

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

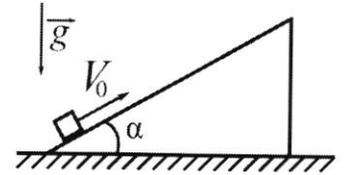
1. Фейерверк массой  $m = 2$  кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва  $H =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

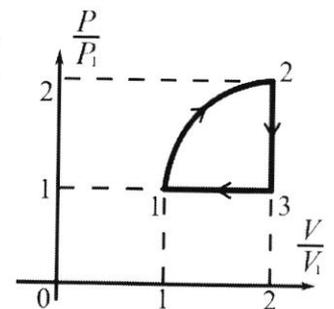
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1$ .

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.

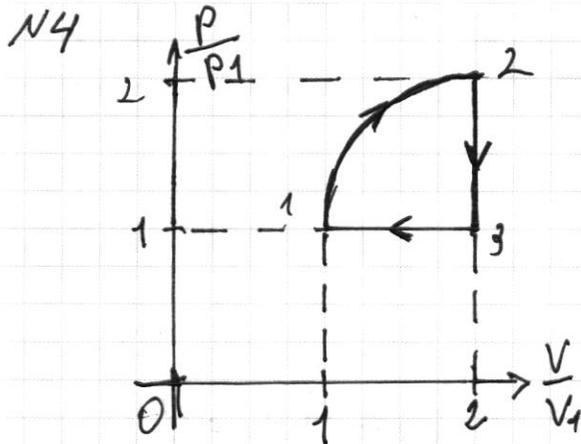
Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $2R$  от центра.

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

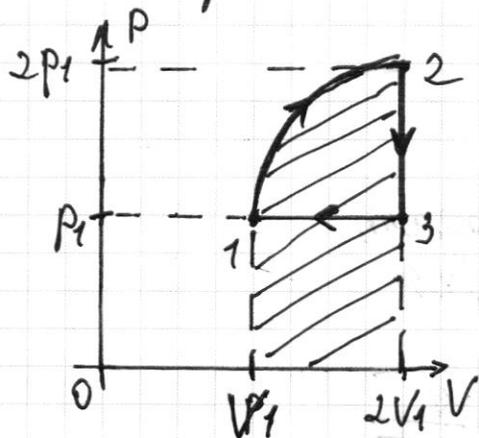
Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.

Дано:  
 $V = 1 \text{ моль}$   
 $T_1, R$

- 1)  $Q = ?$
- 2)  $A = ?$
- 3)  $\eta = ?$



$Q = A_{12} + \Delta U_{12}$   
 В осях  $p(V)$  переписываем рисунок  
 переписываем рисунок  
 в осях  $p(V)$ .



$A_{12}$  - работа газа в процессе 1-2  
 $\Delta U_{12}$  - изменение внутренней энергии газа в процессе 1-2

В осях  $p(V)$  работа газа в процессе 1-2 можно разбить на элементарные подграфичные процессы.

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

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad p_2 V_2 = \nu R T_2 \quad 2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (4p_1 V_1 - p_1 V_1) = \frac{9}{2} p_1 V_1$$

$$Q = p_1 V_1 \left( \frac{4 + \pi + 18}{4} \right) = \nu R T_1 \left( \frac{22 + \pi}{4} \right) = R T_1 \left( \frac{22 + \pi}{4} \right)$$

2. В осях  $p(V)$  работа газа за цикл можно разбить на элементарные подграфичные процессы, вращательной циклом.

$$A = \frac{p_1 V_1 \cdot \pi}{4} = \frac{\pi \nu R T_1}{4} = \frac{\pi R T_1}{4}$$

3.  $\eta = \frac{A}{Q_{in}}$ , где  $Q_{in}$  - количество теплоты подведенное к газу за цикл.  
 в процессе 2-3:  $Q_{23} = \frac{3}{2} (2 \cdot 4 p_1 - 4 p_1 V_1) = -3 p_1 V_1 < 0$ , значит от газа отводят тепло.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

Дано:

$$\left. \begin{array}{l} V = 1 \text{ моль} \\ T_1, R \end{array} \right\}$$

1.  $Q_1 = A + Q_2$

$$A = p_1 \cdot V_1 + \frac{\sqrt{3}}{4} p_1 V_1 = p_1 V_1 \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$$

$$Q_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (2V_1 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$Q_1 = p_1 V_1 \left(\frac{11}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4}\right) = \nu R T_1 \left(\frac{22 + \sqrt{3}}{4}\right) = \underline{\underline{R T_1 \left(\frac{22 + \sqrt{3}}{4}\right)}}$$

~~$$\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1$$~~

2.  $A = \frac{p_1 V_1 \sqrt{3}}{4}$  (площадь поверхности).

3.  $\eta = \frac{A}{Q_2}$  в 2-3 тело отдаёт  
в 3-1- тело отдаёт

$$\eta = \frac{p_1 V_1 \sqrt{3} \cdot 4}{4 \cdot R T_1 (22 + \sqrt{3})} = \frac{p_1 V_1 \sqrt{3}}{R T_1 (22 + \sqrt{3})} = \frac{\sqrt{3}}{22 + \sqrt{3}}$$

N5

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

в процессе 3-1:  $Q_{31} = -p_1 V_1 + \frac{3}{2} (p_1 V_1 - 2 p_1 V_1) = -\frac{5}{2} p_1 V_1$   
знаем в процессе 31 от газа отводится тепло.  $-\frac{5}{2} p_1 V_1$

Тогда  $Q_H = Q = RT_1 \cdot \left( \frac{22 + \sqrt{x}}{4} \right)$

$\eta = \frac{\sqrt{x} RT_1 \cdot 4}{4 \cdot RT_1 (22 + \sqrt{x})} = \frac{\sqrt{x}}{22 + \sqrt{x}}$

Ответ:  $Q = RT_1 \cdot \left( \frac{22 + \sqrt{x}}{4} \right)$ ,  $A = \frac{\sqrt{x} RT_1}{4}$ ,  $\eta = \frac{\sqrt{x}}{22 + \sqrt{x}}$   
N 1

Дано:  
 $m = 2 \text{ кг}$   
 $H = 65 \text{ м}$   
 $\gamma = 10 \text{ с}$   
 $\varphi = 10 \text{ м/с}$

1. На орбитерверк действует только  
 потенциальная сила тяжести, значит  
 механическая энергия орбитерверка

1)  $v_0 = ?$  сохраняется.  $\frac{m v_0^2}{2} = m g H$  (нижний уровень  
 2)  $K = ?$  потенциальной  
 энергии и поверх-

$v_0 = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} =$   
 $= \sqrt{1300} = 10 \sqrt{13} \text{ (м/с)}$  (в верхней точке траектории  
 орбитерверка равна нулю)

2. Последним на земле упадет осколок, который  
 после взрыва вертикально вверх, т.к. проекция  
 его скорости на направление вертикально  
 вверх ось y будет максимальной. Время полета  
 этого осколка будет равно  $\tau$ .

$y: -H = v \tau - \frac{g \tau^2}{2}$ , где  $v$  - начальная скорость осколка.

$v = \frac{H + \frac{g \tau^2}{2}}{\tau} = \frac{10 \cdot 10^2}{2} - 65 = 43,5 \text{ (м/с)}$

3.  $K = \sum \frac{\Delta m v^2}{2}$ , где  $\Delta m$  - масса одного осколка.

$$K = \frac{v^2}{2} \sum \Delta m = \frac{v^2}{2} m = \frac{43,5^2}{2} \cdot 2 = 43,5^2 = 1892,25 \text{ Дж}$$

Ответ:  $v_0 = 10\sqrt{3}$  м/с,  $K = 1892,25$  Дж.

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_0 = 2 \text{ м/с}$$

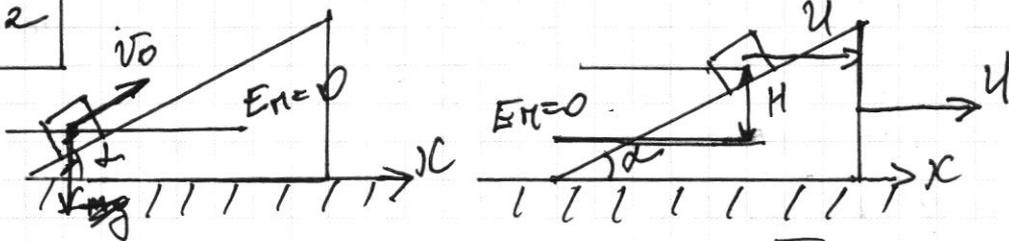
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1) H = ?$$

$$2) v = ?$$

Решение:

1.  $m$  — масса шипа и масса шайбы.



Поскольку на шипе «шип+шайба» действует только вертикально направленная: потенциальная сила тяжести, и направленная перпендикулярно движению шипа сила реакции опоры, работа которой равна нулю, механическая энергия системы, а точнее проекция её на горизонтальную ось  $x$  сохраняется.

В верхней точке скорость шайбы относительно шипа равна нулю, значит относительно ИСО поверхности шайба в этот момент движется со скоростью  $u$ , так же, как шип.

$$x: m v_0 \cos \alpha = m u + m u \quad v_0 \cos \alpha = 2u$$

$$u = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$$

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

$$\frac{v_0^2}{2} = g H + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2}$$

$$H = \frac{2 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}{4g} =$$

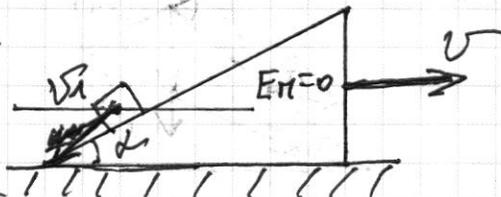
$$= \frac{2 \cdot 2^2 - 2^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}{4 \cdot 10} = \frac{8 - 3}{40} = \frac{1}{8} = 0,25 \text{ (м)}.$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. Энергия Механическая энергия системы  
"шайба + клин" сохраняется:

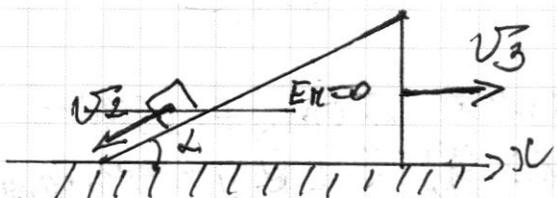
$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + \frac{mV_1^2}{2}$ , где  $V_1$  - скорость шайбы относительно поверхности в момент, когда шайба вернется в точку старта на клине.

Проекция шайбы на ось  $x$  сохраняется переводим в СО, движущуюся вправо со скоростью  $U$ :



В этой СО клин и шайба в момент  $t_0$  первого контакта покоятся.

$mgH = \frac{mV_2^2}{2} + \frac{mV_3^2}{2}$ , где  $V_2$  - скорость шайбы в этой СО, а  $V_3$  - скорость клина в этой СО (оба со скорости в момент времени, когда шайба вернется в точку старта на клине).



И:  $0 = mV_3 - mV_2 \cdot \cos\alpha$       $V_3 = V_2 \cos\alpha$

$2gH = \frac{V_3^2}{\cos^2\alpha} + V_3^2$       $V_2 = \frac{V_3}{\cos\alpha}$

$2gH = \frac{7}{4} V_3^2$       $V_3 = \sqrt{\frac{8gH}{7}}$

3. В СО неподвижной поверхности:

$V = U + V_3 = \frac{V_0 \sqrt{3}}{4} + \sqrt{\frac{8gH}{7}} = \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{\frac{2015}{7}} =$   
 $= \frac{\sqrt{21} + \sqrt{14030}}{2\sqrt{7}} \text{ (скал)} = \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{\frac{15}{7}} \text{ (мс)}$

Ответ:  $H = 0,25 \text{ м}$ ,  $V = \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{\frac{15}{7}} \text{ м/с}$ .

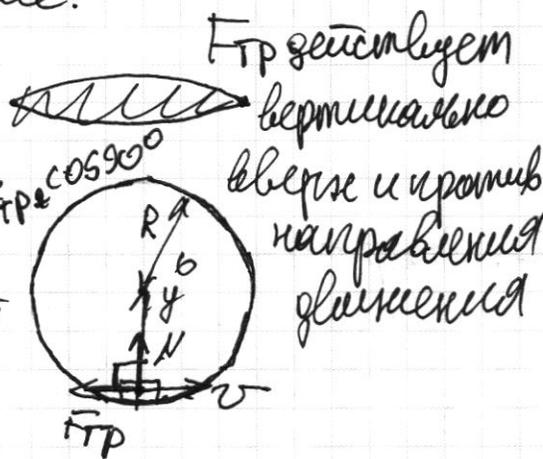
дано:  $\mu = 0,9$   
 $L = \frac{R}{6} = 30^\circ$   
 $R = 1,2 \text{ м}$   
 $v_0 = 3,7 \text{ м/с}$   
 $m = 0,4 \text{ кг}$   
 $\varphi = 10 \text{ м/с}^2$

N3

Решение:

1.  $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{TP}$

y:  $ma = mg \cdot \cos 90^\circ +$   
 $+ N + F_{TP} \cos 90^\circ +$



$F_{TP}$  действует вертикально вверх и против направления движения

1)  $p = ?$   
 2)  $v_{min} = ?$

( $mg \perp$  поверхности)

$a = \frac{v_0^2}{R}$      $m \frac{v_0^2}{R} = N$

по 3 закону Ньютона:  $N = p$

$p = \frac{mv_0^2}{R} = \frac{0,4 \cdot 3,7^2}{1,2} = 4,56 \text{ Н}$

2.



y:  $ma_2 = p_2 + mg \sin \alpha + F_{TP} \cos 90^\circ$

~~$ma_2 \sin \alpha = p_2 \sin \alpha + mg \sin \alpha$~~

x:  ~~$mg \cos \alpha = p_2 \cos \alpha$~~

$ma_2 = \frac{mg \sin \alpha}{\sin \alpha} + mg \sin \alpha$     x:  $mg + p_2 \sin \alpha - p_2 \cos \alpha = ma_2 \sin \alpha$

x:  ~~$F + p + mg \sin \alpha = 0$~~      $p_2 \mu = mg \sin \alpha$

$m \frac{v_{min}^2}{R} = \frac{mg \sin \alpha}{\mu} + mg \sin \alpha$      $p_2 = \frac{mg \sin \alpha}{\mu}$

$v_{min} = \sqrt{g \sin \alpha R \left( \frac{1}{\mu} + 1 \right)} = \sqrt{10 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \left( \frac{1}{0,9} + 1 \right)} = \sqrt{6 \cdot 2,11} = \sqrt{12,66} \text{ (м/с)}$

ответ:  $p = 4,56 \text{ Н}$ ,  $v_{min} = \sqrt{12,66} \text{ (м/с)}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mg + P_2 \sin \alpha - P_2 \mu \cos \alpha = m a_2 \sin \alpha$$

$$P_2 = \frac{m a_2 \sin \alpha - mg}{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}$$

$$m a_2 = \frac{m a_2 \sin \alpha - mg}{\sin \alpha - \mu \cos \alpha} + mg \sin \alpha / (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_2 \sin \alpha - a_2 \mu \cos \alpha = m a_2 \sin \alpha - mg + mg \sin \alpha - mg \sin \alpha \cdot \mu \cos \alpha$$

$$a_2 = \frac{g(1 + \sin \alpha \mu \cos \alpha - \sin^2 \alpha)}{\mu \cos \alpha}$$

$$\frac{v_{\min}^2}{R} = \frac{g(1 + \sin \alpha \mu \cos \alpha - \sin^2 \alpha)}{\mu \cos \alpha}$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{g(1 + \sin \alpha \mu \cos \alpha - \sin^2 \alpha) R}{\mu \cos \alpha}}$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{10 \cdot (1 + 0,5 \cdot 0,9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,25 \cdot 1,2)}{0,9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}} =$$

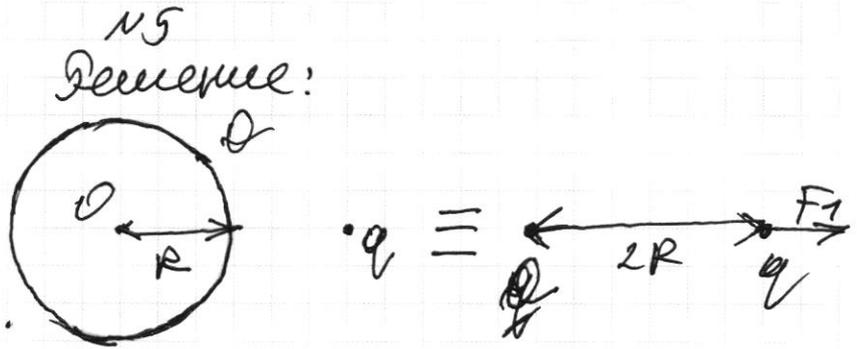
$$= \sqrt{\frac{(1,9 + 2,4\sqrt{3}) \cdot 2}{0,9 \cdot \sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{18 + 54\sqrt{3}}{0,9 \cdot \sqrt{3}}} \text{ м/с.}$$

$$\text{Ответ: } P = 4,56 \text{ Н, } v_{\min} = \sqrt{\frac{18 + 54\sqrt{3}}{0,9 \cdot \sqrt{3}}} \text{ м/с.}$$

$$\begin{array}{r} + 0,45 \\ + 12 \\ \hline 5,090 \\ 0,45 \\ \hline 5,40 \\ 1 \end{array}$$

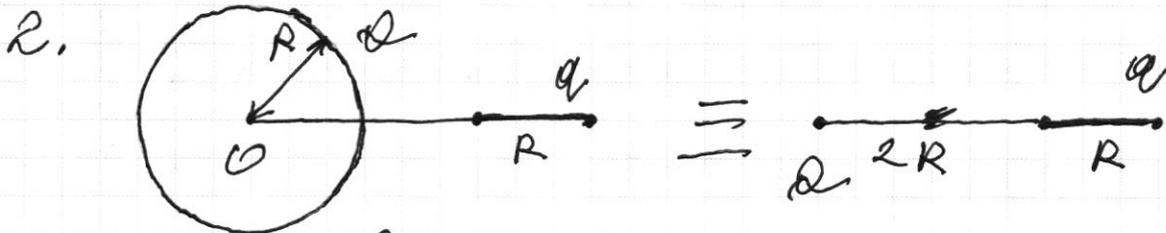
$$\begin{array}{r} ~~12~~ \\ + 0,75 \\ + 12 \\ \hline 1,50 \\ + 0,45 \\ \hline 1,90 \\ 1 \end{array}$$

Дано:  
 $q, Q, R$   
 $F_1 = ?$   
 $F_2 = ?$



1. Равномерно заряженную сферу можно заменить на точечный заряд  $Q$  в её центре.

$$F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$$



$$F_2 = \sum_i \frac{kQ \Delta q_i}{r_i^2}$$

где  $\Delta q_i$  - заряд одной маленькой части стержня,  $r_i$  - расстояние

$$F_2 = kQq \sum_i \frac{1}{r_i^2}$$

от  $i$ -той части стержня до центра сферы.

$$F_2 = kQ \sum_i \frac{\rho \Delta x}{(2R + \Delta x)^2}$$

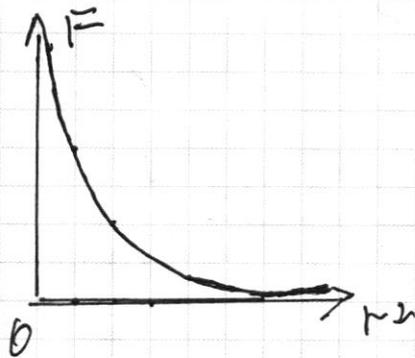
где  $\Delta x$  - длина маленькой части стержня,  $\rho = \frac{Q}{R}$  -

$$F_2 = k\rho Q R \sum_i \frac{1}{4R^2 + 4R\Delta x + \Delta x^2}$$

плотность заряда стержня

$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

$F(r^2)$  - обрат пропорц. зависимость



$F_3$  - сила действующая на левый конец стержня,  $F_4$  - сила действующая на правый конец стержня

$$F_2 = kQq \frac{4}{9R^2(3R+2R)^2}$$

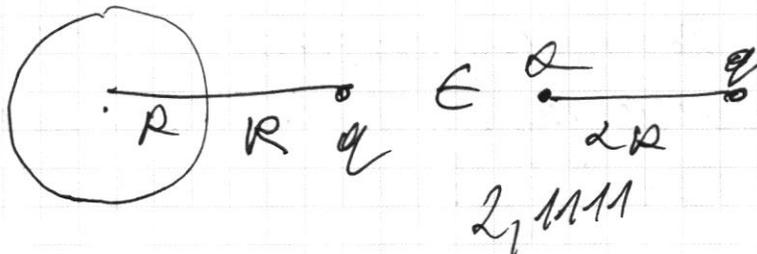
$$F_2 = kQq \frac{4}{25R^2}$$

Ответ:  $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$  ,  $F_2 = \frac{4kQq}{25R^2}$

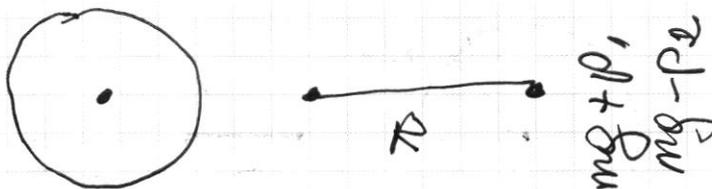
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5

$$1. F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{4R^2}$$



2.



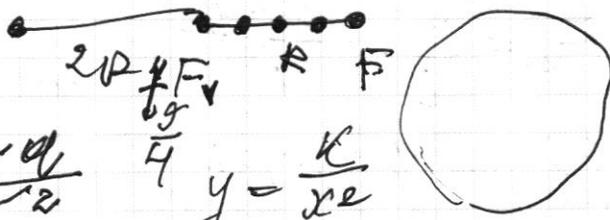
$$F_2 = \sum \frac{\Delta q Q k}{2R^2}$$

$$\rho = \frac{Q}{R}$$

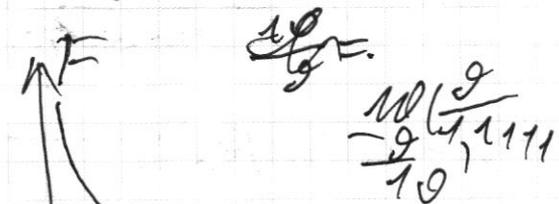
$$F_2 = \sum \frac{\Delta q Q k}{r^2}$$

$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

$$y = \frac{k}{x^2}$$



$$F_2 = \frac{Q Q k \sum \frac{1}{r^2}}{\frac{1}{2} \frac{Q}{R}} \quad F_1 = \frac{kQ^2}{4R^2} \quad F_2 = \frac{kQ^2}{2R^2}$$



$$F_1 = \frac{kQ^2}{\frac{1}{4} R^2}$$

$$F_2 = \frac{kQ^2}{(\frac{11}{4})^2 R^2}$$

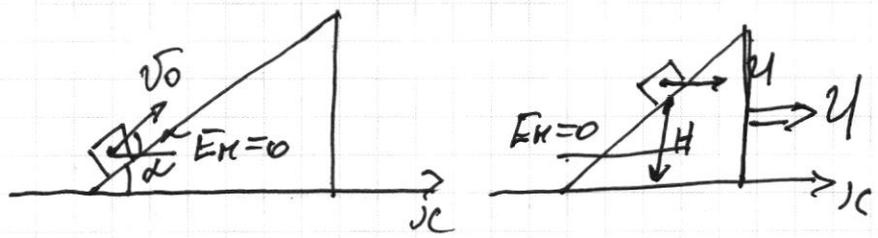
$$\sqrt{\frac{v_2}{v_1}}$$

$$\sum_i \frac{kQ^2}{r_i^2} = \frac{kQ^2}{\frac{11^2}{9^2}} = \frac{121}{81} \quad F(2R) \cdot 2R \cdot \frac{3R}{2R}$$

$$\frac{\frac{9}{4} F \Delta q + F \Delta q}{\Delta q} = \dots F_2$$

Дано:  
 $\alpha = 30^\circ$   
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $H = ?$

$N \perp$   
 $\vec{P} \perp \vec{v} = \vec{P} \perp \vec{R} \Rightarrow \vec{P} \perp \vec{X} \perp \vec{N}$   
 $m$  - масса шайбы и клина.  $\Delta q = \vec{P} \cdot \vec{X}$



В проекции на ось  $X$  шайба и клин  
 "клин + шайба" сохраняются, т.к. для системы  
 не действуют внешние силы.

ЗСМ:  $m v_0 \cos \alpha = m u + m u$   
 $u = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$

ЗСЭ:  $\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{m u^2}{2} + \frac{m u^2}{2}$

$v$  - скорость шайбы в верхней точке.

$v_{шайб} = v_{клин} = u$  в верхней точке шайба движется  
 относительно клина, зная её скорость относи-  
 тельно земли разложим  $\vec{v}$ .

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{m v^2 \cos^2 \alpha}{4}$$

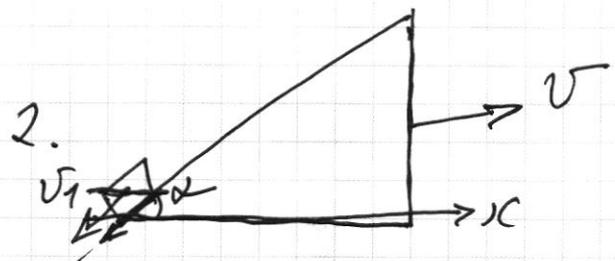
$$\frac{4}{2} = 10 \cdot H + \frac{4 \cdot 0,25}{2 \cdot 4}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = g H + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{4}$$

$$2 = 10 H + 1,5$$

$$10 H = 0,5$$

$H = 0,05 \text{ (м)} = 5 \text{ (см)}$



$m g + P \sin \alpha - P \mu = a \sin \alpha m$   
 $P =$

ЗСМ:  $x = v_1 \cos \alpha m + m v = m v_0 \cos \alpha$   
 $v_0 \cos \alpha = v - v_1 \cos \alpha$

4,56  
 + 0,9  
 -----  
 4,104  
 + 0,00  
 -----  
 4,104



Дано:

$$R = 1,2 \text{ м}$$

$$v_0 = 3,1 \text{ м/с}$$

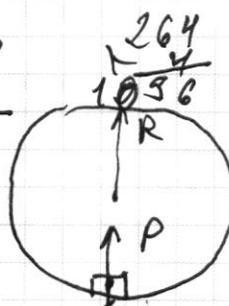
$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{6}$$

$$\mu = 0,9$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\begin{array}{r} 264 \\ + 8 \\ \hline 272 \end{array} \quad \begin{array}{r} 264 \\ + 5 \\ \hline 269 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 3,1 \\ + 3,1 \\ \hline 6,2 \\ + 25,9 \\ \hline 32,1 \\ + 11,1 \\ \hline 43,2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 120 \\ \hline 11,40 \end{array}$$

$$P = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$P = 94 \cdot \frac{3,1^2}{1,2} = \frac{912,2}{1,2} = 760,166$$

$$\begin{array}{r} 224 \overline{) 264} \\ \underline{0} \phantom{0} \\ 2240 \\ - 2112 \\ \hline 1280 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 4,56(11) \\ + 11,1 \\ + 0,1 \\ \hline 4,56 \\ + 600 \\ \hline 0,56 \end{array}$$

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \mu\vec{P} + \vec{P}$$

$$x: m \frac{v_{min}^2}{R} = P + mg \sin \alpha$$

$$y: -m \frac{v_{min}^2}{R} \sin \alpha = -P \sin \alpha - mg - \mu P \sin \alpha$$

$$m \frac{v_{min}^2}{R} \sin \alpha = P \sin \alpha + mg + \mu P \sin \alpha$$

$$P \sin \alpha + mg \sin \alpha = P \sin \alpha + mg + \mu P \sin \alpha$$

$$\mu P \sin \alpha = mg \sin \alpha - mg$$

$$\begin{array}{r} 2,24 \\ + 2,24 \\ \hline 4,48 \\ + 4,48 \\ \hline 8,96 \\ + 8,96 \\ \hline 17,92 \\ + 17,92 \\ \hline 35,84 \\ + 35,84 \\ \hline 71,68 \\ + 71,68 \\ \hline 143,36 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15,1 \\ + 1,14 \\ \hline 16,24 \\ - \frac{1}{30} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,6 \\ + 1,6 \\ \hline 3,2 \\ + 3,2 \\ \hline 6,4 \\ + 6,4 \\ \hline 12,8 \\ + 12,8 \\ \hline 25,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,7 \\ + 1,7 \\ \hline 3,4 \\ + 3,4 \\ \hline 6,8 \\ + 6,8 \\ \hline 13,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ + 2,2 \\ \hline 4,4 \\ + 4,4 \\ \hline 8,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4,56 \\ + 2,13 \\ \hline 6,69 \\ + 6,69 \\ \hline 13,38 \\ + 13,38 \\ \hline 26,76 \\ + 26,76 \\ \hline 53,52 \\ + 53,52 \\ \hline 107,04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,64 \overline{) 2,00} \\ \underline{0} \phantom{0} \\ 1640 \\ - 1600 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,64 \\ + 2,64 \\ \hline 5,28 \\ + 5,28 \\ \hline 10,56 \\ + 10,56 \\ \hline 21,12 \\ + 21,12 \\ \hline 42,24 \\ + 42,24 \\ \hline 84,48 \\ + 84,48 \\ \hline 168,96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,1 \\ + 2,1 \\ \hline 4,2 \\ + 4,2 \\ \hline 8,4 \\ + 8,4 \\ \hline 16,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,1 \\ + 2,1 \\ \hline 4,2 \\ + 4,2 \\ \hline 8,4 \\ + 8,4 \\ \hline 16,8 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3СЭ:  $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$

$V_1 = \frac{V - V_0 \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{2V}{\sqrt{3}} - 2$

$V_0^2 = V_1^2 + V^2$

$V_0^2 = \frac{V^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{2V^2 \cos \alpha}{\cos^2 \alpha} + V_0^2 + V^2$

$4 = \frac{8V^2}{9 \cdot 5} - \frac{4V^2}{9 \cdot 5} + 4 + V^2 \cdot 0,45$

$8 = V^2 - 4V + 8 + 0,45V^2$

$1,45V^2 = 4V \quad V = \frac{4}{1,45} = \frac{16}{7} \approx 2,29 \text{ (м/с)}$

$\frac{V}{0,45} - \frac{2V^2}{4 \cdot 5} + V = 0$

$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$

$mV \rightarrow V_1 \cos \alpha m = mV_0 \cos \alpha$

$V - V_1 \cos \alpha = V_0 \cos \alpha$

$V_0^2 = \frac{4}{3}V^2 - \frac{8V}{\sqrt{3}} + 4 + V^2$

$V_0^2 = \frac{7}{3}V^2 - \frac{8V}{\sqrt{3}} + 4$

$V = \frac{8 \cdot 3}{7 \cdot \sqrt{3}} = \frac{8 \cdot \sqrt{3}}{7} \approx 1,99 \text{ (м/с)}$

$2mV_1 \cos \alpha + V_2 \cos \alpha$

$\frac{1}{4} V_2^2 = 2gH$   
 $V_2^2 = \sqrt{\frac{8gH}{4}}$   
 $V_2 = \sqrt{\frac{2gH}{1}}$   
 $V_3 = \sqrt{\frac{8gH}{2}}$   
 $V_3 = \sqrt{\frac{4gH}{1}}$

$2gH = V_2^2 + V_3^2$   
 $2gH = \frac{1}{4} V_2^2 + V_3^2$   
 $V_3 = \sqrt{\frac{8gH}{4}}$

$8 + 1,99^2 = 8 + 3,96 = 11,96$   
 $13,92 - 11,96 = 1,96$   
 $6,920 - 6,300 = 6200$   
 $6200 - 5600 = 6000$   
 $6000 - 5600 = 400$