



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

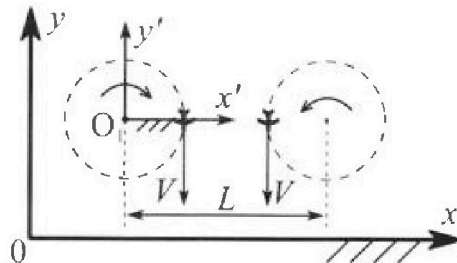
## Вариант 10-03



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  $V = 60 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R = 360 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

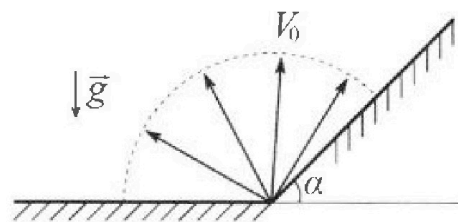
1. На сколько  $\delta$  процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



В некоторый момент времени самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L = 1,8 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолёта показан на рисунке.

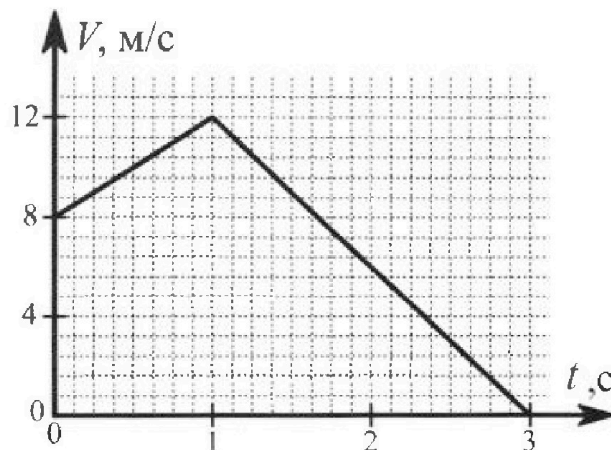
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha$  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  $H = 45 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



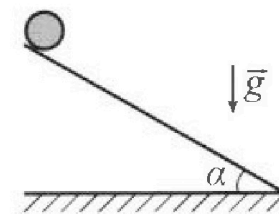
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



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 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  $S = 1 \text{ м}$ ?
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 10-03



*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 некоторое время после вылет из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

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



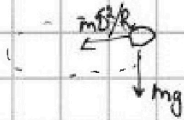
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

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. Рассмотрим вид со стороны



$m$  — масса летчика

На ~~самолете~~ летчик действует

максимальное =

сила тяжести  $mg$  и центробежная сила  $\frac{mv^2}{R}$ . Таким образом ускорение

летчика является векторной суммой ускорений  $\vec{g} + \frac{v^2}{R}$ .  $\nearrow$  Вес летчика

$P$  можно найти по теореме Пифагора:  $P^2 = \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2 + (mg)^2$

Сила тяжести, действующая на летчика  $F_{\text{тяж}} = mg$

Найдем отношение  $\frac{P}{F_{\text{тяж}}} = \frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{\frac{m^2 v^4}{R^2} + m^2 g^2}}{mg} = \frac{m \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{mg} =$

$$= \frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} = \sqrt{\frac{v^4}{R^2 g^2} + 1} = \sqrt{\frac{60^4}{360^2 \cdot 10^2} + 1} = \sqrt{2} \Rightarrow P = F_{\text{тяж}} \sqrt{2}$$

разделенное на 100

Обозначим искомое количество процентов за  $x$ . Тогда  $P - x \cdot P = F_{\text{тяж}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow P - x \cdot P = \frac{P}{\sqrt{2}} \quad | : P$$

$$1 - x = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$1 - \frac{1}{\sqrt{2}} = x = \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} = \frac{2 - \sqrt{2}}{2}$$

Тогда искомое кол-во процентов равно  $100x = \frac{200 - 100}{2} = \frac{100(2 - \sqrt{2})}{2} = 50(2 - \sqrt{2}) =$

$$= 100 - 50\sqrt{2} (\%)$$

1) Ответ:  $100 - 50\sqrt{2} \%$

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.

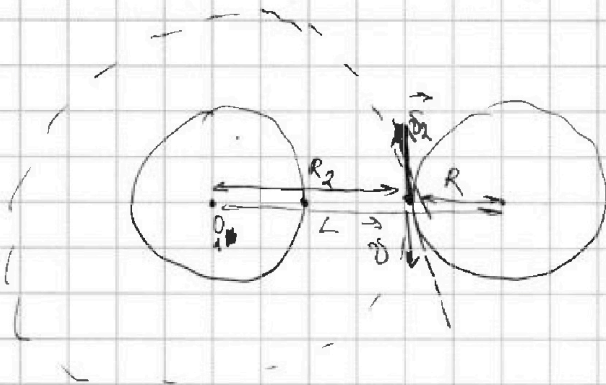


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

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!

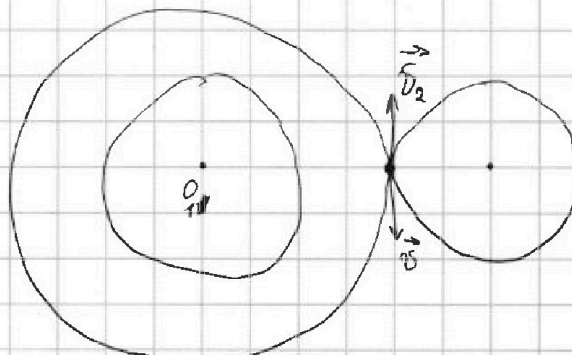
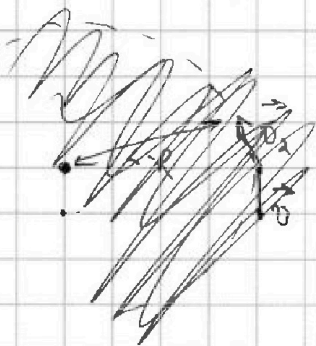
2. Во впр. Число перелетов во вращающуюся  $\omega$ , связанную с первым самолетом, необходимо учесть угловую скорость  $\omega$  (такую же, как у первого самолета в  $\omega$ -Земля). Таким образом в новой  $\omega$  второй самолет кроме своей скорости  $\vec{V}$  имеет скорости  $\vec{v}_2$  направленную по касательной к окружности с центром  $O_1$ , проходящую через второй самолет (в данной постановке). Показано на рисунке:



Найдем  $\omega$ .  $\omega = \frac{v}{R}$   
(угловая скорость вращения первого самолета в  $\omega$ -Земля)

$$v_2 = \omega \cdot \underbrace{(L-R)}_{R_2} = \frac{v}{R} (L-R)$$

Скорость второго самолета в новой  $\omega$   $\vec{u} = \vec{v}_2 + \vec{V}$



$$u = v_2 - v = v \left( \frac{L-R}{R} - 1 \right) = v \left( \frac{L}{R} - 2 \right) = 60 \cdot \left( \frac{1800}{360} - 2 \right) = \frac{1800}{6} - 120 =$$

$= 300 - 120 = 180$  (м/с). Направлена в сторону, противоположную той, в которую направлена  $\vec{V}$  в  $\omega$ , связанной с Землей, то есть вверх по оси  $y$ .



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 3

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!

2) Ответ  $u = 180 \text{ м/с}$ ,  $\vec{u}$  направлен вверх по оси  $y$ .

Ответ: 1)  $100 - 50\sqrt{2} \%$

2)  $u = 180 \text{ м/с}$ ,  $\vec{u}$  направлен вверх по оси  $y$ .

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 4

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 наибольшей высоте поднимаясь осколок, который полетел вертикально вверх. Рассмотрим его. Запишем закон сохранения энергии для него:

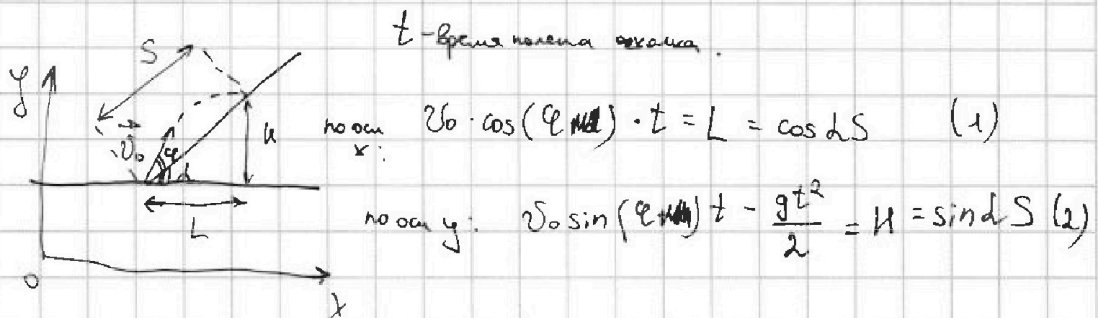
$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H$$

наибольшей скорости  $m$  - масса одного осколка  $H$  - высота на которой это скорость  $v_0$  на максимальной высоте равна 0 далее он начнет падать.

$$v_0 = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} = \sqrt{900} = 30 \text{ (м/с)}$$

1) Ответ  $v_0 = 30 \text{ м/с}$

2. Рассмотрим осколок, запущенный под углом  $\varphi$  к горизонту, и упавший на склоне. Выразим расстояние между стартом и точкой падения на склоне  $S$ .



$$S^2 = H^2 + L^2 \text{ по теореме Пифагора}$$

$$S^2 = v_0^2 \cos^2 \varphi t^2 + v_0^2 \sin^2 \varphi t^2 - 2 v_0 \sin \varphi t \cdot \frac{g t^2}{2} + \frac{g^2 t^4}{4}$$

Выразим  $t$  из (1):  $t = \frac{\cos \alpha S}{v_0 \cos \varphi}$

Подставим в (2):

$$\frac{v_0 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \alpha S}{v_0 \cos \varphi} - \frac{g}{2} \frac{\cos^2 \alpha S^2}{v_0^2 \cos^2 \varphi} = \sin \alpha S$$



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 4

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!

Мы рассматриваем угол  $\alpha$ :

$$S \neq 0$$

Разделим на  $S$ :

$$S \cdot \operatorname{tg} \varphi \cos d - \frac{g \cos^2 d}{2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{S}{v_0^2} = S \sin d$$

$$\operatorname{tg} \varphi \cos d - \sin d = \frac{g \cos^2 d}{2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{S}{v_0^2}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d - \sin d}{g \cdot \cos^2 d} \cdot (2 \cos^2 \varphi v_0^2) = S$$

$$2v_0^2 \cdot \left( \cos^2 \varphi \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d}{g \cos^2 d} - \frac{\sin d}{g \cos^2 d} \right) \right) = S$$

Таким образом,  $\varphi \geq d$ .

Чтобы найти  $\varphi$  при котором  $S$  - максимум, а производную  $S$  по  $\varphi$  приравняем к 0 (иногда  $\varphi$  может быть отрицательным)

$$(S)'_{\varphi} = 0$$

$$2v_0^2 \left( (\cos^2 \varphi)' \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d}{g \cos^2 d} - \frac{\sin d}{g \cos^2 d} \right) + \cos^2 \varphi \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi \cos d}{g \cos^2 d} - \frac{\sin d}{g \cos^2 d} \right)' \right) = 0$$



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  
3 ИЗ 4

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!

$$2\delta_0^2 \left( 2 \cos \varphi \cdot (-\sin \varphi) \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{g \cos \alpha} - \frac{\sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \right) + \cos^2 \varphi \cdot \frac{1}{g \cos \alpha} \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi} \right) = 0$$

$\delta_0 \neq 0$ , умножим

$$-2 \sin \varphi \cos \varphi \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{g \cos \alpha} - \frac{\sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \right) + \frac{1}{g \cos \alpha} = 0$$

Из этого уравнения можно выразить  $\varphi$

$$\frac{-2 \sin^2 \varphi}{g \cos \alpha} + \frac{2 \sin \varphi \cos \varphi \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} + \frac{1}{g \cos \alpha} = 0 \quad | \cdot g \cos \alpha$$

$$-2 \sin^2 \varphi + 2 \sin \varphi \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1 = 0$$

~~2 sin~~ обозначим  $\sin^2 \varphi = x$

$$-2x + 2 \sqrt{x - x^2} \operatorname{tg} \alpha + 1 = 0$$

$$2 \sqrt{x - x^2} \operatorname{tg} \alpha = 2x - 1 \quad |^2$$

$$4(x - x^2) \operatorname{tg}^2 \alpha = 4x^2 - 4x + 1$$

$$\frac{4x - 4x^2}{4x^2 - 4x + 1} = \operatorname{tg}^2 \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{4x - 4x^2}{4x^2 - 4x + 1} = \frac{16}{9}$$

$$\frac{64}{9}x - \frac{64}{9}x^2 - 4x^2 + 4x - 1 = 0$$





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

4 ИЗ 4

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!

$$\left(\frac{100}{g}\right)x^2 - \frac{100}{g}x + 1 = 0$$

$$x = \frac{\frac{100}{g} \pm \sqrt{\frac{10000}{g^2} - 4 \cdot \frac{100}{g}}}{\frac{200}{g}} = \frac{\frac{100}{g} \pm \frac{1}{g} \sqrt{10000 - 3600}}{\frac{200}{g}} = \frac{100 \pm 80}{200}$$

$$\left[ \begin{array}{l} x_1 = \frac{180}{200} = \frac{18}{20} = \frac{9}{10} \Rightarrow \sin \varphi = \frac{3}{\sqrt{10}} \\ x_2 = \frac{20}{200} = \frac{1}{10} \Rightarrow \sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{10}} \end{array} \right.$$

Также,  $\varphi \geq \alpha$ . Знаем  $\sin \varphi \geq \alpha$

Знаем  $\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{10}}$  не подходит

$$\text{Умакс } \sin \varphi = \frac{3}{\sqrt{10}}, \quad \text{tg } \varphi = \frac{\frac{3}{\sqrt{10}}}{\sqrt{1 - \frac{9}{10}}} = \frac{\frac{3}{\sqrt{10}}}{\frac{1}{\sqrt{10}}} = 3$$

Подставим в выражение для  $S_{\text{max}}$

$$S = 2v_0^2 \underbrace{\left(1 - \frac{g}{10}\right)}_{1 - \sin^2 \varphi} \cdot \left( \frac{3}{g \cos \alpha} - \frac{\sin \alpha}{g(1 - \sin^2 \alpha)} \right) = 0,2 \cdot 30^2 \left( \frac{3}{6} - \frac{0,8}{3,6} \right) =$$

$$= \frac{180 \cdot 3}{6} - \frac{180 \cdot 8}{36} = 90 - 40 = 50 \text{ (м)}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$$

Ответ: 1) 30 м/с

2) 50 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  
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!

1. Поскольку скорость шайбы сразу начала возрастать, это значит, что шайбу запустили вниз по наклонной плоскости.

Поскольку излом на графике обозначает ~~удар~~ удар с ускором. Поскольку скорости до и <sup>сразу</sup> после удара равны между собой (и равны 12 м/с), удар абсолютно упругий.

Скорость шайбы уменьшается, значит и до, и после удара шайба движется равноускоренно.

Рассмотрим движение до удара; запишем второй закон Ньютона в проекции:

на ось  $y$   $N = mg \cos \alpha$  (1)

на ось  $x$ :  $mg \sin \alpha - F_{fr} = ma$  (2)

$F_{fr}$  — постоянна;  $F_{fr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

По графику,  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12-8}{1} = \frac{4}{1} = 4 \text{ (м/с}^2\text{)}$  до удара.

(2):  $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma \quad | : mg$

$\sin \alpha - \mu \cos \alpha = \frac{a}{g}$  (5)

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$

$\sin \alpha - \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{a}{g}$

$\sin \alpha - \frac{a}{g} = \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \quad |^2$

$\sin^2 \alpha - \frac{2 \sin \alpha a}{g} + \frac{a^2}{g^2} = \mu^2 - \mu^2 \sin^2 \alpha$

$(1 + \mu^2) \sin^2 \alpha - \frac{2a}{g} \sin \alpha + \frac{a^2}{g^2} - \mu^2 = 0$



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  
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!

Ответ: 1)  $\sin \alpha = \frac{1}{2}$  2)  $\sqrt{\frac{160}{13\sqrt{3}}}$  3)  $\frac{80}{13\sqrt{3}}$  м/с<sup>2</sup>

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!

$$\sin \alpha = \frac{2a}{g} \pm \sqrt{\frac{4a^2}{g^2} - \frac{4a^2}{g^2} (1 + \mu^2)}$$

$$= \frac{2a}{g} \pm \frac{2a}{g} \sqrt{2 + 2\mu^2}$$

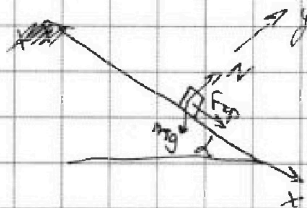
$$\sin \alpha = \frac{2a}{g} \pm \sqrt{\frac{4a^2}{g^2} - 4(1 + \mu^2) \left( \frac{a^2}{g^2} - \mu^2 \right)}$$

$$= \frac{a}{g} \pm \sqrt{\frac{a^2}{g^2} - \frac{a^2}{g^2} - \frac{4\mu^2 a^2}{g^2} + 4\mu^2} =$$

$$= \frac{a}{g} \pm \mu \sqrt{\frac{-a^2}{g^2} + 1 + \mu^2} \quad (4)$$

Распишем движение после удара:

Второй закон Ньютона выпишем на оси x и y:



$$mg \cos \alpha = N$$

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_2$$

$F_f = \mu N$   
(со знаком)

По заданию  $a_2 = -12 = -6 \text{ м/с}^2$   
Знак минус означает, что происходит замедление, но  $a_2$  направлено по оси. Поэтому, в дальнейшем  $a_2 = |a_2|$

$$\mu = \frac{a_2 - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} \quad (3)$$

Подставим в (4) (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  
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!

$$\sin d = \frac{a_2 - a}{g}$$

$$\sin d - \cos d \frac{a_2 - g \sin d}{g \cos d} = \frac{a}{g}$$

$$\sin d - \frac{a_2 - g \sin d}{g} = \frac{a}{g}$$

$$\sin d - \frac{a_2}{g} + \sin d = \frac{a}{g}$$

$$2 \sin d = \frac{a_2 + a}{g} = 1$$

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

1) Ответ:  $d = 30^\circ$

2. момент инерции бруса  $I = I_S + I_B$

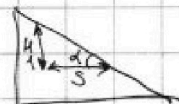
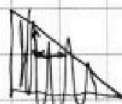
$I_S = mR^2$   
 $\approx$  момент инерции цилиндра  
 (масса торцов = 0)

$I_S$  — момент инерции стержня  
 $I_B$  — момент инерции бруса

$I_B = \frac{1}{2} m R^2$   
 $\approx$  диск или цилиндр

Запишем 3СЗ:  $4mgH_1 = \frac{4m\sigma^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$

$\sigma$  — скорость центра бруса  
 $\omega$  — угловая скорость бруса  
 } в момент, когда вертикальная перемешивается



$H_1 = \frac{1}{2} L \cdot S$

$\omega = \frac{\sigma}{R}$



$\omega = \frac{2\sigma - 0}{2R} = \frac{\sigma}{R}$

в СО — центр скорости точки воды  $\sigma$ . значит  $\omega = \frac{\sigma}{R}$

без проскальзывания!



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!

$$4mg \operatorname{tg} \alpha S = 2m v^2 + \frac{5}{2} m R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}$$

$$4mg \operatorname{tg} \alpha S = 2m v^2 + \frac{5}{4} m v^2 = \frac{13}{4} m v^2$$

$$16 g \operatorname{tg} \alpha S = 13 v^2$$

$$v^2 = \frac{16 g \operatorname{tg} \alpha S}{13} = \frac{160}{13\sqrt{3}} \left(\frac{m/s^2}{m/s}\right) \rightarrow v = \sqrt{\frac{160}{13\sqrt{3}}} \text{ м/с}$$

2) Ответ  $\sqrt{\frac{160}{13\sqrt{3}}} \text{ м/с}$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$v(S) = \sqrt{\frac{16}{13} g \operatorname{tg} \alpha \cdot S}$$

$$a = (v(S))' = \dots$$

ускорение - производная скорости по времени

ускорение направлено вдоль плоскости, но есть составляющая с вектором перемещения  
гипотенузное равноускоренное  $\Rightarrow S = \frac{at^2}{2}$  логарифмируем.

$$v(S) = \sqrt{\frac{16}{13} g \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{at^2}{2}} = \pm \sqrt{\frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha a}$$

$$a = (v(S))' = \sqrt{\frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha a}$$

$$a^2 = \frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha a$$

3) Ответ:  $a = \frac{8}{13} g \operatorname{tg} \alpha = \frac{80}{13\sqrt{3}} \text{ (м/с}^2\text{)}$



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!

Дополнительно к з) нулевой

Запишем закон сохранения энергии (удар абсолютно упругий).

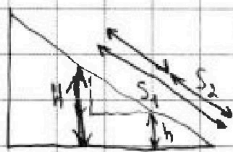
за "0" потенциальной энергии взята ~~начальная позиция~~ <sup>высота центра тяжести упругого тела</sup>

$$mgh + \frac{m\bar{v}_0^2}{2} = \frac{m\bar{v}_k^2}{2} + mgh + |A_{тр}|$$

$mgh$  — начальная высота и конечная масса  
 $\frac{m\bar{v}_0^2}{2}$  — начальная скорость  
 $\frac{m\bar{v}_k^2}{2}$  — конечная скорость  
 $mgh$  — конечная высота и конечная масса  
 $|A_{тр}|$  — работа силы трения

$$2mgh + m\bar{v}_0^2 = m\bar{v}_k^2 + 2mgh + 2\mu mg \cos \alpha \cdot S$$

$\uparrow$  масса шарика



$$S = S_1 + S_2$$

$$S_1 = h \sin \alpha$$

$$S_2 = S \sin \alpha$$

$$2mgh + m\bar{v}_0^2 = m\bar{v}_k^2 + 2mgh + 2\mu mg \cos \alpha \cdot \sin \alpha (H + h)$$

$$\bar{v}_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\bar{v}_k = 0 \text{ м/с}$$

$$\bar{v}_0^2 = 2g(h - H) + 2\mu g \cos \alpha \cdot \sin \alpha (H + h)$$



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 3

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!

Первое начало по периодичности  $\Delta Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$   
<sup>повышенная</sup>  
<sup>температура</sup>  $\rightarrow$   $\leftarrow$  <sup>увеличение внутренней энергии</sup>

Для изохорного процесса ( $V = \text{const}$ ):  $A_{\text{газа}} = 0$ , поскольку  $V = \text{const}$

$$\Delta Q = \Delta U = \cancel{\Delta U_{\text{газа}} + \Delta U_{\text{стены}}} = C_V \cdot \Delta T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_V = \frac{\Delta Q}{\Delta T_1} = 20 \text{ Дж/К}$$

~~$\Delta T = \frac{5}{2}$~~  Ответ 2) 20 Дж/К

Для изобарного процесса ( $p = \text{const}$ ):  $A_{\text{газа}} = p_1 \Delta V + p_2 \Delta V$

~~$$\Delta Q = \Delta U + A$$~~

$p_1$  - парциальное давление газа,  $p_2$  - парциальное давление кислорода

$p$  - давление в сосуде. По закону Дальтона  $p = p_1 + p_2$

$$\Delta Q = \Delta U + A_{\text{газа}} = (U_{2\text{газ}} - U_{1\text{газ}}) + (U_{2\text{кисл}} - U_{1\text{кисл}}) + A_{\text{газа}}$$

$U_{2\text{газ}}$  - внутренняя энергия <sup>газа</sup> в конце процесса

$U_{1\text{газ}}$  - внутренняя энергия <sup>газа</sup> в начале процесса

$U_{2\text{кисл}}$  - внутренняя энергия <sup>кислорода</sup> в конце процесса

$U_{1\text{кисл}}$  - внутренняя энергия <sup>кислорода</sup> в начале процесса.

$$\Delta Q = \frac{5}{2} p_2 \Delta V + \frac{3}{2} p_1 \Delta V + (p_1 + p_2) \Delta V = \Delta V \left( \left( \frac{5}{2} + 1 \right) p_2 + \left( \frac{3}{2} + 1 \right) p_1 \right) \quad (1)$$

~~$$p \text{ постоянна, } \Delta U = C_V \Delta T_2$$~~





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  
2 ИЗ 3

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!

Кроме того, по закону Менделеева-Клапейрона:

для газа:  $p_1 V_1 = \nu_1 R t_1$  ← температура в начале процесса

$p_2 V_2 = \nu_1 R t_2$  ← температура в конце процесса

↑  
количество вещества, моль

↑  
начальный объём

↑  
конечный объём

Возьмем из второго уравнения:

$$p_1 (V_2 - V_1) = \nu_1 R (t_2 - t_1)$$

$$p_1 \Delta V = \nu_1 R \Delta T_2 \quad (2)$$

Аналогично для второго газа:  $p_2 \Delta V = \nu_2 R \Delta T_2 \quad (3)$

Подставим в уравнение (1):

$$\Delta Q = \left(\frac{5}{2} + 1\right) \nu_2 R \Delta T_2 + \left(\frac{3}{2} + 1\right) \nu_1 R \Delta T_2 \Rightarrow \frac{\Delta Q}{R \Delta T_2} = \frac{7}{2} \nu_2 + \frac{5}{2} \nu_1 \Rightarrow$$

$$\nu_1 = \frac{2 \Delta Q}{5 R \Delta T_2} - \frac{7 \nu_2}{5} \quad (5)$$

$$(2) : (3) \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} \Rightarrow p_1 = p_2 \cdot \frac{2 \Delta Q}{5 R \Delta T_2 \nu_2} - \frac{7}{5}$$

$$(3) : \Delta V = \nu_2 R \Delta T_2 / p_2$$

Подставим в уравнение для работы системы газов  $A_{\text{систем}} =$

$$= \frac{\nu_2 R \Delta T_2}{p_2} p_2 \left(1 + \frac{2 \Delta Q}{5 R \Delta T_2 \nu_2} - \frac{7}{5}\right) = \frac{2}{5} \Delta Q - \frac{2}{5} \Delta T_2 R \nu_2 \quad (4)$$



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  
3 ИЗ 3

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!

в ударном процессе

$$\Delta U = C_V \cdot \Delta T_2 = 60 \text{ Дж}$$

Значит, поскольку  $\Delta Q = \Delta U + A_{\text{шестерен}}$ ,

$$A_{\text{шестерен}} = \Delta Q - \Delta U = 960 - 60 = 900 \text{ Дж}$$

|||  $A = 900 \text{ Дж}$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

умножив (4) и (5):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{2\Delta Q}{5R\Delta T_2 V_2} = \frac{7V_2}{5V_2}$$

$$\Rightarrow (4) V_2 = \frac{-A_{\text{шестерен}} + \frac{2}{5}\Delta Q}{\frac{2}{5}\Delta T_2 R}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{2\Delta Q}{5R\Delta T_2 \left(\frac{2\Delta Q - A}{\frac{2}{5}\Delta T_2 R}\right)} = \frac{2\Delta Q \cdot 5}{2 \cdot 5 \left(\frac{2}{5}\Delta Q - A\right)} = \frac{\Delta Q}{\frac{2}{5}\Delta Q - A}$$

$$= \frac{960}{\frac{2}{5}960 - 900} = \frac{960}{384 - 900} = \frac{960}{-516} = -\frac{7}{5}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left| \frac{960}{384 - 900} - \frac{7}{5} \right|$$

Ответ: 1) 900 Дж 2) 20 Дж/К 3)  $\left| \frac{960}{384 - 900} - \frac{7}{5} \right|$



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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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!

$$u = C \cdot q$$



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 3

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!

2157



36

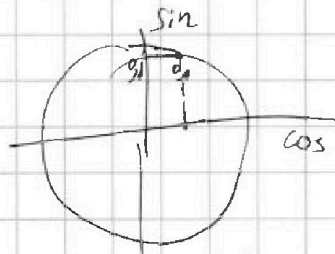
$$\sum \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot \Delta S \cdot \Delta x$$

$$= \frac{1}{2} \rho \int v^2 dx$$

$$= \frac{1}{2} \rho \int_0^L v^2 dx$$

$$= \frac{1}{2} \rho \int_0^L v^2 dx$$

6400  
80



$C_v$

$I_E$

$$\frac{I_{E0}^2}{\rho}$$

$$\frac{180}{36} = \frac{30}{6} = 5$$

$1 - \sin^2$

0,8

0,64

$$pV = \nu RT$$

$$V = \nu nRT$$

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

$\frac{1}{2}$

$$\frac{1}{36} = \frac{1}{18}$$

$$\frac{8}{6} = \frac{4}{3}$$

900

1800

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{pV}{V} = \frac{\nu RT}{V}$$

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

108

180

190

195

192

$$\frac{1}{2} \Delta p_1 V + \frac{3}{2} \Delta p_2 V$$

~~108~~

V

$$\frac{t_1}{V_1} = \frac{t_2}{V_2}$$

$$\frac{192}{384}$$

$$V_1 (t_1 + \Delta t) = t_1 (V_1 + \Delta V)$$

$$V_1 t_1 + V_1 \Delta t = t_1 V_1 + t_1 \Delta V$$

$$V_1 \Delta t = t_1 \Delta V$$

$$\frac{\Delta t}{\Delta V} = \frac{t_1}{V_1}$$

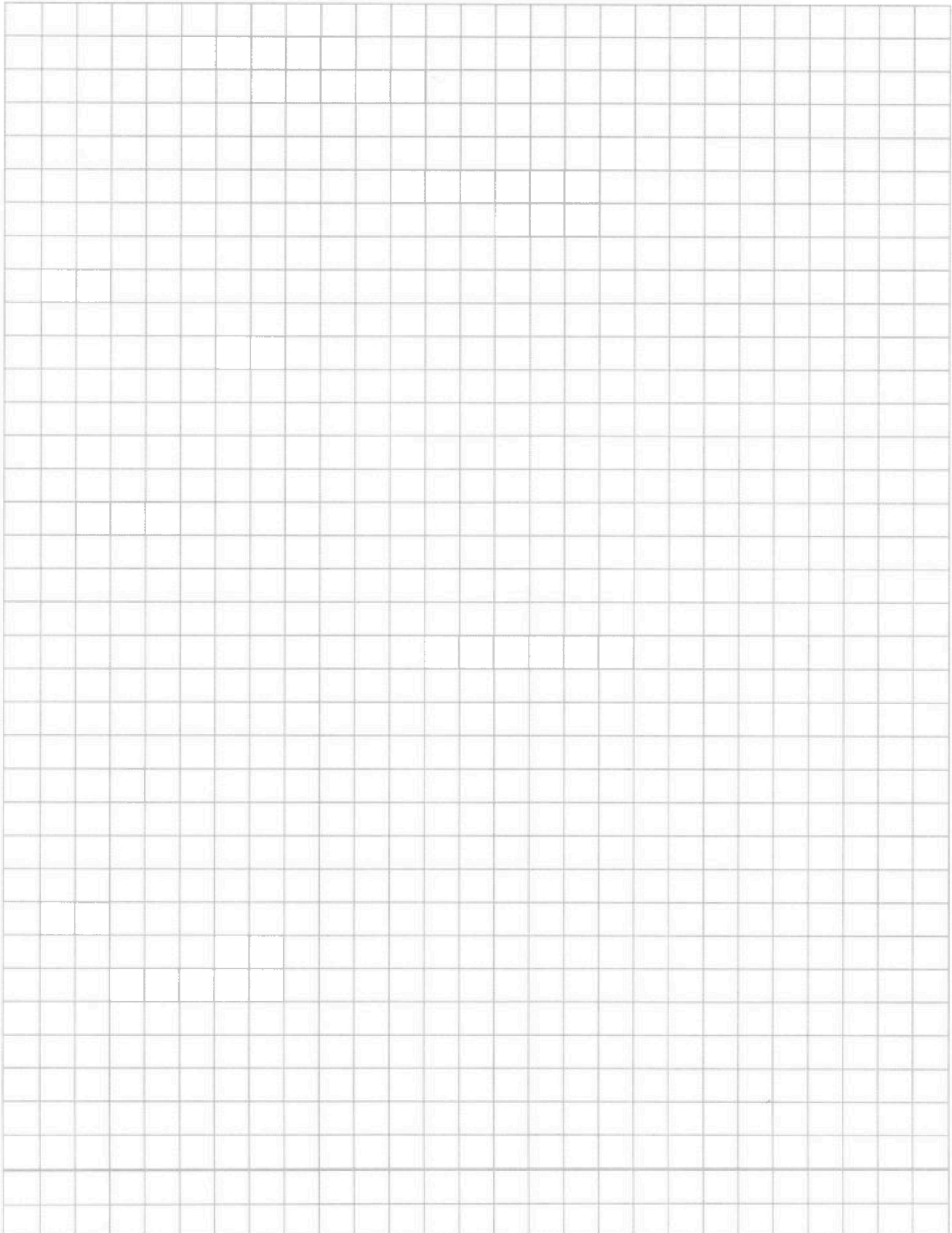


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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!

$\frac{mg}{\sqrt{2}}$   
 $5 + 0,05 \cdot 5$   
 $X, y, p$   
 $P, F_{\text{пр}}, P$   
 $F_{\text{пр}} \uparrow$   
 $P - p \cdot P = F_{\text{пр}}$   
 $10$   
 $5$   
 $10$   
 $\frac{60^2}{360} \cdot \frac{3600}{360} = 10$   
 $\frac{\sigma^4}{R^2 g^2} + 1$   
 $\sqrt{2} F_{\text{пр}} = P$   
 $\frac{60^4}{360^2 \cdot 10^2} + 1$   
 $\frac{30^5}{380} - 2$   
 $\frac{60 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 60}{3600 \cdot 3600}$   
 $\frac{360 \cdot 360 \cdot 100}{3600 \cdot 3600}$   
 $\frac{(\sqrt{2}-1)\sqrt{2}}{2}$   
 $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$   
 $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$   
 $\sin \alpha \cos \alpha + \sin \alpha \cos \alpha$   
 $3$