



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

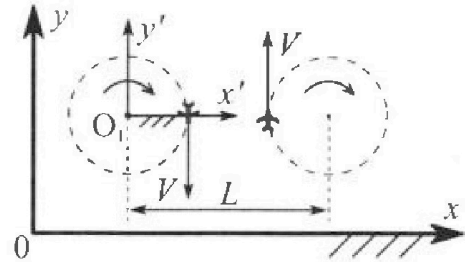
## Вариант 10-01

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/с<sup>2</sup>.

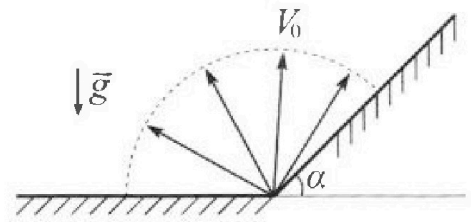
1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



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.

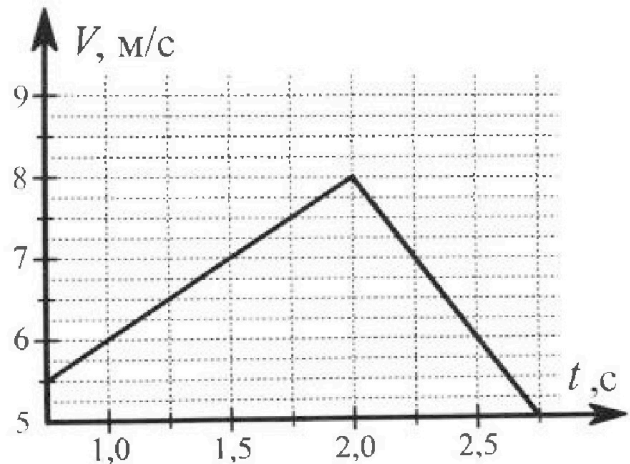
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

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/с<sup>2</sup>. 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?

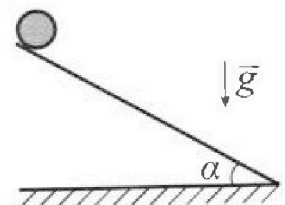
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – 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  $\mu$  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  $\frac{N_{\Gamma}}{N_{\text{К}}}$  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?



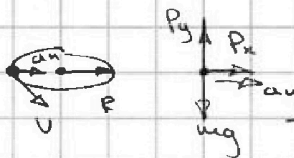
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.



$m$  - масса планеты

$$\Pi_z M: x: P_x = a_n \cdot m = \frac{v^2}{R} \cdot m$$

$$\Pi_z M: y: P_y - mg = 0$$

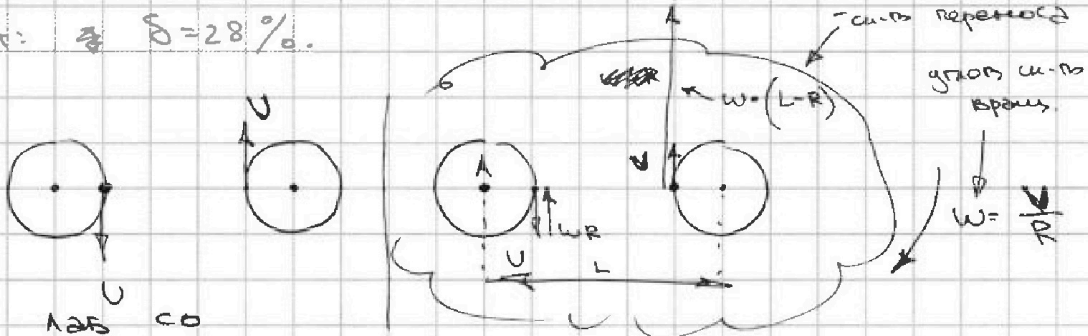
и по формуле:

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

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

Ответ:  $\delta = 28\%$ .

2.



$$U = v_{\text{вс}} - v_{\text{переноса}} = v - (-)w(L-R)$$

$$= v + w(L-R) = \frac{vR}{R} + \frac{vL}{R} = \frac{vR}{R}$$

$$= \frac{vL}{R} = 200 \text{ м/с}$$

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.

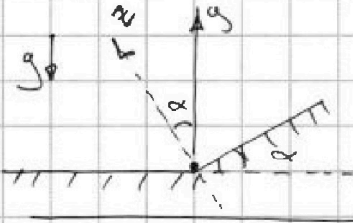
1  2  3  4  5  6  7

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 разрывная, чтобы у нее была наиб. продолжит. полета.

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

$y: V_{0y} - g \cdot \frac{T}{2} = 0$  (в верхней точке  $v_y = 0$ )  
т.к. вниз лететь столько же.

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

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

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

$T = \frac{2V_{0z}}{g \cdot \cos \alpha} \rightarrow T = \text{max}$  при  $V_{0z}$  макс., но  $V_{0z} = V_0 \cdot \cos \alpha$   
Максимальное T тогда (т.к.  $V_{0x} > 0$ )

$T = \frac{2V_0}{g} \rightarrow U_0 = \frac{Tg}{2} = 45 \text{ м/с}$  ↑  
кидает перпендикулярно

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

t - время полета

② Ось w направл. вдоль склона,  $\beta$  - угол, под котор. летит снаряд

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

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

$w: S = U_0 \cdot \cos \beta \cdot t - \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2} =$

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

$= \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \frac{\sin \beta \cos \beta \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} - \sin \alpha \cdot \sin^2 \beta \right)$  ↑  
т.к. на нас спрашивают ↑  
чтобы S = max,  
производную

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

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

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



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.

1  2  3  4  5  6  7

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.  $\beta$  должен полететь на склон)

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

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

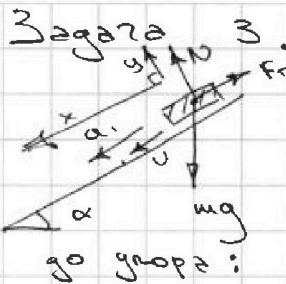


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

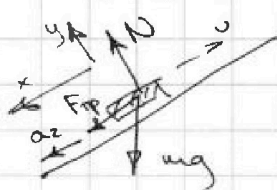
1  2  3  4  5  6  7

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!



ИЗН: y:  $N = mg \cos \alpha$   
 x:  $a_1 m = mg \sin \alpha - \mu N$   
 $= mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$



ИЗН: y:  $N = mg \cos \alpha$   
 x:  $a_2 m = mg \sin \alpha + \mu N$   
 $(a_1 + a_2) m = 2mg \sin \alpha$   
 $\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{3}{10} = 0,3$

Находим из графика:

$a_1 = 2 \text{ м/с}^2$

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

можем найти значение графика (первой прямой):

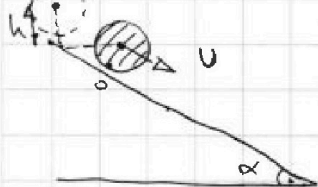
Ответ:  $\sin \alpha = 0,3$ .

$a_1$  - ускорение шайбы по столбов. с углом

$a_2$  - - " - после - "

$m$  - масса шайбы

Опыт № 2.



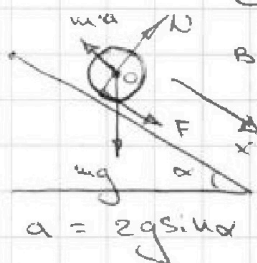
по те. Кеннига:  
 ЗСЭ:  $mgh = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{J\omega^2}{2} =$   
 $= \frac{1}{2} \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} \cdot \frac{V^2}{V^2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{4} mV^2$

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

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

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

Ответ:  $V = 2 \text{ м/с}$ .



в нисо центра O.

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

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

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

$r$  - угл. ускор  
 " тк кинетия  
 точка покоя

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

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

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



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 первом генераторе,  $J_0$  - ток в втором генераторе

$Q = 600 \text{ А}\cdot\text{ч}$   
 $U = \text{const}$ : (разность потенциалов)  
~~первое издало~~  $Q = \frac{3}{2} J_r R \Delta T_1 + \frac{5}{2} J_0 R \Delta T_1$  (1)  
 $p = \text{const}$ :  
 $p \cdot t$ :  $Q = \frac{3}{2} J_r R \Delta T_2 + \frac{5}{2} J_0 R \Delta T_2 + A$   
 $A = \left( \frac{3}{2} J_r R + \frac{5}{2} J_0 R \right) (\Delta T_1 - \Delta T_2) = \frac{Q}{\Delta T_1} (\Delta T_1 - \Delta T_2) =$   
 $= Q - Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = 200 \text{ А}\cdot\text{ч}$   
 Ответ:  $A = 200 \text{ А}\cdot\text{ч}$

К-М:  $A = p(U_2 - U_1) = (J_r + J_0) R \Delta T_2$

(1)  $Q = C_U \Delta T_1 = \left( \frac{3}{2} J_r + \frac{5}{2} J_0 \right) R \Delta T_1 = C_U \frac{A}{R \Delta T_2} \cdot \Delta T_1$   
 $C_U = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{600 \text{ А}\cdot\text{ч}}{15 \text{ К}} = 40 \frac{\text{А}\cdot\text{ч}}{\text{К}}$

Ответ:  $C_U = 40 \frac{\text{А}\cdot\text{ч}}{\text{К}}$

$J_r + J_0 = \frac{Q}{R} \left( \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1 \cdot \Delta T_2} \right)$   
 $(3J_r + 5J_0) = \frac{2Q}{R \Delta T_1} \quad \cdot B$   
 $J_r + J_0 = B \cdot \frac{3}{2} J_r + \frac{5}{2} B \cdot J_0 \rightarrow J_0 = \frac{1 - 3B}{5B - 1} J_r$   
 $\frac{N_r}{N_0} = \frac{J_r}{J_0} = \frac{5B - 1}{1 - 3B} = 1$

Ответ:  $\frac{N_r}{N_0} = 1$

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

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.

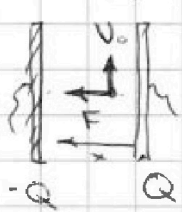


1  2  3  4  5  6  7

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:

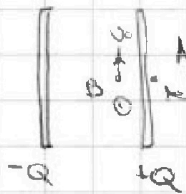
$$F = ma = \frac{Q}{\epsilon \cdot d} q \rightarrow a = \gamma \cdot \frac{Q}{\epsilon \cdot d} = \frac{U_0^2}{\epsilon \cdot d}$$

$$F = \frac{Q}{\epsilon \cdot d} \cdot q$$

$$R = \frac{U_0^2}{a} = \frac{U_0^2 \cdot \epsilon \cdot d}{\gamma Q}$$

Ответ:  $R = \frac{U_0^2 \epsilon d}{\gamma Q}$

$$\text{ЗСЭ: } -q \frac{Q}{\epsilon} + \frac{mU_0^2}{2} = 0 + \frac{mU^2}{2} \quad | : \frac{m}{2}$$



$\varphi_C = 0$  (т.к. связано от конг.  $\rightarrow -\varphi \cdot q = \varphi \cdot q \rightarrow$  уравновеш.)  
 $\varphi_B = 0 \rightarrow \varphi_B = \varphi_A - \frac{Q \cdot d}{\epsilon \cdot d} = -\frac{Q}{4\epsilon}$

$$-\frac{2\gamma Q}{4\epsilon} + U_0^2 = U^2 \rightarrow U = \sqrt{U_0^2 - \frac{\gamma Q}{2\epsilon}}$$

Ответ:  $U = \sqrt{U_0^2 - \frac{\gamma Q}{2\epsilon}}$

m - масса частицы

q - заряд частицы

$\varphi_i$  - 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

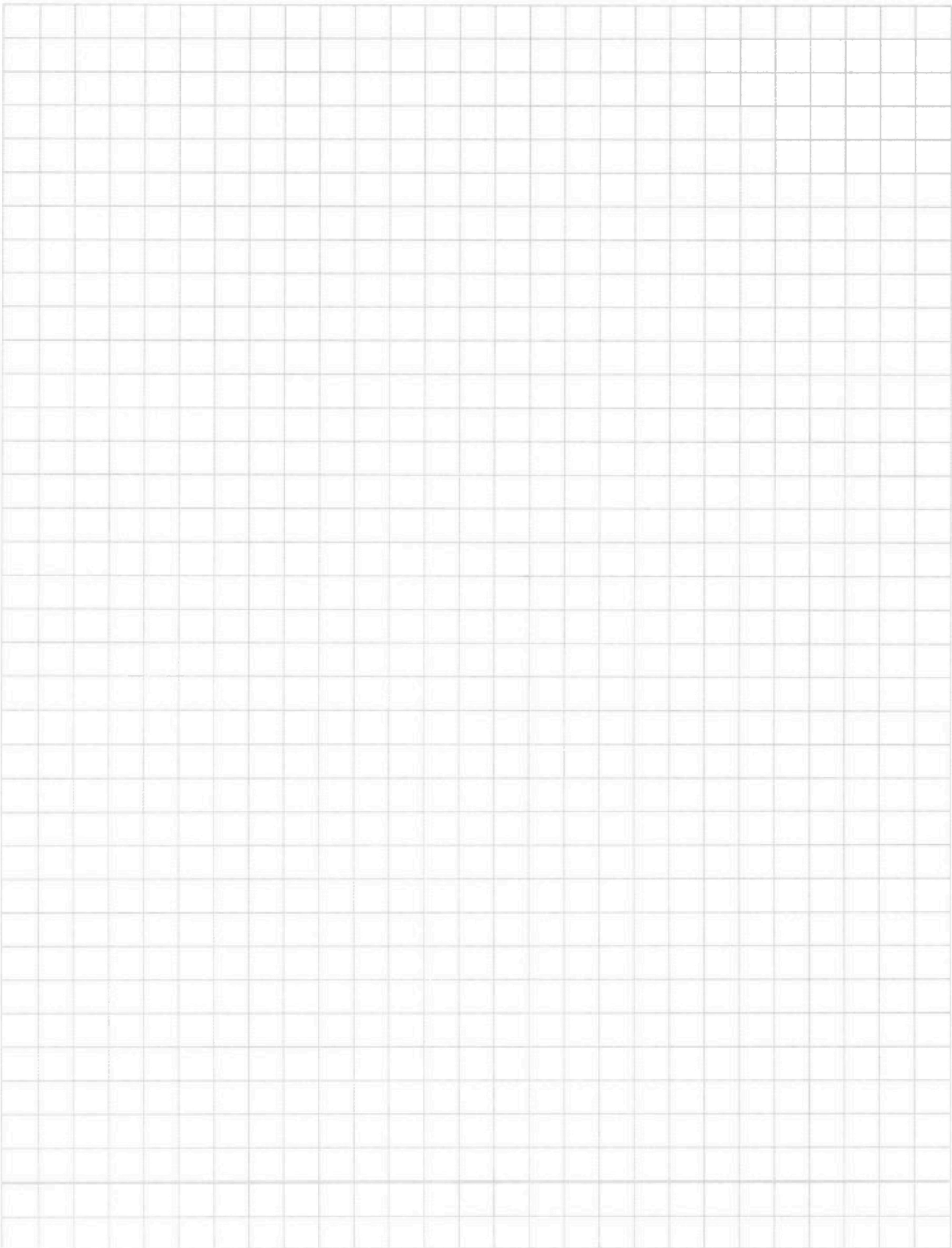
5

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.

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

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

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

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

$$\cos p \cdot \frac{2 \cos p}{2 \cos p} - \frac{\sin p}{\sin p} \cdot \frac{\sin p}{\sin p} = 0$$

$$1 - 2 \frac{\sin p}{\sin p} - \frac{\sin^2 p}{\sin^2 p} = 0$$

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



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

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

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

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

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

$$\frac{45}{135} \cdot \left( \frac{1}{2} \right)$$

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



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!

$$600 \left(1 - \frac{10^2}{15^2}\right) = \frac{600}{3} = 200$$

$$\Delta T + \Delta_0 = \frac{Q}{R} \left( \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1 \Delta T_2} \right)$$

$$\Delta T + \Delta_0 = 2 \frac{Q}{R \Delta T}$$

$$\frac{5-1}{15} = \frac{1-\frac{1}{3}}{3}$$

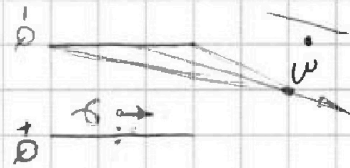
$$\frac{4}{15} = \frac{2}{9}$$

$$\frac{4}{15} = \frac{2}{9}$$

$$E = \frac{30}{2}$$

$$E = \frac{Q}{20}$$

$$E = 90 \frac{Q}{30} = 90 \frac{Q}{E \cdot D}$$



$$E = \frac{30}{2}$$

$$\frac{5}{20} = 0$$

1654225  
1285  
2570  
10280  
6425  
-----  
5821  
x 1285  
-----  
16384

$$64 + 100 = \sqrt{164}$$

$$\frac{R}{16400} = \frac{8}{800}$$

~~800~~ · 2000  
128 - 100  
=  $\sqrt{16400 - 100}$   
164 - 10  
-----  
40960000  
384  
2560000  
6400  
-----  
\*6400



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!

$\int x \cdot dx = \frac{x^2}{2}$

$\int x^3 dx = \frac{x^4}{4}$

$X \cdot F = \frac{w \cdot x^2}{2} \cdot \frac{a}{x}$

$\Delta \text{кар } \Pi \text{ ЗН}$

$K \cdot \text{шар}$

$\int w x^2 = 2\pi \int w \cdot S \cdot r^2 = 2\pi \int w \cdot \frac{1}{2} \pi r^2 \cdot h \cdot r^2 = \pi^2 w \int r^4 \cdot h$

$\int r^4 = \frac{r^5}{5}$

$\frac{1}{5} = \frac{3}{10}$

$\cos x = \frac{1 - 0,3^2}{100 - 9} = \frac{91}{100}$

$\frac{100 \cdot 0,95}{6} = 16,66$

$\frac{6}{9,5} = 0,6315$

$\frac{30}{510,630} = 0,0587$