



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

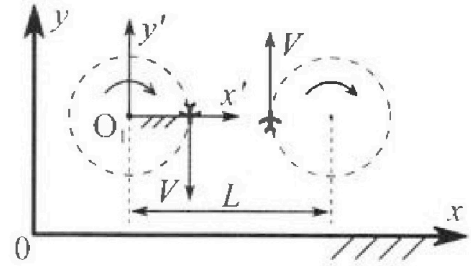
## Вариант 10-01

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>.

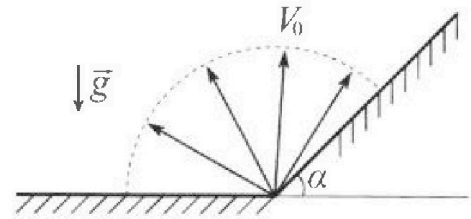
1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



В некоторый момент  $t$  времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L=2$  км. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

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

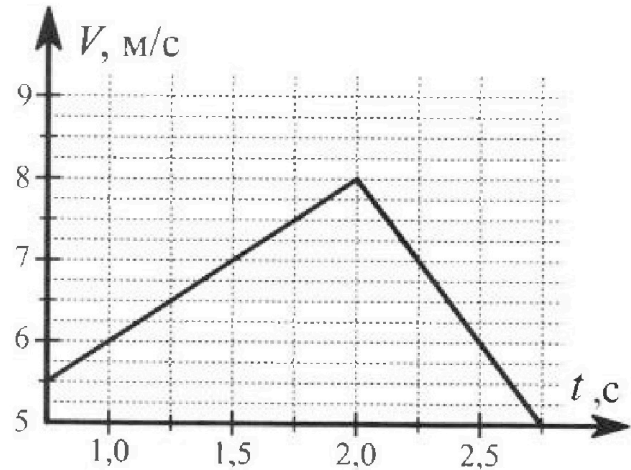
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков  $T = 9$  с. Ускорение свободного падения  $g = 10$  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?

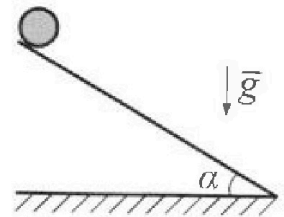
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение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

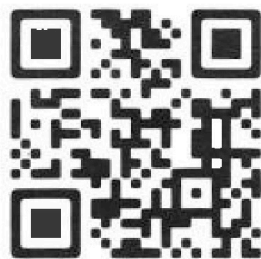
2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения по вертикали на  $h=0,3$  м?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



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  $\frac{N_{\text{Г}}}{N_{\text{К}}}$  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?



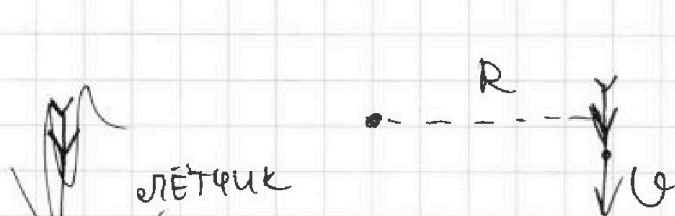
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

$a$  - <sup>нормальное</sup> ускорение КАЖДОГО САМОЛЁТА



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

$P_x$  и  $P_y$  - ГОРИЗОНТ. И ВЕРТИК. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВЕСА

$P$  - ВЕС;  $P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$ ;  $P_y = mg$ , ГДЕ  $N_x$  И  $N_y$  - СИЛЫ РЕАКЦИИ

$m$  - МАССА ЛЁТЧИКА;

II 3-н. Ньютона:

$$ma = N_x$$

$$N_x = P_x \text{ (по III 3. Ньютона)}$$

$$\Rightarrow ma = P_x$$

$$\frac{m\omega^2}{R} = P_x$$

$$P = \sqrt{m^2 \left(\frac{\omega^2}{R}\right)^2 + m^2 g^2} = m \sqrt{\frac{\omega^4}{R^2} + g^2}$$

$$\frac{P}{F_{тяж}} = \frac{\sqrt{\frac{\omega^4}{R^2} + g^2}}{g}$$

$$F_{тяж} = mg$$

$$\frac{P}{F_{тяж}} = \frac{\sqrt{\frac{80 \cdot 80^3 \frac{m^4}{c^4}}{800 \cdot 800 m^2} + 10^2 \frac{m^2}{c^4}}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{\sqrt{184}}{10} = \frac{\sqrt{41}}{5}$$

$$\delta = \frac{P}{F_{тяж}} \cdot 100\% - 100\% = 100\% \left( \frac{P}{F_{тяж}} - 1 \right) = 20\% \cdot (\sqrt{41} - 5) \approx$$

$$\approx 20\% \cdot (6,5 - 5) \approx 10\% \approx 30\%$$

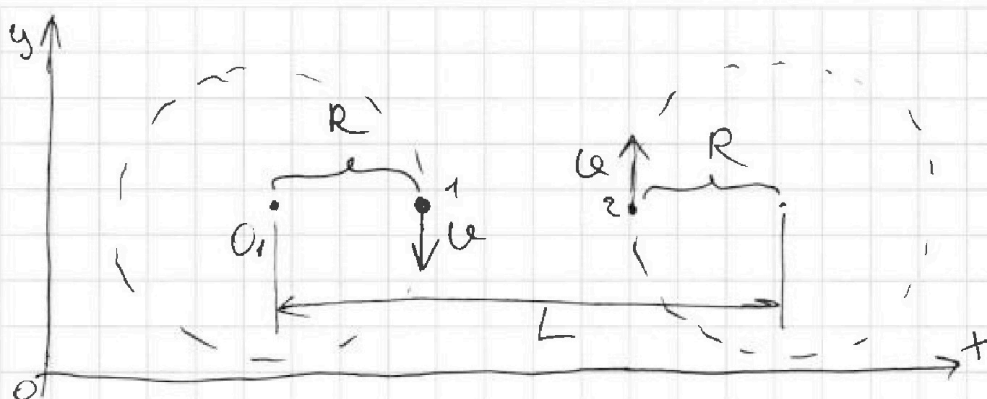
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



1-ый самолёт вращается с угловой скоростью  $\omega_1$  относительно точки  $O_1$ ;  $\omega_1 = \frac{v}{R}$ .

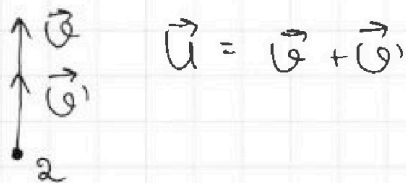
Перейдём во вращающуюся систему  $CO'x'O_1y'$ . Тогда весь мир теперь для нас вращается с угловой скоростью  $\omega_1$ , а 1-ый самолёт не движется.

Если посмотреть на рисунок, то 1-ый самолёт в  $CO'$  земли отн. т.  $O_1$  вращается по часовой стрелке,  $\Rightarrow$  во вращающейся  $CO'x'O_1y'$  весь мир движется против часовой стрелки.

Теперь найдём расстояние между т.  $O_1$  и 2-ым самолётом в этот момент:  $S = L - R = 1,2 \text{ км}$ .

Если бы в  $CO'$  земли 2-ой самолёт покоился, то в  $CO'x'O_1y'$  он бы двигался со скоростью  $v = \omega_1 \cdot S$ . Но т.к. самолёт имеет ещё свою собственную скорость  $v$ , то  $U = v + v' = v + \omega_1 S$

в  $CO'x'O_1y'$ :



$$U = v + \omega_1 S = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{80 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{800 \text{ м}} \cdot 1200 \text{ м} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \text{и напр.}$$

вдоль оси  $Oy$

Ответ: 1. 100% ; 2.  $|\vec{U}| = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  и вектор  $\vec{U}$  направлен вдоль оси  $Oy$

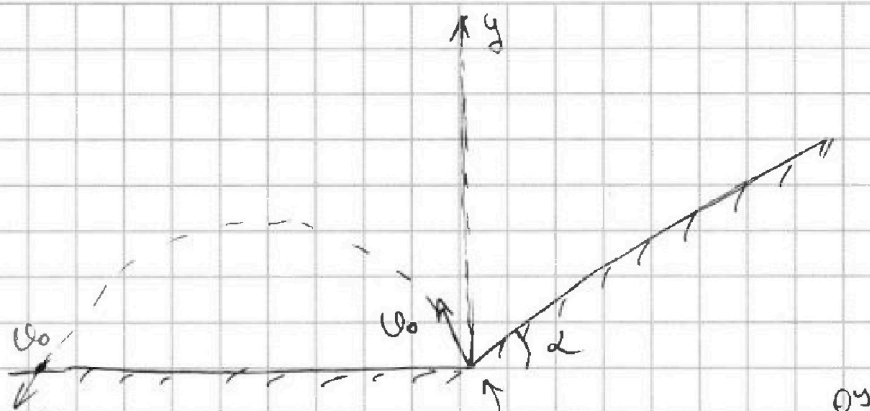
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



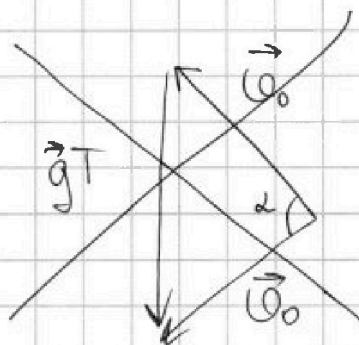
1  2  3  4  5  6  7

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!



Относительно вертикальной оси все осколки вылетают симметрично, т.к. вылетают с одинаковой скоростью  $v_0$  и  $\alpha$ . Т.к. справа от этой оси осколки врезаются в экран, а слева — летят до земли, то время полёта осколков, которые упали на горизонтальную поверхность, относительно времени полёта симметричного ему осколка с ~~на~~ другой стороны от оси, больше.  
Нарисуем векторный треугольник скоростей:



Осколки, упавшие на гориз. поверхность, ~~авда~~ ~~прем~~ ~~перед~~ падением имеют такую же скорость  $v_0$

Максимальное время полёта будет у тех осколков, у которых ~~начальная~~ <sup>начальная</sup> ~~направление~~ <sup>направление</sup> скорости  $v_0$  на  $Oy$  максимальная, т.к.  ~~$v_0 \sin \alpha$~~   $gT = 2v_0 \sin \alpha \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  макс. время полёта будет у осколков, летящих вертикально вверх, и их  $\Rightarrow v_0 \sin \alpha = v_0 \Rightarrow v_0 \sin \alpha = v_0$

$$2v_0 = gT \Rightarrow v_0 = \frac{gT}{2} = \frac{9,8 \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{2} = 49 \frac{m}{c}$$

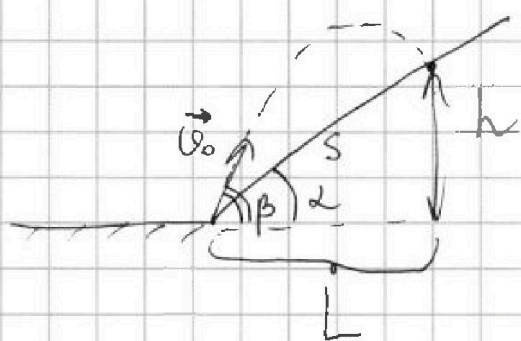


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$h = s \sin \alpha = v_0 t \sin \beta - \frac{gt^2}{2}$$

$$L = s \cos \alpha = v_0 \cos \beta t$$

$$\frac{h}{L} = \frac{v_0 \sin \beta - \frac{gt}{2}}{v_0 \cos \beta}$$

$$v_0 \cos \beta \operatorname{tg} \alpha = v_0 \sin \beta - \frac{gt}{2} \Rightarrow \frac{gt}{2} = v_0 (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)$$

$$t = \frac{2v_0 (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)}{g}$$

$$s \cos \alpha = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2v_0 (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)}{g}$$

$$s = \cos \beta \cdot \frac{2v_0^2 (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)}{g \cos \alpha}$$

$s$  БУДЕТ МАКС. ТОГДА, КОГДА  $s'(\beta) = 0$ :

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

$$\cos \beta \cdot \frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)' = \sin \beta \cdot \frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} \cdot (\sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \alpha)$$

$$\cos \beta (\cos \beta + \sin \beta \operatorname{tg} \alpha) = \sin^2 \beta - \sin \beta \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta$$

$$\cos^2 \beta + 2 \sin \beta \cos \beta \operatorname{tg} \alpha = \sin^2 \beta; \quad \cos^2 \beta = 1 - \sin^2 \beta$$

$$2 \sin \beta \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 2 \sin^2 \beta - 1$$

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

$$\operatorname{tg} \alpha (1 - \sin^2 \beta) = \sin^2 \beta \operatorname{tg} \alpha - \sin^2 \beta \operatorname{tg} \alpha + 1$$

$\Rightarrow 0$  Пусть  $u = \sin^2 \beta \Rightarrow 4u^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - 4u (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) + 1 = 0$



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  
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!

~~$$\sqrt{D} = \sqrt{(4 + \text{tg}^2 \alpha)^2 - 4(1 + \text{tg}^2 \alpha)} \Rightarrow \sqrt{D} = \sqrt{\frac{16g}{9} - \frac{16}{3}} =$$~~

~~$$\text{tg } \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$~~

~~$$= \sqrt{\frac{121}{9}} = \frac{11}{3}$$~~

~~$$\mu = \frac{\frac{13}{3} \pm \sqrt{\frac{11}{3}}}{2 \cdot \frac{4}{3}} ; \mu = \frac{13 \pm 11}{8}$$~~

~~$$\sin^2 \beta = \frac{24}{8} \quad \sin^2 \beta = \frac{1}{4}$$~~

~~$$\text{tg } \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$~~

~~$$\sqrt{D} = \sqrt{16 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^2 - 4 \cdot 4 \cdot \frac{4}{3}} = \sqrt{\frac{256}{9} - \frac{64}{3}} = \sqrt{\frac{256 - 192}{9}} = \frac{8}{3}$$~~

~~$$\mu = \frac{4 \cdot \frac{4}{3} \pm \frac{8}{3}}{2 \cdot 4 \cdot \frac{4}{3}} ; \mu = \frac{16 \pm 8}{32} = \frac{2 \pm 1}{4}$$~~

$$\sin^2 \beta = \frac{3}{4}$$

или

$$\sin^2 \beta = \frac{1}{4}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

или

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

$$\beta = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

↑ ↑ ЭТОТ ВАРИАНТ НЕ ПОДАХОДИТ

$$\beta = 60^\circ$$

$$S \cos \alpha = \mu \cos \beta \cdot \frac{2U_0^2}{g} (\sin \beta - \cos \beta \text{tg } \alpha)$$

$$S = \frac{2U_0^2}{g \cos \alpha} \cdot \cos \beta \cdot (\sin \beta - \cos \beta \text{tg } \alpha) = \frac{2 \cdot 45^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \right) =$$

$$= \frac{2025}{10\sqrt{3}} \cdot \left( \frac{3-1}{\sqrt{3}} \right) \text{ м} = \frac{8025 \cdot 2}{30} \text{ м} = \frac{5050}{3} \text{ м} = 168 \frac{1}{3} \text{ м}$$

Ответы 1.  $U_0 = 45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $S = 168 \frac{1}{3} \text{ м}$



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.

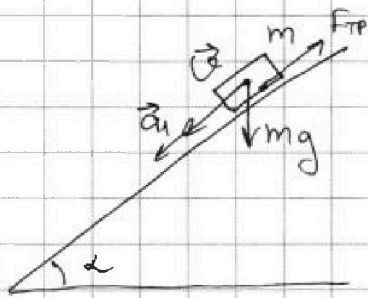
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Т.к. по условию движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой, то <sup>вектор</sup> ускорения шайбы всегда лежит на одной прямой с вектором скорости. Иначе бы вектор ускорения поворачивал бы вектор скорости шайбы и она бы двигалась не по прямой.

Из графика видно, что изначальное ускорение шайбы увеличивается по модулю, что значит, что ускорение шайбы  $a_1$  и скорость были сонаправлены, т.е. шайба двигалась вниз по наклонной плоскости:



II 3-н. Ньютона:

$$ma_1 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Из графика можно найти  $a_1$  - это коэфф. наклона  $\mu$  первой части графика (когда шайба еще не остановилась) и скорость увеличивается)

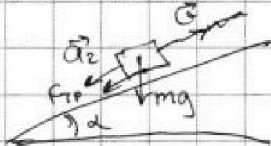
$$a_1 = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 5.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 0.25 \text{с}} = \frac{2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1.25 \text{с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}; \quad \text{или} \quad \frac{a}{g} = \sin \alpha - \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

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

$$\sin^2 \alpha (1 + \mu^2)$$

Теперь найдем ускорение шайбы, <sup>можем найти как коэфф. наклона</sup> она <sup>столкну-</sup>



II 3. Ньютона:

$$ma_2 = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

$$a_2 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$





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!

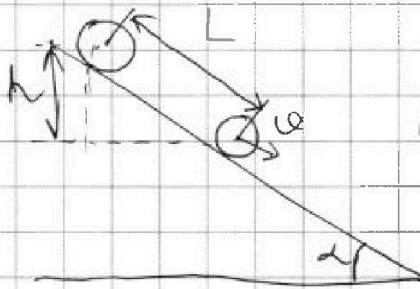
Из графика определим значение  $a_2$ : (2-я часть)

$$a_2 = \frac{8 \frac{m}{c} - 5 \frac{m}{c}}{2,75c - 2c} = \frac{3 \frac{m}{c}}{0,75c} = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$a_1 + a_2 = g(\sin \alpha + \sin \alpha + \mu \cos \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{2 \frac{m}{c^2} + 4 \frac{m}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} =$$

$$= 0,3$$



$$ЗЦЗ: Mgh = \frac{Mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

$M$  - масса бочки с водой

$\frac{M}{2}$  - масса воды и масса бочки

$I$  - момент инерции бочки

$\omega$  - угловая скорость бочки относительно

св. центра

$$I = \frac{1}{2} M R^2; \omega = \frac{v}{R} \text{ (скорость точки, соприка}$$

с поверхностью  $PA$  относительно центра бочки равно скорости центра бочки относительно  $PA$  (скольжения нет)

$$2gh = v^2 + \frac{1}{2} R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2} \Rightarrow 4gh = 3v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,3m}{3}} = 2 \frac{m}{c}$$

$$L = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v^2}{2L} = \frac{4 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 0,3m} =$$

$$L = \frac{h}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v^2 \sin \alpha}{2h} = \frac{4 \frac{m^2}{c^2} \cdot 0,3}{2 \cdot 0,3m} =$$

$$= 2 \frac{m}{c^2}$$

$$F_{тр} = \mu Mg \cos \alpha$$

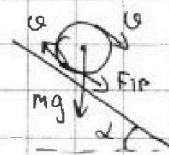
Бочка может соскользнуть

верно

$$Mg \sin \alpha = \mu Mg \cos \alpha$$

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

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





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  
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!

$$p_r \Delta V = \nu_r R \Delta T_2 \quad (\text{из чр. выше Менд.-Кур.})$$

$$p_k \Delta V = \nu_k R \Delta T_2$$

$$A = R \Delta T_2 (\nu_r + \nu_k)$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{2 R \Delta T_2 (\nu_r + \nu_k)}{R \Delta T_1 (3\nu_r + 5\nu_k)}$$

$$A = 200 \Delta u = \frac{Q}{3}$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{1}{3} \Rightarrow \Delta T_1 (3\nu_r + 5\nu_k) = 6\Delta T_2 (\nu_r + \nu_k)$$

$$\nu_r (6\Delta T_2 - 3\Delta T_1) = \nu_k (5\Delta T_1 - 6\Delta T_2)$$

$$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{\nu_r \cdot N_A}{\nu_k \cdot N_A} = \frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{5\Delta T_1 - 6\Delta T_2}{6\Delta T_2 - 3\Delta T_1}$$

$$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{5\Delta T_1 - 6\Delta T_2}{3(2\Delta T_2 - \Delta T_1)} = \frac{5 \cdot 15\text{K} - 6 \cdot 10\text{K}}{3 \cdot (2 \cdot 10\text{K} - 15\text{K})} = \frac{75\text{K} - 60\text{K}}{15\text{K}} = 1$$

Ответ: 1.  $A = 200 \Delta u$ ; 2.  $C_V = 40 \frac{\Delta u}{K}$ ; 3.  $\frac{\nu_r}{\nu_k} = 1$



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

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!

Работа газа в изохорич. процессе равна нулю, т.к. газ не изменяет свой объём.

$\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  - изм. внутр. энергии смеси в 1-ом и 2-ом процессе соответственно

Для 1-ого процесса:  
(1-ое начало термод.)

$$Q = \Delta U_1; \Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu_r R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_1$$

одноатомный газ

$\nu_r$  и  $\nu_k$  - кол-во вещества гелия и кислорода соответственно

$$Q = \frac{R \Delta T_1}{2} (3\nu_r + 5\nu_k)$$

Для 2-ого процесса:

$$Q = A + \Delta U_2; \Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu_r R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_2 = \frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_r + 5\nu_k)$$

$$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = \frac{2 R \Delta T_2 (3\nu_r + 5\nu_k)}{2 R \Delta T_1 (3\nu_r + 5\nu_k)} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \Rightarrow \Delta U_2 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \cdot \Delta U_1 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \cdot Q$$

$$A = Q - \Delta U_2 = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = 600 \text{ Дж} \cdot \left(1 - \frac{10\text{K}}{15\text{K}}\right) = 200 \text{ Дж}$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{600 \text{ Дж}}{15\text{K}} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}$$

$$A = p_r \Delta V + p_k \Delta V = (p_r + p_k) \Delta V$$

$\Delta V$  - изм. объёма смеси с изобар. процессом  
 $p_r$  и  $p_k$  - парциальные давления гелия и кислорода в изобар. процессе

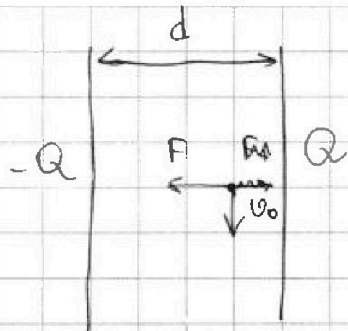
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$F = F_a + F_{-a}$$

~~Работа q-зарядов~~

$$F_a = \frac{16kQq}{d^2}; \quad F_{-a} = \frac{16kQq}{gd^2}$$

$$F = \frac{16kQq}{d^2} + \frac{16kQq}{gd^2} = \frac{160kQq}{gd^2}; \quad q = \gamma m$$

$\gamma$  - норм. ускорение заряда частицы

II 3 Ньютона:

$$ma = F \Rightarrow m\gamma a = \frac{160kQ \cdot \gamma m}{gd^2}$$

$$a = \frac{v_0^2}{R}; \quad R - \text{РАДИУС КРИВИЗИНЫ ТРАЕКТОРИИ ЧАСТИЦЫ}$$

$$\frac{v_0^2}{R} = \frac{160kQ\gamma}{gd^2} \Rightarrow R = \frac{gd^2 v_0^2}{160kQ\gamma}$$

ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{kQ \cdot \gamma m}{L} + \frac{mv_0^2}{2} + E_p$$

$E_p = \frac{4kQ\gamma m}{3d} - \frac{4kQ\gamma m}{d}$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{v_0^2}{2} + \frac{16k\gamma Q}{3d}$$

$$3v_0^2 = 3v_0^2 + \frac{32k\gamma Q}{d}$$

$$Q = \sqrt{\frac{3v_0^2 d + 32k\gamma Q}{3d}}$$

Ответ: 1.  $R = \frac{gd^2 v_0^2}{160kQ\gamma}$ ; 2.  $v_0 = \sqrt{\frac{3v_0^2 d + 32k\gamma Q}{3d}}$



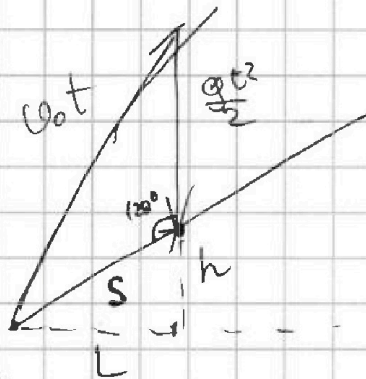
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

18 мин - 1,5 часа



$$L = u_0 \cos \alpha t = S \sin \alpha$$

$$h = u_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = S \cos \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{u_0 \cos \alpha}{u_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2}}$$

$$(u_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2}) \operatorname{tg} \alpha = u_0 \cos \alpha$$

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

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

$$Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_1$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu_{He} R \Delta T_1$$

$$Q = \frac{R \Delta T_1}{2} \cdot (3\nu_{He} + 5\nu_{O_2})$$

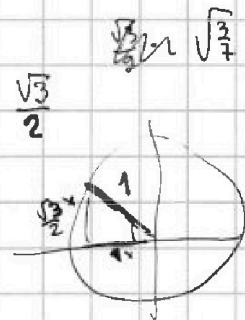
$$\frac{7}{4} x^2 = 1$$

$$x = \frac{2}{\sqrt{7}}$$

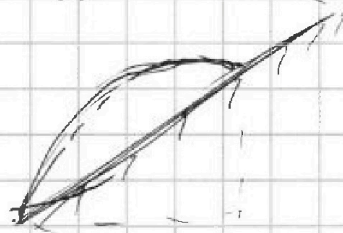
$$Q = \nu A + \frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{O_2})$$

$$C_v = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$u_0^2 t^2 = S^2 \cos^2 \alpha + \left( \frac{gt^2}{2} + S \sin \alpha \right)^2$$



$\frac{N_r}{M}$   
 $N$



$$u_0 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha - u_0 \cos \alpha = \frac{gt \operatorname{tg} \alpha}{2}$$

$$t = \frac{2(u_0 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha - u_0 \cos \alpha)}{g \operatorname{tg} \alpha}$$

DR

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{1}{2\sqrt{3}}$$

$$A = p_1 \Delta V + p_2 \Delta V$$

$$\cos 2\beta =$$

$$\cos 2\beta = -2 \sin \beta \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{1}{2\sqrt{3}}$$

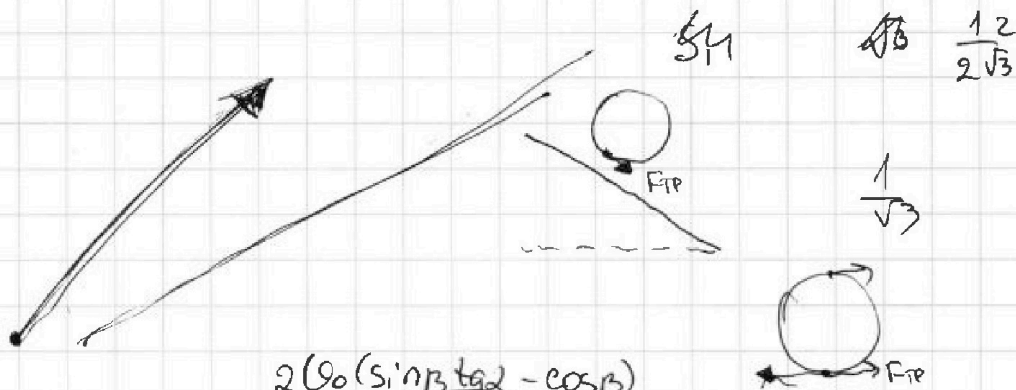
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$S \sin \alpha = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2(v_0(\sin \beta \operatorname{tg} \alpha - \cos \beta))}{g \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}$$

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

$$\cos \beta \cdot \frac{2v_0}{g \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha} \cdot (\operatorname{tg} \alpha \cos \beta + \sin \beta) = \sin \beta \cdot \frac{2v_0}{g \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha} \cdot (\sin \beta \operatorname{tg} \alpha - \cos \beta)$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cos^2 \beta + 2 \sin \beta \cos \beta = \sin^2 \beta \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha (1 - \sin^2 \beta) + 2 \sin \beta \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sin^2 \beta \operatorname{tg} \alpha$$

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

$$= \sin^4 \beta (\operatorname{tg}^2 \alpha + 4)$$

$$4 \sin^2 \beta + 4 \sin^4 \beta - 2 \operatorname{tg}^2 \alpha \sin^2 \beta + 2 \operatorname{tg}^2 \alpha \sin^4 \beta + \operatorname{tg}^2 \alpha -$$

$$- 2 \operatorname{tg}^2 \alpha \sin^2 \beta + \operatorname{tg}^2 \alpha \sin^4 \beta$$

$$\sin^4 \beta (4 \operatorname{tg}^2 \alpha + 4) - 4 \sin^2 \beta + \operatorname{tg}^2 \alpha = 0$$

$$16 - 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot \frac{4}{3}, \sqrt{16 - \frac{64}{9}}, \frac{12 + \frac{\sqrt{80}}{3}}{32}, \frac{12 - \frac{\sqrt{80}}{3}}{32}$$

$$\frac{144 - 64}{9} = 3 \left( 4 \pm \frac{\sqrt{80}}{9} \right)$$

$$1 - \frac{9}{100}, \sqrt{9}, \frac{3}{10}, 0,3$$



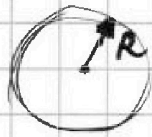
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

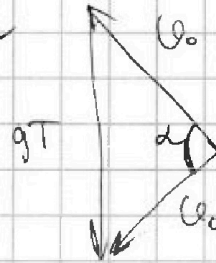
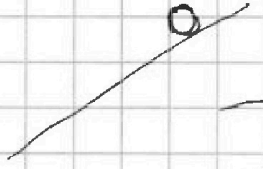
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1:49

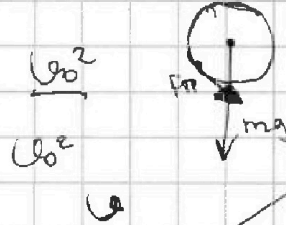
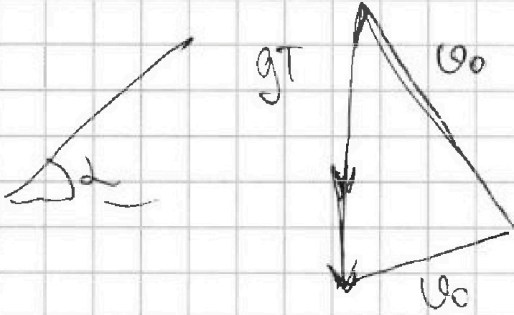


$$\frac{I\omega^2}{2}$$

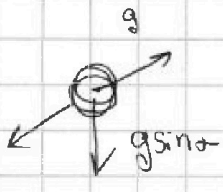
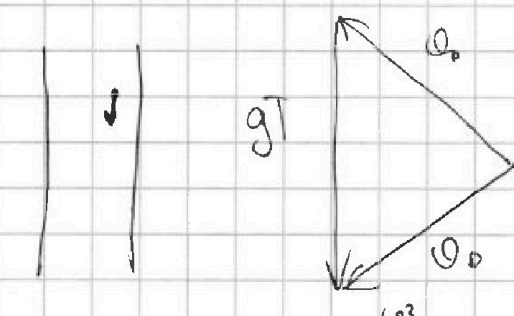
$$\begin{array}{r} 2 \\ 45 \\ \times 45 \\ \hline 1225 \\ + 780 \\ \hline 2025 \end{array}$$



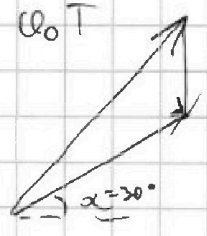
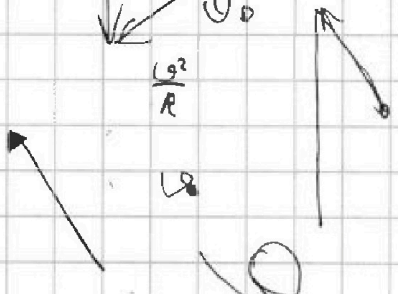
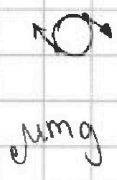
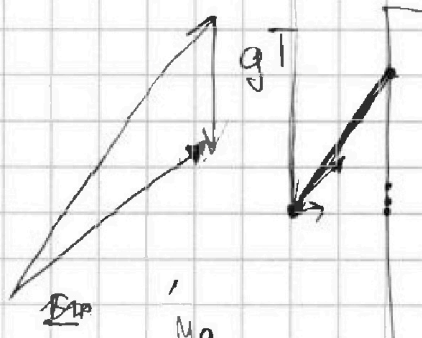
$$g^2 T^2 = (2\omega_0^2 - 2\cos\alpha \omega_0^2)$$



480=24



$$c = \frac{Q}{S}$$



$$a_2 = g(\sin\alpha + \dots)$$

$$\begin{array}{r} 505/2 \\ - 20 \\ \hline 168 \\ - 18 \\ \hline 25 \\ - 24 \\ \hline 1 \end{array}$$

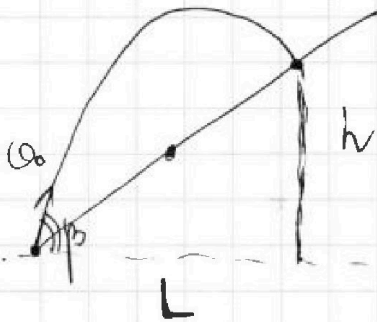
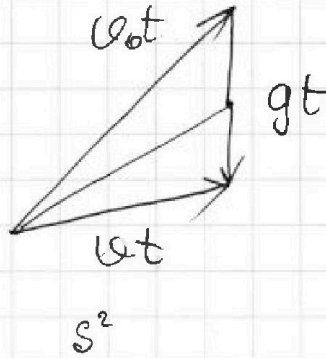
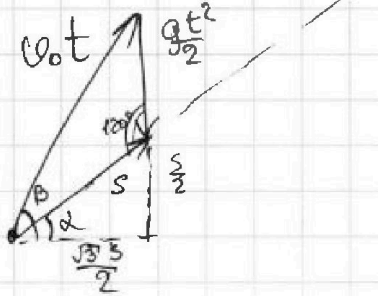
$$168 \frac{1}{3} \quad 16 + 9 \cdot 16$$

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!



$$\left(\frac{13}{3}\right)^2$$

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{4}{3}$$

$$16 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^2 - 4 \cdot \frac{4 \cdot 4}{3}$$

$$41$$

$$\cdot \frac{64}{3}$$

$$\frac{4^4 - 4^3 \cdot 3}{9}$$

$$4$$

$$2\sqrt{41}$$

$$\frac{256 - 64}{3}$$

$$3$$

$$192$$

$$\frac{\sqrt{41}}{5}$$

$$\sqrt{41} - 5$$

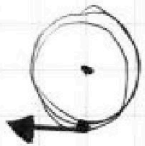
$$\sqrt{41} - 5$$

$$v_0 \cos \beta \cdot t = L$$

$$v_0^2 t^2 = g \quad \frac{256 - 192}{9} \quad \sqrt{\frac{64}{9}}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 6.5 \\ \hline 39.0 \\ \times 6.5 \\ \hline 422.5 \end{array}$$

$$\frac{14}{6}$$



$$\frac{80^4}{800^2}$$

$$\frac{80 \cdot 80 \cdot 80^2}{800 \cdot 800}$$

$$\frac{192}{3}$$

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

$$c g$$

$$\frac{800^2}{100}$$



$$\frac{80^2}{100}$$

$$6400$$

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

$$64 + 100 \mu$$

$$\frac{4 \cdot 4}{8} \pm \frac{8}{8} \quad 8 \cdot \frac{4}{8}$$

$$\frac{16 \pm 8}{8 \cdot 4}$$

$$\frac{2 \pm 1}{4}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{3}{4}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{1}{4}$$

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