



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?



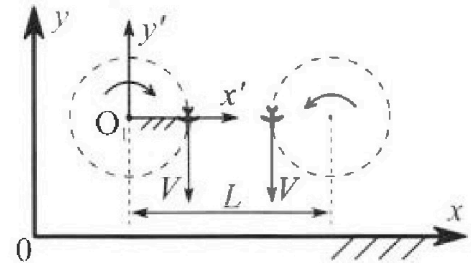
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

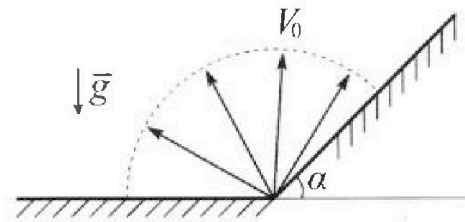


1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?

В некоторый момент в ремни 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.

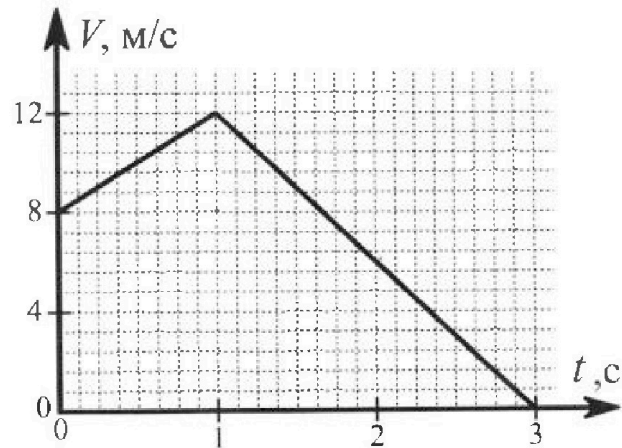
2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

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.



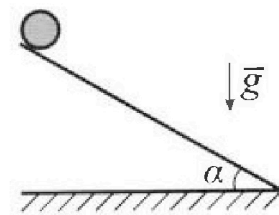
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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!

$\vec{N} = \vec{N}_B + \vec{N}_F$
 $N_B = mg$
 $N_F = m \frac{v^2}{R}$
 $N^2 = N_B^2 + N_F^2 = m^2 \left(g^2 + \frac{v^4}{R^2} \right)$
 $\Rightarrow \frac{mg}{N} = \frac{mg}{m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$
 $\Rightarrow \epsilon = 1 - \frac{mg}{N} \approx 25\%$ ответ

ось по каск
 к оси радиусом
 $L-R$
 центром O_1

$\omega_0 = \frac{v}{R}$
 в данный момент ω вращ. от O_1 с $\omega_1 = \frac{v}{L-R}$
 $\omega_1 < \omega_0 \rightarrow$ ось $\vec{\omega}$ направлена
 в пол. широты y'
 ω по $y'O, x'$ вращается с угл. скор. $\omega_0 = \frac{v}{R}$
 $\omega_{\text{точ}} = v - \omega_0(L-R) = v \left(1 - \frac{L-R}{R} \right) = \frac{v(2R-L)}{R}$
 $\omega_{\text{точ}} = 60 \frac{1050}{300} = 210$
 ответ: 25%



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

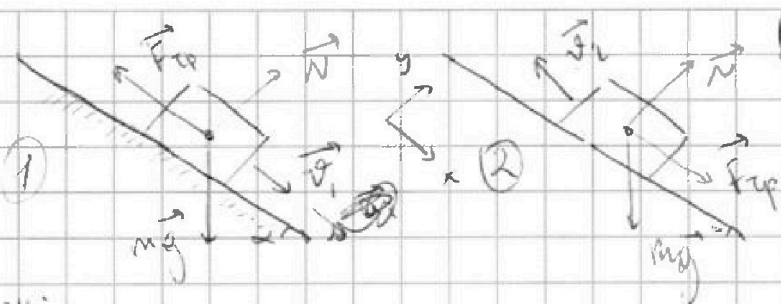


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

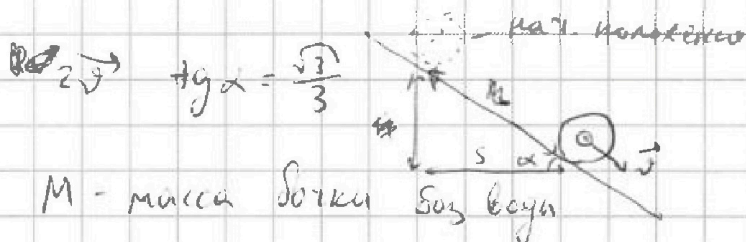
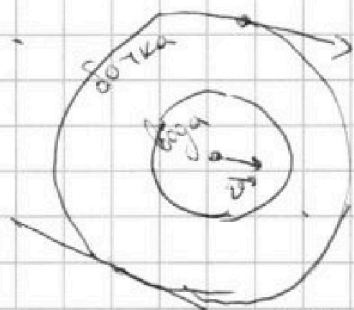
$a_1 > 0 \mid a_2 < 0 \Rightarrow$
 \Rightarrow ~~го~~ первую
 секунду шайба
 двинулась вниз,
 потом - вверх
 m - масса шайбы

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

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

2) ox: $ma_2 = \mu mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_2 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 6 \text{ (м/с}^2\text{)}$

$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{10}{2 \cdot 10} = \frac{1}{2}$ - ответ.



~~3) Mg sin alpha =~~

~~3) (1+n)Mg sin alpha =~~
 $(1+n)Mg \sin \alpha = Mv^2 + \frac{nMv^2}{2}$

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

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

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

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

$v = at$

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

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

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!

$$Q = \Delta U_1, \quad Q = \Delta U_2 + A \quad \boxed{N_1} \quad \Delta U = \cancel{\alpha R \Delta T} \propto R \Delta T$$

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

$$Q = \alpha R \Delta T_2 + A \quad A = \left(\frac{1}{2} - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) Q = 360 \text{ (Дж)}$$

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

~~gas~~ в изобарном процессе:

$$pV_1 = (\nu_r + \nu_k) RT_1, \quad pV_2 = (\nu_r + \nu_k) RT_2$$

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

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

$$\nu_k = \frac{Q}{R \Delta T_1} - \frac{3A}{2R \Delta T_2} = \frac{1}{R} \quad \nu_k = \frac{392}{R}$$

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

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

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

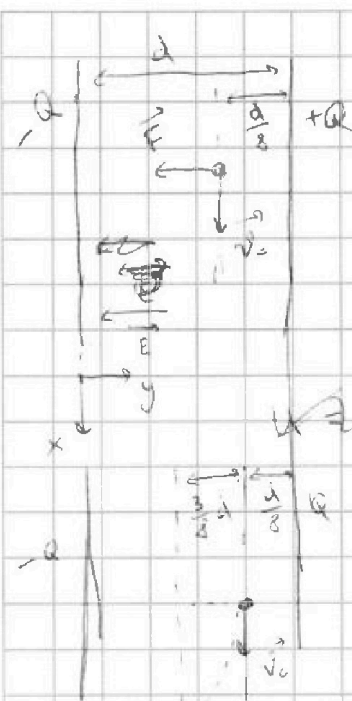
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 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 ~~электрического~~ поля
внутри конденсатора

~~$ma = F$~~ по Oy : $ma_y = F$ $a_y = \frac{v_0^2}{R}$
 $m \frac{v_0^2}{R} = Eq_y$ $E = \frac{v_0^2}{R \delta} = \frac{U}{d}$ $U = \frac{d v_0^2}{R \delta}$

~~$U = \frac{d v_0^2}{R \delta}$~~ если частица вылетит из конденсатора ~~в форме~~ в следующий момент ~~она~~ как ее ~~скорости~~ v_0 , она переместит ~~с~~ v , которая ~~будет~~ больше v_0 .

эта частица переместит ~~с~~ v в момент вылета из конденсатора; ~~v~~

~~$v_x = v_0 = const$~~ $v^2 = v_x^2 + v_y^2$ $v_x = v_0$ $v_y = at$

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

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

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

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

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~~

~~$E = \frac{u}{d}$~~ ~~$W = (1+n) Mg$~~ $\frac{3d}{8}$

~~$W = Mg$~~ $E_{0r} = F$ $\frac{200}{142}$

$W = E_{0r} = m \frac{v^2}{R}$ $v_b = 0x$ $\frac{10}{\sqrt{2 \cdot 10^2}}$

$\frac{3}{8}$ $\frac{mg}{N} \delta$

$36^2 \cdot 10^4$ $M = 200$ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ $1 - \frac{\sqrt{2}}{2}$ $\frac{\sqrt{2}}{2}$

$36^2 \cdot 10^4$ $1 - \frac{14}{2}$ $1 - \frac{142}{2}$

$1,425$ $\times 142$ $\times 142$ $\times 142$ $\frac{27 - 142}{2}$ $\frac{0,58}{2}$

150 40 2925 142 $0,25$

720 580 588 284 142

360 145 588 20064 1

$\frac{1020}{360} = \frac{103}{3}$

$R - L + R$
 $\frac{2R - L}{R}$



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:

$$A = p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_1 = p_2 \frac{V_2}{V_1} = p_2 \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{n_1 k T_1}{n_2 k T_2} = p_2 \frac{V_2}{V_1} \frac{T_1}{T_2}$$

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

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

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

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

$$C_V = \frac{1}{2} \left(3 \frac{V_1}{V_2} + 5 \right) \cdot \frac{V_2}{V_1} = 2k$$

$$\alpha = \frac{V_2}{V_1} \cdot \left(3 \frac{V_1}{V_2} + 5 \right)$$

- 1 -
- 2 - max расстояние
- 3 - ~~с~~ - градиент

сумма по окружности

~~оси~~

$$A = p \frac{2}{3} V k T \frac{N}{V} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{3} R \frac{V_2}{V_1}$$

$$p(V_1 - V_2) = \nu n k R (T_1 - T_2)$$

$$\frac{260}{48} = 20 \quad \frac{3 \cdot 360}{2 \cdot 360} = 15$$

$$\frac{20}{R} = \frac{15}{R} \left(3 + \frac{V_2}{V_1} \right)$$

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

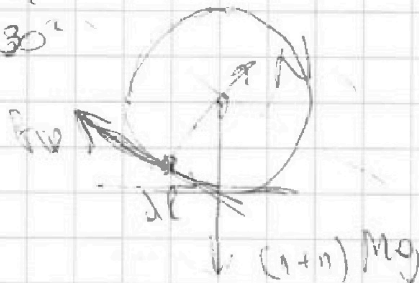
$$L = \frac{S}{\cos \alpha}$$

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$v = at$$

$$\frac{\sqrt{31}}{2}$$

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



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

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

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

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

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

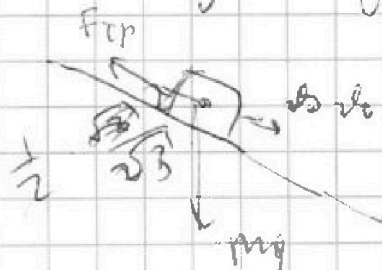


$$v_y = v_0 \sin \beta - g t \quad v_x = v_0 \cos \beta$$

$$m g \frac{v_0^2}{2} = m g H + \frac{m (v_0^2 \sin^2 \beta + v_0^2 \cos^2 \beta)}{2} = m \frac{v_0^2 + v_0^2}{2}$$

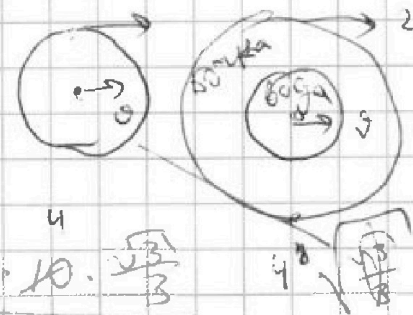
$$v_0^2 \sin^2 \beta = v_0^2 \sin^2 \beta + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \beta g t + 2 g H$$

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



1) $a_1 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$
 $a_2 = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

$a_1 > 0, a_2 < 0$ 2) движение вниз, затем вверх



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

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

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

$\rightarrow 38$

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



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 _

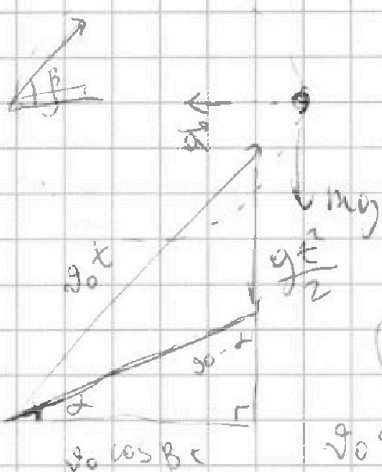
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Чер. кодик:

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

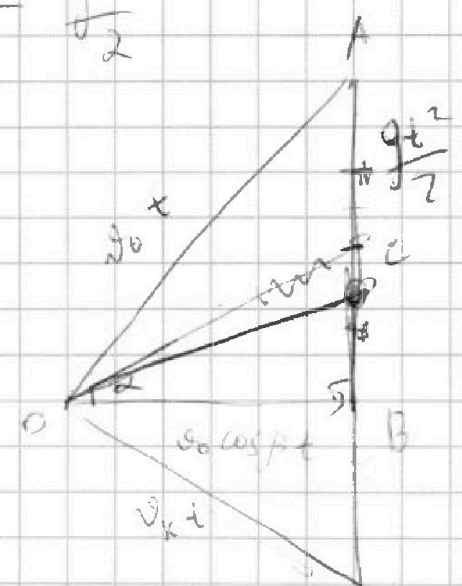
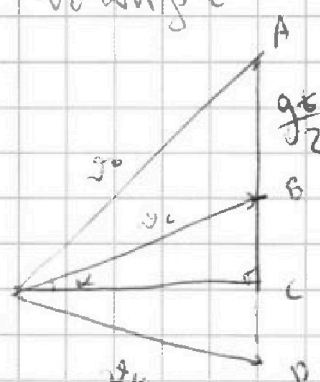
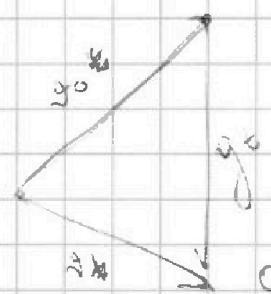
3 - граб ЗРТУ (ЗСЭ) кин E обрзг + кин E поун

~~$\frac{v_0^2}{2} = mgh$~~ $\frac{v_0^2}{2} = mgh$



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

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



OA - кин. v_0
OB - вверх.
OC - вверх по OX
AB = CD

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

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

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

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

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

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

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



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!

