



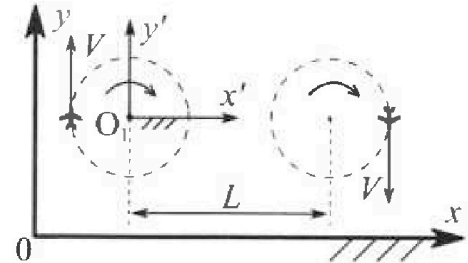
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-04

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  $V = 100$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет,  $R = 500$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

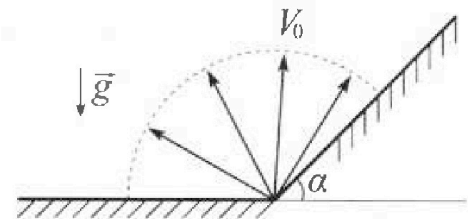


1. Определите отношение  $\frac{N}{mg}$ , здесь  $N$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.

В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L = 1,25$  км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

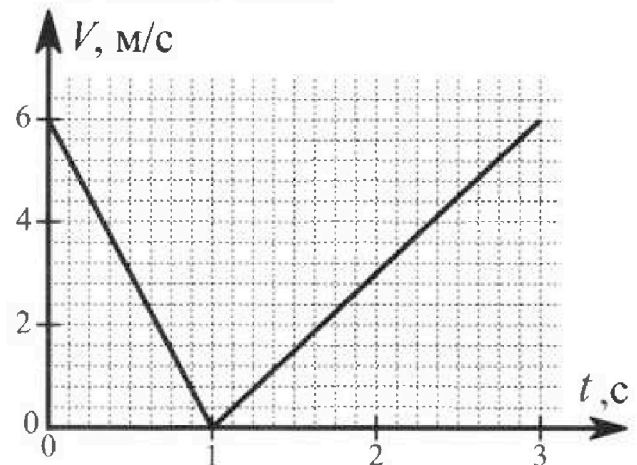
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Продолжительность полета осколка, упавшего на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, равна  $T = 5$  с, максимальное перемещение за время полета осколка, упавшего на склон, равно  $S = 100$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



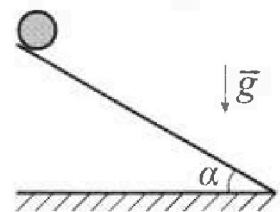
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки 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 в  $n = 4$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения по вертикали на  $h = 1,5$  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 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 2320$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 58$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 40$  К.

1. Найдите работу  $A$  внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_p$  смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_1}{N_2}$  числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа азота  $U = \frac{5}{2} PV$ .

5. Отрицательно заряженная частица движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется скоростью  $V_0$  параллельно обкладкам на расстоянии  $\frac{3}{8}d$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в малой окрестности рассматриваемой точки равен  $R$ .

1. Найдите удельный заряд  $\gamma = \frac{q}{m}$  частицы, здесь  $q$ —заряд частицы,  $m$ — масса частицы.

Через некое 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.

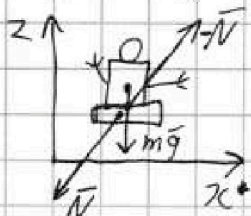
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!

v1

проведем вертикальную ось z



т.к. пилот движется по окружности, в этот момент времени  $a_x = \frac{v^2}{R}$ , тогда по 3-му з. Ускорения на пилота действует  $N$

2-ой з. Уравнения:  $N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$

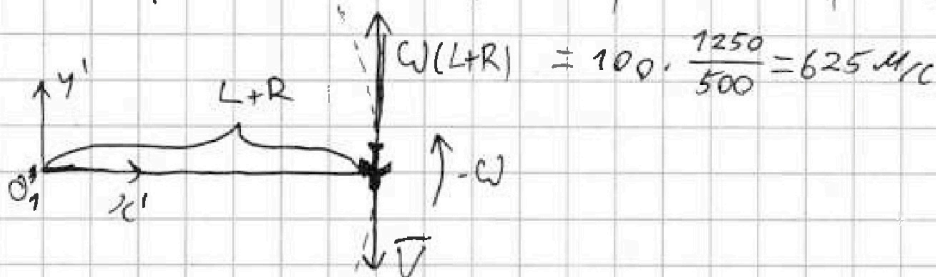
$$x) N_x = ma_x = m \frac{v^2}{R}$$

$$N = \sqrt{N_x^2 + N_z^2} = m \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}$$

$$\frac{N}{mg} = \frac{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}{g} = \sqrt{\frac{v^4}{R^2 g^2} + 1} = \sqrt{\frac{10^8}{5^2 \cdot 10^4 \cdot 10^2} + 1} = \sqrt{\frac{10^2}{5^2} + 1} = \sqrt{2 + 1} = \sqrt{3}$$

С.О.  $O_1$  вращается с угловой скоростью  $\omega = \frac{v}{R}$ , значит в

$$С.О.  $O_1: \vec{u} = \vec{v} - \omega(L+R) \quad u = |v - \omega(L+R)| = v \left( \frac{L+R}{R} - 1 \right) = v \frac{L}{R} =$$$



ответ  $\sqrt{3}; 625 \text{ м/с}$



1  2  3  4  5  6  7

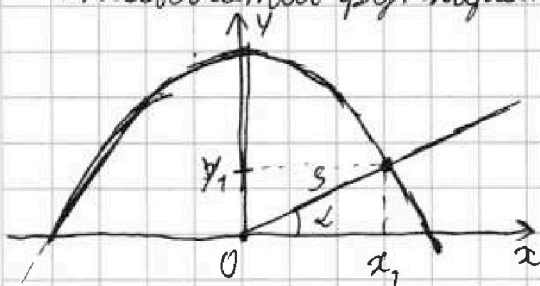
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

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!

v2

Для максимальной дальности полета на ту же высоту, с которой стартует тело, вектор скорости должен быть направлен под углом  $\frac{\pi}{4}$  к горизонту и время полета осколка  $T = \frac{2V_0 \sin \frac{\pi}{4}}{g} \Rightarrow V_0 = \frac{Tg}{2 \sin \frac{\pi}{4}} = 5 \cdot 5\sqrt{2} = 25\sqrt{2} \text{ м/с} \approx 35 \text{ м/с}$

В С.О. места разрыва фейерверка чашка области, до которой могут долететь осколки (параболой безопасности описывается функцией  $y(x) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} x^2$  т.к. осколок, перемещившийся на  $S$  по склону, перемещившийся на максимальное расстояние точка его прелетения лежит на параболе безопасности и имеет координаты  $(x_1, y_1)$  такие, что  $x_1 = S \cos \alpha$ ,  $y_1 = S \sin \alpha$  т.е.



$$y(x_1) = y_1 \Rightarrow S \cdot \sin \alpha = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} (S \cos \alpha)^2 \Rightarrow -\frac{g}{2V_0^2} S^2 (1 - \sin^2 \alpha) - S \cdot \sin \alpha + \frac{V_0^2}{2g} = 0$$

$$\text{выносим } S \sin \alpha, \text{ получаем } \frac{gS^2}{2V_0^2} \sin^2 \alpha - S \sin \alpha + \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} = 0$$

$$D = S^2 - 4 \cdot \frac{gS^2}{2V_0^2} \cdot \left( \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \right) = S^2 \left( 1 - \frac{g}{V_0^2} \left( \frac{V_0^2}{g} - \frac{gS^2}{V_0^2} \right) \right) = S^2 \left( 1 - 1 + \frac{g^2 S^2}{V_0^4} \right) = \frac{g^2 S^4}{V_0^4}$$

$$\sin \alpha = \frac{S \pm \sqrt{\frac{g^2 S^4}{V_0^4}}}{2 \cdot \frac{gS^2}{2V_0^2}} = \frac{S \pm \frac{S^2 g}{V_0^2}}{\frac{gS^2}{V_0^2}} = \frac{V_0^2 \pm gS}{gS} = \frac{V_0^2}{gS} \pm 1 = \frac{25 \cdot 2}{10 \cdot 100} \pm 1 = \frac{5 \cdot 2}{100} \pm 1 = \frac{1}{10} \pm 1 = 1,1$$

$$\sin \alpha \geq 0, \text{ максимум } \sin \alpha = \frac{1}{10} + 1 = \frac{11}{10} = 1,1$$

$$\sin \alpha \leq 1, \text{ максимум } \sin \alpha = 1,1 - 1 = 0,1 = \frac{1}{10}$$

Ответ:  $25\sqrt{2} \text{ м/с}; \arcsin\left(\frac{1}{10}\right)$

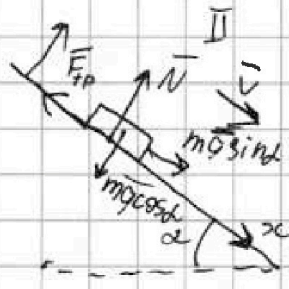
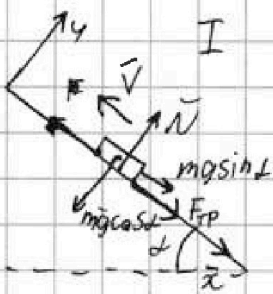


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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



П.к. шайба останавливается, а потом едет ~~вверх~~, она едет вверх изначально до  $t=1c$ , а потом вниз

I: ускорение  $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , на графике  $\Delta v = 6 \text{ м/с}$ ,  $\Delta t = 1c$ , значит  $a = 6 \text{ м/с}^2$

2-ой з. Условие:  $y) N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

x)  $mg \sin \alpha + F_{TP} = ma_1 \Rightarrow mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_1$

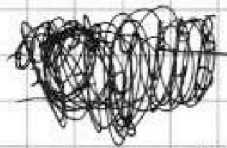
II: ускорение  $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6}{3} = 2 \text{ м/с}^2$

2-ой з. Условие:  $y) N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

x)  $mg \sin \alpha - F_{TP} = ma_2 \Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2$

$$\begin{cases} mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2 \\ mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_1 \end{cases} \quad \begin{aligned} 2mg \sin \alpha &= a_1 + a_2 \\ \sin \alpha &= \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{6 + 2}{2 \cdot 10} = \frac{2}{5} \end{aligned}$$

~~Вывод~~



Пусть масса бочки -  $M$ ,

тогда ЗСЭ:  $Mgh = \frac{Mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} E_k$ , где  $E_k$  - суммарная кин. энергия бочки и воды. Кин. энергия воды -  $\frac{mMv^2}{2}$

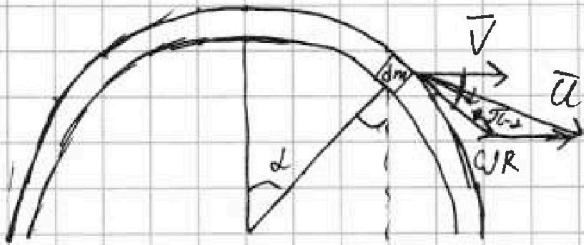
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Разобьем дугу на малые кусочки, длина по  $dl$ , масса каждого кусочка  $dm = \frac{dl}{2\pi} \cdot M$ , тогда

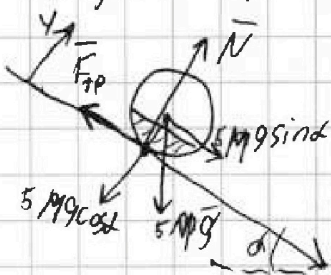
у каждого кусочка есть скорость  $\vec{v} = \vec{v} + \vec{v}_k$ , где  $v_k = \omega R$  и направлен

$\vec{v}_k$  по касательной к дугке, тогда по т.к. нет проскальзывания  $\omega R = v$ , тогда  $u^2 = v^2 + v^2 - 2v \cdot v \cdot \cos(\pi - \alpha) = 2v^2(1 + \cos \alpha)$   
кинетическая энергия каждого кусочка  $\frac{dm \cdot u^2}{2} = dm \cdot v^2(1 + \cos \alpha)$   
Итого тогда суммарная кин. эн. дугки  $E_k =$

$$= \int_0^{\pi} dm \cdot v^2(1 + \cos(\alpha(m))) = \int_0^{\pi} \frac{M}{2\pi} (1 + \cos \alpha) \frac{d\alpha}{2\pi} = \frac{Mv^2}{2\pi} [(2\pi + \sin 2\pi) - (0 + \sin 0)] =$$

$$= Mv^2, \text{ значит}$$

$$Mgh = \frac{Mv^2}{2} + Mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{gh}{\frac{1}{2} + 1}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 1.5}{3}} = \sqrt{5} \text{ м/с}$$



2-ой з. Уголтона:  $N - Mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = Mg \cos \alpha$

$F_{тр} = 5Mg \sin \alpha = F_{тр} = 5Ma$

но  $F_{тр}$  должна создавать такой момент силы, чтобы ~~...~~ угловая скорость дугки  $\omega = \frac{v}{R}$  и угловое ускорение  $\omega' = \frac{a}{R}$

$$F_{тр} R = J \cdot \omega' \Rightarrow F_{тр} = Ma \quad 5Mg \sin \alpha = 6Ma$$

$$a = \frac{5}{6} g \sin \alpha = \frac{1}{3} g \approx \frac{10 \text{ м/с}^2}{3} \approx 3.3 \text{ м/с}^2, \text{ но так же } F_{тр} \leq \mu N = \mu Mg \cos \alpha$$

$$Ma \leq \mu Mg \cos \alpha \Rightarrow \mu \geq \frac{a}{g} \cos \alpha = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot \frac{5}{6} \sin \alpha \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$$

$$= \frac{1}{3} \sqrt{1 - \frac{1}{25}} = \frac{\sqrt{24}}{15}$$

Ответ:  $\sqrt{5} \text{ м/с}$ ,  $\frac{\sqrt{24}}{15} > \frac{\sqrt{21}}{15}$



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!

Пусть масса гелия -  $\nu_1$ , азота -  $\nu_2$ , тогда

$$Q = \Delta U + A; \text{ при } V = \text{const } A = 0, \text{ значит } Q = \Delta U_p = \frac{3}{2} \nu_1 R |\Delta T_1| + \frac{5}{2} \nu_2 R |\Delta T_1|$$

( $\Delta U_p$  - изменение внут. энергии при изохоре, а  $\Delta U_v$  - при изохоре)

$$\text{при } P = \text{const } A = P \Delta V, \text{ значит } Q = \Delta U_p = \frac{3}{2} P_1 \Delta V + P_1 \Delta V + \frac{5}{2} P_2 \Delta V + P_2 \Delta V,$$

где  $P_1$  и  $P_2$  - начальные давления гелия и азота

$$Q = \frac{5}{2} P_1 \Delta V + \frac{3}{2} P_1 \Delta V = \frac{5}{2} \nu_1 R |\Delta T_2| + \frac{3}{2} \nu_2 R |\Delta T_2|$$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R |\Delta T_1| + \frac{5}{2} \nu_2 R |\Delta T_1| = \frac{5}{2} \nu_1 R |\Delta T_2| + \frac{3}{2} \nu_2 R |\Delta T_2|$$

$$5 \nu_2 |\Delta T_2| - 3 \nu_1 |\Delta T_1| = 3 \nu_2 |\Delta T_2| + 5 \nu_1 |\Delta T_1|$$

$\nu_1 + \nu_2$  мн. в паре чисел  
 $\nu_2 = \nu_1$  а в паре 3 и 5

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{-3 |\Delta T_2| + 5 |\Delta T_1|}{5 |\Delta T_2| - 3 |\Delta T_1|} = \frac{-3 \cdot 40 + 5 \cdot 58}{5 \cdot 40 - 3 \cdot 58} = \frac{-120 + 290}{200 - 174} = \frac{170}{26} = \frac{85}{13}$$

$$C_p = \frac{1 \Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{2320}{40} = 58 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$A = Q - \Delta U_p = Q - \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right) R |\Delta T_1| = Q - \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right) R |\Delta T_1| \cdot \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} =$$

$$= Q - \Delta U_v \cdot \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} = Q \left( 1 - \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} \right) = 2320 \cdot \left( 1 - \frac{40}{58} \right) = 2320 \cdot \frac{18}{58} = 40 \cdot 18 = 720 \text{ Дж}$$

Ответ: 720 Дж; 58 Дж/К;  $\frac{85}{13}$

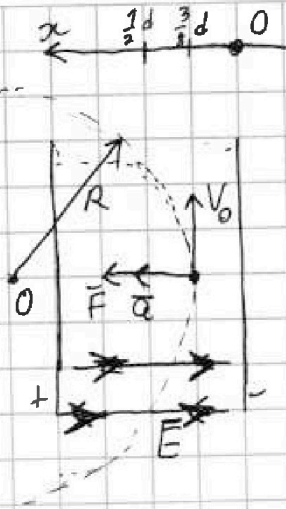
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 7

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!



$$U = \Delta\varphi = -E \cdot d \quad | \quad \vec{E} = -\frac{U}{d}$$

$$F = |q|E = -\frac{qU}{d}$$

2-ой з. уравнения:  $x) F = ma$

$$-\frac{qU}{d} = ma \quad \gamma = \frac{ad}{U}$$

ном. к. кривизны траектории  $R, a = \frac{v_0^2}{R}$

$$\gamma = \frac{v_0^2 d}{UR}$$

$$3C): \frac{mv_0^2}{2} + q\varphi_x\left(\frac{3}{8}d\right) = \frac{mv^2}{2} + q\varphi_x\left(\frac{7}{8}d\right)$$

$$mV_0^2 + q(\varphi_x\left(\frac{3}{8}d\right) - \varphi_x\left(\frac{7}{8}d\right)) = mV^2$$

$$V = \sqrt{V_0^2 + \gamma (-Ed(\frac{7}{8}d - \frac{3}{8}d))} = \sqrt{V_0^2 + \frac{v_0^2 d}{UR} U \cdot \frac{1}{2}} = V_0 \sqrt{1 + \frac{d}{8R}}$$

Ответ:  $-\frac{v_0^2 d}{UR}; V_0 \sqrt{1 + \frac{d}{8R}}$



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!

$$1 \pm \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 10}{1250} \times \left( \frac{80}{2 \cdot 1250} \cdot 10000 - \frac{1250}{2 \cdot 70} \right) \cdot 1250} = 1 \pm \sqrt{1 + \frac{2L}{125} \cdot \left( \frac{10}{2} \cdot 8 - \frac{1250}{2} \right)}$$

$$= \frac{1 \pm \sqrt{1 + \frac{10}{125} \cdot (-1170)}}{80} = 1 \pm \sqrt{\frac{125}{125}}$$

$$1 - \frac{9}{V_0^2} \cdot \left( \frac{V_0^2}{9} - \frac{95^2}{V_0^2} \right) =$$

$$\frac{u^2 - \frac{u^2}{c^4}}{\frac{u^4}{c^4}} = 1$$

$$\frac{u/c^2 - u^2}{u^2/c^2} = u$$

$$T = \frac{2V_0 \sin \alpha}{9} \quad L = \frac{2V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{9} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{9}$$

$$25^2 \cdot 2 = 1250$$

$$25 = 5^2 \Rightarrow 25^2 = 5^4$$

$$\frac{5^4}{10^3} = \frac{5^4}{2^3 \cdot 5^3} = \frac{5}{2^3}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 25 \\ \times 25 \\ \hline +125 \\ 50 \\ \hline \times 625 \\ \hline 1250 \end{array} \quad \begin{array}{r} 32 \\ 32 \\ \times 32 \\ \hline +64 \\ 96 \\ \hline 1024 \end{array}$$

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha$$

$$\sin\left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha}{2}\right) = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

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

$$\sin^2 \alpha = 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} (1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2})$$

$$4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \sin^2 \alpha = 0$$

$$\sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 16 \sin^2 \alpha}}{8} = \frac{1 \pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{2} = \frac{1 \pm \cos \alpha}{2}$$

$$\frac{1}{16} = \frac{1 \pm \cos \alpha}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{17}{8}$$

$$T = \frac{V_0 \cos \alpha}{9}$$

$$M = \frac{V_0^2}{9} - \frac{9 \cdot \frac{V_0^2}{9^2}}{2} = \frac{\sqrt{9}}{29}$$

$$\sin \alpha = \frac{7}{4} \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{75}}{16}$$

$$\sin 2\alpha = \frac{\sqrt{75}}{32} \quad \cos 2\alpha = \frac{\sqrt{1009}}{32}$$



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

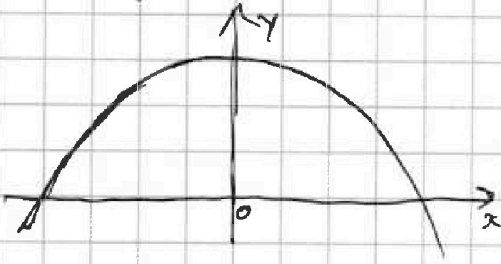
СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

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!

Черновик

$$t_{\text{пол}} = \frac{V_0}{g} \quad H = \frac{V_0}{g} \cdot V_0 - \frac{g \cdot \frac{V_0^2}{g^2}}{2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{V_0^2}{2g} = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$t_{\text{пол}} = 2 \frac{V_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{g} \quad H = \frac{V_0}{\sqrt{2}g} \cdot \frac{V_0}{\sqrt{2}} - \frac{g \cdot \frac{V_0^2}{2g^2}}{2} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_0^2}{4g} = \frac{V_0^2}{4g}$$



$$y(x) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} x^2$$

$$y\left(\frac{V_0}{g}\right) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} \cdot \frac{V_0^2}{g^2} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_0^2}{2g}$$

$$x_1 t_{\text{пол}} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{V_0^2} x_1^2$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 50 \\ \hline 70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ \times 9 \\ \hline 45 \\ 45 \\ \hline 45 \end{array}$$

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

$$\frac{5000}{400} = 8$$

$$\begin{array}{r} 70 \\ \times 70 \\ \hline 4900 \end{array} \quad \begin{array}{r} 50 \\ \times 25 \\ \hline 1250 \end{array}$$

$$L = \frac{V_0 \sqrt{2}}{g} \cdot \frac{V_0}{\sqrt{2}} - \frac{V_0^2}{g}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 2,4 \\ \hline 700 \\ + 25 \\ \hline 35,0 \end{array}$$



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

$$L = \frac{V_0 \cos \alpha}{g} \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\begin{array}{r} 1250 = 5^4 \cdot 2 \\ 10000 = 5^4 \cdot 2^4 \\ \times 1259 \\ \hline 10000 \end{array}$$

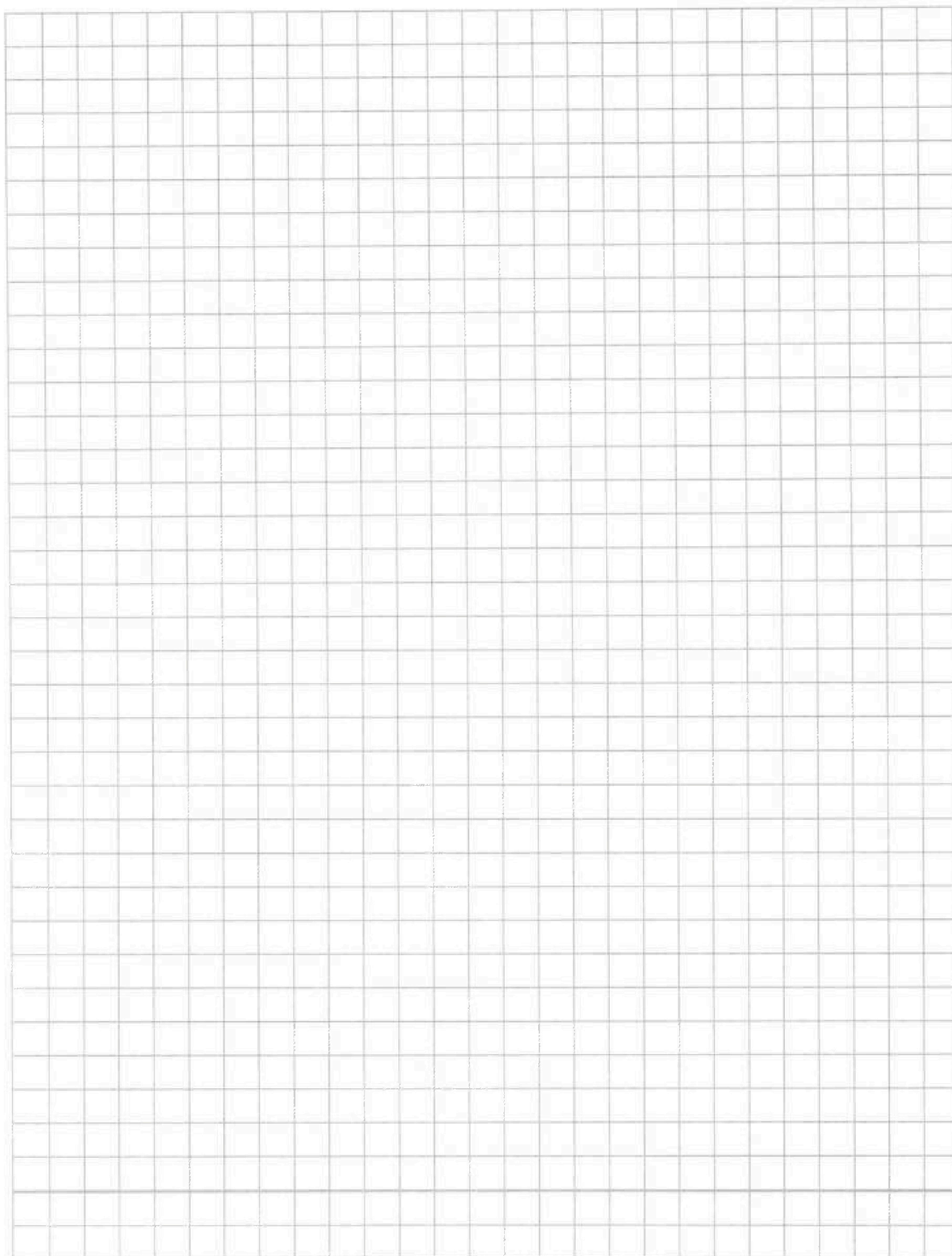


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.



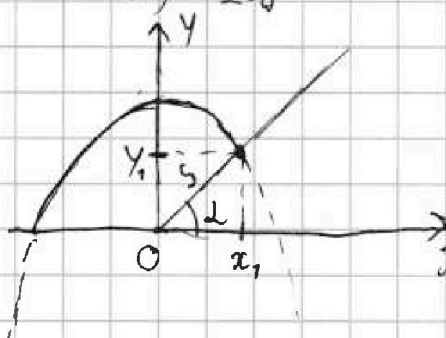
1  2  3  4  5  6  7

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!

Черта  
Для максимальной дальности полета на ту же высоту, с которой стартует тело, вектор скорости должен быть направлен под углом  $\frac{\pi}{4}$  к горизонту и время полета осколка  $T = \frac{2V_0 \sin \frac{\pi}{4}}{g}$   $V_0 = Tg \cdot \frac{1}{2 \sin \frac{\pi}{4}} = 5 \cdot 10 \sqrt{2} = 25 \sqrt{2} \approx 35 \text{ м/с}$

В системе отсчета места разрыва фейерверка  $y$  — высота оси отсчета, до которой могут долететь осколки. (параболы безопасности) описывается функцией  $y(x) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} x^2$ , а поверхность склона —  $y(x) = x \tan \alpha$



т.е. точка падения осколка, перешедшего на  $S$  в этой С.О. описывается точкой  $(x_1; y_1)$  и является пересечением двух графиков, данных выше, но  $x_1 = S \cos \alpha$ , тогда  $x \tan \alpha = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} x^2$   
 $\begin{cases} x_1 = S \cos \alpha \\ x \tan \alpha = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} x^2 \end{cases}$

$$S \cos \alpha \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} S^2 \cos^2 \alpha \Rightarrow \frac{g}{2V_0^2} S^2 (1 - \sin^2 \alpha) + S \sin \alpha - \frac{V_0^2}{2g} = 0$$

$$D = S^2 - 4 \cdot \left( -\frac{g}{2V_0^2} S^2 \right) \cdot \left( \frac{g}{2V_0^2} S^2 - \frac{V_0^2}{2g} \right)$$

$$\sin \alpha = \frac{-S \pm \sqrt{S^2 + 4 \cdot \frac{g}{2V_0^2} S^2 \left( \frac{g}{2V_0^2} S^2 - \frac{V_0^2}{2g} \right)}}{\frac{g}{2V_0^2} S^2} = \frac{-S \pm \sqrt{1 + \frac{g}{V_0^2} \left( \frac{g}{2V_0^2} S^2 - \frac{V_0^2}{2g} \right)}}{\frac{g}{2V_0^2} S^2}$$

~~$$\sin \alpha = \frac{-S \pm \sqrt{1 + \frac{g}{V_0^2} \left( \frac{g}{2V_0^2} S^2 - \frac{V_0^2}{2g} \right)}}{\frac{g}{2V_0^2} S^2}$$~~

~~$$\sin \alpha = \frac{-5000 \pm \sqrt{1 + \frac{10}{5000} \left( \frac{10}{5000} \cdot 10000 - \frac{5000}{250} \right)}}{\frac{10}{5000} \cdot 10000} = \frac{-5000 \pm \sqrt{1 + \frac{32}{500} \cdot 160}}{320} = \frac{-5000 \pm \sqrt{1 + \frac{5120}{500}}}{320} = \frac{-5000 \pm \sqrt{1 + \frac{1024}{125}}}{320} = \frac{-5000 \pm \sqrt{\frac{125 + 1024}{125}}}{320} = \frac{-5000 \pm \sqrt{\frac{1149}{125}}}{320}$$~~