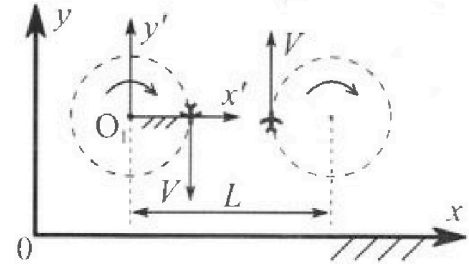


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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  $V = 80 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R = 800 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

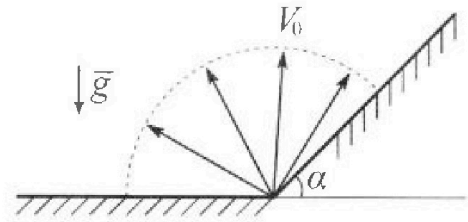


1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

В некоторый момент времени самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L = 2 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолёта показан на рисунке.

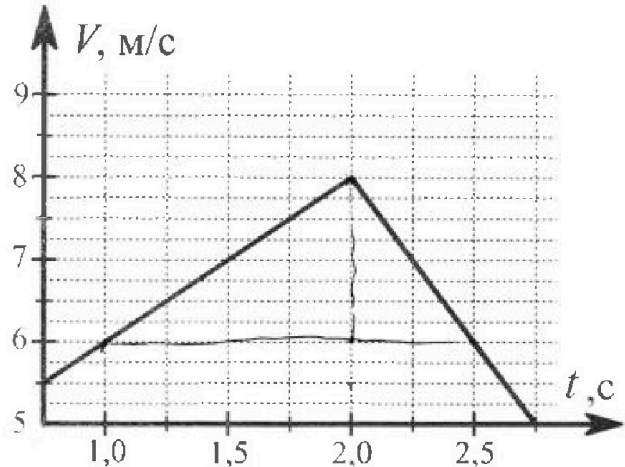
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков  $T = 9 \text{ с}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



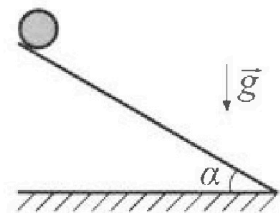
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

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 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  $h = 0,3 \text{ м}$ ?
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 10-01

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 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!

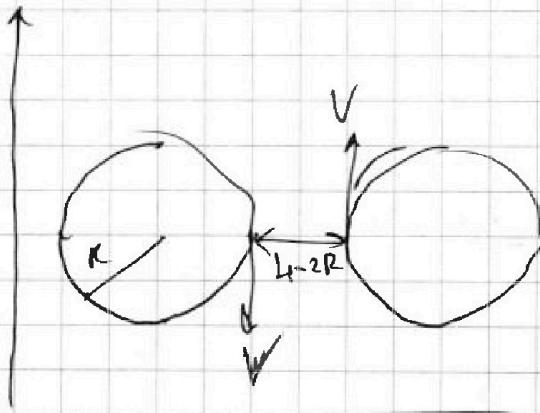
N1.

$$\frac{mv^2}{R} = N - mg \quad (\text{II закон})$$

$$P = N = m \left( \frac{v^2}{R} + g \right) \quad (\text{VS}) \quad mg$$

(III закон)

$$mg - 100\% \Rightarrow m \left( \frac{v^2}{R} + g \right) - 100\% \Rightarrow \boxed{J = 80\%}$$



$$\frac{v'}{L-R} = \frac{v}{R} \quad \text{где } v' + v = u$$

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

$$u = v' + v = \frac{vR + vL - vR}{R} = \frac{vL}{R}$$

$$= \frac{vL}{R} = 2200 \text{ м/с}$$

Ответ:  $J = 80\%$      $u = \frac{vL}{R} = 2200 \text{ м/с} \uparrow$



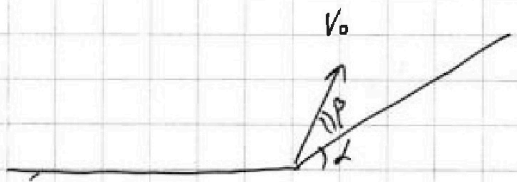
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$N_2$



$$v_y(t) = v_0 \sin(\alpha + \beta) - g t = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{v_0 \sin(\alpha + \beta)}{g}$$

$$T = 2t = \frac{2 v_0 \sin(\alpha + \beta)}{g} \rightarrow \max \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin(\alpha + \beta) = 1 \Rightarrow \beta = 60^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{2 v_0}{g} \Rightarrow \boxed{v_0 = \frac{g T}{2} = 45 \text{ м/с}}$$

$\frac{y(t)}{x(t)} = \tan \alpha$  - момент касания или скоса.

$$\frac{v_0 \sin(\alpha + \beta) t - \frac{g t^2}{2}}{v_0 \cos(\alpha + \beta) t} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow t = \frac{2 v_0}{g \sqrt{3}} (\sqrt{3} \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta))$$

$$S = \frac{x(t)}{\cos \alpha} \rightarrow \max$$

$$\frac{2 v_0 \cos(\alpha + \beta) \cdot 2 v_0}{\sqrt{3} g \sqrt{3}} (\sqrt{3} \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)) =$$

$$= \frac{4 v_0^2}{3g} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \beta - \frac{\sin \beta}{2} \right) \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \beta + \frac{3}{2} \sin \beta - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \beta + \frac{\sin \beta}{2} \right) =$$

$$= \frac{4 v_0^2}{3g} \cdot \sin \beta (\sqrt{3} \sin \beta \cos \beta - \sin^2 \beta) \rightarrow \max$$

$$\sqrt{3} (-\sin^2 \beta + \cos^2 \beta) - 2 \sin \beta = 0$$

$$\sin \beta > 0 \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sqrt{7} - 1}{2\sqrt{3}} \Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{(\sqrt{7} - 1)^2}{12}} = \frac{\sqrt{4 + 2\sqrt{7}}}{2\sqrt{3}}$$



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  
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!

$$S = \frac{4V_0^2}{3g} (\sqrt{3} \sin \rho \cos \beta - \sin^2 \rho) = \frac{4V_0^2}{3g} \left( \frac{\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)\sqrt{4+2\sqrt{2}}}{12} - \frac{8-2\sqrt{2}}{12} \right) =$$
$$= \frac{gT^2}{36} ((\sqrt{2}-1)\sqrt{4+2\sqrt{2}} - 8 + 2\sqrt{2})$$

Ответ:  $V_0 = \frac{gT}{2} = 45 \text{ м/с}$

$$S_{\max} = \frac{gT^2}{36} ((\sqrt{2}-1)\sqrt{4+2\sqrt{2}} - 8 + 2\sqrt{2})$$

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.

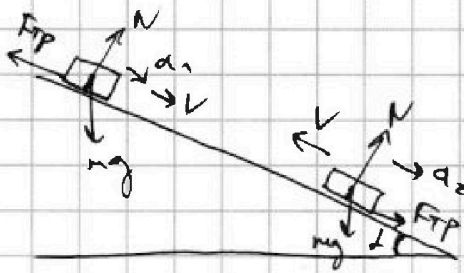


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

№3.



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

$$N = mg \cos \alpha$$

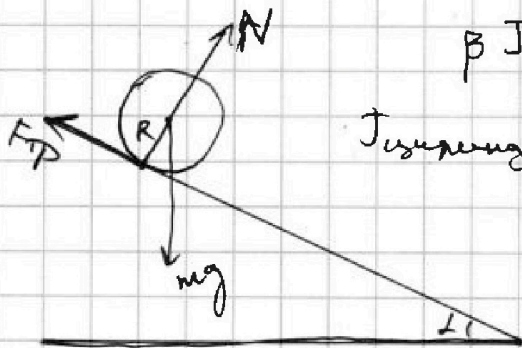
$$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

$$\ominus a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{dV}{dt} = \frac{2}{1} = 2 \frac{m/s}{s} \text{ (по графику)}$$

$$\oplus a_2 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = \frac{dV}{dt} = \frac{2}{0.5} = 4 \frac{m/s}{s} \text{ (по графику)}$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \boxed{\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{6}{2 \cdot 10} = \frac{3}{10}}$$



$$\beta J = \sum M_i$$

$$J_{\text{центр масс}} \beta = \frac{mR^2}{2} \Rightarrow \frac{mR^2}{2} \beta = \mu NR = \mu mg \cos \alpha R$$

~~$$\beta = \frac{2\mu g \cos \alpha}{R}$$~~

$$\beta = \frac{2\mu g \cos \alpha}{R}$$

нет проска  $\Rightarrow \omega(\tau) R = V(\tau)$

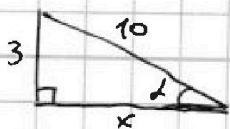
$$\frac{2\mu g \cos \alpha}{R} \cdot R = a \cdot R$$

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

$$2\mu g \cos \alpha = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \Rightarrow 3\mu \cos \alpha = \sin \alpha$$

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

$$x = \sqrt{100 - 9} = \sqrt{91} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{3}{\sqrt{91}} \Rightarrow \mu = \frac{\beta}{3\sqrt{91}} = \boxed{\frac{1}{\sqrt{91}}}$$





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

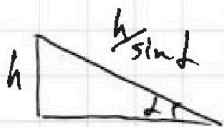
СТРАНИЦА  
**2** ИЗ **2**

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!

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

$$= g\left(\sin \alpha - \frac{1}{3} \sin \alpha\right) = \frac{2g \sin \alpha}{3} = \frac{2g \cdot 3}{3 \cdot 10} = \frac{2g}{10} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$V(\tau) = a\tau = \frac{2g \sin \alpha}{3} \tau \Rightarrow \tau = \frac{V}{a}$$


$$y(\tau) = \frac{a\tau^2}{2} = \frac{aV^2}{2a^2} = \frac{V^2}{2a} = \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$V^2 = \frac{2ah}{\sin \alpha} = \frac{4g \sin \alpha h}{3 \sin \alpha} = \frac{4gh}{3} \Rightarrow$$

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

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = \frac{3}{10}; V = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = 2 \text{ м/с}; a = \frac{2g \sin \alpha}{3} = \frac{2g}{10} = 2 \text{ м/с}^2$$

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



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  
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!

№4.

$$\text{узох: } Q = U_r + U_k + 0$$

$$Q = \frac{5}{2} \Delta p U_k + \frac{3}{2} \Delta p U_r$$

$$\Delta p U_r = \nu_r R \Delta T_1$$

$$\Delta p U_k = \nu_k R \Delta T_1$$

$$\text{узоб: } Q = U_r + U_k + A$$

$$A = p (dU_r + dU_k)$$

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

$$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{7 \Delta T_1 - 5 \Delta T_1}{3 \Delta T_1 - 5 \Delta T_1} = 1 \Rightarrow \boxed{\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{1}{1}}$$

$$Q = 4 \nu_r R \Delta T_1 \Rightarrow \nu_r = \frac{Q}{4 R \Delta T_1}$$

$$A = Q \frac{\Delta T_2}{2 \Delta T_1} = 200 \text{ Дж}$$

$$C_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\text{ответ: } A = Q \frac{\Delta T_2}{2 \Delta T_1} = 200 \text{ Дж}$$

$$C_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{1}{1}$$





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 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!

$$\vec{v} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

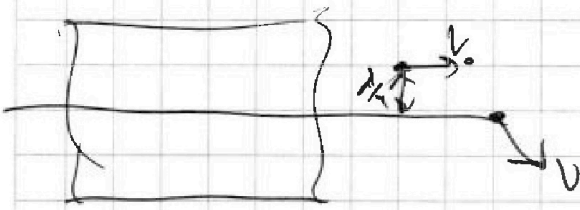
$$E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$S = \frac{cd}{\epsilon_0}$$

$$\frac{m v^2}{R} = \frac{q Q}{\epsilon_0 S}$$

$$R = \frac{cd v_0^2}{2Q}$$



$$v_y(t) = g t \Rightarrow t = \frac{v_y}{g}$$

$$g = \frac{q E}{m} = \frac{d}{m}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + \frac{g^2 t^2}{2}}$$

$$\text{Order: } R = \frac{k^2 cd}{2Q}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{g^2 t^2}{2}}$$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
12 ИЗ 12

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!

№4.

$$Q = \frac{5}{2}(p_2 - p_1)V + \frac{3}{2}(p_2 - p_1)V$$

$$p_2(V_1 + V_2) = R(T_0 + \Delta T_1)(\nu_1 + \nu_2)$$

$$p_1(V_1 + V_2) = (\nu_1 + \nu_2)RT_0$$

$$(p_2 - p_1)(V_1 + V_2) = (\nu_1 + \nu_2)R\Delta T_1$$

$$Q = 4(\nu_1 + \nu_2)R\Delta T_1$$

$$Q = \frac{5}{2}p(V_k - V_n) + p(V_k - V_n) + \frac{3}{2}p(\dots) + p(\dots) = 6p(\dots)$$

$$p(V_k) = R(\nu_1 + \nu_2)(T_0 + \Delta T_2)$$

$$p(V_n) = (\nu_1 + \nu_2)T_0 R$$

$$p\Delta V = (\nu_1 + \nu_2)R\Delta T_2$$

$$Q = 6(\nu_1 + \nu_2)R\Delta T_2 = 4(\nu_1 + \nu_2)R\Delta T_1$$

$$Q = C_v \Delta T_1 \Rightarrow C_v = \frac{Q}{\Delta T_1}$$

A =

$$Q = U_r + A_r + U_k + A_k = \frac{3}{2}pdV_r + \frac{5}{2}pdV_k + \{pdV_r + pdV_k\} =$$

$$p(V_{r1} + V_{k1}) = (\nu_r + \nu_k)RT_0$$

$$p(dV_r + dV_k) = (\nu_r + \nu_k)R\Delta T_2$$

$$p(V_{r2} + V_{k2}) = (\nu_r + \nu_k)R(T_0 + \Delta T_2)$$

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

$$p_1 V_r = \nu_r R T_1$$

$$dp V_r = \nu_r R \Delta T_1$$

$$dp V_k = \nu_k R \Delta T_1$$

$$dp = \frac{Q}{4(V_k + V_r)}$$

$$Q V_r = \nu_r R \Delta T_1$$

$$Q V_k = \nu_k R \Delta T_1 + \nu_k + 4\nu_k R \Delta T_1 V_r$$

$p(dV_r + dV_k)$

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  
11 ИЗ 12

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!

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

$$dp V_r = \nu_r R \Delta T_1$$

$$dp V_k = \nu_k R \Delta T_1$$

$$dV_{rp} = \nu_r R \Delta T_2$$

$$dV_{kp} = \nu_k R \Delta T_2$$

$$\frac{dV_r}{dV_k} = \frac{\nu_r}{\nu_k}$$

$$15 \cdot 5 = 75$$

$$7 \cdot 10 = 70$$

$$\frac{V_r}{V_k} = \frac{\nu_r}{\nu_k}$$

$$Q_2 = \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_1 + \frac{3}{2} \nu_r R \Delta T_1$$

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

$$A + \frac{5}{2} R \nu_k (\Delta T_2 - \Delta T_1) + \frac{3}{2} \nu_r R (\Delta T_2 - \Delta T_1) = 0$$

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

$$\nu_r \left( \frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{3}{2} \Delta T_1 \right) = \nu_k \left( \frac{5}{2} \Delta T_1 - \frac{3}{2} \Delta T_2 \right)$$

$$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{5 \Delta T_1 - 3 \Delta T_2}{5 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1} = \frac{5}{5} = 1$$

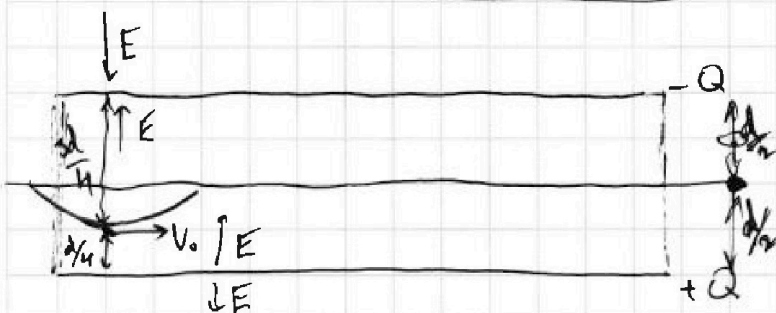
$$A = 2 \nu_0 R \Delta T_2$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu_0 R \Delta T_1 + \frac{3}{2} \nu_0 R \Delta T_1 = 4 \nu_0 R \Delta T_1 \Rightarrow \nu_0 = \frac{Q}{4 R \Delta T_1}$$

$$A = \frac{2 Q R \Delta T_2}{4 R \Delta T_1} = Q \frac{\Delta T_2}{2 \Delta T_1} = \frac{Q}{5} = 200 \text{ Дж}$$

$$\nu = \frac{q}{n} \Rightarrow q = \nu n$$

$$C_{v2} \Delta T_1 = Q \Rightarrow C_{v2} = \frac{Q}{\Delta T_1} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$



$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow S = \frac{cd}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{2 \epsilon_0 S}$$

$$\frac{m V_0^2}{R} = 2qE = \frac{2qQ}{2 \epsilon_0 S}$$

$$R = \frac{m V_0^2 \epsilon_0 S}{q Q} = \frac{V_0^2 \epsilon_0 S}{\frac{q Q}{2}} = \frac{V_0^2 \epsilon_0 c d}{\frac{q Q}{2}} = \frac{V_0^2 c d}{\frac{q Q}{2}}$$

$$V(t) = V_0 - g t$$

$$V_0 = \frac{g}{2} \tau$$

$$\frac{d}{4} = V_0 \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$



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

3 из 12

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!

$$= \frac{4V_0^2}{3g} \left( \frac{(\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7}}{12} \right) =$$

$$= \frac{4g^2 T^2}{3 \cdot 4g} \left( \frac{(\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7}}{12} \right) = \frac{g T^2}{3} \left( \frac{(\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7}}{12} \right)$$

$$S_{\max} = \frac{g T^2}{36} \left( (\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7} \right) =$$

$$= \frac{45}{2} \cdot \left( (\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7} \right) \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = \frac{g T}{2} = 45 \text{ м/с}$$

$$S_{\max} = \frac{g T^2}{36} \left( (\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7} \right) = \frac{45}{2} \left( (\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7} \right) \text{ м}$$



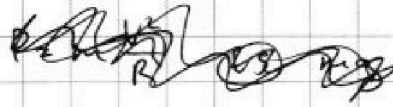
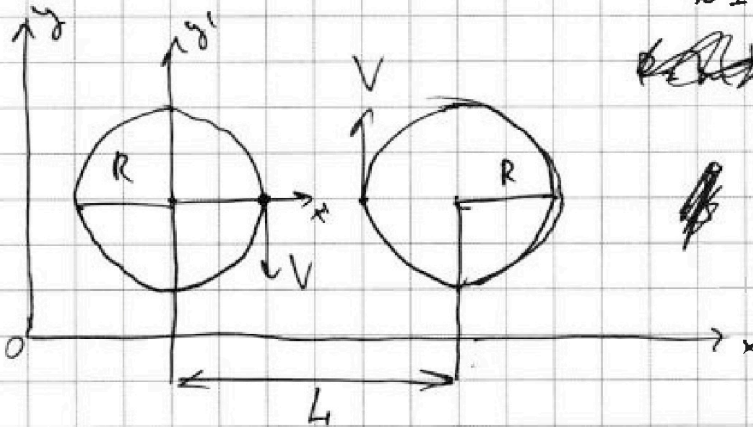
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 12

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.



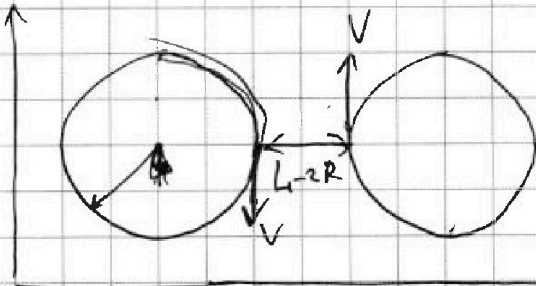
$$m \frac{V^2}{R} = N - mg \quad (\text{II закон Ньютона})$$

$$N = m \left( \frac{V^2}{R} + g \right)$$

$$P = N \quad (\text{III закон Ньютона})$$

$$P = m \left( \frac{V^2}{R} + g \right) \quad (\text{VS}) \quad mg$$

$$mg - 100\% \Rightarrow m \left( \frac{V^2}{R} + g \right) - 180\% \Rightarrow \delta = 80\%$$



$$\frac{V'}{L-2R} = \frac{V}{R}, \quad \text{здесь } V' + V = u$$

$$V' = \frac{V(L-2R)}{R}$$

$$u = V' + V = \frac{V(L-2R)}{R} + V = \frac{2VR + V(L-2R)}{R} = \frac{VL}{R}$$

$$u = \frac{VL}{R} \quad \text{вертикально вверх} \approx 200 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } \delta = 80\%, \quad u = \frac{VL}{R} = 200 \text{ м/с} \uparrow$$

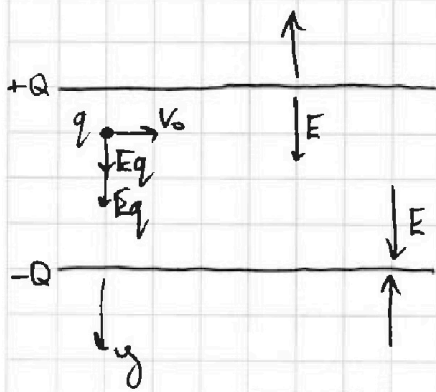


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
8 ИЗ 12

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!



NS.  
 $E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$

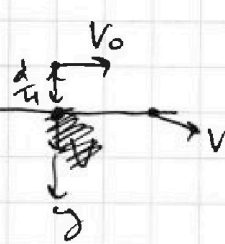
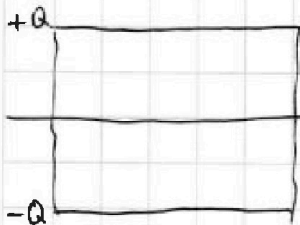
$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow S = \frac{Cd}{\epsilon_0}$$

$$\text{II} \text{ закон } ma = 2Eq = \frac{qQ}{\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{R} = \frac{qQ}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{m}{q} = \frac{1}{\gamma}$$

$$R = \frac{m \epsilon_0 S v_0^2}{qQ} = \frac{\epsilon_0 C d v_0^2}{\gamma q Q} = \frac{C d v_0^2}{\gamma q Q}$$



$$v_y(t) = gt \Rightarrow t = \frac{v_y}{g}$$

$$y(t) = \frac{gt^2}{2} = \frac{d}{4}$$

$$\frac{2v_y^2}{2g} = \frac{d}{4} \Rightarrow v_y^2 = \frac{gd}{2}$$

$$V = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + \frac{gd}{2}}$$

Ответ:  $R = \frac{v_0^2 C d}{\gamma q Q}$ ,  $V = \sqrt{v_0^2 + \frac{gd}{2}}$



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  
7 ИЗ 12

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!

М4.

узохора:  $Q = U_r + U_k + A_r + A_k$

$V = \text{const} \Rightarrow A = \int p dV = 0 \Rightarrow Q = U_r + U_k = \frac{5}{2} \nu_r V_k + \frac{3}{2} \nu_r V_k$

$\Rightarrow p_r V_r = \nu_r R T_0$

$\Rightarrow (p_r - p_r) V_r = \nu_r R \Delta T_1 = \nu_r p_r V_r$

Аналогично  $\nu_r p_r V_k = \nu_k R \Delta T_1$

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

узобара:  $Q = U_r + U_k + A_r + A_k$

$p = \text{const}$

$A = A_r + A_k = p dV_r + p dV_k = p (dV_r + dV_k)$

$\Rightarrow p V_r = \nu_r R T_0$

$p dV_r = \nu_r R \Delta T_2 \Rightarrow$  Аналогично  $p dV_k = \nu_k R \Delta T_2$

$\Rightarrow p (V_r + dV_r) = \nu_r R (T_0 + \Delta T_2)$

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

$Q = \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \nu_r R \Delta T_2 + (\nu_r + \nu_k) R \Delta T_2 = \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \nu_r R \Delta T_2$   
(на узобаре) (на узохоре)

$\nu_k \left( \frac{7}{2} \Delta T_2 - \frac{5}{2} \Delta T_1 \right) = \nu_r \left( \frac{3}{2} \Delta T_1 - \frac{5}{2} \Delta T_2 \right) \quad | \cdot 2$

$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{7 \Delta T_2 - 5 \Delta T_1}{3 \Delta T_1 - 5 \Delta T_2} = \frac{70 - 75}{45 - 50} = \frac{1}{1} \Rightarrow \nu_r = \nu_k = \nu_0$

$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{1}{1} \Rightarrow \boxed{\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{1}{1}} \quad A = (\nu_r + \nu_k) R \Delta T_2 = 2 \nu_0 R \Delta T_2$

$Q = \frac{5}{2} \nu_0 R \Delta T_1 + \frac{3}{2} \nu_0 R \Delta T_1 \Rightarrow \nu_0 = \frac{Q}{4 R \Delta T_1}$

$A = \frac{2 Q R \Delta T_2}{4 R \Delta T_1} = \boxed{Q \frac{\Delta T_2}{2 \Delta T_1} = 200 \Delta T_1}$

$Q = C_v \cdot \Delta T_1 \Rightarrow \boxed{C_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = 40 \frac{\text{Аж}}{\text{К}}}$

Ответ:  $A = Q \frac{\Delta T_2}{2 \Delta T_1} = 200 \Delta T_1$   
 $C_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = 40 \frac{\text{Аж}}{\text{К}}$   
 $\frac{\nu_r}{\nu_k} = 1$

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  
10 ИЗ 12

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!

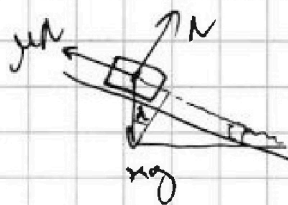
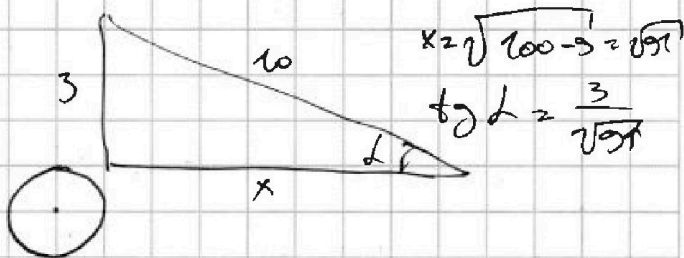
$$\frac{d}{4} = \frac{V_0(V_0 - V)}{g} - \frac{g(V_0 - V)^2}{2g^2} = \frac{2V_0^2 - 2V_0V - V_0^2 + 2V_0V - V^2}{2g} = \frac{d}{4}$$

$$V_0^2 - V^2 = g \frac{d}{2}$$

$$V^2 = V_0^2 - \frac{gd}{2}$$

$$V = \sqrt{V_0^2 - \frac{gd}{2}}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad | : \sin^2 \alpha$$



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

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

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{2 \cdot 5}{2} = 2$$

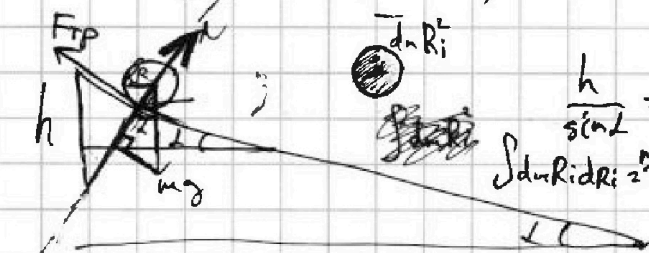
$$ma_1 = \mu mg \cos \alpha + \mu \mu mg \sin \alpha$$

$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{3}{2} = 1.5$$

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

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

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{6}{2 \cdot 10} = 0.3$$



$$\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{\omega R}{2} = \frac{V}{2a}$$

$$V = \omega R$$

$$\int d\mu R dR = \frac{1}{2} V(\tau) = a \tau \Rightarrow \tau = \frac{V}{a}$$

$$\beta J = \sum \mu_i R_i \quad \beta = \frac{\mu mg \cos \alpha}{R}$$

$$V^2 = \frac{2ah}{\sin \alpha}$$

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

$$\omega(\tau) = \beta \tau = 2\mu g \cos \alpha \frac{\tau}{R} = \frac{V(\tau)}{R}$$

$$\beta R = 2\mu g \cos \alpha$$

$$\frac{a \tau}{R} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$3 \mu g \cos \alpha = g \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{\tan \alpha}{3} = \frac{1}{3}$$



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  
9 ИЗ 12

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!

$V_x(t) = V_0 \cos \beta - g \sin \alpha t$   
 $V_y(t) = V_0 \sin \beta - g \cos \alpha t$   
 $x(t) = V_0 \cos \beta t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$   
 $y(t) = V_0 \sin \beta t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$   
 $V_0 \sin \beta = g \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$   
 $T = 2t = \frac{2 V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$   
 $V_y(t) = V_0 \sin(\beta + \alpha) - g t = 0 \Rightarrow t = \frac{V_0 \sin(\beta + \alpha)}{g}$   
 $V_x(t) = \text{const} = V_0 \cos(\beta + \alpha)$   
 $2t = \frac{2 V_0 \sin(\beta + \alpha)}{g} = \frac{2 V_0}{g} (\sin \beta \cos \alpha + \sin \alpha \cos \beta) =$   
 $\frac{2 V_0}{g} \left( \frac{\cos \beta}{2} + \frac{\sin \beta \sqrt{3}}{2} \right) = \frac{V_0}{g} (\cos \beta + \sin \beta \sqrt{3}) \rightarrow \text{max}$   
 $-\sin \beta + \cos \beta \sqrt{3} = 0$   
 $\cos \beta \cdot \sqrt{3} = \sin \beta \Rightarrow \tan \beta = \sqrt{3} \Rightarrow \beta = 60^\circ$   
 $\frac{5H}{2} = \frac{2 V_0}{g} \cdot \frac{g T}{2} \rightarrow V_0 = \frac{g T}{2}$   
 $x(\#) = V_0 \cos(\beta + \alpha) T = V_0 \cos(\beta + \alpha) \frac{2 V_0 \sin(\beta + \alpha)}{g}$   
 $= \frac{V_0^2}{g} \cdot \sin(2(\beta + \alpha)) \rightarrow \text{max} \quad \beta = \frac{V_0^2}{g}$



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 12

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.

$$V_y(t) = V_0 \sin(\alpha + \beta) - gt = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{V_0 \sin(\alpha + \beta)}{g}$$

$$T = 2t = \frac{2V_0 \sin(\alpha + \beta)}{g} =$$

$$= \frac{2V_0}{g} (\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha) = \frac{2V_0}{g} \left( \frac{\cos \beta}{2} + \frac{\sqrt{3} \sin \beta}{2} \right)$$

$$= \frac{V_0}{g} (\cos \beta + \sqrt{3} \sin \beta)$$

$\cos \beta + \sqrt{3} \sin \beta \rightarrow \max$  прогнать перебором

$$-\sin \beta + \sqrt{3} \cos \beta = 0 \Rightarrow \tan \beta = \sqrt{3} \Rightarrow \beta = 60^\circ \Rightarrow \alpha + \beta = 90^\circ$$

$$T = \frac{2V_0}{g} \Rightarrow V_0 = \frac{gT}{2} = 45 \text{ м/с}$$

~~$\frac{y(t)}{\cos \alpha}$~~   $\frac{y(t)}{x(t)} = \tan \alpha$  момент касания на склоне

$$\frac{V_0 \sin(\alpha + \beta)t - \frac{gt^2}{2}}{V_0 \cos(\alpha + \beta)t} = \tan \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\sqrt{3} V_0 \sin(\alpha + \beta)t - \frac{gt^2}{2} \sqrt{3} = V_0 \cos(\alpha + \beta)t \Rightarrow t = \frac{2V_0}{g\sqrt{3}} \frac{(\sqrt{3} \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta))}{1}$$

Тогда это  $S = \frac{x(t)}{\cos \alpha} \rightarrow \max \frac{2V_0 \cos(\alpha + \beta)t}{\sqrt{3}}$

$$\frac{2V_0 \cos(\alpha + \beta) \cdot 2V_0}{\sqrt{3} \cdot g\sqrt{3}} (\sqrt{3} \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)) = \frac{4V_0^2 \cos(\alpha + \beta)}{3g} \frac{(\sqrt{3} \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta))}{1}$$

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  
2 ИЗ 12

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!

$$= \frac{4V_0^2}{3g} (\cos\alpha \cos\beta - \sin\alpha \sin\beta) (\sqrt{3}(\sin\alpha \cos\beta + \cos\alpha \sin\beta) - \cos\alpha \cos\beta + \sin\alpha \sin\beta)$$

$$= \frac{4V_0^2}{3g} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos\beta - \frac{\sin\beta}{2} \right) \left( \sqrt{3} \left( \frac{\cos\beta}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin\beta \right) - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos\beta + \frac{\sin\beta}{2} \right) =$$

$$= \frac{4V_0^2}{3g} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos\beta - \frac{\sin\beta}{2} \right) \left( \frac{2}{2} \sin\beta + \frac{\sin\beta}{2} \right) =$$

$$= \frac{4V_0^2}{3g} \cdot 2 \sin\beta \left( \frac{\sqrt{3} \cos\beta}{2} - \frac{\sin\beta}{2} \right) = \frac{4V_0^2}{3g} (\sqrt{3} \sin\beta \cos\beta - \sin^2\beta)$$

$$\rightarrow \max \Rightarrow \sqrt{3} \sin\beta \cos\beta - \sin^2\beta \rightarrow \max$$

$$\sqrt{3} (-\sin^2\beta + \cos^2\beta) - 2 \sin\beta = 0$$

$$\sqrt{3} - 2\sqrt{3} \sin^2\beta = 2 \sin\beta \quad \sin\beta = t$$

$$\sqrt{3} - 2\sqrt{3} t^2 = 2t$$

$$2\sqrt{3} t^2 + 2t - \sqrt{3} = 0$$

$$D = 4 + 24 = 28$$

$$t_{1,2} = \frac{-2 \pm 2\sqrt{7}}{4\sqrt{3}} = \frac{-1 \pm \sqrt{7}}{2\sqrt{3}} \quad t > 0 \Rightarrow t = \frac{\sqrt{7} - 1}{2\sqrt{3}} = \sin\beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos\beta = \sqrt{1 - \frac{(\sqrt{7}-1)^2}{12}} = \sqrt{\frac{12 - 7 - 1 + 2\sqrt{7}}{12}} = \sqrt{\frac{4 + 2\sqrt{7}}{12}} = \frac{\sqrt{4 + 2\sqrt{7}}}{2\sqrt{3}}$$

$$S = \frac{4V_0^2}{3g} (\sqrt{3} \sin\beta \cos\beta - \sin^2\beta) = \frac{4V_0^2}{3g} \left( \frac{\sqrt{3}(\sqrt{7}-1) \cdot \sqrt{4+2\sqrt{7}}}{12} - \frac{(\sqrt{7}-1)^2}{12} \right) =$$



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 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!

