



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

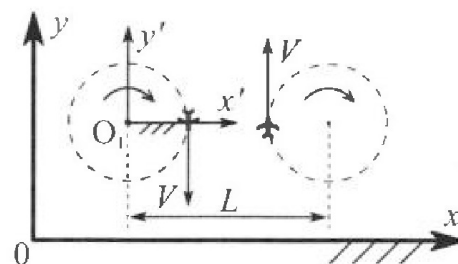
Вариант 10-01

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.

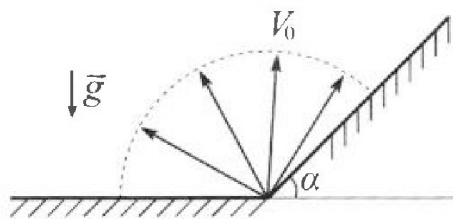
1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



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.

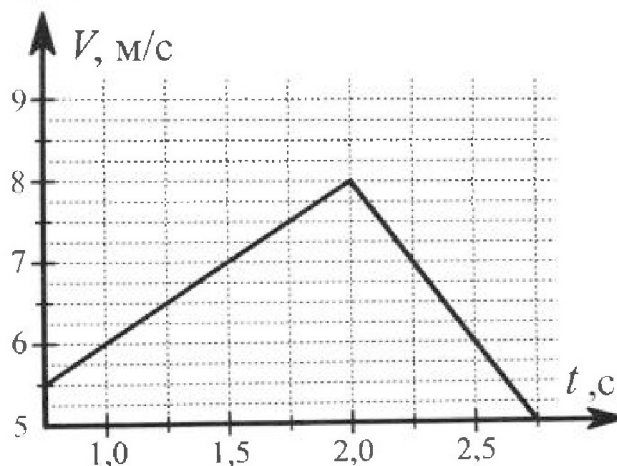
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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?

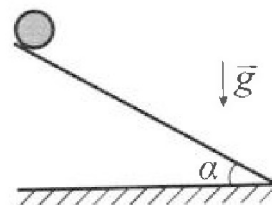
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение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





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?



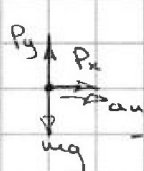
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача 1.



$\Pi \Sigma H: x: P_x = a_n \cdot m = \frac{v^2}{R} \cdot m$

$\Pi \Sigma H: y: P_y - mg = 0$

и по формуле:

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

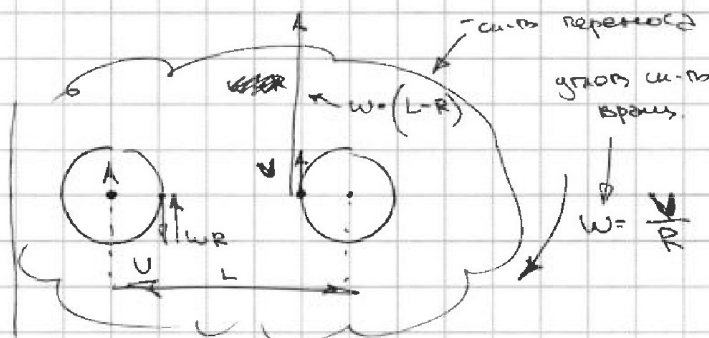
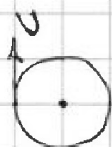
$\delta = \left(\frac{P}{mg} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} - 1 \right) \cdot 100\% = 28\%$

Ответ: $\delta = 28\%$.

2.



Лаб. со



$$U = v_{\text{вс}} - v_{\text{перем}} = v - (-)w(L-R)$$
$$= v + w(L-R) = \frac{vR}{R} + \frac{vL}{R} = \frac{vR}{R}$$
$$= \frac{vL}{R} = 200 \text{ м/с}$$

Ответ: $U = 200 \text{ м/с}$, U направлена 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 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!

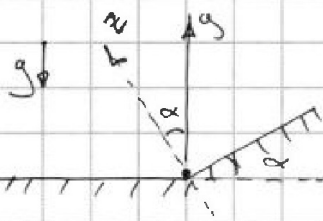
Задача 2.

$$\alpha = 30^\circ$$

$$T = 9c$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_0 = ?$$



① Для начала определим, под каким углом должна лететь ракета, чтобы у нее была наиб. продолжит. полета.

1) Первый случай если проекция нач. скор-ти $V_{0x} \leq 0$.

$$y: V_{0y} - g \cdot \frac{T}{2} = 0 \quad (\text{в верхней точке } v_y = 0)$$

т.к. вверх лететь столько же.

$$T = \frac{2V_{0y}}{g} \rightarrow T = \text{max при } V_{0y} \text{ максимальном } (=V_0) \rightarrow T = \frac{2V_0}{g}$$

2) Второй случай: $V_{0x} > 0$. ось z $\perp$ склону

$$z: V_{0z} - g \cdot \cos \alpha \cdot \frac{T}{2} = 0$$

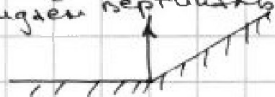
$$T = \frac{2V_{0z}}{g \cdot \cos \alpha} \rightarrow T_{\text{max}} \text{ при } V_{0z} \text{ макс. но } V_{0z} = V_0 \cdot \cos \alpha$$

Максимальное T тогда

(т.к. $V_{0x} > 0$)

идет перпендикулярно

$$T = \frac{2V_0}{g} \rightarrow V_0 = \frac{Tg}{2} = 45 \text{ м/с}$$



Ответ 1: $V_0 = \frac{Tg}{2} = 45 \text{ м/с}$.

t - время полета

Ось w направл. вдоль склона
P - угол, под котор. летит осевая

$$z: V_0 \cdot \sin \beta - g \cdot \cos \alpha \cdot \frac{t}{2} = 0$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

$$w: \cancel{V_0 \cos \beta} S = V_0 \cdot \cos \beta \cdot t - \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2} =$$

$$= \frac{2V_0 \sin \beta \cdot \cos \beta}{g \cos \alpha} - \frac{g \cdot \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4V_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left(\sin \beta \cos \beta \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \sin^2 \beta \right) \quad \text{т.к. на нас спрашивают}$$

тогда $S = \text{max}$,
поиск производную

$$\cos^2 \beta \cdot \cos \alpha + \sin \beta \cdot (-\sin \beta) \cos \alpha - \sin \alpha \cdot 2 \cdot \sin \beta \cdot (\cos \beta) = 0$$

$\cdot \sin \beta$
 $\cos \beta$
 $\neq 0$

$$\frac{1}{\tan \beta} \cos \alpha - \tan \beta \cos \alpha - 2 \sin \alpha = 0 \quad / : \cos \alpha$$

$$\frac{1}{\tan \beta} - \tan \beta - 2 \tan \alpha = 0 \quad / \cdot \tan \beta \rightarrow \frac{1}{\tan^2 \beta} + 2 \tan \alpha \cdot \tan \beta - 1 = 0$$



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.



СТРАНИЦА

2 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!

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{-\operatorname{tg} \alpha \pm \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1}}{1}$$

$\operatorname{tg} \beta > 0$ (т.к. должен полететь на склоне)

$$\rightarrow \operatorname{tg} \beta = -\operatorname{tg} \alpha + \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1}$$

* при max

$$S' = \cos \beta \cdot \cos(\beta + \alpha) - \sin \beta \cdot \sin(\beta + \alpha) = \cos(2\beta + \alpha) = 0$$

$$2\beta + \alpha = 90^\circ$$

$$\sin \beta \cdot \cos(\beta + \alpha) = \frac{\sin(2\beta + \alpha) + \sin(-\alpha)}{2} = \frac{1 - \sin \alpha}{2}$$

$$S = \frac{2U_0^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot \sin \beta \cdot \cos(\beta + \alpha) = \frac{U_0^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot (1 - \sin \alpha)$$

$$= \underline{135 \text{ м}}$$

Ответ: $\underline{S = 135 \text{ м.}}$



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.

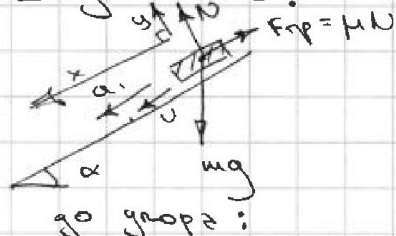
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Задача 3.

т.к. скользкое

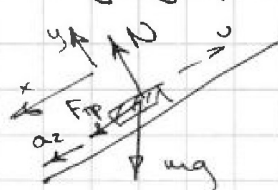


$$\text{ИЗН: } y: N = mg \cos \alpha$$

$$x: a_1 m = mg \sin \alpha - \mu N$$

$$= mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

до упора:



$$\text{ИЗН: } y: N = mg \cos \alpha$$

$$x: a_2 m = mg \sin \alpha + \mu N$$

$$(a_1 + a_2) m = 2 mg \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{3}{10} = 0,3$$

Находим из графика:

$$a_1 = 2 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = \frac{(8-5) \text{ м/с}}{0,75 \text{ с}} \approx 4 \text{ м/с}^2$$

2g

поэтому когда находим графика (первую прямую:

Ответ: $\sin \alpha = 0,3$.

a_1 - ускорение шайбы до столкнов. с упором

a_2 - " - после - "

m - масса шайбы

Опыт № 2.

по те. Кеннига:

$$\text{ЗСЭ: } mgh = E_{\text{кин}} = \frac{mV^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} \cdot \frac{V^2}{V^2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{4} mV^2$$

$$J = \frac{mR^2}{2}$$

$$mgh = \frac{3}{4} mV^2 \rightarrow V = \sqrt{\frac{4}{3} gh}$$

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$= 2 \text{ м/с}$$

Ответ: $V = 2 \text{ м/с}$.

в нисо центра О.

$$\text{Правилу моментов: } 0 = F \cdot r = \left(\frac{mV^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{a}{r} \right)$$

$$\text{ИЗН: } x: F + mg \sin \alpha = ma = \frac{ma}{2} + mg \sin \alpha$$

$$a = 2g \sin \alpha = 6 \text{ м/с}^2$$

r - упр. ускор
" т.к. кеннига
показ. посылка

Ответ: $a = 6 \text{ м/с}^2$, $\mu > \frac{a}{g \cos \alpha} \approx 0,63$

$$F < \mu N = \mu mg \cos \alpha \text{ (см выше)} \rightarrow \mu > \frac{a}{g \cos \alpha}$$

т.к. F - трение покоя. Будет скользить при $F_{\text{тр}} \approx \mu N$



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!

Задача 4.

J_r - ток в резисторе

J_0 - ток в индуктивности

$$Q = 600 \text{ Дж}$$

$U = \text{const}$: (разность потенциалов)

первое излучение: $Q = \frac{3}{2} J_r R \Delta T_1 + \frac{5}{2} J_0 R \Delta T_1$ (1)

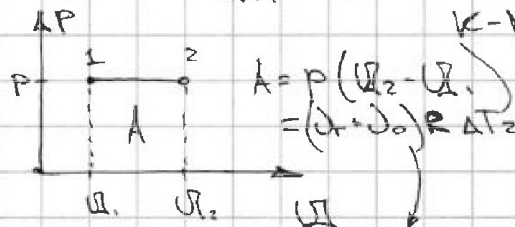
$P = \text{const}$:

$$\text{пвт: } Q = \frac{3}{2} J_r R \Delta T_2 + \frac{5}{2} J_0 R \Delta T_2 + A$$

$$A = \left(\frac{3}{2} J_r R + \frac{5}{2} J_0 R \right) (\Delta T_1 - \Delta T_2) = \frac{Q}{\Delta T_1} (\Delta T_1 - \Delta T_2) =$$

$$= Q - Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = 200 \text{ Дж}$$

Ответ: $A = 200 \text{ Дж}$



(1) $Q = C_U \Delta T_1 = \left(\frac{3}{2} J_r + \frac{5}{2} J_0 \right) R \Delta T_1 = C_U \cdot \frac{A}{R \Delta T_2} \cdot \Delta T_1$

$$C_U = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{600 \text{ Дж}}{15 \text{ К}} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Ответ: $C_U = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$$J_r + J_0 = \frac{Q}{R} \left(\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1 \cdot \Delta T_2} \right)$$

$$(3J_r + 5J_0) = \frac{2Q}{R \Delta T_1} \quad \cdot B$$

$$J_r + J_0 = B \cdot \frac{3}{5} J_r + \frac{5 \cdot B}{5} J_0 \rightarrow J_0 = \frac{1 - 3B}{5B - 1} J_r$$

$$\frac{N_r}{N_u} = \frac{J_r}{J_0} = \frac{5B - 1}{1 - 3B} = 1$$

Ответ: $\frac{N_r}{N_u} = 1$

тепловая мощность

$$B = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2 \cdot \Delta T_2} = \frac{1}{4}$$



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!

Задача 5.

ИЗМ x:

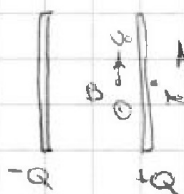


$$F = ma = \frac{Q}{\epsilon d} q \rightarrow a = \gamma \cdot \frac{Q}{\epsilon d} = \frac{v_0^2}{R}$$
$$F = \frac{Q}{\epsilon d} \cdot q$$
$$R = \frac{v_0^2}{a} = \frac{v_0^2 \cdot \epsilon d}{\gamma Q}$$

Ответ: $R = \frac{v_0^2 \epsilon d}{\gamma Q}$

СЭЭ: $\rightarrow v$

$$\text{СЭЭ: } -q \frac{Q}{\epsilon} + \frac{mv_0^2}{2} = 0 + \frac{mv^2}{2} \quad | : \frac{m}{2}$$



$\varphi_C = 0$ (и.г.м. от конд. $\rightarrow -\varphi_C = \varphi_A \rightarrow$ уравновеш.)

$\varphi_A = 0 \rightarrow \varphi_B = \varphi_A - \frac{Q \cdot d}{\epsilon \cdot 4} = -\frac{Q}{4\epsilon}$

$$-\frac{2\gamma Q}{4\epsilon} + v_0^2 = v^2 \rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{\gamma Q}{2\epsilon}}$$

Ответ: $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{\gamma Q}{2\epsilon}}$

m - масса частицы

q - заряд частицы

φ_i - потенциал в точке i

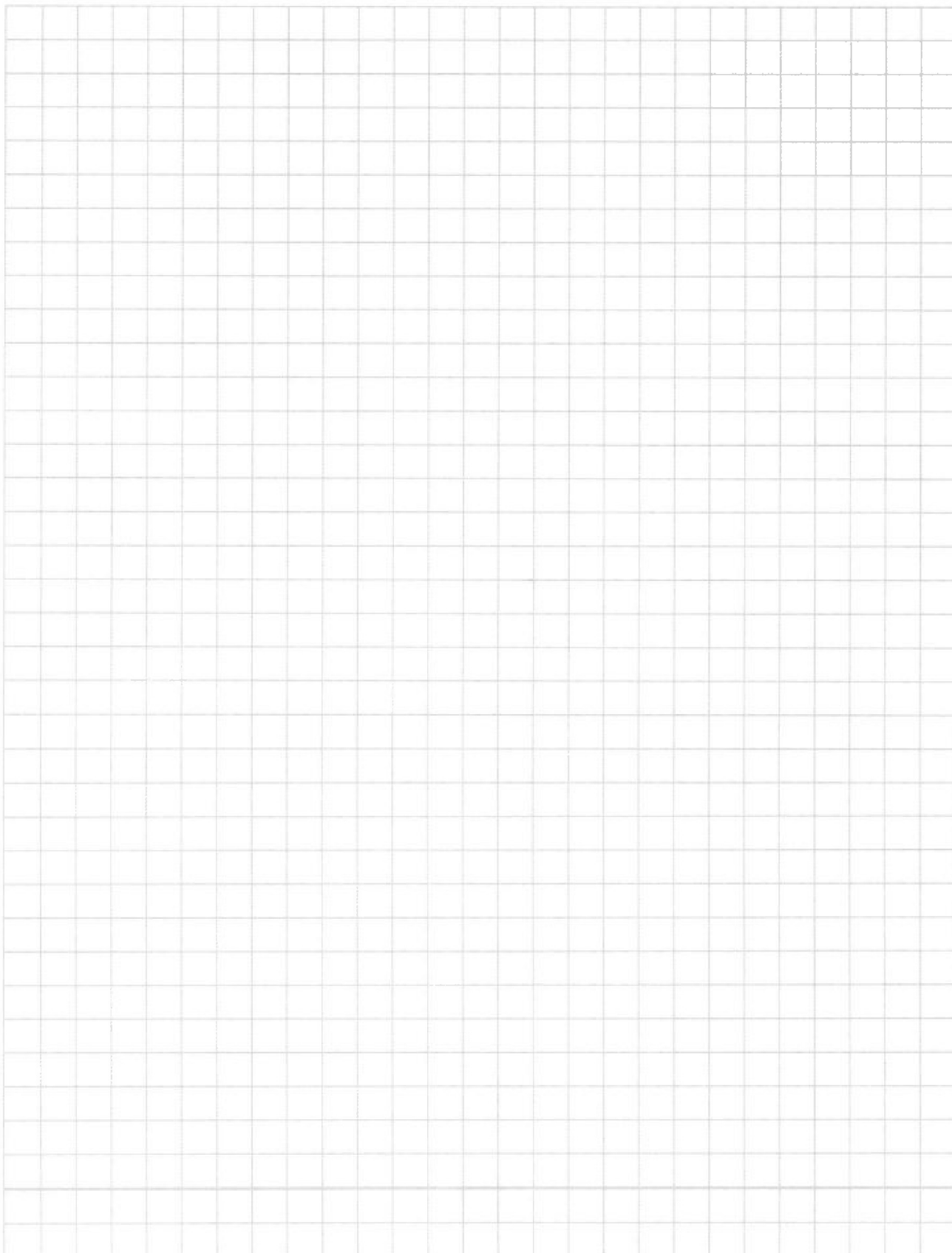


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача 2.

$$z: V_0 \sin p = g \cos \alpha \cdot \frac{t}{2} \rightarrow t = \frac{2 V_0 \sin p}{g \cos \alpha}$$

$$L = V_0 \cdot \cos(p + \alpha) t = \frac{2 V_0^2}{g \cos \alpha} (\cos p \cos \alpha - \sin p \sin \alpha) \sin p$$

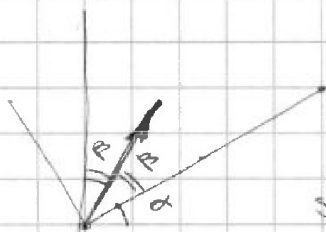
$$S \cdot \cos \alpha = L$$

$$L' = \cos p \cdot \cos(p + \alpha) - \sin p \cdot \sin(p + \alpha) = 0$$

$$\cos p \cos(p + \alpha) - \sin p \sin(p + \alpha) = 0$$

$$1 - 2 \tan p - \tan^2 p = 0$$

$$2p + \alpha = 90^\circ$$



$$\sin(y - x) + \sin(y + x) =$$

$$= 2 \sin y \cos x$$

$$\sin y \cdot \cos x = \frac{\sin(-\alpha) + \sin(2p + \alpha)}{2}$$

$$\cos(2p + \alpha) = 0$$

$$S = \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{2 V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \sin p (\cos(p + \alpha)) = \frac{2 V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha}{2} \right)$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 3 \\ \hline 135 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 45 \cdot 45 \\ \times 2 \\ \hline 900 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 45 \cdot 45 \\ \times 2 \\ \hline 900 \end{array}$$

$$\cos 90^\circ = 0$$

