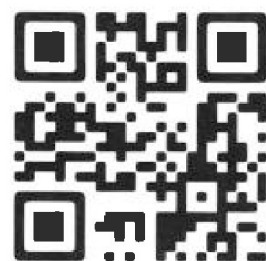




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

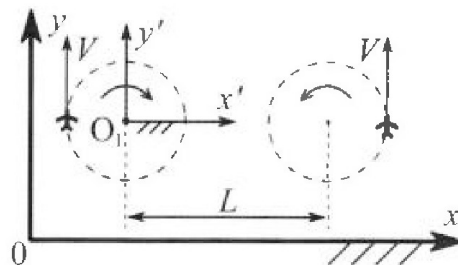
Вариант 10-02

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 $V = 70$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R = 700$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

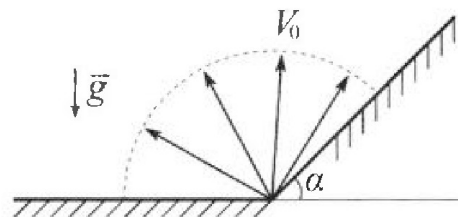
- ✓1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей $L = 2,1$ 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. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно $S_1 = 160$ м, упавших на склон, $S_2 = 120$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



- ✓1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.

- ✓2. Найдите угол α , 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/с².

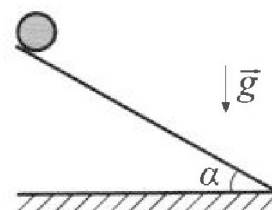
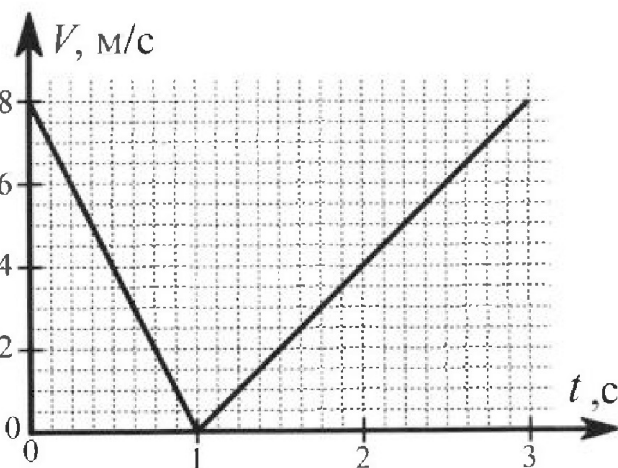
- ✓1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в $n = 2$ раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

- ✓2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на $L = 0,6$ 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 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят $Q = 780$ Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на $|\Delta T_1| = 31,2$ К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на $|\Delta T_2| = 20$ 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 $U = \frac{5}{2} PV$.

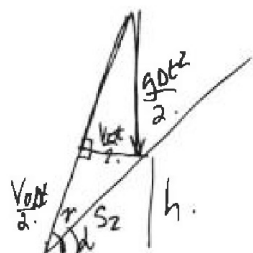
5. Частица с удельным зарядом $\gamma = \frac{q}{m} < 0$ движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения U , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите скорость V_0 частицы в рассматриваемый 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?

$$2 \left(\frac{g \Delta t^2}{2} \right)^2 = \left(\frac{V_0 \Delta t}{2} \right)^2 + \left(\frac{V_0 \Delta t}{2} \right)^2$$



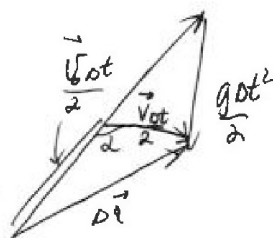
$$S_2 \sin \alpha = V_0 \sin(\alpha + \gamma)$$

$$4S_2^2 = V_0^2 \Delta t^2 + V_0^2 \Delta t^2$$

$$\frac{V_0 \Delta t}{2}$$

$$S_2 = \frac{g \Delta t^2}{2}$$

$$\Delta t =$$



$$\frac{1}{2} \frac{V_0 \Delta t}{2} \cdot \frac{V_0 \Delta t}{2} \sin \alpha$$

$$V = V_0$$

$$S_2^2 = \frac{V_0^2 \Delta t^2}{4} + \frac{V_0^2 \Delta t^2}{4}$$

$$S_2 = \frac{g \Delta t^2}{2}$$

$$V = \sqrt{V_0^2 - 2S_2 \sin \alpha} = \frac{V_0^2}{2} - 2mg S_2 \sin \alpha$$

$$\frac{40 \cdot 40}{10 \cdot 12630} \frac{4}{3}$$



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 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!

Задача №1.

Дано:

$$V = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

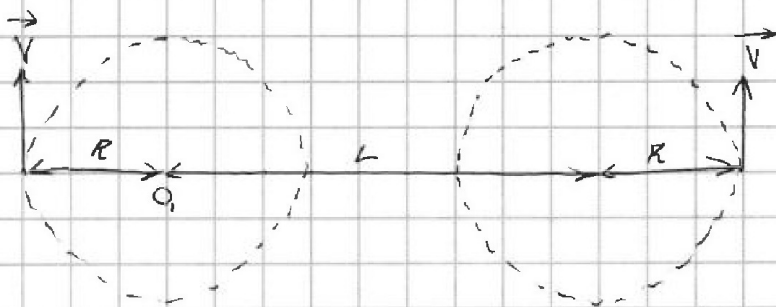
$$R = 700 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

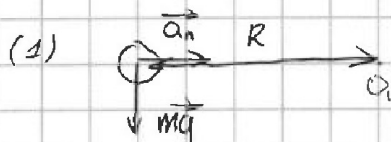
$$L = 2,1 \text{ км}$$

$$\frac{P}{mg} - ?$$

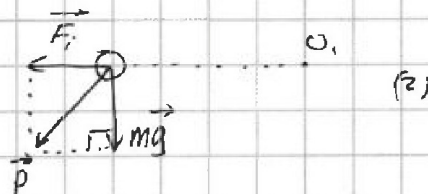
$$\vec{U} - ?$$



рассмотрим самолёт в горизонтальной плоскости, перпендикулярной его скорости:



перейдём в систему отчёта самолёта:



$\vec{F}_i$ — сила инерции
известно, что $\vec{F}_i = -m\vec{a}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{в этом случае: } F_i = ma_n \\ a_n = \frac{V^2}{R} \end{array} \right\} \rightarrow F_i = \frac{mV^2}{R}$$

$$\text{Р 1 } \left. \begin{array}{l} \vec{mg} \perp \vec{F}_i \\ \vec{P} = \vec{mg} + \vec{F}_i \end{array} \right\} \rightarrow P = \sqrt{m^2 g^2 + F_i^2} = \sqrt{m^2 g^2 + m^2 \left(\frac{V^2}{R}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \text{получаем: } \frac{P}{mg} &= \frac{m \sqrt{g^2 + \left(\frac{V^2}{R}\right)^2}}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{V^4}{R^2}}}{g} = \\ &= \frac{\sqrt{10^2 + \frac{70^4}{700^2}}}{10} = \frac{\sqrt{149}}{10} \end{aligned}$$

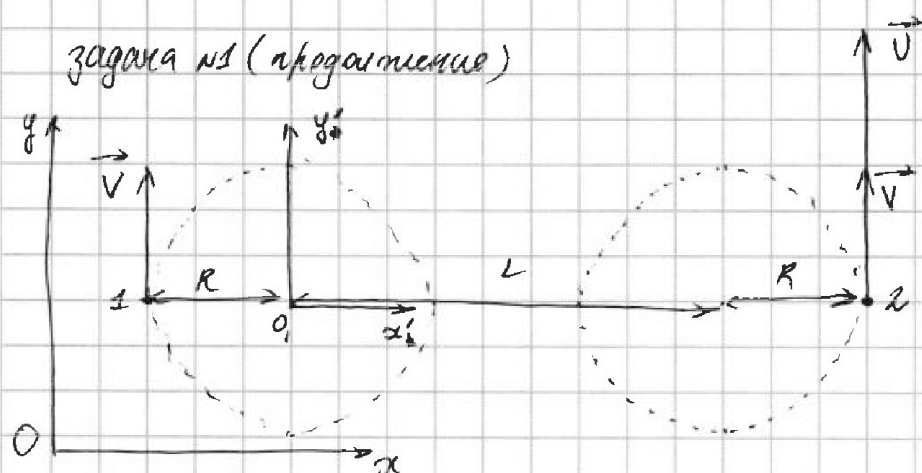


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



пусть первый самолёт в точке 1, второй — в точке 2

поскольку самолёт 1 летает с постоянной угловой скоростью ω_1 относительно O , в yOx , неподвижные точки в yOx имеют угловую скорость $\omega = \omega_1$ относительно $y'O_1x'$

$$\vec{U} = \vec{V} + \vec{V}_{отн} \quad \text{где } \vec{V}_{отн} \text{ — скорость неподвижной точки 2 в } yOx \text{ отн. } y'O_1x'$$

$$V_{отн} = \omega(L+R) \quad \text{и направлена } \perp \text{ радиусу } O_2, \text{ совпадающего с } \vec{V}$$

$$\text{выходит: } U = V + V_{отн} \quad / \vec{V} \uparrow \vec{V}_{отн} /$$

$$U = V + \omega(L+R) = V + \omega_1(L+R)$$

$$\omega_1 = \frac{V}{R} \quad (\text{из первого самолёта в } t=0, y)$$

$$U = V + \frac{V(L+R)}{R} = V \left(1 + \frac{L+R}{R} \right) = 70 \left(1 + \frac{2100+700}{700} \right) = 350 \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\text{Ответ: } \frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{149}}{10}$$

$$\vec{U} \uparrow \vec{V}, \text{ где } \vec{V} \text{ — скорость 2-го самолёта}$$

$$U = 350 \frac{m}{s}$$



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!

задача №2.

Дано:

$$S_1 = 160 \text{ м}$$

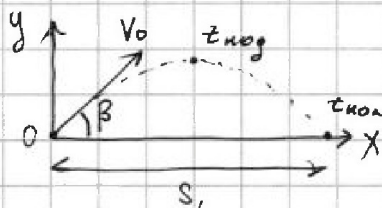
$$S_2 = 120 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V_0 = ?$$

$$\alpha = ?$$

рассмотрим осколок, который приземлился на расстоянии S_1 на горизонтали:



время его полета $t_{пол}$ равно двум временим подъема на макс. высоту $t_{под}$ (симметрично)

$$0 = V_0 \sin \beta - g t_{под} \rightarrow t_{под} = \frac{V_0 \sin \beta}{g}$$

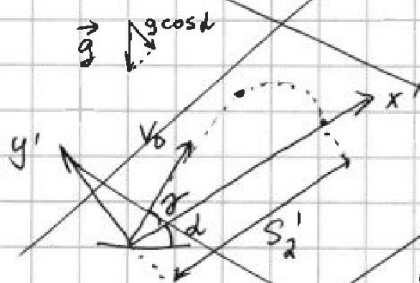
$$S_1 = V_0 \cos \beta \cdot t_{пол} = V_0 \cos \beta \cdot 2 t_{под} = \frac{V_0 \cos \beta \cdot 2 V_0 \sin \beta}{g}$$

$$S_1 = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

если S_1 максимален, то $S_1 = S_1'$, при этом $\sin 2\beta$ принимает макс. значение 1.

знаем $S_1 = \frac{V_0^2}{g} \rightarrow V_0 = \sqrt{g S_1} = \sqrt{10 \cdot 160} = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

~~рассмотрим теперь осколок, который приземлился на расст. S_2 на наклоне:~~



~~время полета осколка $t'_{пол}$ равно двум временим $t'_{под}$, за которое он максималенго удалится от плоскости.~~

~~$$0 = V_0 \sin \beta - g \cos \alpha \cdot t'_{под}$$~~

~~$$t'_{под} = \frac{V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} = \frac{V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$~~

~~$$S_2 = V_0 \cos \beta \cdot t'_{пол} = V_0 \cos \beta \cdot 2 t'_{под} = \frac{2 V_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cos \alpha} = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g \cos \alpha}$$~~



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Задача №3.

Дано:

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

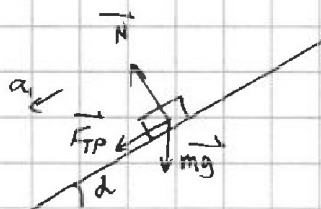
$$n = 2$$

$$L = 0,6 \text{ м}$$

a - ? v - ?

μ - ?

$\sin \alpha$ - ?



$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}_1$$

$$\text{Oy: } N = mg \cos \alpha$$

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

$$\text{Ox: } F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma_1, \quad \text{Ox: } mg \sin \alpha - F_{\text{тр}'} = ma_2$$

$$\begin{cases} \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1 \\ mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2 \end{cases}$$

сложим $2mg \sin \alpha = m(a_1 + a_2)$

$$2g \sin \alpha = a_1 + a_2$$

$$a = \text{const} \rightarrow a = \frac{dv}{dt}$$

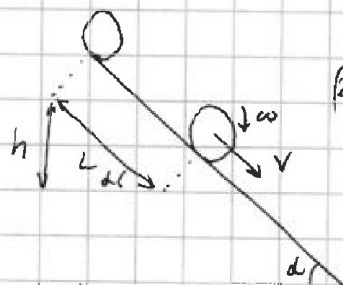
из графика $a_1, a_2 = \text{const}$

$$a_1 = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{1 \text{ с}} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a_2 = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \text{ с}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{8 + 4}{2 \cdot 10} = \frac{3}{5}$$

m - масса доски
 $2m$ - масса воды



$$(2m + m)gh = \frac{(2m + m)V^2}{2} + \frac{2mR^2\omega^2}{2} + \frac{mR^2\omega^2}{2}$$

E_k поступат.
двиг.
одной
мел

E_k вращ.
воды

E_k вращ.
доски

$$(E_k = \frac{J\omega^2}{2})$$

момент инерции $J = \frac{mR^2}{2}$
момент инерции $J = mR^2$



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!

задача 23 (продолжение)

$$3mgh = \frac{3mV^2}{2} + \frac{mR^2\omega^2}{2} + \frac{mR^2\omega^2}{2}$$

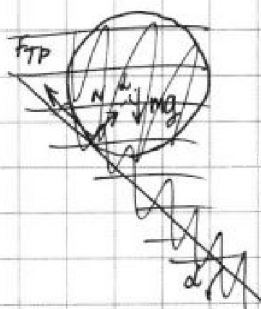
нет скольжения, $V = \omega R$

$$3gh = \frac{3V^2}{2} + \frac{V^2}{2} + \frac{V^2}{2}$$

$$h = L \sin \alpha = \frac{3L}{5}$$

$$V = \sqrt{\frac{6}{5}gh} = \sqrt{\frac{6}{5}g \cdot \frac{3}{5}L} = \sqrt{\frac{18}{25}gL} =$$

$$= \sqrt{\frac{18}{25} \cdot 10 \cdot 0,6} = \frac{6\sqrt{3}}{5} \left(\frac{m}{c}\right)$$



$$mg + N + F_{тр}$$

$a = \text{const}$:

$$L = \frac{V^2}{2a} \quad / \cdot 5 = \frac{V^2 - V_0^2}{2a} /$$

$$a = \frac{V^2}{2L} = \frac{\left(\frac{6\sqrt{3}}{5}\right)^2}{2 \cdot 0,6} = \frac{18}{5} \left(\frac{m}{c^2}\right)$$

при критическом $\mu_{кр}$.

только $F_{тр}$ имеет
ненулевой момент отн. O

$$M_{тр} = \gamma \beta =$$

$$R \cdot \mu_{кр} mg \cos \alpha = \left(\frac{2mR^2}{2} + mR^2 \right) \frac{a}{R}$$

$$3\mu_{кр} g \cos \alpha = 2a$$

$$\mu_{кр} = \frac{2a}{3g \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{2 \cdot \frac{18}{5}}{3 \cdot 10 \sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2}} = \frac{3}{5}$$

$$\mu \geq \frac{3}{5}$$

при $\mu > \mu_{кр}$,
скольжение,
очевидно,
тоже нет

ответ:

$$\sin \alpha = \frac{3}{5} \quad a = \frac{18}{5} \frac{m}{c^2}$$

$$V = \frac{6\sqrt{3}}{5} \frac{m}{c} \quad \mu \geq \frac{3}{5}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Задача №4

Дано:

$$Q = 780 \text{ Дж}$$

$$|\Delta T_1| = 31,2 \text{ К}$$

$$|\Delta T_2| = 20 \text{ К}$$

$A = ?$

$C_p = ?$

$\frac{N_1}{N_2} = ?$

N_2

$$\Delta U \sim \lambda R T$$

~~используем~~

нуля коэф. проп. α

$$\Delta U_p = \alpha \lambda R \Delta T_2$$

$$\Delta U_v = \alpha \lambda R \Delta T_1$$

$$\begin{cases} Q = A + \Delta U_p \\ Q = \Delta U_v \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q = A + \alpha \lambda R \Delta T_2 \\ Q = \alpha \lambda R \Delta T_1 \end{cases}$$

A при $V = \text{const}$
нулевая

$$\alpha \lambda R = \frac{Q}{\Delta T_1}$$

$$Q = A + \frac{Q}{\Delta T_1} \Delta T_2 \rightarrow A = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = -780 \left(1 - \frac{20}{31,2} \right) =$$

$$\left(A = p \Delta V = \lambda R \Delta T \right) = -500 \text{ Дж}$$

$$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{780}{-20} = -39 \text{ Дж/К}$$

$$C_p = \frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{-780}{-20} = 39 \text{ Дж/К}$$

разделим ΔU_v и ΔU_p в системе
высше на $\Delta U_{\text{гелия}}$ и $\Delta U_{\text{азота}}$ ($\Delta U_r / \Delta U_N$)

$$\begin{cases} Q = A + \frac{3}{2} \lambda_r R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \lambda_N R \Delta T_2 \\ Q = \frac{3}{2} \lambda_r R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \lambda_N R \Delta T_1 \end{cases}$$

N_A - число Авогадро
 λ_r - кол. веш. гелия
 λ_N - кол. веш. азота

$$(\lambda_r + \lambda_N) R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \lambda_r R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \lambda_N R \Delta T_2 = \frac{3}{2} \lambda_r R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \lambda_N R \Delta T_1$$

$$\left(\frac{\lambda_r}{\lambda_N} + 1 \right) R \Delta T_2 + \frac{3}{2} \frac{\lambda_r}{\lambda_N} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} R \Delta T_2 = \frac{3}{2} \frac{\lambda_r}{\lambda_N} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} R \Delta T_1$$

$$\frac{\lambda_r}{\lambda_N} \left(\Delta T_2 + \frac{3}{2} \Delta T_2 - \frac{3}{2} \Delta T_1 \right) = \frac{5}{2} \Delta T_1 - \frac{5}{2} \Delta T_2 - \Delta T_2$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\lambda_r N_A}{\lambda_N N_A} = \frac{\frac{5}{2} \Delta T_1 - \frac{7}{2} \Delta T_2}{\frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{3}{2} \Delta T_1} =$$



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

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!

задача 4ч. (продолжение)

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{5 \Delta T_1 - 7 \Delta T_2}{5 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1} = \frac{5 \cdot (-31,2) - 7 \cdot (-20)}{5 \cdot (-20) - 3 \cdot (-31,2)} = \frac{5}{2}$$

ответ: ~~Q~~ A = -500 Дж

$$C_p = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{5}{2}$$



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!

задача №5. продолж.

$$\left. \begin{array}{l} \vec{\Delta V} \uparrow \vec{a} \\ \vec{a} \perp \vec{V}_0 \end{array} \right\} \rightarrow \vec{V}_0 \perp \vec{\Delta V}$$

поясн. к равенству
шару не меняется

~~Ответ: $V = \sqrt{U \gamma \frac{R}{d} + \frac{3}{4} U \gamma}$~~

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{U \gamma \frac{R}{d} + \frac{3}{4} U \gamma} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{3}{4} + \frac{R}{d}\right) U \gamma} \end{aligned}$$

~~$V = \sqrt{U \gamma \frac{R}{d} + \frac{3}{4} U \gamma}$~~

Ответ: $V_0 = \sqrt{\frac{U \gamma R}{d}}$

$$V = \sqrt{U \gamma \left(\frac{3}{4} + \frac{R}{d}\right)}$$



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.



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!

задача №5.

Дано:

$$\gamma = \frac{q}{m} < 0$$

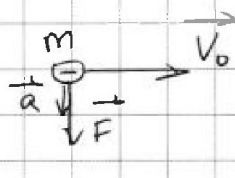
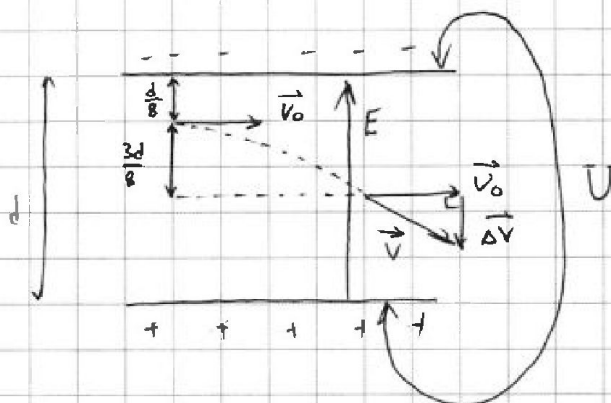
U

d

R

$V_0 - ?$

$V - ?$



F — сила, с
кот. действует
эл. поле.

$$F = ma$$

$$Eq = ma$$

$$\frac{U}{d} q = ma$$

$$a = \frac{Uq}{dm} = \frac{U\gamma}{d}$$

$$a = \frac{V_0^2}{R} \Rightarrow V_0 = \sqrt{aR} = \sqrt{\frac{U\gamma R}{d}}$$

в конденсаторе $E = \text{const}$,
значит $E = \frac{U}{d}$

рассмотрим частицу, как будто она — тело, движущееся

$$\vec{v}_0 \perp \Delta \vec{v}$$

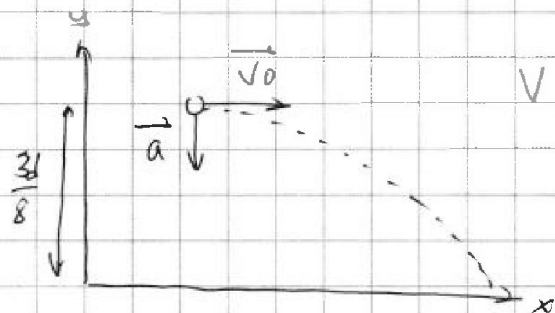
$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{V_0^2 + \Delta V^2}$$

$$\frac{\Delta V^2}{2a} = \frac{3d}{8} \quad \left(s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \right)$$

$$\Delta V^2 = \frac{3}{4} ad = \frac{3 V_0^2 d}{4 R}$$

$$= \frac{3}{4} \frac{U\gamma R d}{R}$$

$$V = \sqrt{V_0^2 + \frac{3}{4} U\gamma}$$





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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

Чертовик

$$V = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$
$$R = 700 \text{ м}$$
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$L = 2.1 \text{ км}$$
$$\vec{U} - ?$$



$$P = \sqrt{(mg)^2 + (anm)^2}$$

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

$$\frac{v^4}{R^2} = \left(\frac{v^2}{R}\right)^2 =$$

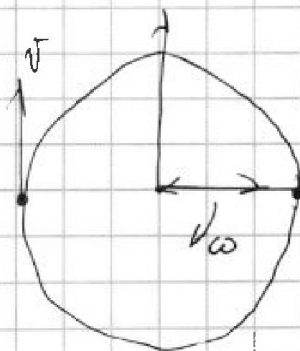
$$\frac{\sqrt{59}}{40}$$

$$149$$

$$\left(\frac{70 \cdot 70}{700}\right)^2 = 49$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{m^2 g^2 + m^2 \frac{v^4}{R^2}}}{mg}$$
$$\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$
$$g$$

$$4.9 \quad v' = v + u$$



$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$v = \frac{g \sin \alpha}{2} + \frac{v_0^2}{2}$$

$$v = \frac{g \sin \alpha}{2} + \frac{v_0^2}{2}$$

$$v_0 \cos \alpha + v \cos \alpha \sin \alpha$$

$$v_0$$

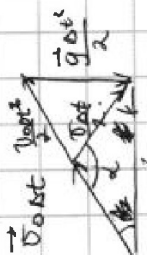
$$L = \frac{v_0^2}{2} + \frac{v^2}{2}$$

$$v_r$$

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

$$= v \left| 1 - \frac{L+R}{R} \right| =$$

$$= 70 \left(\frac{2100 + 700}{700} - 1 \right) = 2100 \cdot 350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



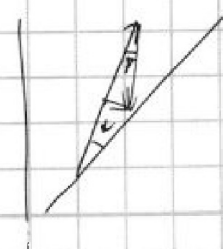
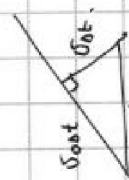
$$v = \frac{g \sin \alpha}{2} + \frac{v_0^2}{2}$$

$$v_0 \cos \alpha + v \cos \alpha \sin \alpha$$

$$v_0$$

$$L = \frac{v_0^2}{2} + \frac{v^2}{2}$$

$$v_r$$





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.

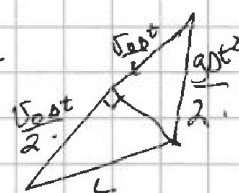
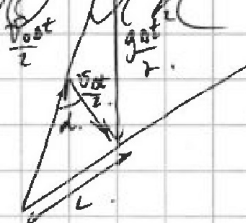
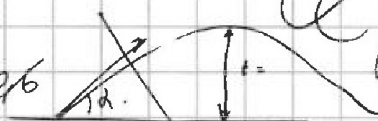
4 2 3 4 5 6 7
☒ ☒ ☒ ☒ ☐ ☐ ☐

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

6.1.3
5.5.2.9.6



$$v = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$gt = \frac{v \sin \alpha}{g}$$

$$L^2 = \frac{v_0^2 \Delta t^2}{4} + \frac{v^2 \Delta t^2}{4} - \frac{2 v_0 v \Delta t^2}{4} \cos \alpha$$

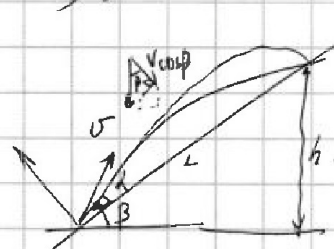
$$L = v \cos \alpha \Delta t =$$

$$\frac{g^2 \Delta t^4}{4} = \frac{v_0^2 \Delta t^2}{4} + \frac{v^2 \Delta t^2}{4} + \frac{2 v_0 v \Delta t^2}{4} \cos \alpha$$

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

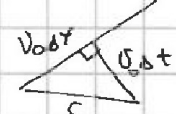
$$L^2 - \frac{g^2 \Delta t^4}{4} = -v_0 v \Delta t^2 \cos \alpha$$

$$= \frac{v \sin 2\alpha}{g}$$



$$\sin 30 + 60 = \frac{\sin 30 \cos 60}{2} + \frac{\cos 30 \sin 60}{2}$$

$$h = v \sin$$



$$v_0 = \sqrt{\frac{2 g h}{\sin 2\alpha}}$$

$$2 v_0^2 \Delta t^2 = S^2$$

$$2 v_0^2 \cdot \frac{v_0^2}{g^2} = S^2$$

$$v_0 = S$$

$$h = \frac{2 v \sin(\alpha + \beta)}{g}$$

$$h = \frac{2 v \cos \alpha \sin \beta \cos \alpha + \cos \beta \sin \alpha}{g}$$

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

$$= \frac{2 v \cdot (\sin \beta \cos \alpha + \cos \beta \sin \alpha)}{g \cos \beta} = \frac{2 v (\tan \beta \cos \alpha + \sin \alpha)}{g}$$

$$\tan \beta (-\sin \alpha) + \cos \alpha = 0$$

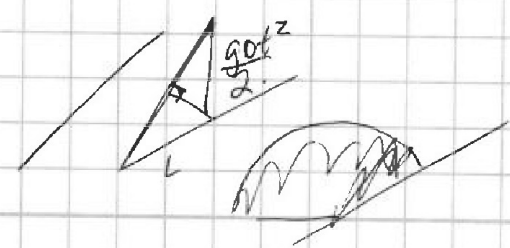
$$\tan \beta = \cot \alpha$$

$$\beta = 90 - \alpha$$

$$S_2 = \frac{g t^2}{2}$$

$$11.10.06$$

$$\sin$$



$$\frac{v}{\lambda} = \rho \beta$$



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



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!

задача 12 (продолжение) Черновик

известно, что, если дальность полёта максимальная, то $\vec{V}_0 \perp \vec{V}_{\text{кон}}$, где $\vec{V}_{\text{кон}}$ — конечная скорость

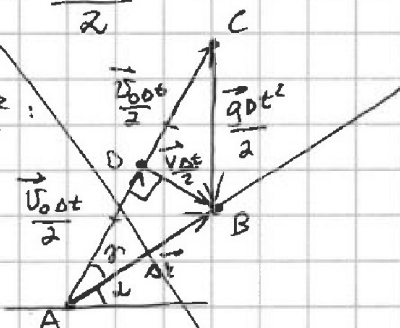
$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g} \Delta t \quad | \cdot \frac{\Delta t}{2}$$

$$\vec{V}_{\text{кон}} = \vec{V}$$

Δt — время полёта

$$\frac{\vec{V} \Delta t}{2} = \frac{\vec{V}_0 \Delta t}{2} + \frac{\vec{g} \Delta t^2}{2}$$

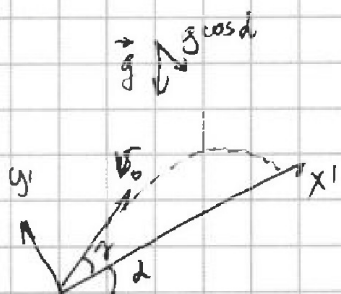
$$\text{из } \Delta \vec{r} = \vec{V}_0 \Delta t + \frac{\vec{g} \Delta t^2}{2} :$$



DB — медиана и высота

$\triangle ACB$ — равнобедренный

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



$$\Delta t = 2 t'_{\text{пог}}$$

— время подъёма на максимальную удалённость от плоскости полёта

$$0 = V_0 \sin \alpha - g \cos \alpha t'_{\text{пог}}$$

$$t'_{\text{пог}} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$S_2 = \Delta y = g \cdot \left(\frac{2 V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} \right)^2 = \frac{2 V_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\triangle ADB: \cos \gamma = \cos \alpha$$

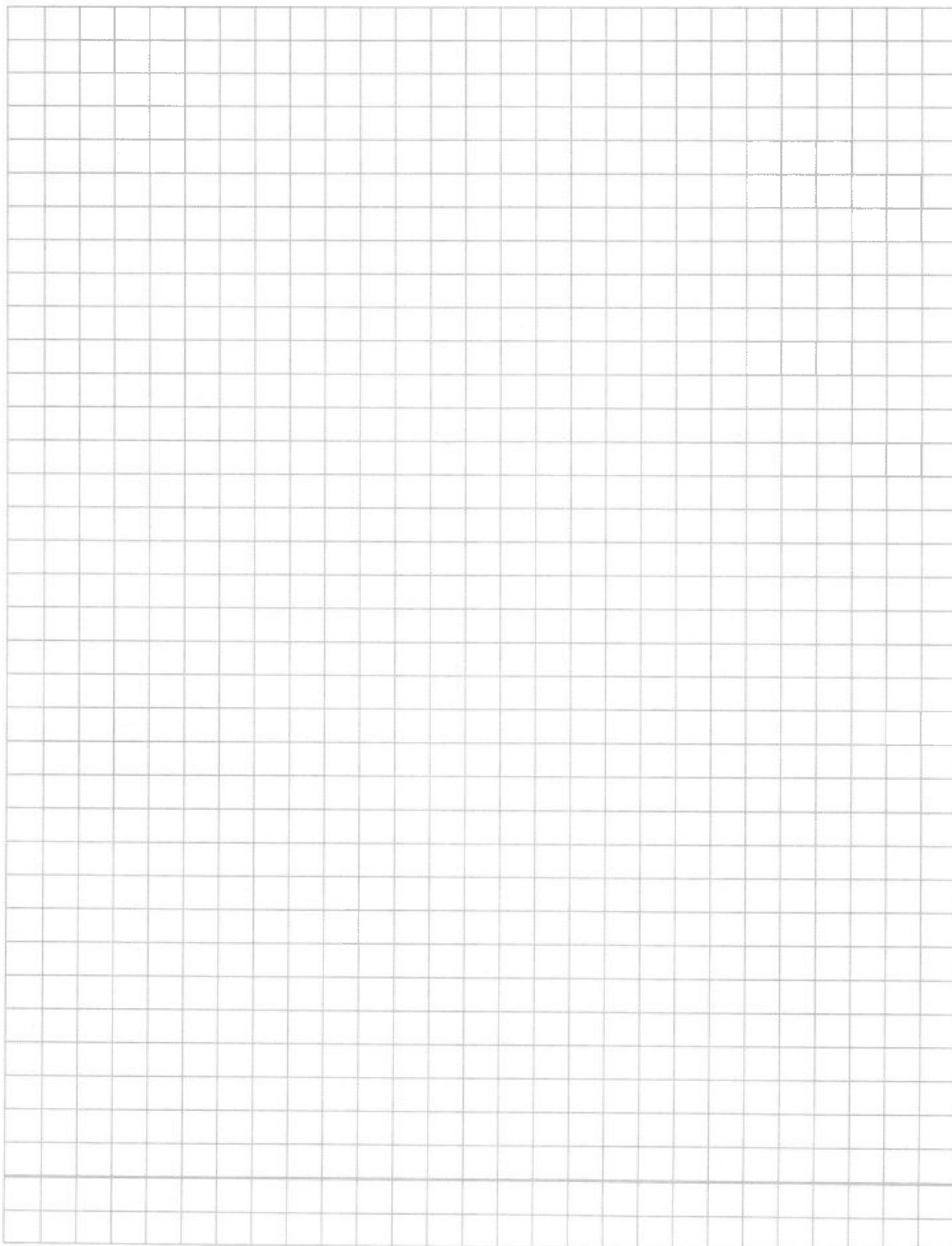


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ 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 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!



задача №2 (продолжение)

Меркуриус

$$S'_2 = V_0 \cos \gamma \cdot t'_{\text{пол}} - \frac{g \sin \alpha \cdot t'^2_{\text{пол}}}{2}$$

$$= V_0 \cos \gamma \cdot \frac{2V_0 \sin \gamma}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha \cdot (2V_0 \sin \gamma)^2}{2 g \cos \alpha} = L^2 = d^2 \left(\frac{g}{2V_0^2} - \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \right)$$

$$= \frac{2V_0^2}{g} \left(\frac{\cos \gamma \sin \gamma}{\cos \alpha} - \frac{\sin^2 \gamma \cdot \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \right) =$$

$$= \frac{2V_0^2}{g \cos \alpha} (\cos \gamma \sin \gamma - \sin^2 \gamma \cdot \text{tg} \alpha)$$

$\frac{2V_0^2}{g \cos \alpha} = \text{const}$ — найдем, при каком значении $\cos \gamma \sin \gamma - \sin^2 \gamma \text{tg} \alpha$ оно максимально.

$$0 = \frac{d}{d\gamma} \left(\frac{1}{2} \sin 2\gamma - (\sin \gamma)^2 \cdot \text{tg} \alpha \right) = \frac{1}{2} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) - 2 \sin \gamma \cdot \cos \gamma \text{tg} \alpha$$

$$0 = \cos^2 \gamma - \sin^2 \gamma - 4 \sin \gamma \cos \gamma \text{tg} \alpha \quad | : \cos \gamma$$

$$0 = -1 + \text{tg}^2 \gamma + 4 \text{tg} \gamma \text{tg} \alpha$$

$$\text{tg} \gamma = \frac{-4 \text{tg} \alpha \pm \sqrt{16 \text{tg}^2 \alpha + 16 \text{tg} \alpha}}{2} = -2 \text{tg} \alpha + 2 \text{tg} \alpha$$

$$V_0^2 \sin^2 \alpha \cdot dt^2 = \frac{V_0^2 dt^2}{2} + \frac{V^2 dt^2}{V_0^2} - \frac{V V_0}{V_0^2} dt^2 \cos \beta$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} + \frac{V^2}{2V_0^2} - \frac{V}{V_0} \cos \beta$$

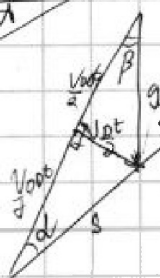
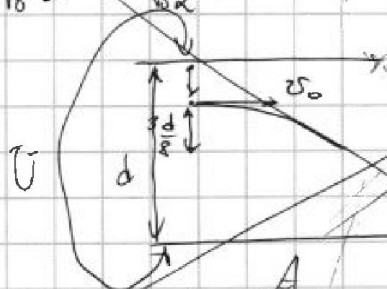
$$\gamma = \frac{q}{m} < 0$$

$$F = E q = \frac{U}{d} \cdot q$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{U q}{d m} = \frac{U q}{d}$$

$$a_m = \frac{v^2}{R} \rightarrow V_0 = \sqrt{a R} = \sqrt{\frac{U q}{d} \cdot R} =$$

$$\frac{V_0 \sin \alpha \cdot dt}{\sin \alpha} = \frac{V_0 dt}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \cdot \Delta \alpha = V_0 \sin \frac{\beta}{\alpha}$$





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



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!

$$g = 10 \frac{M}{c^2}$$

$$\sin \alpha$$

$$a_1 = 8 \frac{M}{c^2}$$

$$a_2 = \frac{8}{3} \frac{M}{c^2}$$

$$\frac{1}{3} \sqrt{3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 3}$$

$$\frac{6}{5} \sqrt{3}$$

$$\frac{6\sqrt{3}}{5}$$

$$\frac{6 \cdot 6 \cdot 3}{5 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 0,1}$$

$$\frac{18}{5}$$

$$222$$

$$\frac{2 \cdot 18}{3 \cdot 5 \cdot 10 \cdot \frac{2}{5}}$$

$$\frac{3}{5}$$

$$Q = 780 \text{ Дж}$$

$$V = \text{const } \Delta T_1 = 31,2 \text{ К}$$

$$p = \text{const } \Delta T_2 = -20 \text{ К}$$

$$A = ?$$

$$C_p = ?$$

$$N_1 = ?$$

$$N_2 = ?$$

$$Q = \frac{3}{2} \lambda R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \lambda R \Delta T_1$$

$$Q = A$$

$$A = Q + \Delta U$$

$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = \Delta U$$

$$Q = A + \lambda R \Delta T_2$$

$$Q = \lambda R \Delta T_2$$

$$\lambda R = \frac{Q}{\Delta T_2}$$

$$Q = A + \frac{Q \Delta T_2}{\Delta T_2}$$

$$A = Q$$

$$\frac{-156 + 140}{-100 + 93,6}$$

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

$$\frac{4,4}{10} = 0,44$$

$$\frac{10}{15,6} = \frac{100}{156}$$

$$500$$