



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

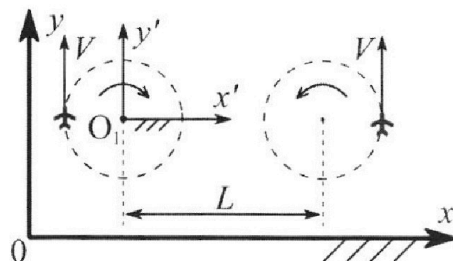
Вариант 10-02

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 $V = 70$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R = 700$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

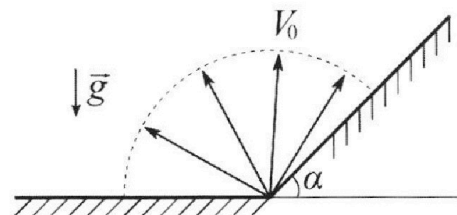
1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



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

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

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно $S_1 = 160$ м, упавших на склон, $S_2 = 120$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



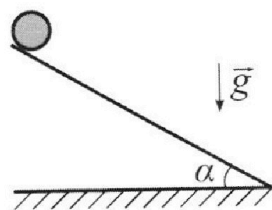
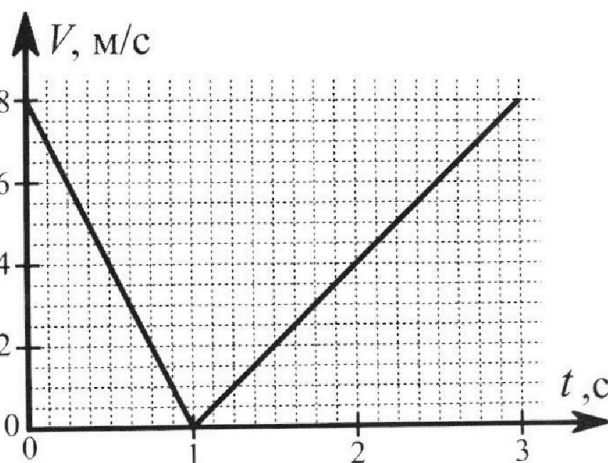
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите угол α , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

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

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

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в $n = 2$ раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на $L = 0,6$ м?
3. Найдите ускорение a , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





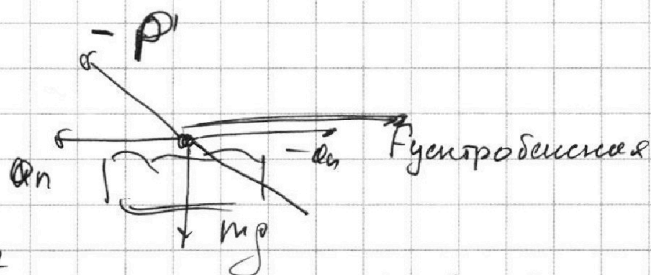
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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. ~~Найдем~~ все силы, действующие на
летчика в самолёте:



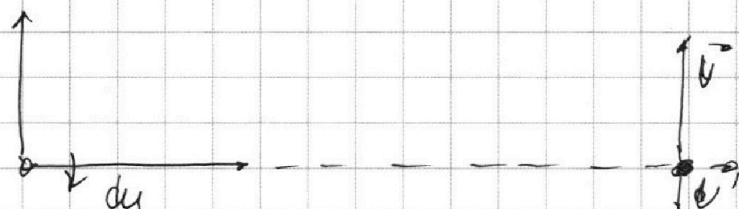
Результант сил $(mg)^2 = P^2$, т.к. сумма
всех сил равняется нулю.

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

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

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

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



$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V} = \vec{V} - \vec{V}'$$



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!

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

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

скорость направлена против $\vec{V}$, а

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

$$\text{Ответ: } \frac{R}{mg} = \sqrt{\frac{100}{100}} = \sqrt{1 + \frac{U^2}{g^2 R^2}}; \text{ Уотт } = |\vec{U}| = 100 \text{ м/с}$$



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

40

$(4 \cdot 100)^2$

$\frac{4^4 \cdot 100^4}{4^8 \cdot 100^4 \cdot 10^2} = \frac{4g}{100} + 1 =$

$= \frac{\sqrt{148}}{100}$

$\frac{4^4 \cdot 100^4}{4^8 \cdot 100^4 \cdot 10^2} = \frac{4g}{100} + 1 =$

$= \frac{148}{100}$

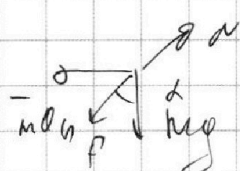
$\vec{a} - \vec{\omega}(2+2R) = 40 \sin \alpha$

$P = ((mg)^2 + (ma_n)^2) \cos \alpha$

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

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

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





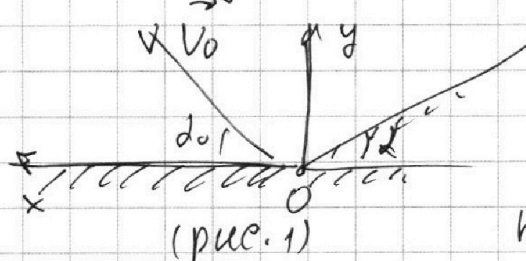
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.:



Введём ось Ox и Oy так, как показано на рис. 1

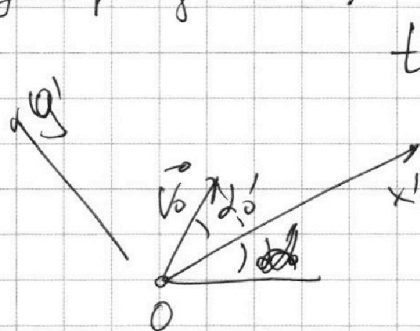
α_0 - угол между V_0 и $Ox =$,

$$\Rightarrow u_x = V_0 \cos \alpha_0, \text{ и } u_y = V_0 \sin \alpha_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t - \text{время падения} = \frac{2 V_0 \sin \alpha_0}{g} \Rightarrow S_x - \text{горизонтальное перемещение равен } S_x = u_x t = \frac{2 V_0 \sin \alpha_0}{g} \cdot V_0 \cos \alpha_0 =$$

$$= \frac{V_0^2}{g} \sin(2\alpha_0) \leq \frac{V_0^2}{g} \Rightarrow S_1 g = V_0^2 \Rightarrow V_0 = \sqrt{S_1 g} =$$
$$= \sqrt{16 \cdot 10 \cdot 10} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ м/с}$$

2. Введём ось Ox' паралл. склону и ось Oy' , перпендикулярную Ox' .



t' - время падения на склоне

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

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



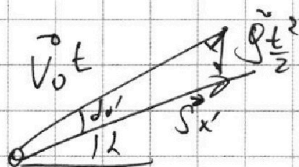
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:

$$\frac{S_1}{\cos(\alpha' + \alpha)} = \frac{g t^2}{2 \sin(\alpha')} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow S_1 &= \cos(\alpha' + \alpha) \frac{g}{2 \sin(\alpha')} \cdot \frac{4 V_0^2 \sin^2(\alpha')}{g^2 \cos^2 \alpha} = \\ &= \frac{2 V_0^2 \sin(\alpha') \cos(\alpha' + \alpha)}{g \cos^2 \alpha} \end{aligned}$$

Из математических

соображений получим, что $S_1 \leq \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} (1 - \sin \alpha) \Rightarrow$

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

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

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{S_1 - S_2}{S_2} \Rightarrow \alpha = \arcsin \frac{S_1 - S_2}{S_2} = \arcsin \left(\frac{1}{5} \right)$$

$$\text{Ответ: } V_0 = \sqrt{g S_1} = 10 \text{ м/с}, \alpha = \arcsin \frac{S_1 - S_2}{S_2} = \arcsin \left(\frac{1}{5} \right)$$



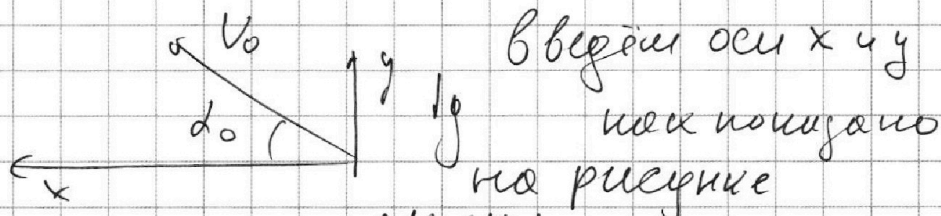
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.:



$$t - \text{время полета} = \frac{2V_0 \sin d_0}{g}$$

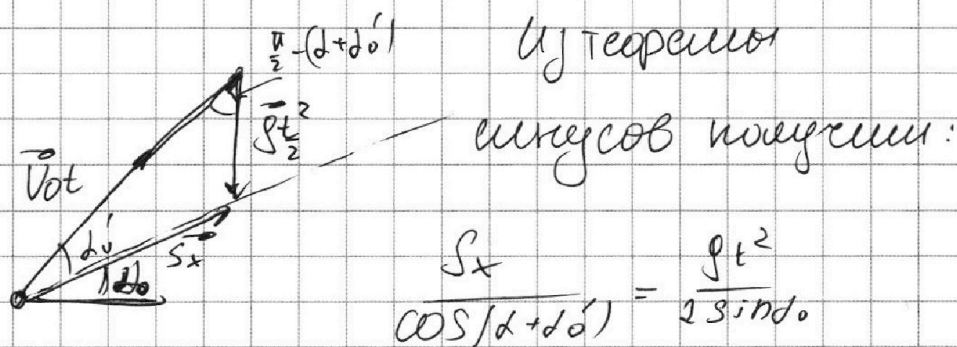
$$\Rightarrow S_x - \text{гориз. перемещение} = \frac{2V_0^2 \sin d_0 \cos d_0}{g} =$$

$$V_x t = S_x; V_x = V_0 \cos d_0$$

$$= \frac{V_0^2}{g} \sin(2d_0) \leftarrow \frac{V_0^2}{g} = S, \Rightarrow V_0 = \sqrt{gS}$$

(при этом $d_0 = \frac{\pi}{4}$)

2. Векторный треугольник перемещений:



$$\frac{S_x}{\cos(d_0 + d_0')} = \frac{g t^2}{2 \sin d_0}$$

t - время падения

основана на горизонтальной плоскости, а d_0' -

- угол между ~~векторами~~ ~~векторами~~ и векторами нач. скорости.

$$t = 2 \frac{V_0 \sin(d_0')}{g \cos d_0} \Rightarrow S_x = \frac{2V_0^2 \cos(d_0' + d_0) \sin(d_0')}{g \cos^2 d_0}$$



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

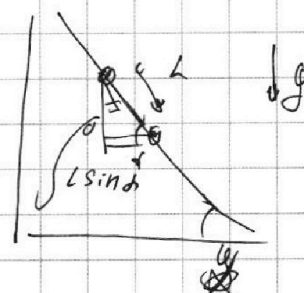
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\text{Итак, } 3g\Delta h = \frac{5}{2} m u^2 =$$

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

$$(a = \frac{3}{5} g \sin \alpha) \text{ ч.м.} \geq \text{т.д.} \quad = \frac{6}{10} \text{ м/с}^2 = 0,6 \text{ м/с}^2$$

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



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. Мусс-масса бочки

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

$$I = MR^2 + MR^2 = 2MR^2, \text{ где } \omega = \frac{v}{R}, \text{ т.к. вращ.}$$

отсутствует.

$$I = 2MR^2$$

$$M/n \cdot g \Delta h = M(n+1) \frac{v^2}{2} + \frac{3}{2} M R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}$$

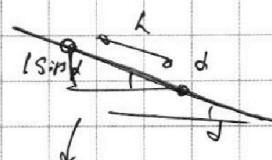
Учитывая, что $n=2$ получим:

$$3Mg \Delta h = 3M \frac{v^2}{2} + \frac{3MR^2}{2} \cdot \frac{v^2}{R^2}$$

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

$$g \Delta h = v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{4}{3} g \Delta h = \frac{4}{3} g L \sin \alpha \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{4}{3} g L \sin \alpha} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot 10 \cdot \frac{6}{10} \cdot \frac{3}{5}} = \sqrt{\frac{6}{5}} \text{ м/с}$$



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

3. Суммарная механическая энергия

всегда постоянна: продифференцируем закон сохранения энергии по времени:

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

то

$$M(n+1)g \Delta h = M(n+1) \frac{v^2}{2} + \frac{2MR^2}{2} \cdot \frac{v^2}{R^2}$$

$n=3 \Rightarrow$

$$3Mg \Delta h = 3M \frac{v^2}{2} + Mv^2 = \frac{5}{2} Mv^2$$



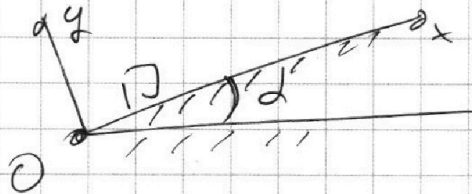
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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-использованный груз (точно, весовые)~~



Ох вдоль горки Оу - перпендикулярно Ох
м-коэф. трения

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

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

2) движение вниз

$|Q_2| = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$, так.

используя
данные график
и возвращение

$|Q| = | \frac{dU}{dt} |$ ищем: тело не останавливается, и касаясь
упрощается

$$\begin{cases} \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = 2 \\ mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = 1 \end{cases} \Rightarrow 2 mg \sin \alpha = 3 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{20}$$

2. Используем теорему Жюльена и Вронца.

Используем теорему Жюльена и Вронца.

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

относительно центра масс, ω - угловая
скорость вращения; v - скорость центра масс, а
 Δh - высота, на которую опустится центр масс
м-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!

$$I = 2MR^2 =, \quad M g R_0 = M g R + \frac{M v^2}{2} + \frac{M v^2}{R^2} R^2 = M g R + \frac{3}{2} M v^2 =,$$

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

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

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

$$= \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{\frac{6}{10}} \text{ м/с}$$

3. Среднораспределение энергии системы равно нулю $\Rightarrow$

$$\oint \frac{dH}{dt} = -3 \alpha dH ; \quad \oint \alpha \sin \alpha = -3 \alpha \frac{dH}{dt} =,$$

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

4.



из 2-ого закона Ньютона:

$$M g \cos \alpha \neq M g \sin \alpha$$

$$\alpha \geq \arctan 2$$

$F_{тр} \geq M g \sin \alpha$, где M — минимальная масса башки и воды (минимальная башка)

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



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 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!

Узохорисешиет процесс:

V_n, V_{ne} - иви-ва в-ств оюта и ешии еоотв.

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

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

Узоборисешиет процесс:

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

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

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

$$2. \int_0^{\Delta T} C_p dT = \int_0^Q \frac{1}{T} dQ \Rightarrow C_p \Delta T_2 = Q \Rightarrow C_p = \frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{480}{20} = 34 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

3.

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

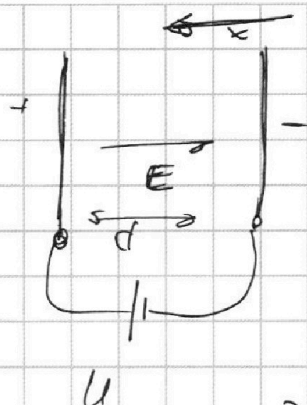


1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!



$$dE = U \Rightarrow$$

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

$\Rightarrow Q_{yx}$ (ускорение
частицы по
оси x)
(рис.)

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

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

2. По закону сохр. энергии:

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

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

$$\Rightarrow U_{\text{конечн.}} = \sqrt{\frac{U \gamma R}{d} + \frac{3 U \gamma}{4}}$$

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

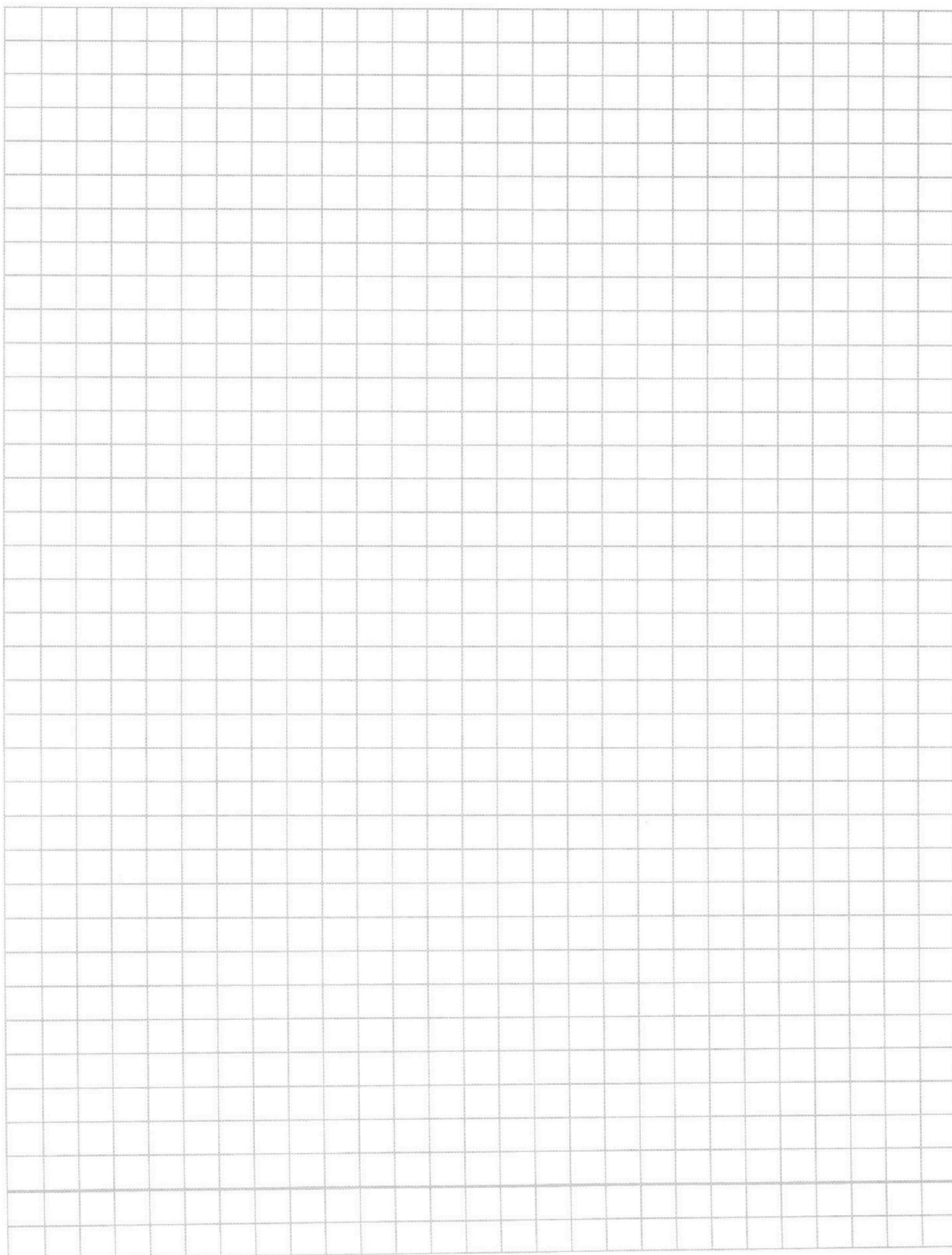


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!



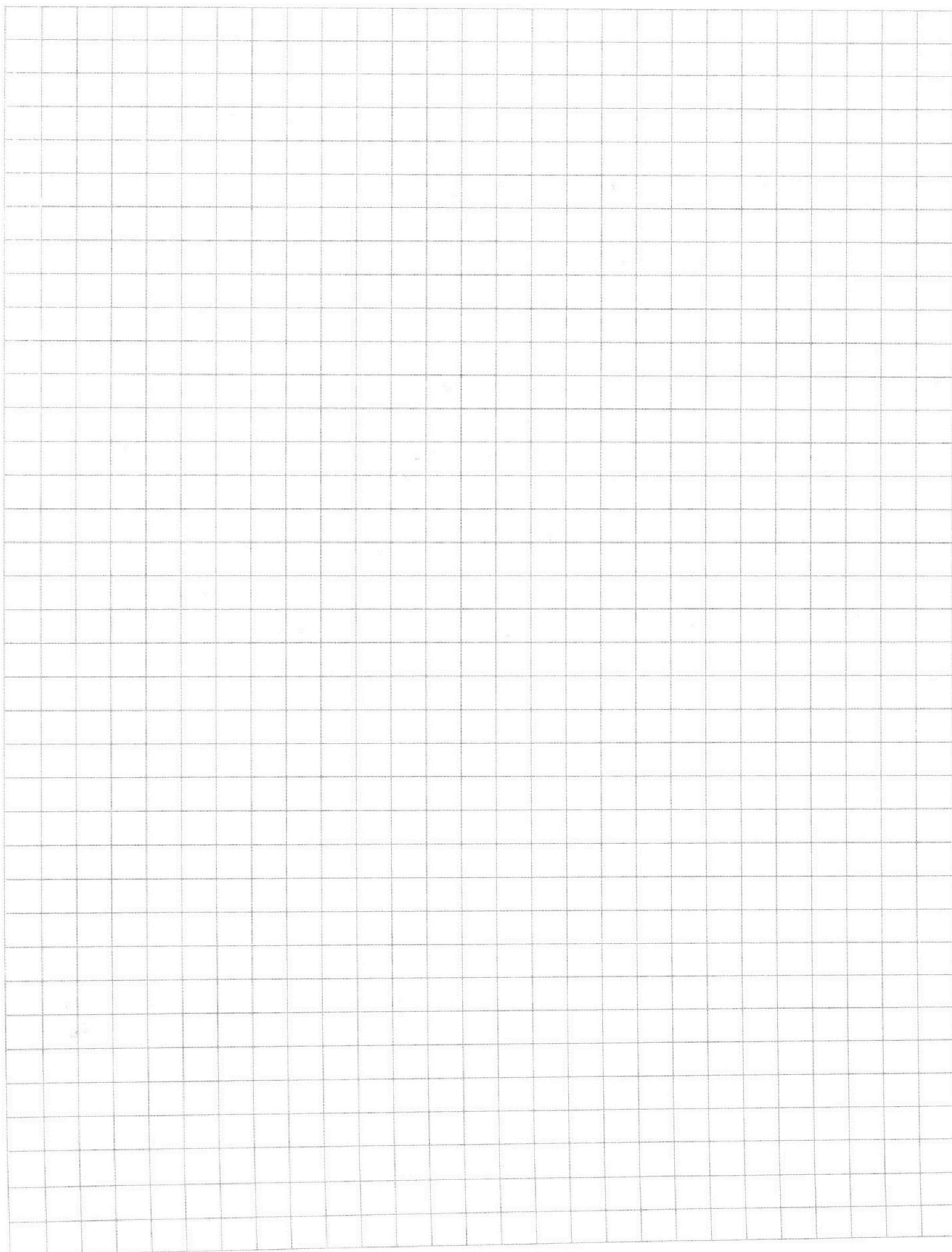


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!





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
☐

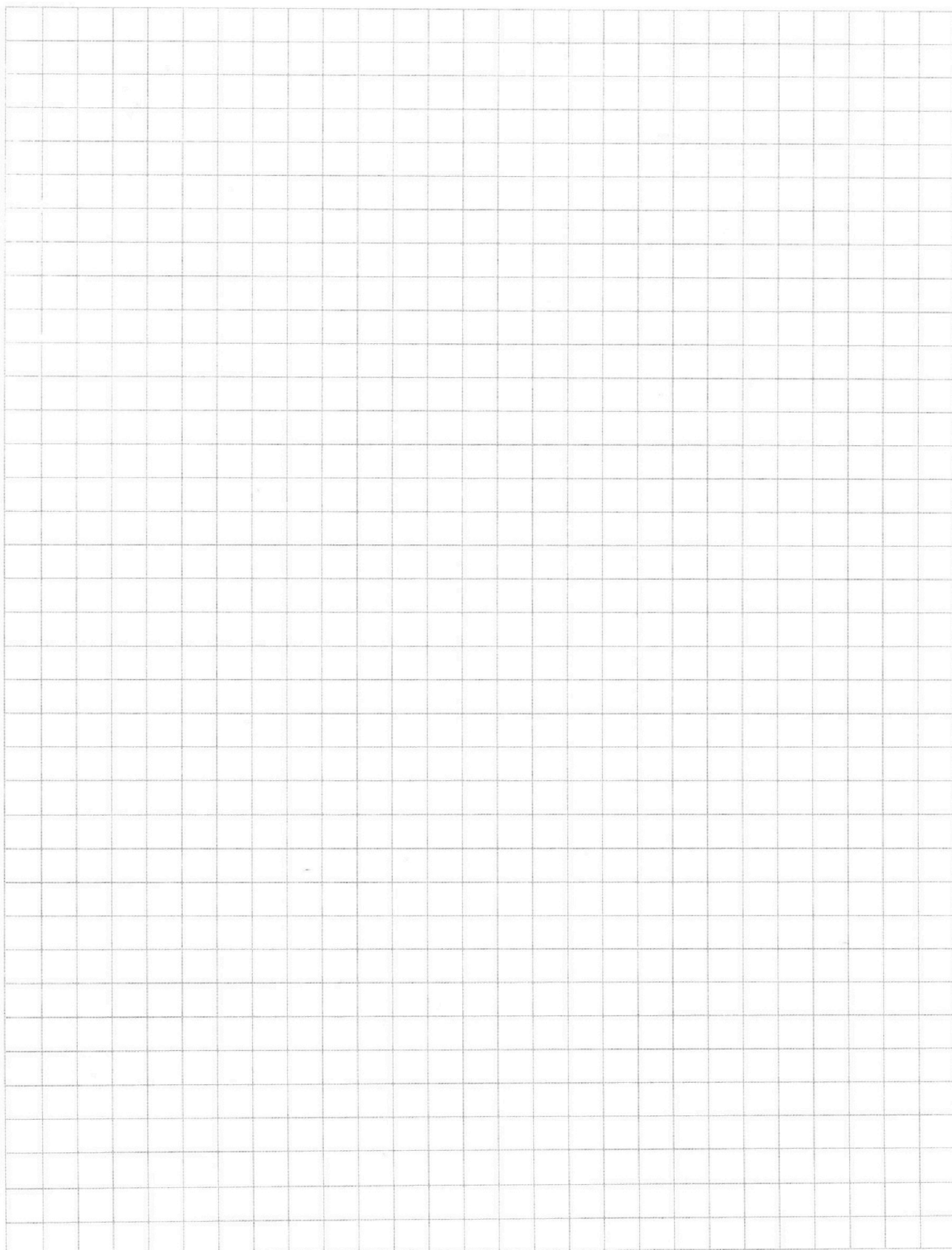
5
☐

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.

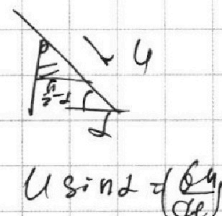
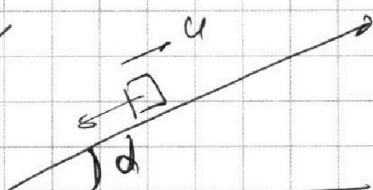
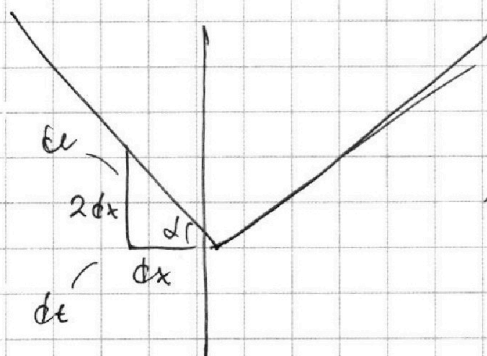
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Черновик *

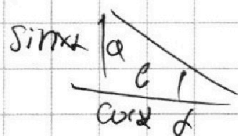
Вверх



$$u \mu g \cos \alpha + \mu g \sin \alpha = m a,$$

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

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



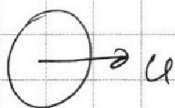
$$\text{tg } \alpha = \frac{a}{g} = \frac{du}{dx} = 2 = |a|$$

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

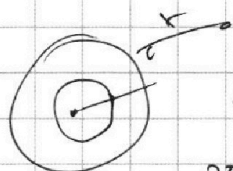
$$g \sin \alpha - u \mu \cos \alpha = 1$$

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

$$\sin \alpha = \frac{3}{2g} \text{ - Верно +}$$



$$E_{\text{м.}} + E_{\text{вр.}} = \frac{m_1 u^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} \quad \frac{M g}{J = \pi R^2 x}$$



$$\int x \cdot 2\pi n^3 dn = dI$$

$$2\pi \int x \int n^3 dn = I = \frac{\pi \int x R^4}{2} = \frac{\pi R^4}{2} \cdot \frac{M g}{\pi R^2 x}$$

$$= M g \frac{R^2}{2} = \pi M \frac{R^2}{2} \pm M R^2$$



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!

$$mg\Delta h = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}}$$

$$mg\Delta h = \frac{mR^2}{2}\omega^2 + \frac{m}{2}u^2 = \frac{mR^2}{2}\frac{u^2}{R^2} + \frac{m}{2}u^2 = \frac{m}{2}u^2$$

$$u = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{u}{R} \quad (\text{для отрезка})$$

g'

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

$$\frac{3mR^2}{2} \frac{u^2}{R^2} =$$

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

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

$$3mg\Delta h = 3m\frac{u^2}{2} + 3m\frac{u^2}{4} \cdot 1:1$$

$$3g\Delta h = \frac{3u^2}{2} + \frac{3u^2}{4} = \frac{9u^2}{4}$$

$$MR^2 - \frac{4}{3}R^2 =$$

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

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

$$M(n+1)gR_0 = M(n+1)gR(n) + \frac{1}{2}M(n+1)u^2 +$$

$$3MgR(n) + 3Mg\frac{u^2}{2} + \frac{2MR^2}{R^2} \frac{u^2}{2}$$

$$3gR(n) + \frac{3}{2}u^2 + u^2 =$$

$$= 3gR(n) + \frac{5}{2}u^2(n) = \text{const}$$



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 $\Rightarrow A_{\text{изох}} = 0 \Rightarrow$

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

ν_n, ν_{He} - кол-во в-во

R - универсальная газовая const.

$$1) Q = \left(\frac{5}{2} \nu_n + \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} \right) R \Delta T_1 =$$

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

Изохорический процесс:

$$1) Q = \Delta U$$

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

$$(P_1 + P_2) \Delta V = (P_1 + P_2) \Delta V$$

$$Q = \frac{5}{2} \Delta P_1 V + \frac{3}{2} \Delta P_2 V$$

$$(P_1 + P_2) \Delta V = \frac{P_1 \Delta V}{\gamma_1} + \frac{P_2 \Delta V}{\gamma_2} = \Delta V \left(\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} \right)$$

$$= \frac{14 \cdot 8}{8} - \frac{3 \cdot 4 \cdot 8}{8}$$

$$Q_2 = \left(\frac{5}{2} \nu_n R + \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \right) \Delta T_1$$

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

$$\frac{31,2 - 20}{31,2} =$$

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

$$\frac{P_1 \Delta V}{\gamma_1} = \frac{P_2 \Delta V}{\gamma_2} =$$

$$\frac{56}{156} \cdot 480$$

$$\frac{28}{48} = \frac{14}{38} \cdot 480$$

$$F_x = -Q E = m a_x$$

$$m \frac{v_0^2}{R} = -Q E$$



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
☐

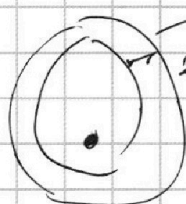
5
☐

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!

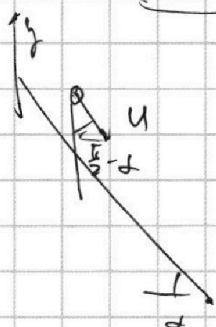


$$2\pi r dr \cdot \rho = dm = 2\pi r dr \cdot \rho \Rightarrow$$

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

$$\rho = \frac{M}{\pi R^2 x}$$

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



400 g

$$mgh + \frac{3}{2} mu^2 = \text{const}$$

$$\frac{d}{dt}(mgh + \frac{3}{2} mu^2) = 0$$

$$mg \frac{du}{dt} + 3u \frac{du}{dt} = 0$$

$$|u|$$

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

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

$$mg \sin \alpha - m \alpha g \cos \alpha = 1 \text{ m}$$

$$mg \sin \alpha + m \alpha g \cos \alpha = 2 \text{ m}$$

$$mg 2 \sin \alpha = 3 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{20}$$

$$\frac{3}{2} P_1 \Delta V + \frac{5}{2} P_2 \Delta V = Q$$

$$Q = \frac{3}{2} P_1 \Delta V + \frac{5}{2} P_2 \Delta V$$

$$Q = \frac{3}{2} V_{m1} R |T_2| + \frac{5}{2} V_{m2} R |T_1| + (P_1 + P_2) \Delta V$$

$$Q = (\frac{3}{2} V_{m1} + \frac{5}{2} V_{m2}) R |T_1|$$

Max

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

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

$$\sin \alpha \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \cos \alpha \cos \beta$$

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

P₁ P₂
V



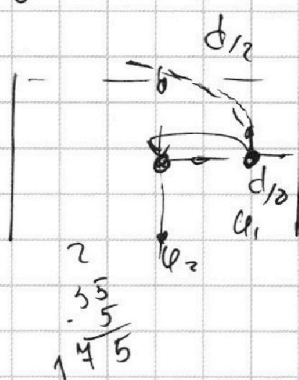
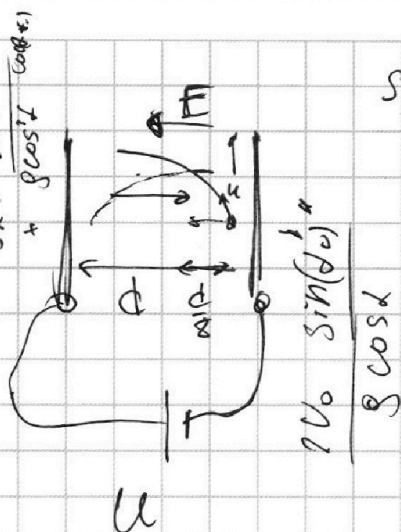
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{2V_0 \sin(\alpha_0)}{g \cos^2 \alpha} \\ S_x &= \frac{2V_0 \sin(\alpha_0)}{g \cos^2 \alpha} \\ S_x &= \frac{2V_0 \sin(\alpha_0)}{g \cos^2 \alpha} \end{aligned}$$



$$V_{x0} = V_0 \cos \alpha_0$$

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

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

$$U = \frac{V}{\sigma} =$$



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

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

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

$$U_x = -\Delta U$$

$$m|\Delta x| = -qE =, |\Delta x| = -qE$$

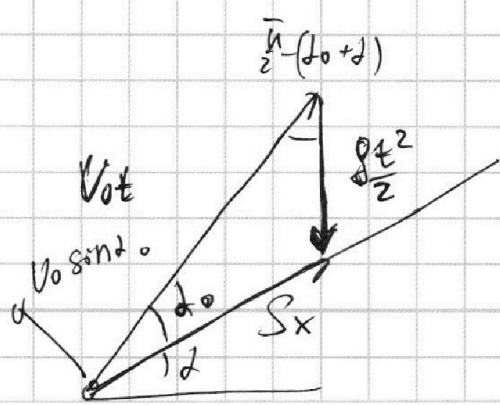
$$\begin{aligned} -E \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{8} \right) &= -\frac{qE}{8} =, \Delta A = \\ &= -qE \frac{3d}{8} = \frac{m(U')^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \end{aligned}$$

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

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

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

$$m \Delta x = -qE$$



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



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 шланг

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

падающих на шланг.

S_y^2 - проекция

перемещения оснований,

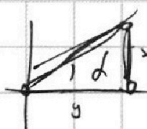
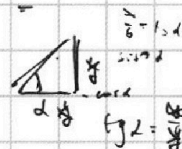
$$g_x = -g \sin \alpha$$

$U_y(t) = V_0 \cos \alpha_0 - g \sin \alpha t$ - равноускоренное

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

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

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



$$\tan \alpha = \frac{d}{V_0 \cos \alpha}$$

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

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

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

$$-Q = -AT_2 + A$$

$$V_0 \sin(\alpha_0 + \alpha) t = x(t) \tan(\alpha_0 + \alpha)$$

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

$x \rightarrow \max$

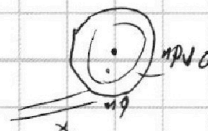
$$x \tan(\alpha_0 + \alpha) - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2(\alpha_0 + \alpha)} = x \tan \alpha$$

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

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

$$- \frac{g x}{2 V_0^2 \cos^2(\alpha_0 + \alpha)} = \tan \alpha - \tan \alpha = 0$$

$$m R^2 +$$





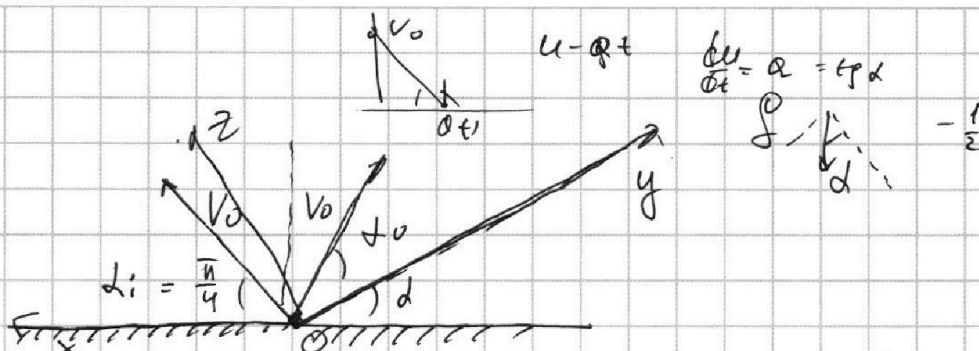
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

1.



Для оснований, падающих на поверхность:

$|\vec{S}| = S_x$, где $\vec{S}$ - перемещение, а S_x -

t_0 его проекция на ось Ox :

t - время полёта основания, упавшего на пов.

$U_y = V_0 \sin \alpha_i$, где α_i - угол между вектором

$U_x = V_0 \cos \alpha_i$ нач. скорости и поверхностью

$$t = 2 \frac{V_0 \sin \alpha_i}{g} \Rightarrow S_x = 2 U_x = V_0 \cos \alpha_i \cdot 2 \frac{V_0 \sin \alpha_i}{g} =$$

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

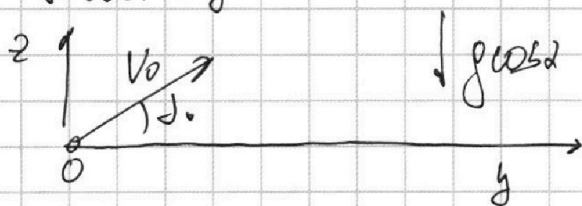
(α_i при этом равно $\frac{\pi}{4}$)

$$= \sqrt{160 \cdot 10} = \sqrt{16 \cdot 100} = 40 \text{ м/с}$$

2. перейдём в инерциальную С.О., где наблюд.

относ. движ. горизонтальной (ось Oy):

ось $Oz \perp$ оси Oy



$g_z = -g \cos \alpha$
 α - угол между
нач. скоростью и осью
 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

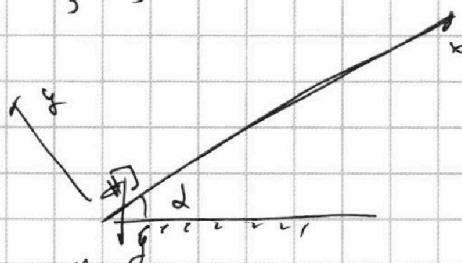
1 ИЗ 2

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!

$$\frac{4}{5} \cdot 10 \cdot \frac{6}{10} \cdot \frac{8}{20} = \frac{6}{5}$$

1.

α - угол склона
плоскости



по 2-ой закону Ньютона для шара
(по остаткам)

y: $N = mg \cos \alpha$; x: $mg \sin \alpha = \mu N$ (по остаткам)

x: $mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$

1) упрощая :

$$\mu \cos \alpha = -\frac{1}{2} ; \mu \sin \alpha = -1 \Rightarrow \mu mg \cos \alpha + \mu mg \sin \alpha = -\frac{1}{2} mg$$

$$\mu mg \cos \alpha - \mu mg \sin \alpha = -\frac{1}{2} mg$$

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

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

2. Для определения скорости воспользуемся
законом сохранения энергии:

$$Mgh_0 = Mgh + \frac{I\omega^2}{2} + \frac{Mv^2}{2}, \text{ где } \omega - \text{угловая скорость}$$

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

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