt{2}} \cdot 2 = 160 \text{ м}$$

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

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

1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.  
2. Найдите угол  $\alpha$ , 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/с<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – 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.

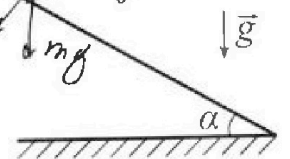
$$3mgh = 3m\omega^2 R + I\omega^2$$

$$3mgh = \frac{3m\omega^2 R}{2} + \frac{1}{2} n m R^2 \frac{v^2}{R^2}$$

$$3mgh = \frac{3m\omega^2 R}{2} + \frac{1}{2} n m v^2$$

$$3mgh = 3m\omega^2 R + 3m\omega^2 R = 6m\omega^2 R = 3gh$$

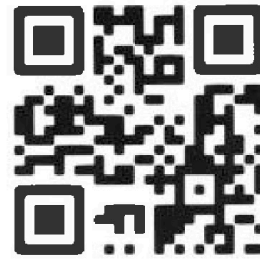
2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на  $L=0,6$  м?  
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.  
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





# 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  $U = \frac{5}{2}PV$ .



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?

$$A = 0 \quad Q = \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_1 = \frac{\Delta T_1 R}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2})$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{\Delta T_2 R}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) + p \Delta V = \frac{\Delta T_2 R}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) + \nu R \Delta T_2$$

Handwritten calculations for problem 5:

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

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

$$= \frac{780}{2 \cdot 20} (3 \cdot 10 + 5 \cdot 3) + (10 + 3) \cdot 8,314$$

$$= \frac{780}{40} (30 + 15) + 13 \cdot 8,314$$

$$= \frac{780 \cdot 45}{40} + 108,082$$

$$= 877,5 + 108,082 = 985,582 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$$

For the speed  $V_0$ :

$$F_{cp} = \frac{qE}{R} = \frac{m \gamma V_0^2}{R}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{qER}{m\gamma}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1000}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (-0,5)}} = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-16}}{-4,55 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{-3,5 \cdot 10^{14}} = 1,87 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

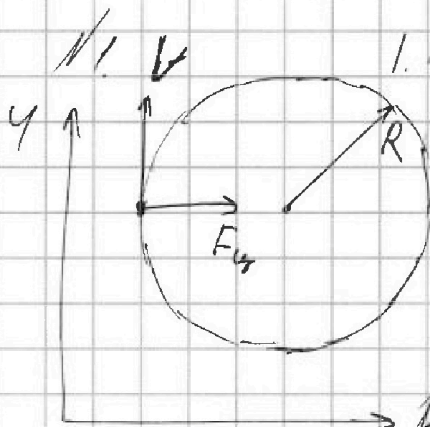


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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  $Ox$ ).

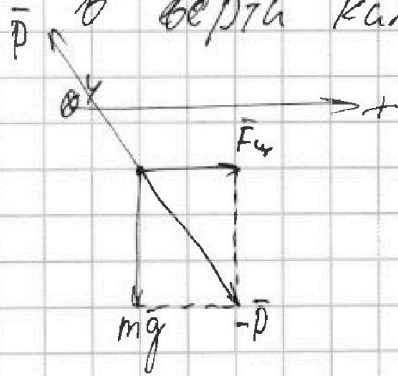
$F_c = m a_c$ , где  $F_c$  - центростремительная сила

$$v_{\text{кр}} = a = \frac{v^2}{R}$$

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

$a_c$  - центростремительное ускорение.

Рассмотрим силы, действующие на пилота в вершине калыной 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  $x'O, y'$  вращается с угловой скоростью  $\omega_1$  относительно  $O_1$ . Т.к. она связана

1-м самолетом,  $\omega_1$  равна угловой скорости 1-го самолета относительно  $O_1$ , которая равна  $\frac{V}{R}$ .

$\omega_1 = -\frac{V}{R}$ . Знак "-" стоит потому, что  $\omega_1$  направлена против часовой стрелки.

Т.к. скорость 2-го самолета направлена перпендикулярно оси  $x'$ , угловая скорость 2-го самолета  $\omega_2$

относительно точки  $O_1$  равна

$\omega_2 = \frac{V}{L+R}$ .  ~~$\omega_2$  - угловая скорость 2-го самолета относительно~~

~~точки  $O_1$ .~~  
Знак "-" стоит потому, что она направлена против

~~часовой стрелки.~~

перейдем в СО  ~~$x'O, y'$~~   $x'O, y'$ .

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

$$\begin{aligned} v_{\text{линейная}} &= \omega_2' \cdot (L+R) = V \left( \frac{1}{L+R} + \frac{1}{R} \right) (L+R) = V \cdot \left( \frac{L+R}{L+R} + \frac{L+R}{R} \right) = \\ &= V \cdot \left( 1 + \frac{L}{R} + 1 \right) = V \cdot \left( 2 + \frac{L}{R} \right) = 70 \cdot \left( 2 + \frac{2,1 \text{ км}}{700 \text{ м}} \right) = 70 \cdot \left( 2 + \frac{2100 \text{ м}}{700 \text{ м}} \right) = 70 \cdot (2+3) = 350 \text{ м/с} \end{aligned}$$



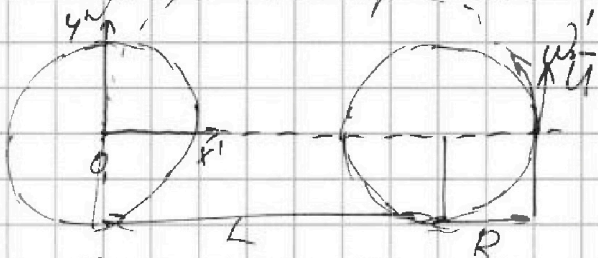
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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, -- на 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 перпенд к оси  $x'$  или вдоль оси  $y'$

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



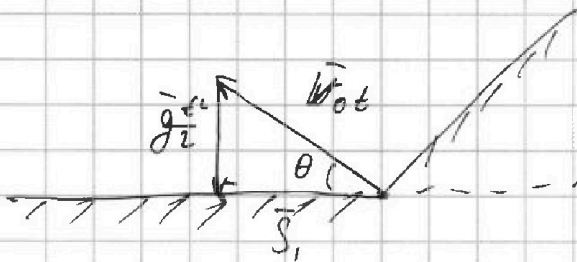
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

1. Рассмотрим осколок, который ~~пронесет дальше всего~~ <sup>улетит</sup> дальше всех среди тех, что упали на горизонтальную поверхность. Найдём <sup>какой-нибудь</sup> 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-время полета.

$$t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$$

$$\frac{gt^2}{2} + v_0 t \sin \theta = S_1$$

$$\cos \theta = \frac{S_1}{v_0 t}$$

$$S_1 = v_0 t \cos \theta = v_0 \cdot \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \cdot \cos \theta = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$v_0 = \text{const}, g = \text{const}.$

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



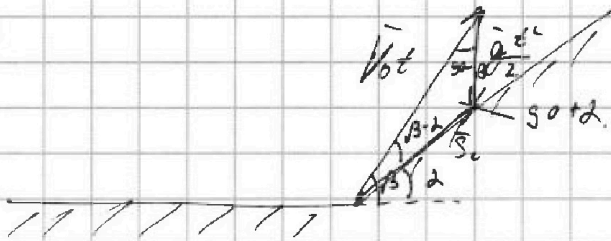
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Нарисуйте векторный треугольник перемещений:



$$\vec{V}_0 t + \vec{g} t^2 = \vec{S}_2$$

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

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

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

$$\frac{V_0 t}{\sin(90 + \alpha)} = \frac{S_2}{\sin(90 - \beta)}$$

$$\frac{V_0 t}{\cos \alpha} = \frac{S_2}{\cos \beta}$$

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

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

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

1. Для ~~найти~~, найдем значение  $\beta$ , при котором это значение

~~равно~~ ~~принимает~~ + наибольшее значение при ~~наибольшем~~  $\alpha$



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  
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.  $f$  const, то  $\alpha \cos^2 \alpha = \text{const}$  тогда  $\alpha$  принимает значения  $\alpha = \alpha_0$  и  $\alpha = \pi - \alpha_0$ , где  $\alpha_0$  найти невозможно. Значит  $\alpha$  принимает значения  $\cos \beta \sin(\beta - \alpha)$ .

Согласно это, будем производить по  $\beta$ .

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

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

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

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

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



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

значения при  $\beta = 45^\circ + \frac{\alpha}{2}$  и равно  $\frac{\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})}{\cos^2 \alpha}$ .  
Найдём максимум значения  $\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$ .

Будем производить по  $\alpha$ :

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

$$\left( \frac{\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})}{\cos^2 \alpha} \right)' = \frac{(-\sin(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) - \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \cos(45^\circ - \frac{\alpha}{2})) \cdot 2 \cos \alpha \sin \alpha}{\cos^4 \alpha} +$$

$$= \frac{(-\sin(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) - \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \cos(45^\circ - \frac{\alpha}{2})) \cdot 2 \cos \alpha \sin \alpha}{\cos^4 \alpha} = 0.$$





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!

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

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

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

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

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

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

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

$$\pm S_2 = \frac{2V_0^2 \cdot \frac{1}{2} (1 - \sin \alpha)}{g(1 - \sin^2 \alpha)} = \frac{V_0^2 (1 - \sin \alpha)}{g(1 - \sin \alpha)(1 + \sin \alpha)} \quad \begin{matrix} \nearrow S_2 \neq 90 \Rightarrow \sin \alpha \neq 1 \\ \Rightarrow \sin \alpha - 1 \neq 0 \end{matrix}$$

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

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

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

$$\alpha = 30^\circ$$

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



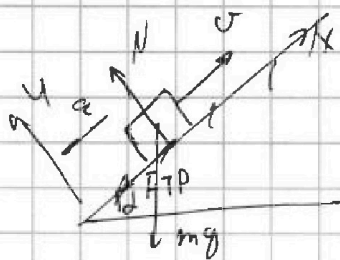
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 два тела скользят вверх по шероховатой поверхности:



2-й 3-й Ньютона на  $Oy$ :

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

$$N = mg \cos \alpha$$

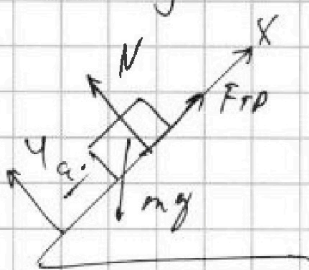
на  $Ox$ :  $-mg \sin \alpha - F_{тр} = +ma$

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

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

$$a_1 = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

6 н из:



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

$$N = mg \cos \alpha$$

$Ox$ :  $F_{тр} - mg \sin \alpha = -ma_2$

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

$$-\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = -ma_2$$

$$a_2 = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$|a_2| < |a_1| \Rightarrow$  брусок толкнется вверх, после чего он останется в покое и поведет себя как

Гриффин )

$$a_{1+2} = g(-\sin \alpha + \mu \cos \alpha + \sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{g_1 + a_2}{-2g}$$

$$\frac{g_1 + a_2}{-2g}$$

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 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!

а) График:

$$|a_{x1}| = \frac{8}{1} = 8 \text{ м/с}^2$$

$$a_{x1} = -\frac{8}{1} \text{ м/с}^2$$

$$|a_{x2}| = \frac{8}{2} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$a_{x2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$\sin \alpha = \frac{|a_{x1}| + |a_{x2}|}{2g} = \frac{8+4}{2 \cdot 20} = \frac{12}{40} = \frac{3}{10}$$

$$\sin \alpha = \frac{a_{x1} + a_{x2}}{-2g} = \frac{-8+4+4}{-20} = \frac{0}{-20} = 0$$

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

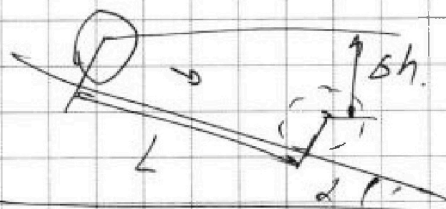
Задача 2. Пусть масса диска равна  $m$ ,

тогда масса боба  $h$  кг -  $m$  и масса всей системы  $m(h+1)$ .

Пусть ее радиус  $R$ , тогда  $I$  к бобу бобов

не вращается момент инерции диска  $I$

равен  $I = mR^2$   $h$  - высота боба



$$h = L \sin \alpha$$

Угловая скорость диска  $\omega$

или боба равна  $\omega = \frac{v}{R}$

Запишем ЗСЭ:

$$5mgh = \frac{3mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \quad m(h+1)gh = \frac{m(h+1)v^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

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

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

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



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

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!

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

$$= \sqrt{1,8} \text{ м/с.}$$

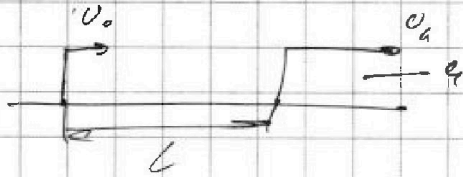
3. Рассмотрим равно ускоренное движение точки, когда она скатывается по наклону,  $l = 0,6 \text{ м}$ :

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

$$l = \frac{at^2}{2}$$

$$l = \frac{vt^2}{2}$$

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



$$\frac{2l}{a}$$

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

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

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

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



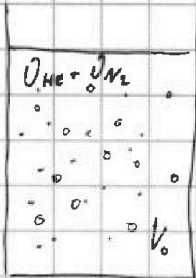
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:



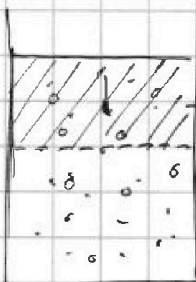
$\nu_{H_2}$  - кол-во моль газа  $\nu_{N_2}$  - кол-во моль азота.  
 $\Delta U_i$  - изм. вн. эн. в этом процессе.

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

$$-Q = \Delta U_i = \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2} = \frac{3}{2} \nu_{H_2} R \Delta T_1 - \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2$$

$$Q = \frac{R \Delta T_1}{2} (3\nu_{H_2} + 5\nu_{N_2}); \quad \Delta U_i = Q = \frac{R \Delta T_1}{2} (3\nu_{H_2} + 5\nu_{N_2})$$

2. Рассмотрим изобарический процесс:



$p = \text{const.}$

$$-Q = \Delta U_i + A = \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2} + A = \frac{3}{2} \nu_{H_2} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2$$

$$-A = \frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_{H_2} + 5\nu_{N_2}) - A.$$

$$A = \frac{R \Delta T_1}{2} Q - \frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_{H_2} + 5\nu_{N_2})$$

$$\frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_{H_2} + 5\nu_{N_2}) = Q$$

$$= \frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_{H_2} + 5\nu_{N_2}) = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \Rightarrow \frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_{H_2} + 5\nu_{N_2}) = Q \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

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

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

$$A = 280 \text{ Дж}$$

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



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 изобарные процессы:

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

$$-Q = -\frac{p \Delta T_2}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2}) - p \Delta V_2$$

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

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

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

5 и 3 изохорные процессы:

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

$$\frac{Q}{\Delta T_1} = C_V = \frac{5}{2} R (\nu_{He} + \nu_{N_2}) \quad \text{C}_V - \text{теплоемкость при изохорных}$$

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

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

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

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

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

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

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

Ответ:  $A = 150 \text{ Дж}$ ;  $C_p = 39 \text{ Дж/К}$ ;  $\frac{N_1}{N_2} = 2,5$ .