

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

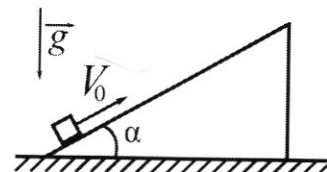
1. Фейерверк массой  $m = 2$  кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва  $H = 65$  м. На землю осколки падают в течение  $\tau = 10$  с.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию  $K$  осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость  $V_0 = 2$  м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1) На какую максимальную высоту  $H$  над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса  $R = 1,2$  м равномерно со скоростью  $V_0 = 3,7$  м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели  $m = 0,4$  кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой  $P$  модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = \frac{\pi}{6}$ . Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{MIN}$  такого равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,9$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

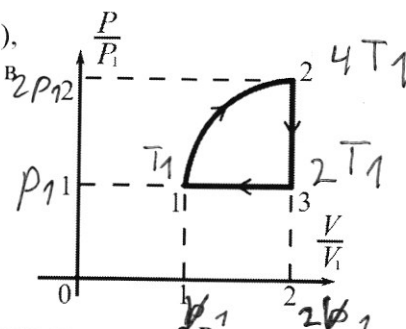
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1$ .

1) Какое количество  $Q$  теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

Универсальная газовая постоянная  $R$ .



5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $2R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $2R$  от центра.

2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N<sup>o</sup> 2

Дано:

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{ш}} = m$$

$$\alpha = 30^\circ$$

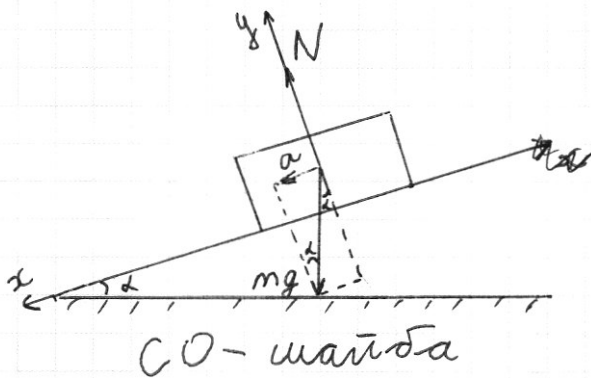
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_k = 0$$

$$F_{\text{тр}} = 0$$

Найти:  $H; v_{\text{кн}}$

Решение



1) по II з. Ньютона:  $\vec{a} = \frac{\vec{N} + m\vec{g}}{m}$

на OY:  $N = mg \cos \alpha$

на OX:  $a = \frac{mg \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha$

$$a = g \cdot \frac{1}{2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2)  $S = \frac{v_0 + v_k}{2} t = \frac{v_0^2}{2a}$ ; где  $S$  - путь пройденный вверх до остановки

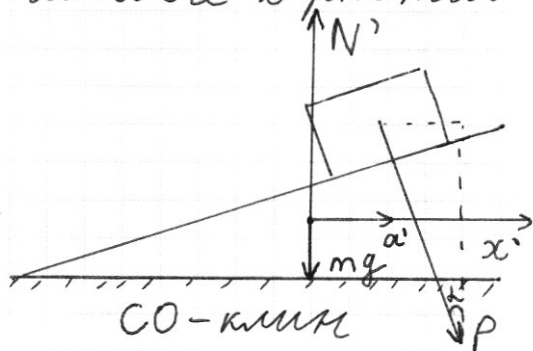
$$S = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{(2 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2 \cdot 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ м}$$

3)  $H = S \cdot \sin \alpha = 0,4 \text{ м} \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ м}$

4)  $S = \frac{v_0 + v_k}{2} t_{\uparrow} = \frac{v_0 t_{\uparrow}}{2} \Rightarrow t_{\uparrow} = \frac{2S}{v_0} = \frac{2 \cdot 0,4 \text{ м}}{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{2 \cdot 0,4}{2} \text{ с} = 0,4 \text{ с}$

$t_{\uparrow}$  - время, пройденное до остановки

$t_{\text{кн}} = t_{\uparrow} \cdot 2 = 2 \cdot 0,4 \text{ с} = 0,8 \text{ с}$ ; где  $t_{\text{кн}}$  - время, когда шайба вернется в точку старта



5)  $\vec{a}' = \frac{m\vec{g} + \vec{N}' + \vec{P}}{m}$ , где  $a'$  - ускорение;

$P = N = mg \cos \alpha$  - сила реакции опоры со стороны шайбы

$mg$  - сила тяжести клима

$N'$  - сила реакции опоры

$$6) \text{ на } OX_1: a' = \frac{P \sin \alpha}{m} = \frac{mg \cos \alpha \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha \cos \alpha$$

$$a' = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$7) v_{\text{кн}} = a' t_{\text{max}} + v_0 = 0 + \frac{5\sqrt{3}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{4}{10} \text{ с} = \sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 1,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $H = 0,2 \text{ м}$ ;  $v_{\text{кн}} \approx 1,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№ 1

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$H = 65 \text{ м}$$

$$v_{\text{к}} = 0$$

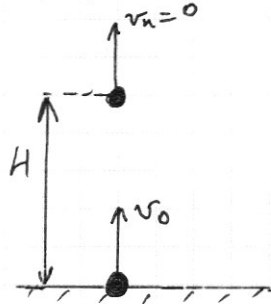
$$\tau = 10 \text{ с}$$

$$v_0 = ?$$

$$\Sigma E_{\text{мех}} = ?$$

Решение

до разрыва



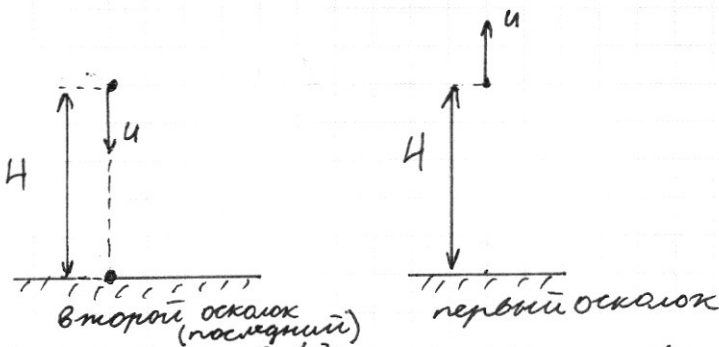
1) ЗСЭ до разрыва:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H$$

$$v_0 = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 65 \text{ м}}$$

$$v_0 = \sqrt{1300} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 11,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) П. к. осколки после разрыва разлетелись во все возможные направления, то та, которая полетела вертикально вверх, упадет последней за время  $t_2$ . Пусть осколки разлетелись со скоростью  $u$ . А первой упадет та, которая полетела вертикально вниз.



$$H = u t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$-H = u t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H - H = u t_2 + \frac{g t_2^2}{2} + u t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$|u(t_2 + t_1)| = \frac{g}{2} (t_2^2 - t_1^2)$$

$$|u| (t_1 + t_2) = \frac{g}{2} (t_1 + t_2) (t_1 - t_2) \Rightarrow |u| = \left( \frac{g}{2} (t_1 - t_2) \right)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

$$u = \left| \frac{g}{2} (t_1 - t_2) \right| = \frac{g}{2} \cdot 2 = \frac{10 \frac{m}{c^2}}{2} \cdot 100 = 50 \frac{m}{c}$$

$$3) \varepsilon E_{\text{оск}} = \frac{\varepsilon m_{\text{оск}} \cdot u^2}{2} = \frac{m u^2}{2}; \text{ т. к. } \varepsilon m_{\text{оск}} = m$$

$$\varepsilon E_{\text{оск}} = \frac{m u^2}{2} = \frac{2 \text{ кг} \cdot (50 \frac{m}{c})^2}{2} = 50^2 \text{ Дж} = 2500 \text{ Дж}$$

Ответ:  $11,2 \frac{m}{c} = v_0$ ;  $\varepsilon E_{\text{оск}} = 2,5 \text{ к Дж}$

№ 3

Дано:

$$R = 1,2 \text{ м}$$

$$v_0 = 3,7 \frac{m}{c}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

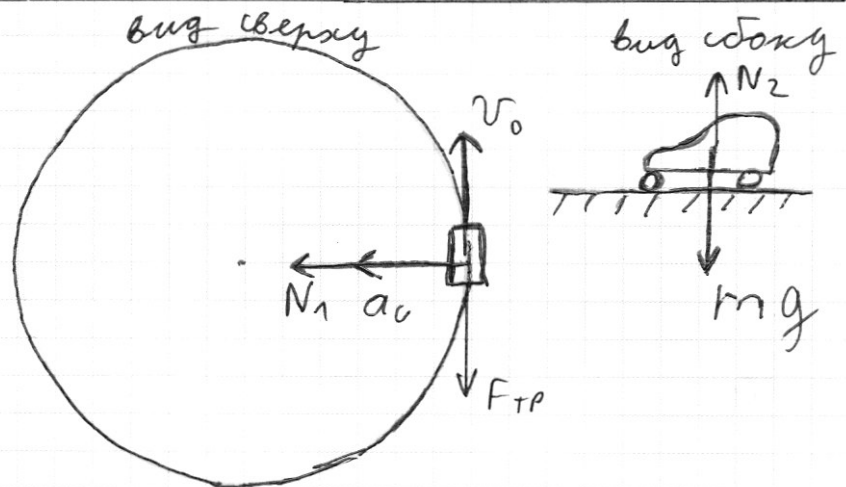
$$\alpha = \frac{\pi}{6} = 30^\circ$$

$$\mu = 0,9$$

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

Найти:  $P$ ;  $v_{\text{min}}$

Решение:



$$1) a_c = \frac{N_1}{m} = \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow N = \frac{m v_0^2}{R} = \frac{0,4 \cdot 3,7^2}{1,2}$$

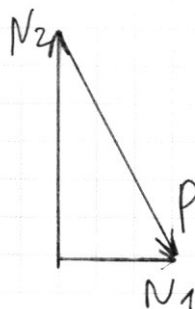
$$N_1 \approx 4,56 \text{ Н}$$

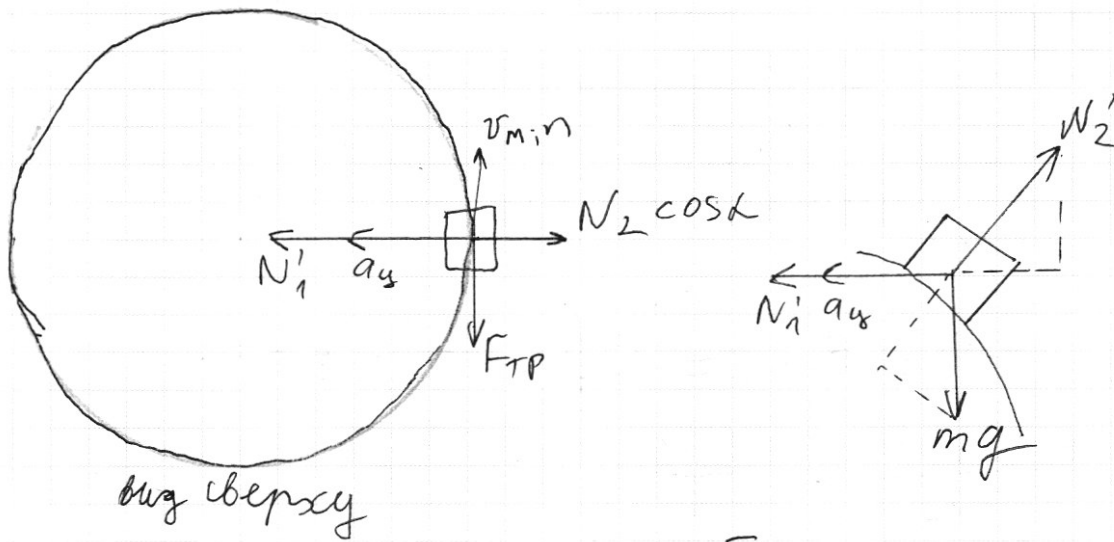
$$2) N_2 = mg = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ Н}$$

$$3) \vec{P} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2$$

$$P = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$$

$$P = \sqrt{4,56^2 + 4^2} \approx 6 \text{ Н}$$





4)  $N_2 = mg \cos \alpha$ ;  $N_1 = \frac{F_{TP}}{\mu} =$

5)  $a_y = \frac{N_1 - N_2 \cos \alpha}{m} = \frac{v_{min}}{R}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

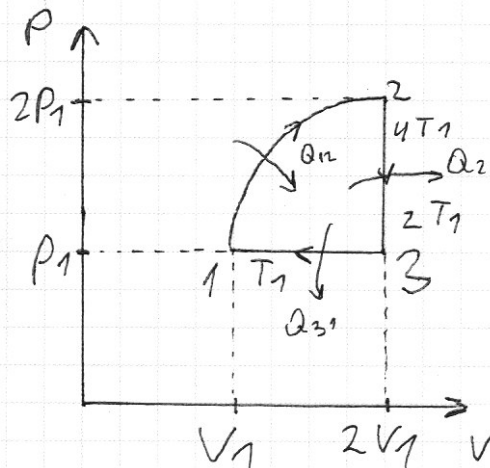
Дано:

$T_1; i=3$

Найти:

$Q_{12}; A_{\text{ч}}; \eta$

Решение:



1) В м. 3  $p_1 = \text{const} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{2V_1}{T'}$  (по Б-М)  
 $T' = 2T_1$

2) В м. 2 и 3.  $V = \text{const} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow \frac{p_1}{2V_1} = \frac{2p_1}{T''}$  (по С.Д.)  
 $T'' = 4T_1$

3)  ~~$Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 0$~~

~~$Q_{12} = -Q_{23} - Q_{31}$~~

$|Q_{23}| = |\Delta U_{23}| = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 2T_1) = 3 \nu R T_1$

$|Q_{31}| = |A_{31} + \Delta U_{31}| = p_1 \nu V + \Delta U_{31} = \nu R (2T_1 - T_1) +$   
 $+ \frac{3}{2} \nu R (2T_1 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R T_1$

$Q_{12} = 3 \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R T_1 - \frac{11}{2} \nu R T_1$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} \nu R T_1$

$A_{12} = p_1 V_1 + (p_1 V_1 - p_1 V_1 \cdot \frac{\pi}{4}) = 2 p_1 V_1 - \frac{\pi}{4} p_1 V_1$

$A_{12} = p_1 V_1 (2 - \frac{\pi}{4}) = \nu R T_1 (2 - \frac{\pi}{4})$

$Q_{12} = \frac{9}{2} \nu R T_1 + (2 - \frac{\pi}{4}) \nu R T_1 = (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) \nu R T_1$

4)  $A_{\text{ч}} = A_{12} - |A_{31}| = \nu R T_1 (2 - \frac{\pi}{4} - 1) = (1 - \frac{\pi}{4}) \nu R T_1$

6)  $\eta = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{3 \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R T_1}{(\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) \nu R T_1} = \frac{11}{4 - \frac{2\pi}{4}} = \frac{11}{4 - \frac{\pi}{2}}$

Ответ:  $(\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) \nu R T_1; (1 - \frac{\pi}{4}) \nu R T_1; \frac{11}{4 - \frac{\pi}{2}}$

№ 5

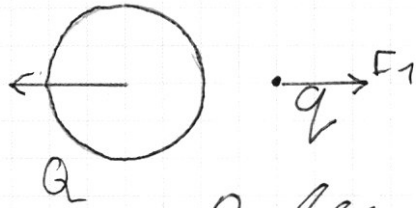
Дано:

$Q, q, R$

Найти:

$F_1, F_2$

Решение:



$$1) F_1 = \frac{kqQ}{(2R)^2} = \frac{kqQ}{4R^2}$$

Ответ:  $F_1 = \frac{kqQ}{4R^2}$

$$3C3: \frac{m v_0^2}{2} = m g H$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \sqrt{1300}$$
$$v_0 \approx 11,4 \frac{m}{c}$$

$$E = \frac{\Sigma m u^2}{2} = \frac{m u^2}{2}$$

$$u = 43,5 \frac{m}{c}$$

$$-H - H = u(t_1 - t_2) - \frac{g}{2}(t_1^2 - t_2^2)$$

~~$$H = u t_1$$~~

$$-H = u t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$-H = -u t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

$$u t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = -u t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

$$u t_1 + u t_2 =$$

~~$$u t_2 = H - \frac{g t_2^2}{2}$$~~

~~$$u t_1 = \frac{g t_1^2}{2} - H$$~~

~~$$u(t_2 - t_1) = H - \frac{g t_2^2}{2} - \frac{g t_1^2}{2} + H$$~~

~~$$H$$~~

$$H - H = u t_2 + \frac{g t_2^2}{2} - u t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$u(t_1 - t_2) = \frac{g}{2}(t_1^2 + t_2^2)$$

$$-u = \frac{g}{2} \cdot 2$$

$$H - H = u t_2 + u t_1 + \frac{g}{2}(t_2^2 - t_1^2)$$

$$-u(t_2 + t_1) = \frac{g}{2}(t_1 + t_2)(t_1 - t_2) \Rightarrow$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v_0^2}{2} = \frac{1}{2} \sum m u^2 = \frac{1}{2} u^2 \sum m$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{2m g H}{2} + \frac{m v^2}{2} = 0 \text{ взрыва}$$

$$v_0^2 = 2gH + v^2$$

$$v^2 = v_0^2 - 2gH$$

$$\frac{m (v_0^2 - 2gH)}{2} = \frac{u^2 \sum m_{\text{оск}}}{2} = \frac{m u^2}{2}$$

$u$  — скорость осколков

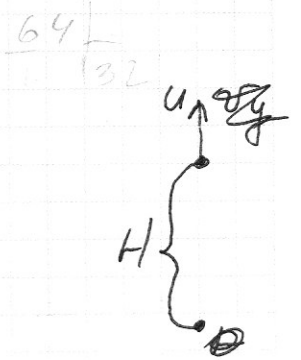
Время, за которое упали все осколки  $\tau$ .  
Значит последний

осколок —  $\tau$ . П.к. осколки разлетели во всевозможных направлениях, та, которая полетела после взрыва вертикально вверх, упадет последней за время  $\tau$ .

$$u \tau - g \frac{\tau^2}{2} = -H$$

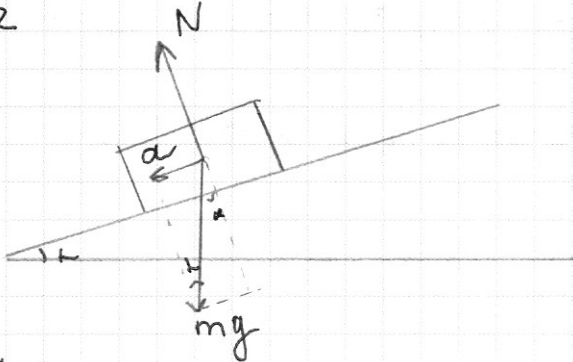
$$u = \frac{g \frac{\tau^2}{2} - H}{\tau} = \frac{g \tau}{2} - \frac{H}{\tau} = \frac{10 \cdot 10}{2} - \frac{65}{10}$$

$$u = 50 - 6.5 = 43.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



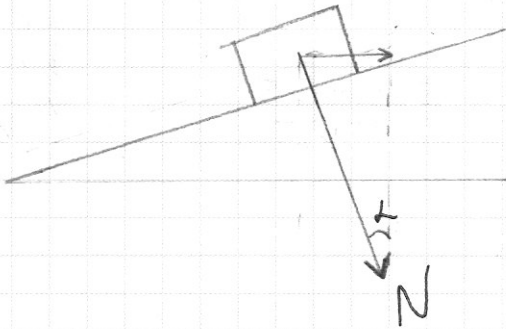
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



$$N = mg \cos \alpha$$

CO-земля



CO-клин

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha = 5$$

$$S = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2g \sin \alpha} = \frac{2^2}{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}} = 0,4 \text{ м}$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{S} \Rightarrow \cancel{S} = \cancel{H}$$

$$H = S \sin \alpha = 0,4 \text{ м} \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ м}$$

$$a_{\text{клин}} = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{5\sqrt{3}}{2}$$

$$a_{\text{клин}} = \frac{N \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha \cos \alpha$$

1 способ

$$S = \frac{a t_{\uparrow}^2}{2} \Rightarrow t_{\uparrow} = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,4}{50}} = 2 \text{ с}$$

$$t_{\text{пол}} = 2 t_{\uparrow} = 4 \text{ с}$$

$$v = a_{\text{клин}} t_{\text{пол}} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{4}{10} = 10\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v \approx 17,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2 способ

$$S = \frac{v_0 t_{\uparrow}}{2} \Rightarrow t_{\uparrow} = \frac{2S}{v_0} = \frac{2 \cdot 0,4}{2} = 0,4 \text{ с}$$

$$t_{\uparrow} = \sqrt{\frac{8}{50}} = \sqrt{\frac{16}{100}} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с} \Rightarrow t_{\text{пол}} = 0,8 \text{ с}$$

$$v_{\text{клин}} = a_{\text{клин}} \cdot t = \frac{5\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{4}{10} \approx 1,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$3 \text{СЭ: } \frac{m(v_0^2 - 2gH)}{2} = \frac{m}{2} u^2$$

$$v_0^2 = u^2 + 2gH =$$

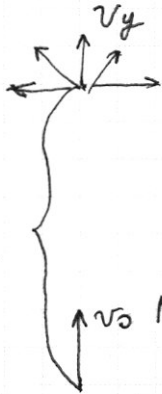
$$v_0^2 = 3231,65$$

$$20 \cdot 65 = 1300$$

$$\begin{array}{r} \times 43,5 \\ 43,5 \\ \hline 2115 \\ 1705 \\ \hline 1740 \\ 1931,65 + \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 1031,65 \\ 1300 \\ \hline 3231,65 \end{array}$$

№1



ЗЦЭ:  ~~$m_1 + m_2 + \dots$~~

$$\frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_k) v_0^2}{2} = \frac{1}{2} (m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 + \dots + m_k v_k^2)$$

65 м = H

$$(m_1 + m_2 + \dots + m_k) v_0^2 = m_1 v_1^2 + \dots + m_k v_k^2$$

пусть  $v_y$  - максимальная скорость вращ на Oy

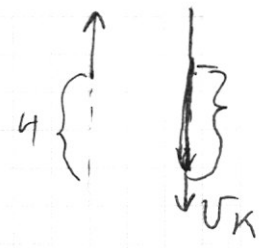
$v_y$

$$H = v_y t$$

$$-H = v_y z - \frac{g z^2}{2}$$

$$\frac{g z^2}{2} - H = v_y z$$

$$v_{y \text{ MAX}} = \frac{\frac{g z^2}{2} - H}{z} = \frac{5 \cdot 10^2 - 65}{10} = \frac{500 - 65}{10}$$



$$v_{\text{MAX}} = \cancel{435} 43,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$-v_k = v_y - g t = 43,5 - 100 = -60,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\begin{cases} \frac{m v_0^2}{2} = \frac{1}{2} \sum_k m_k v_k^2 \\ m v_0 = \sum_k m_k v_k \end{cases} \quad v'$$

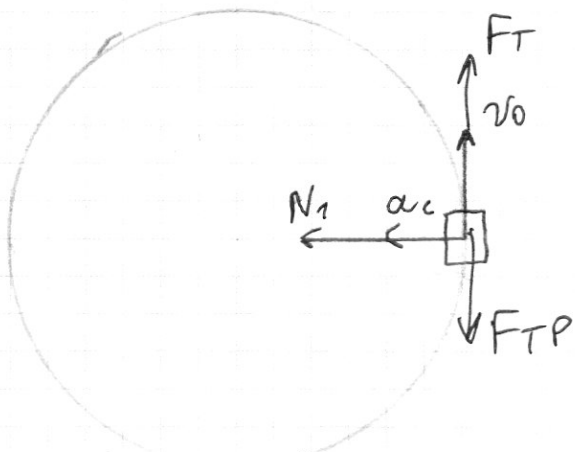
$$\frac{\frac{m v_0^2}{2}}{m v_0} = \frac{1}{\sum}$$

$$u = \frac{5 \cdot 100 - 65}{10} = \frac{500 - 65}{10} = 43,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$u = \frac{25 \cdot 10}{2} - \frac{65}{10} = 50 - 6,5 = 43,5$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

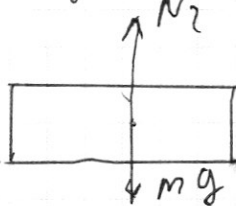


$$a_c = \frac{N_1}{m} = \frac{v_0^2}{R}$$

$$N_1 = \frac{m v_0^2}{R} = \frac{3,7^2 \cdot 0,4^3}{1,23}$$

$$N_1 = \frac{3,7^2}{3} \approx 4,56 \text{ Н}$$

вид сверху



вид сбоку

$$\begin{array}{r} \times 3,7 \\ 3,7 \\ + 259 \\ \hline 111 \\ 13,69 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13,69 \overline{) 3} \\ \underline{-12} \phantom{0} \\ 16 \phantom{0} \\ \underline{-15} \phantom{0} \\ 19 \phantom{0} \\ \underline{-18} \\ 10 \end{array}$$

$$N_2 = mg = 4 \text{ Н}$$

$$N_{рез} = \sqrt{N_1^2 + N_2^2} = \sqrt{16 + 20} \approx 6 \text{ Н}$$

$$v_0 = \sqrt{a_c R} = \sqrt{\frac{N_1}{m} \cdot R}$$

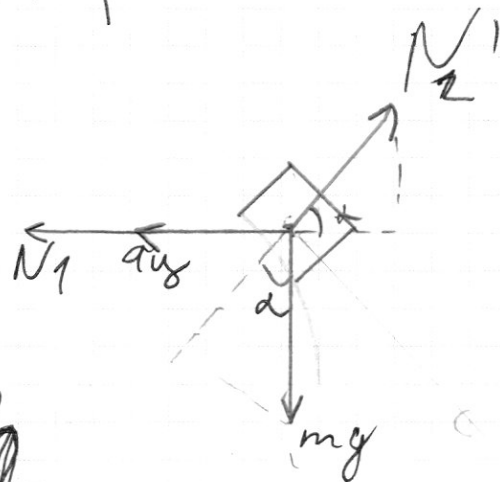
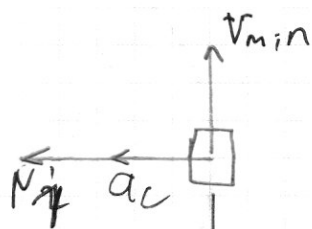
$$v_{min} = \sqrt{\frac{N_1}{m} \cdot R}$$

~~$$F_T = \mu N_1 = \mu \frac{m v_0^2}{R}$$~~

$$F_T = \mu N_{рез}$$

$$F_T = \mu N_{рез}$$

$$a_{\text{ос}} = \frac{v_{\text{min}}^2}{R} = \frac{-mg \cos^2 \alpha + N_1}{m}$$



$$F_{\text{TP}} = \mu N_2$$

$$F_{\text{TP}} = \mu mg \cos \alpha$$

bug сверху

bug снизу

$$N_1 = \frac{v_{\text{min}}^2}{R}$$

$$a_{\text{ос}} = \frac{N_1 - N_2}{m}$$

$$a_{\text{ос}} = \frac{v_{\text{min}}^2}{R}$$

$$a_{\text{ос}} = \frac{\frac{v_{\text{min}}^2}{R} - N_2 \cos \alpha}{m} = \frac{\frac{v_{\text{min}}^2}{R} - mg \cos^2 \alpha}{m}$$

$$F_{\text{TP}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$a_{\text{ос}} = \frac{N_1 - N_2 \cos \alpha}{m} = \frac{N_1 - mg \cos^2 \alpha}{m}$$

$$N_{\text{рез}} = N_1^2 + N_2^2 + \frac{\sqrt{3}}{2} N_1 N_2$$



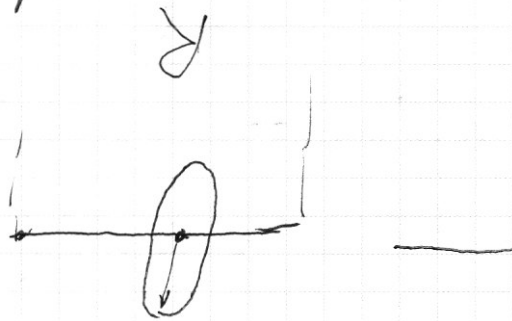
### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_{TP} = F_{TP} = \mu N_{рез} = F_T$$

$$N_1 = \frac{F_{TP}}{\mu} = N_{рез}$$

$$F_T = F_{TP} = \mu N_r$$

~~N<sub>1</sub>~~



$$A_{12} = \frac{2}{\sqrt{2}} \sqrt{2}$$

N = 4

$\chi_{Ag} = 2$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} =$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_1$$

$$\frac{p_1 \cdot 2V_1}{p_1 V_1} = \frac{\nu R T_1}{\nu R T_1} = 2$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 2$$

$$p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_1$$

$$2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_1$$

$$\frac{1}{2} = \frac{2T_1}{T_1} \Rightarrow T_1 = 4T_1$$

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_3}{Q_2} = 1 - \frac{Q_3}{Q_2}$$

$Q_{12}$

$$Q_{12} \Rightarrow \Delta U_{23} - Q_{31} = 0$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R (2T_1 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R T_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 2T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot 2T_1 = 3 \nu R T_1$$

$$Q_{12} = \frac{6+5}{2} \nu R T_1 = \frac{11}{2} \nu R T_1$$

$$A_{12} = A_{12} - A_{13}$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{11}{2} \nu R T_1 - \frac{9}{2} \nu R T_1 = \frac{2}{2} \nu R T_1 = \nu R T_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 \cdot 3 = \frac{9}{2} \nu R T_1 = \left(\frac{1}{2} - 1\right) \nu R T_1 = -\frac{1}{2} \nu R T_1$$

$$A_{12} = \left(\frac{11}{2} - \frac{9}{2}\right) \nu R T_1 = \nu R T_1$$

$$A_{31} = \nu R T_1$$

$$\nu: \nu \perp \nu \cdot 2 = S$$

$$\frac{11}{2} \nu R T_1 - \frac{9}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \frac{2}{2} \nu R T_1 = \nu R T_1$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}; A_{12} = \frac{9}{2} + \frac{1}{2} =$$

$$\nu R^2 = \nu R \nu$$