



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

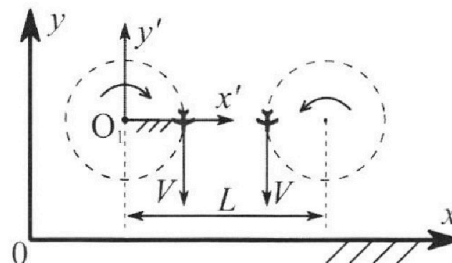
Вариант 10-03

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/с².

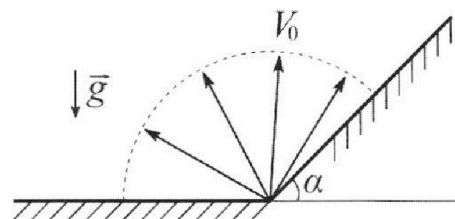
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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.

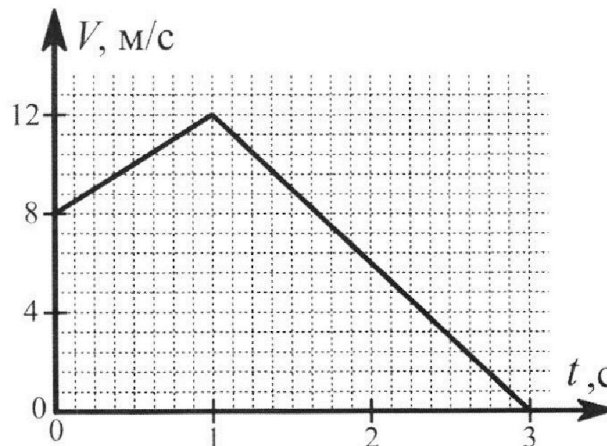
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков $H = 45$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



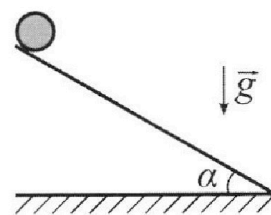
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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/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 $n = 3$ 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 μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

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

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

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

1. Найдите напряжение U на конденсаторе.

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

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



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

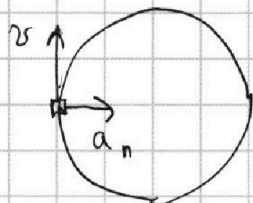
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

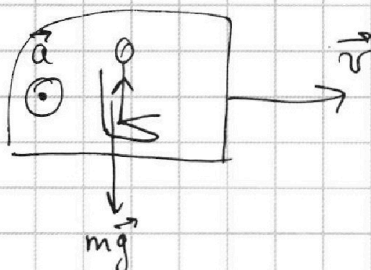
1 ИЗ 2

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.



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

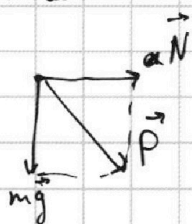


$$m\vec{a} = \vec{N}$$

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

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

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



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

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

$$F_T = mg$$

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

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

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

$$\frac{\delta}{100\%} = 1 - \frac{mg}{m\sqrt{a^2 + g^2}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{a}{g}\right)^2 + 1}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{10^2 + 1}}$$

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

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

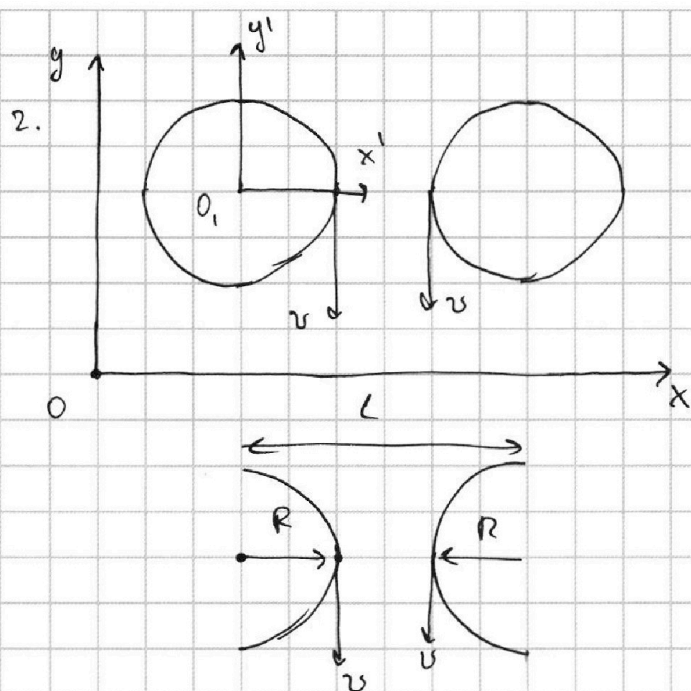


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

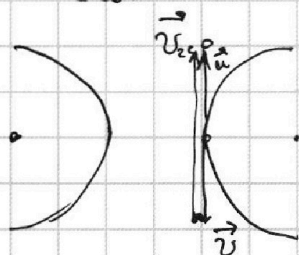
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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

$$v_{\text{ц.с.}} = \omega(L-R) = \frac{v}{R}(L-R) = \frac{L}{R}v - v$$

$$\vec{u} = \vec{v} - \vec{v}_{\text{ц.с.}}$$



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

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

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

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

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

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



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.

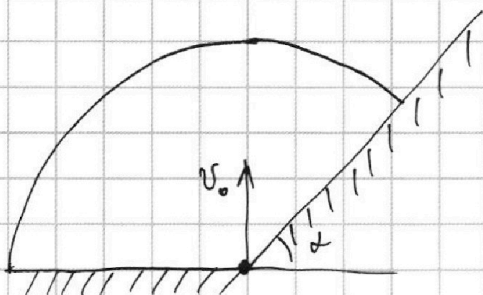


СТРАНИЦА

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.

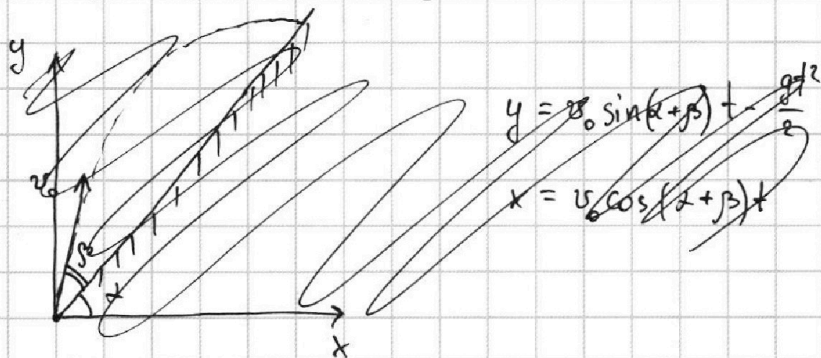


максимальная высота подъёма H достигается при v_0 направленном ровно вверх, т.е. против вектора $\vec{g}$

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

$$v_0^2 = 2gh$$

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





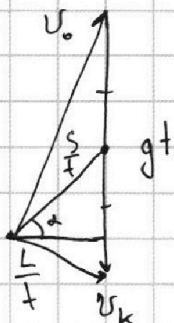
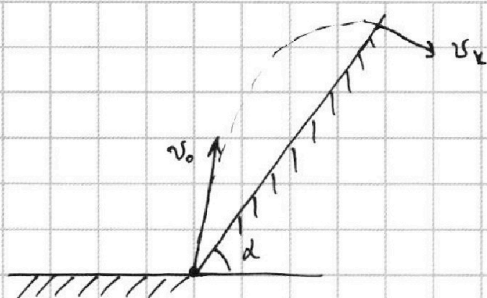
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

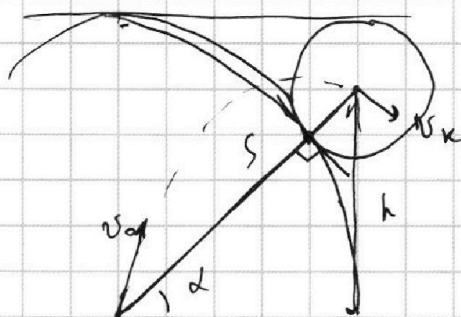
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2.



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

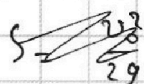
$$v_k = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$



$$h = S \sin \alpha = \frac{48}{60} 0,8S$$

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

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



скломе, т.е.

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

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

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

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

т.к. S - максимальное расстояние от точки старта по ~~лети~~ ^{может} осколок ~~полетит~~ ^{может} только по одной траектории (настильная и навесная траектории совпадают) окружность проведенная построенная в точке запуска с радиусом $\frac{v_0^2}{2g}$, касается окрестности построенной в точке падения с радиусом $\frac{v_k^2}{2g}$



при касании центры летят на одной прямой, т.к. касательная прямая проведенная к точке касания $\perp$ радиусам обеих окружностей, проведенных в точку касания

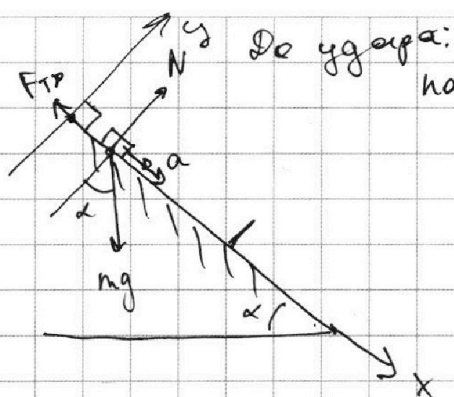


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:

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

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\text{на } y: N = mg \cos \alpha$$

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

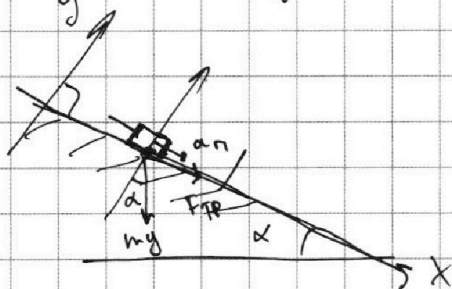
Из графика до столкновения

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:



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

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

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

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

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

малой 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 ☐

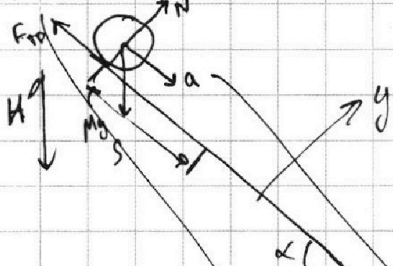
СТРАНИЦА
2 ИЗ 5

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!

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

$$\alpha = 30^\circ$$

Второй спикт:



$$m_b = 3 \text{ т}$$

↓

$$\text{или } M = m_b + m = 4 \text{ т}$$

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

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

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

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

$$v = \sqrt{gS} = \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \sqrt{10} \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{Ответ}$$

$$\text{на } x: Ma = Mg \sin \alpha - F_{TP} = Mg \sin \alpha - \mu N$$

$$\text{на } y: N = Mg \cos \alpha$$

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



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!

проинтегрируем ЗСД по времени:

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

Ботка всегда движется равно-

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

Ускорения т.к. ось x $\rightarrow$ силы

не меняются:

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

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

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

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

~~Ботка движется без проскальзывания~~

~~когда $F_{TP} > 0$, т.е.~~

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



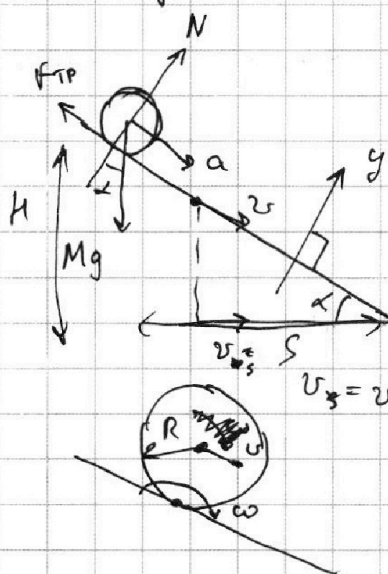
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$M = m_B + m$$

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

$$M = 4m$$

После ~~про~~ перемещения на S

с бочка вращается с

угловой скоростью ω , т.е.

нет проскальзывания:

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

$$3(3): E_0 = 0 = E_s$$

$$E_s = \cancel{\frac{m_B v^2}{2}} E_{кв} + E_{к\delta} - MgH \quad H = \frac{1}{2} S \cdot \frac{4g}{\sqrt{3}} = \frac{S}{\sqrt{3}}$$

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

Теорема Кёнига:

$$E_{к\delta} = E_{к\text{цм}} + E_{к\text{вращ}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mR^2\omega^2}{2} = mv^2$$

$$I = mR^2$$

кин. энергия бочки

$$\text{из } 3(3): \frac{5}{2} mv^2 = MgH$$

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

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

Ответ

$$v^2 = \frac{4}{5\sqrt{3}} gS \cdot \frac{8}{5\sqrt{3}} gS = \frac{16}{5\sqrt{3}} gS$$

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

$$\text{из } 3(3): v^2 = \frac{4}{5\sqrt{3}} gS \quad v^2 = \frac{8}{5\sqrt{3}} gS$$



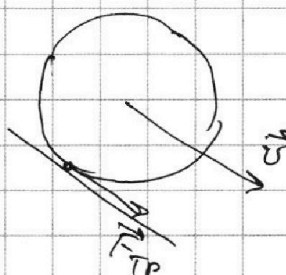
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
5 из 6

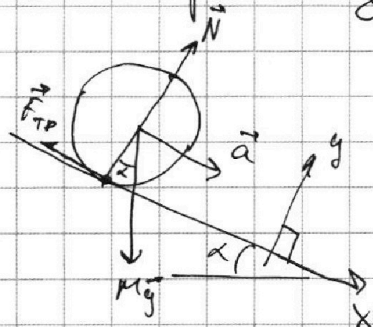
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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



Если ботка начнет проскальзывать $F_{тр}$ поменяет 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

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

~~$Ma = Mg \sin \alpha$~~

нет проскальзывания при:

~~$$Ma = Mg \sin \alpha + F_{тр}$$~~

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

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

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

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

~~$\mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$ - 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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

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

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

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

$\Leftrightarrow$

нет проскальзывания при $\mu > \tan \alpha$

$\mu > \frac{1}{\sqrt{3}}$ - Ответ

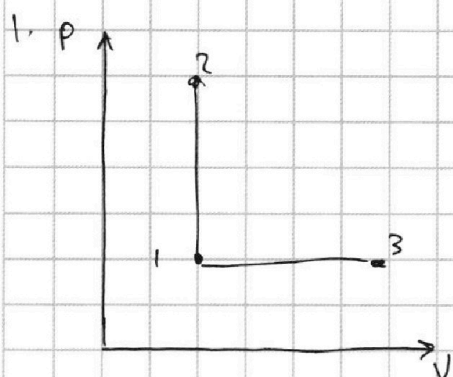


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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:

$$Q = A + \Delta U; \text{ так } A = 0, \text{ так как } V = \text{const}$$

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

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

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

для 1-3:

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

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

$$= 5 A$$

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

$$Q = \nu C_V \Delta T_1$$

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

$$\frac{4}{5} Q = \nu C_V \Delta T_2$$

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

$$+ \nu_{He} C_{VHe} \Delta T_2 + \nu_{O_2} C_{VO_2} \Delta T_2 = \nu_{He} C_{PHe} \Delta T_2 + \nu_{O_2} C_{PO_2} \Delta T_2 =$$

$$= \nu C_P \Delta T_2 = \nu R \Delta T_2 + \nu C_V \Delta T_2 \Rightarrow C_P = C_V + R$$

$$Q = \nu C_P \Delta T_2$$

1-2:

$$Q = \nu C_V \Delta T_1$$



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.

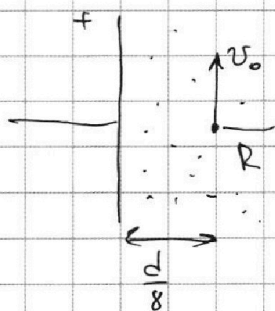
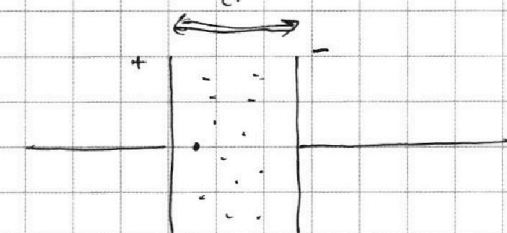
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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!

$$\gamma = \frac{q}{m} > 0$$

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

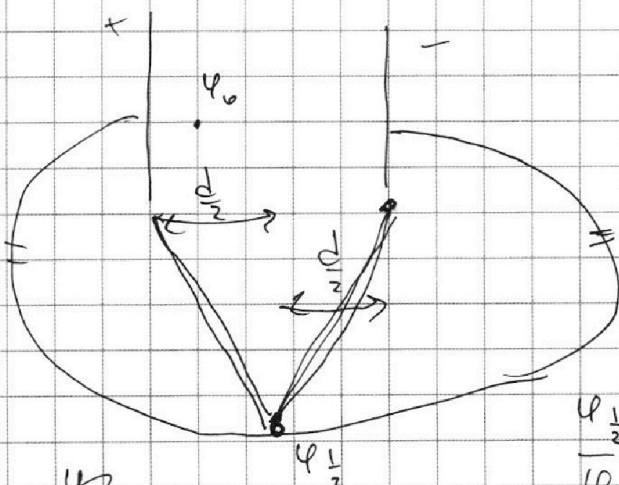


$$u = \frac{c}{q}$$

$$q = 8m$$

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

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



$$\frac{u}{2} = \frac{c}{2}$$

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

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

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

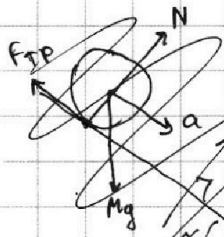


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

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

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

$$I \vec{\epsilon} = \vec{F}_{тр} R$$

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

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

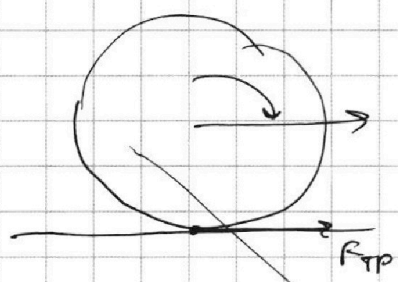
$$R \epsilon = a$$

$$a = \frac{\mu Mg \cos \alpha}{\frac{1}{2} M} = \frac{2}{3} \mu g \cos \alpha$$

на y: $N = Mg \cos \alpha$

на x: $Ma = Mg \sin \alpha - F_{тр}$

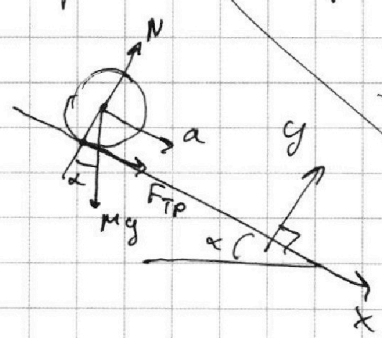
$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$



когда ботка касается

$F_{тр}$ сонаправлено с направлением скорости, если она нечем проскальзывания

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



на y: $N = Mg \cos \alpha$

на x: $Ma = F_{тр} + Mg \sin \alpha$

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

$$\vec{a} = g \sin \alpha \vec{e}_a + \mu g \cos \alpha \vec{e}_r \sin \alpha + \mu \cos \alpha \vec{e}_a$$

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

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

$$\mu < -\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = -\tan \alpha = -\frac{1}{\sqrt{3}}$$

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



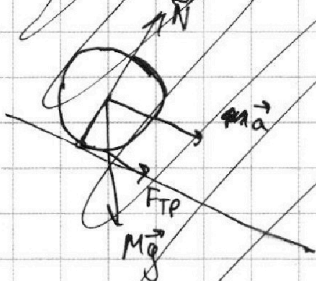
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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:



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

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

$$a > 0$$

"

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

Ответ: $\mu > -\frac{1}{\sqrt{3}}$

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

$$\mu = \tan \alpha - \frac{a}{g}$$



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

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

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

3. ~~max 1 балл~~ He - одноатомный газ $C_{v\text{He}} = \frac{3}{2} R$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

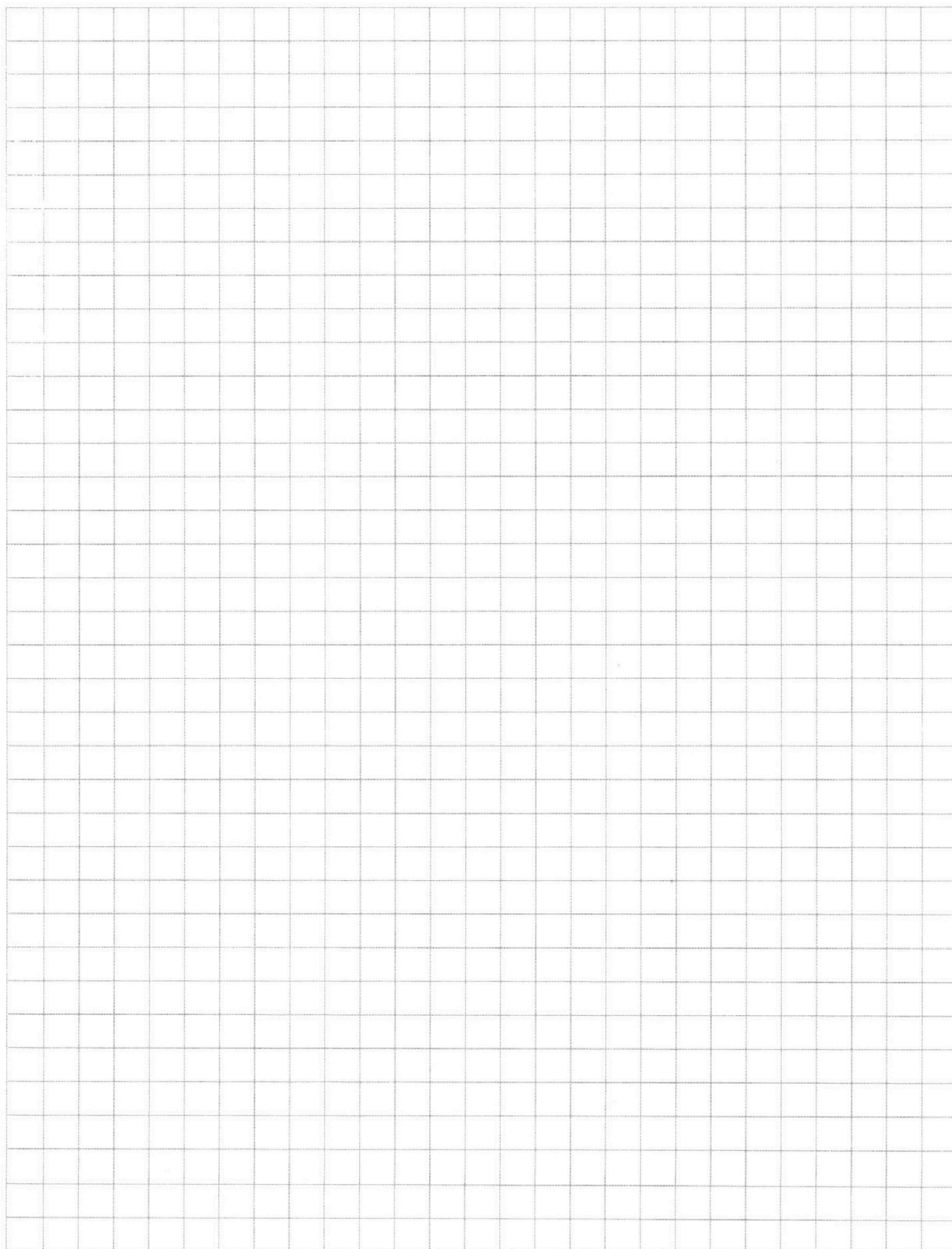


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!



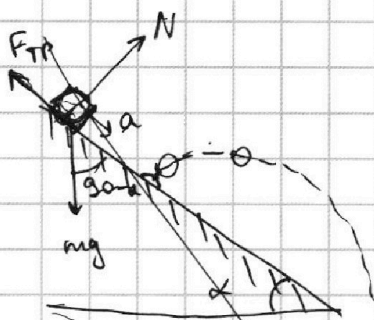


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

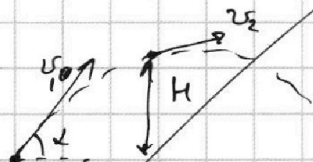
$$F_{тр} = \mu N; N = mg \sin(\beta_0 - \alpha)$$

$$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$$

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

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

Через $2t_c$ после удара $v_{ш} = 0 \Rightarrow$ шайба ~~кв~~ достигла вершины траектории полета, т.к. до этого момента скорость убывает ~~т.к.~~



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

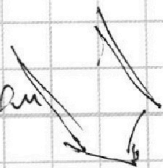
$\Downarrow$

минимальная скорость в точке $H_{\max}$

$v_{\min} = v_0 \cos \alpha$, т.к. в ~~т.к.~~ наивысшей точке полета скорость направлена по касательной к траектории, т.е. $\perp \vec{g}$

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

$$u = \frac{kl}{c} \cdot \sin \alpha$$



$$u = \varphi$$

~~$v_0 - g t_n = 0$~~
 ~~v_0 - скорость в момент скорости и высоты~~
~~в момент перед удара, т.е. не через~~
 ~~$t = 1$ после начала опыта~~

~~$\frac{m \vec{v}^2}{2} = \frac{m(\vec{v}_{\text{св}} + \vec{v}_{\text{см}})^2}{2} = \frac{m v_{\text{св}}^2}{2} + \frac{m v_{\text{см}}^2}{2} + m \vec{v}_{\text{св}} \cdot \vec{v}_{\text{см}} = m$~~
 ~~$9: I = m R^2$~~

~~$I E = f_{\text{тр}} R$~~
 ~~$\omega = R \dot{\varphi}$~~
 ~~$\frac{3 m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} = \frac{3}{2} m v^2 + \frac{m v^2}{2} = \frac{M v^2}{2}$~~
 ~~$E_k = E_{\text{вс см}} + E_{\text{см}} = \frac{M v^2}{2} + \frac{M v^2}{2} = M v^2$~~

~~$1 - 0,7007$~~
 ~~$40,2993$~~
 ~~$1 \cdot 1,414$~~

~~$\frac{3}{2} m v^2 + m v^2 = \frac{5 m v^2}{2} = \frac{5}{8} M v^2$~~
 ~~$\frac{5}{8} M v^2 = M g H$~~
 ~~$v^2 = \frac{8}{5} g H = \frac{4}{5} g S$~~

~~$u \cdot q = c$~~
 ~~$Q_m = \frac{k \lambda}{c B}$~~
 ~~$m = \frac{M}{4}$~~
 ~~$x = \frac{k \lambda}{k \lambda}$~~
 ~~$\varphi_A = \frac{k \lambda^2}{c} \cdot Q_m$~~
 ~~$v^2 = \frac{8}{5} g H = \frac{4}{5} g S$~~

~~$t = \sqrt{\frac{2 x}{a}} = \frac{1}{\sqrt{2}} c$~~
 ~~$a + \frac{t^2}{2} = \frac{1}{2} m$~~
 ~~$B = A \cdot Q_m$~~
 ~~$\frac{k \lambda}{c} \cdot Q_m = \frac{Q_A R^2}{k \lambda} \varphi_A = \frac{k \lambda^2}{c} \cdot Q_m$~~

~~$2 m \dot{v} = \frac{4}{5} g \frac{dS}{dt}$~~
 ~~$2 v a = \frac{4}{5} g v$~~
 ~~$a = \frac{2}{5} g$~~
 ~~$\frac{m v_0}{R} = \frac{m}{\pi R}$~~
 ~~$\sigma = \frac{m}{\pi R^2}$~~
 ~~$dm = \sigma \cdot dr \cdot 2 \pi r = \frac{2 \pi m r dr}{\pi R^2} = \frac{2 m r dr}{R^2}$~~
 ~~$dI = \frac{2 m r^3 dr}{R^2}$~~
 ~~$I = \int \frac{2 m r^3 dr}{R^2} = \frac{m R^2}{2}$~~

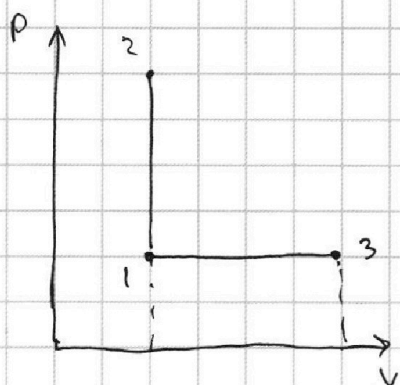


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{5}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{4}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_2$$

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

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

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

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

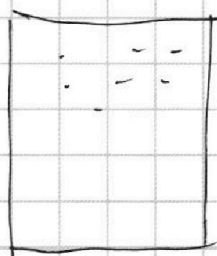
$$p = \frac{(\nu_{He} + \nu_{O_2}) R T}{V}$$

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

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

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

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





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!

ν_{He} - кол-во гелия

ν_{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 $C_{vHe} = \frac{3}{2} R$

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

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

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

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

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

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

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

$$pV = \nu RT$$

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