

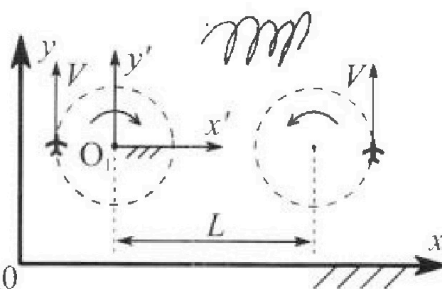
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-02

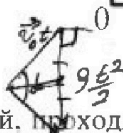
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



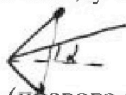
1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями  $V = 70$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолёт,  $R = 700$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с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

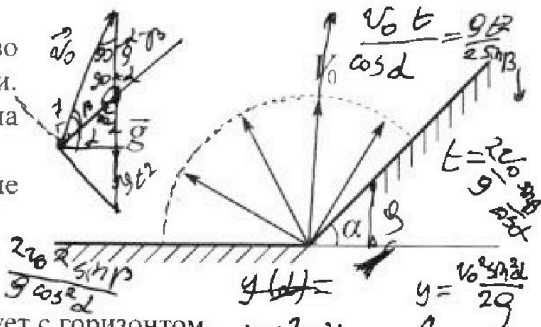


2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

$$y = v_0 \sin \omega t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x t \omega = v_0 \cos \omega t$$

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.

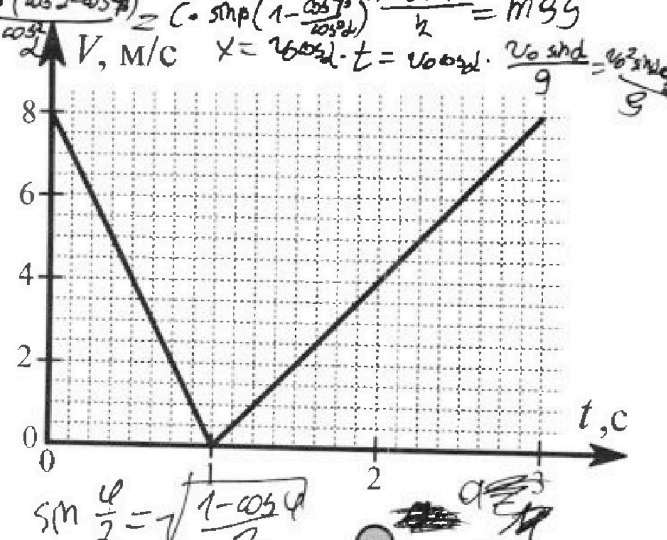
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

$$v_0 t =$$

$$\frac{S}{\cos(\alpha + \theta)} = \frac{g t^2}{2 \sin \theta} = \frac{2 v_0^2 \sin^2 \theta}{g \cos^2 \alpha}$$

$$S = C \cdot \frac{\sin \theta (\cos^2 \alpha - \sin^2 \theta)}{\cos^2 \alpha} = C \cdot \sin \theta (1 - \frac{\cos^2 \theta}{\cos^2 \alpha})$$

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?

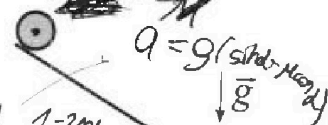
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.

4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi}{2}}$$

$$\cos \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \varphi}{2}} = 1 - 2 \cos^2 \alpha$$

$$= \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \varphi}{1 + 2 \cos \varphi + \cos^2 \varphi}} = \sin \varphi$$



$$\cos \frac{\varphi}{2}$$

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  $t$  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?

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q + A = \Delta U$$

$$Q + A = \frac{R_0 \gamma^2}{2} (3V_1 + 5V_2)$$

$$\begin{aligned} Q = \Delta U &= \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} = \\ &= \frac{3}{2} V_1 R_0 \gamma^2 + \frac{5}{2} V_2 R_0 \gamma^2 = \\ &= \frac{R_0 \gamma^2}{2} (3V_1 + 5V_2) \\ P = \cos \alpha \quad Q = \Delta U + A &= \frac{1}{2} R_0 \gamma^2 V + R_0 \gamma^2 V \end{aligned}$$



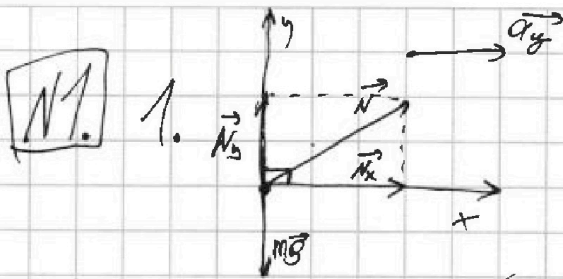


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



На лётчика действуют две силы:  $\vec{N}$  и  $m\vec{g}$ .

$\vec{N}$  - сила реакции крема,  
 $m\vec{g}$  - сила тяжести.

По третьему закону Ньютона  $P=N$ ,  
где  $P$  - сила в сторону лётчика на креме.

$a_y = \frac{v^2}{R}$  - центростремительное ускорение, вызванное глвм. по окр.

Разложим  $\vec{N}$  на  $\vec{N}_x$  и  $\vec{N}_y$

так, что  $\vec{N} = \vec{N}_x + \vec{N}_y$

$$(N^2 = N_x^2 + N_y^2, m \text{ и } OK \text{ сов.})$$

Тогда:  $OX: N_x = m a_y$

(второй закон  $OY: N_y - mg = 0$ )

Ньютона в проекции на ось

$\Leftrightarrow$

$$\begin{cases} N_x = m \frac{v^2}{R} \\ N_y = mg \end{cases} \Bigg| \uparrow^2 + \rightarrow$$

$$N^2 = N_x^2 + N_y^2 = m^2 \left( \frac{v^4}{R^2} + g^2 \right)$$

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

$$k = \frac{P}{mg} = \frac{m \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{mg} = \sqrt{1 + \frac{v^4}{(gR)^2}}$$

$$k = \frac{P}{mg} = \sqrt{1 + \frac{(40 \frac{m}{s})^4}{(10^2 \cdot 10 \frac{m}{s^2})^2}}$$

$$= \sqrt{1 + \frac{\sqrt{49 \cdot 10^4}}{10^3 \cdot 49}} = \sqrt{1,49}$$

2. Найдём  $\omega$  - угловую скорость вращения  $x'O_1y'$ :  
 $\omega = \frac{v}{R}$  - угл. скорость вращ. самолёта.

Управый самолёт вращается с  $\omega$  по против часовой и мы пересели в  $CO$  с  $\omega$  по часовой  $\Rightarrow$  в этой  $CO$   $\omega_x = 2\omega$  по-  
тив часовой - угл. скорость второго самолёта.

Расстояние от оси вращения до второго самолёта  $r = R + b \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  к  $\vec{v}$  добавим  $\vec{V}$ , такая, что:  $|\vec{V}| = 2\omega r$ ;  $\vec{V} \parallel O_1y'$

$$|\vec{V}| = 2\omega r = 2v \cdot \frac{R+b}{R}, |\vec{V}| = 2 \cdot 49 \frac{m}{s} \cdot \frac{700m + 210m}{400m} = 560 \frac{m}{s} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{U} = \vec{V} + \vec{v} \quad |\vec{U}| = |\vec{V}| + v = 560 \frac{m}{s} + 40 \frac{m}{s} = 600 \frac{m}{s}. \vec{U} \parallel O_1y'$$

Ответ:  $k = \frac{P}{mg} = \sqrt{1,49}$ ,  $|\vec{U}| = 630 \frac{m}{s}$ ;  $\vec{U} \parallel O_1y'$



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!

$$\operatorname{tg} \varphi = -\operatorname{tg} d + \sqrt{\operatorname{tg}^2 d + 1} = -\operatorname{tg} d + \frac{1}{\cos d} = \frac{-\sin d + 1}{\cos d}$$

3 заменим, что  $\operatorname{tg} \frac{d}{2} = \frac{\sqrt{1-\cos d} \sqrt{1+\cos d}}{\sqrt{1+\cos d}} = \frac{\sqrt{1-\cos^2 d}}{1+\cos d}$

$$\operatorname{tg} \frac{d}{2} = \frac{\sqrt{1-\cos^2 d} \sqrt{1+\cos d}}{\sqrt{1+\cos d}} = \frac{1-\cos d}{\sqrt{1-\cos^2 d}} = \frac{1-\cos d}{\sin d}$$

$$\Downarrow$$

$$\operatorname{tg} \left( \frac{90-d}{2} \right) = \frac{1-\cos(90-d)}{\sin(90-d)} = \frac{1-\sin d}{\cos d} = \operatorname{tg} \varphi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{90-d}{2} \Rightarrow S_2 = S \left( \frac{90-d}{2} \right) =$$

$$= \frac{2v_0^2}{g \cos d} \left( \sin \left( \frac{90-d}{2} \right) \cos \left( \frac{90-d}{2} \right) - \sin^2 \left( \frac{90-d}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} d \right) =$$

$$= \frac{v_0^2}{g \cos d} \left( \sin(90-d) - (1-\cos(90-d)) \operatorname{tg} d \right) =$$

$$= \frac{v_0^2}{g \cos d} \left( \cos d - (1-\sin d) \cdot \frac{\sin d}{\cos d} \right) = \frac{v_0^2}{g} \left( 1 - \frac{(1-\sin d) \sin d}{\cos^2 d} \right) =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} \left( 1 - \frac{(1-\sin d) \sin d}{(1+\sin^2 d)(1-\sin d)} \right) = \frac{v_0^2}{g} \left( 1 - \frac{\sin d}{1+\sin d} \right)$$

$$\frac{S_2 + S_2 \sin d}{2 + S_2 \sin d} \quad S_2 = \frac{v_0^2}{g} \left( \frac{1+\sin d - \sin d}{1+\sin d} \right) = \frac{v_0^2}{g(1+\sin d)}$$

$$\boxed{\sin d = \frac{v_0^2}{g S_2} - 1}$$

$$\sin d = \frac{(40 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 120 \text{m}} - 1 = \frac{16}{12} - 1 = \frac{4}{3} - 1 = \frac{1}{3}$$

$$\Downarrow d = \arcsin \left( \frac{1}{3} \right)$$

Ответ:  $v_0 = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $d = \arcsin \left( \frac{1}{3} \right)$





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!

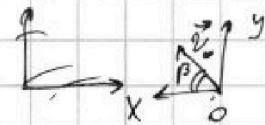
12. 1. Рассмотрим осколок, улетевший на максимальное расстояние по горизонтали:

Введем систему координат  $XOy$ :  $Ox \parallel v_0$ ,  $Oy \perp Ox$ ,  $O$  - нач. п.т.

$$\begin{cases} Oy: y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \\ Ox: x(t) = v_0 \cos \beta t \end{cases}$$

$\beta$  - угол отрыва

В момент падения  $y=0$  и  $t \neq 0 \Rightarrow$



$$\Rightarrow \begin{cases} 0 = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \\ S = v_0 \cos \beta t \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \frac{2v_0 \sin \beta}{g} \\ S = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} \end{cases}$$

как мы видим, макс. расстояние при  $\sin 2\beta = 1$  ( $\beta = 45^\circ$ )  $\Rightarrow$

2. Рассмотрим осколок, улетевший на макс. расстояние на макс. высоте:

$$\Rightarrow S_1 = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{g S_1}$$

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

Введем систему координат  $X'OY'$ :  $Ox' \parallel$  макс. высота,  $Oy' = -g \cos^2 \alpha$ ,  $Ox' = -g \sin^2 \alpha$ ,  $OY' \perp OX'$ ,  $O$  - нач. п.т.

$$\begin{cases} Oy': y(t) = v_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos^2 \alpha t^2}{2} \\ Ox': x(t) = v_0 \cos \varphi t - \frac{g \sin^2 \alpha t^2}{2} \end{cases}$$

$\varphi$  - угол отрыва  
В момент падения  $y=0$  и  $t \neq 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} 0 = v_0 \sin \varphi - \frac{g \cos^2 \alpha t}{2} \\ S = v_0 \cos \varphi t - \frac{g \sin^2 \alpha t^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos^2 \alpha} \\ S = \frac{2v_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g \cos^2 \alpha} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \varphi \sin^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha} \end{cases}$$

$$S(\varphi) = \frac{2v_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \sin \varphi \cos \varphi - \frac{\sin^2 \varphi \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) \quad S'(\varphi) = \frac{2v_0^2}{g \cos^2 \alpha} (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi - 2 \sin \varphi \cos \varphi) = 0$$

$\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi - 2 \sin \varphi \cos \varphi = 0$  ( $\cos^2 \varphi = \sin^2 \varphi$  - не подходит)  $(\sin \varphi \neq 0)$

$$1 - \tan^2 \varphi - 2 \tan \varphi = 0$$

$$\tan^2 \varphi + 2 \tan \varphi - 1 = 0$$

$$\tan \varphi = -\tan \alpha + \sqrt{\tan^2 \alpha + 1}$$



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.

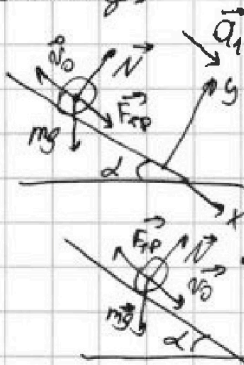
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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

№3. 1. Из графика очевидно, что нач. скорость  
составили, против направления склона ("вверх").

Запишем законы Ньютона для движения вверх  
и вниз:



$$\left. \begin{aligned} OX: F_{тр} + mg \sin \alpha &= ma_1 \\ OY: N - mg \cos \alpha &= 0 \\ F_{тр} &= \mu N \end{aligned} \right\} \Rightarrow a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\left. \begin{aligned} OX: -F_{тр} + mg \sin \alpha &= ma_2 \\ OY: N - mg \cos \alpha &= 0 \\ F_{тр} &= \mu N \end{aligned} \right\} \Rightarrow a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$a_1$  и  $a_2$  найдем из графика, как <sup>модуль</sup> коэффициентов ~~уравнения~~ <sup>уравнения</sup> наклона отрезков на графике ( $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ):

$$a_1 = \left| \frac{(10-8) \frac{m}{c}}{(1-0) c} \right| = 3 \frac{m}{c^2} \quad a_2 = \left| \frac{(8-0) \frac{m}{c}}{(3-1) c} \right| = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$\begin{cases} a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \\ a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a_1 - g \sin \alpha = \mu g \cos \alpha \\ a_2 - g \sin \alpha = -\mu g \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow$$

$$\rightarrow a_1 - g \sin \alpha = g \sin \alpha - a_2 \rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{(8+4) \frac{m}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

2. Момент инерции будет складываться из момента инерции воды и оболочки.

Если  $M$  - масса бочки, то  $nM$  - масса воды  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow J_0 = \frac{nMR^2}{2} + MR^2 = MR^2 \frac{n+2}{2} \quad (\text{м.к. бочка - тонкий цилиндр, а вода - сплошной})$$





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!

$$E_{\text{вр}} = \frac{y_0 \omega^2}{2} = \frac{y_0 \cdot v^2}{2 R^2} = \frac{M R^2 v^2 (n+2)}{4 R^2} = \frac{M v^2 (n+2)}{4}$$

$v$  - скорость ц.м.;  $E_{\text{вр}}$  - вращательная энергия

$$E_k = E_{\text{вр}} + \frac{M v^2}{2} = M v^2 \left( \frac{1}{2} + \frac{n+2}{4} \right) = \frac{M v^2 (n+4)}{4} \text{ - полная } E_k$$

ЗСЭ:  $M g \Delta h = E_k + |A_{\text{тр}}| = \frac{M v^2 (n+4)}{4} + F_{\text{тр}} \cdot L$   
 $\Delta h = L \sin \alpha$ ,  $F_{\text{тр}} = \mu M g \cos \alpha$  (ц.м.):

$$M g L \sin \alpha = \frac{M v^2 (n+4)}{4} + \mu M g \cos \alpha L \quad | \cdot 4$$

$$4 g L \sin \alpha = v^2 (n+4) + 4 \mu g \cos \alpha L$$

$$v^2 (n+4) = 4 g L (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$v = 2 \sqrt{g L \frac{(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{n+4}} \quad \left( a_1 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \right)$$

$$v = 2 \sqrt{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,6 m \cdot \frac{0,6 - 0,2 \cdot 0,8}{2+4}} = \left( \begin{array}{l} a_1 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \\ \mu = \frac{a_1 - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{(8 - 9,6 - 10) \frac{m}{c^2}}{0,8 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} \\ = \frac{2}{9,8 - 10} = 0,25 \text{ (ц.м.)} \end{array} \right)$$

$$= 2 \sqrt{6 \cdot \frac{0,6 - 0,2}{6} \frac{m}{c^2}} = 2 \sqrt{0,4 \frac{m}{c^2}} = \frac{4}{\sqrt{10}} \frac{m}{c^2} = 0,4 \sqrt{10} \frac{m}{c^2}$$

3. ЗСЭ: Две каких-то маamenta  
 ~~$M g \sin \alpha$~~   $M g \sin \alpha$

$$M g \sin \alpha = \frac{M v^2 (n+4)}{4} + \mu M g \cos \alpha L$$

$$4 g L \sin \alpha = v^2 (n+4) + 4 \mu g \cos \alpha L \quad \left| \frac{d}{dt} \right.$$

$$4 g L \sin \alpha = 2 v \cdot a (n+4) + 4 \mu g \cos \alpha L \quad | \cdot \frac{1}{4}$$

$$4 g \sin \alpha = a \cdot 2 (n+4) + 4 \mu g \cos \alpha \rightarrow a = g \frac{2 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{n+4}$$

$$a = 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{2 (0,6 - 0,8 \cdot 0,25)}{2+4} = \frac{4}{3} \frac{m}{c^2} \approx 1,33 \frac{m}{c^2}$$

Ответ:  $\sin \alpha = 0,6$ ;  $v = 0,4 \sqrt{10} \frac{m}{c^2}$ ;  $a = \frac{4}{3} \frac{m}{c^2}$



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!

N4

$V_1$  - кол-во тепла;  $V_2$  - кол-во аэра

1. Ускоренный процесс:  $\dot{Q} = |oU_1| = |oU_{he} + oU_{h_2}| =$   
 $Q = \frac{R |oT_1|}{2} (3V_1 + 5V_2) = \frac{3}{2} V_1 R |oT_1| + \frac{5}{2} V_2 R |oT_1|$

$3V_1 + 5V_2 = \frac{2Q}{R |oT_1|}$

начало термодинамики (A=0 m.k.v.2016)

Ускоренный процесс:

$A - Q = -|oU_2| = -\frac{R |oT_2|}{2} (3V_1 + 5V_2) = -\frac{Q |oT_2|}{|oT_1|}$

$A_{acc} = Q \frac{(|oT_1| - |oT_2|)}{|oT_1|}$

$A_{acc} = 780 \text{ Дж} \cdot \frac{(312 - 20) \text{ К}}{312 \text{ К}} =$

$= 780 \cdot \frac{11,2}{312} \text{ Дж} = 780 \cdot \frac{56}{156} \text{ Дж} = \frac{156 \cdot 8}{156} \cdot 56 \text{ Дж} =$   
 $= 280 \text{ Дж}$

2.  $C_p = \frac{Q}{|oT_2|}$

$A - Q = -\frac{Q |oT_2|}{|oT_1|} \quad | \cdot \frac{1}{|oT_2|}$   
 $\frac{A}{|oT_2|} - C_p = -\frac{Q}{|oT_1|} \rightarrow C_p = \frac{Q}{|oT_1|} + \frac{A}{|oT_2|}$

$C_p = \frac{780 \text{ Дж}}{312 \text{ К}} + \frac{280 \text{ Дж}}{20 \text{ К}} =$   
 $= 25 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} + 14 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} =$   
 $= 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

3. ~~Пребываю, что  $C_p = C_{p1} + C_{p2}$  (C<sub>p1</sub> - газы) C<sub>p2</sub> - аэра)~~  
 ~~$= \frac{3}{2} V_1 R + \frac{5}{2} V_2 R \Leftrightarrow 2C_p = 3V_1 + 5V_2$~~

~~$V_1 = \frac{2Q}{3R |oT_1|} - \frac{5}{3} V_2 =$~~

~~$3V_1 + 5V_2 = \frac{2Q}{R |oT_1|}$   
 $\frac{2C_p}{R} = 2V_2 + \frac{2Q}{R |oT_1|} \rightarrow V_2 = \frac{C_p |oT_1| - Q}{R |oT_1|}$~~

~~$\frac{7Q - 5C_p |oT_1|}{3R |oT_1|} = \frac{7Q - 5C_p |oT_1|}{3R |oT_1|} \sqrt{\frac{1}{2}}$~~

~~$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{7Q - 5C_p |oT_1|}{3(C_p |oT_1| - Q)} = \frac{7 \cdot 780 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 312 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 312 \text{ К} - 780 \text{ Дж})} = \frac{7 \cdot 780 - 5 \cdot 39 \cdot 312}{3(39 \cdot 312 - 780)}$~~





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!

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{7Q - 5C_p(\Delta T_1)}{3(C_p(\Delta T_1) - Q)} = \frac{7 \cdot 480 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К} - 480 \text{ Дж})} =$$

$$= \frac{7 \cdot 25 - 5 \cdot 39}{3(39 - 25)} = \frac{175}{175} = 1$$

$C_{p2}$  - теплоемкость воздуха  
 $C_{p1}$  - теплоемкость воды

3. Очевидно, что  $C_p = C_{p1} + C_{p2} = \frac{3+2}{2} V_1 R + \frac{5+2}{2} V_2 R$

$$\begin{array}{l} 2 \frac{C_p}{R} = 5V_1 + 7V_2 \quad | \cdot 3 \\ 2Q = 3V_1 + 5V_2 \quad | \cdot 5 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$$

$$\frac{6C_p(\Delta T_1) - 10Q}{R(\Delta T_1)} = -4V_2 \rightarrow V_2 = \frac{5Q - 3C_p(\Delta T_1)}{2R(\Delta T_1)}$$

$$V_1 = \frac{2Q}{3R(\Delta T_1)} - \frac{5}{3} V_2 = \frac{1}{3R(\Delta T_1)} \left( 2Q - \frac{5(5Q - 3C_p(\Delta T_1))}{2} \right) =$$

$$= \frac{15C_p(\Delta T_1) - 21Q}{6R(\Delta T_1)} = \frac{5C_p(\Delta T_1) - 7Q}{2R(\Delta T_1)}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{5C_p(\Delta T_1) - 7Q}{5Q - 3C_p(\Delta T_1)} = \frac{5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К} - 7 \cdot 480 \text{ Дж}}{5 \cdot 480 \text{ Дж} - 3 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К}} =$$

$$= \frac{5 \cdot 39 - 7 \cdot 25}{5 \cdot 25 - 3 \cdot 39} = \frac{195 - 175}{125 - 117} = \frac{20}{8} = \frac{5}{2} = 2,5$$

Ответ:  $A = 280 \text{ Дж}$ ;  $C_p = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ ;  $\frac{N_1}{N_2} = 2,5$

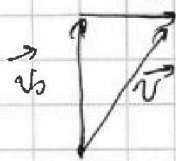
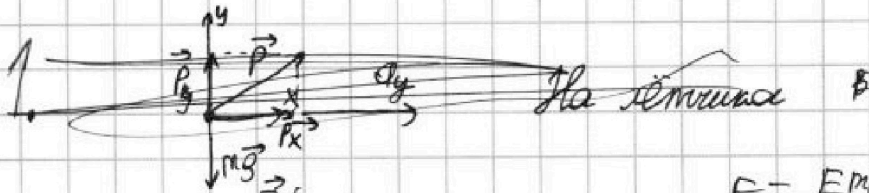


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$v^2 = v_0^2 + \frac{F^2 l^2}{m^2}$$

$$F = E \alpha / r$$

$$l^2 = 2 \left( \frac{d}{2} - \frac{d}{8} \right) = \frac{2m \left( \frac{d}{2} - \frac{d}{8} \right)}{F} =$$

$$= \frac{3d}{4E \alpha / r}$$

$$v^2 = \frac{U R / r}{d} + \frac{E^2 \alpha^2 r^2 \cdot 3d}{4 E \alpha / r m^2} =$$

$$= \frac{U R / r}{d} + \frac{3 E / r d}{4} = \frac{3 U / r}{4} + \frac{U R / r}{d}$$

$$v = \sqrt{U / r \left( \frac{3}{4} + \frac{R}{d} \right)}$$

Ответ:  $v_0 = \sqrt{\frac{U R / r}{d}}$

$$v = \sqrt{U / r \left( \frac{3}{4} + \frac{R}{d} \right)}$$





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!

**N5.** 1. Между обкладками конденсатора однородное поле с  $E = \frac{U}{d}$ .

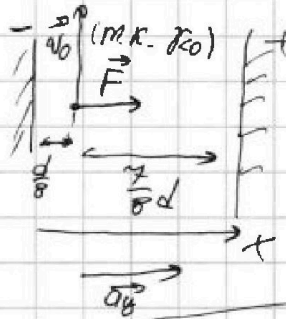
Запишем сил, действующие на частицу, для первого случая:

$$\vec{a}_y = \frac{v_0^2}{R_{\text{эф}}}$$

$$Ox: F = ma_y$$

$$F = E \cdot m |\gamma| \leftarrow E.$$

$$Ox: E \cdot m |\gamma| = m \frac{v_0^2}{R_{\text{эф}}} \rightarrow$$



$$v_0 = \sqrt{\frac{UR |\gamma|}{d}} = \sqrt{\frac{UR |\gamma|}{d}}$$

~~Запишем сил, действующие на частицу, для~~

~~второго случая:~~

2. Очевидно, что при пересечении средней плоскости скорости частицы будет такой же, как если бы она летела в конденсаторе  $\Rightarrow$

$$v_0^2 + \frac{F^2 t^2}{m^2} = v^2$$

$$\frac{UR |\gamma|}{d} + \frac{E^2 d^2 \gamma^2}{m^2 \cdot \frac{3}{4} d} = v^2$$

$$v = \frac{UR |\gamma|}{d} + \frac{4(E |\gamma|)^2}{3d} = \frac{UR}{d} \left( UR + \frac{4U^2 \gamma^2}{3d^2} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{UR}{d} \left( UR + \frac{4U^2 \gamma^2}{3d^2} \right)}$$

$$F = E \cdot m |\gamma| \quad t = a \sqrt{\frac{d-d/4}{a}} = \sqrt{\frac{(d-d/4)m}{F}} = \sqrt{\frac{3d}{4E |\gamma|}}$$



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!

