



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

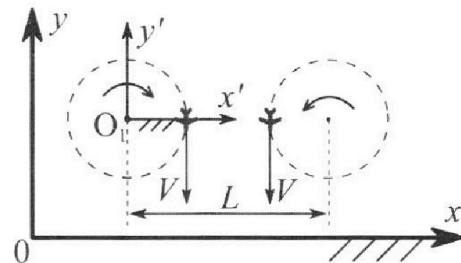
Вариант 10-03

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.

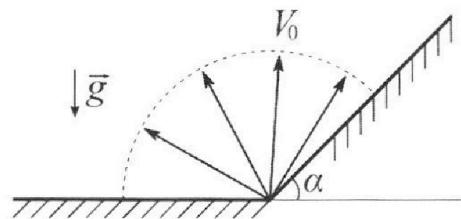
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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.

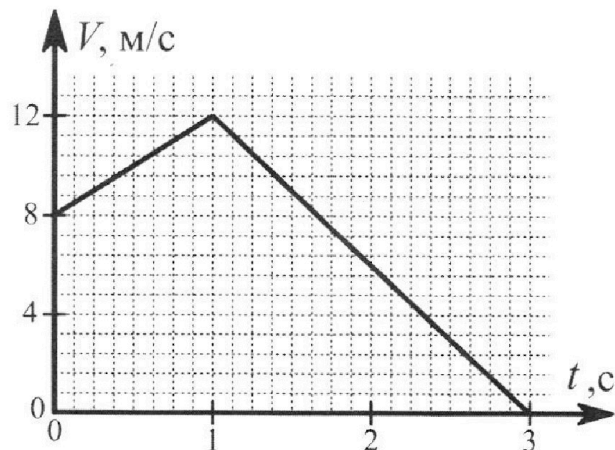
2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

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?

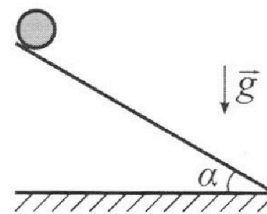
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение 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 $\frac{N_{He}}{N_{O_2}}$ 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 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?

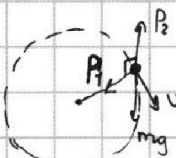


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

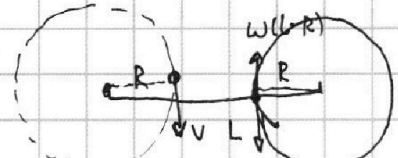


① $P_1 = m \cdot \frac{v^2}{R}$ $P_2 = mg$ $P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$

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

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

②



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

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

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

Ответ: 28%; $180 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (вверх).

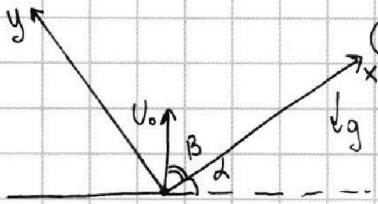


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) H_{\max} будет у вертикального осклонка.

$$H = \frac{U_0^2}{2g} \Rightarrow U_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{900} = 30 \frac{M}{c}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: $30 \frac{M}{c}; 50 \text{ m}$



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 едет вниз с ускорением a_1

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

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 ускоре-

нием a_2 .

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

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

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

② Поскольку движение без трения, то $F_{тр}$ не совершает работы

Т.к. скорость нижней точки 0. (303): $\frac{1}{2} m v^2 = 4 m g t g \alpha \cdot s$

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

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

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

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 $\mu \geq 0$

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.

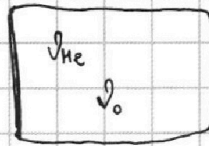


1 2 3 4 5 6 7

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!

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



Пусть есть ν_{ne} и ν_0 .

В изохорическом процессе $A=0$ и

$$\frac{5}{2} pV = \frac{5}{2} \nu R T$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{\nu_{ne}}{\nu_0} = \frac{\nu_{ne} \cdot N_A}{\nu_0 \cdot N_A} = \frac{\frac{3}{2} A - Q}{Q - \frac{3}{2} A} = \frac{300}{60} = \boxed{5}$$

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.



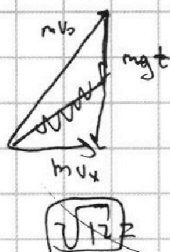
1 2 3 4 5 6 7

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!

200

$$\frac{V_y^2}{2g} = H$$



$$\frac{V_y t}{2} = H$$

$$\frac{V^2}{2} = g \cdot t \sin \alpha$$

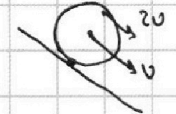
$$V^2 = g \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} \cdot 2 \cdot \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$\frac{200}{17} = \frac{17}{30} \cdot \frac{12}{17}$$

$$\frac{12}{17} \cdot \frac{17}{30} = \frac{12}{30}$$

$$1700 - 0021$$

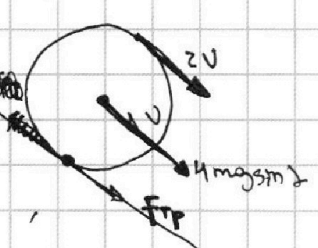
$$a = \frac{F_{тр}}{4m} + g \sin \alpha$$



$$x = \frac{V_x t}{2}$$

$$180 + 100 = 280$$

$$\frac{200}{17} = \frac{17}{30} \cdot \frac{12}{17}$$



$$\frac{900}{17} = \frac{18}{30}$$

$$\frac{V^2}{2a} = t$$

$$\frac{20}{17}$$

$$V = V_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$L^2 = V_0^2 t^2 - 2g t^2 L + g^2 t^4$$

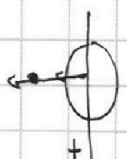
$$F_{тр} + 4mg \sin \alpha =$$

$$F_{тр} = 6 \cdot 5$$

$$\frac{200}{17}$$

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

$$g^2 \sin^2 \alpha L^2 - 2g \sin \alpha L V_0 + V_0^2 \geq L^2 g^2$$



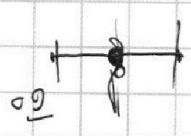
$$\frac{105}{17} = \frac{5}{17}$$

$$\frac{t}{ka}$$

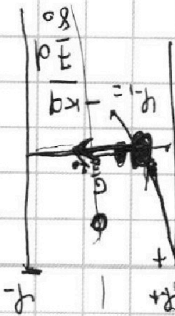
$$\frac{V^2}{2a} = L$$

$$\frac{105}{17} = \frac{5}{17}$$

$$960 - 5 \cdot 160 = 160$$



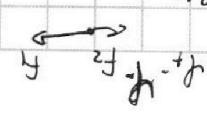
$$k \cdot 960^2$$



$$\frac{2}{ka}$$

$$\frac{V}{ka}$$

$$m \cdot V^2$$



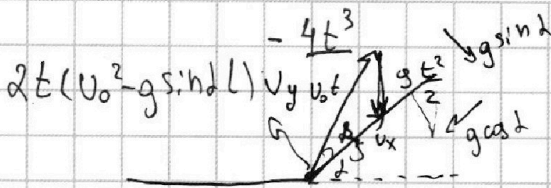


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

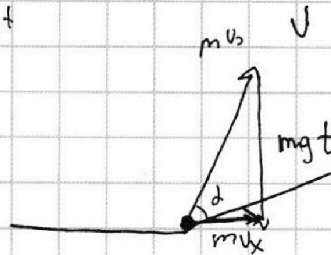
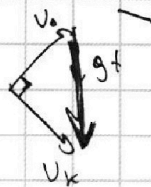
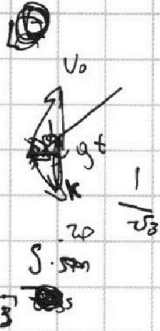


$$v_0 \cos \beta - g \cos \alpha \frac{t^2}{2} = L$$

$$v_0 \sin \beta - g \sin \alpha \frac{t^2}{2} = 0$$

$$\sin \beta = \frac{g t \sin \alpha}{v_0}$$

$$m g L = m v_0 \sin \alpha$$



$$t = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g \sin \alpha}$$

$$\frac{v_0 \sin \alpha}{2} = H$$

$$L^2 = t^2 (v_0^2 - g^2 \sin^2 \alpha) - g^2 \cos^2 \alpha \frac{t^4}{4}$$

$$m g H + \frac{m v_x^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$m g H = m \left(\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2} - \frac{v_x^2}{2} \right)$$

$$L^2 = 2 L H$$

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

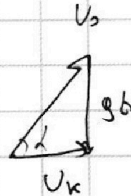
$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2 g} = H$$

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

$$v_0 \sqrt{1 - \frac{g^2 t^2 \sin^2 \alpha}{4 v_0^2}}$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = H + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2 g}$$

$$L^2 + \frac{2 L (g \sin \alpha - v_0^2)}{g} t = \frac{g t^2}{2}$$



$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 \sin \alpha = g t$$

$$v_0 t \sin \alpha = \left(H + \frac{g t^2}{2} \right)$$

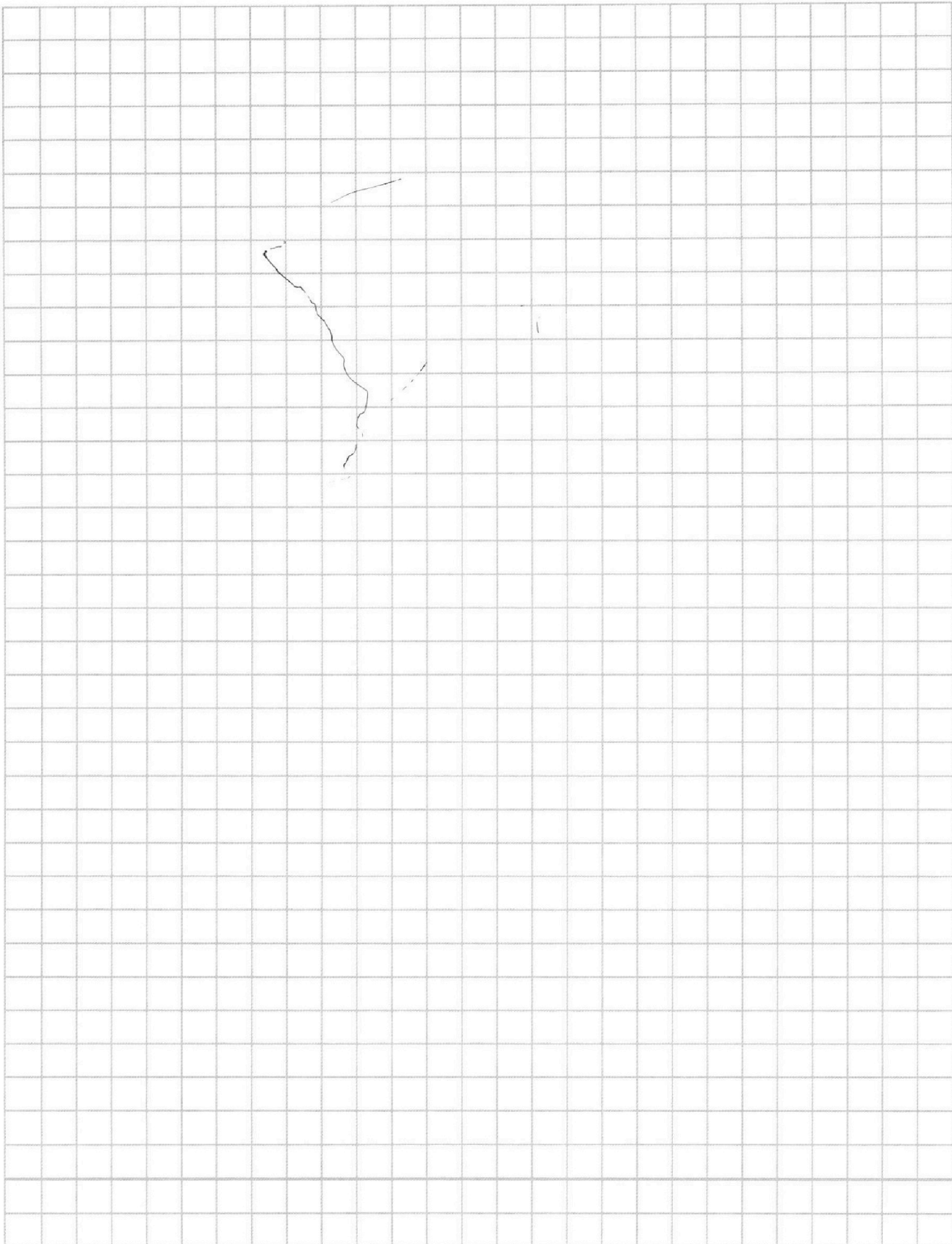


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



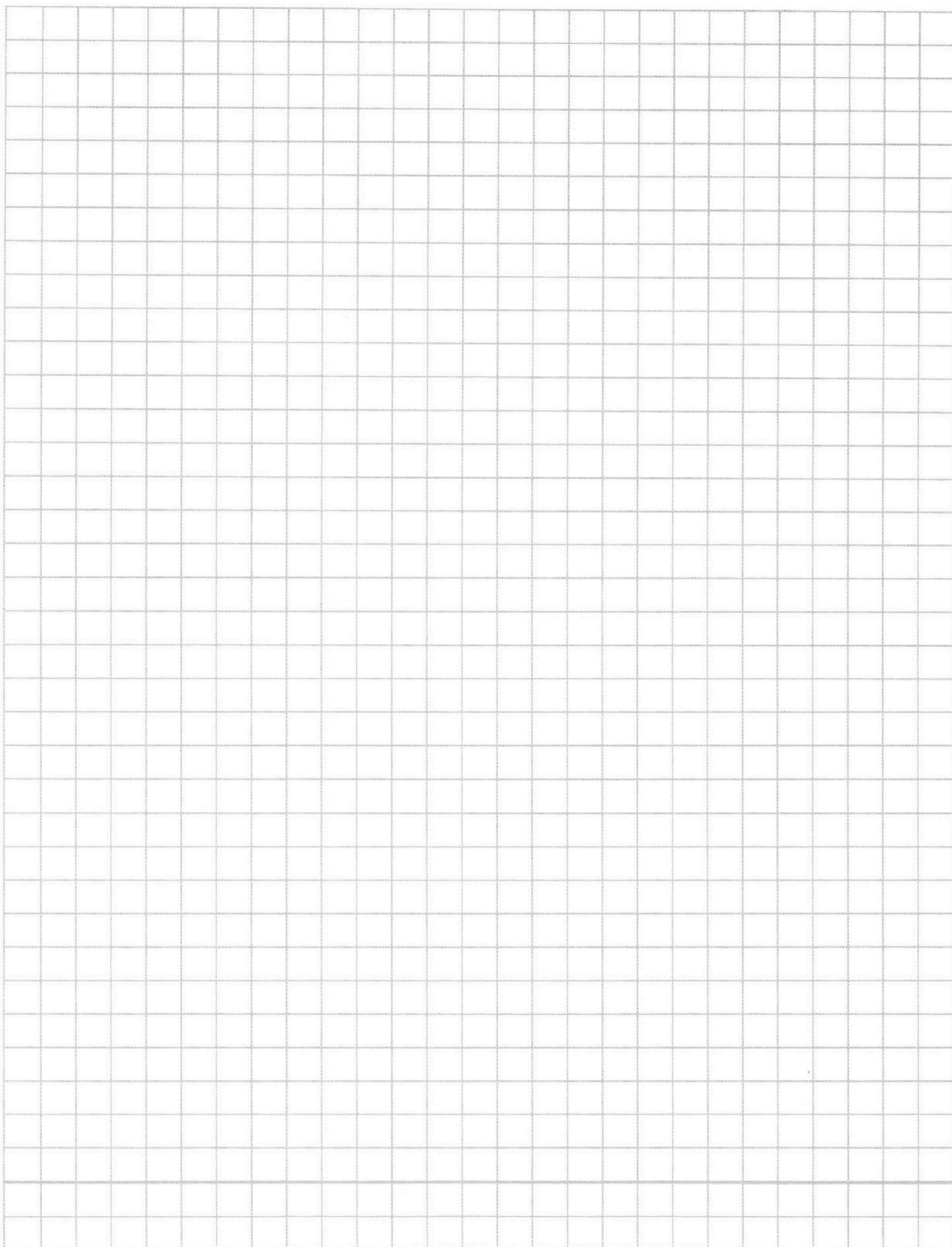


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$P_1 = mg$
 $P_2 = m \frac{v^2}{R}$

$$\frac{\sqrt{3^2 + v^2}}{R^2} \cdot g = \sqrt{100 + \frac{3600 \cdot 3600}{360 \cdot 360}} - 10$$

$$= 10\sqrt{2} - 10 = 14 - 10 = 4$$

$P_1 U = I_0 e R T$
 $P_2 U = I_0 R T$

$A + \Delta U = 960$
 $1800 - 360$

$Cv = \frac{Q}{\Delta T}$
 $w \cdot 360 = U, w = \frac{v}{R}$
 $\frac{80}{360} = \frac{1}{6}$

360
 $2v$
 $1,8$
 $L \cdot \frac{v}{R}$

$40 \overset{10}{\overline{)14}}$
 $28 \quad \underline{028}$
 $\hline 120$
 112

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

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

$$\begin{array}{r} 10 \\ -1800 \\ \hline 360 \\ \hline 1490 \end{array} \quad \begin{array}{r} 10 \\ 240 \\ -60 \\ \hline 180 \end{array}$$

$\frac{1490}{24} = 62 \frac{14}{24}$
 $\frac{240 - 60}{24} = 6 \frac{1}{2}$

$10 = 2g \sin \alpha$
 $v_{max} > 0$



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!

$P = \frac{2}{3} \rho k T$ $PV = NkT$
 $4mgs \sin \alpha$ $g \sin \alpha$ $mg \sin \alpha$
 $\frac{\partial h_e}{\partial V_0}$ $\frac{V^2}{2g \sin \alpha \cos \alpha}$ $Q - A = \frac{3}{2} \rho h_e R$
 ΔT_2
 $C_V = \frac{1}{2} R$ $a = g \sin \alpha$ $A = p \Delta V = (P_1 + P_2) \Delta V$
 $\rho h_e R \Delta T_2 + \rho_0 R \Delta T_2$
 $\rho_0 R = \rho h_e R$
 180
 360
 600
 $Q = \frac{3}{2} \rho h_e R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \rho_0 R \Delta T_2$
 12
 960
 5
 180
 168
 960
 18
 12
 180
 960
 $1260 - 960$
 $180 \cdot 7 - 960$
 $960 - 5 \cdot 180$
 $\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$
 $\frac{2}{3} = \frac{2}{3}$
 7