



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

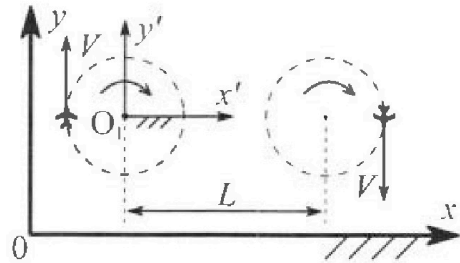
## Вариант 10-04



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  $V = 100$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет,  $R=500$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

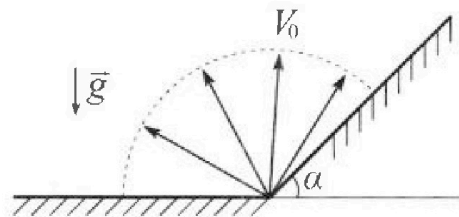
1. Определите отношение  $\frac{N}{mg}$ , здесь  $N$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L=1,25$  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. Продолжительность полета осколка, упавшего на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, равна  $T = 5$  с, максимальное перемещение за время полета осколка, упавшего на склон, равно  $S = 100$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

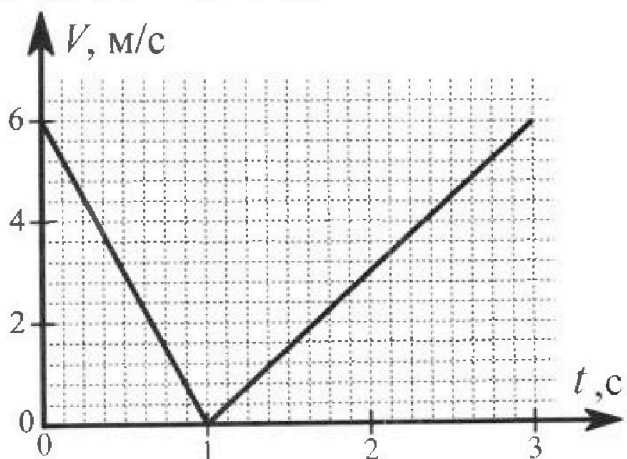


1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

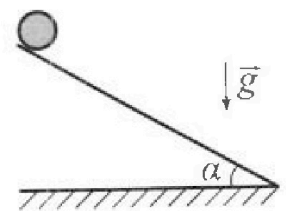
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10$  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  $n=4$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения по вертикали на  $h=1,5$  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 10-04



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

4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 2320$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 58$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 40$  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. Отрицательно заряженная частица движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется скоростью  $V_0$  параллельно обкладкам на расстоянии  $\frac{3}{8}d$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в малой окрестности рассматриваемой точки равен  $R$ .

1. Найдите удельный заряд  $\gamma = \frac{q}{m}$  частицы, здесь  $q$ —заряд частицы,  $m$ — масса частицы.

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!

№ 5

Дано:

$$v = 100 \text{ м/с}$$

$$R = 500 \text{ м}$$

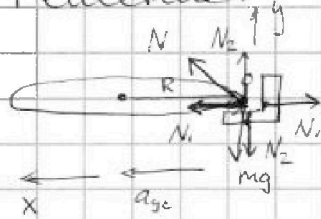
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{N}{mg} = ?$$

$$L = 1,25 \text{ км} = 1250 \text{ м}$$

$$2) \vec{N} = ?$$

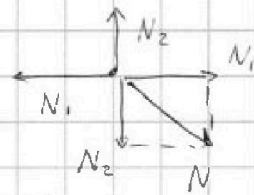
Решение:



4) по II закону Ньютона:

$$\begin{cases} m a_{yc} = N_1 \\ a_{yc} = \frac{v^2}{R} \end{cases} \Rightarrow N_1 = \frac{m v^2}{R}$$

$$m g = N_2$$

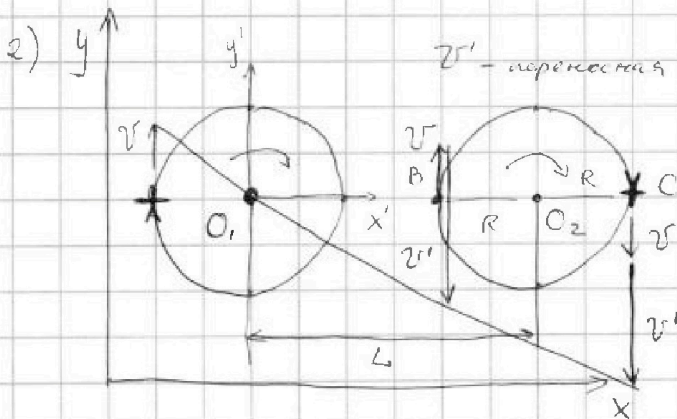


$$N = \sqrt{N_1^2 + N_2^2} = \sqrt{\frac{m^2 v^4}{R^2} + m^2 g^2}$$

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

$$\Rightarrow \frac{N}{mg} = \frac{m \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{mg} = \frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} = \frac{\sqrt{\frac{10^8}{5^2 \cdot 10^4} + 10^2}}{10} =$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{10^4}{5^2} + 10^2}}{10} = \frac{\sqrt{5 \cdot 2^4 + 10^2}}{10} = \frac{\sqrt{5 \cdot 2^2(2^2 + 4)}}{10} = \frac{10 \sqrt{5}}{10} = \sqrt{5} \approx 2,25$$



при переходе во вращающуюся СО  $x'O_1y'$ , связанной с первым цилиндром вся окружность  $O_2$  (с центром) будет двигаться с одной угловой скоростью  $\omega$  относ.  $O_1$ .

$O_1$  - МЦВ в СО  $x'O_1y'$

т.к. окружность с центром  $O_2$  имеет одну  $\omega_2$  в АСО для всех точек

$\Rightarrow$  в т.В в АСО  $v_B = v$  и направлена вдоль  $O_1O_2$ .

в СО  $x'O_1y'$

$$\omega = \frac{v_{отн.}}{R_B} = \frac{v_{отн.}}{R_C}$$

где  $R_B$  - расстояние от т.В до  $O_1$

$R_C$  - расстояние от т.С до  $O_1$

$$\omega = \frac{v - v'}{L - R} = \frac{v + v'}{L + R}$$

$$\Rightarrow v(L+R) - v'(L+R) = v(L-R) + v'(L-R)$$

$$vL + vR - v'L - v'R = vL - v'R + v'L + v'R$$

$$2vR = 2v'L \Rightarrow v' = v \frac{R}{L}$$



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!

$$v' = v \frac{R}{L}$$

$$\vec{U} = v + v' = v + v \frac{R}{L} = v \left( 1 + \frac{R}{L} \right)$$

направлена вниз  
по оси Oy

$$|U| = 100 \left( 1 + \frac{500}{1250} \right) = 100 \left( \frac{1750}{1250} \right) = 100 \cdot \frac{7}{5} = 20 \cdot 7 = 140 \text{ м/с}$$

Ответ:  $\frac{N}{mg} = \sqrt{5} \approx 2,25$  ;  $U = 140 \text{ м/с}$  ~~направлена вниз~~  
↑ Oy    || 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  
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!

№2

Дано: Решение:

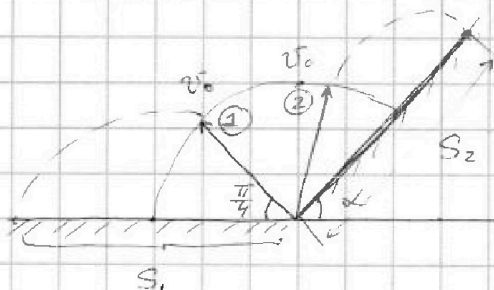
$$T_1 = 5 \text{ с}$$

$$S_2 = 100 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1)  $v_0 = ?$

2)  $\alpha = ?$



по горизонту  
исполн.  $\pi/4$   
максимальное перемещение  
у основания, выстреливаемого  
под углом  $45^\circ$  к  
горизонту

формула 1  
 $S_2 = \frac{1}{2} v_0 \cdot v_n \cdot \sin \alpha$   
 $S_2 = \frac{1}{2} L \cdot y$   
 $\Rightarrow L - \text{max}$  при  $\sin \alpha = 1$   
 $\sin \alpha = 90^\circ \Rightarrow v_n = v_0$   
 $\Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 45^\circ \rightarrow$  угол  
вылета равен  
при этом  $T_{\text{полета}} = \frac{T_{\text{полета}}}{2}$

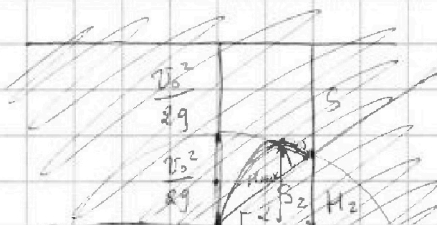
1)  $S_1 = v_0 \cdot \cos \frac{\pi}{4} \cdot T_1$

$$H_{T_1} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi}{4}}{2g} = \frac{g \cdot \left(\frac{T_1}{2}\right)^2}{2}$$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{g^2 T_1^2}{4 \sin^2 \frac{\pi}{4}} \Rightarrow v_0 = \frac{g T_1}{2 \sin \frac{\pi}{4}}$$

$$v_0 = \frac{10 \cdot 5}{2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2} \approx 35 \text{ м/с}$$

2) нарисуем параболу безопасности



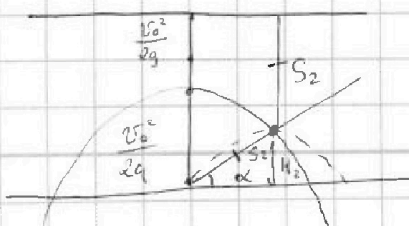
графически

$$S_2 + H_2 = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow H_2 = \frac{v_0^2}{g} - S_2$$

$$\sin \alpha = \frac{H_2}{S_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{\frac{v_0^2}{g} - S_2}{S_2} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{35 \cdot 35 / 10 - 100}{100} = \frac{38^2 - 1000}{100} \Rightarrow$$

$$\sin \alpha = \frac{1225 - 1000}{100}$$



графически

$S_2 - \text{max}$

будет точкой касания для  
силы и параболы безопасности

$$\sin \alpha = \frac{H_2}{S_2}$$

$$\frac{v_0^2}{g} = H_2 + S_2$$



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!

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

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

$$\sin \alpha = \frac{35 \cdot 35}{100 \cdot 10} - 1 = \frac{1225}{1000} - 1 = 1,225 - 1 = 0,225$$
$$\alpha = \arcsin(0,225)$$

Ответ:  $v_0 = 25\sqrt{2} \approx 35 \text{ м/с}$ ,  $\alpha = \arcsin(0,225)$

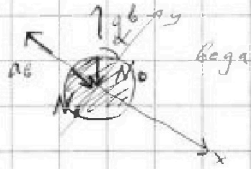
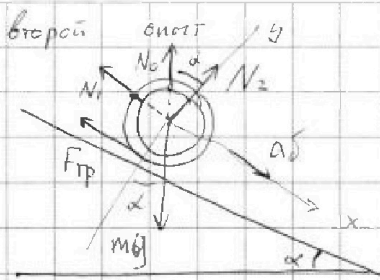


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



$$m_b = n m_s = 4 m_s \quad (m_b = 4 m_s)$$

$$m_s = m$$

$$a \uparrow \downarrow a_s \quad |a_0| = a_s$$

$$g \uparrow \downarrow g_s \quad |g_0| = g_s$$

по II закону Ньютона:

$$\text{блага: } O_x: 4ma = 4mg \cdot \sin \alpha - N_1 - N_0 \cdot \sin \alpha$$

$$\Rightarrow N_1 + N_0 \sin \alpha = 4mg \sin \alpha - 4ma$$

формула  $O_x$ :

$$ma = mg \cdot \sin \alpha - (N_1 + N_0 \cdot \sin \alpha) - F_{\text{тр}}$$

формула  $O_y$ :

$$N_2 = mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_2 \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow ma = mg \cdot \sin \alpha - 4\mu mg \cos \alpha + 4ma + \mu mg \cos \alpha$$

$$3a + g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 4g \sin \alpha$$

$$3a = 3g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = 2g \sin \alpha + g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

из предыдущего пункта

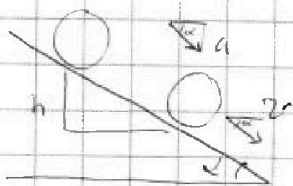
$$g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{v_1}{t_1} = a_1 \Rightarrow g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{6 \text{ м/с}}{1 \text{ с}} = 6 \text{ м/с}^2$$

из предыдущего пункта

$$2g \sin \alpha = \frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} \Rightarrow 2g \sin \alpha = \frac{6 \text{ м/с}}{1 \text{ с}} + \frac{6 \text{ м/с}}{2 \text{ с}} = 9 \text{ м/с}^2$$

$$a = \frac{2g \sin \alpha + g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{3} = \frac{\frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} + \frac{v_1}{t_1}}{3} = \frac{\frac{2}{3} \frac{v_1}{t_1} + \frac{1}{3} \frac{v_1}{t_2}}{3}$$

$$\Rightarrow a = \frac{6 \text{ м/с}^2 + 9 \text{ м/с}^2}{2} \Rightarrow a = 7.5 \text{ м/с}^2$$



$$v = a \cdot t$$

$$h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2a \cdot \sin \alpha} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2ah'}{\sin \alpha}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 1.5}{0.45}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 1.5}{0.45}} = \sqrt{\frac{300}{9}} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$$

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 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!

N=3

Дано:  
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

1)  $\sin \alpha = ?$

первый отрез

$h = 1,5 \text{ м}$

$n = 4$

а)  $v = ?$

б)  $a = ?$

3)  $\mu = ?$

$$S_1 = v_1 \cdot t_1 = \frac{at_1^2}{2} = \frac{v_1 \cdot t_1}{2}$$

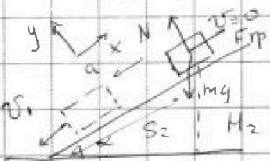
площадь под графиком

$$\Rightarrow \frac{v_1 t_1}{2} = \frac{at_1^2}{2} \Rightarrow at_1 = v_1 \Rightarrow g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t_1 = v_1$$

$$\sin \alpha = \frac{h_1}{S_1}$$

$$H_1 = \frac{v_1^2 \sin^2 \alpha}{2a \sin \alpha} = \frac{v_1^2 \sin \alpha}{2a} = \frac{v_1^2 \sin \alpha}{2 \cdot v_1} \cdot t_1 = \frac{v_1 \sin \alpha t_1}{2}$$

~~$H_2 / \sin \alpha = v_2 t_2$~~



рассмотрим промежуток от  $t_1 = 1$  до  $t_2 = 3$

$$t_2 - t_1 = t_2 = 2$$

$$O_x: ma = mg \sin \alpha - F_{tr}$$

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

$$O_y: N = mg \cos \alpha$$

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

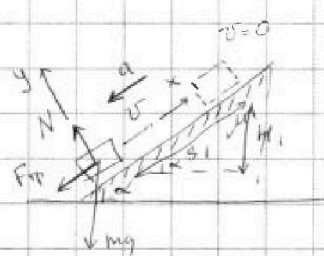
$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$v_1 = a_2(t_2 - t_1) = a_2 t_2 \Rightarrow a_2 = \frac{v_1}{t_2} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_1 + a_2 = \frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha + g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$\frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2g} \left( \frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} \right)$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{2 \cdot 10} \cdot \left( \frac{6}{1} + \frac{6}{2} \right) = \frac{1}{2 \cdot 10} \cdot 9 = \frac{9}{20} = 0,45$$



рассмотрим промежуток от  $t_1 = 0$  до  $t_2 = 1$

по II закону Ньютона:

$$O_x: -ma_1 = -F_{tr} - mg \sin \alpha$$

$$O_y: N = mg \cos \alpha$$

$$\mu N + F_{tr} = \mu mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow ma_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a_1 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$a_1 = \frac{v_1}{t_1}$$



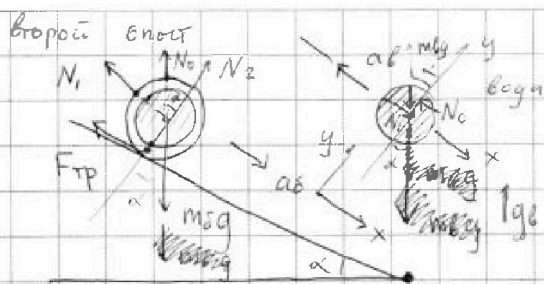


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 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!



$$m_6 = n m_5 = 4 m_5 \quad | \quad m_6 = 4m \quad | \quad m_5 = m$$

$$| a_6 = | a_5 | - a \quad a_5 \neq a_6 \quad | \quad a_5 = -a_6 \quad | \quad g_5 = -g_6$$

по II Заколу Ньютонa

бoгa:  $O_x: \dots$

бoгa:  $O_y: N_2 = \dots (m_5 + m) g \cdot \cos \alpha$

бoгa  $O_x: m a_5 = m g \cdot \sin \alpha - N_1 - F_{тр} - N_0 \cdot \sin \alpha$

$$F_{тр} = \mu N_2 = \mu m g \cos \alpha$$

~~$$m a_5 = m g \sin \alpha - 4 m a_5 - \mu m g \cos \alpha - 4 m g \sin \alpha$$~~

~~$$3 m a_5 = m g \cos \alpha - m g \sin \alpha$$~~

~~$$a = \frac{\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha}{3}$$~~

$$\Rightarrow a =$$

~~...~~

по II Заколу Ньютонa

~~$$4 m a_6 = 4 m g \cdot \sin \alpha + N_1 - N_0 \cdot \sin \alpha$$~~

~~$$\Rightarrow m a_5 = m g \cdot \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha - 4 m a_5 - 4 m g \cdot \sin \alpha$$~~

~~$$5 m a_5 = 4 m a_5 + 4 m g \sin \alpha + m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$$~~

~~$$a_5 = 4 a_5 = 5 g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$~~

$$\sin \alpha = \frac{g}{20}$$

из предыдущего пункта

$$a_2 - a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha - \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$$

$$a_2 - a_1 = -2 \mu g \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \mu g \cos \alpha = \frac{a_1 - a_2}{2}$$

$$\mu g \cos \alpha = \left( \frac{v_1}{t_1} - \frac{v_1}{t_2} \right) \cdot \frac{1}{2}$$

$$\mu g \cos \alpha = \left( \frac{6}{1} - \frac{6}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$g \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \left( \frac{v_1}{t_1} + \frac{v_1}{t_2} \right)$$

$$g \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \left( \frac{6}{1} + \frac{6}{2} \right) = \frac{9}{2}$$

при  $\mu \geq \tan \alpha$

без проскальзывания

$$\sin \alpha = \frac{9}{20}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{\sqrt{400 - 81}}{20}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{319}}{20}$$

$$\tan \alpha = \frac{9}{\sqrt{319}}$$

$$\mu \geq \frac{9}{\sqrt{319}}$$



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

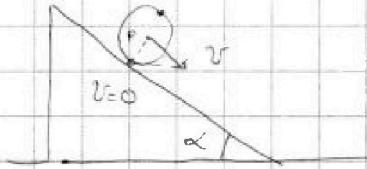
6

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!

$$v = \frac{10}{\sqrt{3}} \approx 5,8 \text{ м/с}$$



Ответ:  $\sin \alpha = 0,45$ ;  $v = \frac{10}{\sqrt{3}} \approx 5,8 \text{ м/с}$ ;  $\mu \geq \frac{9}{\sqrt{319}}$



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!

$$из (a-1) \quad Q = \frac{3}{2} J_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} J_2 R \Delta T_2$$

$$из (b-2) \quad Q = \frac{3}{2} J_1 R \Delta T_2 + \frac{5}{2} J_2 R \Delta T_2 + \overbrace{J_1 R \Delta T_2 + J_2 R \Delta T_2}^{+A_{внеш} = J R \Delta T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} J_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} J_2 R \Delta T_1 = \frac{5}{2} J_1 R \Delta T_2 + \frac{7}{2} J_2 R \Delta T_2 +$$

$$J_2 R \left( \frac{5}{2} \Delta T_1 - \frac{7}{2} \Delta T_2 \right) = J_1 R \left( \frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{3}{2} \Delta T_1 \right) \quad J_1 = \frac{N_1}{N_A} \quad J_2 = \frac{N_2}{N_A}$$

$$\Rightarrow \frac{J_1}{J_2} = \frac{\left( \frac{5}{2} \Delta T_1 - \frac{7}{2} \Delta T_2 \right)}{\left( \frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{3}{2} \Delta T_1 \right)} = \frac{\frac{5}{2} \cdot 58 - \frac{7}{2} \cdot 40}{\frac{5}{2} \cdot 40 - \frac{3}{2} \cdot 58} = \Rightarrow \frac{J_1}{J_2} = \frac{N_1}{N_A} \cdot \frac{N_A}{N_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$= \frac{5 \cdot 29 - 7 \cdot 20}{5 \cdot 20 - 3 \cdot 29} = \frac{145 - 140}{100 - 87} = \frac{5}{13} = \frac{N_1}{N_2}$$

Ответ:  $A_{внеш} = 630 \text{ Дж}$ ;  $c_p = \frac{29}{9} R \approx 26,8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ ;  
 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{5}{13}$ .



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!

№ 4

Дано:

$$|Q| = 2320 \text{ Дж}$$

$$|\Delta T_1| = 58 \text{ К}$$

$$|\Delta T_2| = 40 \text{ К}$$

$$i(\text{He}) = 3$$

$$i(\text{N}_2) = 5$$

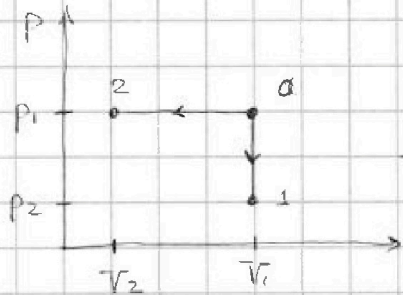
1)  $A_{\text{внеш}_2} = ?$

2)  $C_{p2} = ?$

3)  $\frac{N_1(\text{He})}{N_2(\text{N}_2)} = ?$

Решение:

нарисуем график процессов  $p(V)$



$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$\nu_1 - (\text{He})$

0-1 - изохорный

$\nu_2 - (\text{N}_2)$

0-2 - изобарный

$\nu$  - смеси

$$1) \Delta_{\text{HT}} : \Delta Q = \Delta U + \Delta A_{\text{внеш}}$$

$$(0-1) |Q| = \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_1 + 0$$

$$\Rightarrow Q = R \Delta T_1 \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right)$$

$$\left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right) = \frac{Q}{R \Delta T_1}$$

$$2) \Delta_{\text{HT}} : \Delta Q = \Delta U + \Delta A_{\text{внеш}} \Rightarrow \Delta Q = \Delta U - A_{\text{внеш}}$$

$$(0-2) |Q| = \left( \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2 \right) - A_{\text{внеш}} \Rightarrow A_{\text{внеш}} = Q - R \Delta T_2 \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right)$$

$$\Rightarrow A_{\text{внеш}} = Q - R \Delta T_2 \cdot \frac{Q}{R \Delta T_1} = Q \left( 1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = 2320 \cdot \left( 1 - \frac{40}{58} \right) = 2320 \cdot \frac{9}{29} = 709 = 630 \text{ Дж}$$

$$3) A_{\text{внеш}} = p_1 \Delta V = p_1 (V_1 - V_2)$$

$$pV = \nu RT \text{ уравнение Менделеева-Клапейрона}$$

$$\Rightarrow p_1 (V_1 - V_2) = \nu R (T_1 - T_2) = \nu R \Delta T_2$$

$$\Rightarrow A_{\text{внеш}} = \nu R \Delta T_2 = Q \left( 1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) \Rightarrow \nu = \frac{Q (\Delta T_1 - \Delta T_2)}{R \Delta T_2 \Delta T_1}$$

$$\Delta_{\text{HT}} : \Delta Q = \Delta U + \Delta A_{\text{внеш}} \equiv \nu C_{p1} \Delta T \text{ (т.к. изобар.)} \equiv \nu C_{p1} \Delta T$$

$$\Rightarrow Q = \nu C_{p1} \Delta T_2 \Rightarrow C_{p1} = \frac{Q}{\nu \Delta T_2} = \frac{Q \cdot R \Delta T_2 \Delta T_1}{Q (\Delta T_1 - \Delta T_2) \Delta T_2}$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{R \Delta T_1}{\Delta T_1 - \Delta T_2} = \frac{8,31 \cdot 58}{(58 - 40)} = \frac{8,31 \cdot 58}{18} \approx$$

$$C_p = \frac{29}{9} R \approx 26,8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

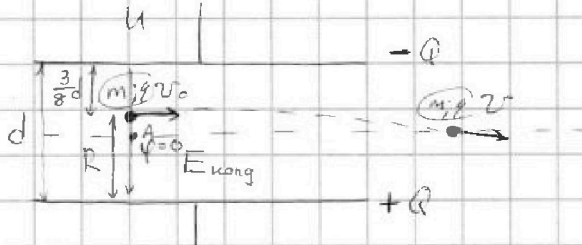
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№5

Дано:  
 $U; d; v_0$   
 $\frac{3}{8}d; R$

Решение:

$Q$  - заряд конденсатора



1)  $\gamma = \frac{q}{m} = ?$

2)  $v = ?$

1)  $g = R = \frac{v_0^2}{a_n} \quad \text{— формула для радиуса кривизны} \quad \Rightarrow a_n = \frac{v_0^2}{R}$

2)  $C_{\text{плоского конденсатора}} = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$   
 $E_{\text{плоского конг}} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \cdot 2 = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad (2 E_{\text{плоскости}})$   
 $E_{\text{конг}} = \frac{U}{d}$

3) по II Заколу Ньютона: (для частицы)

$ma_n = F = E_{\text{конг}} \cdot q = \frac{U}{d} \cdot q \quad \Rightarrow \gamma = \frac{q}{m} = \frac{a_n \cdot d}{U}$   
 $\Rightarrow \gamma = \frac{q}{m} = \frac{v_0^2 \cdot d}{R \cdot U}$

4) ЗСЭ:  $W_1 + E_{k1} = W_2 + E_{k2} \quad W_2 = 0$   
 $W_1 = \varphi \cdot q$   
 т.к. в серединной плоскости конденсатора  $\varphi = 0$  (т.к. частица вылетела из конг. не действуя поле E\_конг)  
 $d_2 = \frac{4}{8}d$

$\Rightarrow (\varphi_2 - \varphi_1) = E_{\text{конг}} \cdot (d_2 - d_1) = \frac{U}{d} \cdot \left(\frac{4}{8}d - \frac{3}{8}d\right) = \frac{U}{8}$

$\Rightarrow 0 - \varphi_1 = \frac{U}{8} \Rightarrow \varphi_1 = -\frac{U}{8}$

$\Rightarrow W_1 = -\frac{U}{8} \cdot q$

$\Rightarrow$  в ЗСЭ:  $-\frac{U}{8}q + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \quad | : m$

$\Rightarrow -\frac{U}{8}\gamma + \frac{v_0^2}{2} = \frac{v^2}{2} \quad | \cdot 8$

$-4U\gamma + 4v_0^2 = 4v^2$

$\Rightarrow v^2 = v_0^2 - \frac{U\gamma}{4} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{U \cdot v_0^2 \cdot d}{4UR}} = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{4R}}$

Ответ:  $\gamma = \frac{q}{m} = \frac{v_0^2 d}{UR}$  ;  $v = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{4R}}$



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!

№4

He -  $\nu_1$ , N<sub>2</sub> -  $\nu_2$

(He) (N<sub>2</sub>)

$Q = 2320 \text{ Дж}$

$|\Delta T_1| = 58 \text{ K}$

$|\Delta T_2| = 40 \text{ K}$

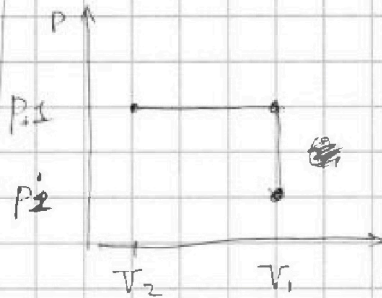
Абвем<sub>2</sub> = ?

$c_{p2}$  = ?

$\frac{M_1}{M_2}$  = ?

$pV = \nu RT$

Менделеев - Клапейрон



1HT:  $Q = \nu_1 U + \nu_1 A_{раз}$

$+ Q = \frac{\nu_1}{2} R \Delta T_1 + \nu_1 A_{раз}$

$Q = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R T_1$

4 - Абвем

2HT:  $\nu_2 Q = \nu_2 U + \nu_2 A_{раз}$

$-Q = -\frac{3}{2} \nu_2 R \Delta T_2 - \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2$

$= -(\nu_2 (V_1 - V_2))$  Абвем

Абвем =  $Q - \frac{3}{2} \nu_2 R \Delta T_2 - \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2$

Абвем =  $Q - R \Delta T_2 (\frac{3}{2} \nu_2 + \frac{5}{2} \nu_2)$

Абвем =  $Q - \frac{R \Delta T_2 \cdot Q}{R \Delta T_1}$

$\boxed{\text{Абвем} = Q (1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1})}$

$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_1$

$p_2 V_2 = \nu_1 R T_2 + \nu_2 R T_2$

$Q = R \Delta T_1 (\frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2)$

$\frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 = \frac{Q}{R \Delta T_1}$

1 ~~Q~~  $-Q_2 = -R \Delta T_2 (\frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2) - \text{Абвем} = \nu c_p \Delta T_2$

$\Rightarrow -Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} - Q + Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \nu c_p \Delta T_2$

$\frac{\nu R (T_1 - T_2)}{\nu R \Delta T_2}$

$\nu R \Delta T_2 = Q (1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1})$

$\nu = \frac{Q (1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1})}{R \Delta T_2}$

$Q = \nu c_p \Delta T_2$

$\boxed{c_p} = \frac{Q}{\nu \Delta T_2} = \frac{R \cdot R \Delta T_2}{Q (1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}) \cdot \Delta T_2} = \frac{T_1 R}{\Delta T_1 - \Delta T_2}$

429  
x 5  
-----  
2145

58-40 = 18  
58  
-----  
29

9  
29  
-----  
29

629  
x 29  
-----  
203

240,99 / 9  
-----  
26,77

28,31  
x 29  
-----  
1662

72240,99 / 29  
-----  
240,99

8,31 \* 29 / 9

2320 / 29  
-----  
290



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!

$\gamma = \frac{q}{m}$   
 $R = \frac{v_0^2}{a_n} \Rightarrow a_n = \frac{v_0^2}{R}$   
 $\rho = \frac{q}{u} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$   
 $E = \frac{q}{\epsilon_0 S} = \frac{u}{d}$   
 $R = \frac{5}{8} d$

no II 3M

$ma_n = F_e + F_g = E \cdot q + mg$

$ma_n = \frac{u}{d} \cdot q = m \frac{v_0^2}{R}$

$\gamma = \frac{q}{m} = \frac{v_0^2}{R} \cdot \frac{d}{u}$

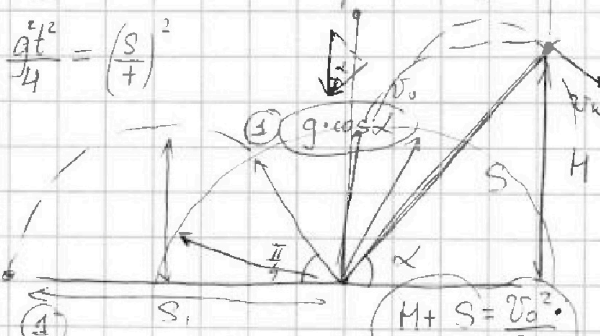
3C3:  $-\frac{1}{8} qEd + \frac{mv_0^2}{2} = W_n = \frac{mv^2}{2}$

$0 - \varphi = E \cdot \frac{1}{8} d \Rightarrow \varphi = -\frac{1}{8} Ed \Rightarrow W = q \cdot \varphi = -\frac{1}{8} qEd$

N<sup>o</sup> 2

$\alpha + \beta = L = S$

$\frac{gt^2}{4} = \left(\frac{S}{t}\right)^2$



$T_1 = 5c$   $(T_2)$

$S = 100m$

$\sin \alpha = \frac{H}{S}$

$\frac{25}{100} \times 1.4 = \frac{v_0 \cdot \sin^2 \beta}{2g}$

$\frac{25}{350} = \frac{v_0 \cdot \cos(\alpha + \beta)}{g}$

$S_1 = (v_0 \cdot \cos \frac{\pi}{4}) \cdot T_1$

$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi}{4}}{2g} = \frac{g \left(\frac{T_1}{2}\right)^2}{2}$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgH$

$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g^2 \cdot T_1^2}{\sin^2 \frac{\pi}{4}}} = \frac{gT_1}{2 \sin \frac{\pi}{4}} = \frac{gT_1}{2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{gT_1}{\sqrt{2}} = \frac{10 \cdot 5}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2}$

$H_2 = \frac{gT_2^2}{2}$

$H_2 = \frac{gT_2^2}{2}$



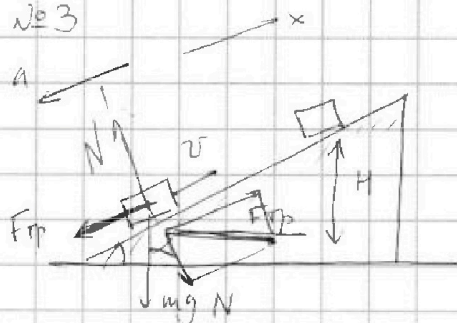
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ 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!

№3

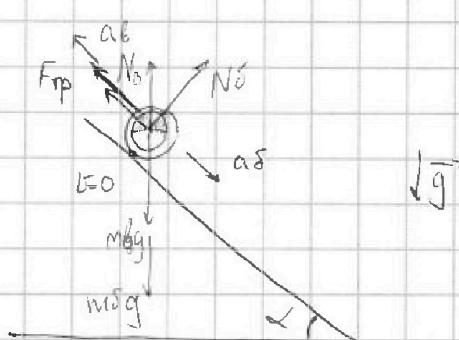


ЗСЭ:  $mV^2$

$$\Delta p = \frac{F}{\Delta t}$$

$$\Delta p = mV_6 - mV_0 = mV_6$$

$\Delta p =$



$N = mg \cdot \cos \alpha$

$$-ma = -F_{tr} - mg \cdot \sin \alpha$$

$$ma = F_{tr} + mg \cdot \sin \alpha$$

$$\mu N = \mu mg \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha$$

$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$S = V_0 \cdot t - \frac{at^2}{2}$$

$400 \text{ м}^2$

$m_6 = 4 \text{ мс}$

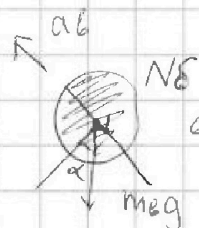
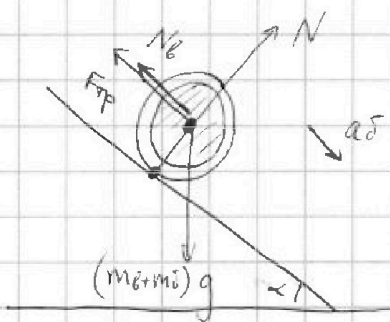
$$H = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{+2a}$$

400

$$\sin \alpha = \frac{H}{S}$$

$$\frac{g}{20} \mu \geq \tan \alpha$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 17} \\ \underline{28} \phantom{0} \\ 39 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 4,5 \overline{) 45} \\ \underline{10} \phantom{0} \\ 39 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 13} \\ \underline{26} \phantom{0} \\ 59 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4,5 \overline{) 2} \\ \underline{4} \phantom{0} \\ 0,5 \phantom{0} \\ \underline{0,5} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \phantom{319} \overline{) 13} \\ \phantom{319} \underline{13} \\ \phantom{319} 0 \end{array}$$

$$-m\delta a = N_0 + m\delta g \cdot \sin \alpha$$

$$\begin{array}{r} 4,5 \overline{) 45} \\ \underline{10} \phantom{0} \\ 39 \end{array}$$

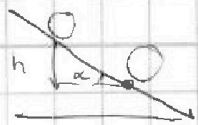
$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 14} \\ \underline{28} \phantom{0} \\ 39 \end{array}$$

$$N = m\delta g \cdot \cos \alpha$$

$$m\delta a = mg \cdot \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha + N_0$$

$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 17} \\ \underline{17} \phantom{0} \\ 249 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \phantom{319} \overline{) 17} \\ \phantom{319} \underline{17} \\ \phantom{319} 0 \end{array}$$



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

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



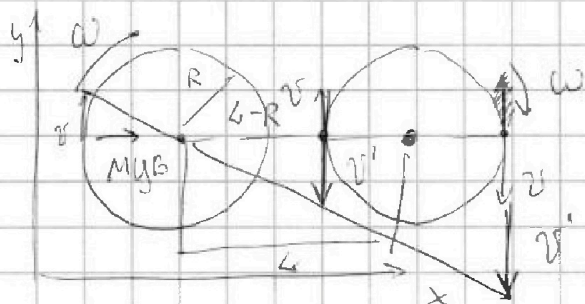


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
— 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!



по II ЗН:

$$ma = N_1 = m \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{N_1}{mg} = \frac{v^2}{Rg}$$

$$100^4 = (10^2)^4 = 10^8$$

$$500^2 = (5 \cdot 10^2)^2 = 5^2 \cdot 10^4$$

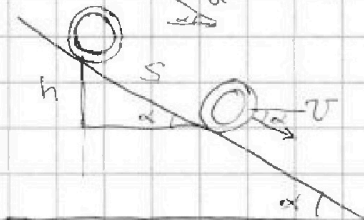
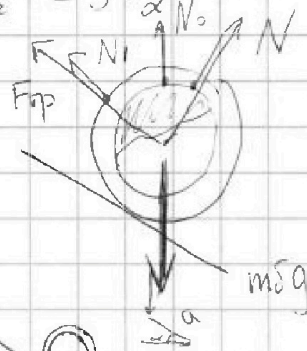
$$\frac{10^4}{5^2} = \frac{5^4 \cdot 2^4}{5^2} = 5^2 \cdot 2^4$$

$$\begin{array}{r} 1, \\ \times 2,1 \\ \hline 21 \\ 42 \\ \hline 441 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,3 \\ \times 2,3 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 5,29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ \times 2,2 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 484 \end{array}$$

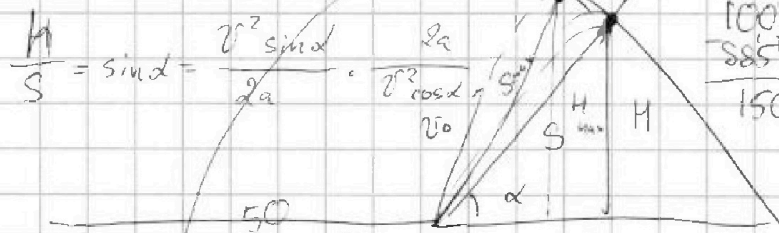
$$\begin{array}{r} 2,25 \\ \times 2,25 \\ \hline 1125 \\ 450 \\ \hline 50625 \end{array}$$



$$\frac{v' - v}{L - R} = \frac{v + v'}{L + R}$$

$$\frac{175}{125} = \frac{7}{5}$$

$$S = \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{2a \cos \alpha} = \frac{v^2 \cos \alpha}{2a}$$



$$\frac{h}{S} = \sin \alpha = \frac{v^2 \sin \alpha}{2a} \cdot \frac{2a}{v^2 \cos \alpha} = \frac{2a \sin \alpha}{v^2 \cos \alpha}$$

$$\frac{1,5}{0,45} = \frac{150 \cdot 10^2}{45} \cdot \frac{2a}{g} = \frac{v^2 \sin \alpha}{2a}$$

$$\frac{10017}{8855,8} = \frac{150}{150}$$

$$\frac{5,17}{136} \times 8 = \frac{41,36}{105}$$

$$\frac{v_0^2}{g} = S \sin \alpha$$

$$h = \frac{a \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2}$$

$$t = \frac{2 \cdot 6}{2 \cdot 1} = 4$$

$$h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2a \cos^2 \alpha}$$

$$N_1 + N_0 \sin \alpha = 4mg \sin \alpha - 4ma$$



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

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!

