



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  $\frac{N_{He}}{N_{O_2}}$  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?



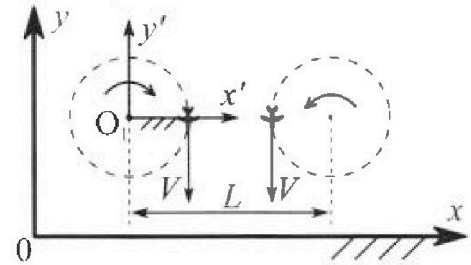
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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/с<sup>2</sup>.

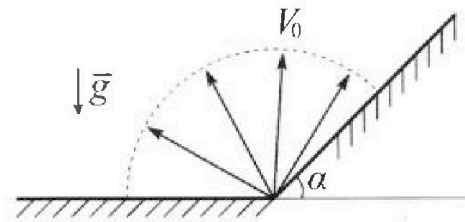


1. На сколько  $\delta$  процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?

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  $\vec{U}$ .

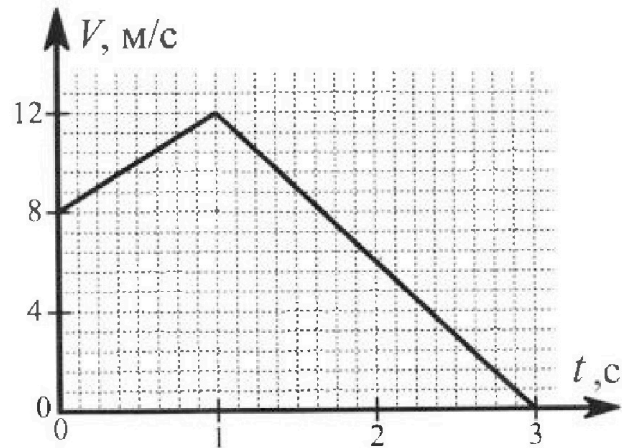
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков  $H = 45$  м. Ускорение свободного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



1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.

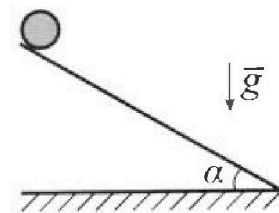
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

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/с<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – 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  $\mu$  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

вращается с угл. скор.  $\omega_0 = \frac{v}{R}$   
 в данный момент  $\omega$  вращ. от  $O_1$  с  $\omega_1 = \frac{v}{L-R}$   
 $\omega_1 < \omega_0 \rightarrow$   $\vec{\omega}$  направлена в посп. направлении  $y'$   
 с  $O_1$  вращается с угл. скор.  $\omega_0 = \frac{v}{R}$   
 $\omega_{\text{точ}} = v - \omega_0(L-R) = v \left( 1 - \frac{L-R}{R} \right) = \frac{v(2R-L)}{R}$   
 $\omega_{\text{точ}} = 60 \frac{1000}{3000} = 20$   
 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

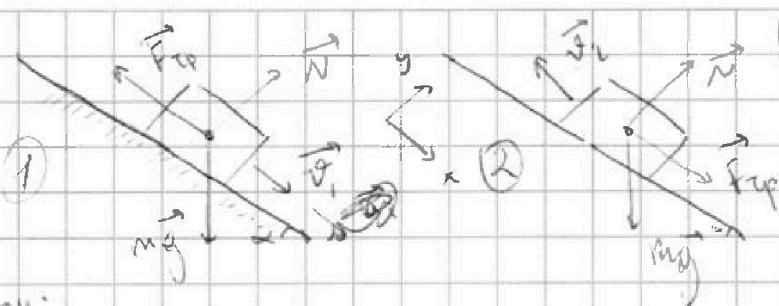


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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

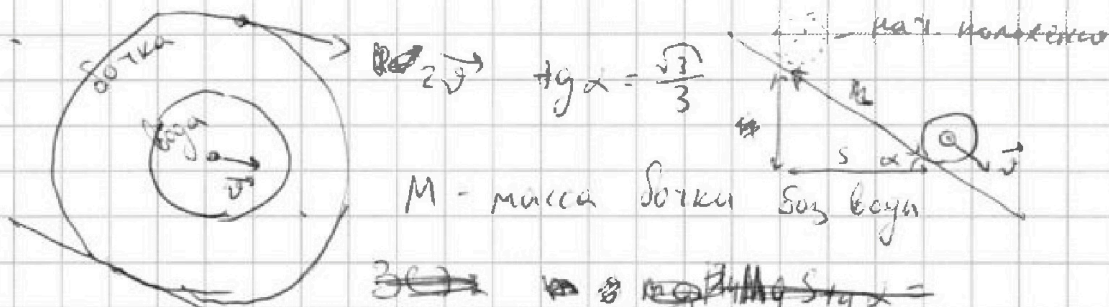
$\Rightarrow$  ~~го~~ первую секунду шайба двинулась вниз, потом - вверх  
m - масса шайбы

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

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

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

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

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

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

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

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



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:

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

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

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

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

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

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

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

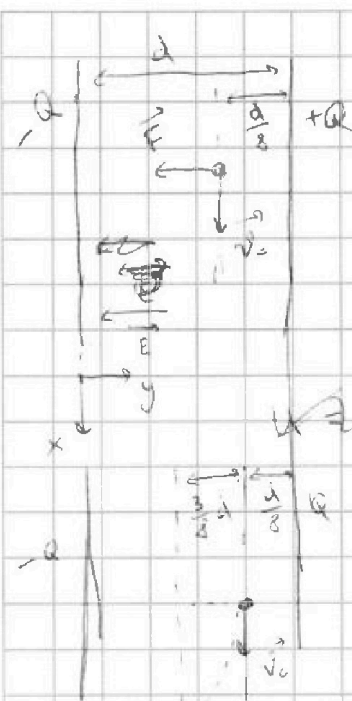
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 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 ~~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  
времени ~~тогда~~ как ее ~~скорость~~  $v_0$ ,  
она переместит с  $y$ , которая  
чуть больше  $v_0$ .

эта частица переместит с  $y$  в момент  
вылета из конденсатора;  ~~$v_0$~~

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

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

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

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

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~~

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

~~$E_{op} = F$~~   $E_{op} = F$   $v_b = 0x$   $\frac{200}{142}$   
 $\frac{10}{58}$

$m = E_{op} = m \frac{v_b^2}{R}$   $\frac{mg}{N} \delta$   $\frac{10}{\sqrt{2 \cdot 10^4}}$

$\frac{3}{8}$   $\frac{36^2 \cdot 10^4}{36^2 \cdot 10^4} M = 200$   $\frac{\sqrt{2}}{2}$   $1 - \frac{\sqrt{2}}{2}$   $\frac{\sqrt{2}}{2}$

$1,425$   $\frac{142}{142}$   $1 - \frac{14}{2}$   $1 - \frac{142}{2}$   $\frac{\sqrt{2}}{2}$

$\frac{150}{8}$   $\frac{142}{142}$   $\frac{142}{142}$   $\frac{27 - 142}{2}$   $\frac{0,58}{2}$

$720$   $\frac{142}{142}$   $\frac{588}{142}$   $0,25$

$\frac{360}{360} = \frac{103}{3}$   $\frac{21025}{142}$   $\frac{20064}{1}$

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





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:

$$A = p \Delta V$$

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

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

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

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

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

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

$$C_V = \frac{1}{2}$$

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

- 1 -
- 2 - max расстояние
- 3 - ~~4~~ - градус

сумма по окружности

~~оси~~

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

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

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

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

$$\frac{20}{R} = \frac{100}{R} \cdot \left( 3 + \frac{V_r}{V_K} \right)$$

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

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

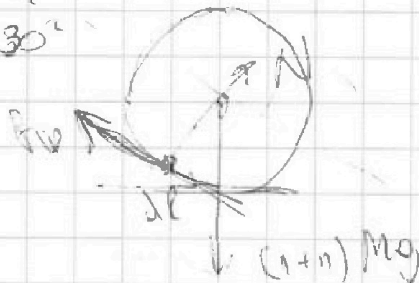
$$v = at$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

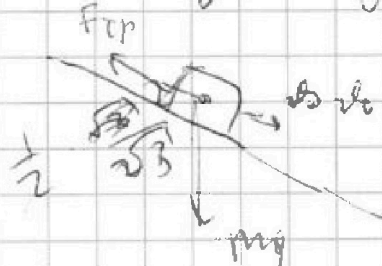


$$v_y = v_0 \sin \beta - g t \quad v_x = v_0 \cos \beta$$

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

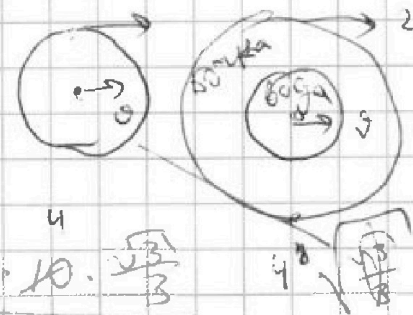
$$v_0^2 \sin^2 \beta = v_0^2 \sin^2 \beta + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \beta g t + 2 g H$$

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



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

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



$\frac{H}{s} = \tan \alpha \quad H = s \tan \alpha$   
 $-m g H + M v^2 + \frac{m M v^2}{2}$

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

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



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 \_

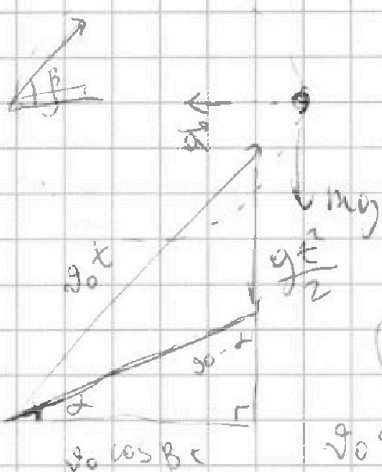
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Чер. лобик:

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

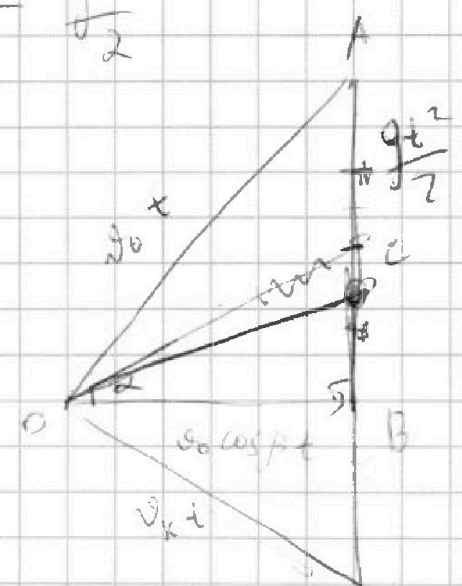
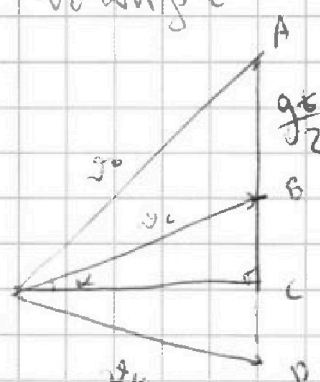
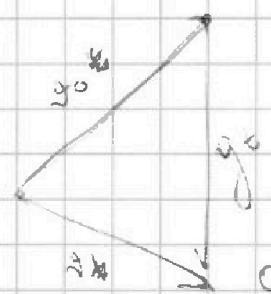
3 - граб ЗРТУ (ЗСА) кин E обрзг + кин E поун

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



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

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



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

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

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

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

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

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

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

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



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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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!

