



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-02

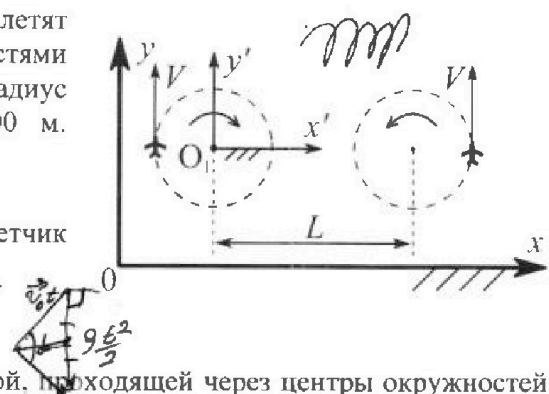
Handwritten signature



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/с².

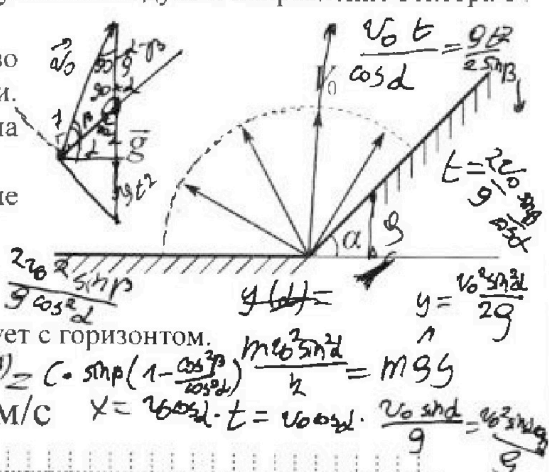
1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



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.

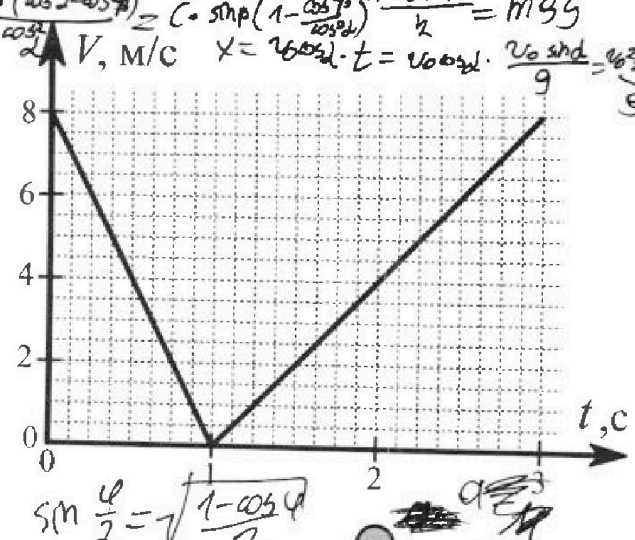
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

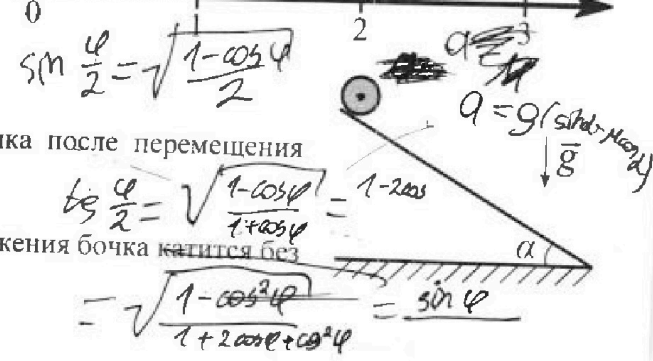
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут пайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – 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 μ 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?

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q + A = \Delta U$$

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

$$\begin{aligned} Q = \Delta U &= \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} = \\ &= \frac{3}{2} V_1 R_0 \gamma^2 + \frac{5}{2} V_2 R_0 \gamma^2 = \\ &= \frac{R_0 \gamma^2}{2} (3V_1 + 5V_2) \\ P = \cos \alpha \quad Q = \Delta U + A &= \frac{1}{2} P_0 V + P_0 V \end{aligned}$$

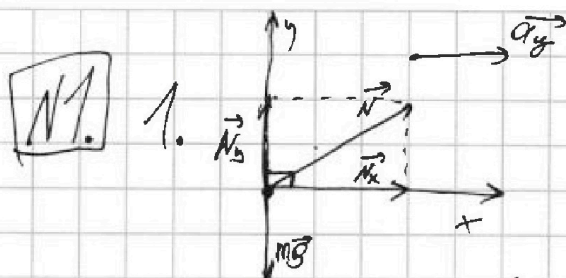


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 со стороны лётчика на крем.

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

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

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

$$(N^2 = N_x^2 + N_y^2, m \perp OK \perp OG)$$

Тогда: $OK: N_x = m a_y$

(Второй закон $OY: N_y - mg = 0$)

Ньютона в проекции на ось)

$\Leftrightarrow$

$$\begin{cases} N_x = m \frac{v^2}{R} \\ N_y = mg \end{cases}$$

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

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

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

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

$$= \sqrt{1 + \frac{160000}{10000}} = \sqrt{1,49}$$

2. Найдём ω - угловую скорость вращения $x'O_1y'$:
 $\omega = \frac{v}{R} = \frac{40 \frac{m}{s}}{100 \frac{m}} = 0,4 \frac{1}{s}$ - угл. скорость вращ. самолёта.

Управый самолёт вращается с ω по против часовой и на пересечении в CO с ω по часовой $\Rightarrow$ в этой CO $\omega_2 = 2\omega$ по-
тив часовой - угл. скорость второго самолёта.

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

$$|\vec{V}| = 2\omega r = 2v \cdot \frac{R+l}{R}, |\vec{V}| = 2 \cdot 40 \frac{m}{s} \cdot \frac{700m + 2100m}{700m} = 560 \frac{m}{s} \Rightarrow$$

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

Ответ: $k = \frac{P}{mg} = \sqrt{1,49}$, $|\vec{U}| = 600 \frac{m}{s}$; $\vec{U} \parallel O_1y'$



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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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!

N2.

1. Рассмотрим осколок, летевший на максимальное расстояние по горизонтали:

Реш. Введем систему координат XOY : $OX \parallel \vec{v}_0$, $OY \perp OX$, O - нач. п.л.

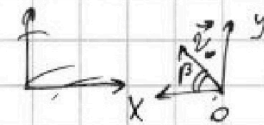
$$\begin{cases} OY: y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} OX: x(t) = v_0 \cos \beta t \end{cases}$$

β - угол броска

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

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



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

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

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

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

Введем систему координат $X'OY'$: $OX' \parallel$ нач. п.л., $OY' \perp OX'$, O - нач. п.л.

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

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

φ - угол броска

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

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

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

$$\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi - 2 \tan \alpha \sin \varphi \cos \varphi = 0 \quad \left| \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi} \right. \quad (\varphi \neq 90^\circ \text{ - не вл.}) \quad - \tan \alpha \cdot 2 \sin \varphi \cos \varphi = 0 \quad (\text{где макс})$$

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

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



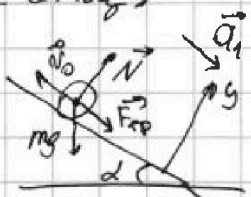
1 ☐ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

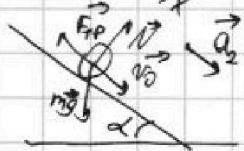
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

(N3.) 1. Из графика очевидно, что нач. скорость
сообщения, против направления склона ("вверх").

Запишем законы Ньютона для движения вверх
и вниз:



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



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

a_1 и a_2 найдем из графика, как ^{модуль} координатных
углов наклона отрезков на графике ($a = \frac{dv}{dt}$):

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

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

$$\rightarrow a_1 - g \sin \alpha = g \sin \alpha - a_2 \rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{(3+4) \frac{m}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = \frac{7}{20} = 0,35$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$0,6 = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

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!

$$E_{\text{вр}} = \frac{\gamma_0 \omega^2}{2} = \frac{\gamma_0 \cdot v^2}{2 R^2} = \frac{M R^2 v^2 (n+2)}{4 R^2} = \frac{M v^2 (n+2)}{4}$$

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

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

3СЭ: $M g \Delta h = E_k + |A_{\text{тр}}| = \frac{M v^2 (n+4)}{4} + F_{\text{тр}} \cdot L$
 $\Delta h = L \sin \alpha$, $F_{\text{тр}} = \mu M g \cos \alpha$ (ц.1):

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

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

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

$$v = 2 \sqrt{g L \frac{(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{n+4}} \quad \left(\begin{array}{l} a_1 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \\ \mu = \frac{a_1 - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{(8 - 9.8 \cdot 10) \frac{m}{c^2}}{9.8 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = \frac{8 - 98}{98} = 0.25 \text{ (ц.1)} \end{array} \right)$$

$$v = 2 \sqrt{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0.6 \cdot \frac{m}{c^2} \cdot \frac{9.8 - 9.8 \cdot 10}{2+4}} =$$

$$= 2 \sqrt{6 \cdot \frac{0.6 - 0.2}{6} \frac{m}{c^2}} = 2 \sqrt{0.4 \frac{m}{c^2}} =$$

$$= \frac{4}{\sqrt{10}} \frac{m}{c^2} = 0.4 \sqrt{10} \frac{m}{c^2}$$

3. 3СЭ: Для какого-то мамина ~~$M g \sin \alpha$~~ $M g \sin \alpha$

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

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

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

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

$$a = 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{2 (0.6 - 0.25 \cdot 10)}{2+4} = \frac{4}{3} \frac{m}{c^2} \approx 1.33 \frac{m}{c^2}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0.6$; $v = 0.4 \sqrt{10} \frac{m}{c^2}$; $a = \frac{4}{3} \frac{m}{c^2}$



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 азота

1. Ускоренный процесс: $\dot{Q} = |\dot{Q}_1| = |\dot{Q}_{He} + \dot{Q}_{N_2}| =$

$$Q = \frac{R |\ln 1|}{2} (3V_1 + 5V_2) = \frac{3}{2} V_1 R |\ln 1| + \frac{5}{2} V_2 R |\ln 1|$$

$\downarrow$

$$3V_1 + 5V_2 = \frac{2Q}{R |\ln 1|}$$

и начало термодинамики ($A=0$ $m.R |\ln 1|$)

Ускоренный процесс:

$$A - Q = -|\dot{Q}_2| = -\frac{R |\ln 2|}{2} (3V_1 + 5V_2) = -\frac{Q |\ln 2|}{|\ln 1|}$$

$$A_{\text{вн.}} = Q \frac{(\ln 2 - \ln 1)}{\ln 1}$$

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

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

$$= 280 \text{ Дж}$$

2. $C_p = \frac{Q}{|\ln 2|}$ $A - Q = -\frac{Q |\ln 2|}{|\ln 1|} \cdot \frac{1}{|\ln 2|}$

$$\frac{A}{|\ln 2|} - C_p = -\frac{Q}{|\ln 1|} \rightarrow C_p = \frac{Q}{|\ln 1|} + \frac{A}{|\ln 2|}$$

3. Требуется, что $C_p = C_{p1} + C_{p2}$ (C_{p1} - гелий, C_{p2} - азот)

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

$$= 25 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} + 14 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} =$$

$$= 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$V_1 = \frac{2Q}{3R |\ln 1|} - \frac{5}{3} V_2 = \frac{2Q}{3R |\ln 1|} - \frac{5}{3} \frac{C_p |\ln 1| - Q}{R |\ln 1|}$$

$$= \frac{7Q - 5C_p |\ln 1|}{3R |\ln 1|} = \frac{7 \cdot 780 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 312 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} - 780 \text{ Дж})}$$

$$= \frac{7 \cdot 780 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 312 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} - 780 \text{ Дж})} = \frac{7 \cdot 780 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 312 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} - 780 \text{ Дж})}$$

$$= \frac{7 \cdot 780 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 312 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} - 780 \text{ Дж})} = \frac{7 \cdot 780 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 312 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} - 780 \text{ Дж})}$$



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!

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{7Q - 5C_P(\Delta T_1)}{3(C_P(\Delta T_1) - Q)} = \frac{7 \cdot 780 \text{ Дж} - 5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К}}{3(39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К} - 780 \text{ Дж})} =$$

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

C_{P2} — теплоемкость азота
 C_{P1} — теплоемкость воздуха

3. Очевидно, что $C_P = C_{P1} + C_{P2} = \frac{3+2}{2} V_1 R + \frac{5+2}{2} V_2 R$

$$\begin{aligned} \frac{2C_P}{R} &= 5V_1 + 7V_2 \quad | \cdot 3 \\ \frac{2Q}{R(\Delta T_1)} &= 3V_1 + 5V_2 \quad | \cdot 5 \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$$

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

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{2Q}{3R(\Delta T_1)} - \frac{5}{3} V_2 = \frac{1}{3R(\Delta T_1)} \left(2Q - \frac{5(5Q - 3C_P(\Delta T_1))}{2} \right) = \\ &= \frac{15C_P(\Delta T_1) - 21Q}{6R(\Delta T_1)} = \frac{5C_P(\Delta T_1) - 7Q}{2R(\Delta T_1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} &= \frac{5C_P(\Delta T_1) - 7Q}{5Q - 3C_P(\Delta T_1)} = \frac{5 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К} - 7 \cdot 780 \text{ Дж}}{5 \cdot 780 \text{ Дж} - 3 \cdot 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 31,2 \text{ К}} = \\ &= \frac{5 \cdot 39 - 7 \cdot 25}{5 \cdot 25 - 3 \cdot 39} = \frac{195 - 175}{125 - 117} = \frac{20}{8} = \frac{5}{2} = 2,5 \end{aligned}$$

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

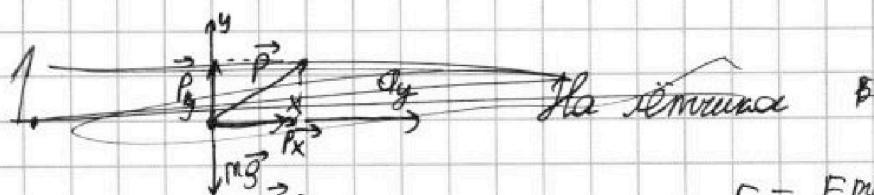


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$$v^2 = \frac{UR(r)}{d} + \frac{E^2 R^2 \alpha^2 \cdot 3d}{4E(r) m^2} =$$
$$= \frac{UR(r)}{d} + \frac{3E(r)d}{4} = \frac{3UR(r)}{4} + \frac{UR(r)}{d}$$

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

Ответ: $v_0 = \sqrt{\frac{UR(r)}{d}}$

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



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 $E = \frac{U}{d}$.

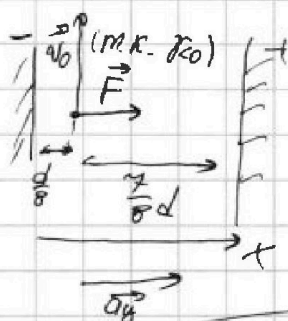
Запишем сил, действующие на частицу, для
первого случая:

$$\vec{a}_g = \frac{v_0^2}{R_{\text{кр}}}$$

$$\text{ОХ: } F = ma_g$$

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

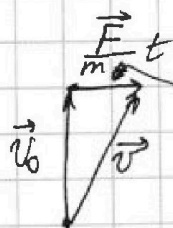
$$\text{ОХ: } E \cdot m|\gamma| = m \frac{v_0^2}{R_{\text{кр}}} \rightarrow$$



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

~~Запишем сил, действующие на частицу, для
второго случая:~~

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



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

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

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

$$F = E \cdot m|\gamma| \quad t = \frac{\sqrt{(\frac{d}{2} - \frac{d}{4}) \cdot 2}}{v} =$$

$$= \frac{\sqrt{(\frac{d}{4})m}}{F} =$$

$$= \sqrt{\frac{3d}{4E|\gamma|}}$$

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



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
__ 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!

