



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-01

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 600$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 15$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 10$ 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. Заряды обкладок конденсатора $Q > 0$ и $-Q$, ёмкость конденсатора C , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью V_0 на расстоянии $d/4$ от положительно заряженной обкладки.

1. Найдите радиус R кривизны траектории в этот момент времени.

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?



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

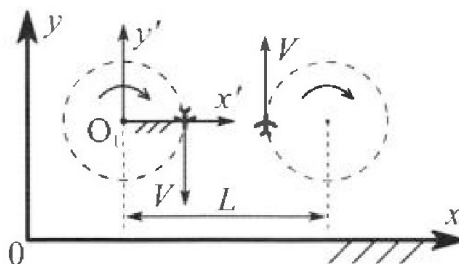
Вариант 10-01

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 $V = 80$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 800$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

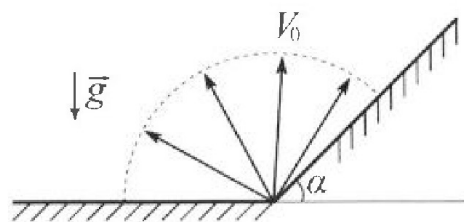
1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



В некоторый момент времени самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L = 2$ км. Вектор скорости каждого самолёта показан на рисунке.

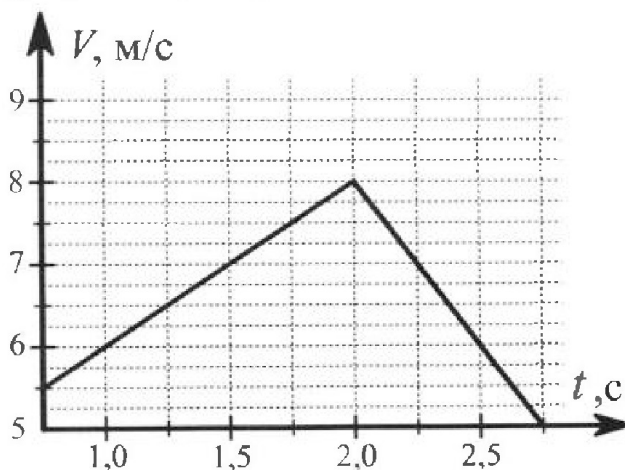
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков $T = 9$ с. 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?

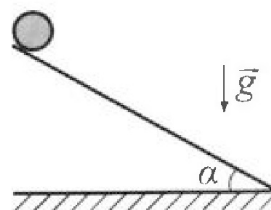
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение 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 равна массе бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

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



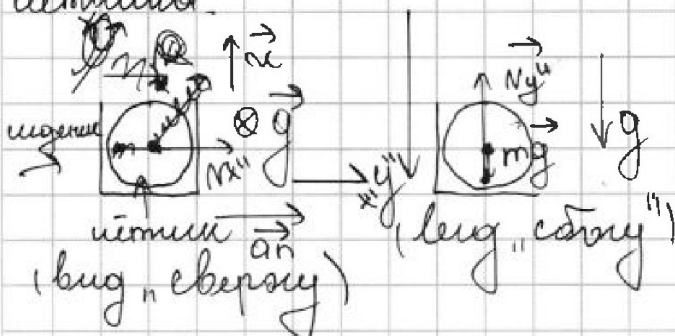


1 2 3 4 5 6 7
☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

Решение: Разложим силы, действующие на шарики.



Шарики, вместе с самолётом летят по окружности с $v = 80 \frac{m}{c} = const$. Имеем $a_t = 0$, а $a_n = \frac{v^2}{R}$.

По 2-ому закону Ньютона $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_n$

по Ox' : $Nx' = ma_n$

по Oy' : $mg - Ny' = 0$. $\vec{N} \perp \vec{v}$, $Nx' \perp Ny'$, то $Nx'^2 + Ny'^2 = N^2$

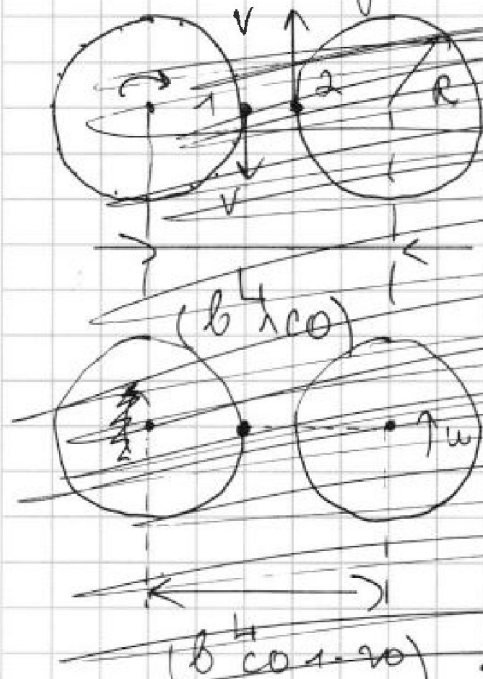
или, это же $|\vec{N}| = |\vec{p}|$ Откуда $N = \sqrt{m^2 a_n^2 + m^2 g^2} =$

$\Rightarrow p = \sqrt{a_n^2 + g^2} m \Rightarrow \frac{p}{mg} = \sqrt{\left(\frac{a_n}{g}\right)^2 + 1} = \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{gR}\right)^2} \Rightarrow \frac{p - mg}{mg} = \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{gR}\right)^2} - 1$

$\delta = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{gR}\right)^2} - 1 \right) \cdot 100\%$. $\delta = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{80^2}{10^2 \cdot 800}\right)^2} - 1 \right) \cdot 100\%$

$\delta \approx 28\%$

Разложим ситуацию, когда самолёт движется равномерно сблизу.



Перейдём в со первого самолёта (небного)

и тогда "весь мир" пойдёт вправо со угловой скоростью ω (по часовой) ($\omega = \frac{v}{R}$)

Скорость центра тяжести окружности $a_n = \omega(L - R) = \frac{v}{R}(L - R)$

Будет пройдено расстояние Δs когда произойдёт столкновение

$\Delta t \omega = \Delta \varphi$
 $\frac{v}{R} \Delta t = \Delta \varphi$

Будем считать все измерения вертикальными (т.к. $\cos \Delta \varphi \approx 1$) и построим $\Delta s = v \Delta t =$

$= (L - 2R) \Delta \varphi + R \Delta \varphi = (L - R) \omega \Delta t$
 Имеем $v = \frac{L - R}{R} \cdot v \Rightarrow v = 120 \frac{m}{c}$

Ответ: $\delta \approx 28\%$, $v = 120 \frac{m}{c}$



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.

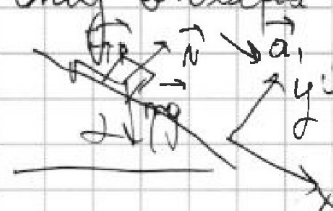
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

Решение:

1) Найдите ускорения шайбы при скатывании вниз и вверх по наклонной плоскости.



2) По теореме Штейнера: $I = \frac{1}{2} m r^2$

$$N = \mu mg \quad N = mg \cos \alpha \text{ (на } OX)$$

$$ma_1 = (mg \sin \alpha - F_{тр}) \quad (F_{тр} = \mu N)$$

$$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

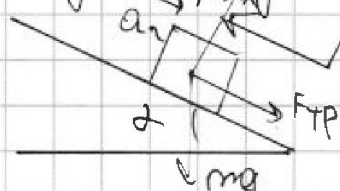
$$a_1 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

В случае подъема:

$$OY: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu N, \quad a_2 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

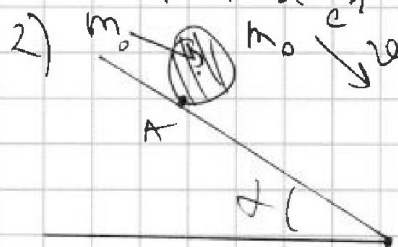
$$a_2 = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$



$$\text{Отсюда } a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g}, \quad \sin \alpha = \frac{6 \frac{m}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 0,3$$

(у шариков) $a_1 = |\vec{a}_1| = 2 \frac{m}{c^2}$
 $a_2 = |\vec{a}_2| = 4 \frac{m}{c^2}$



Если башма натянута без трения - вращения, для нее выполняется ЗСЭ, т.к. $A_{тр} = 0$ и $A_N = 0$.

$$E_{kin} = m_0 \frac{v^2}{2} \text{ По теореме Кетнера:}$$

$$E_k = m_0 \cdot \frac{v_{cm}^2}{2} + E_{rot}; \quad E_k \text{ (где } E_k \text{ - кин. энергия тела)}$$

В СО ЧМ все точки башма (как башма) в СО ЧМ вращаются вокруг центра симметрии с ω .

Но, с другой стороны $\omega = \frac{v}{R}$ (мгновенная ось вращения перпендикулярна в л.с.о. отк. Р.А.) Значит $E_k = m_0 \cdot \frac{(\omega R)^2}{2}$

$$v_{cm} = v \quad (R \text{ - радиус симметричности}) \text{ Значит } E_k = m_0 \frac{v^2}{2} + m_0 \frac{v^2}{2}$$

$$E_k = m_0 v^2$$

$$\text{Отсюда ЗСЭ} = \frac{3}{2} m_0 v^2 + 2m_0 gh = \text{const.}$$

$$\text{Отсюда } 2m_0 gh = \frac{3}{2} m_0 v^2 \Rightarrow v = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{gh} = 2 \sqrt{\frac{gh}{3}}$$

$$v = 2 \sqrt{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,3 c} = 2 \frac{m}{c}$$



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!

Умножив уравнения 3 и 4: $2m_0 g h' + \frac{3}{2} m_0 v^2 = \text{const}$

$$2m_0 g \cdot \frac{dh}{dt} + 3m_0 v \frac{dv}{dt} = 0 \quad \left(\frac{dv}{dt} = a \right) \quad \left(\frac{dh}{dt} = -v \sin \alpha \right)$$

$$-2m_0 g \cdot v \sin \alpha + 3m_0 v \cdot a = 0 \Rightarrow a = \frac{2g \sin \alpha}{3}$$

$$a = \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,3}{3} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найдём ограничение на $F_{\text{тр}}$.

$F_{\text{тр}} \leq \mu N$ (эрозия; "заточка" при приближении)



Заточим 2-ой y -н потока на ox и ox :

$$N_z = N - 2m_0 g \cos \alpha = 0$$

$$F_{\text{тр}} = 2m_0 g \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 2m_0 \cdot \frac{2g \sin \alpha}{3}$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{2m_0 g \sin \alpha}{3} \quad 1 + \mu = \frac{0,3}{\sqrt{1+0,3^2}}$$

$$\frac{2m_0 g \sin \alpha}{3} \leq \mu \cdot 2m_0 g \cos \alpha \Rightarrow \mu \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\mu \geq \frac{1}{\sqrt{100+9}} \Rightarrow \mu \geq \frac{1}{\sqrt{109}} \Rightarrow \mu \geq 0,096$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,3$; $v = 2\sqrt{\frac{gh'}{3}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $a = \frac{2g \sin \alpha}{3} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

$$\mu \geq \frac{\tan \alpha}{3} \Rightarrow \mu \geq \frac{1}{\sqrt{100}} \approx 0,096$$



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!

Решение: 1) $C = \frac{Q}{\epsilon_0 \sigma} \cdot \frac{Q}{d} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0} = E$ (поле между пластинами конденсатора при $d \ll \sqrt{S}$)
 $\sigma = \frac{Q}{S} \Rightarrow E = \frac{Q}{S \epsilon_0} \Rightarrow \frac{QC}{d} = E$

$F = Eq \Rightarrow a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = E \cdot q = \frac{Qq}{m}$
 Заметим, что $a = \text{const}$ вне зависимости от расстояния до пластины с зарядом $+Q$.
 Заметим, что $a = a_n$ ($a \perp v_0$)
 значит $R = \frac{v_0^2}{a_n} = \frac{v_0^2 d}{Qq}$

2) $\text{пл. к } a = \text{const}$, то траектория частицы - парабола. $\text{пл. к конденсатору}$ плоская, то эквивалентно плоской.

Потенциалы будут параболы
 $-Q$ отрицательный конденсатор.
 $-\varphi_a + \varphi_b = +E \cdot d/4 \Rightarrow -\varphi_a + \varphi_b = -\frac{Qq}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{Qq}{4}$

Заметим q -к сохранения энергии.

$m \frac{v_0^2}{2} + \varphi_a q = m \frac{v^2}{2} + \varphi_b q \Rightarrow$
 $\Rightarrow v^2 = v_0^2 + \frac{Qq}{4} \cdot 2 \cdot q$

$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{Qq}{2}} \Rightarrow v$

Ответ: 1) $R = \frac{v_0^2 d}{Qq}$ 2) $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{Qq}{2}}$



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.

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. Липа QR-кода неоптимальна!

☒ 1

☒ 2

☒ 3

☒ 4

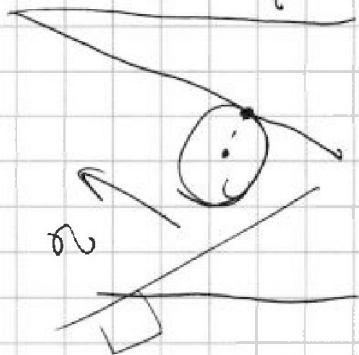
☒ 5

☒ 6

☒ 7

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

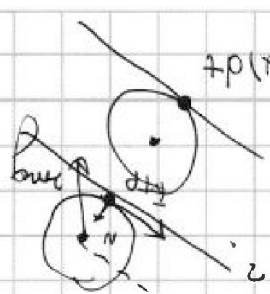
$$3mvdv + mgdh = 0$$



$$mgh = \frac{3}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{3}gh}$$

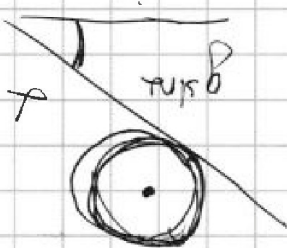
$$3mvdv = gdh$$



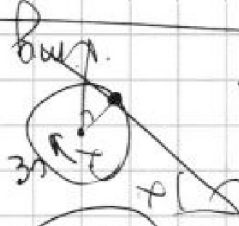
$$a_1 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

$$a_2 = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

$$\frac{a_1 + a_2}{2} = g\sin\alpha$$

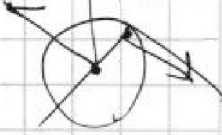


$$v = \sqrt{v_0^2 + 2a_1x}$$



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

$$3mvdv + mgdh = 0$$

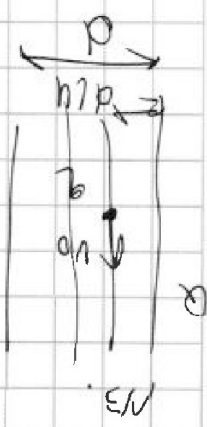


$$\Delta\varphi = -\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right)$$

$$= -\frac{3}{2}mv \frac{dv}{d\varphi} - mgh \frac{dh}{d\varphi}$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right) = 0$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right) = 0$$



$$c = \frac{e_0}{d}$$

$$\frac{e_0}{d} = c$$

$$\frac{e_0}{d} = c$$

$$\frac{e_0}{d} = c$$

$$\frac{e_0}{d} = c$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right) = 0$$

$$c = \frac{d}{5\epsilon_0}$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right) = 0$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right) = 0$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right) = 0$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{3}{2}mv^2 + mgh \right) = 0$$

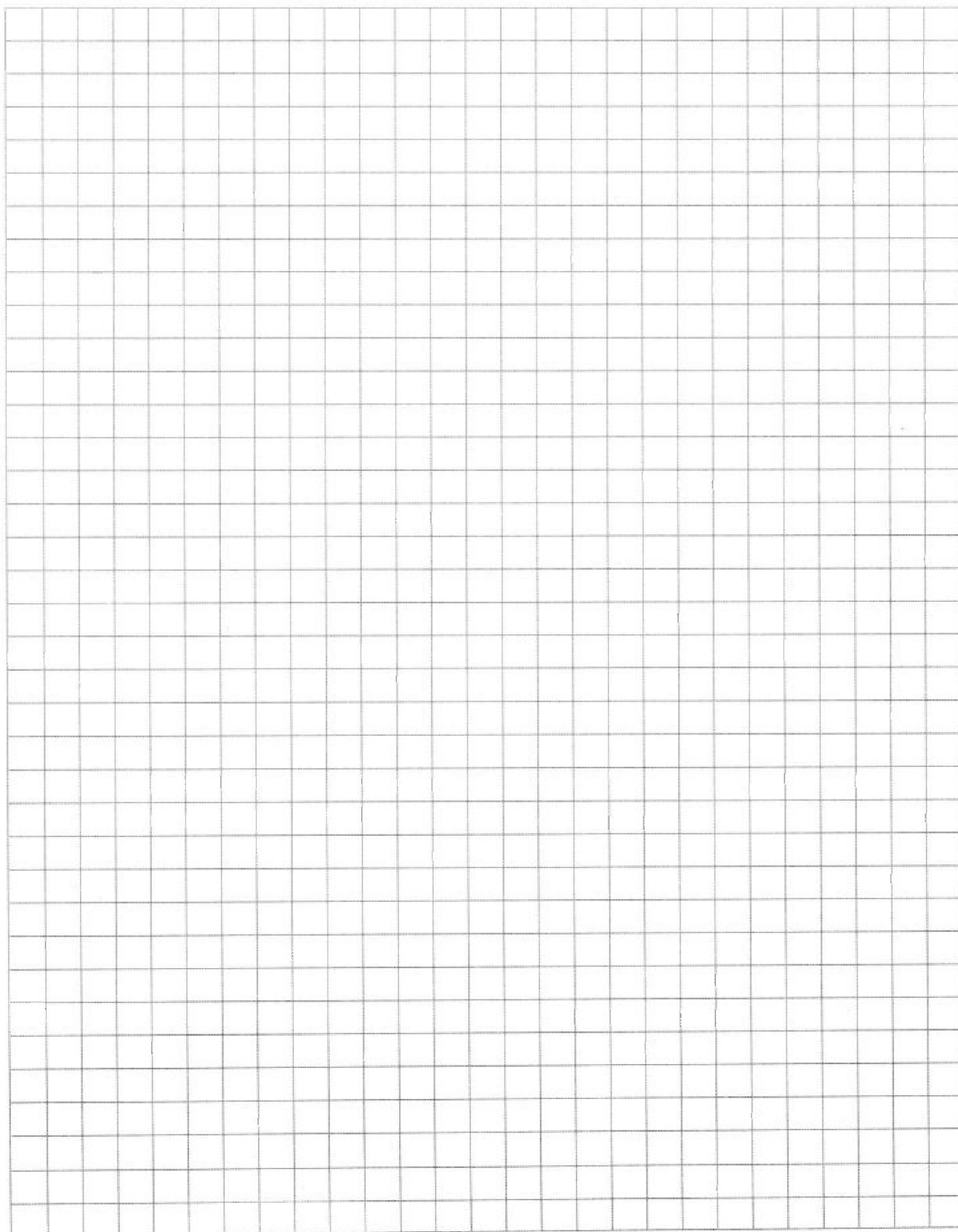


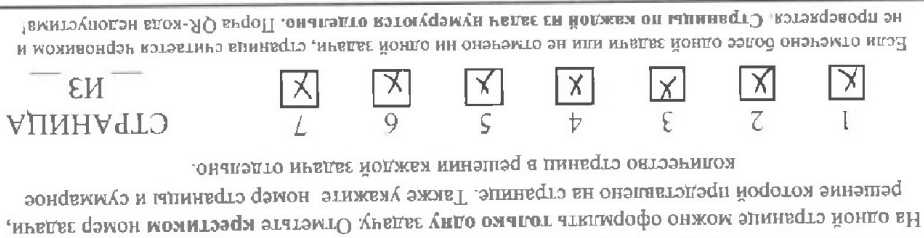
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!





☒ 7
 ☐ 6
 ☒ 5
 ☐ 4
 ☐ 3
 ☒ 2
 ☒ 1

количество стран и в решении каждой задачи отдельно.

На одной странице можно оформить **только одну** задачу. Ответьте **кратким** номер задания, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное

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



1 2 3 4 5 6 7
☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 ИЗ

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

$$\frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{3}{2} R V_r + \frac{5}{2} R V_k \quad \frac{Q}{\Delta T_2} - \frac{Q}{\Delta T_1} = R(V_r + V_k) \quad 60 \neq 0$$

$$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{5}{2} R V_r + \frac{7}{2} R V_k$$

$$V_k = \frac{Q(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\Delta T_1 \Delta T_2} - V_r$$

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

$$R V_r = \frac{5Q}{2\Delta T_2} - \frac{7Q}{2\Delta T_1} = \frac{5\Delta T_1 - 7\Delta T_2}{2\Delta T_1 \Delta T_2} Q$$

$$V_0 \sqrt{V_0^2 + 2gh} =$$

$$R V_k = C_p - C_v - \frac{3C_p}{2} + \frac{7C_v}{2}$$

$$\frac{30 - 28}{30 - 42} = 1$$

$$= 1 \cdot \frac{3(1+5)}{5(1+5)}$$

$$\frac{3C_v - 3C_p}{2R}$$

$$\frac{5C_p - 7C_v}{5C_v - 3C_p} = \frac{5 \cdot 15 - 7 \cdot 10}{5 \cdot 10 - 3 \cdot 15} = 1$$

$$= 1$$

$$V_r, V_k$$

$$\frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{3}{2} R V + \frac{5}{2} R V = 4 R V$$

$$V_0 = T$$

$$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{5}{2} R V + \frac{7}{2} R V = 6 R V$$

$$= \frac{5 \cdot 10}{2}$$

$$Q \frac{600}{15} = 40$$

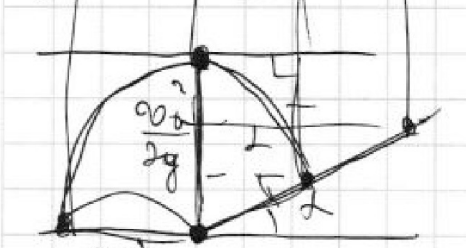
$$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{5}{2} R V + \frac{7}{2} R V = 6 R V$$

$$600 \cdot 10 = 2000 \text{ m}$$

$$600 = A + Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} V_0 + gh$$

$$600 = A + Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} V_0 + gh$$

$$A = 600 \left(1 - \frac{2}{3} \right) = 200$$



$$\frac{V_0^2}{2g} = x \sin \alpha + x$$

$$x = \frac{V_0^2}{2g(1 + \sin \alpha)}$$

$$120 + 15 = 135 \text{ m}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = x \sin \alpha + x = x = \frac{V_0^2}{g(1 + \sin \alpha)}$$

$$x = \frac{V_0^2}{g(1 + \sin \alpha)}$$

$$\frac{1}{\sin \alpha} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{1}{\sin \alpha} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} = h + \frac{V_0^2}{g}$$



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
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!

$$\sqrt{1 + \left(\frac{80 \cdot 80}{10 \cdot 800}\right)} - 1 = \sqrt{\frac{100 + 64}{100}} - 1 = \frac{\sqrt{164}}{10} - 1$$

$$\sqrt{1640} \quad \sqrt{0,164} = 12,80 \quad \frac{20}{1} = 20 \text{ см.}$$

$$\begin{array}{r} 28 \\ \times 64 \\ \hline 248 \\ \times 44 \\ \hline 256 \times \\ \hline 1600 \end{array}$$

$$(L-R) \frac{w}{R} + w$$

$$\frac{L}{R} w =$$

$$R w dt + w dt (L-R)$$

$$d\varphi = w dt$$

$$N = \sqrt{2 \cdot \frac{V^2}{R}} + q$$

$$R = \sqrt{1 + \left(\frac{V^2}{qR}\right)^2} - 1$$

$$\sqrt{1 + \left(\frac{640 \cdot 80}{10 \cdot 800}\right)^2} - 1 = \frac{164}{100}$$

$$C_p = (C_{VH_2} + R) V_{H_2} + (C_{Vo_2} + R) V_{O_2}$$

$$C_p = -\frac{5}{2} C_V + \frac{3}{2} C_p = R V_{H_2}$$

$$V_{H_2} = \frac{3C_p - 5C_V}{2R}$$

$$\Delta\varphi(L-2R) + \Delta\varphi R$$

$$\Delta\varphi(L-R)$$

$$V_{O_2} =$$

$$\frac{5}{2} \cdot 10 + \frac{17}{2} \cdot 10 = 40$$