



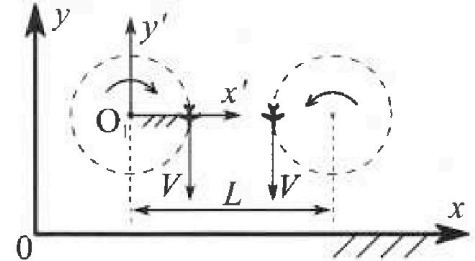
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-03

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 $V = 60 \text{ м/с}$ (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 360 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

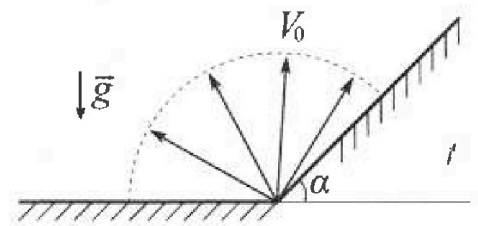


1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?

В некоторый момент времени самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L = 1,8 \text{ км}$. Вектор скорости каждого самолёта показан на рисунке.

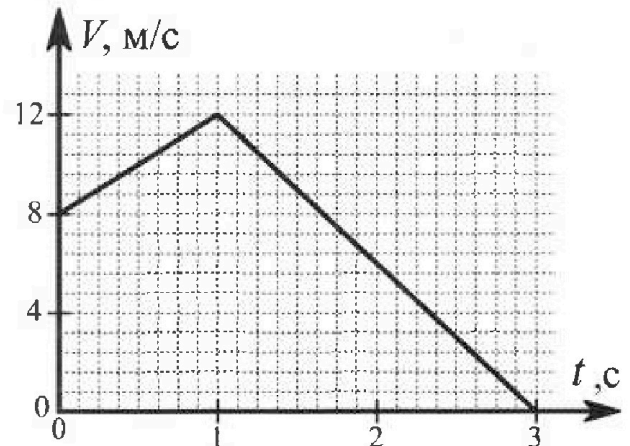
2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков $H = 45 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



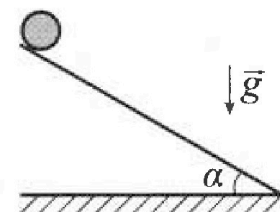
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь 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 $n = 3$ раза больше массы бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью V движется бочка в тот момент, когда горизонтальное перемещение бочки равно $S = 1 \text{ м}$?
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 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 960$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 48$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 30$ К.

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

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

5. Частица с удельным зарядом $\gamma = \frac{q}{m} > 0$ движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен, расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется со скоростью V_0 параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от положительно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите напряжение U на конденсаторе.

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?

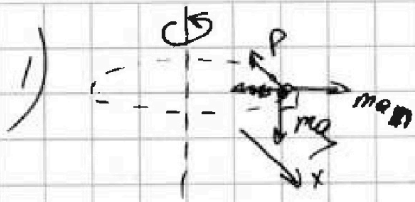
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 1

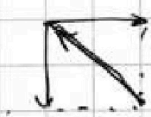
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Переходим в вращающуюся систему отсчета Φ самолета:

23-н Н для НСО ~~только~~: $\vec{P} = m\vec{a} + m\vec{a}_n$

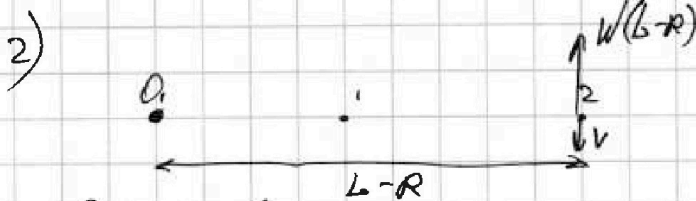
$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{3600}{360} = 10 \text{ м/с}^2 \quad (-a)$$



УП: $P = \sqrt{(m\vec{a})^2 + (m\vec{a}_n)^2} = \sqrt{2} \cdot m\vec{a}$

$$P = \sqrt{2} m\vec{a} = \frac{100 + b}{100} m\vec{a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b = 100 \cdot \frac{(\sqrt{2}-1)}{1}$$



В Φ вращ. системе отсчета то, по собственной системе отсчета

$$0 \Rightarrow wR - v = 0 \Rightarrow w = \frac{v}{R}$$

$$\text{ср. сб } 25^\circ; u_{\Phi} = w(L-R) - v = v \frac{L}{R} - 2v = 60(5-2) = 180 \text{ м/с}$$

Ответ: $b = 100(\sqrt{2}-1)\%$; $u = 180 \text{ м/с}$ вверх (согласованно с \vec{Oy})



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

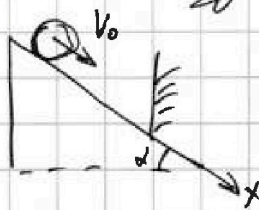
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

3. 1) Точка, как выводится шайба:

Ось x направлена в нижнюю точку в момент $t=1$ с (т.к. много больше, чем можно вызвать перемену угла в градусе ($\alpha=30^\circ$)) следовательно шайба движется вниз в промежутке времени от 0 до 1 с с $\frac{1}{2}$ касательной скоростью V_0 вниз направленной (т.к. $V(t)$ возрастает)

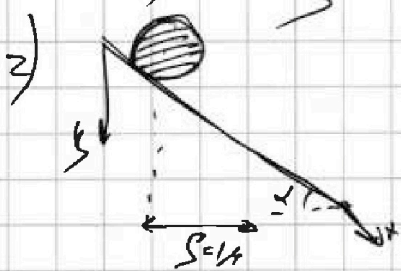


скорость V_0 - кас. ск-сть (8 м/с)

V_1 - ск-сть в 0 с отск. т.к. 1 с ($=12 \text{ м/с}$)

t - время ($=1$ с)

$$V_x(t) = V_0 + at \cdot \sin \alpha = V_1 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{V_1 - V_0}{at} = \frac{2}{5} \Rightarrow$$



h - высота, на которую спускается башка,

когда пройдено $S=1 \text{ м}$

$$\text{т.к. } h = t a \cdot S$$

Закон сохранения энергии ($A_{тр} = 0$ и $A_{внешних сил} = 0$):

$$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g S \sin \alpha}$$

3) \Rightarrow башка движется вдоль касат. кр-ты по действующей силе тяжести $\Rightarrow a = g \sin \alpha$

(т.к. обит. у.н. говорит, что $ma_{у.н} = \sum F_i = mg \sin \alpha$)



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 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!

4) Перейдем в ~~не~~ ~~инерциальную~~ инерциальную систему отсчета, связанную с центром (осью) бочки

23-н N в центре. O — ось бочки

ос. N по оси x $mg \cos \alpha - N = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

ос. $mg \sin \alpha + F_{тр} - N = 0$

условие отсутствия проскальзывания: $F_{тр} > \mu N$

~~$mg \sin \alpha > \mu mg \cos \alpha$~~

4) Перейдем в ~~не~~ ~~инерциальную~~ инерциальную систему отсчета, связанную с центром бочки (используем a)

условие отсутствия проскальзывания: $F_{тр} > \mu N > F_{тр}$

$\mu \cdot mg \cos \alpha > mg \sin \alpha$

$$\mu > \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\mu > \tan \alpha$$

Отв. $\alpha = \arctan\left(\frac{2}{5}\right)$; $V = \sqrt{2gS \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2}{5}}$;

$$a = \frac{2g}{5}; \mu > \sqrt{\frac{2}{21}}$$



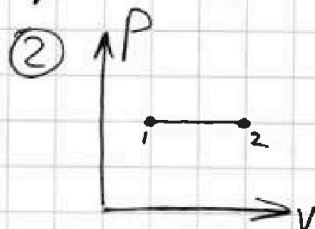
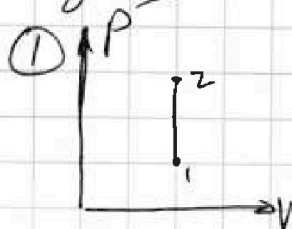
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Напишите на графике $P(V)$ 2 этих процесса:



Запишите для обоих случаев 1е начало термодинамики

①: $Q = \Delta U + A = (A_{\text{под граф}} - A_{\text{над граф}} = 0) = \Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \left(\frac{5}{2}V_1 + \frac{3}{2}V_2\right) R \Delta T_1$ (число 1 - над-во-свобод-высоте, 0; 2 - число)

② $Q = \Delta U + A = \Delta U_1 + \Delta U_2 + A_1 + A_2 = \left(\frac{5}{2}V_1 + \frac{3}{2}V_2\right) R \Delta T + (V_1 + V_2) R \Delta T = \left(\frac{4}{2}V_1 + \frac{5}{2}V_2\right) R \Delta T_2$

①②: $\left(\frac{5}{2}V_1 + \frac{3}{2}V_2\right) R \Delta T_1 = \left(\frac{4}{2}V_1 + \frac{5}{2}V_2\right) R \Delta T_2$

$5V_1 \Delta T_1 + 3V_2 \Delta T_1 = 4V_1 \Delta T_2 + 5V_2 \Delta T_2$

$V_1 (4\Delta T_2 - 5\Delta T_1) = V_2 (3\Delta T_1 - 5\Delta T_2)$ ~~тогда~~

~~$A_1 = \text{под граф} = P(V_2 - V_1) = (V_1 + V_2) R \Delta T$~~

~~$V_1 = V_2 \cdot \frac{3\Delta T_1 - 5\Delta T_2}{4\Delta T_2 - 5\Delta T_1} = V_2 \cdot \frac{6}{30} = \frac{1}{5} V_2$~~

~~2) $Q = \left(\frac{5}{2}V_2 + \frac{4}{2}V_1\right) R \Delta T_2 = \frac{35+5}{2} V_2 R \Delta T_2 = 20 V_2 R \Delta T_2 \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow Q = C_{\text{н}} \Delta T (V_1 + V_2) = 6 C_{\text{н}} \Delta T V_1 \Rightarrow C_{\text{н}} = \frac{20}{6} R$~~

~~1) $Q = \left(\frac{3}{2}V_2 + \frac{5}{2}V_1\right) R \Delta T_1 = \frac{3+25}{2} V_1 R \Delta T_1 = 14 V_1 R \Delta T_1$~~

~~$A = \text{под граф} = P(V_2 - V_1) = (V_1 + V_2) R \Delta T_2 = 6 V_1 R \Delta T_1 \Rightarrow A = Q \frac{3}{7}$~~



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!

$$3) \frac{N_T}{N_K} = \frac{V_2}{V_1} = 5$$

~~$$Q_{\text{обс}} = A = Q \cdot \frac{3}{5} =$$~~

$$1) Q = \left(\frac{5}{2} V_2 + \frac{3}{2} V_1 \right) R_{\Delta T_1} = \frac{5+15}{2} R_{\Delta T_1} \cdot V_1 = 10 R V_1 \Delta T$$

$$A = \frac{1}{2} S_{\text{поверх}} = P(K - V_1) \frac{1}{4} (V_2 + V_1) R_{\Delta T_1} = 6 V_1 R_{\Delta T}$$

$PV = 1KT$

$$A = \frac{3}{5} Q$$

$$2) Q = \left(\frac{5}{2} V_2 + \frac{3}{2} V_1 \right) R_{\Delta T_2} = C_{\text{ст}} \Delta T_2 \cdot (V_1 - V_2) = 6 V_1 C_{\text{ст}} \Delta T$$
~~$$\frac{5}{2} V_2 + \frac{3}{2} V_1$$~~

$$\left(\frac{5 \cdot 5}{2} V_1 + \frac{3}{2} V_1 \right) R_{\Delta T_2} = 16 R_{\Delta T_2}$$

$$C_{\text{ст}} = \frac{8}{3} R$$

$$3) \frac{N_T}{N_K} = \frac{V_2}{V_1} = 5$$

$$Q_{\text{обс}}: A = \frac{3}{5} Q = 576 \text{ Дж}; C_{\text{ст}} = \frac{8}{3} R; \frac{N_T}{N_K} = 5$$

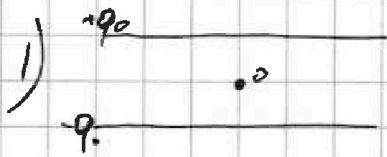
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



Поэтому поле равно нулю:
 $k \cdot \sigma \cdot R = E$

$$|E_q| = |E_{-q}| = 2\pi \cdot \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{S} = \frac{q_0}{2\epsilon_0 S} \Rightarrow E = \frac{q_0}{\epsilon_0 S}$$

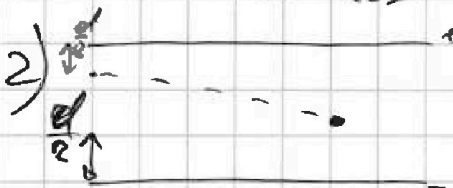


ЗЗ-НН: $m \cdot a_n = E \cdot q$, $a_n = \frac{v_0^2}{R}$

$$q = \chi \cdot m \Rightarrow m \cdot \frac{v_0^2}{R} = E \cdot \chi \cdot m$$

$$E = \frac{v_0^2}{R \cdot \chi}$$

$$U = \int_{d/3}^0 E \cdot dq = \frac{d \cdot q_0}{\epsilon_0 S} = d \cdot E = \frac{d v_0^2}{R \cdot \chi}$$



ЗСЗ: $W_1 + E_{k1} = W_2 + E_{k2} \Rightarrow$

$$E_{k2} = W_1 - W_2 + E_{k1}$$

$$\frac{m v_2^2}{2} = \left(\frac{q}{8} - \frac{1}{2}\right) \frac{d q_0}{\epsilon_0 S} + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{3}{8} \frac{d v_0^2}{R \cdot \chi} + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_2^2 \cdot m = \frac{3}{8} \frac{d v_0^2}{R \cdot \chi} + m v_0^2 \Rightarrow v_2 = v_0 \sqrt{\frac{3}{4} \frac{d}{R \cdot q} + 1}$$

Ответ: $U = \frac{d v_0^2}{R \cdot \chi}$; $v_2 = v_0 \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \frac{d}{R \cdot q} + 1}$.

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



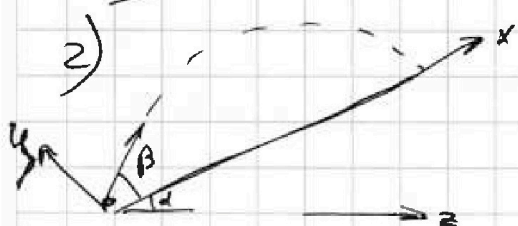
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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

1) Закон сохранения энергии ($A_{вект}$ и $A_{вект}^{сч}$ нр. кр):

$$mgh = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gh}$$



$$x(t) = v_0 \cos \beta t - \frac{g}{2} t^2 \cdot \sin 2 / 2 = S$$

$$y(t) = 0 = v_0 \sin \beta t - \frac{g}{2} t^2 \cos 2 / 2$$

$$t (v_0 \sin \beta - \frac{g}{2} t \cos 2) = 0$$

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

$$x(y) = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cos 2} - \frac{g \sin 2}{2} \cdot \frac{4v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 2} =$$

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

$$S = \frac{v_0^2}{g \cos 2} \cdot \sin \beta \cdot \cos(2-\beta) \leftarrow \text{max при } \beta = 45 - \frac{1}{2}$$

$$S = \dots$$

Ответ: $v_0 = \sqrt{2gh} = 30 \text{ м/с}; S = \dots$

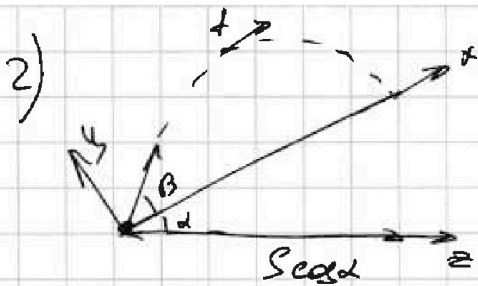
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



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

$$y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2 \cos^2}{2} = 0$$

$$2v_0 \sin \beta t - \left(\frac{g t \cos^2}{2} + v_0 \sin \beta \right) = 0$$

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

$$x(t) = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2v_0 \sin \beta}{g \cos^2} - \frac{g \sin^2}{2} \cdot \frac{4v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^4} = S$$

$$\frac{2v_0^2 \cos \beta \sin \beta}{g \cos^2} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \beta \sin^2}{g \cos^4} = S$$

$$\frac{2v_0^2 \cos \beta \sin \beta}{g \cos^2} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \beta \sin^2}{g \cos^4} = \frac{2v_0^2 (\sin \beta \cos \beta \cos^2 - \sin^2 \beta \sin^2)}{g \cos^4}$$

$$= \frac{2v_0^2 \cdot \sin \beta \cdot \cos(\alpha + \beta)}{g \cos^4} \Rightarrow \frac{2v_0^2 \cdot \sin \beta \cdot \cos(\alpha + \beta)}{g \cos^4} = S$$

$$= \frac{v_0^2}{g \cos^4} \cdot \sin \beta \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$\max_{\beta} \sin \beta \cos(\alpha + \beta) = 45 - \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2}$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \beta - g \cos^2 t = 0 \Rightarrow t = v_0 \frac{\sin \beta}{g \cos^2} \quad T = 2t$$

$$\sin \beta = \sin \left(45 - \frac{1}{2} \right) = \sin 45 \cos \frac{1}{2} - \cos 45 \sin \frac{1}{2}$$

$$S_{\text{своб}} = v_0 \sin \beta - \frac{g T^2}{2}$$

Ответ:



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!

$v(t) = v_0 + at = v_1$
 $\frac{v_1 - v_0}{t} = a = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$

$v(t) = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \frac{2v \cos \alpha}{a \sin \alpha}$
 $v_x(t) = at \Rightarrow \sqrt{2} = 1 + \frac{100}{\sqrt{2}-1}$

$4ma \cdot h = \frac{4mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2hg}$
 $F_{\text{сп}} \geq \sum F_{\text{обс}} = mg(1 + \sin \alpha)$
 $Q = \left(\frac{4}{2}v_1 + \frac{5}{2}v_2\right) R \Delta T_1 = \left(\frac{5}{2} + \frac{3}{2}\right) R \Delta T_2$

$A = p(v_2 - v_1) = (p_1 + p_2)(v_2 - v_1)$
 $A = p_1(v_2 - v_1) + p_2(v_2 - v_1)$
 $\sqrt{R(T - \Delta T)} - v_1 R T + v_2 R(T - \Delta T) - v_2 R T =$
 $= (v_1 + v_2) R \Delta T$

150 - 144
 $\begin{array}{r} 132 \\ \times 3 \\ \hline 546 \end{array}$

ИИ: $Q = \Delta U + A = \frac{5}{2} v_1 R \Delta T + \frac{3}{2} v_2 R \Delta T + (v_1 - v_2) R \Delta T$
 $\left(\frac{4}{2} v_1 + \frac{5}{2} v_2\right) R \Delta T_2 = Q$
 $Q = C_p R \Delta T = \left(\frac{5}{2} v_1 + \frac{3}{2} v_2\right) R \Delta T$

5. $Q_4 = \frac{q \cdot V^2}{R}$
 $E = U/d =$

$\frac{v_1 v_2}{2} = \frac{2 \cos \alpha \cdot g}{2}$