

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Фейерверк массой  $m = 1 \text{ кг}$  стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через  $T = 3 \text{ с}$  разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва  $K = 1800 \text{ Дж}$ . На землю осколки падают в течение  $\tau = 10 \text{ с}$ .

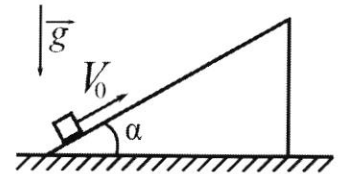
1) На какой высоте  $H$  взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени  $\tau$  осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

Через какое время 1 осколок упадет на землю?

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\cos \alpha = 0,6$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость  $V_0$  (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раз больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.

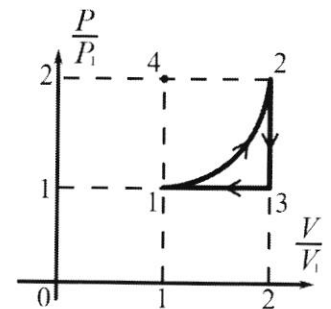
2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение  $a$  модели.

2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{\text{MIN}}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление  $P_1$  и объём  $V_1$ .



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

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

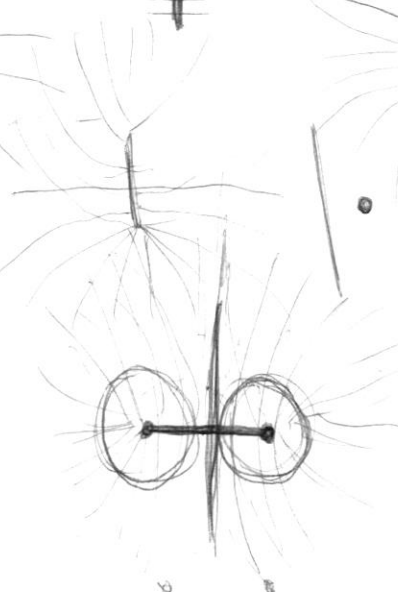
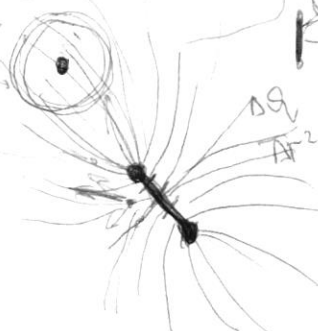
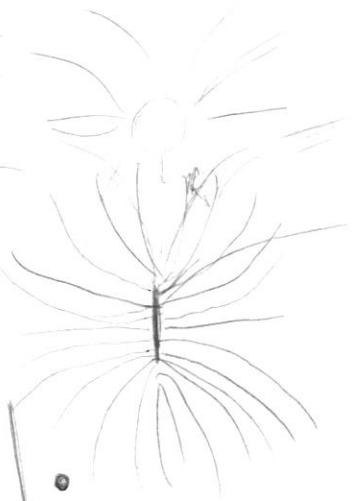
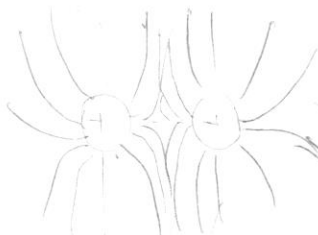
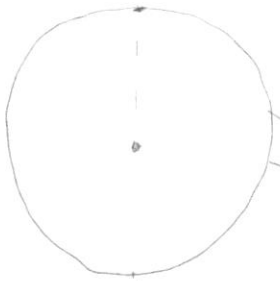
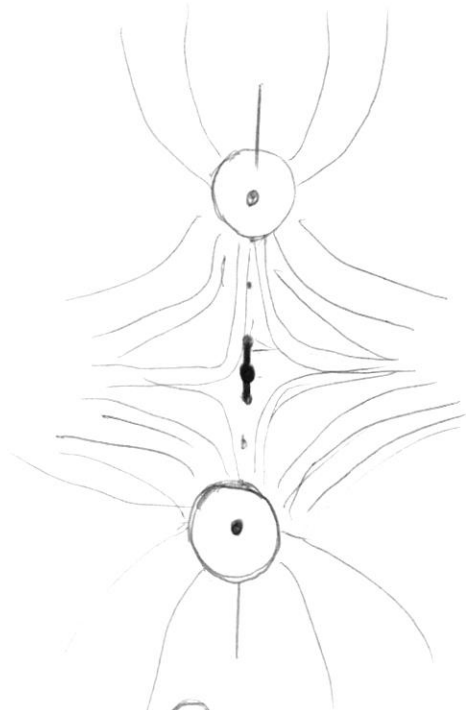
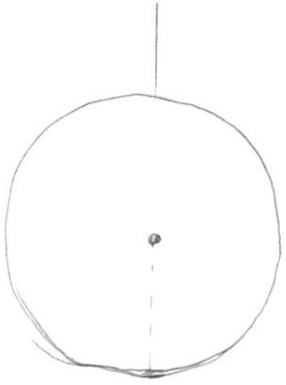
5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $3R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

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  $3R$  от центра.

2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

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



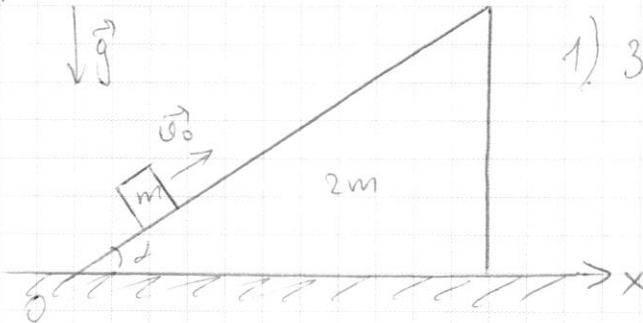
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

$\cos \alpha = 0,6$ ;  $H = 0,2$  м  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>

$v_0 = ?$

$v = ?$



1) Закон сохр. импульса: (ОХ)

Нач. соств:  $m v_0 \cos \alpha$

Кон соств:  $m v_1 + 2m v_2$  (Шарики и клин движ. как целое)

$$\cos \alpha m v_0 = 3m v_1$$

$$v_1 = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = \frac{v_0 \cdot 0,6}{3} = v_0 \cdot 0,2 = \frac{v_0}{5}$$

Закон сохр. энергии: ( $E_n = 0$  на уровне земли)

Нач соств:  $\frac{m v_0^2}{2}$

Кон соств:  $\frac{3m v_1^2}{2} + mgH$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v_1^2}{2} + mgH / m$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{3 v_1^2}{2} + gH$$

$$v_0^2 = 3 v_1^2 + 2gH$$

$$v_0^2 = \frac{3 v_0^2}{25} + 2gH$$

$$\frac{22 v_0^2}{25} = 2gH$$

$$v_0^2 = \frac{25}{22} \cdot 2gH = \frac{25}{22} \cdot 20 \cdot 0,2$$

$$v_0^2 = \frac{100}{22} \quad v_0 = \frac{10}{\sqrt{22}} \text{ (м/с)}$$

2)  $3m$ -масса клина и масса шара

Закон сохр. импульса ОХ

$$m v_0 \cos \alpha = m v_1 + m v_2$$

~~масса шара~~  $v_1$  - скорость клина  $v_2$  - скорость шара

$$v_0 \cos \alpha = v_2 + v_0$$

$$v_2 = v_0 (\cos \alpha - 1)$$

$$v_2 = -v_0 \cdot 0,4$$

$$v_2 = -\frac{2}{5} v_0$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{m v_{\text{ш}}^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m \cdot 4 v_0^2}{2 \cdot 25} + \frac{m v_{\text{ш}}^2}{2} \quad /:2$$

$$m v_0^2 = m \cdot \frac{4}{25} v_0^2 + m v_{\text{ш}}^2$$

$$\frac{21}{25} m v_0^2 = m v_{\text{ш}}^2$$

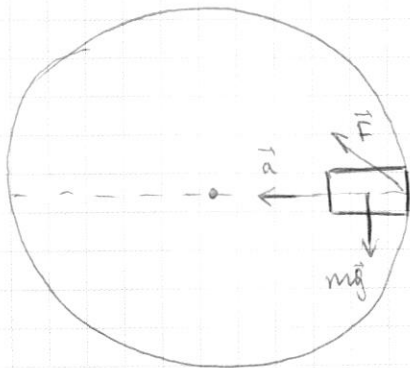
$$\frac{\sqrt{21}}{5} v_0 = v_{\text{ш}} \quad v_{\text{ш}} = \frac{\sqrt{21}}{5} \cdot \frac{10}{\sqrt{22}} = \frac{5\sqrt{21}}{\sqrt{22}} \text{ (м/с)}$$

Ответ:  $v_0 = \frac{10}{\sqrt{22}} \text{ (м/с)}$   $v_{\text{ш}} = \frac{5\sqrt{21}}{\sqrt{22}} \text{ (м/с)}$

Задача 3

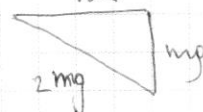
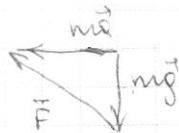
Им-масса модели

1)



$$m\vec{g} + \vec{F} = m\vec{a}$$

( $F$  - сила, с которой сфера действует на модель (по модулю равна силе, с которой модель действует на сферу)).  $F = 2mg$

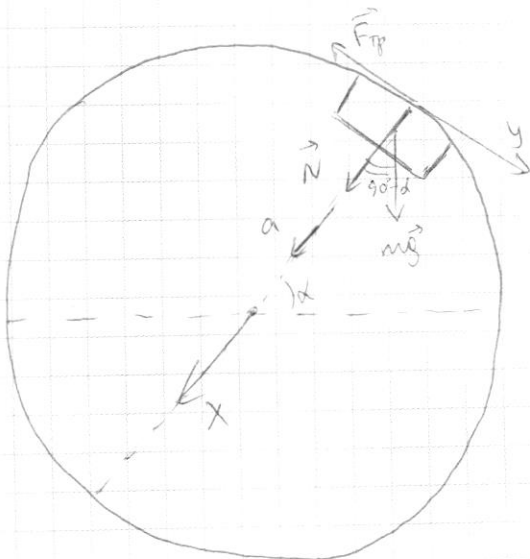


$$a^2 + g^2 = 4g^2$$

$$a^2 = 3g^2 \quad a = \sqrt{3}g$$

$$a = \sqrt{3} \cdot 10 \approx 17,3 \text{ (м/с)}$$

2)



$F_{\text{тр}}$  - сила трения, действует на модель

$N$  - сила реакции опоры со стороны сферы

$$\vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$OX: N + mg \sin \alpha = ma$$

$$OY: F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha$$

$$\mu N = mg \cos \alpha$$

$$N = ma - mg \sin \alpha$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\mu mg - \mu mg \sin \alpha = mg \cos \alpha \quad / m$$

$$\mu a - \mu g \sin \alpha = g \cos \alpha$$

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

$$a = g \cos \alpha \left( \frac{1}{\mu} + \mu \sin \alpha \right) = g \cos \alpha \left( \frac{1}{\mu} + 1 \right)$$

~~$$a = g \cos \alpha \left( \frac{1}{\mu} + 1 \right)$$~~

$$a = \frac{v_{\min}^2}{R}$$

$$v_{\min} = \sqrt{aR} = \sqrt{gR \cos \alpha \left( \frac{1}{\mu} + 1 \right)}$$

$$v_{\min} = \sqrt{10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \left( 1 + \frac{5}{4} \right)} = \frac{3}{2} \sqrt{5\sqrt{2}} = \frac{3}{2} \sqrt{5} \sqrt{2} \quad (\text{м/с})$$

Ответ: 1)  $a = \sqrt{3}g = 10\sqrt{3} \approx 17,3 \text{ (м/с}^2\text{)}$

2)  $v_{\min} = \frac{3}{2} \sqrt{5} \sqrt{2} \text{ (м/с)}$

Задача 1

$m = 1 \text{ кг}$

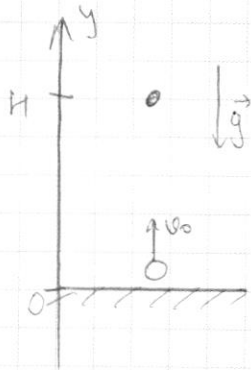
$T = 3 \text{ с}$

$K = 1200 \text{ Дж}$

$T = 10 \text{ с}$

$H = ? \quad v_0 = ?$

$T = 0$  — потенциальная энергия — на уровне земли.



1)  $T = 0$  — нач. скорость средняя

$$y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$y = H \Rightarrow H = v_0 T - \frac{g T^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{H}{T} + \frac{g T}{2}$$

Законом сохр. энергии

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H \Rightarrow \left( \frac{H}{T} + \frac{g T}{2} \right)^2 = 2 g H$$

$$\frac{H^2}{T^2} + \frac{g^2 T^2}{4} + g H = 2 g H$$

$$\frac{H^2}{g} + 25 \cdot g = 10 H$$

$$H^2 - 90 H + 25 \cdot 81 = 0$$

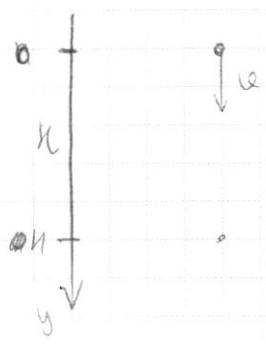
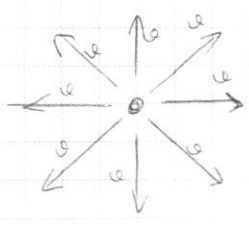
$$(H - 45)^2 = 0$$

$$H = 45 \text{ (м)}$$

2)

Пусть образуется  $N$  осколков после взрыва (массы  $m_1, m_2, \dots, m_N$ )  
 $(m_1 + m_2 + \dots + m_N = m)$   
 $\Rightarrow K = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \dots + \frac{m_N v_N^2}{2} = \frac{m v^2}{2}$   $v$  - скорость (по модулю) каждого осколка после взрыва

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$



Очевидно, первым упадет осколок, скорость которого направлена вертикально вниз (т.к. у него наиб. большая проекция скорости на ось  $y$ )

~~Время падения первого осколка~~  
~~время падения первого осколка~~  
~~время падения первого осколка~~

~~Время~~ То-время падения первого осколка

$$H = v_0 t_0 + \frac{g t_0^2}{2}$$

$$g t_0^2 + 2 v_0 t_0 - 2H = 0$$

$$t_0 = \frac{-2v_0 \pm \sqrt{4v_0^2 + 8gH}}{2g} = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 2gH}}{g}$$

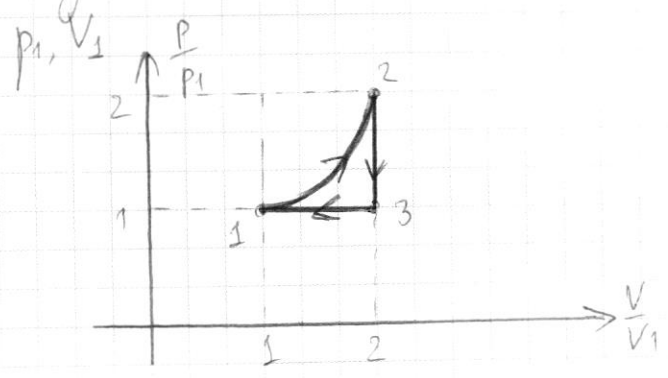
$$= \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gH} - v_0}{g}$$

$$t_0 = \frac{\sqrt{\frac{2K}{m} + 2gH} - v_0}{g}$$

$$t_0 = \frac{\sqrt{3600 + 900} - \sqrt{3600}}{10} = \frac{\sqrt{4500} - 60}{10} = \frac{\sqrt{45} - 6}{10} \text{ (с)}$$

Ответ: ~~1) H = 45 м~~ 2)  $t_0 = \sqrt{45} - 6$  с

Задача 4



$$A_{12} = S_{\text{под гр. 1-2}}$$

Площадь под графиком 1-2:  $2 - \frac{\pi}{4}$

Т.к. график в коорд  $\frac{p}{p_1}$  и  $\frac{v}{v_1}$

$$\Rightarrow A_{12} = (2 - \frac{\pi}{4}) p_1 v_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot (2 p_2 v_2 - p_1 v_1) = \frac{3}{2} \cdot 3 p_1 v_1 = \frac{9}{2} p_1 v_1$$

$$1) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) p_1 v_1$$

$$Q_{23} < 0 \quad (\Delta U_{23} < 0 \quad A_{23} = 0)$$

$$Q_{31} < 0 \quad (\Delta U_{31} < 0 \quad A_{31} < 0)$$

$$\Rightarrow Q_{\text{мотор}} = (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) p_1 v_1$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)  $S_{\text{цилиндра}} = (1 - \frac{\pi}{4})$   
 $\Rightarrow A_{\text{цилиндра}} = (1 - \frac{\pi}{4}) p_1 V_1$  (т.к координат  $\uparrow$  в  $p_1$  и в  $V_1$  раз)

3)  $\eta = \frac{A_{\text{цилиндра}}}{Q_{\text{цилиндра}}} = \frac{(1 - \frac{\pi}{4}) p_1 V_1}{(\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) p_1 V_1} = \frac{4 - \pi}{26 - \pi}$

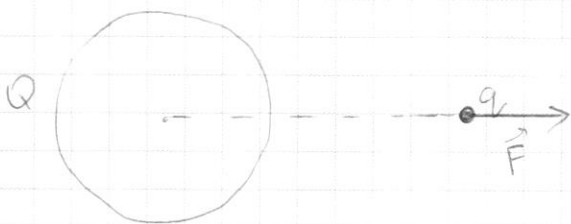
Ответ: 1)  $Q = (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) p_1 V_1$

2)  $A = (1 - \frac{\pi}{4}) p_1 V_1$

3)  $\eta = \frac{4 - \pi}{26 - \pi}$

### Задача 5

1)



В первом опыте заметной шарик можно считать точечным зарядом. Большой шар создает электростатическое поле ~~внутри~~

Во внешней области сферического заряда такое же поле, как точечный заряд  $Q$ .

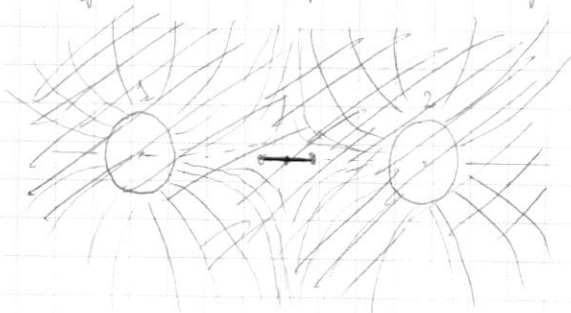
$\Rightarrow$  Можно ~~применить~~ применить закон Кулона

$$F = \frac{k q Q}{(3R)^2} = \frac{k q Q}{9R^2}$$

2)  $\neq$  качественно картину создаваемого поля

~~Внешнее поле~~ ~~внутри~~ ~~сферы~~ ~~создается~~ ~~полем~~

~~внутри~~ ~~сферы~~ ~~создается~~ ~~полем~~

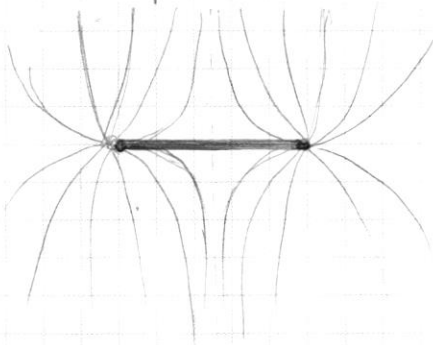


Внешнее поле ~~создается~~ ~~полем~~ ~~сферы~~ ~~создается~~ ~~полем~~

~~внутри~~ ~~сферы~~ ~~создается~~ ~~полем~~

~~внутри~~

☞ поле стержня



Q

Это приблизительно так с полем 2

точ. зарядов с зарядом  $q/2$

Заменим стержень на 2 точ. заряда  $q/2$



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\text{OX: } F = F_1 + F_2$$

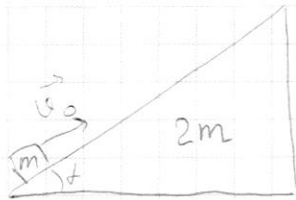
$$F = \frac{kQ(q/2)}{(3R)^2} + \frac{kQ(q/2)}{(4R)^2} = \frac{kQq}{2R^2} \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right) = \frac{7}{24} \frac{kQq}{R^2}$$

Ответ:

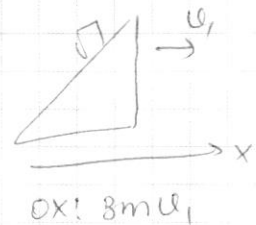
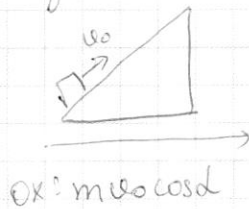
- 1)  $\frac{kQq}{9R^2}$
- 2)  $\frac{7kQq}{24R^2}$



$$\cos d = 0,6$$



Углов



$$m v_0 \cos d = 3m v_1$$

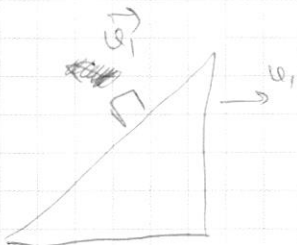
$$v_1 = \frac{v_0 \cos d}{3} = \frac{v_0 \cdot 0,6}{3} = \frac{v_0}{5}$$

Углов. и импульс  $m v_0$  OX:  $m v_0 \cos d$   $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v_1^2}{2} + m g h / 2$

$$v_0^2 = 3 v_1^2 + 2 g h$$

$$v_0^2 = 3 \cdot \frac{v_0^2}{25} + 2 g h$$

$$\frac{22}{25} v_0^2 = 20 \cdot 0,2 = 4$$



$(m+2m) v_1$  - в конце  $m v_1 \cos d$

$$m v_0 = 3m v_1, \quad m v_0 \cos d = 3m v_1$$

$$v_1 = \frac{v_0 \cos d}{3}$$

$$v_1 = \frac{v_0}{3}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m \left(\frac{v_0}{3}\right)^2}{2} + m g h + \frac{2m \left(\frac{v_0}{3}\right)^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m \left(\frac{v_0}{3}\right)^2}{2} + m g h / 2$$

$$v_0^2 = 3 \left(\frac{v_0}{3}\right)^2 + 2 g h$$

$$v_0^2 = \frac{v_0^2}{3} + 2 g h$$

$$\frac{2 v_0^2}{3} = 2 g h$$

$$v_0^2 = 3 g h$$

$$v_0^2 = 30 \cdot 0,2 = 6$$

$$v_0 = \sqrt{6} \text{ м/с.}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{2m v_1^2}{2} + m g h$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v_1^2}{2} + m g h$$

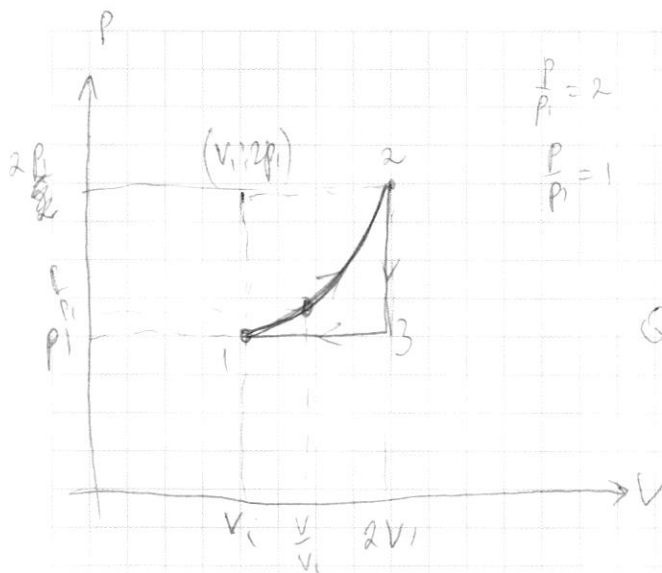
$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{3}{2} \frac{v_0^2 \cos^2 d}{9} + g h$$

$$\frac{v_0^2}{2} = v_0^2 \cdot \frac{1}{10} + g h$$

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

~~2 g h~~

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 3p_1 V_1 \ln 4 + \frac{3}{2} \cdot 3p_1 V_1 = \frac{15}{2} p_1 V_1$$

$$A_{23} = 0$$

$$A_{31} = -p_1 V_1$$

$$A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0$$

$$A_{12} = -A_{23} - A_{31}$$

$$A_{12} = p_1 V_1$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} (-2p_1 V_1) = -3p_1 V_1$$

$$Q_{31} = -p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = -\frac{5}{2} p_1 V_1$$

$$\left(\frac{p_2}{p_1} - \frac{2}{1}\right)^2 + \left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right)^2 = 1$$

$$\frac{9}{2} + 3 \ln 4 - 3 - \frac{5}{2} = 3 \ln 4 - 1$$

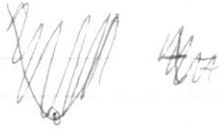
$$A + \Delta U = Q$$

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

$$Q_{12} = \left(2 - \frac{1}{4}\right) p_1 V_1$$

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} = \frac{A}{Q}$$

$$\frac{gt^2}{2} - v_{0y}t - h = 0$$



$$0 = h - v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = h - v_0 \cos \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h - v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = h - v_{0y1}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = h - v_{0y2}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_{0y1}t = v_{0y2}t \quad \text{Чем больше}$$

$$0 = h - v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$gt^2 + 2v_0 t - 2h = 0$$

$$t = \frac{gt^2}{2} + v_0 t - h = 0$$

$$t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g}$$

$$0 = h - v_0 \cos \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{v_0 \cos \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gh}}{g}$$

$$-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh} \leftarrow -v_0 \cos \alpha + \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gh}$$

$$\sqrt{v_0^2 + 2gh} - \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gh} > v_0(1 - \cos \alpha)$$

$$v_0^2 + 2gh - v_0^2 \cos^2 \alpha - 2gh > v_0^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha -$$

$$- 2v_0^2 \cos \alpha$$

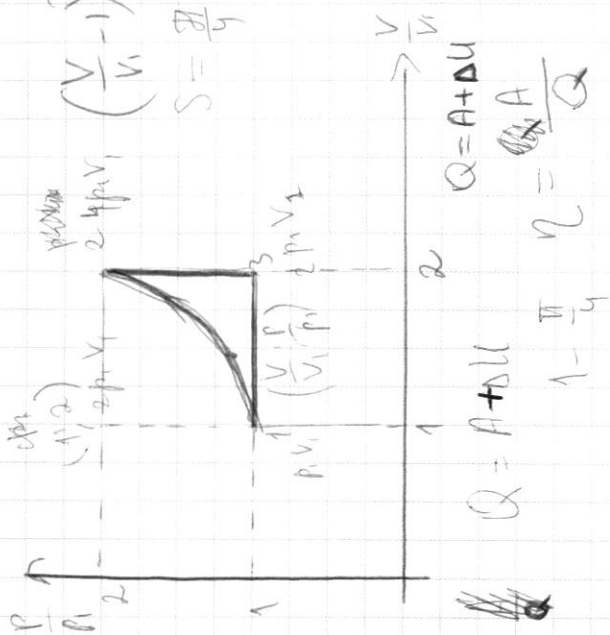
$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = A + \Delta U = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1 - \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_2 V_2$$

$$A_{\text{out}} = \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1 - \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_2 V_2$$

$$A_{\text{out}} = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1$$

$$\frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}}$$



$$\left(\frac{v}{v_1} - 1\right) + \left(\frac{p}{p_1} - 2\right)^2 = 1$$

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

$$\Delta U_{12} = 3 p_1 V_1$$

$$A_{23} = 0$$

$$\Delta U_{23} = -2 p_1 V_1$$

$$A_{3L} = -p_1 V_1$$

$$\Delta U_{3L} = -p_1 V_1$$

$$Q = A + \Delta U$$

$$1 - \frac{\pi}{4}$$

$$Q = A + \Delta U$$

$$Q$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

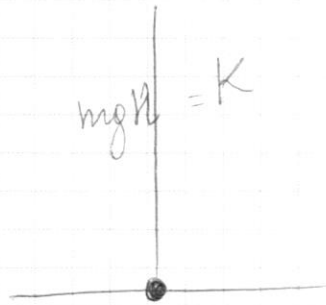
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$T = 3 \text{ с}$$

$$k = 1800 \text{ Дж}$$

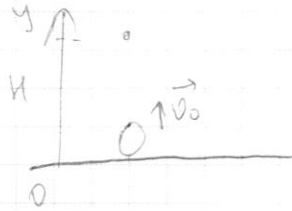
$$t = 10 \text{ с}$$

$$H = ? \quad v_0 = ?$$



~~$$H = \frac{k}{mg}$$~~

~~$$H = \frac{1800}{1 \cdot 10} = 180 \text{ (м)}$$~~



$$y = y_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

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

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

$$v_0 = \frac{H}{T} + \frac{g T}{2}$$

~~$$v_0 = \frac{180}{3} + \frac{10 \cdot 3}{2}$$~~

3 с? *гравитация*  ~~$v_0 = 25 = 25 \text{ м/с}$~~  *с начальной скоростью*

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH - \text{перед взрывом}$$

$$v_0^2 = 2gH$$

$$\left(\frac{H}{T} + \frac{g T}{2}\right)^2 = 2gH$$

$$\frac{H^2}{T^2} + \frac{g^2 T^2}{4} + gH = 2gH$$

$$\frac{H^2}{9} + 25 \cdot 9 = 10H$$

$$H^2 + 25 \cdot 81 = 90H$$

$$H^2 - 90H + 25 \cdot 81 = 0$$

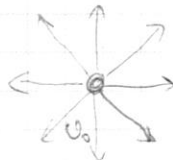
$$(H - 45)^2 = 0 \quad H = 45 \text{ (м)}$$

$$v_{0y} = \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}$$

$$v_{0y} = \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}$$

$$v_{0y} = \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}$$

$$v_{0y} = \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}$$



$$\frac{m_0 v^2}{2} N$$

$$\frac{m v^2}{2} = k$$

~~$$v = \frac{2k}{m}$$~~

*скорости всех осколков (по модулю)*  
 $2 \cdot \frac{1800}{1} = 3600$

$$y = v_{0y} t - \frac{g t^2}{2}$$

$$0 = v_{0y} t - \frac{g t^2}{2}$$

$$g t^2 - 2 v_{0y} t - 2H = 0$$

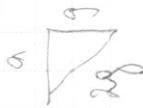
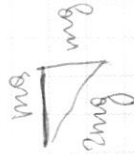
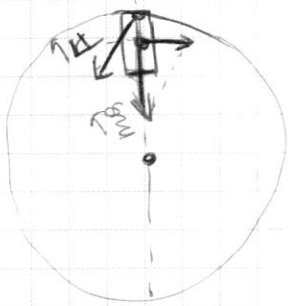
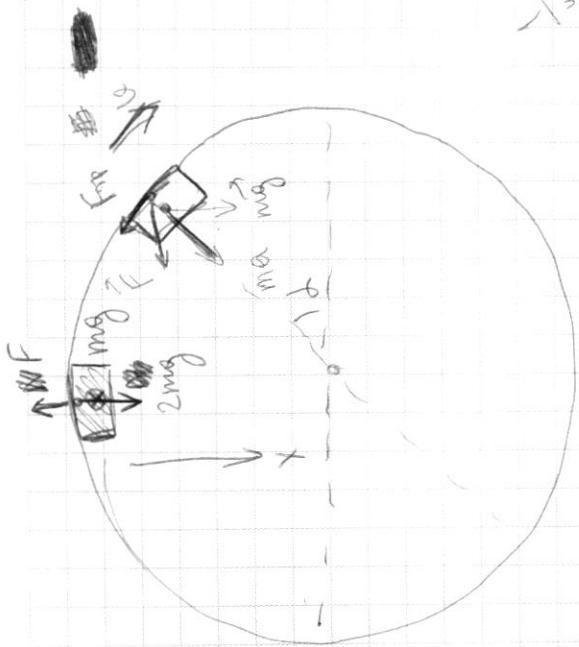
$$t = \frac{2v_{0y}}{g}$$

$$t = \frac{v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}}{g}$$

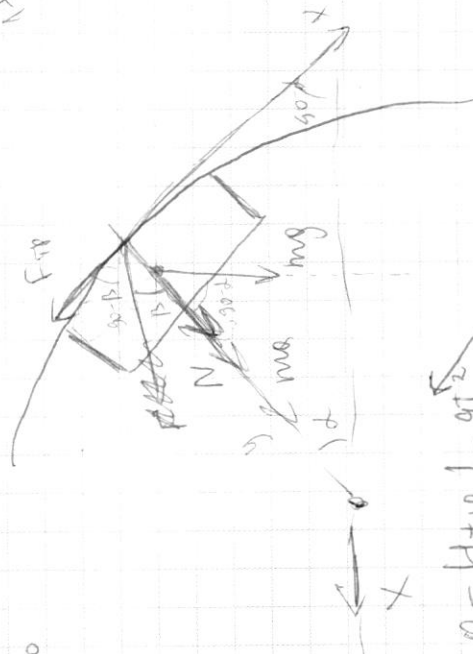
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{k Q q}{(3R)^2}$   
 $2m v_0 - m v_k = m v_0$   
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_k^2}{2} + \frac{2 m h v_0^2}{R}$   
 $2v_0 = v_0 + v_k$   
 $v_0 = \frac{v_0 + v_k}{2}$   
 $v_0^2 = v_k^2 + R \left( \frac{v_0 + v_k}{2} \right)^2$   
 $2v_0^2 = 2v_k^2 + v_0^2 + v_k^4 + 2v_0 v_k$   
 $v_0^2 = 3v_k^2 + 2v_0 v_k$   
 $3v_0^2 + 2v_0 v_k - v_0^2 = 0$   
 $(v_k + v_0)(3v_0 v_k - v_0) = 0$   
 $v_k = -v_0$   
 $v_0 = \frac{v_0}{3}$

$3m v_0$   
 $v_1 = \frac{v_0 \cdot 0,6}{3} = 0,2 \cdot v_0 = \frac{v_0}{5}$   
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + 2 m h v_1^2 + m g h$   
 $\frac{v_0^2}{2} = \frac{3 v_1^2}{2} + 2 g h$   
 $v_0^2 = 3 v_1^2 + 2 g h$   
 $v_0^2 = 3 \left( \frac{v_0^2}{9} \right) + 2 g h$   
 $25 v_0^2 = 5 v_0^2 + 50 g h$   
 $20 v_0^2 = 50 g h$   
 $50 \cdot 10 \cdot 0,2 = 100$   
 $v_0 = \frac{10}{\sqrt{2}}$



$$\frac{mv^2}{r} = \frac{mg}{\sqrt{2}}$$



$$0 = H + v_0 t - g t^2$$

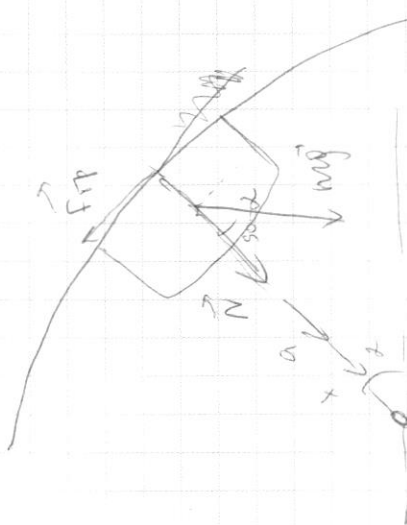
$$g t^2 - v_0 t - H = 0$$

$$t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 4gH}}{2g}$$

$$t = \frac{3600 \pm \sqrt{3600^2 + 4 \cdot 10 \cdot 1000}}{2 \cdot 10}$$

$$100 = \frac{3600 \pm \sqrt{12960000 + 40000}}{20}$$

$$1000$$



$$Ox: N + mg \sin \alpha = mv^2$$

$$F_{tr} = mg \cos \alpha$$

$$\mu N = mg \cos \alpha$$

$$N = \frac{mg \cos \alpha}{\mu}$$

$$\frac{mg \cos \alpha}{\mu} + mg \sin \alpha = mv^2$$

$$N = F \cos \beta$$

$$F \cos \beta + mg \sin \alpha = mv^2$$

$$Ox: mg \cos \alpha - F \sin \beta - \mu N = 0$$

$$mg \cos \alpha - F \sin \beta - \mu F \cos \beta = 0$$

$$F \cos \beta = \frac{mg \cos \alpha}{\mu + \tan \beta}$$

$$mg \cos \alpha - \frac{mg \cos \alpha}{\mu + \tan \beta} \sin \beta = mv^2$$

$$F \sin \beta = mg \cos \alpha - \mu mg \sin \alpha + mv^2$$

$$\frac{v^2}{R} = g (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$v = \sqrt{Rg \cos \alpha (1 + \tan \alpha)}$$

$$v = \sqrt{10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \left( \frac{g}{\sqrt{2}} \right)} = \frac{3}{2} \sqrt{5} \sqrt{2} = \frac{3}{2} \sqrt{10}$$