



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

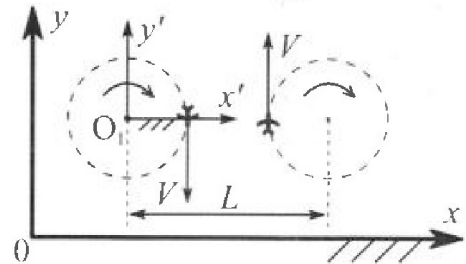
Вариант 10-01

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/с².

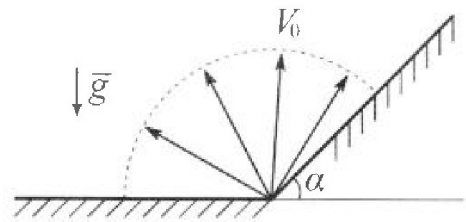
1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



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

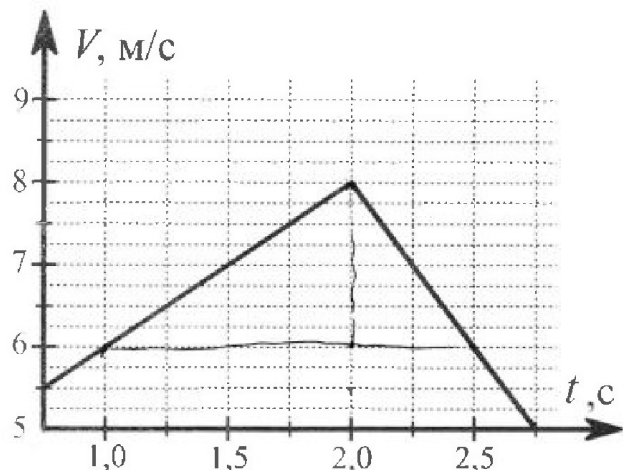
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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 $T = 9$ с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

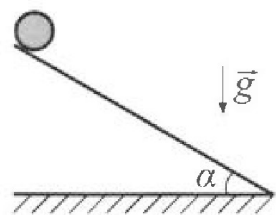
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды 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 μ 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.

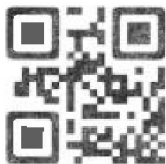
Указание: внутренняя энергия двухатомного газа кислорода $U = \frac{5}{2}PV$.

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!

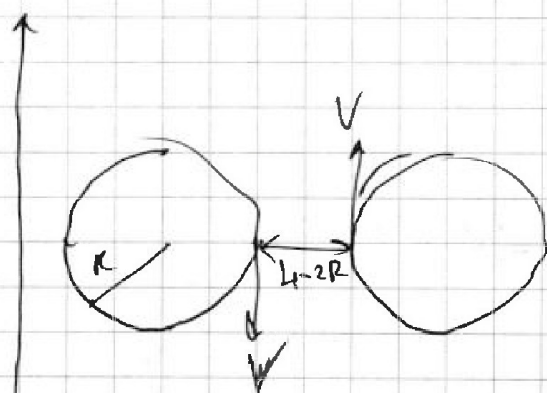
N1.

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

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

(III закон)

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



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

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

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

$$= \frac{vL}{R} \approx 200 \text{ м/с}$$

Ответ: $J = 80\%$

$$u = \frac{vL}{R} \approx 200 \text{ м/с} \uparrow$$



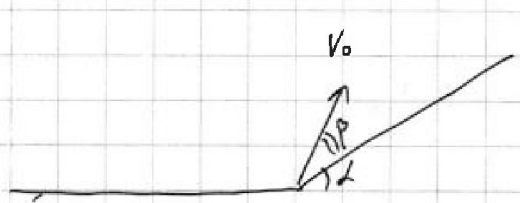
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

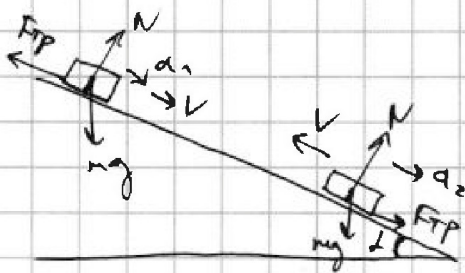


1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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.



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

$$N = mg \cos \alpha$$

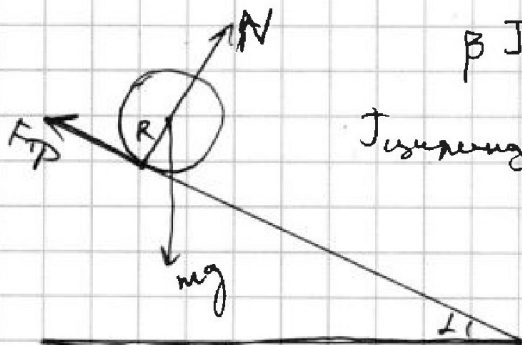
$$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

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

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

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



$$\beta J = \sum M_i$$

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

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

$$\text{нет проска} \Rightarrow \omega(t)R = V(t)$$

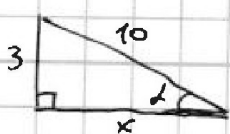
$$\frac{2\mu g \cos \alpha}{R} \cdot R = a \cdot R$$

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

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

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

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





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.

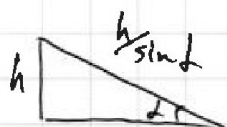
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

$$\begin{aligned} a &= g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g\left(\sin \alpha - \frac{\tan \alpha \cos \alpha}{3}\right) = \\ &= g\left(\sin \alpha - \frac{1}{3} \sin \alpha\right) = \frac{2g \sin \alpha}{3} = \frac{2g \cdot 8}{3 \cdot 10} = \frac{16g}{15} = 2^{\text{н}}/c^2 \end{aligned}$$

$$V(r) = ar \Rightarrow r = \frac{V}{a}$$


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

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

$$V = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = 2^{\text{н}}/c$$

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

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



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.

узох: $Q = U_r + U_k + 0$

$$Q = \frac{5}{2} \Delta p V_k + \frac{3}{2} \Delta p V_r$$

$$\Delta p V_r = \nu_r R \Delta T_r$$

$$\Delta p V_k = \nu_k R \Delta T_r$$

узоб: $Q = U_r + U_k + A$

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

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

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

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

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

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

$$\text{Ответ: } A = Q \frac{\Delta T_r}{2 \Delta T_r} = 200 \text{ Дж}$$

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

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



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!

$$\vec{v} = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r} \vec{E}$$

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

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

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

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

$$R = \frac{e d v_0^2}{8 Q}$$

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

$$y = \frac{g t^2}{2} = \frac{d}{2}$$

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

$$\text{Order: } R = \frac{k^2 c d}{8 Q}$$

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



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.

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

$$p_2 (V_1 + V_2) = R (T_0 + \Delta T_1) (v_1 + v_2)$$

$$p_1 (V_1 + V_2) = (v_1 + v_2) R T_0$$

$$(p_2 - p_1) (V_1 + V_2) = (v_1 + v_2) R \Delta T_1$$

$$Q = 4 (v_1 + v_2) R \Delta T_1$$

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

$$p (V_k) = R (v_1 + v_2) (T_0 + \Delta T_2)$$

$$p V_n = (v_1 + v_2) T_0 R$$

$$p \Delta V = (v_1 + v_2) R \Delta T_2$$

$$Q = 6 (v_1 + v_2) R \Delta T_2 = 4 (v_1 + v_2) R \Delta T_1$$

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

A =

$$Q = U_r + A_r + U_k + A_k = \frac{3}{2} p dV_r + \frac{5}{2} p dV_k + \{ p dV_r + p dV_k \} =$$

$$p (V_{r1} + V_{k1}) = (v_r + v_k) R T_0$$

$$p (dV_r + dV_k) = (v_r + v_k) R \Delta T_2$$

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

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

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 V_r = v_r R \Delta T_1$$

$$p_1 V_k = v_k R \Delta T_1$$

$$dp_2 = \frac{Q}{4(v_k + v_r)}$$

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

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

$$p (dV_r + dV_k)$$



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!

$$A = \gamma_r R \Delta T_2 + \gamma_k R \Delta T_2$$

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

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

$$dV_r = \gamma_r R \Delta T_2$$

$$dV_k = \gamma_k R \Delta T_2$$

$$\frac{dV_r}{dV_k} = \frac{\gamma_r}{\gamma_k}$$

$$15.5 = 75$$

$$7 \cdot 10 = 70$$

$$\frac{V_r}{V_k} = \frac{\gamma_r}{\gamma_k}$$

$$Q = \frac{5}{2} \gamma_k R \Delta T_1 + \frac{3}{2} \gamma_r R \Delta T_1$$

$$Q = \frac{5}{2} \gamma_k R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \gamma_r R \Delta T_2 + A$$

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

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

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

$$\frac{\gamma_r}{\gamma_k} = \frac{5 \Delta T_1 - 3 \Delta T_2}{5 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1} = \frac{5}{5} = 1$$

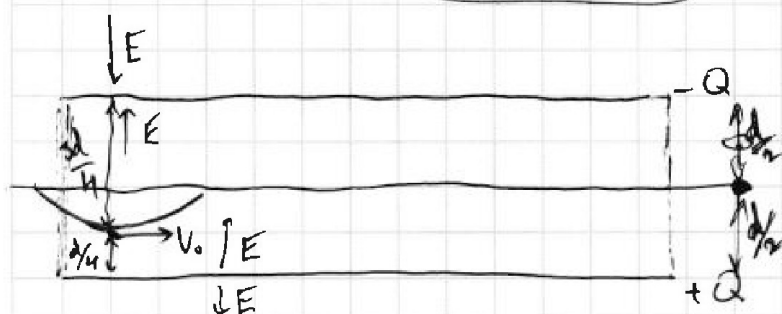
$$A = 2 \gamma_0 R \Delta T_2$$

$$Q = \frac{5}{2} \gamma_0 R \Delta T_1 + \frac{3}{2} \gamma_0 R \Delta T_1 = 4 \gamma_0 R \Delta T_1 \Rightarrow \gamma_0 = \frac{Q}{4 R \Delta T_1}$$

$$A = \frac{2 Q R \Delta T_2}{4 R \Delta T_1} = Q \frac{\Delta T_2}{2 \Delta T_1} = \frac{Q}{3} = 200 \text{ Дж}$$

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

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



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

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

$$\frac{m v_0^2}{R} = 2 q E = \frac{2 q Q}{2 \epsilon_0 S}$$

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

$$V(t) = v_0 - g t$$

$$v_0 = \frac{1}{2} g \tau$$

$$\frac{d}{4} = v_0 \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$



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!

$$= \frac{4V_0^2}{36} \left(\frac{(\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7}}{12} \right) =$$

$$= \frac{4g^2T^2}{3 \cdot 4g} \left(\frac{(\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7}}{12} \right) \quad \text{~~36~~ ~~(\sqrt{21} - \sqrt{3})\sqrt{4+2\sqrt{7}} - 8 + 2\sqrt{7}~~}$$

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

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

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

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

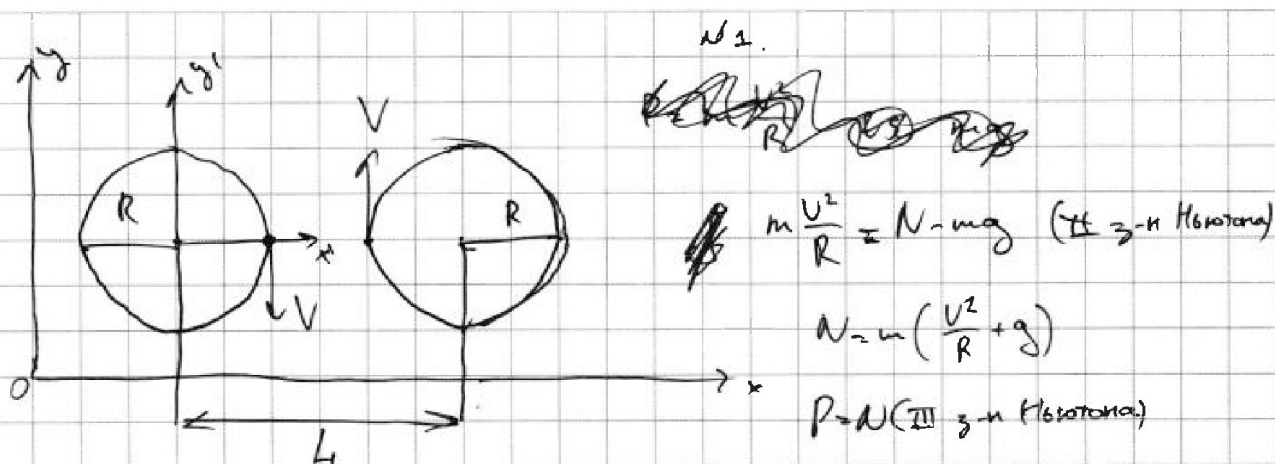


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

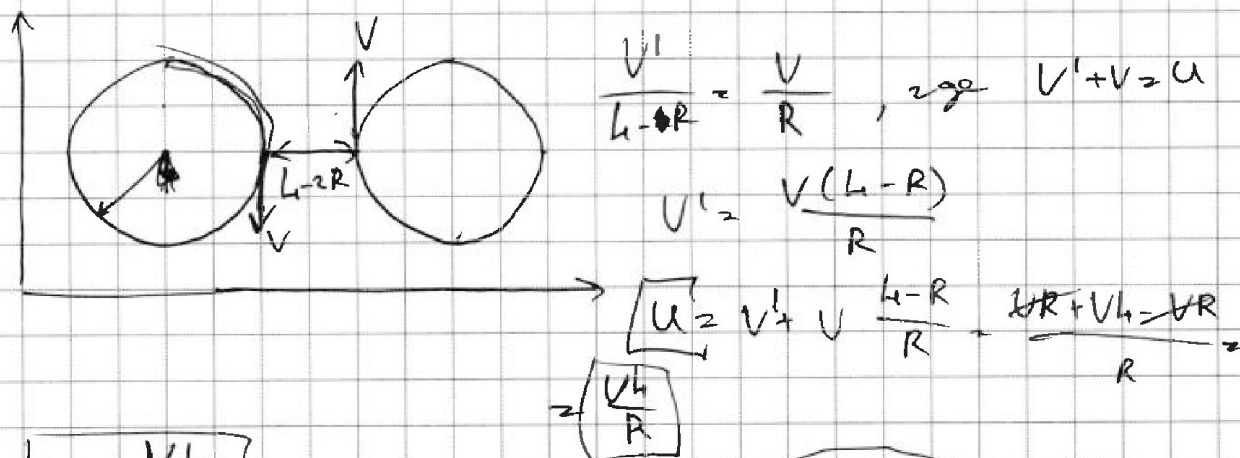
СТРАНИЦА
4 ИЗ 12

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!



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

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



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

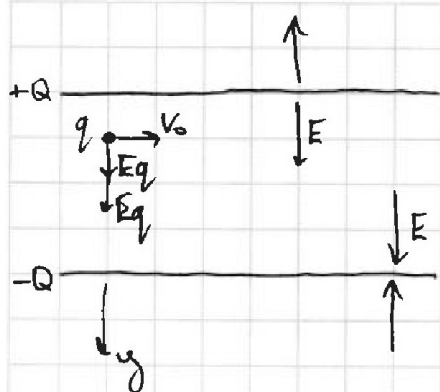
Ответ: $\delta = 80\%$, $u = \frac{VL}{R} \approx 200 \text{ м/с}$ ↑



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

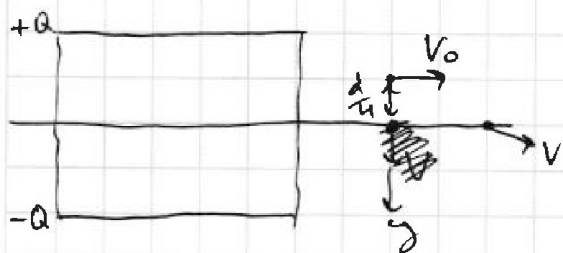
$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow S = \frac{Cd}{\epsilon_0}$$

II ЗН оу: $ma = 2Eq = \frac{qQ}{\epsilon_0 S}$

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

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

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



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

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

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

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

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



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!

МН.

узкого: $Q = U_r + U_k + A_r + A_k$

$V = \text{const} \Rightarrow A = \int p dV = 0 \Rightarrow Q = U_r + U_k = \frac{5}{2} \nu_r R \Delta T_1 + \frac{3}{2} \nu_k R \Delta T_1$

$p_1 V_r = \nu_r R T_0$

$p_2 V_r = \nu_r R (T_0 + \Delta T_1) \Rightarrow (p_2 - p_1) V_r = \nu_r R \Delta T_1 = \nu_r R \Delta T_1$

Аналогично $p V_k = \nu_k R \Delta T_1$

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

узкого: $Q = U_r + U_k + A_r + A_k$

$p = \text{const}$

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

$p V_r = \nu_r R T_0$

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

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

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

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

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

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

$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{1}{1} \Rightarrow \frac{N_r}{N_k} = \frac{1}{1}$

$A = (\nu_r + \nu_k) R \Delta T_2 = 2 \nu_0 R \Delta T_2$

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

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

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

Ответ: $A = Q \frac{\Delta T_2}{2 \Delta T_1} = 200 \text{ Дж}$
 $C_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
 $\frac{N_r}{N_k} = 1$



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!

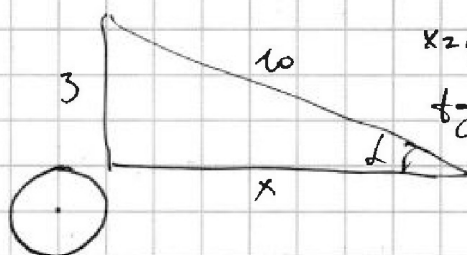
$$\frac{d}{4} = \frac{V_0(V_0 - V)}{g} - \frac{g(V_0 - V)^2}{2g^2} = \frac{2V_0^2 - 2V_0V - V_0^2 + 2V_0V - V^2}{2g} = \frac{d}{4}$$

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

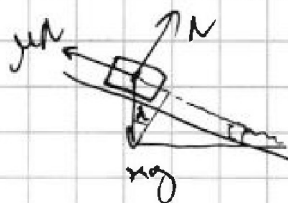
$$V^2 = V_0^2 - g \frac{d}{2}$$

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

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



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



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

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

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{2.5}{2} = 1.25 \frac{2}{1} = 2$$

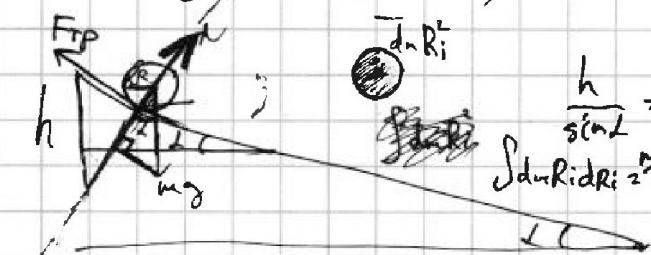
$$ma_1 = \mu mg \cos \alpha + \mu mg \sin \alpha$$

$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{3}{4} = 0.75$$

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

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

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



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

$$V = \omega R$$

$$V(\tau) = a\tau \Rightarrow \tau = \frac{V}{a}$$

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

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

$$\beta \cdot \frac{R^2}{2} = \mu mg \cos \alpha \cdot R$$

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

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

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

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{3}{4} = 0.75$$

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

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



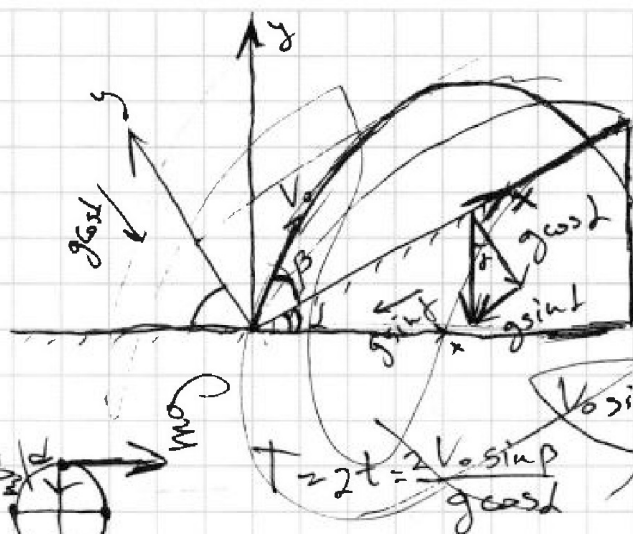
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$V_x(t) = V_0 \cos \beta - g \sin \alpha t$$

$$V_y(t) = V_0 \sin \beta - g \cos \alpha t$$

$$x(t) = V_0 \cos \beta t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$y(t) = V_0 \sin \beta t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$V_0 \sin \beta = g \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

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

$$V_y(t) = V_0 \sin(\beta + \alpha) - g t = 0 \Rightarrow t = \frac{V_0 \sin(\beta + \alpha)}{g}$$

$$V_x(t) = \text{const} = V_0 \cos(\beta + \alpha)$$

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

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

$$-\sin \beta + \cos \beta \sqrt{3} = 0$$

$$\cos \beta \cdot \sqrt{3} = \sin \beta \Rightarrow \tan \beta = \sqrt{3} \Rightarrow \beta = 60^\circ$$

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

$$x(T) = V_0 \cos(\beta + \alpha) T = V_0 \cos(\beta + \alpha) \frac{2V_0 \sin(\beta + \alpha)}{g} = \frac{V_0^2}{g} \cdot \sin(2(\beta + \alpha)) \rightarrow \max \quad \beta = \frac{\pi}{6}$$

$$\sqrt{4 + 2\sqrt{3}} = \sqrt{(\sqrt{3} + 1)^2} = \sqrt{3} + 1$$



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.

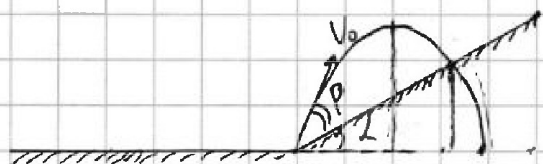
1 ☐ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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.



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

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

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

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

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

$$\cos \beta + \sqrt{3} \sin \beta \rightarrow \max \text{ пронаблюдаем}$$

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

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

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

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

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

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

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



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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$D = 4 + 24 = 28$$

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

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

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



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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!

