



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 нек оторое 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?



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

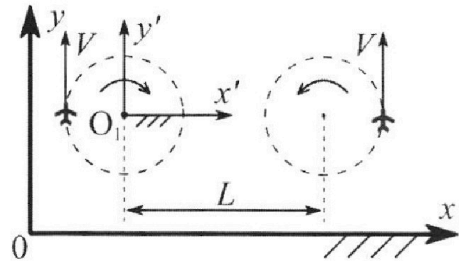
Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 70 \text{ м/с}$ (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R=700 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$.

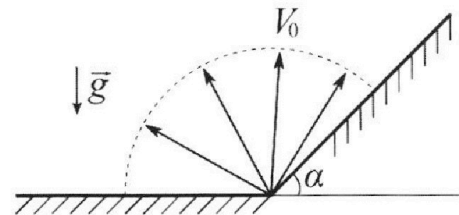
1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей $L=2,1 \text{ км}$. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

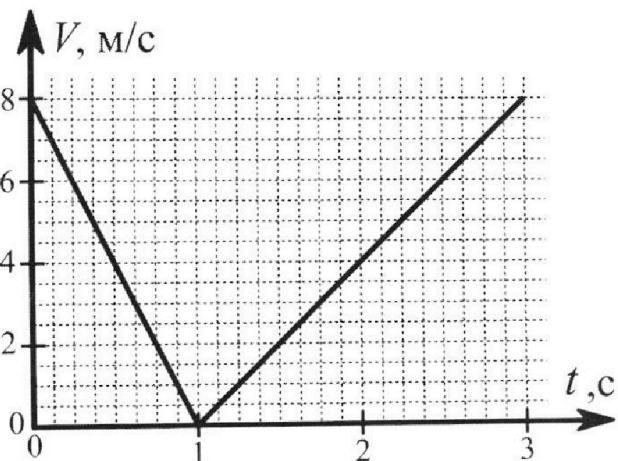
2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

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 $S_1=160 \text{ м}$, упавших на склон, $S_2=120 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

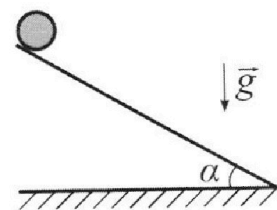
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g=10 \text{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



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 $n=2$ 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 $L=0,6 \text{ м}$?
3. Найдите ускорение a , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





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

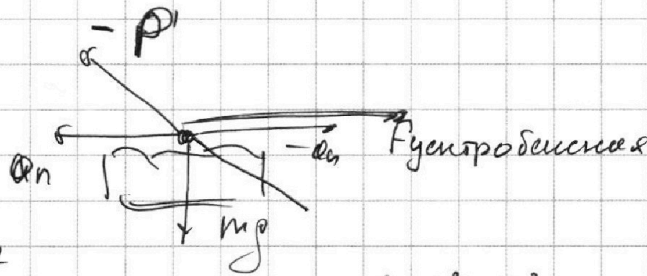
СТРАНИЦА

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!

1.

Рисуем все силы, действующие на лётчика в самолёте:



$F_{центростремительная} = (mg)^2 = P^2$, т.к. сумма

всех сил равняется нулю.

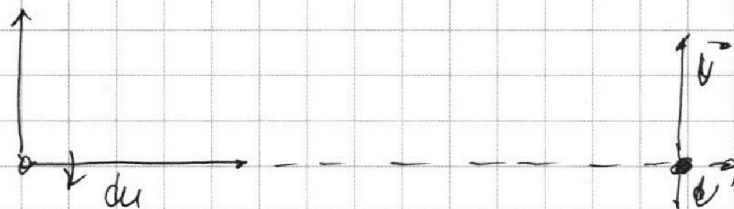
$$F_{центростремительная} = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P^2 = m^2 \frac{v^4}{R^2} + m^2 g^2, \quad P = \sqrt{m^2 \frac{v^4}{R^2} + m^2 g^2} \quad /: mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P}{mg} = \sqrt{\frac{v^4}{g^2 R^2} + 1} = \sqrt{\frac{40^4}{10^2 \cdot 400^2} + 1} = \sqrt{\frac{148}{100}}$$

2.

Система отсчёта $y'Ox'$ вращается с угловой скоростью $\omega = \frac{v}{R} = \frac{40}{400} = \frac{1}{10} \text{ рад/с}$



$$\vec{V}_{OxH} = \vec{V} = \vec{V}' - \vec{V}'_1$$



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
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!

$$|\vec{U}'| = \omega(2R+L) = \frac{V}{R}(2R+L) = \frac{V}{2} + V\frac{L}{R} =$$

$$= \frac{V}{2} + V \frac{2100}{400} = 3V + \frac{V}{2} = \frac{7}{2}V > V \Rightarrow \text{отключением}$$

скорость направлена против \vec{V} , а

$$\text{модуль } \vec{U} = \frac{7}{2}V - V = \frac{5}{2}V = 40 \cdot \frac{5}{2} = 100 \text{ мВ}$$

$$\text{Ответ: } \frac{P}{mg} = \sqrt{\frac{100}{100}} = \sqrt{1 + \frac{100}{9 \cdot 2^2}}; \text{ Уотт } = |\vec{U}| = 100 \text{ мВ}$$



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!

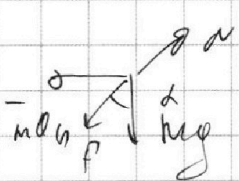
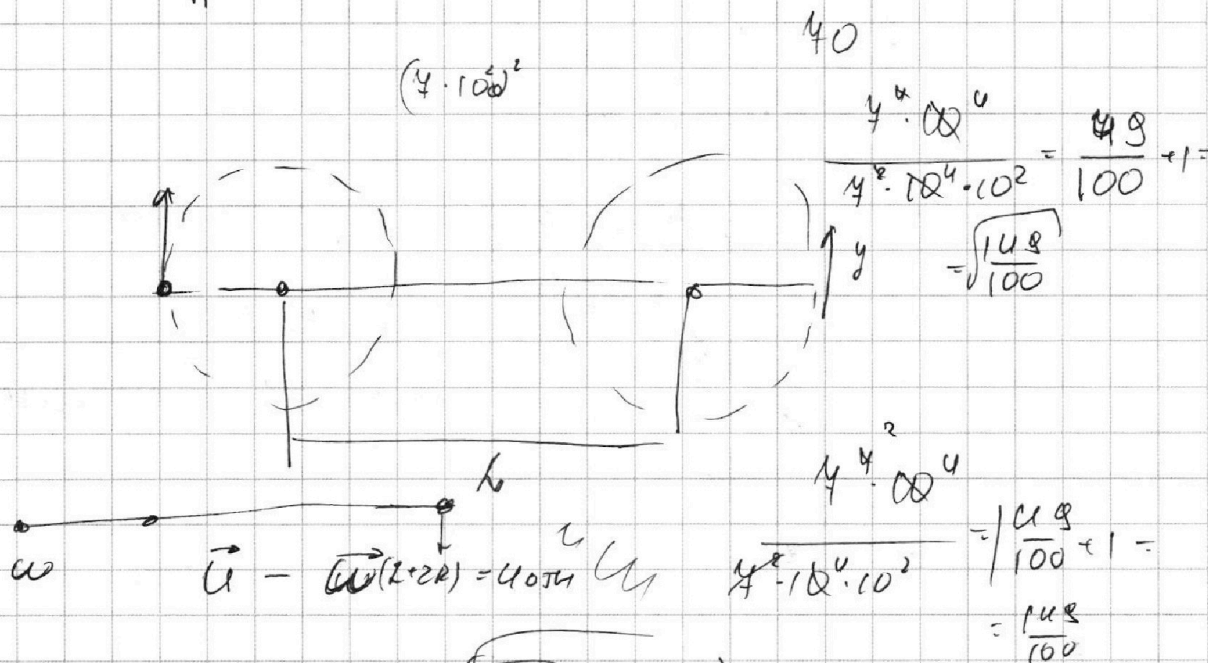
Используя математические преобразования, покажем, что $S_1 \leq \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} (1 - \sin \alpha) \Rightarrow$

$$\Rightarrow S_2 = \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} (1 - \sin \alpha) = \frac{g S_1}{g \cos^2 \alpha} (1 - \sin \alpha) = \frac{S_1}{\cos^2 \alpha} (1 - \sin \alpha) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{S_2}{S_1} = \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = \frac{1}{1 + \sin \alpha} \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = 1 + \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{S_1 - S_2}{S_1} =$$

$$= \frac{40}{160} = \frac{1}{4} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{1}{4}\right)$$

Ответ: $V_0 = \sqrt{g S_1}$; $\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{4}\right)$



$$P = \left((mg)^2 + (m a_n)^2 \right)^{1/2}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} \quad m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}} = P \quad | : mg$$

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



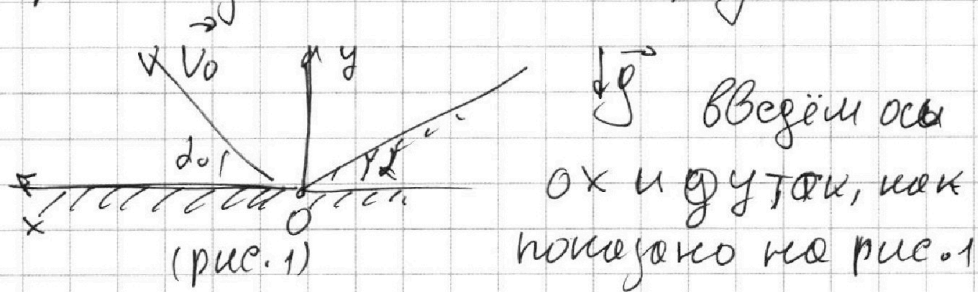
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

1. Рассмотрим падение тела на горю. пов.:



α_0 - угол между \vec{v}_0 и $Ox =$,

$$\Rightarrow u_x = v_0 \cos \alpha_0, \text{ и } u_y = v_0 \sin \alpha_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t - \text{время падения} = \frac{2 v_0 \sin \alpha_0}{g} \Rightarrow S_x - \text{горизонтальное}$$

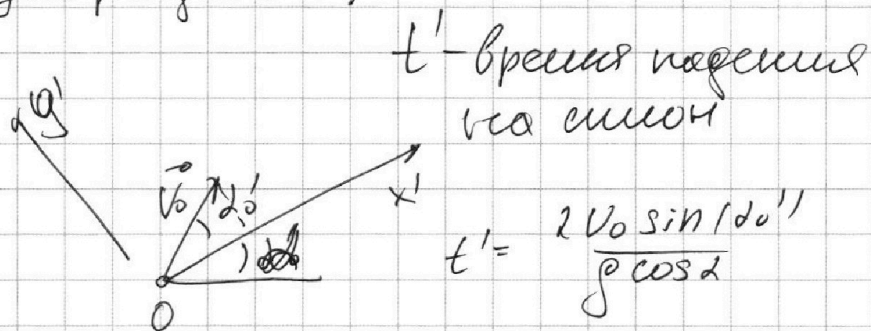
$$\text{перемещение равно } S_x = u_x t = \frac{2 v_0 \sin \alpha_0}{g} \cdot v_0 \cos \alpha_0 =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} \sin(2\alpha_0) \leq \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow S_1 g = v_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{S_1 g} =$$

$$= \sqrt{16 \cdot 10 \cdot 10} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ м/с}$$

2. введем ось Ox' паралл. склоны и ось Oy' ,

перпендикулярную Ox' .



$$t = \frac{2 v_0 \sin(\alpha_0')}{g \cos \alpha}$$

$$t' = \frac{2 v_0 \sin(\alpha_0')}{g \cos \alpha}$$



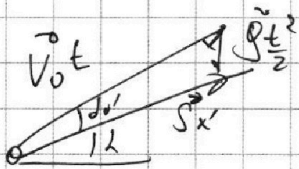
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

рассмотрим векторный треугольник перемещений:



по теореме синусов получим:

$$\frac{S_1}{\cos(\alpha + \delta)} = \frac{g t^2}{2 \sin(\alpha)}$$

$$\Rightarrow S_1 = \cos(\alpha + \delta) \frac{g}{2 \sin(\alpha)} \cdot \frac{4 v_0^2 \sin^2(\alpha)}{g^2 \cos^2 \delta} = \frac{2 v_0^2 \sin(\alpha) \cos(\alpha + \delta)}{g \cos^2 \delta}$$

из математических

соображений получим, что $S_1 \ll \frac{v_0^2}{g \cos^2 \delta} (1 - \sin \delta) \Rightarrow$

$$\Rightarrow S_2 = \frac{v_0^2}{g \cos^2 \delta} (1 - \sin \delta) = \frac{g S_1}{g \cos^2 \delta} (1 - \sin \delta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{S_2}{S_1} = \frac{1 - \sin \delta}{1 - \cos^2 \delta} = \frac{1}{1 + \sin \delta} \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = 1 + \sin \delta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \delta = \frac{S_1 - S_2}{S_2} \Rightarrow \delta = \arcsin \frac{S_1 - S_2}{S_2} = \arcsin \left(\frac{1}{3} \right)$$

Ответ: $v_0 = \sqrt{g S_1} = 40 \text{ м/с}$; $\delta = \arcsin \frac{S_1 - S_2}{S_2} = \arcsin \left(\frac{1}{3} \right)$



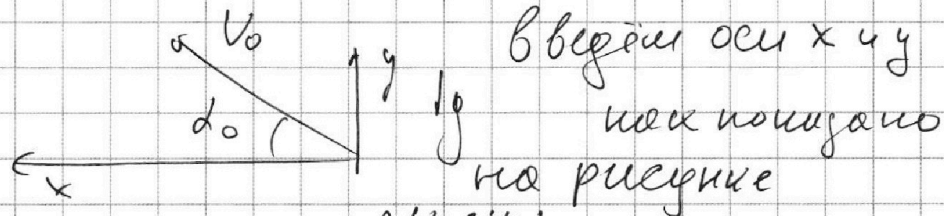
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

1. рассмотрим падение на гориз. поверх.:



$$t - \text{время полета} = \frac{2V_0 \sin \alpha_0}{g}$$

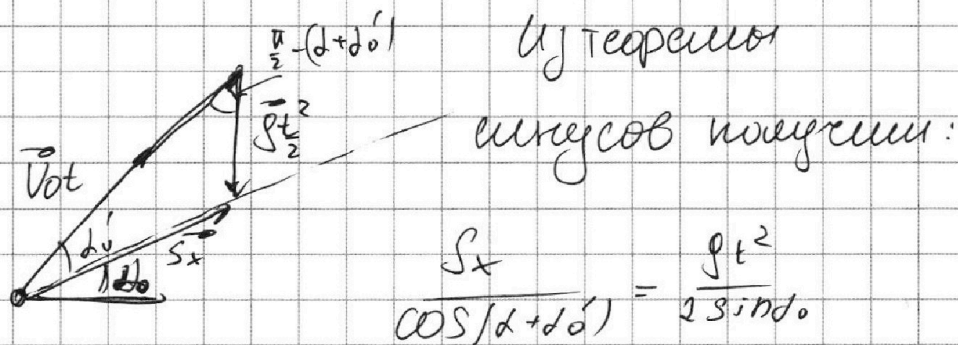
$$\Rightarrow S_x - \text{горизонтальное перемещение} = \frac{2V_0^2 \sin \alpha_0 \cos \alpha_0}{g} =$$

$$V_x t = S_x; V_x = V_0 \cos \alpha_0$$

$$= \frac{V_0^2}{g} \sin(2\alpha_0) \leftarrow \frac{V_0^2}{g} = S_1 \Rightarrow V_0 = \sqrt{g S_1}$$

(при этом $\alpha_0 = \frac{\pi}{4}$)

2. векторный треугольник перемещений:



t - время падения

основана на горизонтальной плоскости, а α_0' -

- угол между ~~гориз.~~ и вектором нач. скорости.

$$t = 2 \frac{V_0 \sin(\alpha_0')}{g \cos \alpha_0} \Rightarrow S_x = \frac{2V_0^2 \cos(\alpha_0 + \alpha_0') \sin(\alpha_0')}{g \cos^2 \alpha_0}$$

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
3 из 3

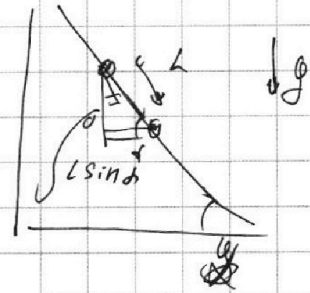
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\text{Итак, } 3 \Delta H = \frac{5}{2} M u^2 =$$

$$\Rightarrow \frac{6}{5} g L \sin \alpha = u^2 =$$

$$\Rightarrow u = \sqrt{\frac{6}{5} g L \sin \alpha} = \sqrt{\frac{6}{5} \cdot 10 \cdot \frac{3}{20} \cdot \frac{3}{5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3^3}{5^2}} = \frac{3}{5} \sqrt{3} \text{ м/с}$$



3. по закону сохр. энергии (опять же с использованием теоремы Кетнера):

$$M(n+1) g h_0 = M(n+1) g h(t) + M(n+1) \frac{u^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2}, \text{ где}$$

h_0 - начальная высота над поверхностью земли бочки, $h(t)$ - та же высота, но в опр.

момент времени (тоже над поверх. земли)

$$n=2 \Rightarrow 3 g h(t) + \frac{5}{2} M u^2(t) = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3 g \frac{dh}{dt} + 5 u \frac{du}{dt} = 0, \Rightarrow \frac{du}{dt} = -u(t) \cdot \sin \alpha$$

$$\Rightarrow -3 g \sin \alpha + 5 u a = 0, \Rightarrow \frac{du}{dt} = a$$

$$\Rightarrow |a| = + \frac{3}{5} g \sin \alpha = \frac{3}{5} \cdot 10 \cdot \frac{3}{20} =$$

$$\left(a = \frac{3}{5} g \sin \alpha \right) u, u \geq 0 \Rightarrow a = \frac{6}{10} \text{ м/с}^2 = 0,6 \text{ м/с}^2$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = \frac{3}{20}; v = \frac{3}{5} \sqrt{3} \text{ м/с}; a = 0,6 \text{ м/с}^2, u \geq 0$$



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 3

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!

Бочки в процессе смотовки. Мухом-шассе бочки

$$I = nM \frac{R^2}{2} + MR^2, \text{ где } R - \text{ радиусе бочки}$$

$$I = MR^2 + MR^2 = 2MR^2, \text{ так как } \omega = v/R, \text{ т.к. } \mu \text{ веш.}$$

отсутствует.

$$I = 2MR^2$$

~~$$M(n+1)gR \sin \alpha = M(n+1) \frac{v^2}{2} + \frac{3}{2} MR^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}$$~~

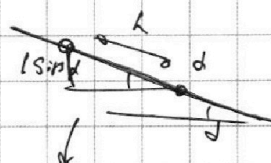
Учитывая, что $n=2$ получим:

~~$$3MgR \sin \alpha = 3M \frac{v^2}{2} + \frac{3MR^2}{2} \cdot \frac{v^2}{R^2} \quad | : M$$~~

~~$$3gR \sin \alpha = \frac{3}{2} v^2 + \frac{3}{2} v^2 \quad | : 3$$~~

~~$$gR \sin \alpha = v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{4}{3} gR \sin \alpha = \frac{4}{3} g \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} \Rightarrow$$~~

~~$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{3} g \cdot 10 \cdot \frac{3}{5}} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot 10 \cdot \frac{3}{5}} = \sqrt{\frac{6}{5}} \text{ м/с}$$~~



~~$$\frac{v^2}{3}$$~~

3. Суммарная механическая энергия

всегда постоянна: продифференцируем закон сохранения энергии по времени:

~~$$(n+1)MgR \sin \alpha = M(n+1) \frac{v^2}{2} +$$~~

~~Решение~~

~~$$M(n+1)gR \sin \alpha = M(n+1) \frac{v^2}{2} + \frac{2MR^2}{2} \cdot \frac{v^2}{R^2} \Rightarrow$$~~

~~$n=3 \Rightarrow$~~

~~$$3MgR \sin \alpha = 3M \frac{v^2}{2} + Mv^2 = \frac{5}{2} Mv^2$$~~



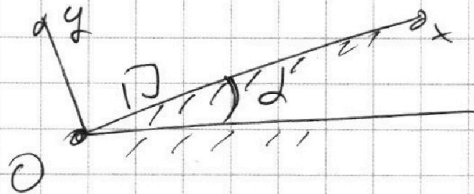
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 3

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. ~~Д-составной груз (точнее, веревке)~~



Оx вдоль горки Оу - перпендикулярно Ох
M - котор. трения

Оу: $mg \cos \alpha = N$ Ох: 1) движется вверх:

$$|Q_1| = mg \cos \alpha + g \sin \alpha$$

2) движется вниз

$$|Q_2| = g \sin \alpha - mg \cos \alpha, \text{ так.}$$

используя
данные графиков

и возвращение

$|a| = \left| \frac{dv}{dt} \right|$ шире: тело не остановилось, и касаясь
упрощается

$$\begin{cases} mg \cos \alpha + g \sin \alpha = 2 \\ g \sin \alpha - mg \cos \alpha = 1 \end{cases} \Rightarrow 2g \sin \alpha = 3 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{2g}$$

2. Используем теорему Жюльена & Бруну.

Используем теорему Жюльена & Бруну:

$$Mg \Delta h = \frac{I \omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2}, \text{ где } I - \text{момент инерции}$$

относительно центра массе, ω - угловая
скорость вращения; v - скорость соответствующая, Δh - высота, по которой опустится центр массе
M - суммарная масса бочки и воды в ней.



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!

$$I = 2MR^2 \Rightarrow M g l \cos \alpha = M g h + \frac{M v^2}{2} + \frac{M v^2}{R^2} R^2 = M g h + \frac{3}{2} M v^2 \Rightarrow$$

$$W = \frac{U}{R}$$

Т.к нет проскальзывания! $\Rightarrow M g \Delta h = \frac{3}{2} M v^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow M g l \cos \alpha = \frac{3}{2} M v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{3} g l \sin \alpha} =$$

$$= \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot \frac{3}{20}} = \sqrt{\frac{6}{10}} \text{ м/с}$$

3. Среднее значение энергии системы равно нулю \Rightarrow

$$\int \frac{dM}{dt} = -3 \alpha v ; \int \alpha \sin \alpha = -3 \alpha \frac{dv}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dv}{dt} = \alpha \sin \alpha = - \int \frac{\sin \alpha}{3} \Rightarrow |\alpha \sin \alpha| = \frac{10 \cdot 3}{20} = 1,5 \text{ м/с}^2$$

4.



из 2-ого закона

Ньютона:

$$F_{TP} \geq M g \sin \alpha, \text{ где}$$

M - суммарная масса башки и вогн (~~масса башки~~)

$$M g \cos \alpha \geq M g \sin \alpha$$

$$\mu \geq \tan \alpha$$

Ответ: $\sin \alpha = \frac{3}{20}$; $v = \sqrt{\frac{6}{10}} \text{ м/с}$; $|\alpha| = 1,5 \text{ м/с}^2$; $\mu \geq \tan \alpha$



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!

Узкохоронящийся процесс:

V_n, V_{ne} - внутр-ва в-ств охота и внешн еоств.

$$Q = \Delta T_1 \left(\frac{5}{2} V_n R + \frac{3}{2} V_{ne} R \right) =$$

$$\Rightarrow \frac{5}{2} V_n R + \frac{3}{2} V_{ne} R = \frac{Q}{\Delta T_1} = 0$$

Узоборонящийся процесс:

$$1. Q = \Delta T_2 \left(\frac{5}{2} V_n R + \frac{3}{2} V_{ne} R \right) + A_2 = A =$$

$$= \Delta T_2 \left(\frac{5}{2} V_n R + \frac{3}{2} V_{ne} R \right) + Q = - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} Q + Q = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1} Q =$$

$$= +480 \cdot \frac{112}{312} \text{ Дж} = +280 \text{ Дж} = +280 \text{ Дж}$$

$$2. C_p \int_0^{\Delta T} dQ = \int_0^{\Delta T} dQ \Rightarrow C_p \Delta T_2 = Q \Rightarrow C_p = \frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{480}{20} = 34 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}$$

3.

$$\text{Ответ: } A = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1} \cdot Q = 280 \text{ Дж}; C_p = 34 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}$$

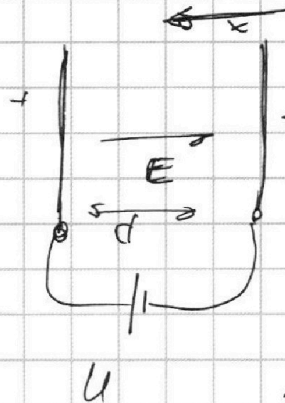


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\begin{aligned} dE &= U \\ \Rightarrow E &= \frac{U}{d} \\ \Rightarrow Q_{yx} & \text{ (вытеснение} \\ & \text{частицы по} \\ & \text{оси } x) \\ & \text{(рис.)} \end{aligned}$$

$$1. Q_{yx} = -\gamma E \phi = Q_n = \frac{V_0^2}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{-\gamma E R} = \sqrt{-\frac{U \gamma R}{d}}$$

2. По закону сохр. энергии:

$$\Delta \left(\frac{m v^2}{2} \right) = - E \left(\frac{\phi}{2} - \frac{\phi}{8} \right) \phi = - \frac{3 E \phi^2}{8} =$$

$$= \frac{m (v_{\text{конечн.}})^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2} \Rightarrow V_0^2 - \frac{3 E \gamma \phi^2}{4} = (v_{\text{конечн.}})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{\text{конечн.}} = \sqrt{\frac{m}{2} \left(\frac{U \gamma R}{d} + \frac{3 U \gamma}{4} \right)}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = \sqrt{-\frac{U \gamma R}{d}}; v_{\text{конечн.}} = \sqrt{\frac{m}{2} \left(\frac{U \gamma R}{d} + \frac{3 U \gamma}{4} \right)}$$

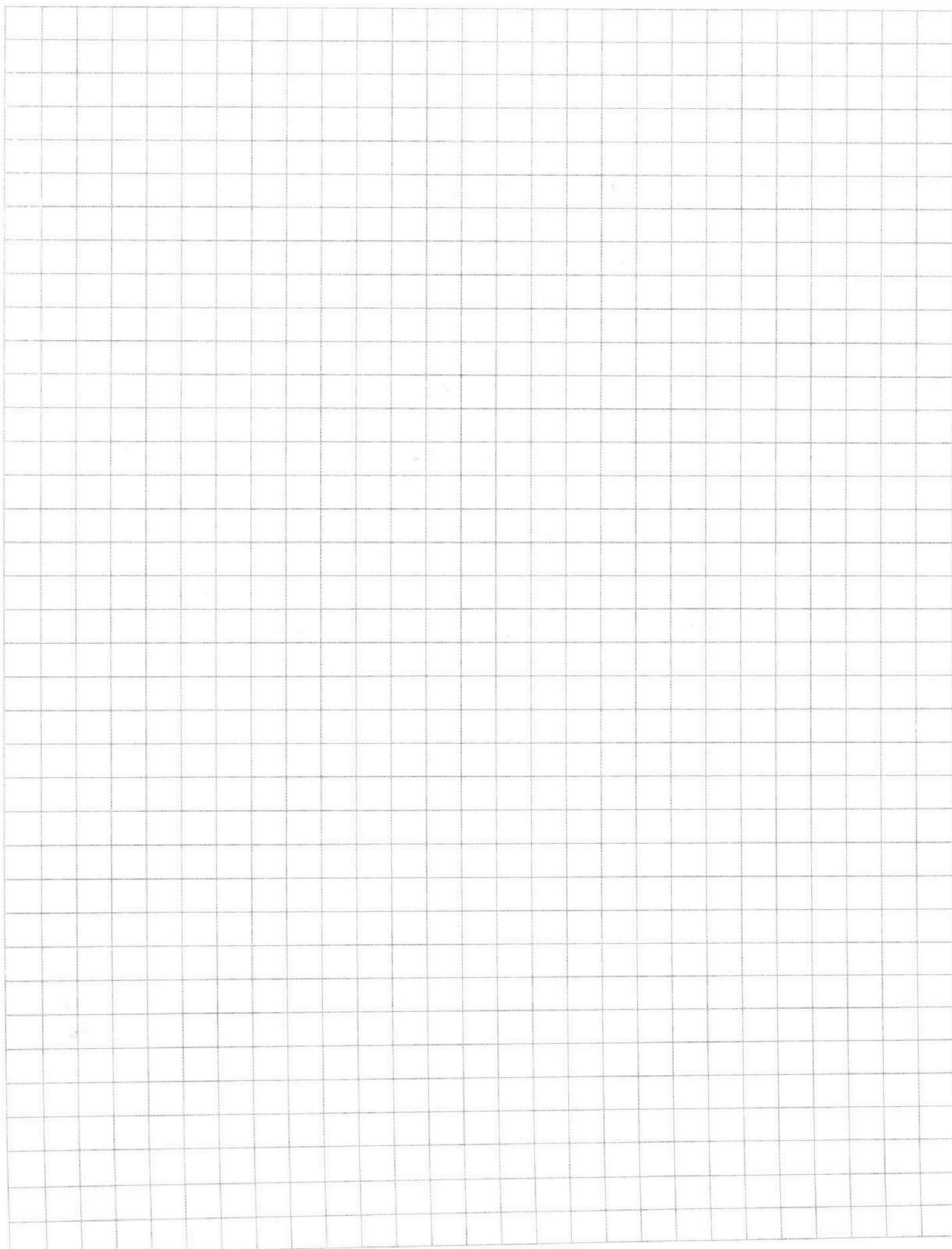


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

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



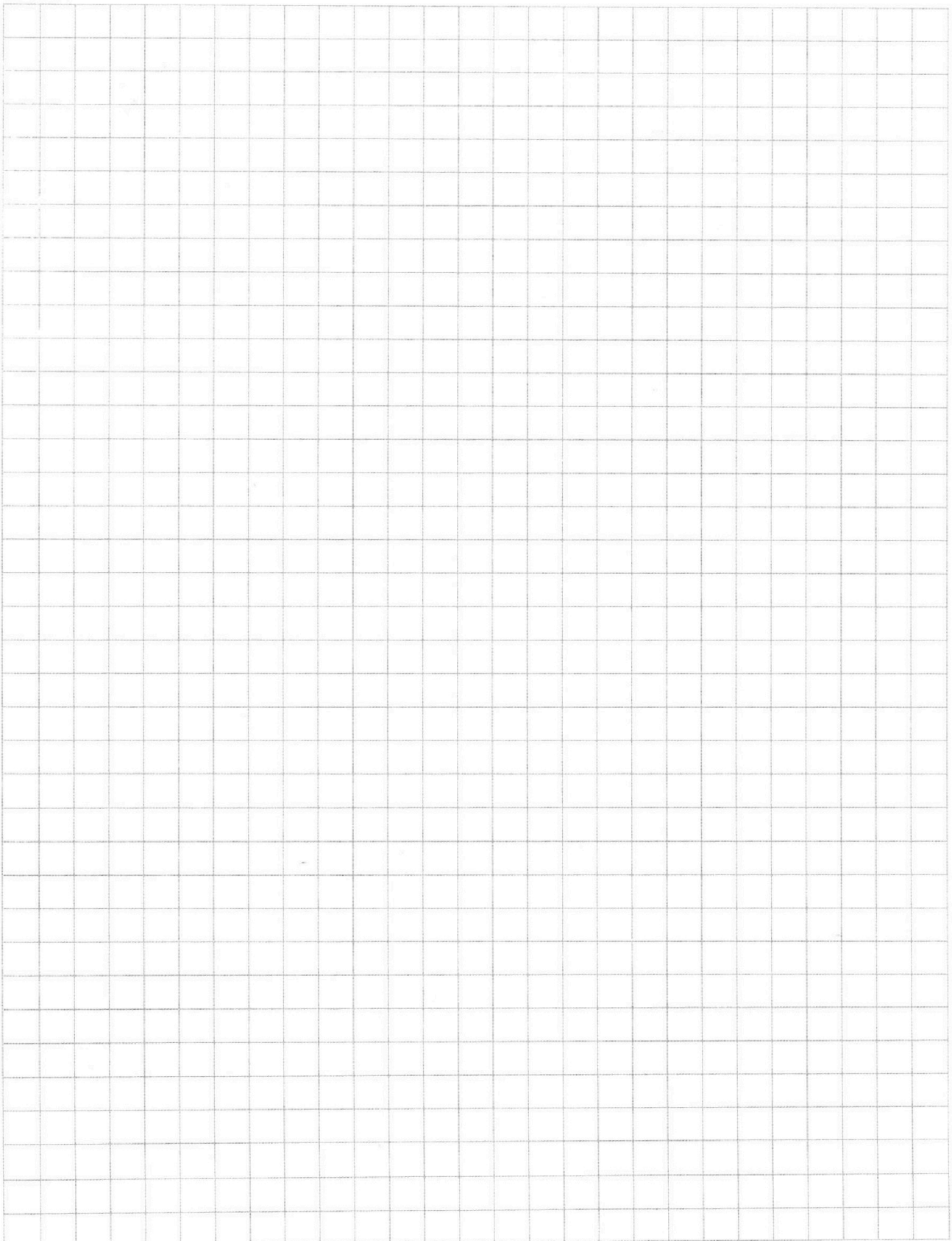


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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





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.

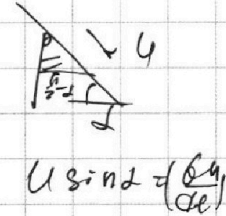
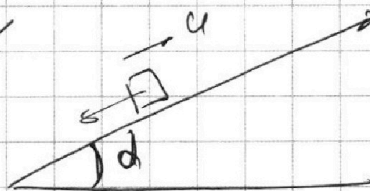
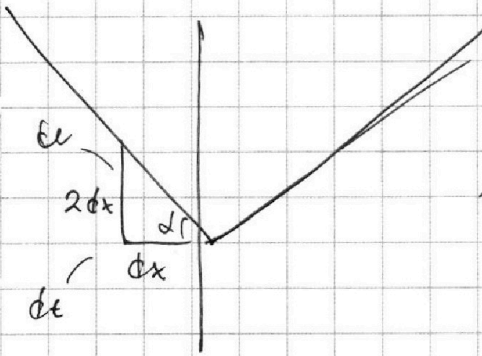
1 2 3 4 5 6 7

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!

Черновик *

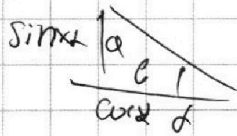
Вывод



$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma,$$

$$\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = |a|$$

$$|a| = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha > 0$$



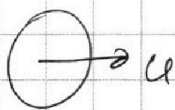
$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{du}{dx} = 2 = |a|$$

$$\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = 2$$

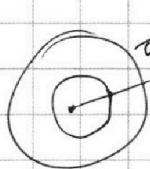
$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 1$$

$$2g \sin \alpha = 3 \Rightarrow$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{20} \text{ Верно +}$$



$$E_{\text{м.}} + E_{\text{вр.}} = \frac{m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} \quad \frac{M \theta}{J = \pi R^2 x}$$



$$\int r \times 2\pi r^2 n^3 dr = dI$$

$$2\pi \int r^4 n^3 dr = I = \frac{\pi \rho x R^4}{2} = \frac{\pi R^4}{2} \cdot \frac{M \theta}{\pi R^2 x}$$

$$= M \theta \frac{R^2}{2} = n M \frac{R^2}{2} \approx \underline{M R^2}$$



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!

$$mg\Delta h = E_{кинетики}$$

$$Mg\Delta h = \frac{mR^2}{2}\omega^2 + \frac{mU^2}{2} = \frac{mR^2}{2} \frac{U^2}{R^2} + \frac{mU^2}{2} = \frac{mU^2}{2}$$

$$U = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{U}{R} \quad (\text{без отрыва})$$

g'

$$M(n+1)g\Delta h = M(n+1) \frac{U^2}{2}$$

$$3Mg\Delta h = 3M \frac{U^2}{2} + 3M \frac{U^2}{4} \quad | :M$$

$$3g\Delta h = 3 \frac{U^2}{2} + \frac{3}{4}U^2 = \frac{15}{4}U^2$$

$$g\Delta h = \frac{U^2}{2} + \frac{U^2}{4} = \frac{3U^2}{4}$$

$$U^2 = \frac{4}{3}g\Delta h$$

$$M(n+1)gH_0 = M(n+1)gH(t) + \frac{1}{2}M(n+1)U^2$$

$$3MgH(t) = 3Mg \frac{U^2}{2} + \frac{2MR^2}{R^2} \frac{U^2}{2}$$

$$3gH(t) + \frac{3}{2}U^2 + U^2 =$$

$$= 3gH(t) + \frac{5}{2}U^2(t) = \text{const}$$

$$I = \frac{3}{2}MR^2$$

$$\frac{3MR^2}{2} \frac{U^2}{R^2} =$$

$$= \frac{3MU^2}{2}$$

$$MR^2 - \frac{MR^2}{2} =$$



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!

$$\left(\frac{5}{2} v_N R + \frac{3}{2} v_{ke} R\right) \Delta T_1 = Q \quad \sqrt{\frac{5^2 \cdot 10^3 + 3^2 \cdot 10^3}{5}} \cdot \frac{3}{20} = \sqrt{\frac{24}{25}} = \frac{3}{5} \sqrt{3}$$

$$\frac{5}{2} v_N + \frac{3}{2} v_{ke} = \frac{Q}{R \Delta T_1} \quad \text{ranna} \quad \frac{r_2 \sin \delta}{(p+p) \cos(\delta + \alpha) + s_2 \sin \delta} = x \delta$$

$$\frac{4\delta}{8} - \frac{\delta}{8} = \frac{3\delta}{8}$$

$$-Q = -\Delta T_2 \left(\frac{5}{2} v_N + \frac{3}{2} v_{ke}\right) R + A$$

$$Q = \Delta T_2 \left(\frac{5}{2} v_N + \frac{3}{2} v_{ke}\right) R - A$$

$$\frac{(p+p) \sin \delta}{x} = \frac{p_2 \sin \delta}{p_1 \sin \delta}$$

$$\frac{(p+p) \cos(\delta + \alpha)}{x} = \frac{p_1 \cos(\delta + \alpha)}{p_2 \cos(\delta + \alpha)}$$

$$\frac{p_1 \sin \delta}{p_2 \sin \delta} = 1 + \frac{\sin \alpha}{\sin \delta}$$

$$\frac{p_1 - p_2}{p_2} = \sin \alpha = \frac{40}{120} = \frac{1}{3}$$

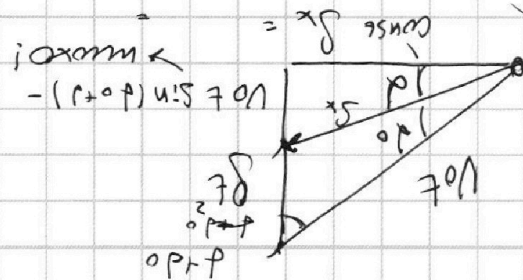
$$\Delta Q = A E_{\text{смет.}}$$

$$-Q \cos \delta = \frac{2 v_0 \sin \delta \cdot \delta}{2}$$

$$-3 \frac{v_0}{8} = \frac{(v_1)^2 - v_0^2}{2}$$

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2} = \frac{3 v_0^2}{4}$$

$$v_0 = \sqrt{851}$$





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!

Процесс изохорический $\Rightarrow \Delta p_{газ} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow Q = \Delta U$, где ΔU - удл. вн. энергии газа (или смеси газов)

$\nu_n, \nu_{не}$ - кол-во в-ва

$\nu_{газ}$ и смеси соотв.

$$1) Q = \nu R \Delta T =$$

$$= \frac{3}{2} \nu_{не} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_n R \Delta T_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1$$

Изобарический процесс:

$$1) Q = \Delta U$$

$$2) Q = \Delta U + A$$

$$\frac{p_1 \cos \alpha}{p_2 \cos \beta} = \frac{p_1 \sin \alpha}{p_2 \sin \beta} \cdot \frac{m_1}{m_2}$$

$$Q_2 = \left(\frac{5}{2} \nu_n R + \frac{3}{2} \nu_{не} R \right) \Delta T_2$$

$$Q = P_1 V_1 + \frac{3}{2} A P_2 V_2 = \frac{U P_1 V_1}{P_2} - \frac{3 U P_2 V_2}{8}$$

$$Q = \left(\frac{5}{2} \nu_n R + \frac{3}{2} \nu_{не} R \right) \Delta T_2 - (P_1 + P_2) \Delta V$$

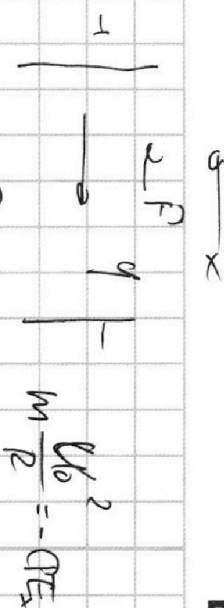
$$\frac{31,2 - 20}{31,2} = \frac{14,2}{31,2} \cdot 480 = \frac{112}{312} \cdot 480$$

$$\frac{p_1 \cos \alpha}{p_2 \cos \beta} = \frac{p_1 \sin \alpha}{p_2 \sin \beta} \cdot \frac{m_1}{m_2}$$

$$= \frac{p_2 \cos \beta}{p_1 \cos \alpha} \cdot \frac{p_1 \sin \alpha}{p_2 \sin \beta} \cdot \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{56}{156} \cdot 480 = \frac{28}{78} \cdot 480 = \frac{14}{39} \cdot 480$$

$$F_x = -Q E = m a x$$



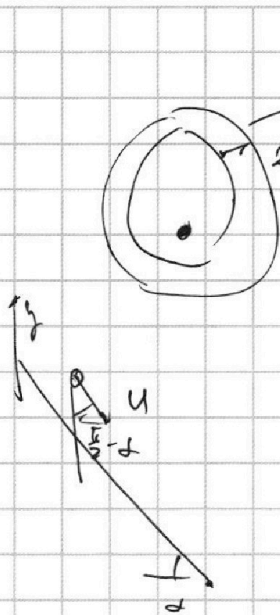


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



$$\frac{du}{dr} = 0$$

$$2n dn \cdot r = du \Rightarrow dm = 2n dn \cdot 4\pi r^2 \Rightarrow$$

$$= \int dI = 2\rho \int_0^R r^3 dr = \frac{2}{4} \rho \pi R^4$$

$$\rho = \frac{M}{\pi R^2 x} \quad \frac{2}{4} \frac{M}{\pi R^2 x} \cdot \pi R^4 = \frac{1}{2} MR^2$$

Max

$$\frac{d}{dx} = 0$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin(\cos(\alpha_0) \cos(\alpha + \alpha) = \sin(\alpha_0) \sin(\alpha + \alpha))$$

$$MgH + \frac{3}{2} Mu^2 = \text{const}$$

$$\frac{d}{dt} (MgH + \frac{3}{2} Mu^2) = 0$$

$$Mg \frac{dH}{dt} + 3Mu \frac{du}{dt} = 0$$

$$|u|$$

$$g \sin \alpha + 3u \alpha = 0$$

$$-g \frac{\sin \alpha}{3} = \alpha$$

P₁ P₂



$$mg \sin \alpha - m mg \cos \alpha = 1m$$

$$mg \sin \alpha + m mg \cos \alpha = 2m$$

$$mg 2 \sin \alpha = 3 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{2g}$$

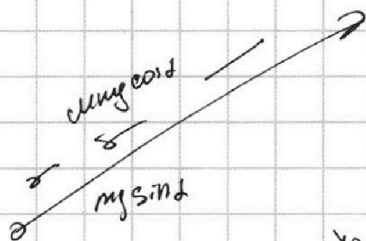
$$\frac{3}{2} P_1 |AV| + \frac{5}{2} P_2 |AV| = Q$$

$$Q = \frac{3}{2} V_{me} R |AT_2| + \frac{5}{2} V_{m} R |AT_1| +$$

$$+ (P_1 + P_2) AV$$

$$Q = \frac{3}{2} |AP_1| V + \frac{5}{2} |AP_2| V$$

$$Q = (\frac{3}{2} V_{me} + \frac{5}{2} V_m) |AT_1|$$





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
__ 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!

$$S_x = \frac{2V_0 \sin(\alpha_0)}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0 \sin(\alpha_0)}{g \cos^2 \alpha} + \frac{2V_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g \cos^2 \alpha \cos(\alpha_0 + \alpha)}$$

$$S_x = \frac{2V_0 \sin(\alpha_0)}{g \cos^2 \alpha} + \frac{2V_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g \cos^2 \alpha \cos(\alpha_0 + \alpha)}$$

$$2V_0 \sin(\alpha_0) = \frac{2V_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g \cos^2 \alpha \cos(\alpha_0 + \alpha)}$$

$$\cos(\alpha_0 + \alpha) = \frac{V_0 \sin^2 \alpha_0}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\sin 2\alpha = \frac{2 \cos(\alpha_0 + \alpha) \sin \alpha_0}{\cos(\alpha_0 + \alpha)} = 1 - \sin 2\alpha_0$$

$$\frac{2 \cos(\alpha_0 + \alpha) \sin \alpha_0}{2g \cos^2 \alpha} = 1 - \sin 2\alpha_0$$

$$U = \frac{E}{V_0} = \dots$$

$$m \frac{V_0^2}{R} = -qE$$

$$\frac{V_0^2}{R} = -qE = \dots$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{-qER}$$

$$U_x = |A| \cos \alpha$$

$$m|A| = -qE \Rightarrow |A| = -qE$$

$$-E \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{8} \right) = -\frac{qE}{8} E = \Delta A = \dots$$

$$= -qE \frac{3d}{8} = \frac{m(U')^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} - qE \frac{3d}{8} = \frac{m(U')^2}{2} \quad | : m$$

$$\frac{V_0^2}{2} - qE \frac{3d}{8} = \frac{U^2}{2}$$

$$\sqrt{V_0^2 - 3qE \frac{3d}{4}} = U$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha_0}{g \cos \alpha}$$

$$\frac{S_x}{\cos(\alpha_0 + \alpha)} = \frac{g t^2}{2 \sin \alpha_0}$$



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!

t' - время падения на шип

$$t' = 2 \frac{V_0 \sin \alpha_0}{g \cos \alpha}$$

находящих на шип.

S_y^2 - проекция
перемещения оснований,

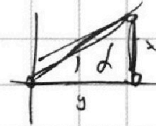
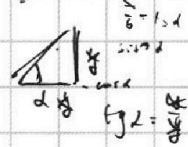
$$g_x = -g \sin \alpha$$

$$U_y(t) = V_0 \cos \alpha_0 - g \sin \alpha t \quad \text{- равномерное}$$

$$g \text{ движение. } \Rightarrow S_y = V_0 \cos \alpha_0 t' - \frac{g \sin \alpha (t')^2}{2} =$$

$$= V_0 \cos \alpha_0 \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha_0}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot 4 \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= 2 \frac{V_0^2 \cos \alpha_0 \sin \alpha_0}{g \cos \alpha} - 4 \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g \cos^2 \alpha}$$



$$x(t) = V_0 \cos(\alpha_0 + \alpha) t$$

$$y(t) = V_0 \sin(\alpha_0 + \alpha) t - \frac{g t^2}{2}$$

$$t = \frac{x(t)}{V_0 \cos(\alpha_0 + \alpha)}$$

$$-Q = -AT_2 + A \quad V_0 \sin(\alpha_0 + \alpha) t = x(t) \operatorname{tg}(\alpha_0 + \alpha)$$

$$y(x) = x \operatorname{tg}(\alpha) - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2(\alpha)} = x \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$x \rightarrow \max$

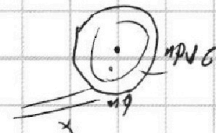
$$x \operatorname{tg}(\alpha_0 + \alpha) - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2(\alpha_0 + \alpha)} = x \operatorname{ctg} \alpha$$

$$x/2 = d \sin \alpha$$

$$d \sin \alpha = x/2$$

$$- \operatorname{tg} \alpha \cdot x/2 = \operatorname{ctg} \alpha \cdot x \Rightarrow \sin \alpha = 2 \operatorname{ctg} \alpha \cdot \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = 2 \cos \alpha \Rightarrow \sin \alpha = 2 \cos \alpha$$

$$m R^2 +$$





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

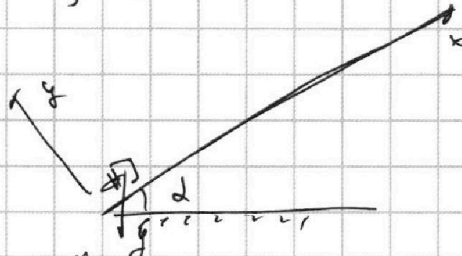
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

$$\frac{9}{5} \cdot 10 \cdot \frac{6}{10} \cdot \frac{8}{20} = \frac{6}{5}$$

10

α -угол склона
плоскости



по 2-ой закону Ньютона для шара
(во втором случае)

$$y: N = mg \cos \alpha; \quad x: m a_{1x} = -N \sin \alpha - mg \sin \alpha$$

(по второму закону)

$$x: m a_{2x} = -N \sin \alpha - mg \sin \alpha$$

из условия:

$$a_{1x} = -\frac{1}{2}; \quad a_{2x} = -1 \Rightarrow \begin{cases} -N \sin \alpha - mg \sin \alpha = -\frac{1}{2} m g \\ -N \sin \alpha - mg \sin \alpha = -m g \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2mg \sin \alpha = 3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{20}$$

2. Для определения скорости воспользуемся
законом сохранения энергии:

$$Mg h_0 = Mg h + \frac{I \omega^2}{2} + \frac{M v^2}{2}, \text{ где } \omega - \text{угловая скорость}$$

вращения бочки, h_0, h начальная и конечная
высоты соответственно, I - момент инерции бочки,
 v - скорость бочки

$$I = \frac{1}{2} n M R^2 + M R^2, \text{ где } R - \text{радиус бочки, } M - \text{масса бочки}$$