



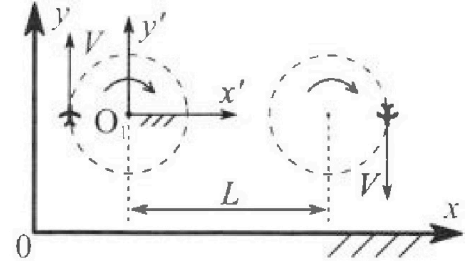
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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 самолёт,  $R = 500$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

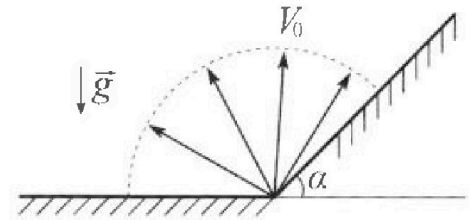


1. Определите отношение  $\frac{N}{mg}$ , здесь  $N$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.

В некоторый момент времени с самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L = 1,25$  км. Вектор скорости каждого самолёта показан на рис.

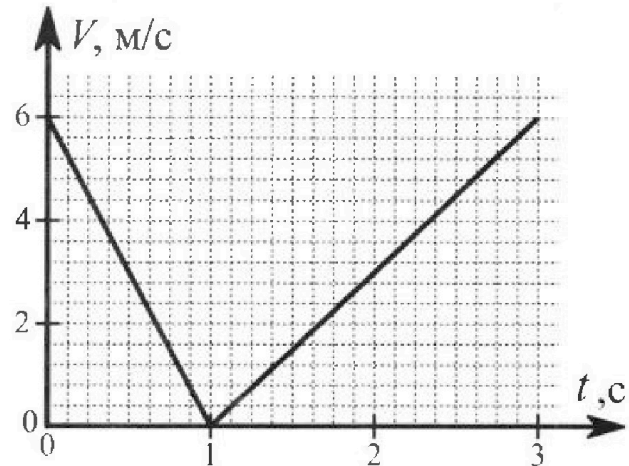
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Продолжительность полета осколка, упавшего на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, равна  $T = 5$  с, максимальное перемещение за время полета осколка, упавшего на склон, равно  $S = 100$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



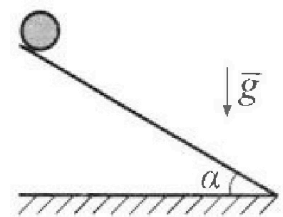
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в  $n = 4$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения по вертикали на  $h = 1,5$  м?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 2320$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 58$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 40$  К.

1. Найдите работу  $A$  внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_p$  смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_1}{N_2}$  числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

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

5. Отрицательно заряженная частица движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется скоростью  $V_0$  параллельно обкладкам на расстоянии  $\frac{3}{8}d$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в малой окрестности рассматриваемой точки равен  $R$ .

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

Через некоторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется в этот момент частица?

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



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 1

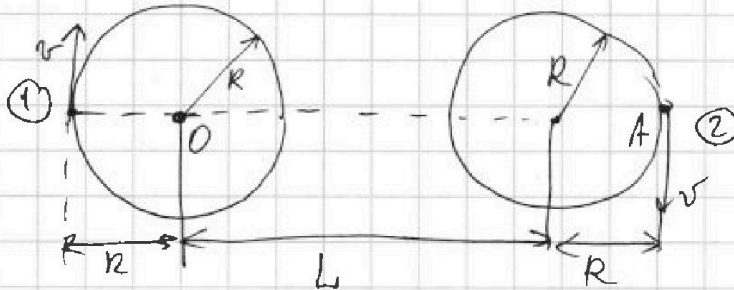
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

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

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

в точке A

$\omega_1$  - угл. скорость вращ. 1го  
 $R+L$  радиусы  $DA = R+L$  до центра вращ.



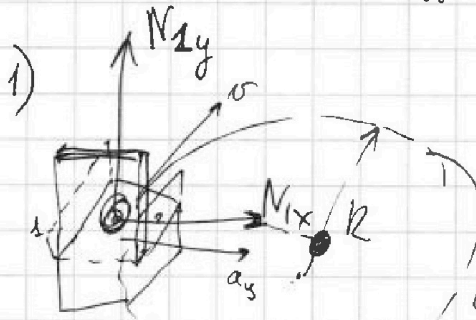
$$\omega_1 = \frac{v}{R} \text{ для 1-го (abc. со)}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

$$k = \frac{N}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g} = \frac{\sqrt{100 + \frac{100^4}{500^2}}}{10} = \sqrt{5}$$

кресло сверху  
суммарная сила реакции





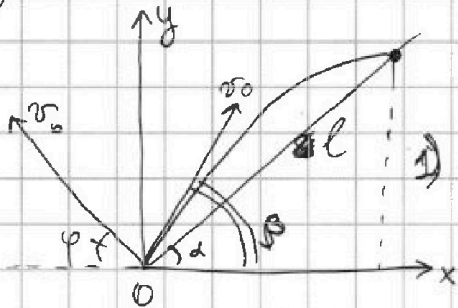
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$\begin{aligned} \Gamma &= 5c \\ S &= 100 \text{ м} \\ g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \end{aligned}$$

падение на горизонтальную пов-ть

Оx: ~~time~~ время падения  $t$

$\varphi$  - угол встречи с горизонтом

$L$  - горизонтальное перемещение

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

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

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

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

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

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

$$2v_0 \sin 45^\circ = g \Gamma$$

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

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

$$\text{Ответ 1: } v_0 = 25\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) угол падения на наклонную плоскость

$l$  - перемещение по накл. пл-ти

$\beta$  - угол встречи с горизонтом  
уп-е движения:

$$Ox: l \sin \alpha = v_0 \cos \beta t$$

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

Возвратим  $t$  и подставим

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

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

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

максимальное перемещение во время полета

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

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

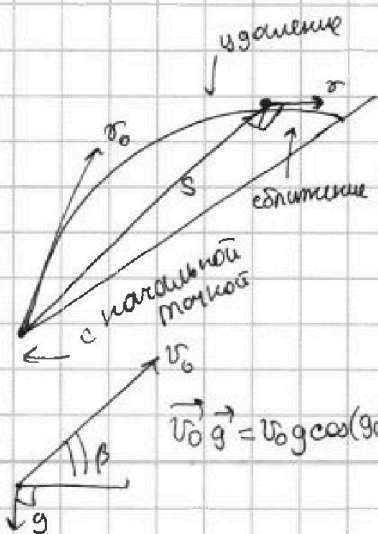
$$(\vec{v}_0 t + \vec{g} \frac{t^2}{2}) \cdot (\vec{v}_0 + \vec{g} t) = 0$$

$$v_0^2 t + \vec{v}_0 \vec{g} \cdot t^2 + \vec{v}_0 \vec{g} \cdot \frac{t^3}{2} + g^2 \frac{t^4}{2} = 0 \quad | : t$$

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

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

$$\vec{v}_0 \vec{g} = v_0 g \cos(90^\circ + \beta) \quad v_0^2 - \frac{3}{2} v_0 g \sin \beta t + g^2 \frac{t^2}{2} = 0$$





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  
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 полета

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

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

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

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

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

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

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

~~$l$~~  при  $\operatorname{tg} \beta = 1$  MAX  $l$   $\beta = \frac{\pi}{4}$   
 $l = S = \text{MAX}$

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

~~$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \alpha = \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} g$$~~

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

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

$$\operatorname{tg} \beta = 1 \quad l = S$$

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

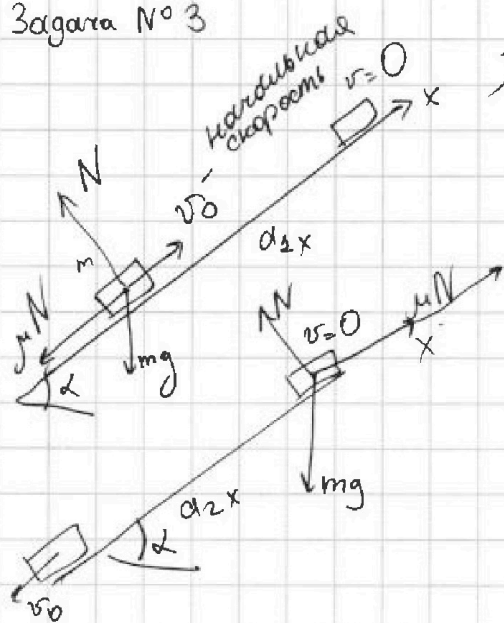


1  2  3  4  5  6  7

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!

Задача № 3



1) Из-н Ньютона для шайбы

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$t_2$  от верхней точки до момента, когда разогнётся до  $v_0$

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

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

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

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

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

подставляем

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

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

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

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





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!



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

$$E_k' = \frac{Mv^2}{2}$$

и при-я нет  $\Rightarrow$  точки на ободу 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  $\sum \Delta E_{\text{кин}} + \sum \Delta E_{\text{п}} = A_{\text{внеш}} = 0$

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

$$3Mv^2 = 5Mgh \Rightarrow v = \sqrt{\frac{5gh}{3}} = \frac{5M}{c}$$

$v_{\text{точки кас}} = 0$  (праскильз.кат)

3. IIз-н Ньютона для системы

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

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

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





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:

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

$$-Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R (-\Delta T_1) + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R (-\Delta T_1)$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_1$$

$$\left( \frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \right) = \frac{Q}{\Delta T_1}$$

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

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

$$-Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R (-\Delta T_2) + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R (-\Delta T_2) + A_{газа}$$

$$A_{газа} = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2 - Q$$

$$\text{Авнеш.} = -A_{газа} = Q - \left( \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2 \right)$$

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

$$\boxed{\text{Авнеш.}} = \frac{18}{58} Q = \frac{9}{29} Q = \frac{9}{29} \cdot 2320 \text{ Дж} = 720 \text{ Дж}$$

②

$$C_p = \frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R + p \frac{dV}{dT}$$

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

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

$$\Rightarrow C_p = \frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R + (\nu_{He} + \nu_{N_2}) R$$

$$C_p = \frac{5}{2} \nu_{He} R + \frac{7}{2} \nu_{N_2} R$$

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

$$\text{③} \quad \frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R = \frac{Q}{\Delta T_1} \quad | \cdot 5$$

$$\frac{5}{2} \nu_{He} R + \frac{7}{2} \nu_{N_2} R = C_p \quad | \cdot 3$$

$$\frac{15}{2} \nu_{He} R + \frac{25}{2} \nu_{N_2} R = \frac{5Q}{\Delta T_1} \quad | \Rightarrow$$

$$\frac{15}{2} \nu_{He} R + \frac{21}{2} \nu_{N_2} R = 3C_p$$

$$\frac{4}{2} \nu_{N_2} R = \frac{5Q}{\Delta T_1} - 3C_p$$

$$2 \nu_{N_2} R = \frac{5Q}{\Delta T_1} - 3C_p \Rightarrow \nu_{N_2} = \frac{26}{8,31 \cdot 2} \text{ моль}$$

$$\boxed{\frac{\nu_{He}}{\nu_{N_2}} = \frac{5 \cdot 2 \cdot 8,31}{26} = \frac{5 \cdot 8,31}{13}}$$

$$\nu_{He} = \left( \frac{Q}{\Delta T_1} - \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \right) \cdot \frac{2}{3} = 5 \text{ моль}$$

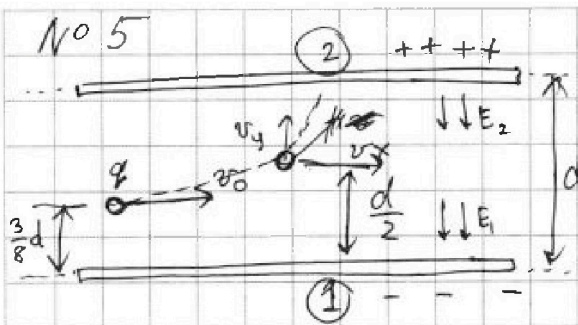
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



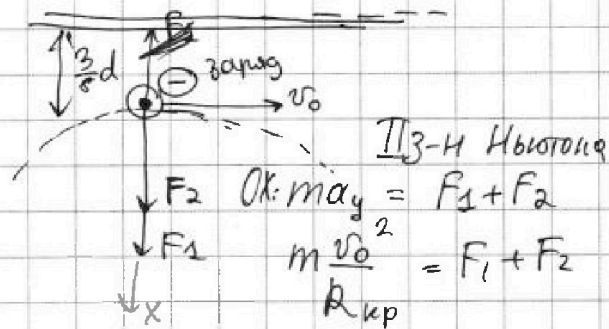
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 1

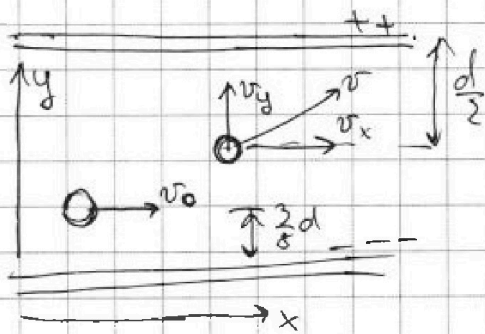
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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



Ок:  $m a_y = F_1 + F_2$   
 $m v_0^2 = F_1 + F_2$   
 $R_{up}$



$m v_0^2 = F_1 + F_2$   
 $R$

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

$v_y = v_{0y} + a_y t$

$a_y = \text{const} = \frac{v_0^2}{R}$

( $\sum F_x = 0$ ;  $\sum F_y = \text{const}$ )

ИЗ-Н Ньютона

$v_y = 0 + \frac{v_0^2}{R} t$ ; ур-е движения

Оу:  $\frac{d}{2} - \frac{3}{8}d = \frac{v_y^2 - 0^2}{2 \cdot a_y}$

$\frac{4d}{8} - \frac{3d}{8} = \frac{v_y^2 \cdot R}{2 v_0^2}$

$\frac{d}{8} = \frac{v_y^2 R}{2 v_0^2}$

$v_y^2 = \frac{2 v_0^2 d}{8R} = \frac{v_0^2 d}{4R}$

$v^2 = v_y^2 + v_x^2$

$v = \sqrt{\frac{v_0^2 d}{4R} + v_0^2}$

$v = v_0 \sqrt{\frac{d}{4R} + 1}$

$\frac{m v_0^2}{R} = \frac{q \cdot U}{d} + \frac{q \cdot U}{d}$

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

$t = \frac{v_0^2 d}{2 q U}$





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!

$$2v_0^2 \cos \alpha$$

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

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

$$\cos x (d + \beta) = \cos d \cos \beta - \sin d \sin \beta$$

$$2\beta = x$$

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

~~$$x = d$$~~

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

~~$$d - x = \frac{\pi}{2}$$~~

$$x - d = \frac{\pi}{2}$$

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

~~$$x = d + \frac{\pi}{2}$$~~

$$x = d + \frac{\pi}{2}$$

~~$$d - 2\beta = 0$$~~

~~$$d = 2\beta$$~~

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

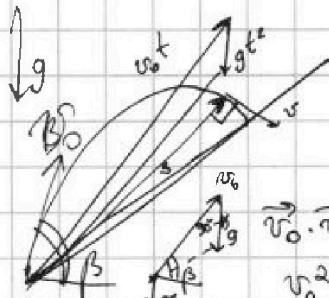
$$d = 30^\circ$$

$$\beta = \frac{d}{2} + \frac{\pi}{4}$$

$$15 + 45 = 60^\circ$$

$$S \sin d =$$

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



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

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

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

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

$$\vec{v}_0 \cdot \vec{g} = v_0 g \cos(90 + \beta)$$

$$\vec{v}_0 \cdot \vec{g} = v_0 \cdot g \cdot \cos(90 + \beta)$$

$$\vec{v}_0 \cdot \vec{g} = -v_0 \cdot g \sin \beta$$

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

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

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

$$C_p = \frac{1}{2} \rho R + \frac{1}{2} \rho v_0 R + \frac{p dV}{\rho dT} + \rho v_2 \frac{dV}{dT}$$

$$= \frac{1}{2} \rho v_{ne} R + \frac{1}{2} \rho v_{n2} R + \rho R + \rho v_2 R$$

$$\frac{3}{2} v_{ne} R = \frac{\rho}{\Delta T_1} - \frac{5}{2} \rho v_{n2} R$$

~~$$\frac{\rho}{\Delta T_1} = \frac{5}{2} (v_{n2} R) \Delta T_2 + \frac{5}{2} \rho v_{n2} R \Delta T_2$$~~

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

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

$$50 + 15 = 65$$

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

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

$$pV = \rho RT$$

$$pdV + Vdp = \rho RT$$

$$pdV = \rho R dT$$

$$\frac{dV}{dT} = \frac{\rho R}{p}$$

$$pdV = (\rho v_{ne} + \rho v_{n2}) R$$

$$\frac{26}{2 \cdot 8,31} = \frac{26}{16,6}$$

$$8,3 \cdot 2 = 16,6$$





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

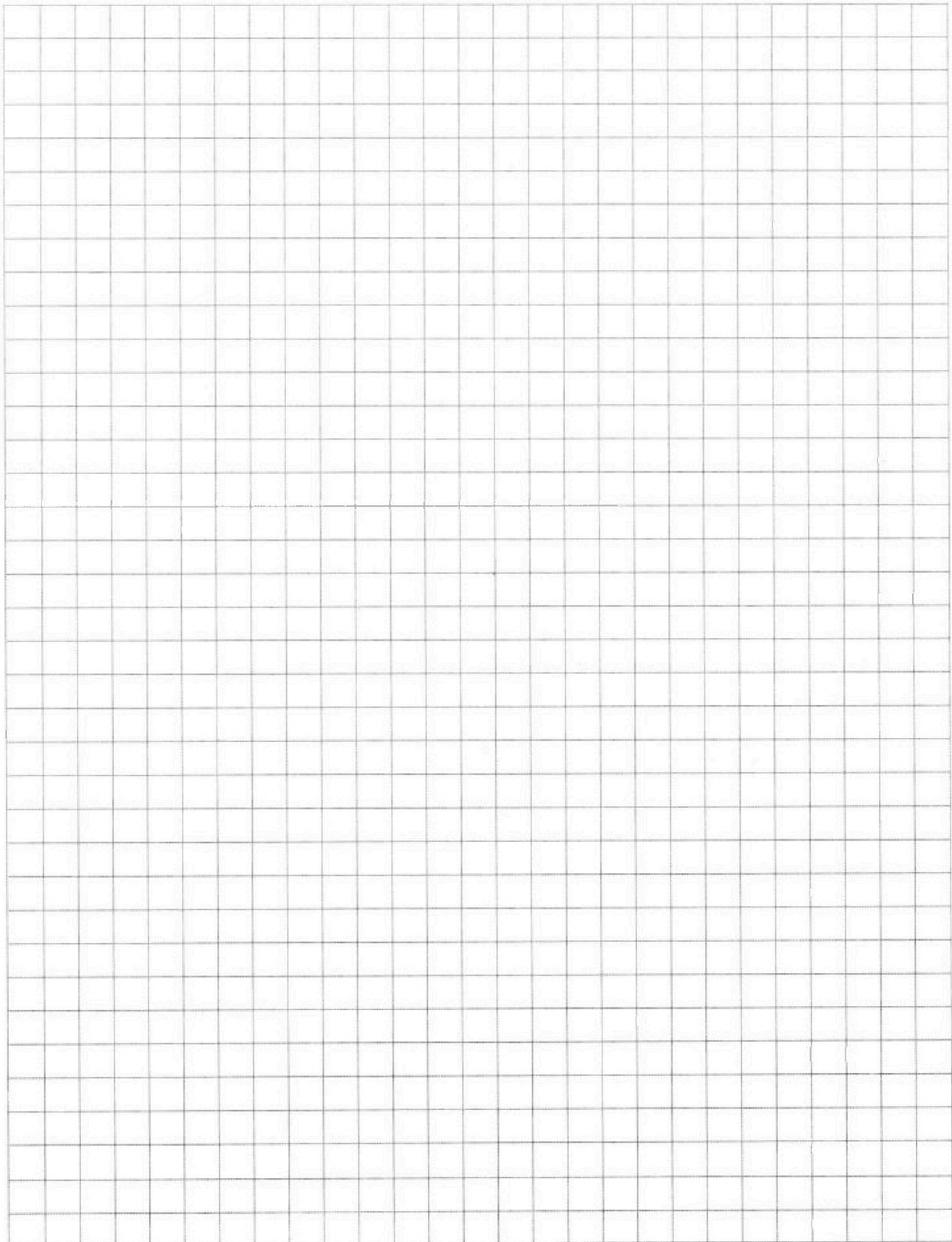
5

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

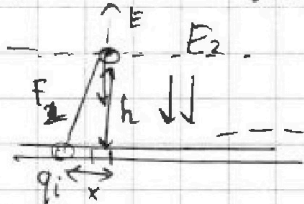
СТРАНИЦА  
ИЗ

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!

$$100 + \frac{10000}{5} \quad 10^2 + \frac{10^8}{500 \cdot 500} = 10^2 + \frac{10^8}{25 \cdot 10^4} = 10^2 + \frac{10^4}{25}$$

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

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



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

$$E = \frac{kq}{h^2}$$

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

$$F_1 = \frac{k\Delta q}{(d-h)^2}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$F = \frac{kq\Delta q}{r^2}$$

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

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

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

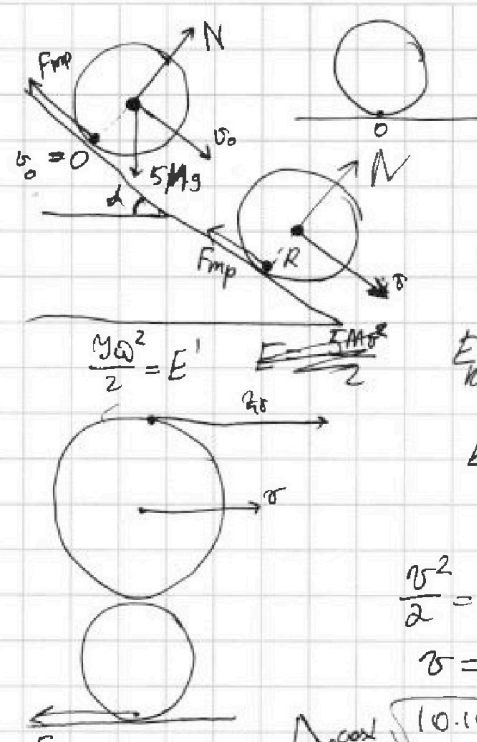


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 проясряется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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

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

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

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

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

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

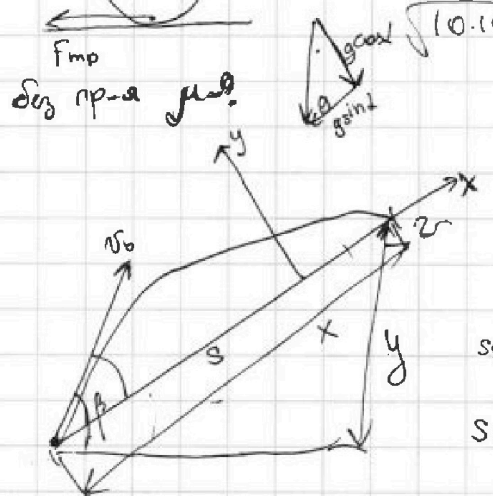
$$\frac{v^2}{2} = 5gh$$

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

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

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

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{5}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 3}{5}} = \sqrt{12} \frac{m}{c}$$



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



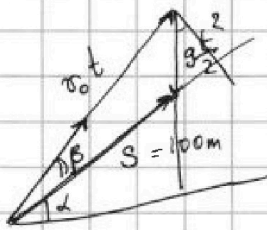
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



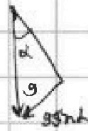
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
из

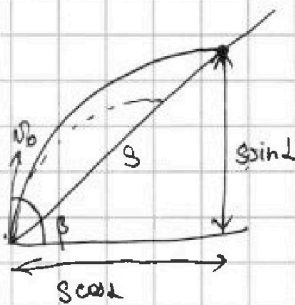
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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



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



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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2}$$

$$s (\operatorname{tg} \beta)$$

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

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

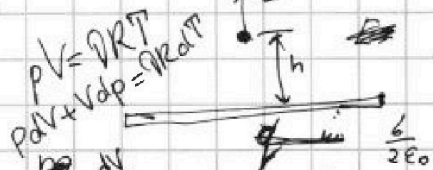
$$s = \frac{\cos \alpha \operatorname{tg} \beta - \sin \alpha}{\frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} + \frac{g \cos^2 \alpha}{2 v_0^2} \operatorname{tg}^2 \beta}$$

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

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

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

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



$$P V = P R T$$

$$P dV + V dP = P R dT$$

$$E C A$$

$$R \operatorname{tg} \beta$$



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

$$E_0 = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0}$$



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

$$C_p = C_{He} + C_{N_2} = \frac{3}{2} P_{He} R + P$$

N<sup>011</sup>

$$\begin{array}{r} 2320 \quad 140 \\ 200 \quad 1558 \\ \hline 320 \\ 320 \\ \hline 0 \end{array}$$

N<sup>03</sup>

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

$$C_p = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{-Q}{-\Delta T_2} = \frac{-2320 \operatorname{Dж}}{40 \operatorname{K}} = 58 \frac{\operatorname{Dж}}{\operatorname{K}}$$

$$C_p = \frac{dU + \delta A}{dT} = \frac{1}{2} P_{He} R + \frac{1}{2} P_{N_2} R + P \frac{dV}{dT}$$

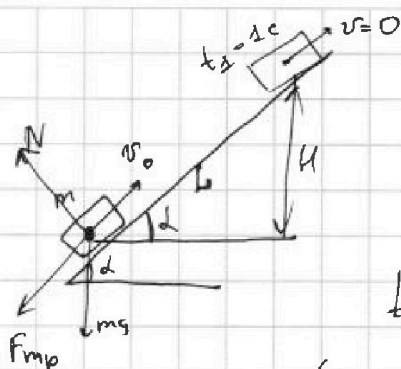
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



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

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

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

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

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

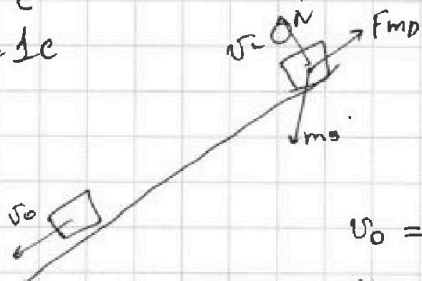
$$a_x = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

$$0 = v_0 - a_x t_1$$

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

$$t_1 = 1c$$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

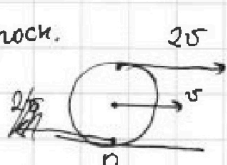
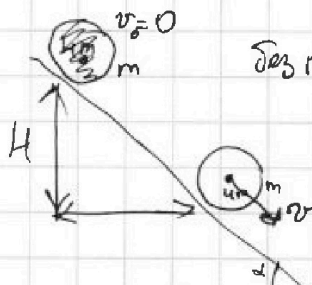
$$(2g \sin \alpha - \frac{v_0}{t_2}) t_1 = \frac{v_0}{t_1}$$

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

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

$$\frac{g \omega^2}{2} = \dots$$

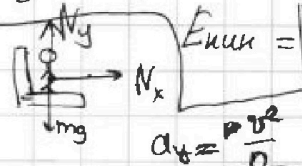
$$E_{kin} = E_k' + \frac{M v_c^2}{2}$$



$$E_{kin} - 0 =$$

$$R = 500 \text{ m}$$

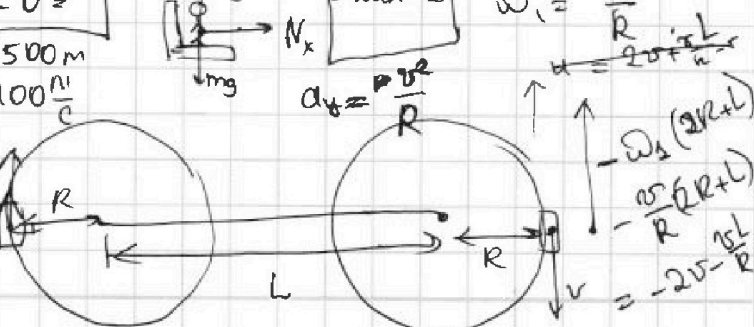
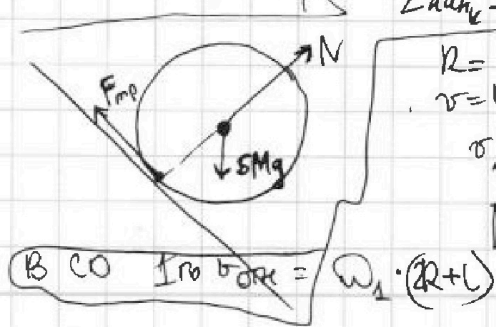
$$v = 100 \frac{m}{c}$$



$$E_{kin} = \dots$$

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

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



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



