



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

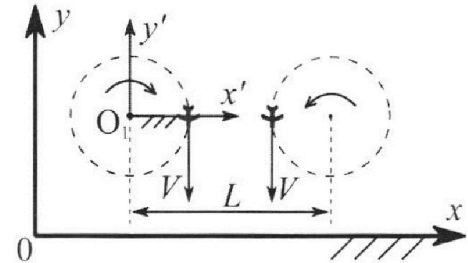
## Вариант 10-03

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  $V = 60$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R = 360$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

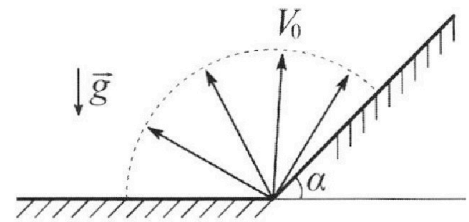
1. На сколько  $\delta$  процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L = 1,8$  км. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

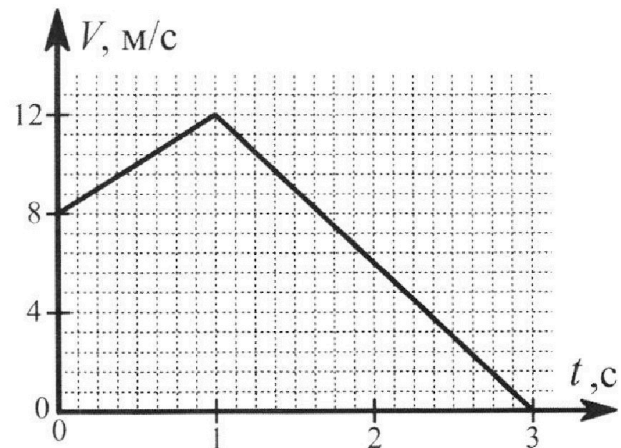
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha$  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  $H = 45$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



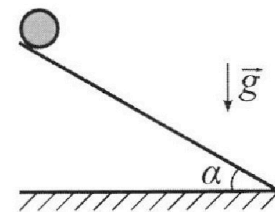
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

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  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



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

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в  $n = 3$  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  $S = 1$  м?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 10-03

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  $\frac{N_{He}}{N_{O_2}}$  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?



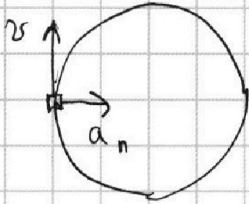
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

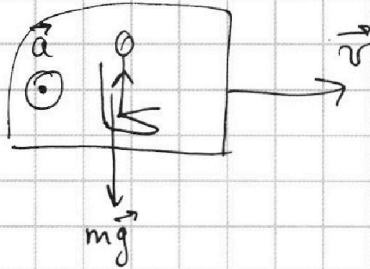
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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.



$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{60^2 \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{360} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

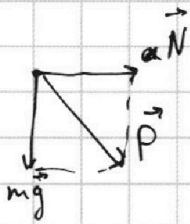


$$m\vec{a} = \vec{N}$$

вес летчика:  $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a} + m\vec{g}$

сила тяжести действующая на летчика:  $m\vec{g}$

$$|\vec{m\vec{a} + m\vec{g}}| = m\sqrt{a^2 + g^2}$$



$$P^2 = N^2 + (mg)^2$$

$$P = m\sqrt{a^2 + g^2}$$

$$F_T = mg$$

~~$$\frac{P}{F_T} = \frac{m\sqrt{a^2 + g^2}}{mg} = \sqrt{\left(\frac{a}{g}\right)^2 + 1} = \sqrt{10^2 + 1} = \sqrt{101} \approx 10$$~~

~~$$1 - \frac{\delta}{100\%} = \frac{F_T}{P}$$~~

$$\frac{P - F_T}{P} = \delta \frac{\delta}{100\%}$$

~~$$\frac{\delta}{100\%} = 1 - \frac{mg}{m\sqrt{a^2 + g^2}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{a}{g}\right)^2 + 1}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{101}} \approx 0,099$$~~

$$= 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} \approx 0,2993$$

~~$$\delta = 4 \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} \cdot 100\% \approx 29,9\%$$~~

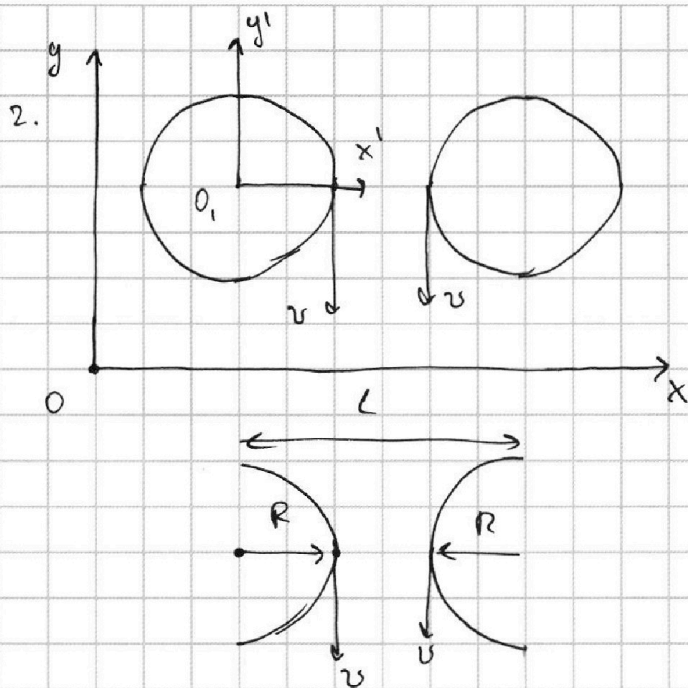


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

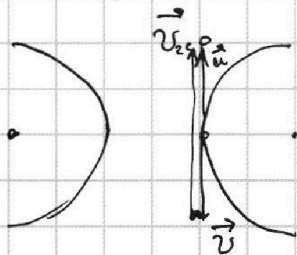
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



во вращающейся СО, связанной с первым самолётом  $\omega = \frac{v}{R}$

$$v_{\text{центр}} = \omega(L-R) = \frac{v}{R}(L-R) = \frac{L}{R}v - v$$

$$\vec{u} = \vec{v} - \vec{v}_{\text{центр}}$$



$$\vec{u} = \vec{v} - \left(\frac{L}{R} - 1\right)\vec{v} = 2\vec{v} - \frac{L}{R}\vec{v}$$

$$\frac{L}{R} = \frac{1800\text{м}}{360\text{м}} = 5$$

$$\frac{L}{R} \ll 2$$

$$\vec{u} = -3\vec{v}$$

вектор  $\vec{u}$  направлен в обратную сторону от вектора

$$\vec{v} \quad |\vec{u}| = 3 \cdot v = 180 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad - \text{Ответ}$$



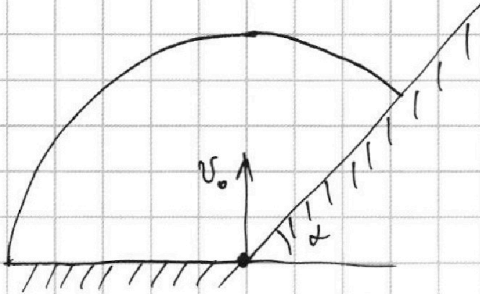
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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.



максимальная высота подъёма  $H$  достигается

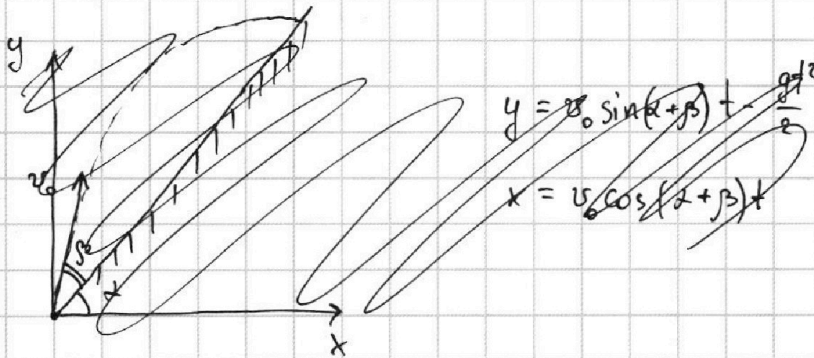
при  $v_0$  направленном ровно вверх, т.е. против

вектора  $\vec{g}$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH$$

$$v_0^2 = 2gH$$

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{900 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{Ответ.}$$



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.

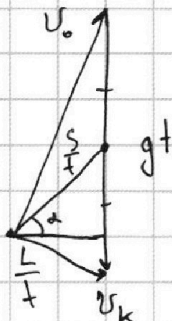
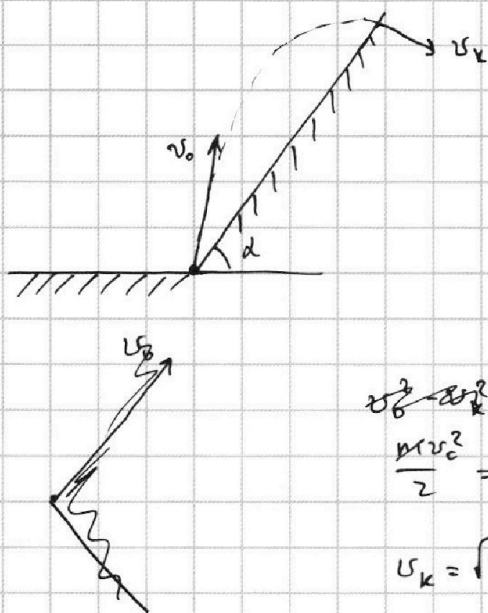


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

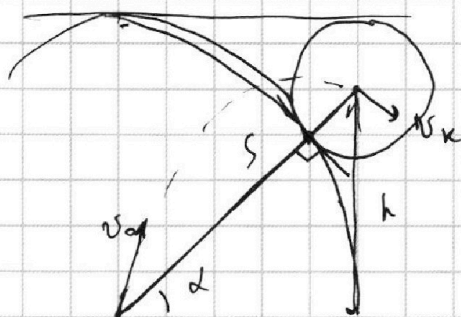
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2.



$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2} + mgh$$

$$v_k = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

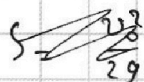


т.к.  $S$  - максимальное расстояние от точки старта по ~~ленте~~ <sup>может</sup> осколок ~~прелетит~~ <sup>пролетит</sup> только по одной траектории (касательная и наветная траектории совпадают) окружность ~~проведена~~ <sup>построена</sup> в точке запуска с радиусом  $\frac{v_0^2}{2g}$ , касается окружности ~~построенной~~ <sup>построенной</sup> в точке падения с радиусом

$$h = S \sin \alpha = \frac{4,8}{2,5} \cdot 0,8 S$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2} + mgh$$

$$v_k^2 = v_0^2 - 2gh = v_0^2 - 1,6gkS \Rightarrow \text{касательная они на}$$



скломе, т.е.

$$S = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_k^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{2g} - 0,8 S$$

$$S = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_k^2}{2g} = \frac{v_0^2}{g} - 0,8 S$$

$$1,8 S = \frac{v_0^2}{g}$$

$$S = \frac{v_0^2}{1,8g} = \frac{300 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{18 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 50 \text{ м} - \text{Ответ}$$



т.к. при касании центры летат на одной прямой, т.к. касательная ~~праву~~ <sup>праву</sup> проведена к точке касания  $\perp$  радиусам обеих окружностей, проведенных в точку касания

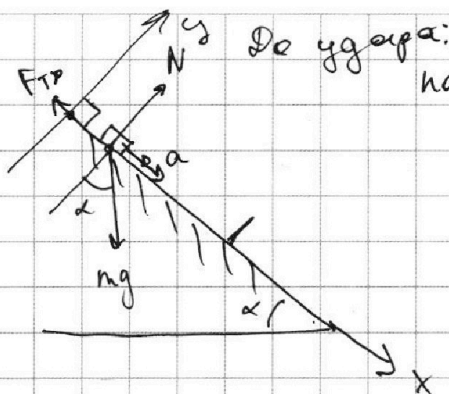
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 6

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!



До удара:

$$\text{на } x: ma_x = mg \sin \alpha - F_{TP}$$

$$F_{TP} = \mu N$$

$$\text{на } y: N = mg \cos \alpha$$

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

Из графика до столкновения

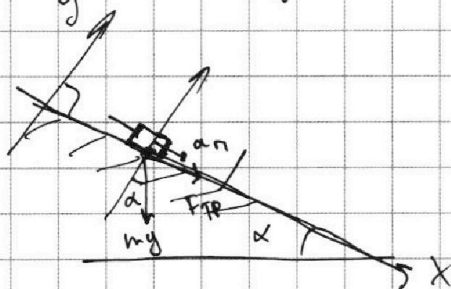
с упором

$$a_g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1 \text{с}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Из графика до столкновения  $v(t)$  - зависит линейно  $\Rightarrow$  движение равноускоренное, после

удара  $v(t)$  тоже линейно  $\Rightarrow$  тоже равноускоренное движение

После удара:



$$\text{на } x: ma_n = F_{TP} + mg \sin \alpha$$

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

$$a_n = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 12}{2} = -6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{на } x: ma_n = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a_n = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = 6 \left| \frac{0 - 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{с}} \right| = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

майка замедляется с таким ускорением

$$a_g + a_n = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 5

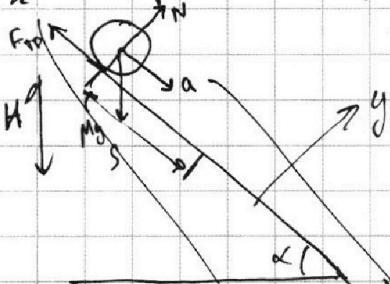
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$2g \sin \alpha = \frac{a_g + a_n}{a_g + a_n}$$

$$\sin \alpha = \frac{10 \frac{m}{c^2} a_g + a_n}{2g} = \frac{6 \frac{m}{c^2} + 4 \frac{m}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = \frac{1}{2} - \text{Ответ}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Второй закон:



$$m_b = 3m$$

$$\text{или } M = m_b + m = 4m$$

$$H = S \cdot \sin \alpha = \frac{S}{2}$$

3C7:  $\theta = \frac{Mv^2}{2} - MgH = \frac{Mv^2}{2} - \frac{MgH}{2}$

$$0 = \frac{Mv^2}{2} - MgH$$

$$v^2 = 2gH = 2 \cdot g \cdot \frac{S}{2} = gS$$

$$v = \sqrt{gS} = \sqrt{10 \frac{m}{c^2}} = \sqrt{10} \frac{m}{c} - \text{Ответ}$$

на x:  $Ma_x = Mg \sin \alpha - F_{тр} = Mg \sin \alpha - \mu N$

на y:  $N = Mg \cos \alpha$

$$a = g \sin \alpha - \mu Mg \cos \alpha$$



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  
4 из 6

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!

пропорционально времени ЗСД по времени:

$$\frac{dv^2}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{8}{5\sqrt{3}} g s \right)$$

Ботка всегда движется равно-

$$2v \frac{dv}{dt} = \frac{4}{5} g \frac{ds}{dt} = \frac{8}{5\sqrt{3}} g \frac{ds}{dt}$$

Ускорением т.к. в ма ось x, силы

не меняются:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{\sqrt{3}}{2} v = v \cos \alpha$$

$$2va = \frac{4}{5} g \frac{8}{5\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} g v$$

$$Ma = Mg \sin \alpha - F_{TP}$$

$$a = \frac{2}{5} g = 4 \frac{m}{c^2} - \text{Ривет}$$

~~Ботка движется без проскальзывания~~

~~когда  $F_{TP} > 0$ , т.е.~~

~~ма ось x:  $Ma = Mg \sin \alpha - F_{TP}$~~

~~$F_{TP} = Mg \sin \alpha - Ma = M(g \sin \alpha - a)$~~

~~$\mu N = M(g \sin \alpha - a)$~~

~~$N = Mg \cos \alpha$~~

~~$\mu = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha}$~~

~~ма ось x:  $Ma = Mg \sin \alpha - F_{TP}$~~

~~$F_{TP} = \mu N$~~

~~$N = Mg \cos \alpha$~~

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

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



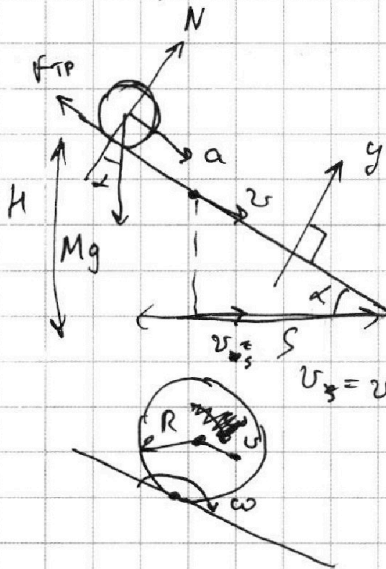
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 6

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!

Второй опыт



$$M = m_B + m$$

$$m_B = 2n \cdot m = 3m$$

$$M = 4m$$

После ~~про~~ перемещения на S

са бочка вращается с

угловой скоростью  $\omega$ , т.к.

нет проскальзывания:

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

$$ЗСЭ: E_0 = 0 = E_s$$

$$E_s = \cancel{\frac{m_B v^2}{2}} E_{кв} + E_{к\delta} - MgH \quad H = \frac{1}{2} S \cdot \frac{tg \alpha}{\sin \alpha} = \frac{S}{\sqrt{3}}$$

$$E_{кв} = \frac{3m v^2}{2} - \text{кин. энергия воды}$$

Теорема Кёнига:

$$E_{к\delta} = E_{кцм} + E_{кв\omegaцм} = \frac{m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m R^2 \omega^2}{2} = m v^2$$

$$I = m R^2$$

кин. энергия бочки

$$\text{из ЗСЭ: } \frac{5}{2} m v^2 = MgH$$

$$\frac{5}{2} m v^2 = 2mgS \cdot \frac{4mgS}{\sqrt{3}}$$

$$v = \sqrt{\frac{8}{5\sqrt{3}} g S} = \sqrt{\frac{16}{\sqrt{3}}} \frac{m}{c}$$

Ответ

$$v^2 = \frac{4}{5} g S \cdot \frac{8}{5\sqrt{3}} g S$$

$$v = \sqrt{\frac{8}{5\sqrt{3}} g S} = \sqrt{\frac{16}{\sqrt{3}}} \frac{m}{c} - \text{Ответ: } v = \sqrt{\frac{16}{\sqrt{3}}} \frac{m}{c}$$

$$\text{из ЗСЭ: } v^2 = \frac{4}{5} g S \quad v^2 = \frac{8}{5\sqrt{3}} g S$$

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.

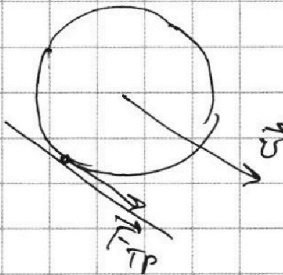


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
5 из 6

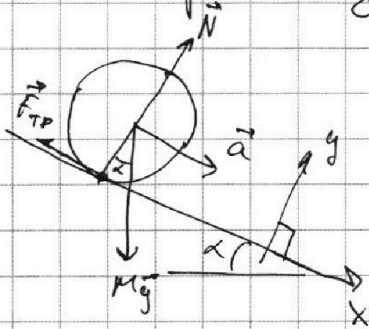
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Когда ботка скатывается  $F_{тр}$  направлена в сторону движения:



Если ботка не может проскальзывать  $F_{тр}$  меняет направление и будет действовать против движения:

Если проскальзывает:



на x:  $Ma = Mg \sin \alpha - F_{тр}$

на y:  $N = Mg \cos \alpha$

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

когда  $\vec{F}_{тр} \cdot \vec{a} < 0$  - есть проскальзывание

~~$F_{тр} = Mg \sin \alpha - Ma$~~

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

~~$\mu g \cos \alpha = g \sin \alpha - a$~~

~~если нет проскальзывания~~

~~проскальзывание  $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) > 0$~~

~~$Ma = Mg \sin \alpha - F_{тр}$~~

~~нет проскальзывания при:~~

~~$Ma = Mg \sin \alpha + F_{тр}$~~

~~$g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) < 0$~~

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

~~$\mu \geq \frac{1}{3}$~~

~~$\text{tg} \alpha = \text{tg} 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$~~

~~$\mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$  - 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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА  
6 из 6

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!

Проскальзывает когда

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

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cos \alpha}$$

$a > 0 \Rightarrow$  проскальзывание есть при  $\mu < \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\Leftrightarrow$

нет проскальзывания при  $\mu > \operatorname{tg} \alpha$

$$\mu > \frac{1}{\sqrt{3}} - \text{Ответ}$$

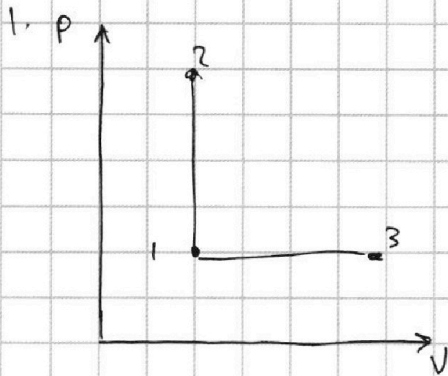


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



1-3 - изобарический процесс  
1-2 - изохорический

He - одноатомный газ

$$C_{VHe} = \frac{3}{2} R$$

$$\Delta U_{He} = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T = \frac{3}{2} p \Delta V,$$

при изохорическом процессе

для 1-2:

$$Q = A + \Delta U; \quad A = 0, \text{ т.к. } V = \text{const}$$

$$Q = \Delta U = \int C_V \Delta T_1$$

$$\int = \nu_{He} \int_{He} + \nu_{O_2} \int_{O_2}$$

$$C_V = \frac{\nu_{He} C_{VHe} + \nu_{O_2} C_{VO_2}}{\nu_{He} + \nu_{O_2}}$$

для 1-3:

$$Q = A + \Delta U = p \Delta V + \Delta U_{He} + \Delta U_{O_2} =$$

$$= p \Delta V + \frac{3}{2} p \Delta V + \frac{5}{2} p \Delta V = 5 p \Delta V =$$

$$= 5 A$$

$$A = \frac{Q}{5} = 192 \text{ Дж} - \text{Ответ}$$

~~$$Q = \int C_V \Delta T_1$$~~

~~$$Q = \frac{Q}{5} + \nu_{He} C_{VHe} \Delta T_2 + \nu_{O_2} C_{VO_2} \Delta T_2 = \frac{Q}{5} + \int C_V \Delta T_2$$~~
~~$$\frac{4}{5} Q = \int C_V \Delta T_2$$~~

2. Для изобары:  $Q = A + \int C_V \Delta T_2 = \nu_{He} R \Delta T_2 + \nu_{O_2} R \Delta T_2 +$

$$+ \nu_{He} C_{VHe} \Delta T_2 + \nu_{O_2} C_{VO_2} \Delta T_2 = \nu_{He} C_{pHe} \Delta T_2 + \nu_{O_2} C_{pO_2} \Delta T_2 =$$

$$= \int C_p \Delta T_2 = \int R \Delta T_2 + \int C_V \Delta T_2 \Rightarrow C_p = C_V + R$$

$$Q = \int C_p \Delta T_2$$

1-2:

$$Q = \int C_V \Delta T_1$$

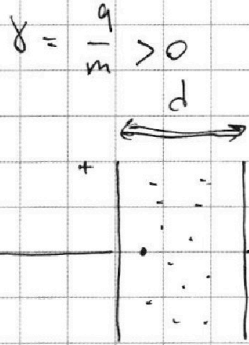


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

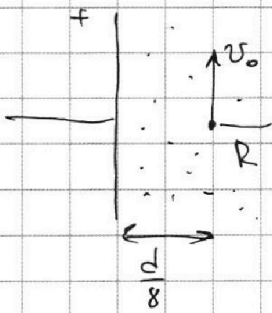
- 1  2  3  4  5  6  7

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!



$$u = \varphi - \Delta\varphi$$

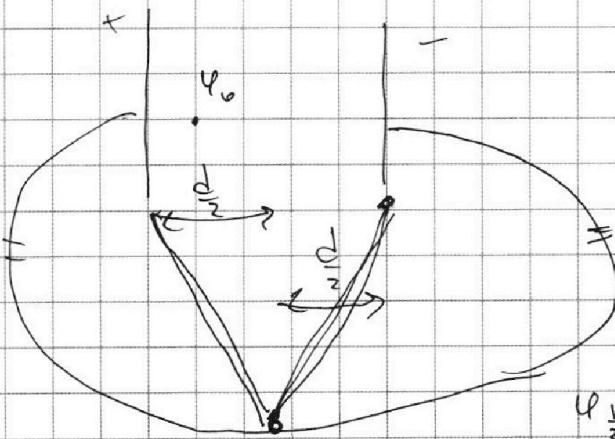


$$u = \frac{c}{q}$$

$$q = 8m$$

$$u = \frac{c}{8m}$$

$$c = q \cdot \frac{v_0^2}{R \frac{d}{8}} = \frac{8v_0 q^2}{d}$$



$$\frac{u}{2} = \frac{64v_0 R}{2d^2}$$

$$u = 16 \frac{v_0 R}{d}$$

$$\frac{\varphi_{1/2}}{\varphi_0} = \frac{\frac{v}{4 \frac{d}{2}}}{\frac{v_0}{\left(\frac{d}{8}\right)^2} \cdot R} = \frac{1}{2} \frac{u}{u} = \frac{1}{2}$$

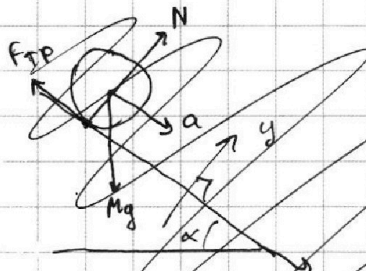


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$F_{TP} = \mu N = \mu Mg \cos \alpha$$

$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$M \vec{a} = Mg \sin \alpha \vec{e}_a + \vec{F}_{TP}$$

$$M a^2 = Mg \sin \alpha + (\vec{F}_{TP} \cdot \vec{a})$$

$$I \vec{\epsilon} = \vec{F}_{TP} R \vec{e}_r \cdot \vec{e}$$

$$\vec{e}_r \cdot \vec{e}$$

~~$$m R^2 \epsilon = \mu Mg \cos \alpha R$$~~

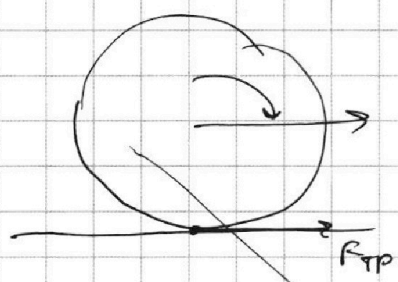
~~$$R \epsilon = a$$~~

~~$$a = \mu \frac{M g \cos \alpha}{\frac{m R^2}{R}} = \mu g \cos \alpha$$~~

на y:  $N = Mg \cos \alpha$

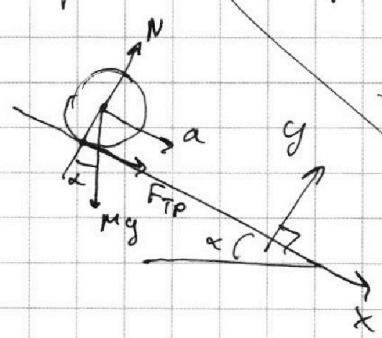
на x:  $M a = Mg \sin \alpha - F_{TP}$

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



когда ботка касается  
 $F_{TP}$  сонаправлено с направле-  
нием скорости, если она  
начнет проскальзывать

$F_{TP}$  поворачивает направление и будет  
против направления движения



на y:  $N = Mg \cos \alpha$

на x:  $M a = F_{TP} + Mg \sin \alpha$

$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

~~$$M \vec{a} = Mg \sin \alpha \vec{e}_a + \mu Mg \cos \alpha \vec{e}_r \sin \alpha + \mu \cos \alpha \vec{e}_y$$~~

~~$$-a = -g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$~~

~~$$\mu = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = g + g \alpha - \frac{a}{g \cos \alpha} \quad \mu < -\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = -\tan \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$~~

~~$$a > 0 \Rightarrow \mu > \tan \alpha$$~~



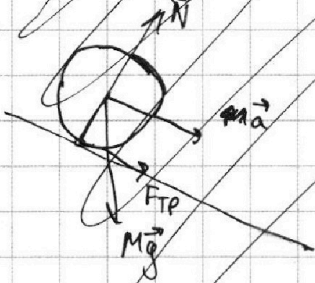
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
6 из 6

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!

Нет проскальзывания когда:



$$\mu Mg \cos \alpha + Mg \sin \alpha = Ma$$

$$\mu = \frac{a}{g \cos \alpha} - \operatorname{tg} \alpha$$

$$a > 0$$

⇓

$$\mu > -\operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{\sqrt{3}}$$

Ответ:  $\mu > -\frac{1}{\sqrt{3}}$

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

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g}$$





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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

$$2. \quad 1 = \frac{C_p \Delta T_2}{C_v \Delta T_1} = \frac{5}{3}$$

$$C_v (\Delta T_1 - \Delta T_2) = R \Delta T_2$$

$$C_v = R \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1 - \Delta T_2} = R \cdot \frac{30 \text{ K}}{48 \text{ K} - 30 \text{ K}} = R \cdot \frac{30}{18} = \frac{5}{3} R - \text{Ответ}$$

3. ~~массовый~~ He - одноатомный газ  $C_{v\text{He}} = \frac{3}{2} R$

①  $O_2$  - двухатомный  $C_{vO_2} = \frac{5}{2} R$

$$C_v = \frac{\nu_{\text{He}} C_{v\text{He}} + \nu_{O_2} C_{vO_2}}{\nu_{\text{He}} + \nu_{O_2}}$$

$$\nu_{\text{He}} = \frac{N_{\text{He}}}{N_A}$$

$$\nu_{O_2} = \frac{N_{O_2}}{N_A}$$

$$\frac{5}{3} R = \frac{N_{\text{He}} \cdot \frac{3}{2} R + N_{O_2} \cdot \frac{5}{2} R}{N_{\text{He}} + N_{O_2}}$$

$$\frac{5}{3} N_{\text{He}} + \frac{5}{3} N_{O_2} = \frac{3}{2} N_{\text{He}} + \frac{5}{2} N_{O_2}$$

$$\frac{10-6}{6} N_{\text{He}} = \frac{15-10}{6} N_{O_2}$$

$$\frac{1}{6} N_{\text{He}} = \frac{5}{6} N_{O_2}$$

$$\frac{N_{\text{He}}}{N_{O_2}} = 5 - \text{Ответ.}$$

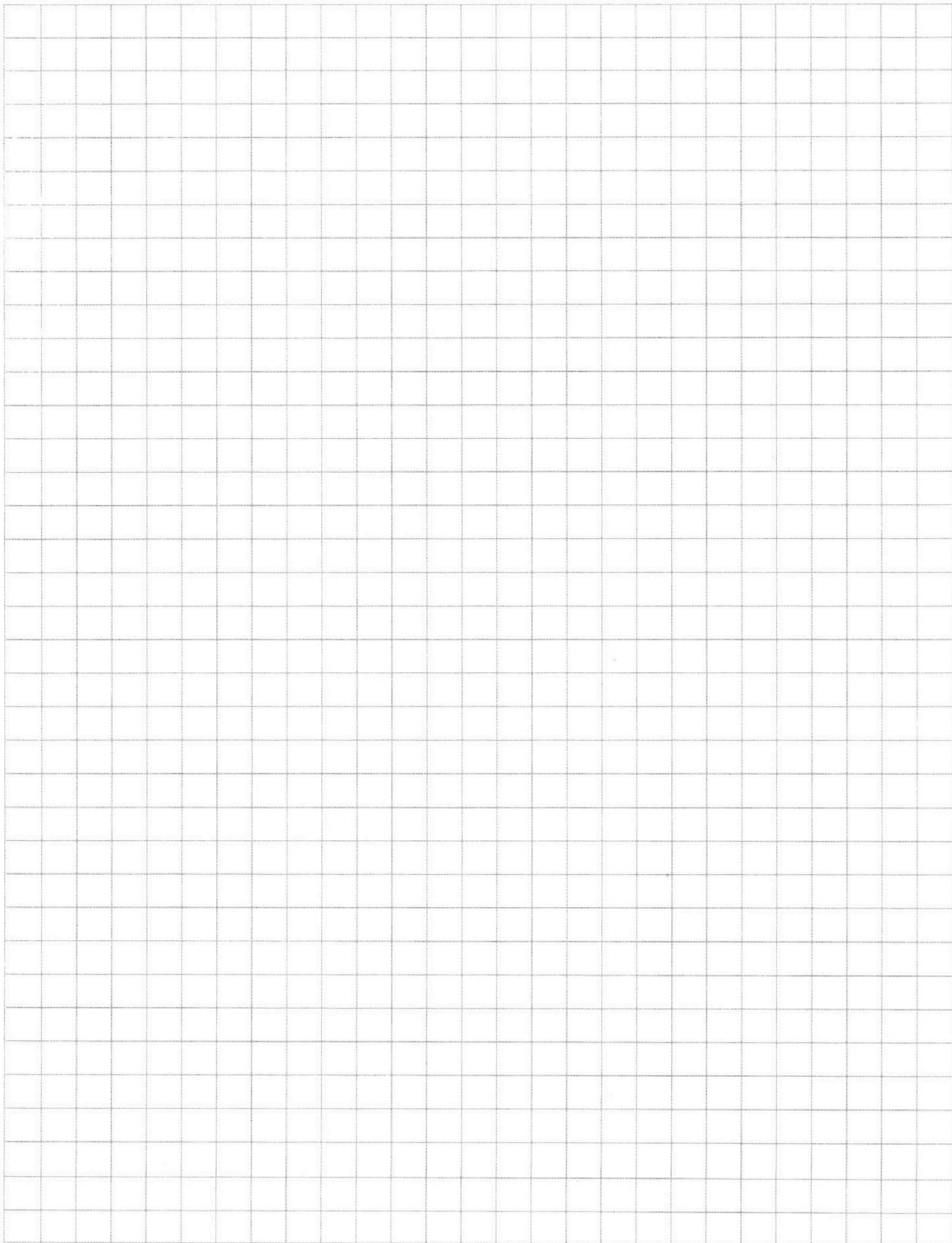


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<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!



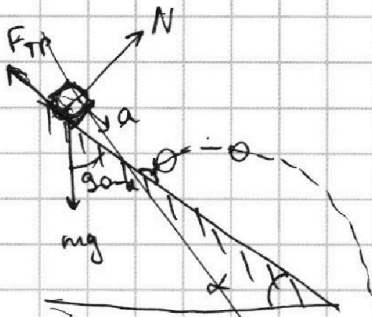


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



$$ma = mg \cos(\beta_0 - \alpha) - F_{тр}$$

$$a = g \sin \alpha - \mu \frac{F_{тр}}{m}$$

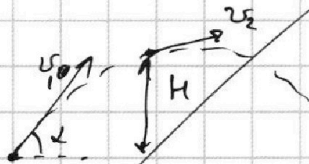
$$F_{тр} = \mu N; N = mg \sin(\beta_0 - \alpha)$$

$$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$$

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

на графике в точке  $t = t_c$  произошло столкновение с упором иначе бы шайба продолжала бы ускоряться с постоянным ускорением

Через  $t_c$  после удара  $v_{ш} = 0 \Rightarrow$  шайба ~~кв~~ достигла вершины траектории полета, т.к. до этого момента скорость убывает ~~т.к.~~



$$v_2^2 = v_1^2 - 2gH$$

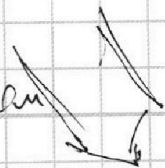
$\Downarrow$

минимальная скорость в точке  $K_{max}$

$v_{min} = v_2 \cdot \cos \alpha$ , т.к. в ~~т.к.~~  $K_{max}$  наименьшей точке полета скорость направлена по касательной к траектории, т.е.  $\perp \vec{g}$

Из график  $v_{min} = 0 \Rightarrow$  это ~~наибольшая~~ точка такое возможно только при начальном угле  $\beta = 90^\circ$  с горизонтом,  $\beta =$  угол между направлением начальной скорости полета и горизонтом

$$u = \frac{kv}{e} \cdot \sin \alpha$$



$$u = \varphi$$

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!

~~$v_0 - g t = 0$~~   
 ~~$v_0$  — скорость в момент скорости и удара в момент перед удара,  $t = 1c$  после начала опыта~~

~~$m \vec{v}^2 = \frac{m(\vec{v}_{\text{сц}} + \vec{v}_{\text{цм}})^2 = \frac{m v_{\text{сц}}^2}{2} + \frac{m v_{\text{цм}}^2}{2} + m \vec{v}_{\text{сц}} \cdot \vec{v}_{\text{цм}}$~~

~~$I = m R^2$~~

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

~~$\frac{3m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} = \frac{3}{2} m v^2 + \frac{m v^2}{2} = \frac{M v^2}{2}$~~

~~$E_k = E_{\text{всцм}} + E_{\text{цм}} = \frac{M v^2}{2} + \frac{M v^2}{2} = M v^2$~~

~~$\frac{3}{2} m v^2 + M v^2 =$~~

~~$\sum M v^2 = M g H$~~

~~$v^2 = \frac{4}{5} g H = \sqrt{\frac{4}{5} g H}$~~

~~$225 \dot{v} = \frac{4}{5} g \frac{ds}{dt}$~~

~~$25 a = \frac{4}{5} g v$~~

~~$a = \frac{2}{85} g$~~

~~$t = \sqrt{\frac{2H}{a}} = \frac{1}{\sqrt{2}} c$~~

~~$\frac{a t^2}{2} = \frac{1}{2} H$~~

~~$B = A \cdot \Delta m$~~

~~$\frac{K A}{c} \cdot \Delta m = \frac{\Phi_A R^2}{K A} \Phi_A = \frac{K A^2}{c} \cdot \Delta \varphi$~~

~~$\frac{m v_0}{R} = \frac{m}{\pi R^2}$~~

~~$\Theta = \frac{m}{\pi R^2}$~~

~~$dm = \delta \cdot dr \cdot 2\pi r = \frac{2\pi m r dr}{\pi R^2} = \frac{2m r dr}{R^2}$~~

~~$dI = \frac{2m r^3 dr}{R^2} = \frac{m R^2}{2}$~~

~~$\Phi_A = \frac{K A^2}{c} \cdot \Delta \varphi$~~

~~$10000 \quad | 1414$~~   
 ~~$\frac{589'8}{1020} \quad | 0,7007$~~   
 ~~$9898$~~   
 ~~$2 \cdot 1,414$~~   
 ~~$2,828$~~

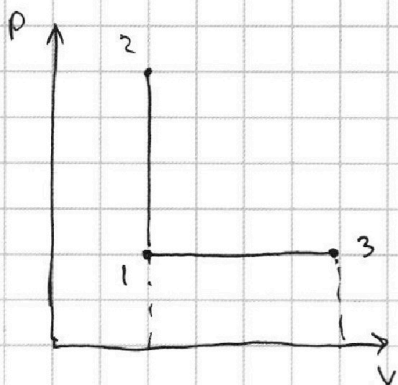
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



1-2 - изохорический процесс.

1-3 - изобарический процесс

В процессе 1-2:

$$Q = A + \Delta U = (\nu_{He} + \nu_{O_2}) C_V \Delta T_1$$

$$A = 0, \text{ т.к. } dV = 0$$

$$C_V = \frac{\nu_{He} C_{V_{He}} + \nu_{O_2} C_{V_{O_2}}}{\nu_{He} + \nu_{O_2}}$$

В процессе 1-3:

$$Q = \nu C_p \Delta T_2 \quad Q = \nu C_V \Delta T_1$$

$$Q = A + \Delta U = p \Delta V + \nu C_V \Delta T_2 = \nu (C_V + R) \Delta T_2 =$$

$$1 = \frac{C_p \Delta T_2}{C_V \Delta T_1} =$$

$$\approx C_V \Delta T_1 = C_V \Delta T_2 + p \Delta V$$

$$\nu = \nu_{He} + \nu_{O_2}$$

$$= (\nu_{He} C_{p_{He}} + \nu_{O_2} C_{p_{O_2}}) \Delta T_2 = C_V (\Delta T_1 - \Delta T_2) = p \Delta V$$

$$C_V = R \frac{30}{18} = \frac{6}{5} R$$

$$C_{p_{He}} = C_{V_{He}} + R = \frac{5}{2} R$$

$$= \frac{5}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{7}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_2$$

$$C_{V_{O_2}} = C_{V_{O_2}} + R = \frac{7}{2} R$$

$$\nu_{He} R \Delta T_2 = p \Delta V = A$$

$$A = p \Delta V = (\nu_{He} + \nu_{O_2}) R \Delta T_2$$

$$\nu_{O_2} R \Delta T_2 = p \Delta V$$

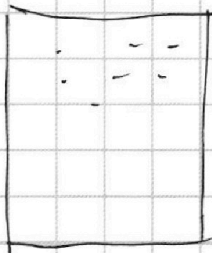
$$p = \frac{(\nu_{He} + \nu_{O_2}) R T}{V} =$$

$$Q = \Delta U = \nu_{He} C_{V_{He}} \Delta T_1 + \nu_{O_2} C_{V_{O_2}} \Delta T_1$$

$$Q = A + \Delta U = (\nu_{He} + \nu_{O_2}) R \Delta T_2 + \nu_{He} C_{V_{He}} \Delta T_2 + \nu_{O_2} C_{V_{O_2}} \Delta T_2 =$$

$$= \cancel{p \Delta V} + \cancel{p \Delta V} + \frac{5}{2} p \Delta V + \frac{7}{2} p \Delta V = 6 p \Delta V$$

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





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!

$\nu_{He}$  - кол-во гелия

$\nu_{O_2}$  - кол-во кислорода

В изохорическом процессе:

$$A = 0, \text{ т.к. } dV = 0$$

$$\delta A = p dV = 0$$

$$A = \int \delta A = 0$$

$$Q = A + \Delta u = 0 + (\nu_{He} C_{vHe} + \nu_{O_2} C_{vO_2}) \Delta T_1$$

$$Q = A + \Delta u = 0 + (\nu_{He} C_{vHe} + \nu_{O_2} C_{vO_2}) \Delta T_1$$

т.к. He - одноатомный газ  $\nu_{He} C_{vHe} = \frac{3}{2} R$

т.к.  $O_2$  - двухатомный газ  $\nu_{O_2} C_{vO_2} = \frac{5}{2} R$

$$u_{O_2} = \frac{5}{2} pV = \frac{5}{2} \nu_{O_2} RT$$

В изобарическом процессе:  $A = p(V_2 - V_1)$

$$Q = A + \Delta u = p(V_2 - V_1) + \frac{5}{2} p(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} p(V_2 - V_1) = 5p(V_2 - V_1)$$

$$Q = A + \Delta u = A + \frac{5}{2} p(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} p(V_2 - V_1) = 5p(V_2 - V_1) = 5A$$

$$A = \frac{Q}{5} = 192 \text{ Дж}$$

В изохорическом процессе:  $Q = A + \Delta u = (\nu_{He} + \nu_{O_2}) C_v \Delta T_1$

$$C_v = \frac{C_{vHe} \nu_{He} + C_{vO_2} \nu_{O_2}}{\nu_{He} + \nu_{O_2}} \quad \nu_{He} + \nu_{O_2} = \nu$$

$$Q = \nu C_v \Delta T_1$$

В изобарическом процессе:  $Q = A + \Delta u = A + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2$

$$pV = \nu RT$$

$$pV = (\nu_{He} + \nu_{O_2}) RT \Rightarrow A = p \Delta V = \frac{\nu RT}{V} \Delta V$$