



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

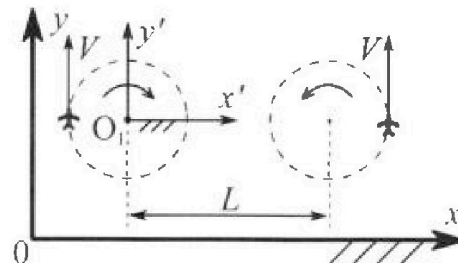
## Вариант 10-02

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>.

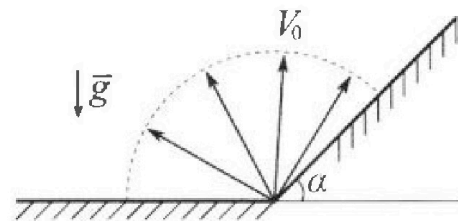
1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , здесь  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.



В некоторый момент времени и 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.



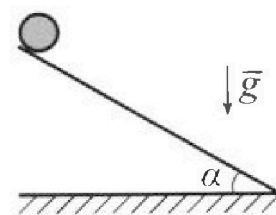
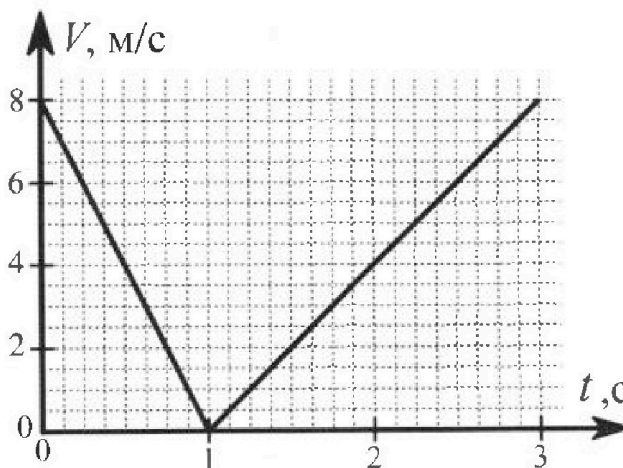
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

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.

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?



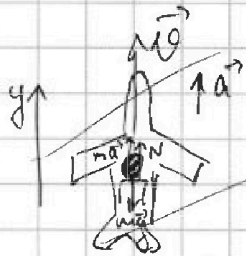
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

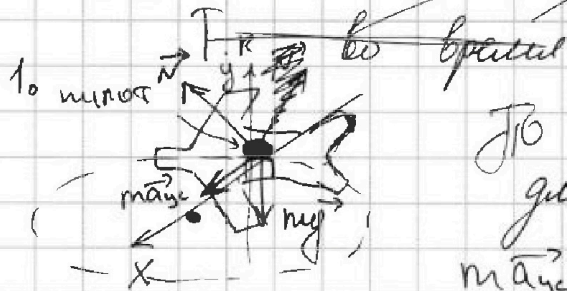
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!

51



По 2-й и 3-й Ньютона  
где  $m a_y = N - mg$ .



По 2-й и 3-й Ньютона  
где  $m a_{yc} = N + mg$ .

$$Ox: m a_{xc} = N_x$$

$$Oy: 0 = N_y - mg \rightarrow N_y = mg$$

$$\text{Две компонента } a_{yc} = \frac{v^2}{R}$$

$$\text{Тогда } N_x = \frac{m v^2}{R}$$

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

$$\text{Тогда } \frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} = \frac{\sqrt{\frac{70^4}{700^2} + 10^2}}{10} =$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{70 \cdot 70 \cdot 70 \cdot 70}{700 \cdot 700} + 100}}{10} = \frac{\sqrt{149}}{10}$$

2. Найдем  $\omega$   $\omega \times O_1 y'$ :

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{70}{700} = 0,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$



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.



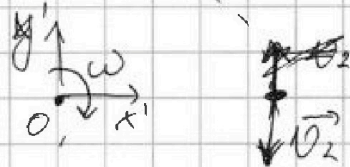
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Тогда ~~скорость~~ скорость  $v$  самолета  $x'O_1y'$ ,  $v'$  которой <sup>точки</sup>  $v$  ~~находим~~ <sup>находим</sup>  $2$ -ой ~~ответа~~ <sup>ответа</sup>

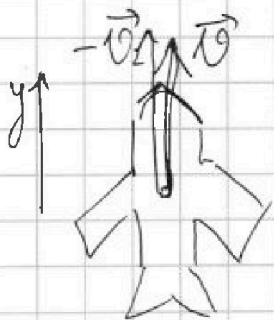
$$|\vec{v}_2| = \omega \cdot (L+R) = \frac{v}{R} (L+R)$$



Тогда  $\vec{u}' = \vec{v} - \vec{v}_2$

~~$L = 2,1 \text{ км} = 2100 \text{ м}$~~

реш.  $u_y = v - \frac{v}{R} (L+R) =$   
 $= 70 - \frac{70}{700} (2100 + 700) =$   
 $= 70 - \frac{70 \cdot 2800}{700} = 70 - 280 = -210 \text{ м/с}$



$L = 2,1 \text{ км} = 2100 \text{ м}$

реш.  $u_y = v + v_2 = v + \frac{v}{R} (L+R) =$   
 $= v \left( 1 + \frac{L+R}{R} \right) = v \cdot \frac{L+2R}{R} =$   
 $= 70 \cdot \frac{2100 + 2 \cdot 700}{700} = 70 (3 + 2) = 70 \cdot 5 =$

$= 350 \text{ м/с}$   
 $\rightarrow$  т.к.  $u_y > 0$ , то  $u$  направлена вверх по  $oy$ .

Ответ: 1.  $\frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{149}}{10}$

2.  $|\vec{u}'| = 350 \text{ м/с}$  - направлена вверх по оси  $oy$ .





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  
5 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!

$$(S_2)'_{\delta} = \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot \cos \alpha - \sin \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} \right)' =$$

$$= \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \frac{\cos \alpha \cdot \operatorname{tg}' \delta \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \delta) - (\operatorname{tg} \delta \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) \cdot 2 \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg}' \delta}{(1 + \operatorname{tg}^2 \delta)^2} \right)$$

Т.к.  $S_2$  — макс. значение, то

$$(S_2)'_{\delta} = 0.$$

$$\cos \alpha \cdot \operatorname{tg}' \delta (1 + \operatorname{tg}^2 \delta) - 2 (\operatorname{tg} \delta \cos \alpha - \sin \alpha) \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg}' \delta = 0$$

$$\cos \alpha + \cos \alpha \operatorname{tg}^2 \delta - 2 \cos \alpha \operatorname{tg}^2 \delta - 2 \sin \alpha \operatorname{tg} \delta = 0$$

$$\cos \alpha \operatorname{tg}^2 \delta + 2 \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - \cos \alpha = 0.$$

Решим отн.  $\operatorname{tg} \delta$ :

$$D = 4 \sin^2 \alpha + 4 \cos^2 \alpha = 4 \cdot 1 = 4.$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{-2 \sin \alpha + 2}{2 \cos \alpha} = \frac{1 - \sin \alpha}{\cos \alpha}. \quad \text{т.к. } \operatorname{tg} \delta > 0.$$

Тогда  $S_2 = \frac{2V_0^2 \operatorname{tg} \delta \cos \alpha - \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} =$

$$= \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \frac{1 - \sin \alpha - \sin \alpha}{1 + \left( \frac{1 - \sin \alpha}{\cos \alpha} \right)^2} \right) = \frac{2V_0^2 (1 - 2 \sin \alpha)}{g (\cos^2 \alpha + (1 - \sin \alpha)^2)}$$

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



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  
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!

По горизонтали:  
 $ay: 0 = 0 + v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}$   
 $t = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$  - время полета.

$$S_1 = v_0 \cos \beta t = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2 v_0 \sin \beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\beta)}{g}$$

$S_2$  максимально при  $\sin(2\beta) \rightarrow \text{макс.}$   
 т.к.  $\sin(2\beta) \leq 1$ , то  
 $\sin(2\beta)_{\text{макс}} = 1$ .

тогда  $2\beta = 90^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ .

$$S_1 = \frac{v_0^2 \cdot \sin 90^\circ}{g} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{S_1 g} = \sqrt{160 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 40 \text{ м/с.}$$

~~Пусть при движении  $\vec{v}_0$  направ...~~

~~Пусть при движении по наклонной...~~

Пусть у основания, который пролетел максимальное расстояние на накл. плоскости, ~~пусть~~ по углу  $\beta$  была направлена по углу  $\alpha$  к горизонту.

тогда:

$$Ox: S_2 \cos \alpha = v_0 \cos \beta t$$

$$Oy: S_2 \sin \alpha = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}$$



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  
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!

$$t = \frac{S_2 \cos \alpha}{v_0 \cos \gamma}$$

$$S_2 \sin \alpha = v_0 \sin \gamma \cdot \frac{S_2 \cos \alpha}{v_0 \cos \gamma} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S_2^2 \cos^2 \alpha}{v_0^2 \cos^2 \gamma}$$

$$\sin \alpha = \tan \gamma \cdot \cos \alpha - \frac{g \cos^2 \alpha}{2v_0^2} \cdot S_2 \cdot \frac{1}{\cos^2 \gamma}$$

Из тригонометрии  $\frac{1}{\cos^2 \gamma} = 1 + \tan^2 \gamma$ .

$$\sin \alpha = \tan \gamma \cdot \cos \alpha - \frac{g \cos^2 \alpha}{2v_0^2} \cdot S_2 (1 + \tan^2 \gamma)$$

$$S_2 = \frac{\tan \gamma \cdot \cos \alpha - \sin \alpha}{\frac{g \cos^2 \alpha}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \gamma)} = \frac{(\sin \gamma / \cos \gamma \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) \cos^2 \gamma}{\frac{g \cos^2 \alpha}{2v_0^2}}$$

$$= \frac{(\sin \gamma \cos \gamma \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \cos^2 \gamma)}{g \cos^2 \alpha / 2v_0^2}$$

$$(S_2)'_{\gamma} = \frac{2v_0^2}{g \cos^2 \alpha} (\cos \alpha \cdot (\sin \gamma)' \cos \gamma + (\cos \gamma)' \sin \gamma) - \sin \alpha \cdot (\cos^2 \gamma)'$$

Т.е.  $S_2$  — максимум функции  $S_2(\gamma)$ , то

$$(S_2)'_{\gamma} = 0$$

$$\cos \alpha (\cos^2 \gamma - \sin^2 \gamma) - \sin \alpha \cdot 2(-\sin \gamma) = 0$$

$$\cos \alpha (\cos^2 \gamma - \sin^2 \gamma) + 2 \sin \alpha \sin \gamma = 0$$

$$\cos \alpha (1 - 2 \sin^2 \gamma) + 2 \sin \alpha \sin \gamma = 0$$

$$-2 \cos \alpha \sin^2 \gamma + 2 \sin \alpha \sin \gamma + \cos \alpha = 0$$

$$2 \cos \alpha \sin^2 \gamma - 2 \sin \alpha \sin \gamma - \cos \alpha = 0$$

Решим относительно  $(\sin \gamma)$ :

$$D = 4 \sin^2 \alpha - 4 \cos \alpha \cdot (-\cos \alpha) = 4 \sin^2 \alpha + 4 \cos^2 \alpha = 4 + 4 \cos^2 \alpha$$





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  
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!

$$S_2 = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{1 - 2 \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}$$

$$S_2 g - S_2 g \sin \alpha = v_0^2 - 2 v_0^2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha (2 v_0^2 - S_2 g) = v_0^2 - S_2 g$$

$$\sin \alpha = \frac{v_0^2 - S_2 g}{2 v_0^2 - S_2 g} = \frac{40^2 - 120 \cdot 10}{2 \cdot 40^2 - 120 \cdot 10} =$$

$$= \frac{1600 - 1200}{3200 - 1200} = \frac{400}{2000} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$\alpha = \arcsin(0,2)$$

Ответ: 1.  $v_0 = 40 \text{ м/с}$ .

2.  $\alpha = \arcsin(0,2)$ .



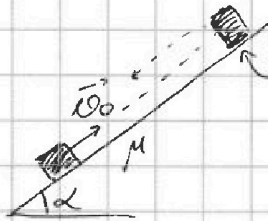
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

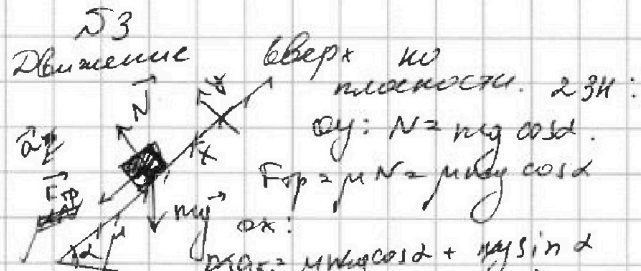
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 4

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!

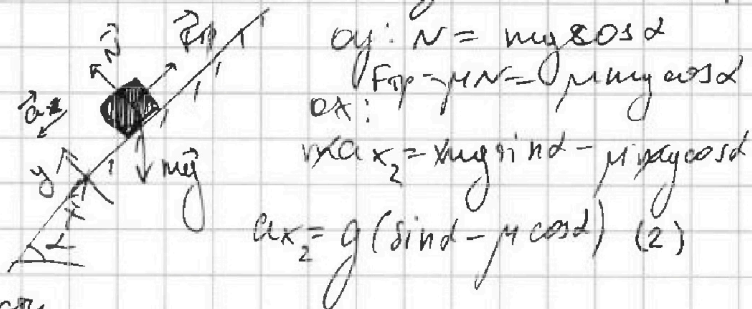
1.



остановка



Движение вниз по инерции:



Уг. скорости обе части

т.к. уг. скорость  $\omega(t)$  одинакова, то

$$a_{x1} = \left| \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} \right| = \left| \frac{(0 - 8) \text{ м/с}}{1 \text{ с}} \right| = 8 \text{ м/с}^2$$

$$a_{x2} = \left| \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} \right| = \left| \frac{(8 - 0) \text{ м/с}}{2 \text{ с}} \right| = 4 \text{ м/с}^2$$

Из (1) и (2)

$$\begin{cases} \frac{a_{x1}}{g} = \mu \cos \alpha + \sin \alpha \\ \frac{a_{x2}}{g} = \sin \alpha - \mu \cos \alpha \end{cases} \quad (+)$$

$$\frac{a_{x1} + a_{x2}}{g} = 2 \sin \alpha \rightarrow \sin \alpha = \frac{a_{x1} + a_{x2}}{2g}$$

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{a_{x1} + a_{x2}}{2g} \right) = \arcsin \left( \frac{8 + 4}{2 \cdot 10} \right) =$$

$$= \arcsin(0,6)$$





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!

~~$$\frac{3m v^2}{2} - 3mgL \sin \alpha = L \cdot \mu \cdot 3mg \cos \alpha$$~~

~~$$\frac{v^2}{2} = gL (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$~~

~~$$v = \sqrt{2gL (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,6 (0,6 + 0,25 \cdot 0,8)} =$$
  
 $= \sqrt{12 \left( \frac{3}{5} + \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{5} \right)} = \sqrt{\frac{12 \cdot 4}{5}} = 4\sqrt{\frac{3}{5}} = 4\sqrt{0,6}$~~

Из ур-е (3)

~~$$3ma = F_{\text{тр}} + 3mg \sin \alpha$$~~

~~$$3ma = 3m \cdot \mu g \cos \alpha + 3mg \sin \alpha$$~~

~~$$a = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \left( \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) = \frac{10 \cdot 4}{5} =$$
  
 $= 8 \text{ м/с}^2$~~

Т.к. сила трения действует только на нижнюю точку колеса и направлена вниз вдоль плоскости, а в любой момент времени нижняя точка колеса покоится (движение без проскальзывания), то результирующая сила  $F_{\text{тр}}$  равно 0, а значит и  $F_{\text{тр}} = 0$ .

~~$$F_{\text{тр}} = 0 \text{ т.к. } \vec{N} \perp \vec{L} \text{ и значит } \cos \angle(\vec{N}, \vec{L}) = 0.$$~~

~~$$\text{Тогда } \frac{3m v^2}{2} - 3mgL \sin \alpha = 0$$~~

~~$$v = \sqrt{2gL \sin \alpha} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot 0,6} = 0,6 \cdot 2\sqrt{5} = 1,2\sqrt{5} \text{ м/с}$$~~



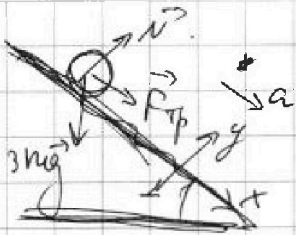
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Ур-е движения по OX:

$$Ox: \frac{v^2 - 0}{2ax} = L$$

$$a = \frac{v^2}{2L} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,6} = 6 \text{ м/с}^2$$

2-ой з-н Ньютона:

$$Ox: 3ma = F_{tr} + 3mg \sin \alpha$$

$$F_{tr} = 3m(a + g)$$

$$Oy: N = 3mg \cos \alpha$$

Т.к. минимальная сила трения посылается, то

$$F_{tr} \leq \mu N$$

$$3m(a + g) \leq \mu \cdot 3mg \cos \alpha$$

$$a + g \leq \mu g \cos \alpha$$

$$\mu \geq \frac{a + g}{g \cos \alpha} = \frac{6 + 10}{20 \cdot \frac{4}{5}} = \frac{16}{8} = 2$$

Ответ: 1.  $\sin \alpha = 0,6$

2.  $v = 1,2\sqrt{5} \text{ м/с}$

3.  $a = 6 \text{ м/с}^2$



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 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!

5y

При изобарическом процессе:  $P = P_2 + P_a$  - обш. давление  $V = V_2 + V_a$  - обш. кон-то в-во

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} V_2 R \Delta T_2 + \frac{5}{2} V_a R \Delta T_2 + P \Delta V =$$

$$= \frac{R \Delta T_2}{2} (3V_2 + 5V_a) + P \Delta V \quad (1)$$

Уравнение Менгелева - Клапейрона:

Для азота:

$$\begin{cases} P_a V_1 = V_a R T_1 \\ P_a V_2 = V_a R T_2 \end{cases} \quad P_a \Delta V = V_a R \Delta T_2 \quad (2)$$

Для гелия:

$$\begin{cases} P_2 V_1 = V_2 R T_1 \\ P_2 V_2 = V_2 R T_2 \end{cases} \quad P_2 \Delta V = V_2 R \Delta T_2 \quad (3)$$

~~Тогда~~ (1)

$$A = P \Delta V = P_a \Delta V + P_2 \Delta V$$

При изобарическом процессе  $\Delta V = 0 \rightarrow A = 0$ .

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} V_2 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} V_a R \Delta T_1 = \frac{R \Delta T_1}{2} (3V_2 + 5V_a)$$

$$3V_2 + 5V_a = \frac{2Q}{R \Delta T_1} \quad (4)$$

Подставим (4) в (1).





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!

$$Q = \frac{R \Delta T_2}{2} \cdot \frac{2Q}{R \Delta T_1} + A.$$

$$Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = A \quad \rightarrow |A| = 780 \left(1 - \frac{20}{31,2}\right) =$$

$$= 780 \cdot \frac{11,2}{31,2} = 280 \text{ Дж.}$$

т.к.  $A_2 < 0$ , то  $A_{\text{внеш}} > 0$ , значит

$$A_{\text{внеш}} = |A| = 280 \text{ Дж.}$$

Энтальпия в ударическом процессе:

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

Уг (2) и (3):

$$(P_1 + P_2) \Delta V = (D_1 + D_2) R \Delta T_2.$$

$$A_2 = (D_1 + D_2) R \Delta T_2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D_1 + D_2 = \frac{A_2}{R \Delta T_2} = \frac{280 \text{ Дж}}{R \Delta T_2} \\ 5D_1 + 3D_2 = \frac{2Q}{R \Delta T_1} \end{array} \right.$$

$$\frac{D_1 + D_2}{3D_1 + 3D_2} = \frac{A_2 \cdot \Delta T_1}{\Delta T_2 \cdot 2Q} = \frac{Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) \Delta T_1}{\Delta T_2 \cdot 2Q} =$$

$$= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2 \Delta T_2}$$

$$\frac{1 + \frac{D_2}{D_1}}{3 + 5 \frac{D_2}{D_1}} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2 \Delta T_2}.$$





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!

$$\text{Ищем } \frac{D_2}{D_a} = x.$$

$$\frac{1+x}{3+5x} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2\Delta T_2}$$

$$2\Delta T_2 + 2x\Delta T_2 = 3(\Delta T_1 - \Delta T_2) + 5x(\Delta T_1 - \Delta T_2)$$

$$x(5\Delta T_1 - 7\Delta T_2) = (5\Delta T_2 - 3\Delta T_1)$$

$$x = \frac{5\Delta T_2 - 3\Delta T_1}{5\Delta T_1 - 7\Delta T_2}$$

$$\text{Т.е. } \frac{N_2}{N_a} = \frac{D_2}{D_a}, \text{ то } x = \frac{N_2}{N_a}$$

$$\frac{N_2}{N_a} = \frac{5\Delta T_2 - 3\Delta T_1}{5\Delta T_1 - 7\Delta T_2} = \frac{5 \cdot 20 - 3 \cdot 31,2}{5 \cdot 31,2 - 7 \cdot 20} =$$

$$= \frac{100 - 93,6}{156 - 140} = \frac{6,4}{16} = \frac{64}{160} = \frac{8}{20} = \frac{2}{5} =$$

$$= 0,4.$$

$$\text{Ответ: 1. } A = 280 \text{ Дж}$$

$$2. C_p = 39 \text{ Дж/кг}$$

$$3. \frac{N_2}{N_a} = 0,4.$$

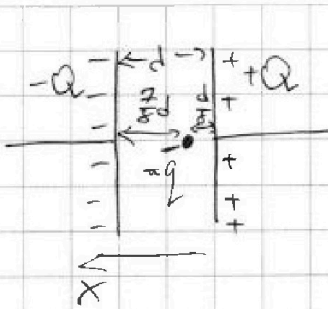
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 1

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!



по 3-му закону Ньютона

$$F_x = k \cdot \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{\left(\frac{7}{8}d\right)^2} + k \cdot \frac{Q_1 Q_2}{\left(\frac{d}{8}\right)^2} =$$

$$= \frac{64kQ_1 Q_2}{49d^2} + \frac{64kQ_1 Q_2}{d^2} =$$

$$= \frac{64 \cdot 50kQ_1 Q_2}{49d^2} = \frac{320kQ_1 Q_2}{49 \cdot 4\pi\epsilon_0 d^2} =$$

$$= \frac{320kQ_1 Q_2}{196\pi\epsilon_0 d^2}$$

по 2-му 3-му Ньютона:

$$m a_x = F_x$$

$$a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{320kQ_1 Q_2}{196\pi\epsilon_0 d^2 m} = \frac{320kQ_1 Q_2}{196\pi\epsilon_0 d^2} =$$

$$= \frac{320kQ_1 Q_2}{196\pi\epsilon_0 d^2} = \frac{80}{49} \frac{Q_1 Q_2}{\pi\epsilon_0 d^2}$$

$$R_{кр} = \frac{v_0^2}{a_x} \rightarrow v_0 = \sqrt{R \cdot \frac{80 Q_1 Q_2}{49\pi\epsilon_0 d^2}}$$

$$v_0 = \sqrt{R \cdot \frac{80 Q_1 Q_2}{49\pi\epsilon_0 d^2}}$$

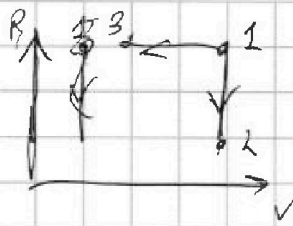


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
из

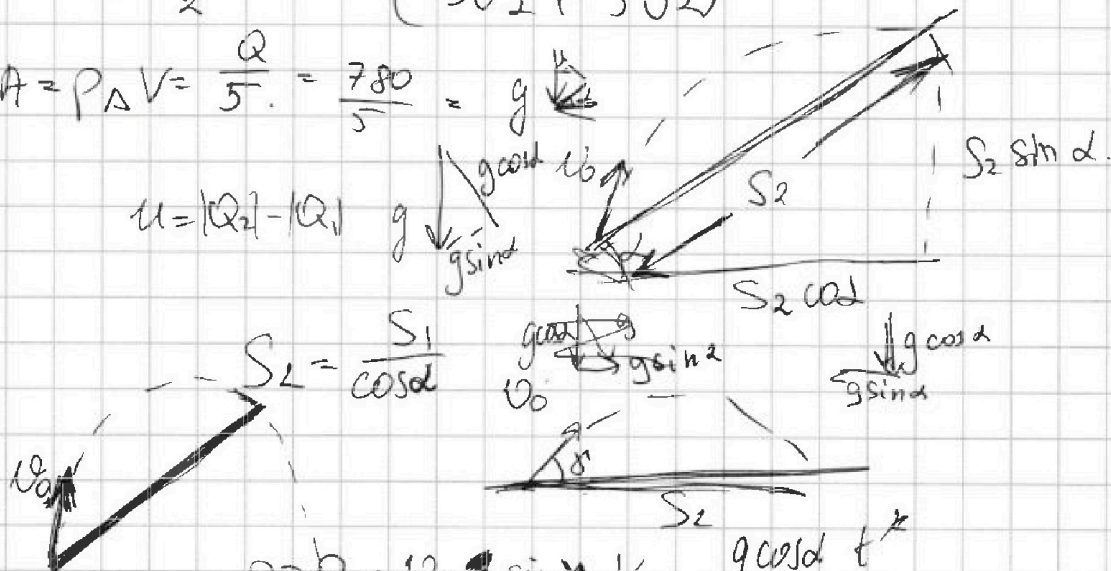
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\begin{aligned}
 1-2 \Rightarrow |Q| &= \Delta U = \\
 &= \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2 = \\
 &= \frac{R \Delta T_1}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{из}} &= \frac{3}{2} P \Delta V + \frac{5}{2} P \Delta V + P \Delta V = \\
 &= \frac{3+5+2}{2} P \Delta V = 5 P \Delta V = 5 \left( \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2 \right) = \\
 &= \frac{5 R \Delta T_1}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2)
 \end{aligned}$$

$$A = P \Delta V = \frac{Q}{5} = \frac{780}{5} = 156 \text{ Дж}$$



$$u = |Q_2| - |Q_1|$$

$$S_2 = \frac{S_1}{\cos \alpha}$$

$$0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$-\sin^2 \alpha - \frac{g d}{2 v_0^2} \cdot 2 \cos \alpha = 0$$

$$S_2 = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2} = S$$

$$= \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4 v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{2 v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin \alpha \cos \alpha - \frac{g d}{2 v_0^2} \cdot \sin^2 \alpha)$$





На одной странице можно оформить 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!

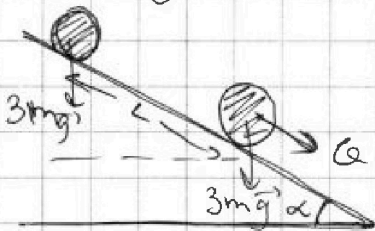
$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\mu \cos \alpha = \frac{\alpha x_1}{g} - \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{\alpha x_1}{g \cos \alpha} - \tan \alpha = \frac{8}{2 \cdot 10 \cdot \frac{4}{5}} - \frac{3}{4} = 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} = 0,25$$



Здесь  $m$  - масса бочки  
точка массе бочки  
в бочке  $n \cdot m = 2m$ .

из закона сохранения энергии

$$\sum \Delta E_{кин} + \sum \Delta E_{п} = A_{внеш}$$

$$\frac{3m \cdot v^2}{2} - 0 + 0 - 3mg \cdot L \sin \alpha = \cancel{L \cdot F_{тр}} + A_{в}$$

$A_{втр} = L \cdot F_{тр} > 0$  т.к. ~~кинематическая~~ ~~момент~~ ~~вращения~~ ~~только~~ ~~на~~ ~~касательную~~ ~~точку~~ ~~конца~~ ~~действует~~  ~~$F_{тр}$~~ , а ~~скорость~~ ~~той~~ ~~точки~~ ~~в~~ ~~со~~ ~~у.м.~~ ~~бочки~~ ~~направле-~~ ~~на~~ ~~против~~ ~~ее~~ ~~движения~~ ~~в~~ ~~п.с.~~ т.е. ~~сила~~ ~~трения~~ ~~направленна~~ ~~по~~ ~~вектору~~ ~~скорости~~  $\vec{v}$ .

$$A_{в} = 0 \quad \text{т.к.} \quad \vec{N} \perp \vec{v} \rightarrow \cos \angle(\vec{N}; \vec{v}) = 0$$

$$\text{Тогда} \quad \frac{3m v^2}{2} - 3mg L \sin \alpha = L \cdot F_{тр}$$

Найдем  $F_{тр}$ :



$$a_{\perp}: N = 3mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu N = 3\mu mg \cos \alpha$$

$$\text{Ох: } 3ma = F_{тр} + 3mg \sin \alpha \quad (3)$$



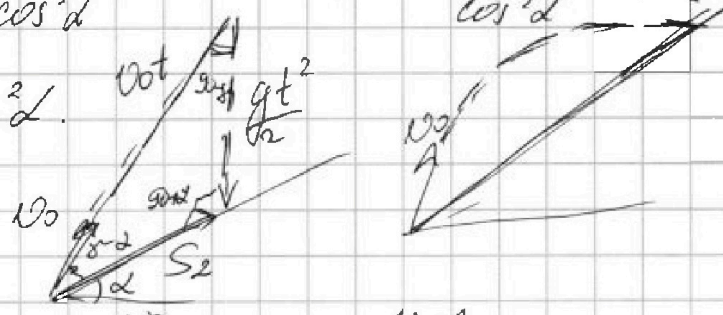
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$\left(\frac{\sin d}{\cos d}\right)' = \frac{\sin d' \cdot \cos d - \sin d \cdot \cos d'}{\cos^2 d} = \frac{\cos^2 d + \sin^2 d}{\cos^2 d}$$

$$= 1 + \tan^2 d$$



$$\tan^2 d \cdot \cos d (1 + \tan^2 d) - 2 \tan d \cdot \tan^2 d = 0$$

$$\frac{S_2}{\sin(90-d)} = \frac{gt^2}{2 \sin(\alpha-d)} = \frac{v_0 t}{\sin(90+d)}$$

$$\begin{array}{r} 112 \\ - 78 \\ \hline 896 \\ 784 \\ \hline 8736 \end{array} \quad \begin{array}{r} 312 \\ - 8 \\ \hline 2496 \end{array}$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin(\alpha-d)}{g \sin(90+d)}$$

$$S_2 = \frac{v_0 \cos \alpha}{\sin(90+d)} \cdot \frac{2 v_0 \sin(\alpha-d)}{g \sin(90+d)}$$

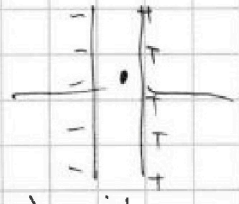
$$\begin{array}{r} 87360 \\ - 624 \\ \hline 2496 \\ - 2496 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 312 \\ - 280 \\ \hline 280 \end{array}$$

$$\sin \alpha = \frac{2 \sin d + 2 \sqrt{1 + \cos^2 d}}{2 \cdot 2 \cos d} = \frac{\sin d + \sqrt{1 + \cos^2 d}}{2 \cos d}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 d + 2 \sin d \sqrt{1 + \cos^2 d} + \cos^2 d + 1}}{2 \cos d} = \frac{\sqrt{4 \cos^2 d - 2 \sin d \sqrt{1 + \cos^2 d} + 2}}{2 \cos d}$$

$$\frac{c(b-a)}{c(1+k^2)}$$

$$\frac{\cos d \sin(2\alpha)}{2}$$



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

$$= \frac{\sin d \cos 2d}{2} + \frac{\sin d}{2}$$

$$2\alpha + d = 90^\circ$$

$$\alpha = \frac{90^\circ - d}{2}$$

$$\frac{\cos d}{2} \cdot \cos 2\alpha - \frac{\sin d}{2} \cdot \sin 2\alpha = 0$$

$$\cos(2\alpha + d) = 0$$