



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

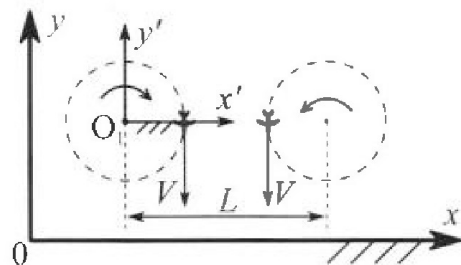
Вариант 10-03

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.

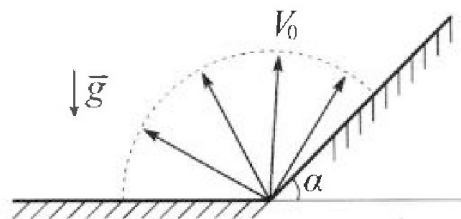
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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.

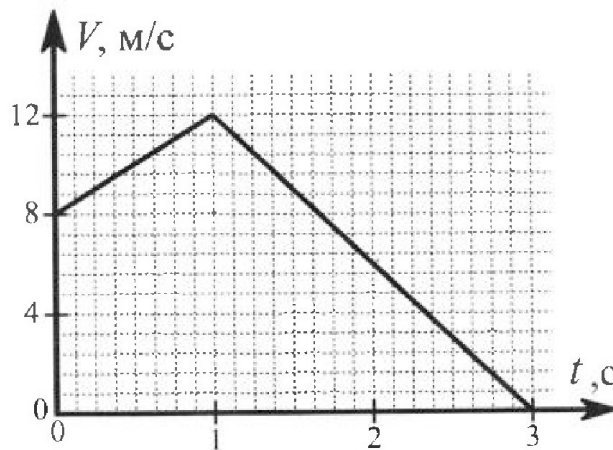
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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.



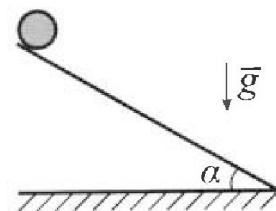
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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!

Diagram showing a particle moving in a circular path with forces N_B and N_F acting on it. The particle is at a height y from the horizontal plane.

Force decomposition: $N = N_B + N_F$

Equations for forces: $N_B = mg$, $N_F = m \frac{v^2}{R}$

Equation for the resultant force: $N^2 = N_B^2 + N_F^2 = m^2 (g^2 + \frac{v^4}{R^2})$

Equation for the angle θ : $\cos \theta = \frac{mg}{N} = \frac{mg}{m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Result: $\theta = 45^\circ$ (ответ)

Diagram showing a particle moving in a circular path with forces N_B and N_F acting on it. The particle is at a height y from the horizontal plane.

Force decomposition: $N = N_B + N_F$

Equations for forces: $N_B = mg$, $N_F = m \frac{v^2}{R}$

Equation for the resultant force: $N^2 = N_B^2 + N_F^2 = m^2 (g^2 + \frac{v^4}{R^2})$

Equation for the angle θ : $\cos \theta = \frac{mg}{N} = \frac{mg}{m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Result: $\theta = 45^\circ$ (ответ)

Diagram showing a particle moving in a circular path with forces N_B and N_F acting on it. The particle is at a height y from the horizontal plane.

Force decomposition: $N = N_B + N_F$

Equations for forces: $N_B = mg$, $N_F = m \frac{v^2}{R}$

Equation for the resultant force: $N^2 = N_B^2 + N_F^2 = m^2 (g^2 + \frac{v^4}{R^2})$

Equation for the angle θ : $\cos \theta = \frac{mg}{N} = \frac{mg}{m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Result: $\theta = 45^\circ$ (ответ)



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



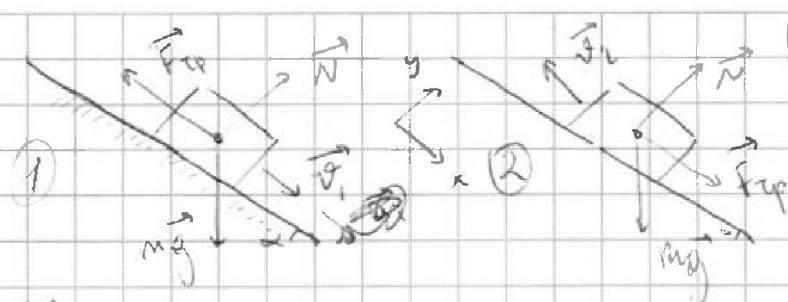
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



N3

$$a_1 > 0 \quad a_2 < 0 \Rightarrow$$

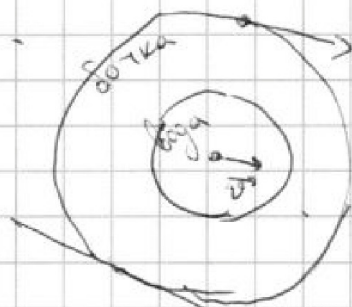
$\Rightarrow$ ~~до~~ первую секунду шайба двигалась вниз, потом - вверх
m - масса шайбы

ог:

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

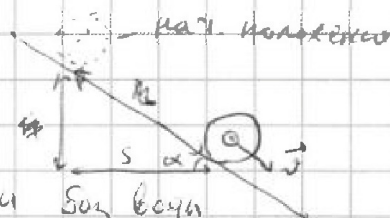
1) ~~ma = m~~ $ox: ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$
 $\Rightarrow a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 4 \text{ (м/с}^2\text{)} \text{ (из графика)}$

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



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

M - масса шайбы g - ускорение



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

$v^2(1 + \frac{n}{2}) = (1+n)gS \sin \alpha$

$v^2 = \frac{(1+n)gS \sin \alpha}{1 + \frac{n}{2}}$

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

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

$v = at$

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

$a =$

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

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!

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

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

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

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

~~gas~~ в изобарном процессе:

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

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

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

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

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

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

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 ~~в этот момент~~ в следующий момент после того, как ее скорость v_0 , она перекроет с v , которая чуть больше v_0 .

эта частица перекроет с v в момент вылета из конденсатора; ~~в этот момент~~

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

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

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

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

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

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



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

1 2 3 4 5 6 7

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

СТРАНИЦА
из

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

Черновик:

$$pV = \frac{2}{3} n k T$$

$$pV_1 = \frac{2}{3} n k T_1$$

$$pV_2 = \frac{2}{3} n k T_2$$

$$Q = \Delta U_1 + A$$

$$\left(\frac{3}{2} n k T_1 + \frac{5}{2} n k T_2 \right) = k$$

$$Q = k R \Delta T_1 = k R \Delta T_2 + A$$

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

$$Q_k = \frac{5}{2} n k R \Delta T_1$$

$$\alpha = \frac{v_k}{2} \cdot \left(3 \frac{v_r}{v_k} + 5 \right)$$

$$1 -$$

$$2 - \text{max расстояние}$$

$$3 - \text{гравитация}$$

$$A = \frac{2}{3} n k T$$

$$p(V_1 - V_2) = \frac{2}{3} n k (T_1 - T_2)$$

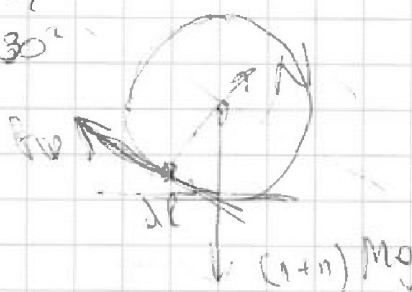
$$\frac{260}{48} = 20$$

$$\frac{20}{R} = \frac{15}{R} \cdot \left(3 + \frac{v_r^2}{v_k^2} \right)$$

$$L = \frac{v^2}{2a}$$

$$2 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 2$$

$$3^2 \cdot 5^2 \cdot 2^2 = 30^2$$



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

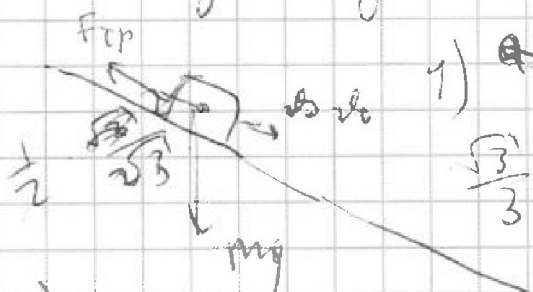
$$v_y = v_0 \sin \beta - g t$$

$$v_x = v_0 \cos \beta$$

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

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

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

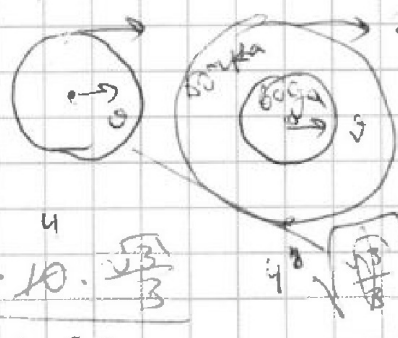


$$1) a_1 = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$$

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

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

$a_1 > 0$, $a_2 < 0$ 2) сначала $\downarrow$, потом $\uparrow$



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

$$H = s \tan \alpha$$

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

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

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



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 _

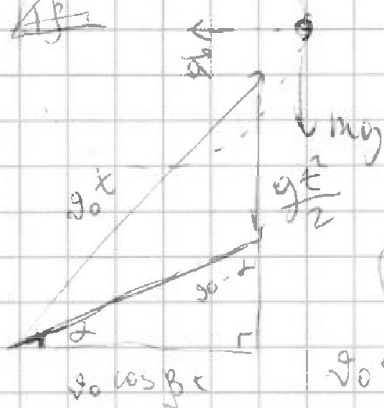
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Черновик:

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

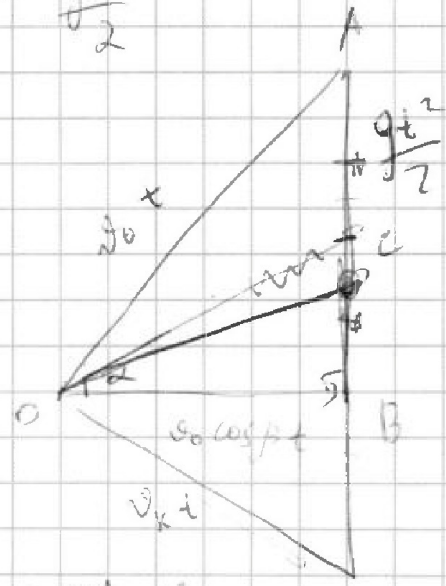
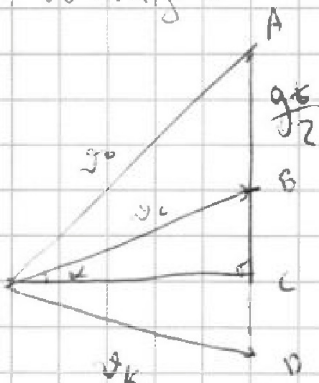
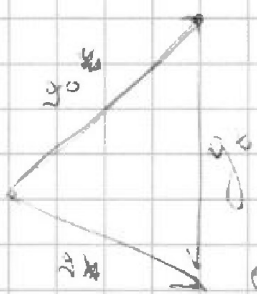
3 - грб ЗРШ (ЗСЭ) км E югу + км E югу

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



$$\begin{cases} y = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \\ x = v_0 \cos \beta t \end{cases}$$

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



OA - вектор v_0
OB - проекция
OC - проекция на OX
AB = CD

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

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

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

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

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

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

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



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!

