



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

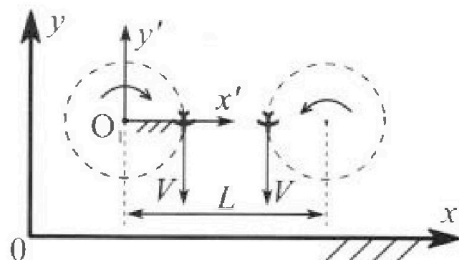
Вариант 10-03

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.

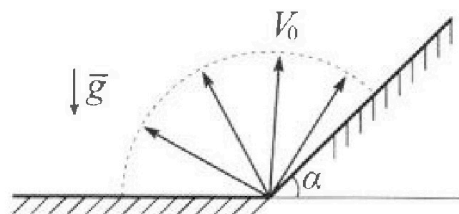
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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

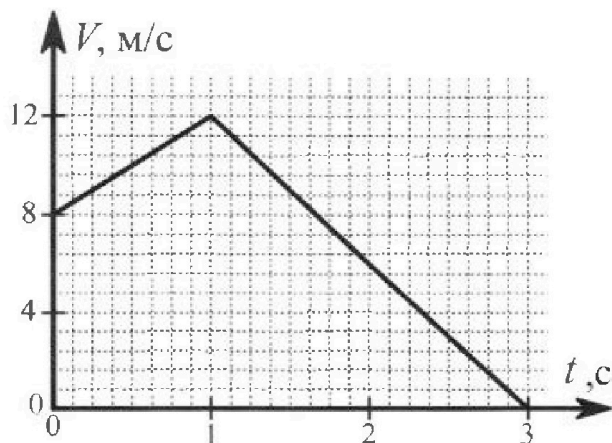
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол 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?

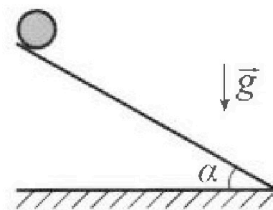
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение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



СТРАНИЦА
2 из 2

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) 1-ый вращается вокруг точки O_1 с угловой скоростью $\omega = \frac{v}{R}$, а 2-ой вокруг O_2 с той же ω . Относно в СО $x'O_1y'$ точка O_2 вращается вокруг O_1 с угл. скоростью ω и имеет скорость $\vec{v}_2$.

Тогда: $\vec{u} = \vec{v}_2 + \vec{v}$

$$v = \omega R$$

$$v_2 = \omega R_2 = \omega L$$

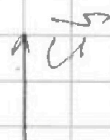
$$v_2 > v \Rightarrow \vec{u} \uparrow \vec{v}_2$$

$$u = \omega L - \omega R =$$
$$= \omega(L - R) = \frac{v}{R}(L - R) =$$

$$= 240 \text{ м/с}$$

Ответ: $\delta = 30\%$

$$\vec{u} \uparrow \vec{v}_2 \quad u = 240 \text{ м/с}$$





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 2

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!

N1

$$v = 60 \text{ м/с}$$

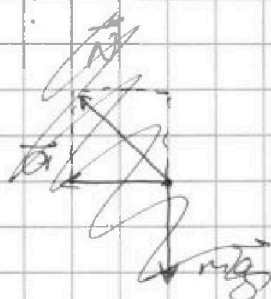
$$R = 360 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$L = 1,8 \text{ км}$$

$$\delta = ?$$

$$U = ?$$



1) Из-за движения по окружности, самолёт и пилот преобразуются в центростремительное ускорение, $\vec{a}$.

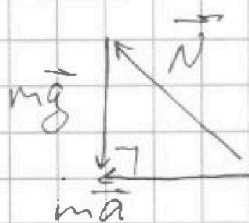
Ускорения действующее на пилота: $\vec{a}_m = m\vec{g} + \vec{N}$

$\vec{N} = -\vec{P}$, где N - сила реакции, а P - вес пилота.

m - масса пилота

Из 2-3. По формуле $\vec{a}_m = m\vec{g} + \vec{N}$

Изобразим этот векторный треугольник



$$N = \sqrt{a^2 + g^2} m \quad \text{— по т. Пифагора}$$

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$N = \sqrt{g^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2} m = 1052 \text{ м} \cdot \text{м/с}^2$$

Сила тяжести равна $mg = 10 \text{ м} \cdot \text{м/с}^2$

Тогда: $mg = (1 - \delta) N$

$$10 \text{ м} \cdot \text{м/с}^2 = (1 - \delta) \cdot 1052 \cdot \text{м} \cdot \text{м/с}^2$$

$$1 = (1 - \delta) \sqrt{2}$$

$$\delta = \frac{2 - \sqrt{2}}{2} \approx 0,3 = 30\%$$



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 2

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!

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} = 1 + \tan^2 \beta : \quad \frac{g}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \beta) x + \tan \alpha - \tan \beta = 0$$

$$x = \frac{\tan \beta - \tan \alpha}{\tan^2 \beta + 1} \cdot \frac{2v_0^2}{g}$$

Исследую $x(\tan \beta)$ на максимум

$$\frac{dx}{d(\tan \beta)} = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{\tan^2 \beta + 1 - 2 \tan \beta (\tan \beta - \tan \alpha)}{(\tan^2 \beta + 1)^2} = 0$$

$$-\tan^2 \beta + 2 \tan \alpha \tan \beta + 1 = 0$$

$$\tan \beta = \frac{\tan \alpha + \sqrt{\tan^2 \alpha + 1}}{1}$$

$$\tan \alpha = \frac{4}{3}$$

$$\tan \beta = 3, \text{ тогда } x = \frac{v_0^2}{3g} = \frac{2}{3} H = 30 \text{ м}$$

$$\text{При этом: } S = \frac{x}{\cos \alpha} \quad \cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$S = \frac{5}{3} x = \frac{5}{3} \cdot \frac{2}{3} H = \frac{10}{9} H = 50 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{2gH} = 30 \text{ м/с}$$

$$S = \frac{10}{9} H = 50 \text{ м}$$



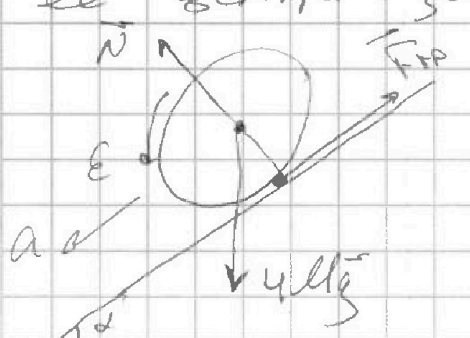
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

сумма моментов сил относительно
ее центра должна быть равна 0



$\epsilon - \text{угл. ускор.}$ $z - \text{расст. от центра до точки (без радиуса)}$

$$\epsilon z = F_{\text{тр}} z$$

$$F_{\text{тр}} = 4\mu Mg \cos \alpha$$

$$I = Mz^2, \text{ т.е. когда в}$$

данное не брается

Если нет трения, то
 $a \neq \epsilon z$

$$\text{И тогда } \epsilon \cdot Mz^2 = 4\mu Mg \cos \alpha \cdot z$$

$$a = 4\mu g \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{a}{4g \cos \alpha} = \frac{1}{5\sqrt{3}}$$

Ответ: $\sin \alpha = \frac{1}{2}$; $v = \frac{4}{4\sqrt{3}} \text{ м/с}$;

$$a = 4 \text{ м/с}^2 \quad \mu \in \left[\frac{1}{5\sqrt{3}}; \frac{1}{\sqrt{3}} \right)$$

* При $\mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$ бочка не покатится
вообще



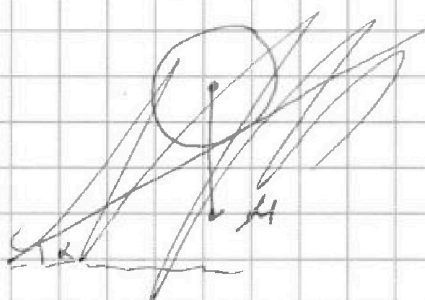
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Клин



Пусть масса
бруска m , тогда
масса возы $3m$

П.ч. бруска не проскальзывает,
сила трения работу не совершает.

Тогда $\Delta K + \Delta \Pi = 0$, где K и Π -
кинетическая и
потенциальная
энергии соотв.

$$\Delta K = \frac{m v^2}{2} + \frac{M v^2}{2}$$

$$\Delta \Pi = -mg \cdot S \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Тогда: } 4Sg \sin \alpha = \frac{5}{2} v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{8}{5} Sg \sin \alpha} =$$

$$= \sqrt{\frac{16}{53}} \text{ м/с} = \frac{4}{\sqrt{53}} \text{ м/с} \approx \frac{4 \sqrt{2053}}{3} \text{ м/с}$$

3) Рассмотрим малый промежуток
времени dt :

$$d\Pi + dK = 0$$

$$d\Pi = -4mg \cdot v dt \sin \alpha$$

$$dK = 5mv \cdot dv, \text{ где } v -$$

скорость
бруска

$$4mg \cdot v dt \sin \alpha = 5m v dv$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{4}{5} g \sin \alpha = a = 4 \text{ м/с}^2$$

4) Бруска бруска не проскальзывает,

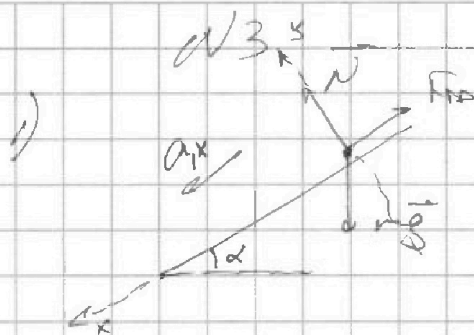


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
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!



Всеговели
силы, дей-
ствующие
на шайбу,
пока она катится
вниз.

Из 23. Ньютона:

$$x: m a_{1x} = mg \sin \alpha - F_{тр},$$

$$F_{тр} = \mu_1 N$$

$$y: 0 = -mg \cos \alpha + N$$

$$a_{1x} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) g$$

Когда шайба катится вверх, $F_{тр}$
положительную
имеет ~~отрицательную~~ проекцию на ось
 x (направлена против относ. движения)

Тогда получаем, что $a_{1x2} = (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) g$

Из задачи найдём a_{1x} и a_{1x2} как
модуль коэффициента наклона прямой.

$$a_{1x1} = 4 \text{ м/с}^2 \quad a_{1x2} = 6 \text{ м/с}^2$$

* Излом на графике означает удар об
удар $\Rightarrow$ шайба изменяет направление
движения.

$$a_{1x1} + a_{1x2} = 2 \sin \alpha \cdot g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2}$$

($\alpha = 30^\circ$)



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 2

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!

Найдём теплоёмкость смеси в изобарном процессе;

$$C_p = \frac{Q_2}{\Delta T_2} = C_v + \frac{A}{\Delta T_2} = 20 \frac{D_m}{K} + 12 \frac{D_m}{K} = 32 \frac{D_m}{K}$$

$$\text{Три моли: } C_v = c_{vm} D_m + c_{vo} D_o = \\ = \left(\frac{3}{2} D_m + \frac{5}{2} D_o \right) R$$

$$C_p = c_{pm} D_m + c_{po} D_o = \left(\frac{5}{2} D_m + \frac{7}{2} D_o \right) R$$

В C_v и C_p - молярные теплоёмкости газов в смеси, процесс.

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{\frac{3}{2} D_m + \frac{5}{2} D_o}{\frac{5}{2} D_m + \frac{7}{2} D_o} = \frac{3 \frac{D_m}{D_o} + 5}{5 \frac{D_m}{D_o} + 7} = \frac{20}{32} = \frac{5}{8}$$

$$18 \frac{D_m}{D_o} + 25 = 40 \frac{D_m}{D_o} + 35 \Rightarrow$$

$$24 \frac{D_m}{D_o} + 40 = 25 \frac{D_m}{D_o} + 35 \Rightarrow \frac{D_m}{D_o} = 5$$

$$\text{Ответ: } A = 360 D_m \quad C_v = 20 \frac{D_m}{K} \\ \frac{N_r}{N_k} = 5$$



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 2

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!

$$V = \text{const}!$$

$$Q = 360 \text{ Дж}$$

$$T_1 = 48 \text{ K}$$

$$p = \text{const}!$$

$$T_2 = 30 \text{ K}$$

1) а) $V = \text{const}$

U_3 1 макс. Термодинам.

$$Q_1 = \Delta U_1 + A_1 = \Delta U_1$$

($A_1 = 0$; макс. $V = \text{const}$).

$$Q = Q_1 = \Delta U_1 = \left(\frac{3}{2} \nu_H + \frac{5}{2} \nu_O \right) R \Delta T_1$$

ν_H - кол-во вещества гелия, а

ν_O - кислорода

б) $p = \text{const}$ U_3 1 макс. Термодинам.

$$Q = Q_2 = \Delta U_2 + A_2 = \left(\frac{3}{2} \nu_H + \frac{5}{2} \nu_O \right) R \Delta T_2 + A_2$$

U_3 а) найдем, что $\left(\frac{3}{2} \nu_H + \frac{5}{2} \nu_O \right) R = \frac{Q}{\Delta T_1}$,

Тогда: $Q_2 = Q = \frac{Q}{\Delta T_1} \cdot \Delta T_2 + A_2$

$$A = A_2 = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = 360 \text{ Дж}$$

2) $Q_1 = Q = C_V \Delta T_1 \Rightarrow C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}$

3) $\frac{\nu_H}{\nu_O} = \frac{\nu_H \cdot M_A}{\nu_O \cdot M_A} = \frac{\nu_H}{\nu_O}$, где M_A - молярная масса газа.

$$Q = Q_1 = \left(\frac{3}{2} \nu_H + \frac{5}{2} \nu_O \right) R \Delta T_1$$



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.



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!

$$U_3 \quad 3C \Rightarrow \quad E_1 - E_2$$

$$mg \cdot \frac{d}{8} + \frac{mv_0^2}{2} + \gamma m E \cdot \frac{7}{8}d = mg \frac{d}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = -\frac{3}{4}gd + v_0^2 + \frac{\gamma E d}{4}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{\gamma}{4}d \left(\frac{v_0^2}{R} + g \right) - \frac{3}{4}dg} =$$

$$= \sqrt{v_0^2 + gd + \frac{\gamma}{4R} v_0^2 d} = \sqrt{\frac{\gamma d + 4R}{4R} v_0^2 + gd}$$

$$\text{Ответ: } U = \frac{d}{\gamma} \left(\frac{v_0^2}{R} + g \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma d + 4R}{4R} v_0^2 + gd}$$



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 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!

$$U = Ed = \frac{d}{\gamma} \left(\frac{v_0^2}{R} + g \right)$$

2) После вылета из конденсатора пластинка движется под действием

силы тяжести. энергия пластинки

Запишем ВЭД в оба момента времени, в которые описано в условии.

а) -

$$E = \Pi + U + W$$

$$E_1 = \Pi_1 + K_1 + W_1$$

E - полная, Π - потенциальная в

За моль Π возьмем $\frac{1}{8}$ уровня $\frac{1}{8}$ от уровня обкладки.

поле силы тяжести, W - в поле конденсатора, U - кинетическая энергия.

$$E_1 = mg \cdot \frac{d}{8} + \frac{mv_0^2}{2} + m \gamma E \cdot \frac{7}{8} d$$

б) -



$$E_2 = mg \cdot \frac{d}{2} + \frac{mv^2}{2}$$



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 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!

15

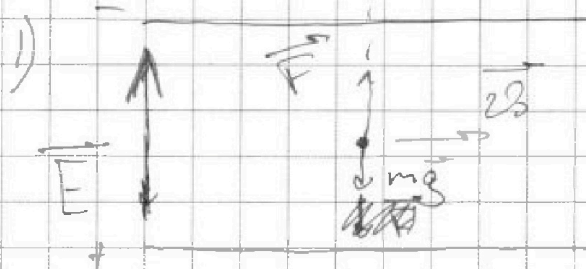
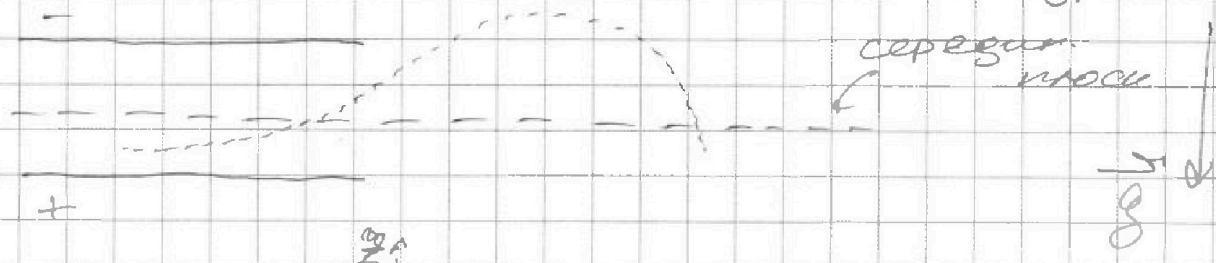
$\gamma > 0$

v_0

0

R

Если после вылета из конденсатора частица пересекает середину плоскости конденсатора, то конденсатор расположить так: (при этом $\gamma E > g$)



E — напряженность
внутри конденса-
тора

m — масса
частицы

Т.к. mg и $\vec{F}$ действуют $\perp \vec{v}_0$, то они сообщают частице центростремительное ускорение a_n . $\vec{F} = \gamma m \vec{E}$

Из 2 3. Ньютона:

$$m a_n = F - mg = \gamma m E - mg$$

$$a_n = \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow$$

$$a_n = \gamma E - g$$

$$F = \frac{a_n R + g}{\gamma} = \frac{v_0^2}{\gamma R} + \frac{g}{\gamma}$$



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
☐

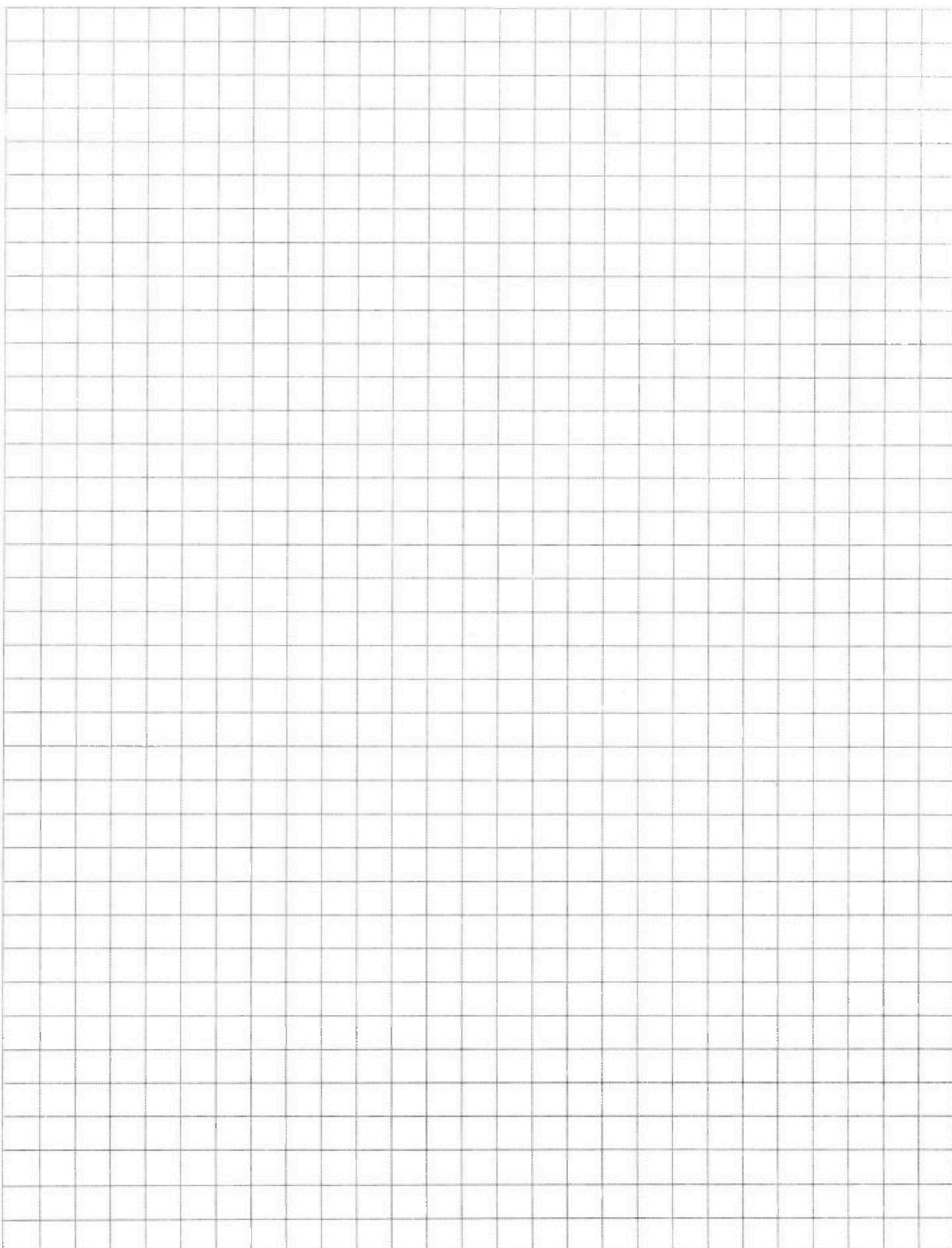
5
☐

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!



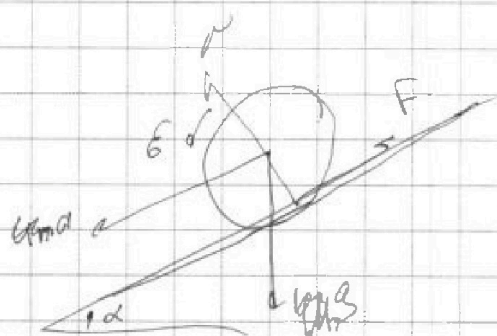


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$N = 4mg \cos \alpha$$

Реш

$$4mg \sin \alpha - 4\mu mg \cos \alpha = 4ma$$

$$g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = a$$

$$E \cdot 3 - 4\mu mg \cos \alpha \cdot R$$

$$mER^2 = 4\mu mg \cos \alpha R$$

$$a = 4\mu g \cos \alpha = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) g$$

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

$$5\mu \cos \alpha = \sin \alpha$$

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

$$\mu = \frac{1}{5\sqrt{3}}$$

$$a = \frac{40 \cdot \sqrt{3}}{5\sqrt{3}} = 4$$

$$U = w(L - R) =$$

$$\sin(45 + \frac{\alpha}{2})$$

$$S = \frac{v_0^2}{2g \sin^2(45 + \frac{\alpha}{2})}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} (\sin \frac{\alpha}{2} + \cos \frac{\alpha}{2})$$

$$x^2 = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{3}{5}}}{2}$$

$$20 \times 4 \quad \frac{16}{25} = x^2 (1 - x^2)$$

$$\frac{4}{5} = \frac{2}{5}$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$\frac{3}{510}$$

$$\frac{20^2}{2g \cdot \frac{3}{10}} = \frac{v_0^2}{18} = \frac{20H}{18} = \frac{10}{9} H$$

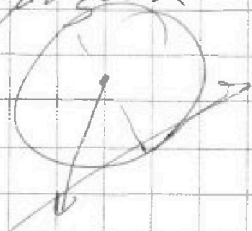
$$mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu = \tan \alpha$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}}$$



$$\frac{2}{\sqrt{3}}$$





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
☐

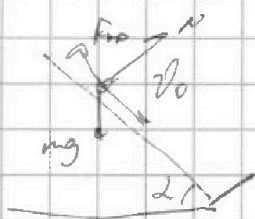
5
☐

6
☐

7
☐

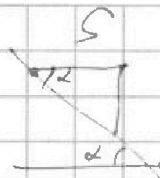
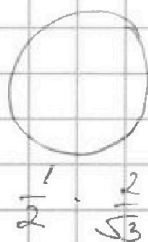
СТРАНИЦА
из

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!



$$\frac{16}{3} +$$

$$\frac{25}{3}$$



$$H = \frac{H}{5}$$

$$1.7 \cdot 20 = \frac{34}{3}$$

$$d\Gamma = dh \cdot 4\mu g = 2\alpha t \sin \alpha \cdot 4\mu g$$

$$dR = 4\mu v \cdot d\alpha$$

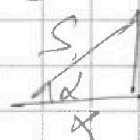
$$\frac{3\omega^2}{2}$$

$$\frac{dR^2}{2}$$

$$\frac{5}{2} v^2 = 4 S g \lg \alpha$$

$$v^2 = \frac{8}{5} S g \lg \alpha$$

$$\frac{8}{2v^2 \cos^2 \alpha} x + \lg \alpha - \lg \beta = 0$$



$$\frac{1}{180} (1 + \lg^2 \beta) x + \frac{4}{3} - \lg \alpha = 0$$

$$\frac{45}{3} = 5$$

$$x = \frac{1 - \frac{4}{3}}{1 + t^2}$$

$$1 + t^2 - 2t \left(1 - \frac{4}{3}\right) = 0$$

$$-t^2 + \frac{8}{3}t + 1 = 0$$

$$t^2 - \frac{8}{3}t - 1 = 0$$

$$\textcircled{1} = \frac{16}{3}$$

$$\textcircled{2} = \frac{16}{3} + 1 = \frac{19}{3} \quad t = \frac{2}{3} + \sqrt{\frac{7}{3}}$$

$$\textcircled{3} = \frac{16}{3} + 1 = \frac{25}{3}$$

$$t = \frac{4}{3} + \frac{5}{3} = 3$$

$$\frac{3 - \frac{4}{3}}{3 + 1} = \frac{5}{30} = \frac{1}{6}$$



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!

$$V = \text{const}$$

$$360 \left(1 - \frac{340}{48}\right)$$

$$\frac{360}{100} \cdot \frac{18}{120}$$

$$C_V = \left(\frac{3}{2} R V_H + \frac{5}{2} R V_0\right) =$$

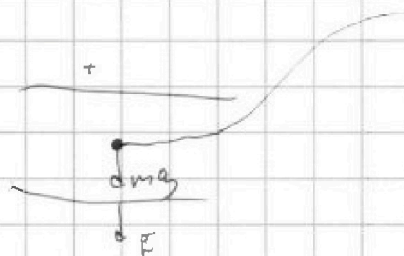
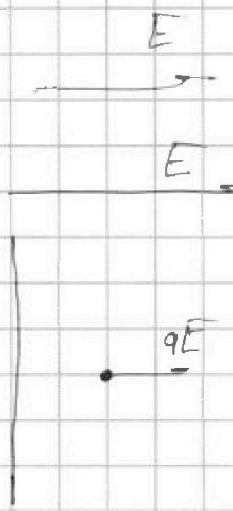
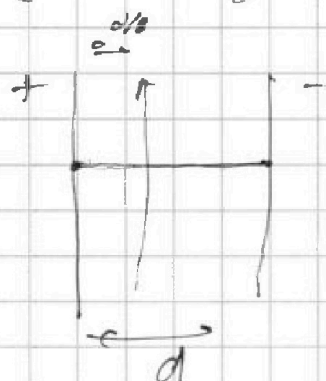
$$C_P = \left(\frac{5}{2} R V_H + \frac{7}{2} R V_0\right)$$

$$25 \mu =$$

$$A = qEd$$

$$A = qU$$

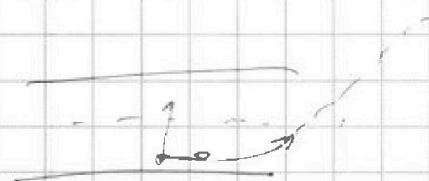
$$U = Ed$$



$$\frac{d}{u} = d$$

$$Eq + mg = \frac{v^2}{R} m$$

$$E$$



$$-\frac{3}{8}$$



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!

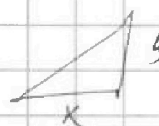
$$\frac{4g}{2\sqrt{3}}x(1+\lg 3) = \lg 3 - \lg x$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \quad \cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\lg x = \frac{4}{3}$$

$$x = \frac{5 - \frac{4}{3}}{x^2 + 1} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{3} = 180 \cdot \frac{5 - \frac{4}{3}}{x^2 + 1}$$

$$x' = 180 \cdot \left(-\frac{4}{3} (x^2 + 1) - 2x \left(5 - \frac{4}{3} \right) \right)$$



$$-\frac{10}{3}x^2 + \frac{8}{3}x - \frac{4}{3} = 0$$

$$5x^2 - 4x + 2 = 0$$

$$x = 10 \quad 4 = 10$$

$$\lg x = \frac{4}{3}$$

$$y = \frac{x - \frac{4}{3}}{x^2 + 1}$$

$$-\frac{4}{3}(x^2 + 1) + 2x \left(x - \frac{4}{3} \right)$$

$$-\frac{10}{3}x^2 + \frac{8}{3}x - \frac{4}{3} = 0$$

$$5x^2 - 4x + 2 = 0$$

$$\frac{1}{180}x^2 + \left(\frac{4}{3} - 1 \right) = 0$$

$$x = \frac{-\frac{4}{3} + 1}{1 + 1^2} \cdot 180$$

$$\frac{1 - a}{1^2 + 1}$$

$$-a(1^2 + 1) - 2 \cdot 1 \cdot (-a)$$

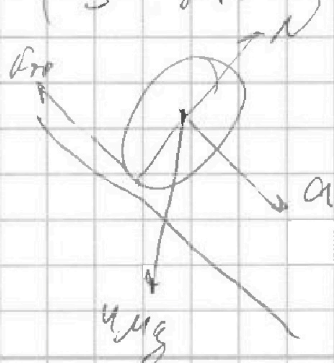
$$-(2 + a)1^2 + 2a1 - a = 0$$

$$1 = a^2$$

$$a_1 = 1$$

$$D = a^2 - 4a(2 + a)$$

$$\left(\frac{4}{3} - \lg 3 \right) \cdot \cos^2 \beta = \frac{4}{3} \cos^2 \beta - \cos^2 \beta \sin \beta$$



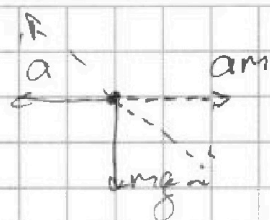


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$P^2 = (a^2 + g^2) m^2 = 200 m^2$$
$$a = \frac{v^2}{R} = 10/c^2 \cdot 3600$$

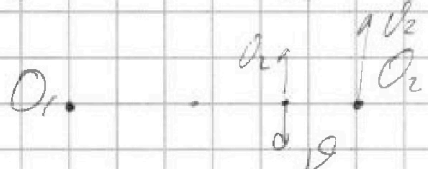
$$P = 10\sqrt{2} m \quad F_r = mg = 10 m$$

weff

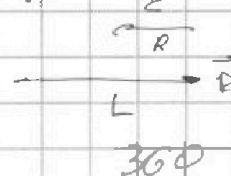
$$1 - \rho = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

$$\vec{U} = [\vec{\omega} \times \vec{r}] + [\vec{\omega} \times \vec{R}]$$



$$L = \omega L - v$$
$$[\vec{\omega} \times (\vec{r} + \vec{R})]$$



$$\frac{60}{360} (1800 - 360)$$

↑ u

$$\omega (L - R) \quad 1800 / 360$$

$$60 (5 - 1) = 24$$

1200

$$\frac{600 \cdot 3}{360} = \frac{30}{60} = 5$$

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

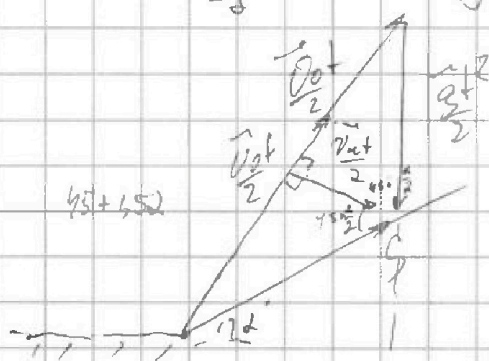
$$\sqrt{20 \cdot 45}$$

300

$$S = \frac{81^2}{2}$$

$$\frac{81^2}{2} = \frac{v_0^2}{2 \sin(45 + \frac{\pi}{2})}$$

$$g + = \frac{v_0}{\sin(45 + \frac{\pi}{2})}$$



$$x = v_0 \cos \beta$$

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

$$\frac{2 v_0^2 \cos^2 \beta}{g} (1/g - 1/g)$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \cdot x$$

20 =

$$y = v_0 \sin \beta \cdot \frac{x}{v_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$= v_0 \cdot x \cdot \frac{1}{g \beta} - \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} x^2$$



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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

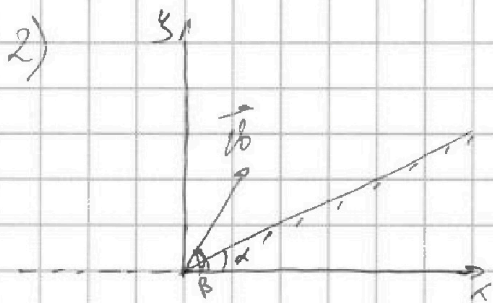
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

N2

$d, \sin \alpha = 0,8$
 $H = 45 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_0 = ?$

1) На высоту H поднялся осколок, летящий вверх со скоростью v_0 .
 Тогда: $H = \frac{v_0^2}{2g}$
 $mgh = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} =$
 $= 30 \text{ м/с}$ — из ЗСД.



Тогда осколок полетит под углом β к горизонту.
 Тогда:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \beta t \\ y = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2} \end{cases}$$

β — его траектория:

$$y = x \tan \beta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \beta} x^2$$

В некоторой точке полёта его траектория удовлетворяет уравнению плоскости: $y = \tan \alpha x$
 При этом x должен быть максимальным.

$$\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \beta} x^2 + (\tan \alpha - \tan \beta) x = 0$$

Перепишем выражение с учетом, что $x \neq 0$, g