



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 960$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 48$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 30$ К.

1. Найдите работу A смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_{He}}{N_K}$ 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. Конденсатор заряжен, расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется со скоростью V_0 параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от положительно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите напряжение U на конденсаторе.

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?



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

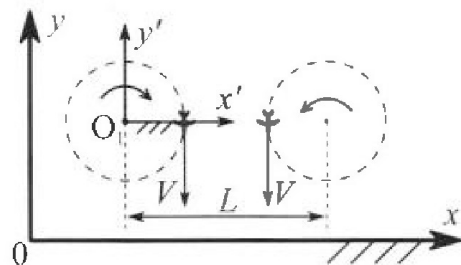
Вариант 10-03

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 $V = 60$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 360$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

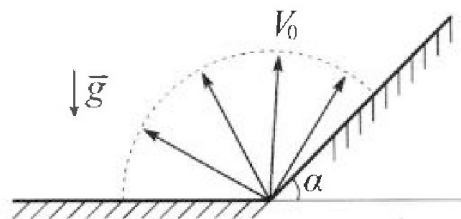
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



В некоторый момент в ремени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L = 1,8$ км. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

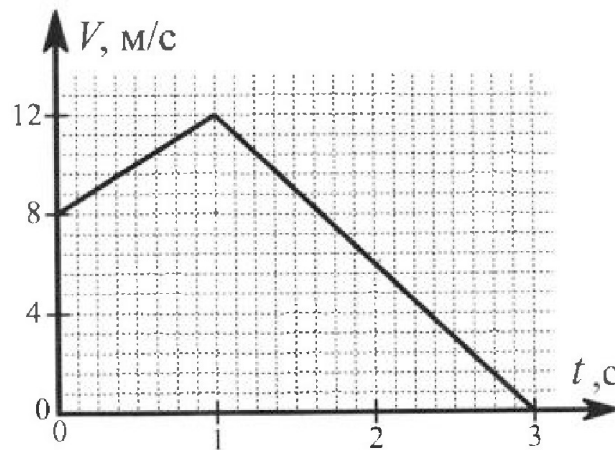
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков $H = 45$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



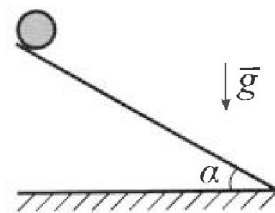
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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.

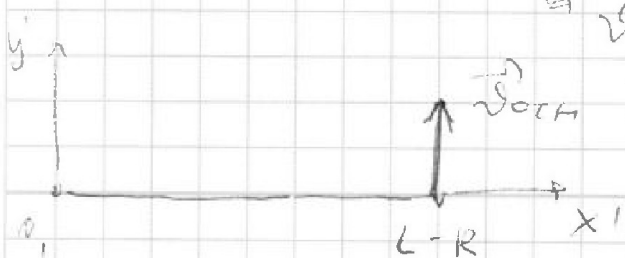


1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в $n = 3$ раза больше массы бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью V движется бочка в тот момент, когда горизонтальное перемещение бочки равно $S = 1$ м?
3. Найдите ускорение a , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





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!

Высоты H достигнул осколок, полетевший вертикально
 $30 \rightarrow m$
ЗСЭ: $m_0 \frac{v_0^2}{2} = m_0 g H$ m_0 - массы осколка

$$v_0 = \sqrt{2gH} = 30 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 30 м/с



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!

① ②

$a_1 > 0 \quad a_2 < 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ ~~до~~ первую секунду шайба двигалась вниз, потом - вверх
 m - масса шайбы

ог: $N = mg \cos \alpha \quad F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

1) ~~$ma_1 = m$~~ $ox: ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$
 $\Rightarrow a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 4 \text{ (м/с}^2\text{)} \text{ (из графика)}$

2) $ox: ma_2 = \mu mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_2 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 6 \text{ (м/с}^2\text{)}$
 $a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{10}{2 \cdot 10} = \frac{1}{2} \leftarrow \text{ответ}$

$tg \alpha = \frac{\sqrt{3}}{3}$
 M - масса шайбы S - длина h - высота

~~$(1+n)MgS + MgS + g\alpha =$~~
 ~~$(1+n)MgS + g\alpha =$~~
 $(1+n)MgS + g\alpha = Mv^2 + \frac{nMv^2}{2}$
 $v^2(1 + \frac{n}{2}) = (1+n)gS + g\alpha$
 $v^2 = \frac{(1+n)gS + g\alpha}{1 + \frac{n}{2}}$

$v = \frac{4}{\sqrt{3}} \text{ (м/с)}$

$\frac{S}{\cos \alpha} = \frac{v^2}{2a}$

$v = at$

$\frac{S}{\cos \alpha} = \frac{v^2}{2a}$

$a =$

$a = \frac{v^2 \cos \alpha}{2S} = \frac{16 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1} = 4 \text{ (м/с}^2\text{)}$

Ответ: $\frac{1}{2}$; $\frac{4}{\sqrt{3}}$; 4 м/с^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 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!

$$Q = \Delta U_1, \quad Q = \Delta U_2 + A \quad \boxed{N4} \quad \Delta U = \cancel{\alpha R \Delta T} \propto R \Delta T$$

$$\alpha \frac{Q}{R} = \left(\frac{3}{2} \nu_r + \frac{5}{2} \nu_k \right) \quad Q = \alpha R \Delta T, \Rightarrow \Rightarrow \alpha R = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$Q = \alpha R \Delta T_2 + A \quad A = \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) Q = 360 \text{ (Дж)}$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = 20 \text{ (Дж/К)}$$

~~gas~~ в изобарном процессе:

$$pV_1 = (\nu_r + \nu_k) R T_1, \quad pV_2 = (\nu_r + \nu_k) R T_2$$

$$\cancel{p} p(V_2 - V_1) = (\nu_r + \nu_k) R (T_2 - T_1) \Rightarrow A = (\nu_r + \nu_k) R \Delta T_2$$

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

$$\nu_k = \frac{Q}{R \Delta T_1} - \frac{3A}{2R \Delta T_2} = \frac{1}{R} \quad \nu_k = \frac{382}{R}$$

$$\alpha = \frac{Q}{R \Delta T_1} = \frac{\nu_k}{2} \left(3 \frac{\nu_r}{\nu_k} + 5 \right) \quad 20 = \frac{1}{2} \left(3 \frac{\nu_r}{\nu_k} + 5 \right) \quad \frac{\nu_r}{\nu_k} = 5$$

$$\frac{\nu_r}{\nu_k} = \frac{N_r}{N_k} = \frac{\nu_r \cdot N_A}{\nu_k \cdot N_A} = \frac{\nu_r}{\nu_k} = 5$$

Ответ: $A = 360 \text{ Дж}; \quad C_V = 20 \text{ Дж/К}; \quad \frac{N_r}{N_k} = 5$



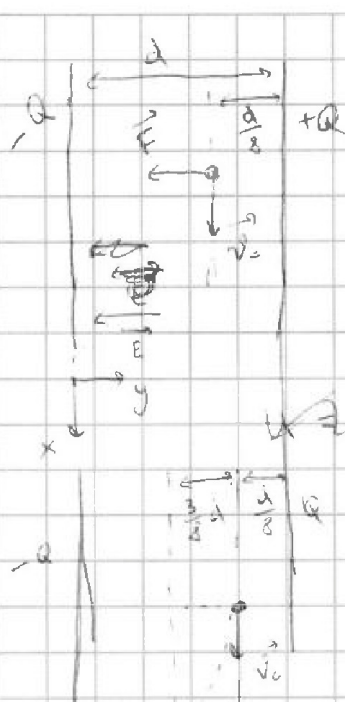
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☐3
☐4
☐5
☒6
☐7
☐

СТРАНИЦА

1 из 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!



NS

$$F = Eq_y$$

Q - заряд конденсатора

E - напряженность электростатического поля внутри конденсатора

$$ma = F \quad \text{по } Oy: \quad ma_y = F \quad a_y = \frac{v_y^2}{R}$$

$$m \frac{v_y^2}{R} = Eq_y \quad E = \frac{v_y^2}{R \delta} = \frac{U}{d} \quad U = \frac{d v_y^2}{R \delta}$$

$$U = \frac{d v_y^2}{R \delta}$$

если частица вылетит из конденсатора

тогда в следующий момент

после того, как ее скорость v_0 , она переместится пер. плоскости с v , которая чуть больше v_0 .

эта частица переместится пер. плоскости в момент вылета из конденсатора; ~~тогда~~

$$v_x = v_0 \quad v^2 = v_x^2 + v_y^2 \quad v_x = v_0 \quad v_y = at$$

$$a_y = at \quad ma = Eq_y \Rightarrow a = \frac{Eq_y}{m} \quad \frac{3d}{\delta} = \frac{at^2}{2} = \frac{v_y^2}{2a}$$

$$v_y^2 = \frac{3d E \delta}{4} \quad v^2 = v_0^2 + \frac{3}{4} d E \delta$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{3}{4} d E \delta}$$

Ответ: $U = \frac{d v_0^2}{R \delta}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{3}{4} d E \delta}$



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!

~~Черновик~~

~~$E = \frac{u}{a}$~~ ~~23113~~ ~~23113~~ ~~23113~~ ~~23113~~ ~~23113~~ ~~23113~~

~~$W = (1+n) \cdot Mg$~~ ~~$3d$~~ ~~200~~ ~~142~~ ~~58~~

~~$E_{\text{ор}} = F$~~ ~~$V_b = 0x$~~ ~~$\frac{10}{\sqrt{2 \cdot 10^4}}$~~

~~$m = E_{\text{ор}} = m \frac{v^2}{R}$~~ ~~$\frac{mg}{N}$~~ ~~$\delta$~~ ~~$\frac{\sqrt{2}}{2}$~~ ~~$1 - \frac{\sqrt{2}}{2}$~~ ~~$\frac{\sqrt{2}}{2}$~~

~~$36^2 \cdot 10^4$~~ ~~$36^2 \cdot 10^4$~~ ~~$M = 200$~~ ~~$1 - \frac{14}{2}$~~ ~~$1 - \frac{142}{2}$~~ ~~$27 - 142$~~ ~~058~~

~~1425~~ ~~142~~ ~~142~~ ~~142~~ ~~142~~ ~~142~~ ~~142~~

~~140~~ ~~720~~ ~~360~~ ~~1080~~ ~~360~~ ~~103~~ ~~3~~

~~$2,1025$~~ ~~142~~ ~~20064~~ ~~1~~

~~$R - L + R$~~ ~~$2R - L$~~ ~~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.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА

из

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

Черновик: $A = p \Delta V$ $p = \frac{2}{3} n k T$ $p V = \frac{2}{3} n k T$ $p V = \frac{2}{3} R T \cdot k$ $\frac{260}{48} = \frac{20}{48}$ $\frac{260}{48} = 20$ $\frac{260}{48} = 18 \frac{3}{8}$

$Q = \Delta U_1 = \Delta U_2 + A$

$\alpha = \left(\frac{3}{2} \frac{V_r}{V_k} + \frac{5}{2} \frac{V_k}{V_r} \right) = k$ $\frac{3}{2} \cdot \frac{960}{120} = 360$ $\alpha = \frac{3}{2} (V_r + V_k) + 3k$

$Q = k R \Delta T_1 = k R \Delta T_2 + A$ $A = k R (\Delta T_1 - \Delta T_2)$

$C_v = \frac{Q}{\Delta T_1}$ $Q_2 = \frac{V_r}{V_k} \left[\left(3 \frac{V_r}{V_k} + 5 \right) \cdot \frac{V_k}{2} \cdot k \right]$

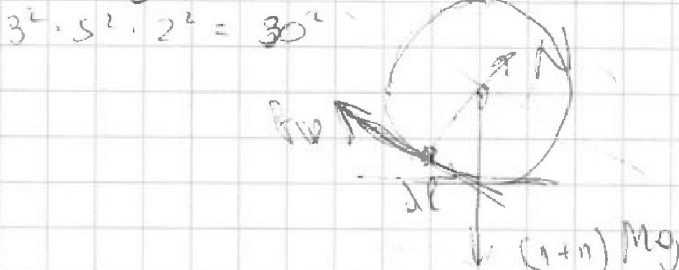
$Q_k = \frac{5}{2} V_k R \Delta T_1$ $\frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ $C_v = \frac{1}{2}$ $\alpha = \frac{V_k}{2} \cdot \left(3 \frac{V_r}{V_k} + 5 \right)$

- 1 -
- 2 - max расстояние
- 3 - ~~вы~~ - градусы
- 4 - ось ~~модели~~

$A = \frac{2}{3} n k T$ $\frac{N_r}{N_k} = \frac{2}{3} R$ $p V_1 = \nu_{\text{одн}} R T_1$ $p V_2 = \nu_{\text{одн}} R T_2$

$p(V_1 - V_2) = \nu_{\text{одн}} R(T_1 - T_2)$ $\frac{260}{48} = 20$ $\frac{3 \cdot 360}{2 \cdot 360} = 15$ $\frac{20}{R} = \frac{15}{R} \left(3 + \frac{V_r}{V_k} \right)$

$L = \frac{V_r^2}{2 a}$ $\frac{S}{L} = \cos \alpha$ $S = \frac{a t^2}{2}$ $L = \frac{S}{\cos \alpha}$ $\frac{\sqrt{3}}{2}$



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
 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

$$v_0^2 t^2 = s^2 + \frac{g^2 t^4}{4} + g \sin \alpha \cdot t^2 s$$

$$s^2 = s^2 + \frac{g^2 t^4}{4} + g \sin \alpha \cdot t^2 s - g t^3 v_0 \sin \beta + \frac{g^2 t^4}{4}$$

$$\frac{g^2 t^4}{2} + g s t^2 \sin \alpha = g t^3 v_0 \sin \beta$$

$$g s \frac{g t^2}{2} + s \sin \alpha = v_0 t \sin \beta$$

120 120

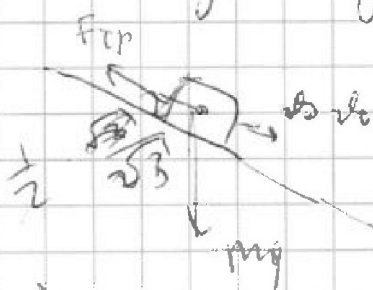
$$v_y = v_0 \sin \beta - g t$$

$$v_x = v_0 \cos \beta$$

$$m \frac{v_0^2}{2} = m g H + \frac{m (v_{0y}^2 + v_{0x}^2)}{2} = m \frac{v_0^2}{2} + m g H$$

$$v_0^2 \sin^2 \beta = v_0^2 \sin^2 \beta + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \beta g t + 2 g H$$

$$0 = g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \beta g t + 2 g H$$

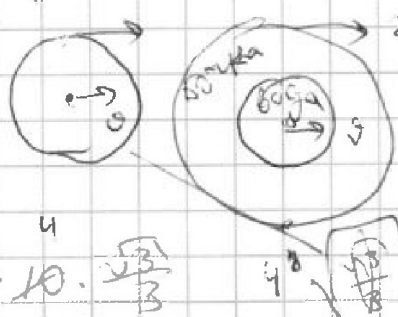


$$1) a_1 = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$$

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

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

$$a_1 > 0, a_2 < 0 \Rightarrow \text{сначала } \downarrow, \text{ потом } \uparrow$$



$$\frac{H}{s} = \tan \alpha$$

$$H \sin \alpha = H$$

$$-m g H + M v^2 + \frac{m M v^2}{2}$$

$$4 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow 38$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \frac{4}{\sqrt{3}}$$



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

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

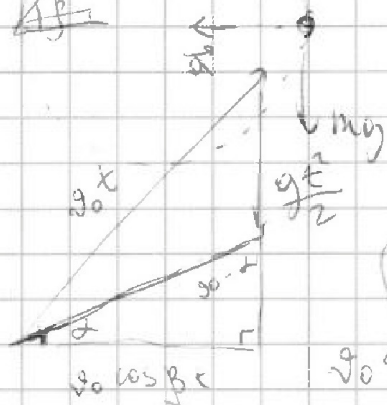
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Черновик:

$$\varepsilon = \frac{y}{x}$$

3 - грб ЗРШ (ЗСЭ) км Е жруг - км Е жруг

$$\frac{v_0^2}{2} = mgH$$

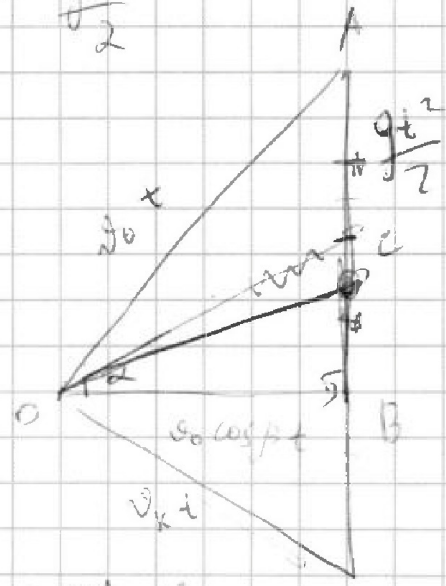
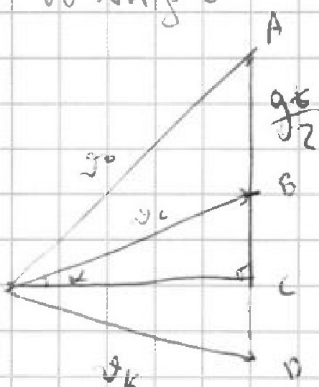
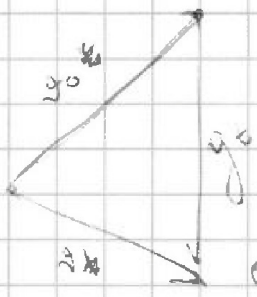


$$y = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$x = v_0 \cos \beta t$$

$$S^2 = x^2 + y^2$$

$$v_0 \sin \beta t$$



OA - км. v_0
OB - км. v_0
OC - км. v_0
AB = CD

$$v_0^2 = \left(\frac{gt}{2} + \frac{S}{t} \sin \alpha \right)^2 + \left(\frac{S}{t} \cos \alpha \right)^2$$

$$v_0^2 = \frac{g^2 t^2}{4} + \frac{S^2}{t^2} \sin^2 \alpha + gt \cdot \frac{S}{t} \sin \alpha + \frac{S^2}{t^2} \cos^2 \alpha$$

$$v_0^2 = \frac{S^2}{t^2} + \frac{g^2 t^2}{4} + gt S \sin \alpha$$

$$v_0^2 t^2 = S^2 + \frac{g^2 t^4}{4} + gt S \sin \alpha \cdot t^2$$

$$S^2 = v_0^2 \cos^2 \beta t^2 + \left(v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \right)^2$$

$$S^2 = v_0^2 \cos^2 \beta t^2 + v_0^2 \sin^2 \beta t^2 - 2 \frac{gt^2}{2} \cdot v_0 \sin \beta t + \frac{g^2 t^4}{4}$$

$$S^2 = v_0^2 t^2 - gt v_0 \sin \beta + \frac{g^2 t^4}{4}$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!

