



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

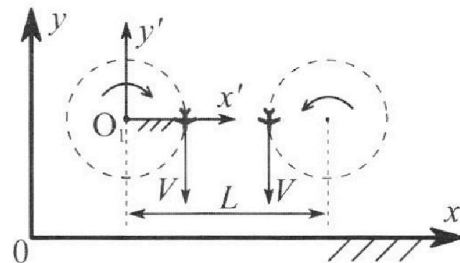
Вариант 10-03

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.

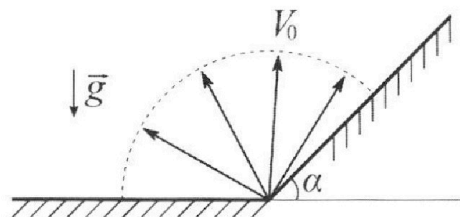
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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.

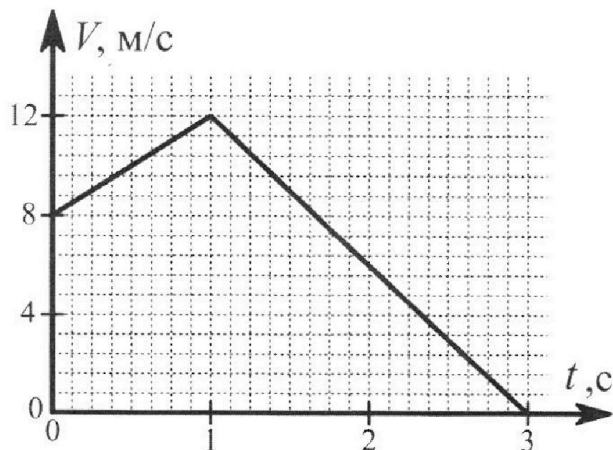
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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?

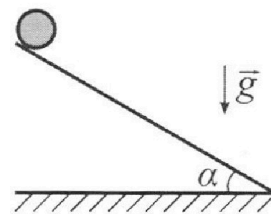
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение 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 $\frac{N_{He}}{N_K}$ 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 нек оторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

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



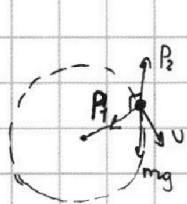
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$① P_1 = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

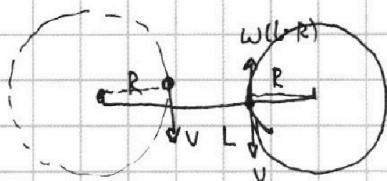
$$P_2 = mg$$

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$$

$$\frac{P - mg}{P} = \frac{\sqrt{m^2 g^2 + m^2 \frac{v^4}{R^2}} - mg}{\sqrt{m^2 g^2 + m^2 \frac{v^4}{R^2}}} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}} - g}{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}} = \frac{\sqrt{100 + \frac{3600^2}{360 \cdot 360}} - 10}{\sqrt{100 + \frac{3600^2}{360 \cdot 360}}}$$

$$= \frac{-10}{14} = -0,28 = -28\%$$

②



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

$$\text{BCO } v' = v - \omega(L - R) = v - \frac{v}{R}(L - R) = 60 - \frac{1 \cdot (1800 - 360)}{6} =$$

$= -180 \text{ м/с}$ скорость второго в CO первого равна 180 м/с и напр. вверх.

Ответ: 28% ; 180 м/с (вверх).



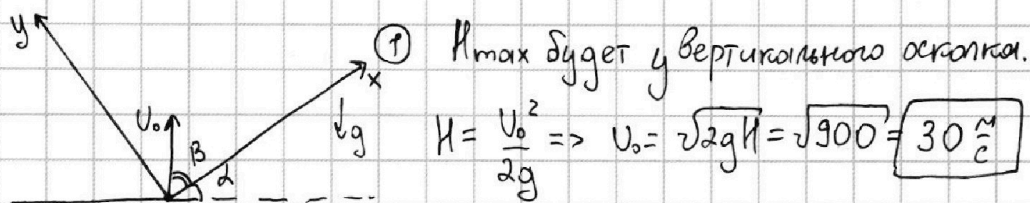
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\textcircled{2} \begin{cases} U_0 \cos \beta t - g \frac{x t^2}{2} = L & (g_x = g \sin \alpha) \\ U_0 \sin \beta t - g \frac{y t^2}{2} = 0 & (g_y = g \cos \alpha) \end{cases}$$

$$U_0 \cos \beta t - g \frac{\sin \alpha t^2}{2} = L$$

$$U_0 \sin \beta t - g \frac{\cos \alpha t^2}{2} = 0 \Rightarrow \sin \beta = \frac{g \cos \alpha t}{2 U_0}, \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{g^2 \cos^2 \alpha t^2}{4 U_0^2}}$$

$$U_0 t \sqrt{1 - \frac{g^2 \cos^2 \alpha t^2}{4 U_0^2}} = L + g \frac{\sin \alpha t^2}{2} \Rightarrow U_0^2 t^2 (1 - \frac{g^2 \cos^2 \alpha t^2}{4 U_0^2}) = L^2 + g \sin \alpha L t + g^2 \frac{\sin^2 \alpha t^4}{4}$$

$$U_0^2 t^2 - \frac{g^2 \cos^2 \alpha t^4}{4} = L^2 + g \sin \alpha L t + g^2 \frac{\sin^2 \alpha t^4}{4}$$

$$\frac{g^2 t^4}{4} + t^2 (g \sin \alpha L - U_0^2) + L^2 = 0$$

$$D = (g \sin \alpha L - U_0^2)^2 - 4 \frac{L^2 g^2}{4} \geq 0$$

$$g \sin \alpha L - g \sin \alpha L + U_0^2 \geq L^2 g$$

$$U_0^2 \geq L(g + \sin \alpha g)$$

$$L_{\max} = \frac{U_0^2}{g(1 + \sin \alpha)} = \frac{900}{10(1 + 0.8)} = \frac{900}{18} = 50 m$$

Ответ: $30 \frac{m}{c}$; $50 m$



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!

- ① На графике в момент времени $t = t_0$ излом, значит тогда произошел удар. Т.к. до излома скорость увеличивалась, то шайба ехала вниз с ускорением a_1

$a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$ (проекция силы тяжести и трения на ось x)

a_1 можно найти из графика - это будет угол наклона до излома.

$a_1 = a_1 = 4 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$

После излома, график убывает и шайба движется с постоянным ускорением a_2 .

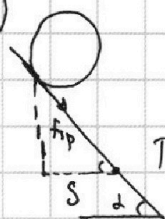
$a_2 = a_2 = \frac{1^2}{2} = 6 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$



Складывая 2 уравнения: $10 = 2g \sin \alpha$

$\sin \alpha = \frac{1}{2}$

- ② Так как движение без прск., то $f_{тр}$ не совершает работы



Т.к. скорость нижней точки 0. ССЗ: $\frac{1}{2} m v^2 = 4 m g \tan \alpha \cdot s$

м.к. $v_0 = 0$, то $\frac{v^2}{2a} = \frac{s}{\cos \alpha} \Rightarrow a = \frac{v^2 \cos \alpha}{2s}$

$v = \sqrt{2 g \tan \alpha \cdot s} = 3,5 \frac{m}{c}$

$= \frac{\cos \alpha \cdot 2 g \tan \alpha \cdot s}{2s} = g \cdot \sin \alpha = g = 5 \frac{m}{c^2}$

- ③ $\frac{f_{тр}}{4m} + g \sin \alpha = a$; $f_{тр} \leq \mu m g \cos \alpha \cdot 4 \Rightarrow \mu g \cos \alpha \cdot 4m \geq 4m(a - g \sin \alpha)$

$f_{тр} = 4m(a - g \sin \alpha)$

$\mu \geq \frac{a - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = 0$

Ответ: $3,5 \frac{m}{c}$; $5 \frac{m}{c^2}$; при любых $\mu \geq 0$



1 2 3 4 5 6 7

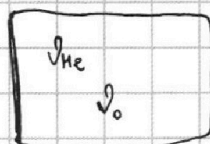
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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!

$$① Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_0 R \Delta T_1$$



Пусть есть ν_{He} и ν_0 .

В изохорическом процессе $A=0$ и

$$\frac{5}{2} p \Delta V = \frac{5}{2} \nu R T$$

$$Q = \Delta T_1 \left(\frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_0 R \right)$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_0 R \Delta T_2 + A = \Delta T_2 \left(\frac{3}{2} \nu_{He} R + \frac{5}{2} \nu_0 R \right) + A = \frac{Q \Delta T_2}{\Delta T_1} + A$$

$$A = Q - \frac{Q \Delta T_2}{\Delta T_1} = 960 - 600 = 360 \text{ Дж}$$

$$② C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{960}{48} = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$A = p \Delta V = (p_1 + p_2) \cdot \Delta V = \nu_{He} R \Delta T_2 + \nu_0 R \Delta T_2 \quad \nu_0 R \Delta T_2 = A - \nu_{He} R \Delta T_2$$

$$Q - A = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_0 R \Delta T_2 = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} A - \frac{5}{2} \nu_{He} R \Delta T_2$$

$$\frac{3}{2} A - Q = \nu_{He} R \Delta T_2 \Rightarrow \nu_{He} = \frac{\frac{3}{2} A - Q}{R \Delta T_2}; \quad \nu_0 = \frac{A - \frac{3}{2} A + Q}{R \Delta T_2} = \frac{Q - \frac{3}{2} A}{R \Delta T_2}$$

$$\frac{\nu_{He}}{\nu_0} = \frac{N_{He} \cdot N_A}{N_A \cdot N_0} = \frac{\frac{3}{2} A - Q}{Q - \frac{3}{2} A} = \frac{300}{60} = 5$$

Ответ: 360 Дж; 20 Дж/К; 5.



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!

$$2t(U_0^2 - g \sin \alpha L) - \frac{4t^3}{2} = L$$

$$U_0 \cos \beta - g \cos \alpha \frac{t^2}{2} = L$$

$$U_0 \sin \beta - g \sin \alpha \frac{t^2}{2} = 0$$

$$\sin \beta = \frac{g t \sin \alpha}{U_0}$$

$$\sin \beta = \frac{g t \sin \alpha}{U_0}$$

$$t = \frac{2 U_0 \sin \beta}{g \sin \alpha}$$

$$\frac{U_0 \sin \alpha}{2} = H$$

$$L^2 = t^2 (U_0^2 - g \sin \alpha L) - \frac{g^2 \cos^2 \alpha t^4}{4}$$

$$m g H + \frac{m U_x^2}{2} = \frac{m U_0^2}{2}$$

$$m g H = \frac{m (U_0^2 - U_x^2)}{2}$$

$$t^2 = 2 L g$$

$$t^4 = \frac{4 L^2}{g^2}$$

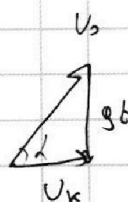
$$\frac{U_0^2 \sin^2 \alpha}{2 g} = H$$

$$\frac{L^2}{t^2} = \frac{g^2 t^2}{4}$$

$$U_0 \sqrt{1 - \frac{g^2 t^2 \sin^2 \alpha}{4 U_0^2}}$$

$$\frac{U_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = H + \frac{U_0^2 \sin^2 \alpha}{2 g}$$

$$L^2 + \frac{2 L (g \sin \alpha - U_0^2)}{g} t = \frac{g t^3}{2}$$



$$t = \frac{U_0 \sin \alpha}{g}$$

$$U_0 \sin \alpha = g t$$

$$U_0 t \sin \alpha = \left(H + \frac{g t^2}{2} \right)$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

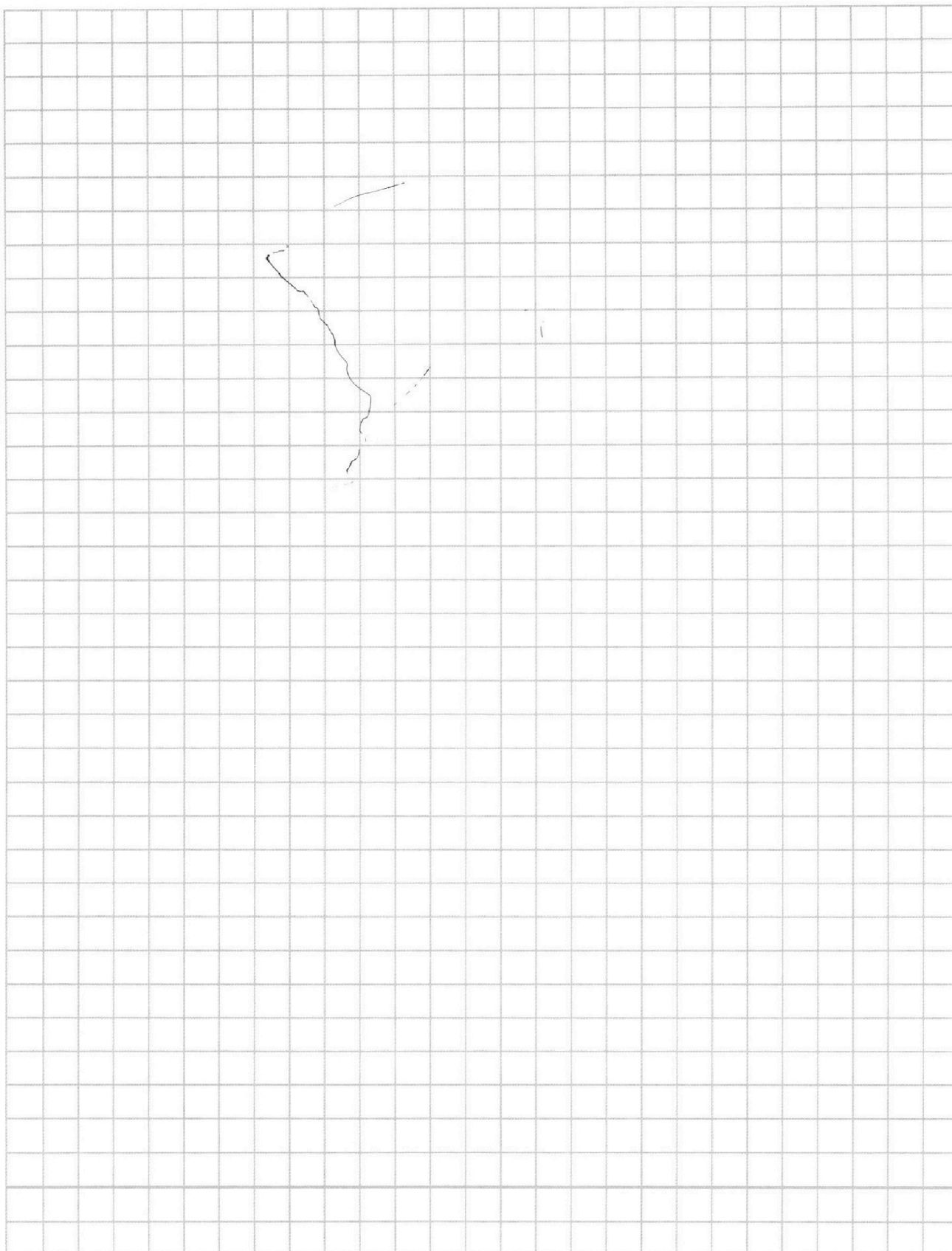
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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





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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

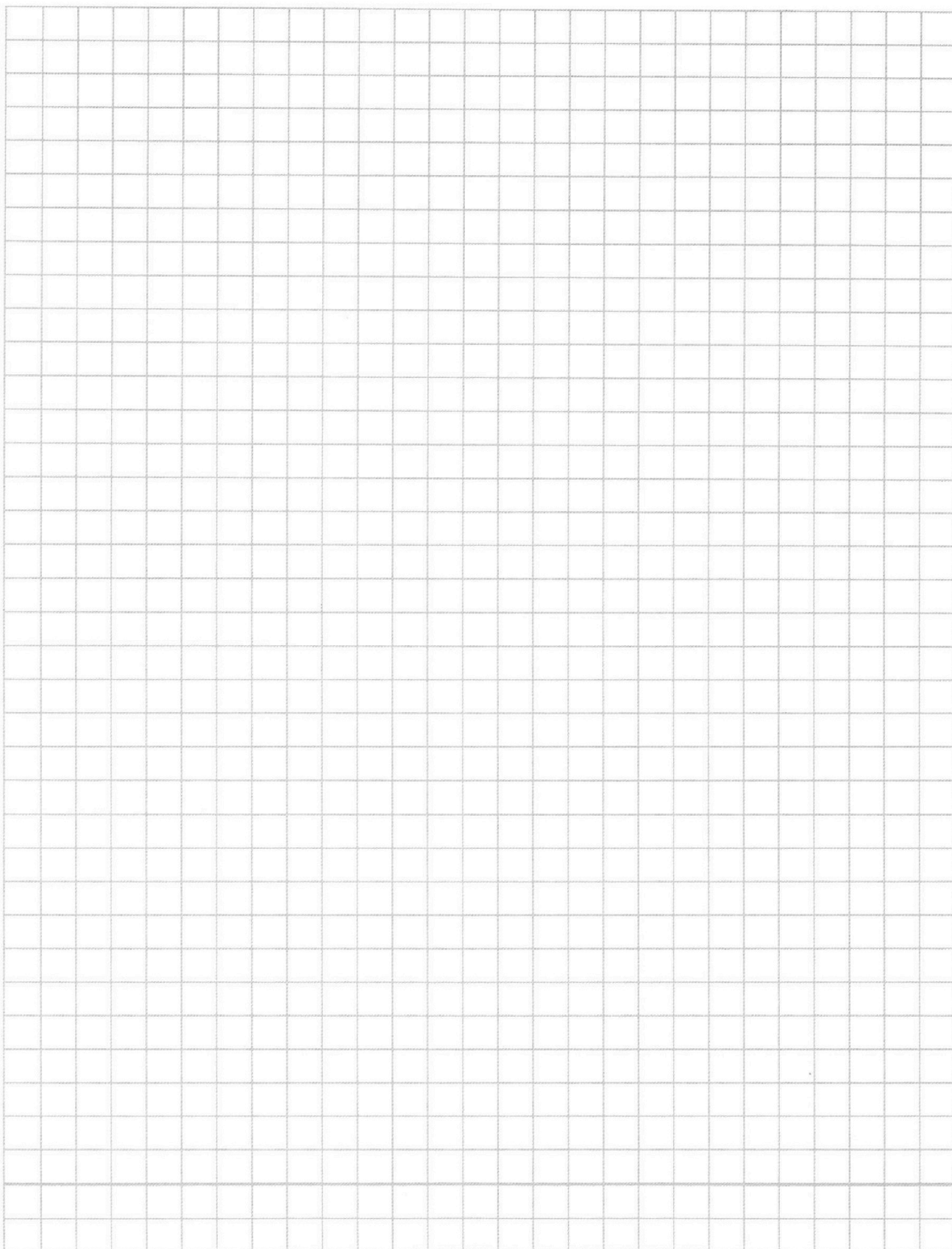
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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



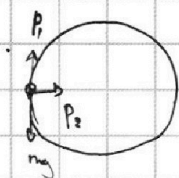


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

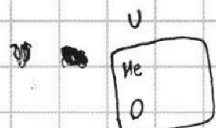
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$P_1 = mg$$

$$P_2 = m \frac{v^2}{R}$$

$$\frac{\sqrt{100 + \frac{3600 \cdot 3600}{360 \cdot 360}} - 10}{10 \sqrt{2} - 10} = 19 - 10 = 9$$



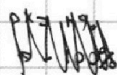
$$P_1 U = 2 n_e R T$$

$$P_2 U = 2 n_o R T$$

$$A + \Delta U = 960$$

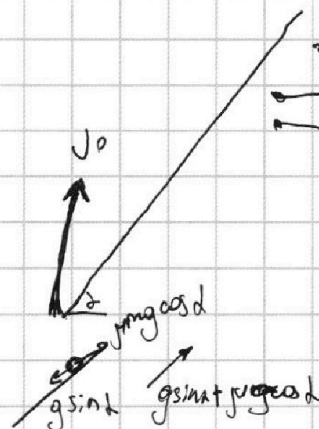
$$C_v = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$1800 - 360$$



$$\frac{80}{360} = \frac{1}{6}$$

$$\omega \cdot 360 = v, \omega = \frac{v}{R}$$



$$\frac{3600 \cdot 3600}{360 \cdot 360} =$$

$$\begin{array}{r} 40 \overline{) 14} \\ 28 \overline{) 028} \\ \hline 120 \\ 112 \end{array}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h$$

$$d_1 = d_2 = 4 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = 6$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ - 1800 \\ \hline 360 \\ 1490 \overline{) 6} \\ - 12 \\ \hline 29 \\ - 24 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$10 = 2 g \sin \alpha$$

$$v_0 < v_{\text{max}}$$



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!

$P = \frac{N}{V} kT$ $PV = NkT$

$Q - A = \frac{3}{2} J_{HeR} \Delta T_2$

$\frac{U^2}{2gs \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{S}{\cos \alpha}$

$C_v = \frac{Q}{\Delta T}$

$a = g \sin \alpha$

$A = p \Delta V = (p_1 + p_2) \Delta V$

$J_{HeR} \Delta T_2 + J_{O_2R} \Delta T_2$

$J_{O_2R} = J_{HeR}$

$Q = \frac{3}{2} J_{HeR} \Delta T_1 + \frac{5}{2} J_{O_2R} \Delta T_2$

$Q = A + \frac{3}{2} J_{HeR} \Delta T_2 + \frac{5}{2} J_{O_2R} \Delta T_2$

$Q - A = \frac{3}{2} J_{HeR} \Delta T_2 + \frac{5}{2} (A - J_{HeR} \Delta T_2)$

$180 \cdot 7 - 960$

$960 - 5 \cdot 180$

$\frac{2}{5} + \mu \sin \alpha = \frac{2}{5} \sin \alpha$

$\mu = 7$