



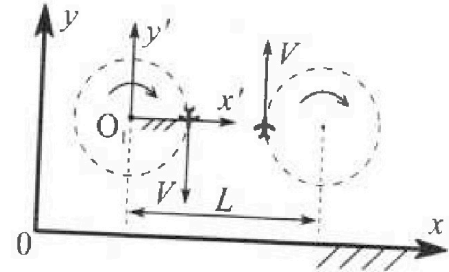
# Олимпиада «Физтех» по физике, Февраль 2024

## Вариант 10-01

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  $V = 80 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R=800 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

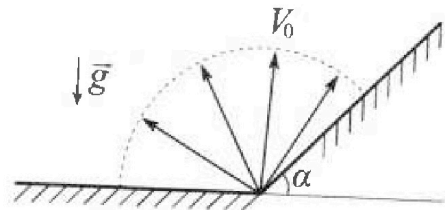


1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

В некоторый момент времени самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L=2 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолёта показан на рисунке.

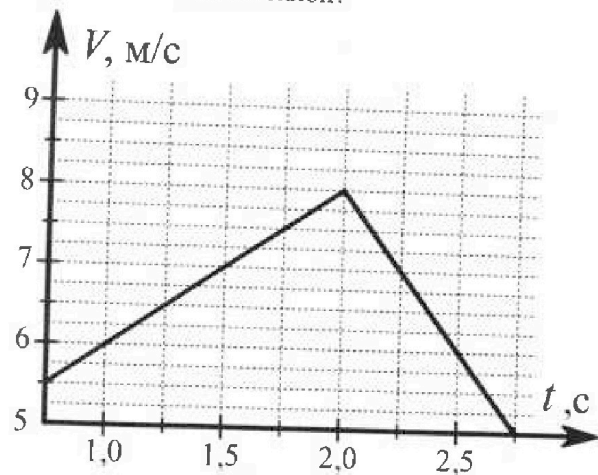
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков  $T = 9 \text{ с}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



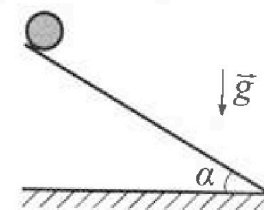
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



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 равна массе бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения по вертикали на  $h=0,3 \text{ м}$ ?
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 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят  $Q = 600$  Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на  $\Delta T_1 = 15$  К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на  $\Delta T_2 = 10$  К.

1. Найдите работу  $A$  смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_V$  смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_{\text{Г}}}{N_{\text{К}}}$  числа атомов гелия к числу молекул кислорода в смеси.

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

5. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} > 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Заряды обкладок конденсатора  $Q > 0$  и  $-Q$ , ёмкость конденсатора  $C$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью  $V_0$  на расстоянии  $d/4$  от положительно заряженной обкладки.

1. Найдите радиус  $R$  кривизны траектории в этот 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.

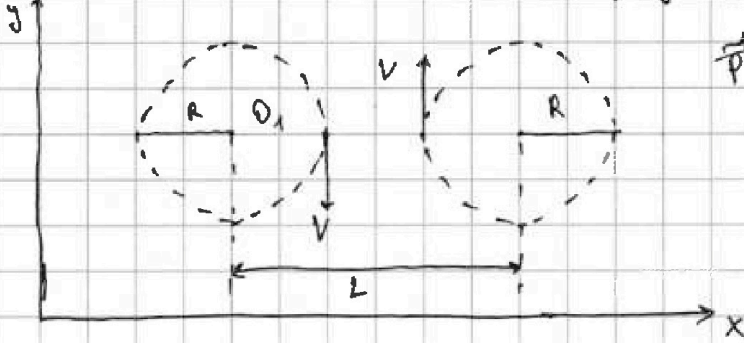
1  2  3  4  5  6  7

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!

$v_1 = 80 \text{ м/с}$ ,  $R = 800 \text{ м}$ ,  $g = 10 \text{ м/с}^2$   $\delta = \left( \frac{P}{mg} - 1 \right) \cdot 100\% - ?$

Решение:



$\vec{P} \geq m\vec{g} + \vec{N}$   
 $\vec{N} - 3 \text{ к Ньютона}$   
 для самолета:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$$

$$\vec{N} = -\vec{P}$$

$$\vec{N} = m\vec{a} - m\vec{g}$$

~~$\frac{80}{200} = \frac{80 \cdot 80}{200}$~~

нужно:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{80 \cdot 80}{800} = 8 \text{ м/с}^2$$

Записуем в виде векторного треугольника по м. Пифагора:

$$|\vec{N}| = \sqrt{m^2 a^2 + m^2 g^2} = m \sqrt{a^2 + g^2}$$

$$N = m \sqrt{\left| \frac{v^2}{R} \right|^2 + g^2} \approx |\vec{P}| = |\vec{N}| \Rightarrow P = m \sqrt{\left| \frac{v^2}{R} \right|^2 + g^2} = m \cdot \sqrt{64 + 100}$$

$$\delta = \left( \frac{m \sqrt{\left| \frac{v^2}{R} \right|^2 + g^2}}{mg} - 1 \right) \cdot 100\% = \left( \frac{\sqrt{164}}{10} - 1 \right) \cdot 100\%$$

$$\delta \approx \left( \frac{12,8}{10} - 1 \right) \cdot 100\% = (1,28 - 1) \cdot 100\% = 28\%$$

12,8  
 + 11,8  
 -----  
 24,6  
 + 25,6  
 -----  
 50,2

10 24.  
 25 6  
 + 28  
 -----  
 63,84  $\approx 164 \Rightarrow \sqrt{164} \approx 12,8$

Отв 1) Ответ:  $\delta \approx 28\%$   $\delta = \left( \frac{\sqrt{164}}{10} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 28\%$

Перейдем в вращ. СО, связанную с левым самолетом:  
 Для это нужно "завратить" все вокруг  $O_1$   
 с угловой скоростью  $\omega = \frac{v}{R}$  против часовой стрелки.



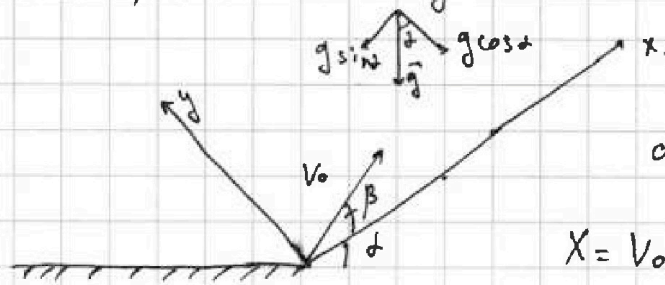


1  2  3  4  5  6  7

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!

52.  $\alpha = 30^\circ$ ;  $T = 9\text{c}$ ;  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



направим  $Ox$  по  
склону;  $Oy \perp Ox$ :

$$a_y = g \cos \alpha; \quad a_x = g \sin \alpha.$$

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

В момент падения  $y = 0$ :  $y = v_0 \sin \beta t - g \frac{\cos \alpha}{2} t^2$

$$v_0 \sin \beta t_n - g \frac{\cos \alpha}{2} t_n^2 = 0 \quad | : t_n \Rightarrow v_0 \sin \beta - g \frac{\cos \alpha}{2} t_n = 0.$$

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

$$t_n = \frac{2v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}; \quad \text{но т.к. катанушек}$$

$t_n = t_{\max} \Rightarrow \sin \beta = 1 \Rightarrow \beta = 90^\circ$ , но т.к. фейерверк  
у падения такой случай ~~т~~ невозможен, но

увеличение  $\beta$  растет и  $t_n$ , следовательно

при заданных условиях  $\beta_{\max} = 90 - \alpha = 60^\circ$ ,

$$\sin 60^\circ = \cos 30^\circ \Rightarrow t_n = \frac{2v_0}{g}$$

т.е. сейчас путь максимальное время при рас-  
ке по склону, т.е. считать  $t_n$  было мак-

симальным нужно кинуть вертикально

вверх:  $T = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{gT}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = 45 \text{ м/с}.$

2)  $x = v_0 \cos \beta t - g \frac{\sin \alpha}{2} t^2$   $\tau$  - время падения.  $\tau = \frac{2v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$

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





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  
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!

$$S = \frac{2V_0^2}{g \cos \alpha} \cdot \cos \beta \sin \beta - \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \cdot \sin \beta; \quad \beta \in (0; 60^\circ)$$

Продифференцируем по  $\beta$  и найдем экстремумы функции:

$$S' = \frac{2V_0^2}{g \cos \alpha} (-\sin^2 \beta + \cos^2 \beta) - \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \cdot \cos \beta = 0$$

В точке максимума  $S' = 0$ :

~~$$\frac{2V_0^2}{g \cos \alpha} (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta) - \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \cos \beta = 0$$~~

~~$$\cos^2 \beta - \sin^2 \beta - \frac{1}{\cos \alpha} \cos \beta = 0$$~~

~~$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Rightarrow \sin^2 \beta = 1 - \cos^2 \beta$$~~

~~$$\cos^2 \beta - 1 + \cos^2 \beta - \frac{1}{\cos \alpha} \cos \beta = 0$$~~

~~$$2 \cos^2 \beta - \frac{1}{\cos \alpha} \cos \beta - 1 = 0 \quad 2 \cos^2 \beta - \frac{2}{\sqrt{3}} \cos \beta - 1 = 0$$~~

~~$$D = \frac{4}{3} + 4 \cdot 2 \cdot 1 = 8 + \frac{4}{3} = \frac{28}{3}$$~~

~~$$= \frac{14 + \sqrt{3}}{3}$$~~

~~$$\cos \beta = \frac{2}{\sqrt{3}} + \sqrt{\frac{28}{3}}$$~~

~~$$\cos \beta = \frac{21 + 20 + 14 + \sqrt{3}}{\sqrt{3} \cdot 3} = \frac{41 + \sqrt{3}}{3\sqrt{3}} = \frac{41\sqrt{3} + 3}{9}$$~~

~~$$\sqrt{28} = \frac{27}{27} + \frac{27}{27} = \frac{10}{9} + \frac{5}{9} = \frac{15}{9} = \frac{5}{3}$$~~

~~$$\frac{1 + 2\sqrt{7}}{2 \cdot \sqrt{7}} = \frac{3,7}{3,4}$$~~

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

~~$$\cos \beta \sin \beta - \frac{1}{\sqrt{3}} \sin \beta = 1$$~~

~~$$\sin \beta (\cos \beta - \frac{1}{\sqrt{3}}) = 1 \cdot \sqrt{3}$$~~

~~$$\sin^2 \beta (\cos^2 \beta + 1) = \frac{2}{\sqrt{3}} \cos \beta = 1$$~~



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  
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!

В точке максимума  $s' = 0$ :

$$\frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} (1 - \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) - \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \cos \beta = 0$$

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

$$\sin^2 \beta = 1 - \cos^2 \beta$$

$$-1 + \cos^2 \beta + \cos^2 \beta - \frac{1}{\sqrt{3}} \cos \beta = 0$$

$$2 \cos^2 \beta - \frac{1}{\sqrt{3}} \cos \beta - 1 = 0 \quad D = \frac{1}{3} + 4 \cdot 2 \cdot 1 = \frac{1}{3} + 8 = \frac{25}{3}$$

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{3}} + \frac{5}{\sqrt{3}} = \frac{6}{\sqrt{3}} = \frac{3}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

$$S = \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot \cos 30^\circ \sin 30^\circ - \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \sin 30^\circ = \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \operatorname{tg} \alpha \frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \frac{\sqrt{3}}{4} - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \right) = \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0^2}{g \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}} \left( \frac{\sqrt{3}}{4} - \frac{1}{2\sqrt{3}} \right) =$$

$$= \frac{4V_0^2}{g \sqrt{3}} \left( \frac{3-2}{4\sqrt{3}} \right) = \frac{4V_0^2}{g \sqrt{3}} \cdot \frac{1}{4\sqrt{3}} = \frac{V_0^2}{g \cdot 3} = \frac{45 \cdot 45}{9 \cdot 10 \cdot 3}$$

$$= \frac{45 \cdot 15}{10} = \frac{45 \cdot 3}{2} = \frac{135}{2} = 67,5 \text{ м.}$$

~~$$s = \frac{2V_0^2}{g \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2V_0^2 \cdot \frac{1}{2}}{g \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)} \cdot \frac{1}{2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{V_0^2}{2g \cdot \frac{3}{2}} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{2V_0^2}{3g} = \frac{V_0^2}{3g}$$~~

~~$$\frac{2 \cdot 45 \cdot 45}{30} = \frac{45 \cdot 3 \cdot 15}{30 \cdot 2} = \frac{135}{2} = 67,5 \text{ м.}$$~~

Ответ: 1)  $V_0 = 45 \text{ м/с}$   
2)  $S = 67,5 \text{ м.}$

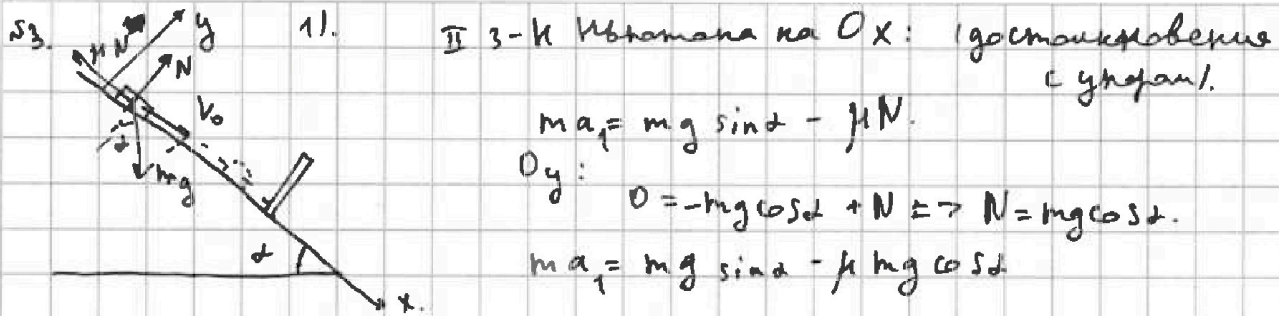


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$m a_1 = m g \sin \alpha - \mu N$$

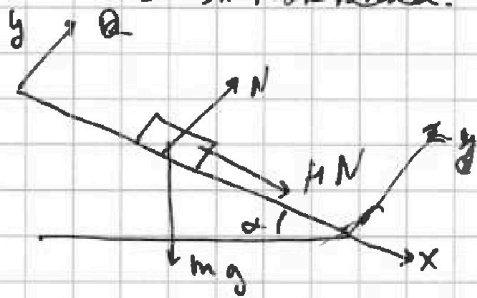
$$O_y: 0 = -m g \cos \alpha + N \Rightarrow N = m g \cos \alpha$$

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

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

носе с ускорением:

II 3-й блок:



$$O_x: m a_2 = \mu N + m g \sin \alpha$$

$$O_y: N = m g \cos \alpha$$

$$m a_2 = \mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha$$

$$a_2 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$a_2 = a_1 = \frac{dV}{dt}; \text{ из условия на } \alpha \text{ и } V: \frac{dV}{dt} = \frac{2}{4} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$a_1 = 2 \quad a_1 = 2 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = -\frac{dV}{dt}; \text{ из условия: } \frac{dV}{dt} = -\frac{2}{0.5} = -4 \text{ м/с}^2 \Rightarrow a_2 = +4 \text{ м/с}^2$$

$$2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

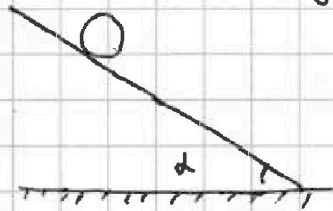
$$4 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$6 = 2g \sin \alpha$$

$$3 = g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{10} = \frac{3}{10}$$

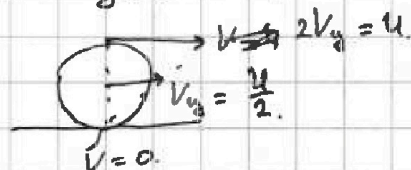
$$\mu g \cos \alpha = 4 - g \sin \alpha = 4 - g \cdot \frac{3}{10} = 1 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\mu g}$$

2-й блок:



$$V = ?; h = 0.3 \text{ м}$$

н.к. гнущемее без рас-  
кальзывания, но:



$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{100}} = \sqrt{\frac{91}{100}} = \frac{\sqrt{91}}{10}$$

$$V_y = \frac{11}{2}$$



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 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!

по н. теорема:  $E_k = E_{ky} + E_{омн.}$ ,  $K_0 = K_{теорема} + K_{омн.}$

$$K_0 = \frac{mV_y^2}{2} + \frac{mV_y^2}{2} = mV_y^2 = \cancel{2mV_y^2}$$

3 Г2:  $0 + \cancel{0} + mgh = \Delta K = -\Delta \Pi: 2mV^2 = -mg(l-h) =$

где  $M$  - масса боба;

$m$  - масса боба и сумм  $2mV^2 = -2mg(l-h) = 2mgh = \cancel{mgh}$

$2MV^2 = -2Mg(l-h)$ .  $V = \sqrt{gh} = \sqrt{30}$   $V = \sqrt{gh} =$

2)  $V = \sqrt{gh} = \sqrt{3}$  м/с.

3) 3 Г2:  $mV^2 + mgh = \text{const.}$   $-\Delta \Pi = \Delta K$

$\Delta \Pi = -mgh$ ,  $\Delta K = d(mV^2) = m dV^2 = 2mV dV$

$m dV^2 = -mgh$

$2mV dV = -mgh$

$dh = -V dt \cdot \sin \alpha = -V dt \sin \alpha$

$dV = a dt$

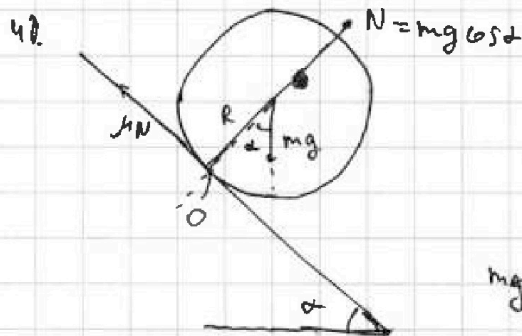
~~$2mV a dt = -mg l V dt \sin \alpha = mg l \sin \alpha dt$~~

~~$2m a dt = mg l \sin \alpha$~~   $2mV a dt = mg V dt \sin \alpha$

$a = \frac{g \sin \alpha}{2}$

$2m a dt = mg l \sin \alpha$

$a = \frac{g \sin \alpha}{2} = g \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2} g$



нужно без прокатывания:

для точки O:  $\sum \vec{F}_0 = 0$   $\sum \vec{M}_0 = 0$

~~$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$~~   $O_y: N = mg \cos \alpha$

~~$mg R \sin \alpha$~~   $O_x: \mu N \geq mg \sin \alpha$

$\mu mg \cos \alpha \geq mg \sin \alpha$

~~$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{3}{1} = 3$~~

$\mu \geq \tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}; \tan \alpha = \frac{3}{\sqrt{9}}$



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!

Ответы: 1)  $\sin \alpha = \frac{3}{10} = 0,3$

2)  $V = \sqrt{gh} = \sqrt{3} \text{ м/с}$

3)  $a = 1,5 \text{ м/с}^2$

4)  $\mu \geq \frac{3}{\sqrt{91}}$



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)  $Q = 600 \text{ Дж}$ ,  $V = \text{const}$ ,  $\Delta T_1 = 15 \text{ К}$   
 2)  $Q = 600 \text{ Дж}$ ;  $P = \text{const}$ ,  $\Delta T_2 = 10 \text{ К}$  He + O<sub>2</sub>

1)  $A = P \Delta V$ , н.к.  $P = \text{const}$ , но  $P \Delta V = \Delta(PV) = \Delta(VRT)$   
 $PV = VRT$  (3. Менделеева-Клапейрона!)  
 $A = \Delta VRT$ ,  $V = \text{const} \Rightarrow A = V R \Delta T_2$ .

$Q = \Delta U + A = \Delta U_{\text{He}} + \Delta U_{\text{O}_2} + A_{\text{He}} + A_{\text{O}_2}$ ; при  $V = \text{const}$ :

$A_{\text{He}} + A_{\text{O}_2} = 0$ .  $Q = \Delta U_{\text{He}} + \Delta U_{\text{O}_2} = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1 +$

$+\frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_1$ ; при  $P = \text{const}$ :  $A = P \Delta V = \Delta(PV) = \Delta(VRT) =$

$= V R \Delta T$ .  $\Rightarrow Q = \Delta U_{\text{He}} + \Delta U_{\text{O}_2} + A_{\text{He}} + A_{\text{O}_2} = \Delta U_{\text{He}} + \Delta U_{\text{O}_2} +$

$+ \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2 = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2 +$

$+ \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2 =$

$Q = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_1$  (1)

$Q = \frac{5}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{7}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2$  (2)

(1) = (2):  $\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{7}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2$ .

$\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} \cdot 15 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} \cdot 15 = \frac{5}{2} \nu_{\text{He}} \cdot 10 + \frac{7}{2} \nu_{\text{O}_2} \cdot 10$  | :5.

$9 \nu_{\text{He}} + 15 \nu_{\text{O}_2} = 10 \nu_{\text{He}} + 14 \nu_{\text{O}_2}$

$\nu_{\text{O}_2} = \nu_{\text{He}} = \nu$ ,  $\nu = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N_{\text{O}_2} = N_{\text{He}}$

$400 = 600 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_1 = \frac{8}{2} \nu R \Delta T_1 = 4 \nu R \Delta T_1 =$

$= 4 \cdot \frac{15}{60} \cdot \nu R \Rightarrow \nu R = 10$





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 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!

$$A = A_{He} + A_{O_2} = \nu_{O_2} R \Delta T_2 + \nu_{He} R \Delta T_2 = 2 \nu R \Delta T_2 = 200 \text{ Дж}$$

$$2) C = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{\delta A}{dT} = C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{\frac{3}{2} \nu R dT + \frac{5}{2} \nu R dT}{dT} = 4 \nu R = 40 \text{ Дж/К}$$

$$C_V = 40 \text{ Дж/К}$$

$$3) \frac{1}{2} \nu = \frac{N}{N_A} \quad \nu_{\Gamma} = \nu_{\kappa} \Rightarrow \frac{N_{\Gamma}}{N_A} = \frac{N_{\kappa}}{N_A} \Rightarrow N_{\Gamma} = N_{\kappa} \quad \frac{N_{\Gamma}}{N_{\kappa}} = 1$$

Ответы: 1)  $A = 200 \text{ Дж}$

2)  $C_V = 40 \text{ Дж/К}$

3)  $\frac{N_{\Gamma}}{N_{\kappa}} = 1$

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.



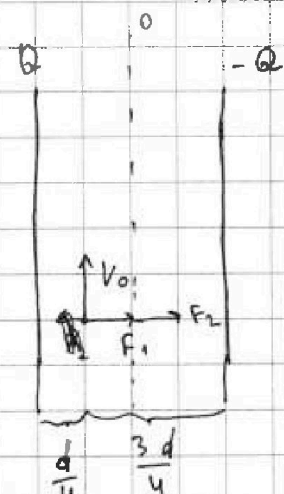
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

$$55. \gamma = \frac{q}{\pi} > 0$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



$$g = \gamma m > 0$$

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \frac{kQq}{d^2}$$

$$\sum F = \frac{160kQq}{9d^2}$$

$$-k(-Q) \cdot q = \frac{16kQq}{d^2} + \frac{16kQq}{9d^2} =$$

$$\sum \vec{F} = \frac{144kQq + 16kQq}{9d^2} = \frac{160kQq}{9d^2} = 144kQq/d^2$$

$$m \vec{a} = \sum \vec{F} \rightarrow ma = \frac{160kQq}{9d^2} = \frac{160kQq}{9d^2} \Rightarrow a = \frac{160kQ}{9d^2} \cdot \frac{q}{m} =$$

$$= \frac{160kQ}{9d^2} \cdot \gamma$$

$$a = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{a} = \frac{V_0^2}{\frac{160kQ\gamma}{9d^2}} \Rightarrow$$

$$R = \frac{9d^2 V_0^2}{160kQ\gamma}$$

$$3 \text{ б.} \frac{mV_0^2}{2} + E_{n1} = \frac{mV^2}{2}; \text{ за } 0 \text{ начальной энергии возмещает центр конденсатора}$$

энергии возмещает центр конденсатора

$$E_{n1} = -A$$

$$A = \int F ds \quad F = F_1 + F_2 = \frac{kQq}{(d/2+x)^2} + \frac{kQq}{(d/2-x)^2} \Rightarrow$$

$$A = \int_0^{d/4} \left( \frac{kQq}{(d/2+x)^2} + \frac{kQq}{(d/2-x)^2} \right) dx = kQq \int_0^{d/4} \left( \frac{1}{(d/2+x)^2} + \frac{1}{(d/2-x)^2} \right) dx =$$

$$= -kQq \left( \frac{4}{3d} + \frac{4}{d} \right) = -kQq \cdot \frac{16}{3d}$$

$$E_{n1} = kQq \cdot \frac{16}{3d}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{16kQq}{3d} = \frac{mV^2}{2} \quad | : \frac{m}{2}$$

$$V_0^2 + \frac{16kQq}{3dm} \cdot 2 = V^2$$

$$V = \sqrt{V_0^2 + \frac{32kQq}{3d}}$$

$$\text{Ответы: } 1) R = \frac{9d^2 V_0^2}{160kQ\gamma}$$

$$2) V = \sqrt{V_0^2 + \frac{32kQq}{3d}}$$



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

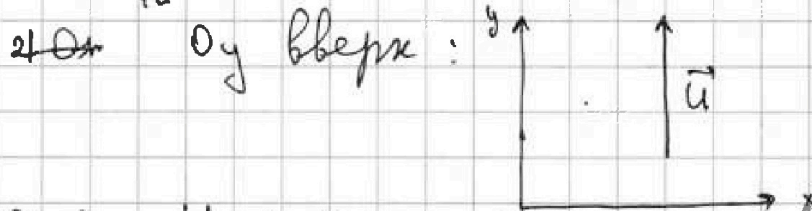
СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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!

$$u = V + w \cdot R_2, R_2 = L - R; u = V + w(L - R) = V + \frac{V}{R}(L - R) =$$
$$= 80 + \frac{80}{200} (2000 - 800) = 80 + 10 \cdot 16 = 160 + 80 = 240 \text{ м/с}$$

$$R_2 = L - R = 2000 - 800 = 1200 \text{ м. } w = \frac{V}{R} = \frac{80}{200} = \frac{1}{10} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$u = 80 + \frac{1}{10} \cdot 1200 = 200 \text{ м/с, направлена параллельно}$$



2) Ответ:  $V = 200 \text{ м/с}$ ; вверх  $\parallel 0_y$

$$\text{Ответ: 1) } \delta = \left( \frac{\sqrt{164}}{10} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 28\%$$

2)  $V = 200 \text{ м/с}$ ; вверх  $\parallel 0_y$ .



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  
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!

*черновик.*

$$A = A_{He} + A_{O_2} = \nu R \Delta T_2 + \nu_{He} R \Delta T_2 = 2 \nu R \Delta T_2 = 2 \cdot 10 \cdot 10 = 200 \text{ Дж}$$

$$1) A = \nu_{O_2} R \Delta T_2 + \nu_{He} R \Delta T_2 = 2 \nu R \Delta T_2 = 2 \cdot 10 \cdot 10 = 200 \text{ Дж}$$

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU + \delta A}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{\delta A}{dT} = C_V + C_p$$

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{3}{2} \nu_{He} R dT + \frac{5}{2} \nu_{O_2} R dT = \frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_{O_2} R = 4 \nu R$$

$$= \frac{3}{2} \nu R + \frac{5}{2} \nu R = 4 \nu R = 4 \cdot 10 = 40 \text{ Дж/К}$$

$$3) \nu_{He} = \nu_{O_2}; \nu_{He} = \nu_{O_2}; \nu_{He} = \nu_{O_2}$$

$$\nu_{O_2} = \nu_{He} \Rightarrow \nu_{He} = \nu_{O_2}; \nu = \frac{N}{N_A}; \nu_{He} = \frac{N_{He}}{N_A}; \nu_{O_2} = \frac{N_{O_2}}{N_A}$$

$$\frac{N_{He}}{N_A} = \frac{N_{O_2}}{N_A} \Rightarrow N_{He} = N_{O_2} \Rightarrow \frac{N_{He}}{N_{O_2}} = 1$$

Ответы: 1)  $A = 200 \text{ Дж}$

2)  $C_V = 40 \text{ Дж/К}$

3)  $\frac{N_{He}}{N_{O_2}} = 1$

$$2,75 - 2 = 0,75$$

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 2$$

$$4 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$2 = 3 - \mu g \cos \alpha$$

$$4 = 3 + \mu g \cos \alpha$$

$$\frac{d^2}{2} + \frac{d}{4} = \frac{d}{4}$$

$$\mu g \cos \alpha = \frac{3}{\sqrt{91}}$$

$$\frac{d}{2} - \frac{d}{4} = \frac{d}{4}$$

$$\begin{cases} 2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \\ g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = 4 \end{cases}$$

$$g \sin \alpha = 3$$

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{g^2}} = \sqrt{1 - \frac{9}{100}} = \frac{\sqrt{91}}{10}$$

$$\frac{91}{100} = \frac{\sqrt{91}}{100}$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{10}$$

$$\frac{23}{10}$$

$$\frac{23}{10}$$

$$\frac{23}{10}$$

$$\frac{23}{10}$$

$$\frac{23}{10}$$

$$\frac{23}{10}$$

$$\frac{23}{10}$$