

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 $\tau = 10 \text{ с}$.

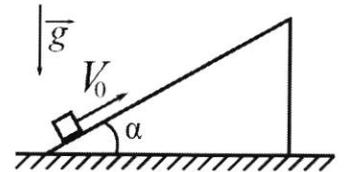
1) На какой высоте H взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени τ 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 α 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.

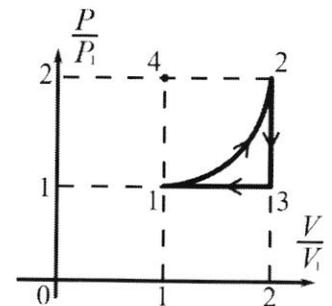
2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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_{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 η цикла.

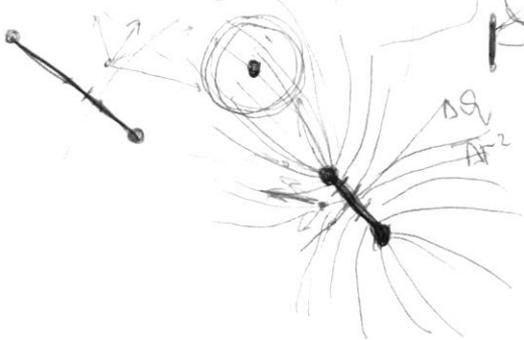
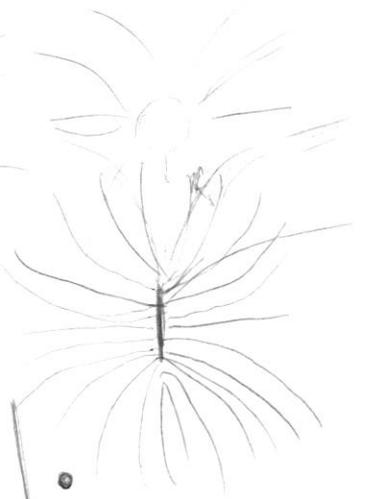
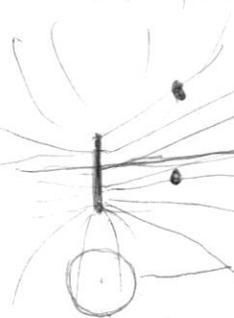
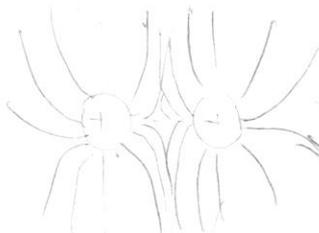
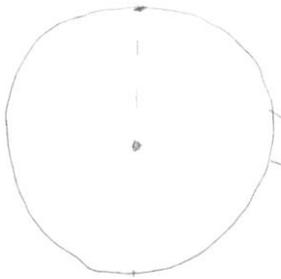
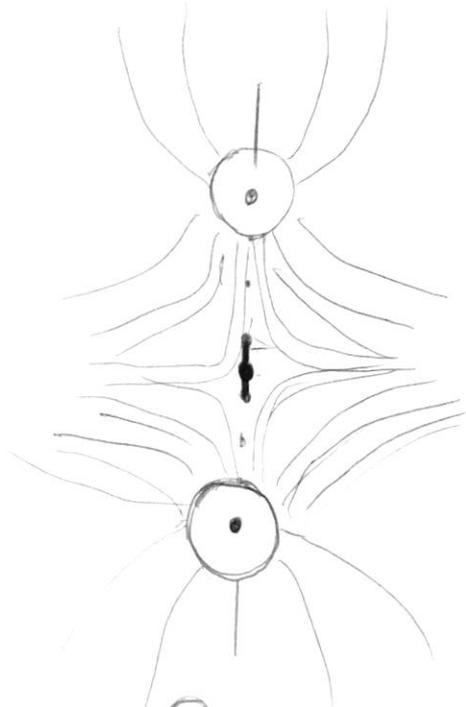
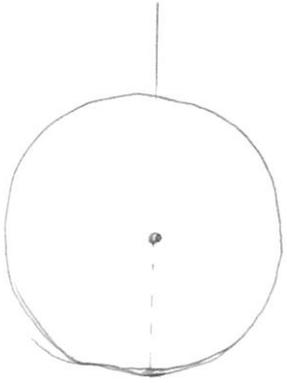
5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $3R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

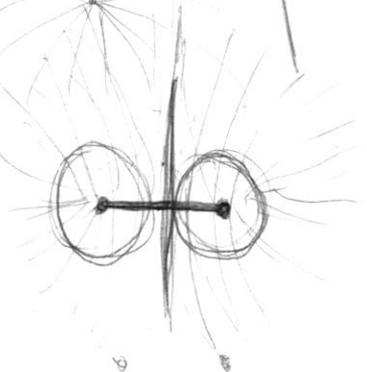
Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $3R$ от центра.

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.



ΔS
 A^2



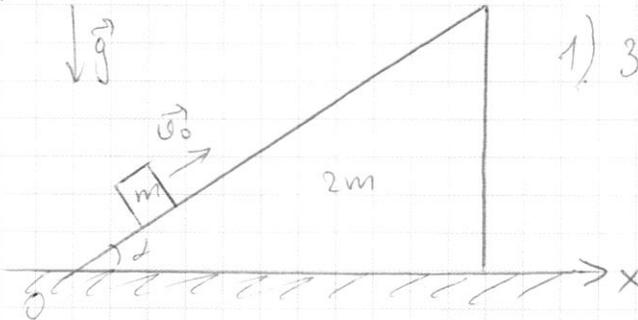
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

$\cos \alpha = 0,6$; $H = 0,2$ м $g = 10$ м/с²

$v_0 = ?$

$v = ?$



1) m -масса шайбы $2m$ -масса клина

1) Закон сохр. импульса: (ОХ)

Нач. соств: $m v_0 \cos \alpha$

Кон соств: $m v_1 + 2m v_2$ (Шайба 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) 1 м-масса клина и масса шайбы

Закон сохр. импульса ОХ

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

(Здесь v_1 - скор. клина ~~вниз~~, v_2 - скор. шайбы ~~вниз~~)
~~шайба~~ ~~спустится~~ ~~вниз~~ v_1 - скор. клина ^{вниз} v_2 - скор. шайбы ^{вниз})

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

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

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

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

Закон сохранения энергии:

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

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

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

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

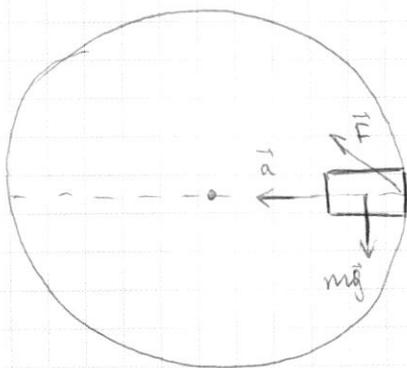
$$\frac{\sqrt{21}}{5} v_0 = v_{\text{ш}} \quad v_{\text{ш}} = \frac{\sqrt{21}}{5} \cdot \frac{10}{\sqrt{22}} = \frac{5\sqrt{21}}{\sqrt{22}} \text{ (м/с)}$$

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

Задача 3

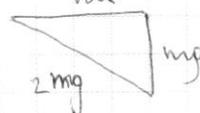
Им-масса модели

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)). $F = 2mg$

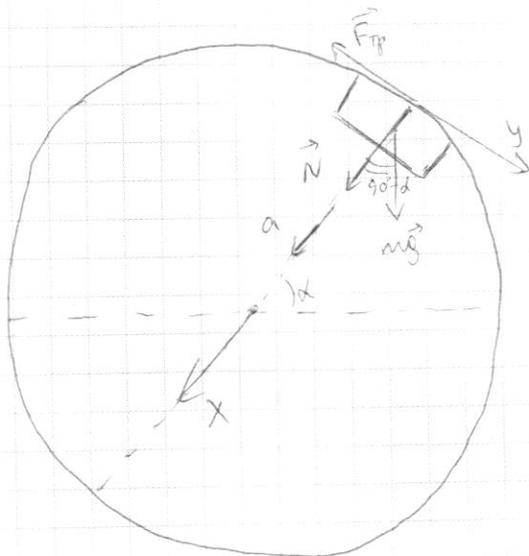


$$a^2 + g^2 = 4g^2$$

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

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

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

$m = 1 \text{ кг}$

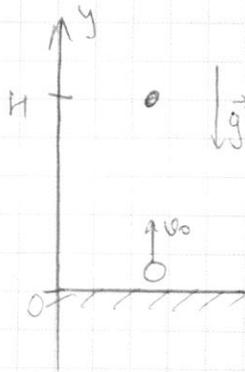
$T = 3 \text{ с}$

$K = 1200 \text{ Дж}$

$T = 10 \text{ с}$

$H = ? \quad v_0 = ?$

$T = 0$ потенциальной энергии - на уровне земли.



1) $T = 0$ - нач. скорость средняя

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

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

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

Законом сохр. энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Rightarrow \left(\frac{H}{T} + \frac{gT}{2} \right)^2 = 2gH$$

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

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

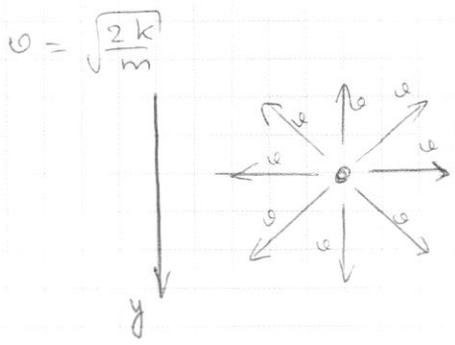
$$H^2 - 90H + 25 \cdot 81 = 0$$

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

$$H = 45 \text{ (м)}$$

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



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

~~Следует, первым упадет осколок, скорость которого направлена вертикально вниз~~

~~Итак~~ То-есть падение первого осколка

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

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

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

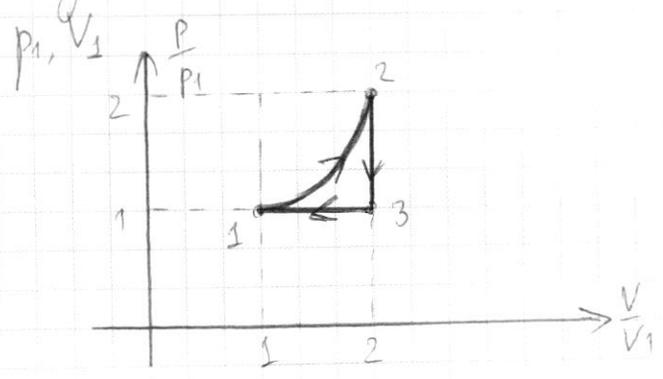
$$= \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gH} - v_0}{g}$$

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

$$t_0 = \frac{\sqrt{3600 + 900} - \sqrt{3600}}{10} = \frac{\sqrt{1500} - 60}{10} = \frac{\sqrt{45} - 6}{10} \text{ (с)}$$

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

Задача 4



$A_{12} = S_{\text{под гр. 1-2}}$ площадь $\frac{1}{2}$ круга

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

Т.к. график в коорд $\frac{P}{P_1}$ и $\frac{V}{V_1}$ =>

$$\Rightarrow A_{12} = (2 - \frac{\pi}{4}) P_1 V_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot (2 P_1 V_1 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$1) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) P_1 V_1$$

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

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

$$\Rightarrow Q_{\text{мотор}} = (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) P_1 V_1$$

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

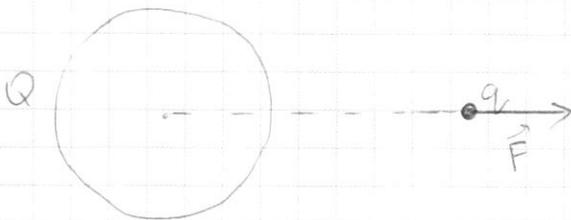
Ответ: 1) $Q = (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) p_1 V_1$

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 .

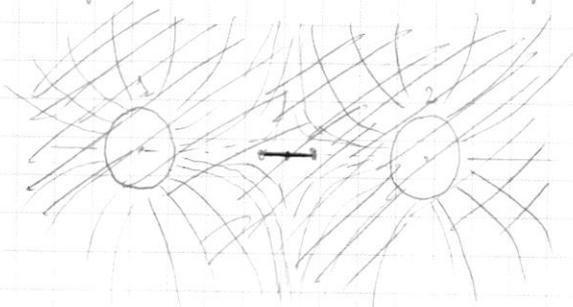
\Rightarrow Можно использовать закон Кулона

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

2) \neq качественно картину создаваемого поля

~~Внешнее поле~~ ~~внутри~~ ~~сферы~~ ~~зарядов~~ ~~и~~ ~~составляет~~ ~~одно~~

внутри Δ ~~сферического~~ ~~и~~ ~~прям.~~ ~~линей~~ ~~поле~~ ~~сферического~~

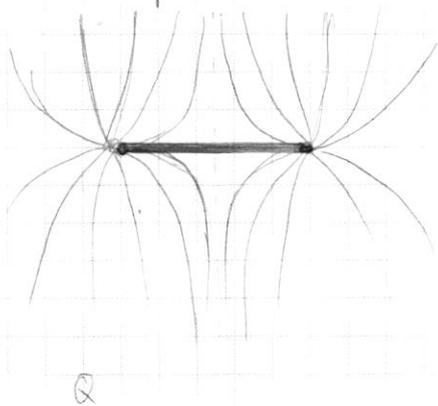


Внешнее поле ~~как~~ ~~линей~~ ~~поле~~ ~~и~~ ~~как~~ ~~линей~~ ~~поле~~ ~~и~~ ~~как~~ ~~линей~~ ~~поле~~

поле ~~и~~ ~~сферического~~ ~~зарядов~~ ~~и~~ ~~линей~~

сферического

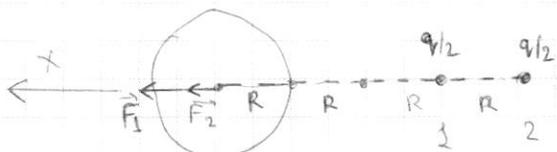
☞ поле стержня



Оно приблизительно совп с полем 2

точ. зарядов с зарядом $q/2$

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



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

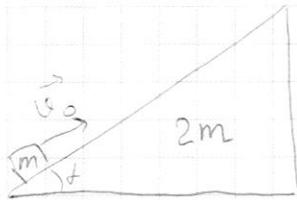
$$\text{ОХ: } F = F_1 + F_2$$

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

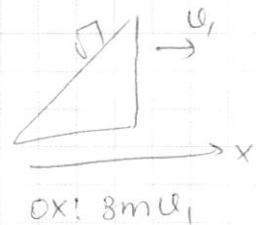
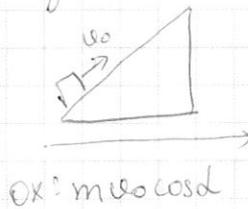
Ответ:

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

$$\cos d = 0,6$$



Углов



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

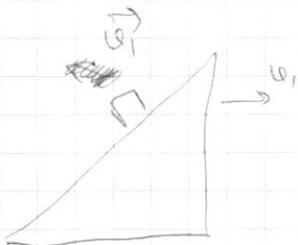
$$v_1 = \frac{v_0 \cos d}{3} = \frac{v_0 \cdot 0,6}{3} = \frac{v_0}{5}$$

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 $m v_0 \cos d$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v_0^2 = 3 g h$$

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

$$v_0 = \sqrt{6} \text{ м/с.}$$

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

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

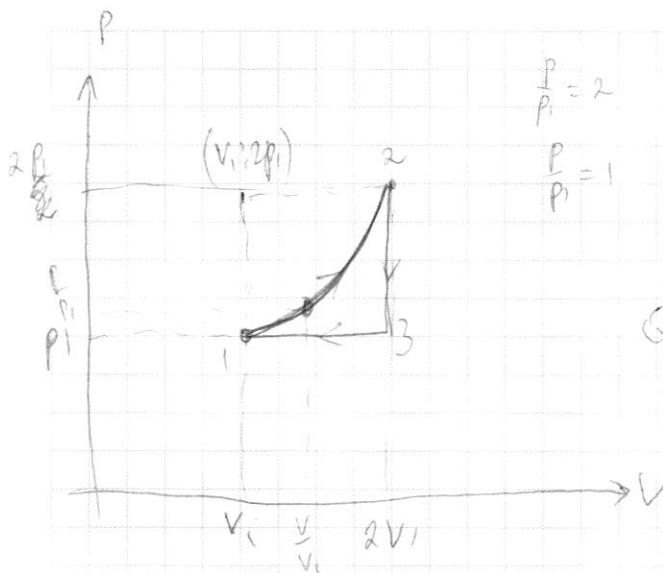
$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{3}{2} \frac{v_0^2 \cos^2 d}{9} + g h$$

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

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

~~2 g h~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$A_{23} = 0$$

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



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

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

$$A_{12} = p_1 V_1$$

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

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

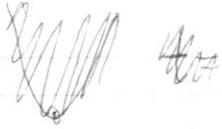
$$Q_{31} = -p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = -\frac{5}{2} p_1 V_1$$

$$A + \Delta U = Q$$

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

$$Q_{12} = \left(2 - \frac{11}{4}\right) p_1 V_1$$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

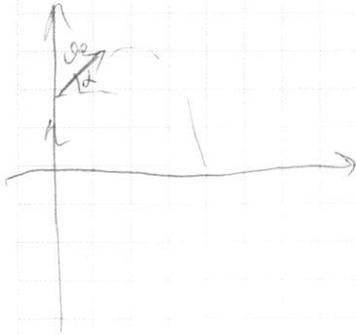
$$-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh} \leftarrow -v_0 \cos \alpha + \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gh}$$

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

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

$$- 2 \sqrt{\dots}$$

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



$$Q = 2 - \frac{\pi}{4} p_1 v_1 + 3 p_1 v_1$$

$$Q = 2 + (3 - \frac{\pi}{4}) p_1 v_1$$

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

$$\Delta U_{12} = 3 p_1 v_1$$

$$A_{23} = 0$$

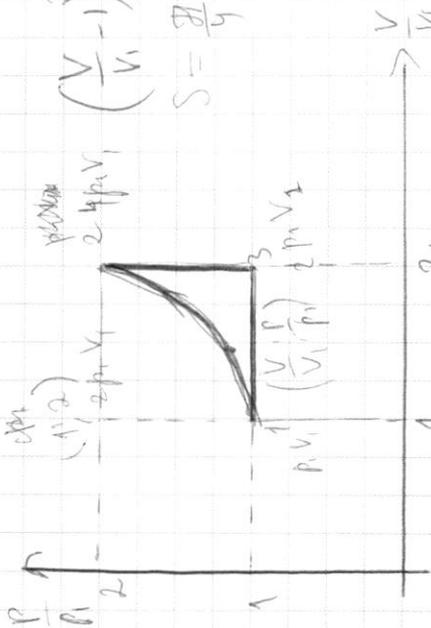
$$\Delta U_{23} = -2 p_1 v_1$$

$$A_{3L} = -p_1 v_1$$

$$\Delta U_{3L} = -p_1 v_1$$

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

$$S = \frac{\pi}{4} p_1 v_1$$



$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = A + \Delta U$$

$$Q_{\text{adv}} = (2 - \frac{\pi}{4} + 3 - 2) p_1 v_1$$

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

$$A_{\text{adv}} = (2 - \frac{\pi}{4}) p_1 v_1$$



$$A_{\text{adv}} = (1 - \frac{\pi}{4}) p_1 v_1$$

$$\frac{Q_{\text{adv}}}{Q_{\text{adv}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

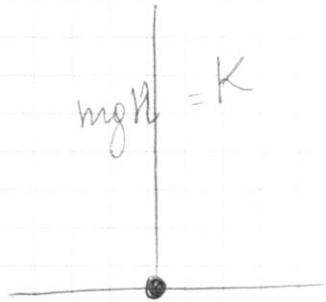
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$T = 3 \text{ с}$$

$$k = 1800 \text{ Дж}$$

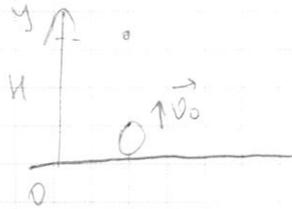
$$t = 10 \text{ с}$$

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



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

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



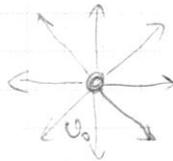
$$y = y_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

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

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

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

~~$$v_0 = \frac{180}{3} + \frac{10 \cdot 9.8}{2}$$~~



3 с? *гидрометеорология*
 ~~$v_0 = 25 = 25 \text{ м/с}$~~ *с некорректно*

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

$$v_0^2 = 2gH$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*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

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

$3m v_0$
 $v_1 = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = \frac{v_0 \cdot 0,6}{3} = \frac{v_0}{5}$
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + 2 m v_1^2 + m g h$
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3 m v_1^2}{2} + m g h$
 $v_0^2 = 3 v_1^2 + g h$
 $v_0^2 = 3 \left(\frac{v_0}{5} \right)^2 + g h$
 $25 v_0^2 = 3 v_0^2 + 50 g h$
 $22 v_0^2 = 50 g h$
 $50 \cdot 10 \cdot 0,2 = 100$
 $v_0 = \frac{10}{\sqrt{22}}$

