



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

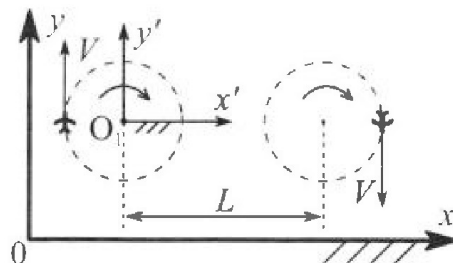
Вариант 10-04

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/с².

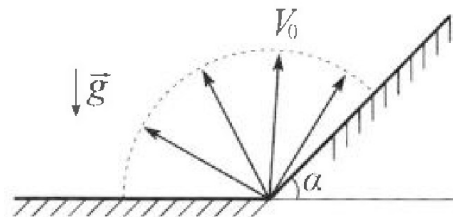
1. Определите отношение $\frac{N}{mg}$, здесь N – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



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.

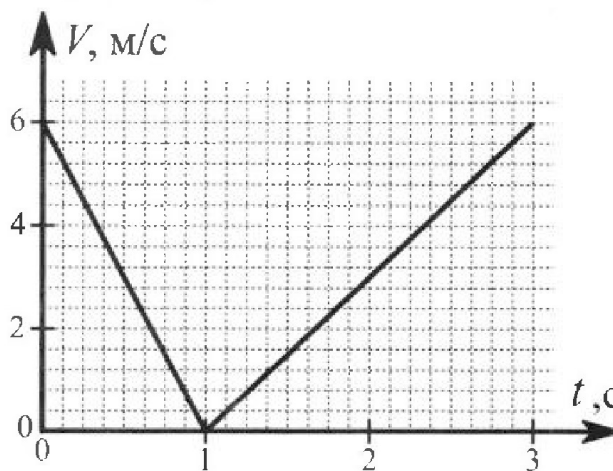
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

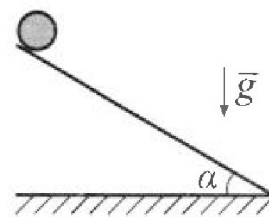
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/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 $n = 4$ 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 μ 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 1

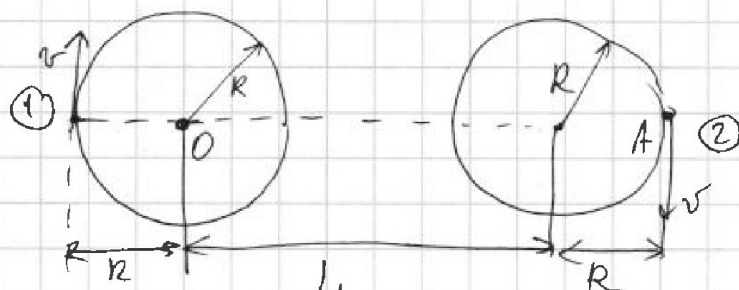
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №1

$$v = 100 \frac{m}{c}$$

$$R = 500 m$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$



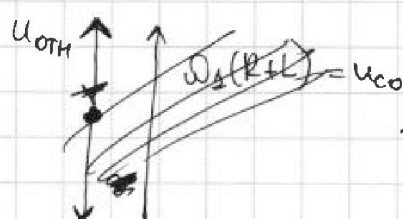
2) Найдем скорость (2) во вращ. со (1)го

$$\vec{u}_{adс} = \vec{u}_{отн} + \vec{u}_{со}$$

$$|\vec{u}_{отн}| = \omega_1 \cdot (R+L)$$

в точке A

ω_1 - угл. скорость вращ. 1го
 $R+L$ радиус до центра вращ.



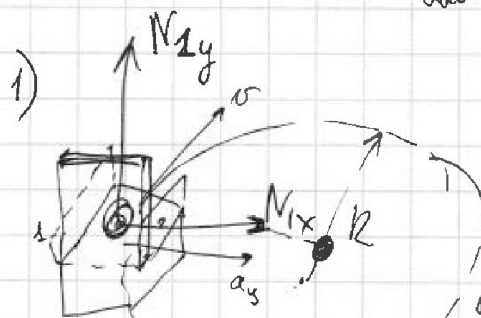
$$\omega_1 = \frac{v}{R} \text{ для 1-го (адс. со)}$$

$$|\vec{u}_{отн}| = \frac{\omega_1 (R+L)}{R} - v$$

$$|\vec{u}_{отн}| = \frac{v}{R} (R+L) - v$$

$$|\vec{u}_{отн}| = v + \frac{vL}{R} - v = \frac{vL}{R}$$

$$|\vec{u}_{отн}| = \frac{100 \cdot 1,25 \cdot 10^3}{500} = 250 \frac{m}{c}$$



Из-н Ньютона для человека по осб к центру окр-ти

$$N_{1x} = m a_y$$

$$Ox: N_{1x} = \frac{mv^2}{R}$$

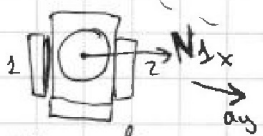
$$\frac{N_{1x}}{mg} = \frac{mv^2}{R \cdot mg} = \frac{v^2}{gR}$$

$$Oy: N_{1y} = mg \text{ (равновесие)}$$

$$N = \sqrt{mg^2 + \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2} = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$

$$k = \frac{N}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g} = \sqrt{1 + \frac{v^4}{g^2 R^2}}$$

$$= \sqrt{1 + \frac{100^4}{10^2 \cdot 500^2}} = \sqrt{5}$$



кренсо сверху
суммарная сила реакции





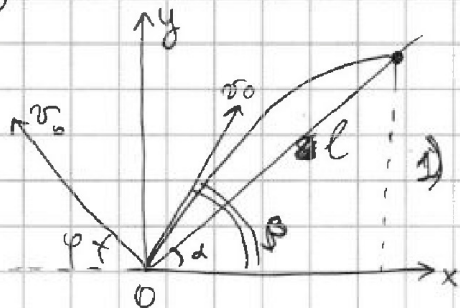
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача №2



$$\begin{aligned} T &= 5 \text{ c} \\ S &= 100 \text{ m} \\ g &= 10 \frac{\text{m}}{\text{c}^2} \end{aligned}$$

падение на горизонтальную пов-ть

Ох: ~~Время~~ время падения t

φ - угол встречи с горизонтом

L - горизонтальное перемещение

$$L = v_0 \cos \varphi t$$

$$\text{Оу: } 0 = v_0 \sin \varphi t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g}$$

$$L = \frac{v_0 \cos \varphi \cdot 2v_0 \sin \varphi}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\varphi)}{g}$$

$$L_{\max} \text{ при } \varphi = 45^\circ (\sin(2\varphi) = 1)$$

$$\text{Тогда } T = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g} = \frac{2v_0 \cdot \sin 45^\circ}{g}$$

$$2v_0 \sin 45^\circ = gT$$

$$v_0 = \frac{gT}{2 \sin 45^\circ} = \frac{gT}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = gT \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$v_0 = 10 \cdot 5 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = \frac{50\sqrt{2}}{2} = 25\sqrt{2}$$

$$\text{Ответ 1: } v_0 = 25\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

2) ~~уго~~ падение на наклонную плоскость

l - ~~перемещение~~ перемещение по накл. пл-ти

β - угол встречи с горизонтом
уг-е движения:

$$\text{Ох: } \begin{aligned} l \sin \alpha &= v_0 \cos \beta t \\ l \cos \alpha &= v_0 \sin \beta t \end{aligned}$$

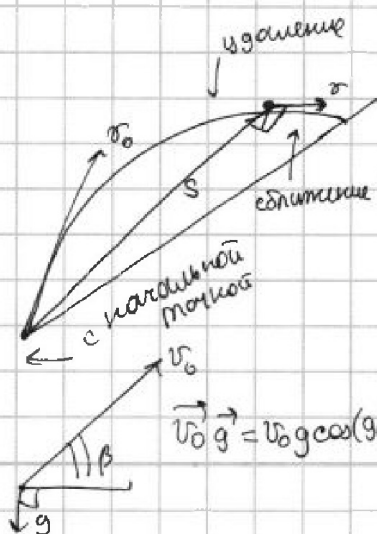
$$\text{Оу: } l \sin \alpha = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

Возразим t и подставим

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

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

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



максимальное перемещение во время полета

S достигается в момент, когда $\vec{S} \cdot \vec{v} = 0$

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \vec{g} \frac{t^2}{2} \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g} t \quad (\text{скалярно})$$

$$(\vec{v}_0 t + \vec{g} \frac{t^2}{2}) \cdot (\vec{v}_0 + \vec{g} t) = 0$$

$$v_0^2 t + \vec{v}_0 \cdot \vec{g} \cdot t^2 + \vec{v}_0 \cdot \vec{g} \cdot \frac{t^3}{2} + \frac{g^2 t^3}{2} = 0 \quad | : t$$

$$v_0^2 + \vec{v}_0 \cdot \vec{g} \cdot t + \vec{v}_0 \cdot \vec{g} \cdot \frac{t^2}{2} + \frac{g^2 t^2}{2} = 0$$

$$v_0^2 + (-v_0 g \sin \beta) t + \frac{1}{2} (-v_0 g \sin \beta) \cdot t + \frac{g^2 t^2}{2} = 0$$

$$v_0^2 - \frac{3}{2} v_0 g \sin \beta t + \frac{g^2 t^2}{2} = 0$$



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!

t — время всего полёта

$$t = \frac{l \cos \alpha}{v_0 \cos \beta}$$

$$v_0^2 - \frac{3}{2} g \sin \beta \cdot \frac{l \cos \alpha}{v_0 \cos \beta} + \frac{g^2}{2} \cdot \frac{l^2 \cos^2 \alpha}{v_0^2 \cos^2 \beta} = 0$$

$$v_0^2 - \frac{3}{2} g \tan \beta l \cos \alpha + \frac{g^2 l^2 \cos^2 \alpha}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = 0$$

$$\frac{g^2 \cos^2 \alpha}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} l^2 - \frac{3}{2} g \tan \beta \cos \alpha l + v_0^2 = 0$$

$$D = \frac{9}{4} g^2 \tan^2 \beta \cos^2 \alpha - 4 v_0^2 \cdot \frac{g^2 \cos^2 \alpha}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = \frac{9}{4} g^2 \tan^2 \beta \cos^2 \alpha$$

$$- 2 g^2 \cos^2 \alpha (\tan^2 \beta + 1) = \frac{1}{4} g^2 \tan^2 \beta \cos^2 \alpha - 2 g^2 \cos^2 \alpha$$

$$l_{1,2} = \frac{\frac{3}{2} g \tan \beta \cos \alpha \pm \sqrt{\frac{1}{4} g^2 \tan^2 \beta \cos^2 \alpha - 2 g^2 \cos^2 \alpha}}{\frac{g^2 \cos^2 \alpha}{v_0^2 \cos^2 \beta}}$$

~~дл~~ при $\tan \beta = 1$ MAX $\beta = \frac{\pi}{4}$

$$l \cos \alpha = v_0 \cos \beta t \rightarrow \cos \alpha = \frac{v_0 \cos \beta t}{l} = v_0 \cos 45^\circ$$

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

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

$$\sin \alpha = \tan \beta \cos \alpha - \frac{g}{2} \frac{l^2 \cos^2 \alpha}{v_0^2} (\tan^2 \beta + 1)$$

$$\tan \beta = 1 \quad l = S$$

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

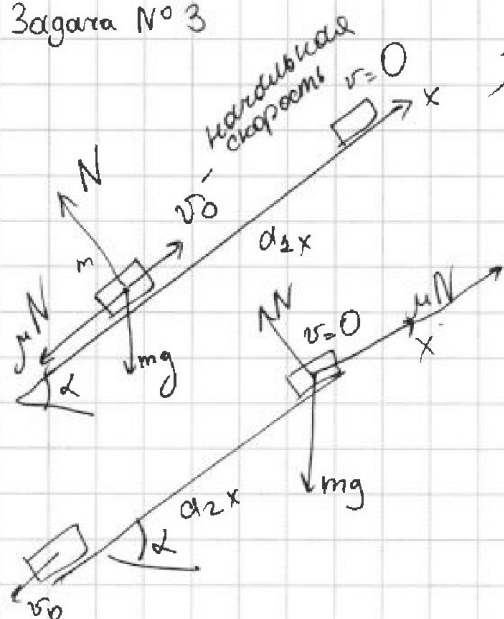


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
1 из 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!

Задача №3



1) Из-н Ньютона для шара

$$\text{вверх: } m a_{1x} = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$\text{вниз: } m a_{2x} = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a_{1x} = -g \sin \alpha - g \cdot \mu \cdot \cos \alpha$$

$$a_{2x} = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$$

$$\text{вверх: } 0 = v_0 + a_{1x} t_1 \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$\text{ок: } v_x = 0 = v_{0x} + a_{1x} t_1$$

$$0 = v_0 + (-g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) t_1$$

$$v_0 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t_1 \quad (1)$$

$$t_1 = 1 \text{ с} \quad \text{время до остановки}$$

$$v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (\text{из графика})$$

t_2 от верхней точки до момента, когда разогнётся до v_0

$$t_2 = 2 \text{ с} \quad \text{из графика}$$

$$\text{вниз: } -v_0 = 0 + a_{2x} t_2$$

$$-v_0 = (\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha) t_2$$

$$v_0 = (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) t_2 \quad (2)$$

$$\text{из } (1) \text{ и } (2) \quad \mu g \cos \alpha = \frac{v_0}{t_1} - g \sin \alpha$$

$$v_0 = (g \sin \alpha - \frac{v_0}{t_1} + g \sin \alpha) t_2$$

$$v_0 = (2g \sin \alpha - \frac{v_0}{t_1}) t_2$$

$$v_0 = 2g \sin \alpha t_2 - v_0 \frac{t_2}{t_1}$$

$$\sin \alpha = \frac{v_0(1 + \frac{t_2}{t_1})}{2g t_2} = \frac{6 \cdot (1 + \frac{2}{1})}{2 \cdot 10 \cdot 2} = \frac{3}{10}$$



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!

2.

пусть M - масса бочки
тогда масса воды $n \cdot M = 4M$
 $v - ?$
 $h = 1,5 \text{ м}$
По теореме
Найдем кинетическую энергию системы воды + бочки

Спуск на h

Кин. уровень E_n $5Mg$

$E_k = E_k' + \frac{mv_0^2}{2}$ (по теореме Кёнига)

E_k' - в со центра масс $\frac{mv_0^2}{2}$ - кин. энергия центра масс
(будем считать, что свои воды не вращаются, т.е. изменяется только Епотенциальной воды)
точки на обode вращаются
масса M

$E_k' = \frac{Mv^2}{2}$ и при-я нет $\Rightarrow$ точки на обode вращ. со скоростью v

$E_{\text{центра масс}} = \frac{5M \cdot v^2}{2}$

$\Rightarrow E_k = \frac{Mv^2}{2} + \frac{5Mv^2}{2} = 3Mv^2$

ЗСЭ: для системы вода+бочка $\sum \Delta E_{\text{кин}} + \sum \Delta E_{\text{п}} = A_{\text{внеш}}$

$(3Mv^2 - 0) + (0 - 5Mgh) = A_{\text{тр}} + A_N = 0$

$3Mv^2 = 5Mgh \Rightarrow v = \sqrt{\frac{5gh}{3}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $v_{\text{точки кас}} = 0$ (праскальз. кот)

3. IIз-н Ньютона для системы

$Ox: 5Ma_x = 5Mg \sin \alpha - \mu N \Rightarrow a_x = \frac{5Mg \sin \alpha - \mu 5Mg \cos \alpha}{5M}$

$Oy: N = 5Mg \cos \alpha$

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



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

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 1 из 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!

$$Q = 2320 \text{ Дж}$$

$$|\Delta T_1| = 58 \text{ К}$$

$$|\Delta T_2| = 40 \text{ К}$$

$$V = \text{const}$$

$$p = \text{const}$$

① Изв. термодинам:

$$1: -Q = \Delta U_1 + A_1 = 0 \quad (V = \text{const})$$

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

$$Q = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R \Delta T_1$$

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{Авнеш} - ? \\ C_p - ? \\ \frac{N_1}{N_2} - ? \end{array} \right\}$$

$$2: Q = \Delta U_2 + A_2$$

$$-Q = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R (-\Delta T_2) + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R (-\Delta T_2) + A_{\text{газа}}$$

$$A_{\text{газа}} = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R \Delta T_2 - Q$$

$$A_{\text{внеш}} = -A_{\text{газа}} = Q - \left(\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R \Delta T_2 \right)$$

$$A_{\text{внеш}} = Q - \frac{Q}{\Delta T_1} \Delta T_2 = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = Q \left(1 - \frac{40}{58} \right) \Rightarrow$$

$$A_{\text{внеш}} = \frac{18}{58} Q = \frac{9}{29} Q = \frac{9}{29} \cdot 2320 \text{ Дж} = 720 \text{ Дж}$$

②

$$C_p = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R + p \frac{dV}{dT}$$

$$\left. \begin{array}{l} pV = \nu R T \\ p dV + V dp = \nu R dT \end{array} \right\} \text{уравнение состояния (смесь)}$$

$$p \frac{dV}{dT} = \nu R \quad (\text{изobarн. пр-с})$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R + (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{N}_2}) R$$

$$C_p = \frac{5}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{7}{2} \nu_{\text{N}_2} R$$

$$C_p = \text{const} \Rightarrow C_p = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{-Q}{-\Delta T_2} = \frac{2320}{40} = 58 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

③

$$\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R = \frac{Q}{\Delta T_1} \quad | \cdot 5$$

$$\frac{5}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{7}{2} \nu_{\text{N}_2} R = C_p \quad | \cdot 3$$

$$\frac{15}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{25}{2} \nu_{\text{N}_2} R = \frac{5Q}{\Delta T_1} \quad | \Rightarrow$$

$$\frac{15}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{21}{2} \nu_{\text{N}_2} R = 3C_p$$

$$\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{N}_2}} = \frac{5 \cdot 2,831}{26} = \frac{5,8,31}{13}$$

$$\frac{4}{2} \nu_{\text{N}_2} R = \frac{5Q}{\Delta T_1} - 3C_p$$

$$2 \nu_{\text{N}_2} R = \frac{5Q}{\Delta T_1} - 3C_p \Rightarrow \nu_{\text{N}_2} = \frac{26}{8,31 \cdot 2} \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{He}} = \left(\frac{Q}{\Delta T_1} - \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R \right) \cdot \frac{2}{3} = 5 \text{ моль}$$



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

$\odot, U, d, v_0, \frac{3}{8}d, R$
 $t = \frac{q}{m} - ?$
 $R_{up} = R$

$\Pi 3\text{-й Ньютон}$
 $0x: m a_y = F_1 + F_2$
 $m \frac{v_0^2}{R_{up}} = F_1 + F_2$
 $m \frac{v_0^2}{R} = F_1 + F_2$

по оси Ox $\sum F_x = 0$
 $m v_{0x} = m v_x$

$v_y = v_{0y} + a_y t$
 $a_y = \text{const} = \frac{v_0^2}{R}$
 $\Pi 3\text{-го закона Ньютона}$

$v_y = 0 + \frac{v_0^2}{R} t$; ур-е движения
 $0y: \frac{d}{2} - \frac{3}{8}d = \frac{v_y^2 - 0^2}{2 \cdot a_y}$
 $\frac{4d}{8} - \frac{3d}{8} = \frac{v_y^2 \cdot R}{2 v_0^2}$
 $\frac{d}{8} = \frac{v_y^2 R}{2 v_0^2}$
 $v_y^2 = \frac{2 v_0^2 d}{8R} = \frac{v_0^2 d}{4R}$

$v^2 = v_y^2 + v_x^2$
 $v = \sqrt{\frac{v_0^2 d}{4R} + v_0^2}$
 $v = v_0 \sqrt{\frac{d}{4R} + 1}$
 $\frac{m v_0^2}{R} = \frac{q \cdot U}{d} + \frac{q \cdot U}{d}$
 $\frac{v_0^2}{R} = \frac{2 q U}{m d} = \frac{24}{d} \cdot \gamma$
 $t = \frac{v_0^2 d}{24 R}$

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!

$$2v_0^2 \cos$$

$$2v_0^2 (\cos d \cos 2\beta + \sin d \sin 2\beta) = 0$$

$$\cos d \cos 2\beta + \sin d \sin 2\beta = 0$$

$$2\beta = x$$

$$\cos d \cos x + \sin d \sin x = 0$$

$$\cos(d-x) = 0$$

$$\cos(d-2\beta) = 0$$

$$d-2\beta = 0$$

$$d = 2\beta$$

$$\beta = \frac{d}{2}$$

$$\sin d =$$

$$S = \frac{(\tan \beta \cos d - \sin d) 2v_0^2}{g \cos^2 d (\tan^2 \beta + 1)}$$

$$\vec{S} \cdot \vec{v} = 0$$

$$(\vec{v}_0 + \vec{g}t) \cdot (\vec{v}_0 + \vec{g}t) = 0$$

$$\vec{v}_0 \cdot \vec{v}_0 \cdot t + \vec{v}_0 \cdot \vec{g} \cdot t^2 + \frac{\vec{g} \cdot \vec{v}_0 \cdot t^2}{2} + \frac{\vec{g} \cdot \vec{g} \cdot t^3}{2} = 0$$

$$v_0^2 + \vec{v}_0 \cdot \vec{g} t + \frac{\vec{g} \cdot \vec{v}_0 t}{2} + \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$v_0^2 + (-v_0 g \sin \beta t) + (v_0 g \sin \beta) \cdot \frac{t}{2} + \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$\frac{130}{83} = 1.56$$

$$C_p = \frac{1}{2} \rho_{he} R + \frac{1}{2} \rho_{N_2} R + \rho_{he} \frac{dV}{dT} + \rho_{N_2} \frac{dV}{dT}$$

$$= \frac{1}{2} \rho_{he} R + \frac{1}{2} \rho_{N_2} R + \rho_{he} R + \rho_{N_2} R$$

$$\frac{3}{2} \rho_{he} R = \frac{8}{\Delta T_1} - \frac{5}{2} \rho_{N_2} R$$

$$\frac{8}{\Delta T_1} = \frac{5}{2} (\rho_{N_2} R) \Delta T_2 + \frac{5}{2} \rho_{N_2} R \Delta T_2$$

$$\frac{5 \cdot 23 \cdot 20}{58} = 200$$

$$\frac{2320}{232} = \frac{58}{40}$$

$$3 \cdot 58 \quad 2320 \div \frac{58}{40}$$

$$\left(40 - \frac{5}{2} \cdot 13\right) \cdot \frac{2}{3} = \left(40 - \frac{65}{2}\right) \cdot \frac{2}{3} = \frac{80}{3} - \frac{65}{3} = \frac{15}{3} = 5$$

$$pV = QRT$$

$$pdV + Vdp = QRT$$

$$pdV = QRTdT$$

$$\frac{dV}{dT} = \frac{QR}{P}$$

$$\frac{26}{16.6} = \frac{13}{8.3}$$

$$pdV = (\rho_{he} + \rho_{N_2}) R$$

$$\frac{26}{2 \cdot 8.31} = \frac{26}{16.6}$$

$$8.3 \cdot 2 = 16.6$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

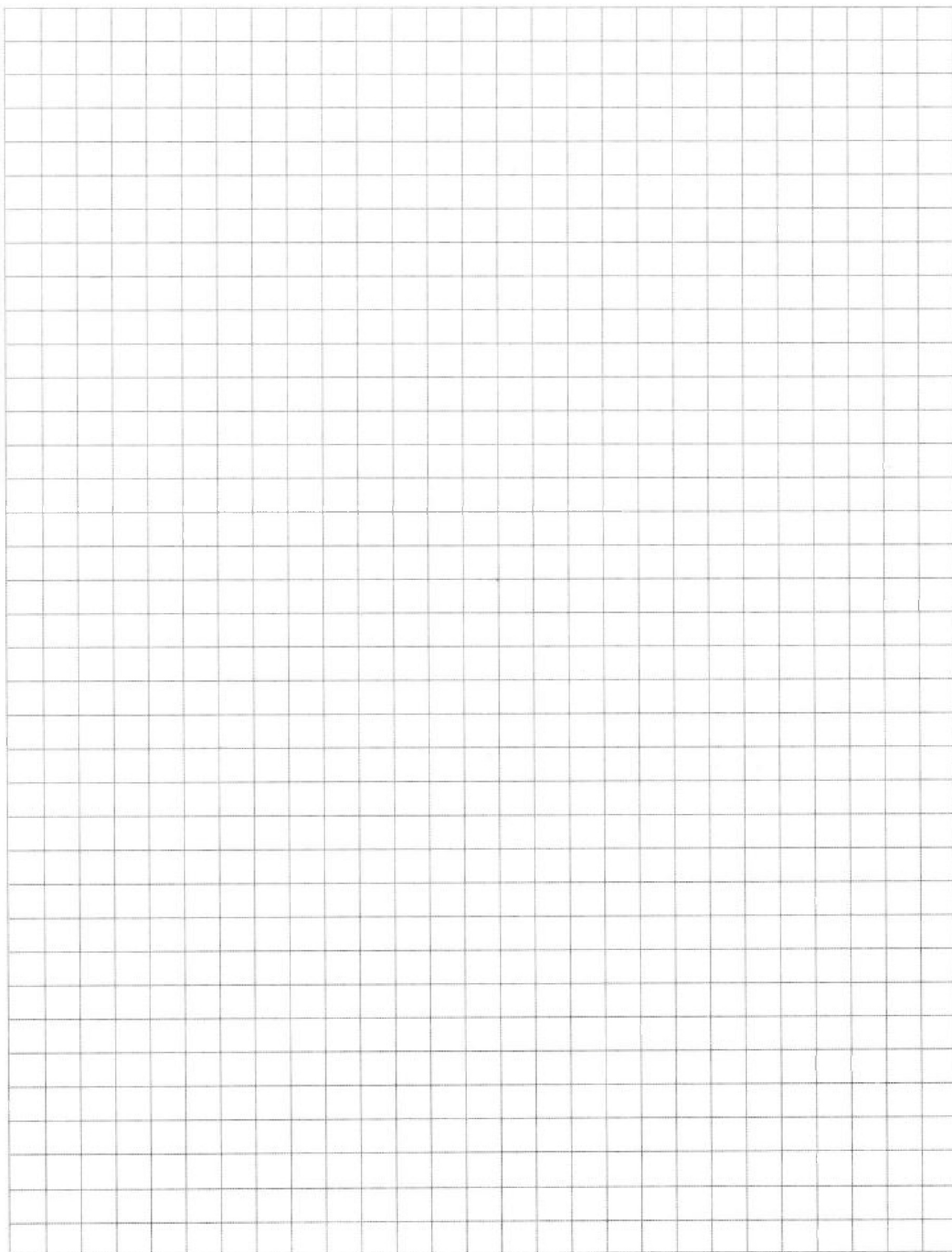
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!



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

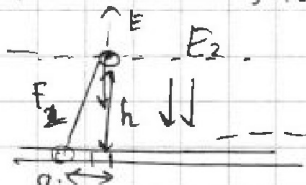
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$100 + \frac{10000}{5}$$

$$10^2 + \frac{10^8}{500 \cdot 500} = 10^2 + \frac{10^8}{25 \cdot 10^4} = 10^2 + \frac{10^4}{25}$$

$$10^2 + \frac{100 \cdot 10^2}{25} = 10^2 + 4 \cdot 10^2 = 5 \cdot 10^2$$

$$\sqrt{5 \cdot 10^2} = \sqrt{5} \cdot 10$$



$$F_2 = \frac{kq \cdot \Delta q}{h^2}$$

$$F_i = \frac{kq \cdot q_i}{(h^2 + x_i^2)^{3/2}} = \frac{kq q_i}{h^2 + x_i^2}$$

$$E = \frac{b}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{kn}{m}$$

$$F_2 = \frac{k\Delta q}{h^2}$$

$$F_3 = \frac{k\Delta q}{(d-h)^2}$$

$$\sum F_i = \sum \frac{kq q_i}{h^2 + x_i^2}$$

$$E = \frac{b}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{b}{2\epsilon_0} + \frac{b}{2\epsilon_0} = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$\frac{b}{\epsilon_0} = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$b = \frac{U}{d}$$

$$\frac{B}{m} = E$$

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} + W' - W_0 = 0$$

$$\frac{U}{d} = \frac{B}{m} = E = \frac{b}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{2U}{d} = \frac{b}{\epsilon_0}$$

$$\frac{2U}{d} = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$\gamma = \frac{q}{m}$$

$$F = \frac{kq\phi}{r^2}$$

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

$$E = \frac{b}{2\epsilon_0} = \frac{U}{d}$$

$$F = qE = q \frac{U}{d}$$



1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

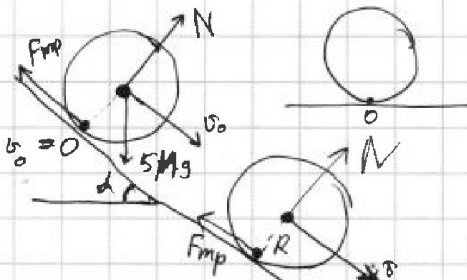
5
☐

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!



$$5Ma = 5Mg \sin \alpha - \mu N$$

$$N = 5Mg \cos \alpha$$

$$5Ma = 5Mg \sin \alpha - \mu 5Mg \cos \alpha$$

$$5a = 5g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$\frac{M\omega^2}{2} = E'$$

$$E = \frac{4Mv^2}{2} + \frac{J\omega'^2}{2} \quad y = \frac{MR^2}{2}$$

$$E_{\text{конец}} = 2Mv^2 + \frac{MR^2 \cdot v^2}{R^2} = 2Mv^2 + \frac{Mv^2}{2}$$

$$E_{\text{конец}} = \frac{5}{2} Mv^2 = Mgh$$

$$\frac{v^2}{2} = gh$$

$$v = \sqrt{10gh}$$

$$\frac{5}{2} v^2 = gh$$

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{5}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 2}{5}} = \sqrt{24} = 2\sqrt{6} \frac{m}{c}$$

$$\sqrt{10 \cdot 10 \cdot \frac{3}{2}} = \sqrt{50 \cdot 3} = \sqrt{150} \frac{m}{c}$$

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

$$s \cos \alpha = v_0 \cos \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$s \sin \alpha = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

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

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

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

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

$$\frac{g \cos^2 \alpha (\tan^2 \beta + 1)}{2 v_0^2} s = \tan \beta \cos \alpha - \sin \alpha$$

$$s = \frac{(\tan \beta \cos \alpha - \sin \alpha) 2 v_0^2}{g \cos^2 \alpha (\tan^2 \beta + 1)} = \frac{\left(\frac{\sin \beta}{\cos \beta} \cos \alpha - \sin \alpha \right) 2 v_0^2 \cdot \cos^2 \beta}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2 v_0^2 \cos \alpha \cdot \sin \beta \cos \beta - 2 v_0^2 \sin \alpha \cos^2 \beta}{g \cos^2 \alpha}$$

$$- 2 v_0^2 \sin \alpha \cos^2 \beta$$

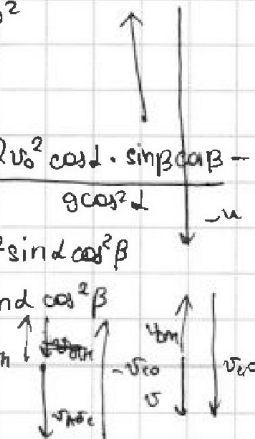
$$k = 2 v_0^2 \cos \alpha \sin \beta \cos \beta - 2 v_0^2 \sin \alpha \cos^2 \beta$$

$$k = v_0^2 \cos \alpha \cdot \sin(2\beta) - 2 v_0^2 \sin \alpha \cos^2 \beta$$

$$\frac{dk}{d\beta} = v_0^2 \cos \alpha \cdot \cos 2\beta \cdot 2 - 2 v_0^2 \sin \alpha \cdot 2 \cos \beta \cdot (-\sin \beta) = 0$$

$$2 v_0^2 \cos \alpha \cos 2\beta + 2 v_0^2 \sin \alpha \cdot 2 \cos \beta \sin \beta = 0$$

$$2 v_0^2 \cos \alpha \cos 2\beta + 2 v_0^2 \sin \alpha \sin(2\beta) = 0$$



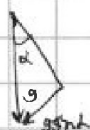
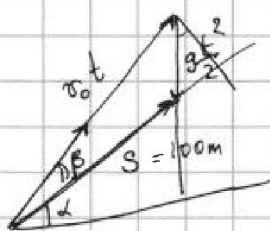


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

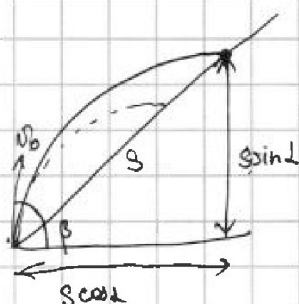
СТРАНИЦА
из

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!



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

$$6 \cdot 1 + \frac{12}{2 \cdot 10 \cdot 2} = \frac{6}{20}$$



$$s \cos \alpha = v_0 \cos \beta t$$

$$t = \frac{s \cos \alpha}{v_0 \cos \beta}$$

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

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

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

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

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

$$s (\tan \beta)$$

$$\left(\tan \beta \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} + \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} \right) s$$

$$\left(\frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} + \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} \tan^2 \beta \right) s = \cos \alpha \tan \beta \sin \alpha$$

$$s = \frac{\cos \alpha \tan \beta - \sin \alpha}{\frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} + \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} \tan^2 \beta}$$

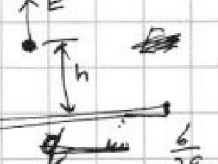
$$s = \frac{\cos \alpha \cdot \tan \beta - \sin \alpha}{\left(\frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} + \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} \right) \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} (1 + \tan^2 \beta)}$$

$$s = \frac{\cos \alpha \tan \beta - \sin \alpha}{\frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta}} = \frac{(\cos \alpha \tan \beta - \sin \alpha) \cdot 2 v_0^2 \cos^2 \beta}{g \cos^2 \alpha}$$

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

$$2 v_0^2 \cos \alpha \sin \beta \cos \beta - 2 v_0^2 \cos^2 \beta \sin \alpha$$

$$pV = nRT$$
$$p dV + V dp = nR dT$$



$$C_p = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU + \delta A}{dT} = \frac{C}{2} nR + \frac{p dV}{dT}$$

$$C_p = C_{ve} + C_{N_2} = \frac{3}{2} nR + p$$

$$N_0 11$$

$$C_p = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{-Q}{-\Delta T_2} = \frac{-2320 \text{ Дж}}{40 \text{ К}} = 58 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$C_p = \frac{dU + \delta A}{dT} = \frac{1}{2} nR + \frac{1}{2} nR + p \frac{dV}{dT}$$

$$\begin{array}{r} 2320 \\ 200 \\ \hline 320 \\ 320 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$N^0 3$$

$$\frac{N_1}{N_2}$$

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
☐

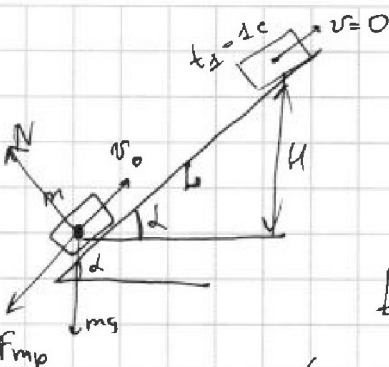
5
☐

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!



$$(0 - \frac{mv_0^2}{2}) + (mgL \sin \alpha - 0) = -\mu mg \cos \alpha L$$

$$-\frac{mv_0^2}{2} + mgL \sin \alpha = -\mu mg \cos \alpha L$$

$$-\frac{v_0^2}{2} + gL \sin \alpha = -\mu g \cos \alpha L$$

$$-v_0^2 + 2gL \sin \alpha = -2\mu g \cos \alpha L$$

$$m a_x = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

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

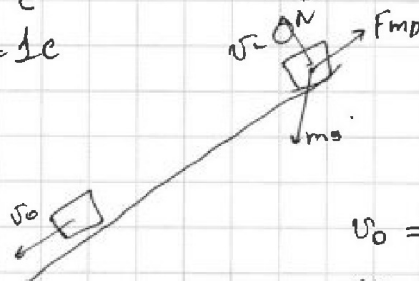
$$0 = v_0 - a_x t_1$$

$$v_0 = 6 \frac{m}{c}$$

$$t_1 = 1c$$

$$a_x t_1 = v_0$$

$$(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1 = v_0$$



$$a_{2x} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$m a_{2x} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$v_0 = 0 + a_{2x} t_2$$

$$v_0 = \mu g (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) t_2$$

$$g \sin \alpha t_2 - \mu g \cos \alpha t_2 = g \sin \alpha t_1 + \mu g \cos \alpha t_1$$

$$\frac{5 \cdot 10 \cdot 8}{2 \cdot 8} = 5$$

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = \frac{v_0}{t_2}$$

$$\mu g \cos \alpha = g \sin \alpha - \frac{v_0}{t_2}$$

$$(g \sin \alpha + g \sin \alpha - \frac{v_0}{t_2}) t_1 = v_0$$

$$(2g \sin \alpha - \frac{v_0}{t_2}) t_1 = \frac{v_0}{t_1}$$

$$2g \sin \alpha = \frac{v_0}{t_1} + \frac{v_0}{t_2} = \frac{6}{1} + \frac{6}{2} = 6 + 3 = 9$$

$$\sin \alpha = \frac{9}{2 \cdot 10} = \frac{9}{20}$$

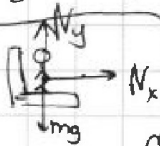
$$\frac{5 \omega^2}{2} = 8$$

$$E_{kin} = E_{kin}' + \frac{M v_c^2}{2}$$

$$E_{kin} - 0 =$$

$$R = 500 m$$

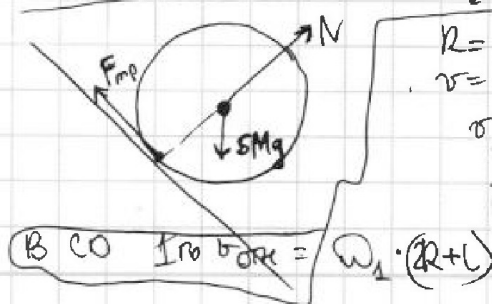
$$v = 100 \frac{m}{c}$$



$$E_{kin} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$a_x = \frac{v^2}{R}$$



$$\omega_1 \cdot (R + L)$$

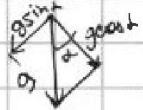
$$\omega_1 = \frac{v}{R}$$

$$\omega = 2\omega + \frac{v}{R}$$

$$-\omega_1 (2R + L)$$

$$-\frac{\omega^2}{R} (2R + L)$$

$$v = -2v - \frac{vL}{R}$$

ω_2 
 $T = 5\text{c}$ ω_{rotation}
 $S = 100\text{m}$
 $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{c}^2}$
 $0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$
 $T = \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g}$
 $2v_0 \sin 45^\circ = gT$
 $x = y = v_0 \cos \beta t - \frac{gt^2}{2}$
 $\cos \beta = 0$
 $S = \dots$
 $S \sin \alpha = H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$
 $S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
 $S = v_0 t - g \sin \alpha$
 $\text{He } \text{N}_2$ $\theta = 2320 \text{ Дж}$
 $V = \text{const}$
 $|\Delta P_1| = 58 \text{ к}$
 $p = \text{const}$
 $\Delta P_2 = 40 \text{ к}$
 $-Q = \Delta U_1 = -\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta P_1 + \left(-\frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R \Delta P_2\right) + 0$
 $-Q = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta P_1 + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R \Delta P_2 = -A_{\text{внеш}} = \left(\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R\right) \Delta P_1$
 $-Q = \Delta U_2 + A_{\text{газов}} \text{ над поршнем}$
 $A_{\text{газ}} = -Q - \Delta U_2$
 $A_{\text{внеш}} = -(-Q - \Delta U_2) = Q + \Delta U_2 = Q + \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R (-\Delta P_2) + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R (-\Delta P_2) =$
 $= Q - \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta P_2 - \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R \Delta P_2 = Q - \Delta P_2 \left(\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R\right) =$
 $= Q - \Delta P_2 \cdot \frac{Q}{\Delta P_1} = Q - \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} Q = Q \left(1 - \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}\right) = Q \left(1 - \frac{40}{58}\right) =$
 $= Q \cdot \frac{58-40}{58} = \frac{18}{58} Q = \frac{9}{29} Q = \frac{9}{29} \cdot 2320 = 80 \cdot 9 = 720 \text{ Дж}$
 $\frac{2320 \cdot 129}{232 \cdot 180}$
 $C_p = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU + dA}{dT} = \frac{C_V R + p dV}{dT}$
 $C_p = C_{\text{He}} + C_{\text{N}_2}$
 $C_p = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T_2} = \dots$