

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

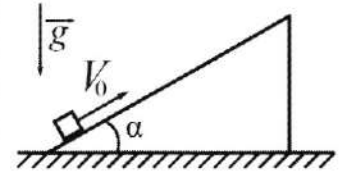
Шифр

(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.

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 раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

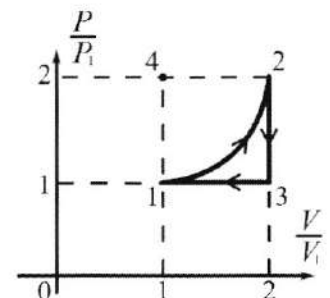
- 1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.
- 2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано: $m = 1 \text{ кг}$ $T = 3 \text{ с}$ $K = 1800 \text{ Дж}$ $\tau = \cos$

Найти: $H = ?$

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

$$0x: K = v_0 T - \frac{g T^2}{2}$$



$g \ll v_k = v_0 + gT$, где v_k - конечная скорость в высшей точке траектории
 $\Rightarrow v_k = 0$

$$0x: 0 = v_0 - gT \quad v_0 = gT$$

$$K = v_0 \cdot T - \frac{g T^2}{2} = gT^2 - \frac{g T^2}{2} = \frac{g T^2}{2}$$

$$K = \frac{10 \cdot 3^2}{2} = 45 \text{ Дж}$$

2) По условию: На землю осколки падают в течение $\tau = \cos$, поэтому осколки будут падать на землю в течение $\tau = \cos$.

Ответ: 1) $K = 45 \text{ Дж}$; 2) $\tau = \cos$

№2

Дано: $\cos \alpha = 0,6$, $H = 0,2$ м
 Найти: v_0 ?

2) Через какое время 1^й осколок упадет на землю?

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$Ox: H = v_{0x} t + \frac{g t^2}{2}$$

Чем больше v_{0x} , тем меньше t . Пусть

u - скорость оскоков после взрыва.

Тогда $H = u t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$, где t_1 - время через которое 1^й осколок упадет на землю (искомое).

Чем меньше v_{0x} , тем больше $t \Rightarrow$

$$H = -u t_2 + \frac{g t_2^2}{2}, \text{ где } t_2 - \text{время падения}$$

последнего осколка $t_2 - t_1 = T$ (по условию)

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

$$u(t_1 + t_2) = \frac{g}{2}(t_2 - t_1)(t_1 + t_2) \quad | : (t_1 + t_2) \neq 0$$

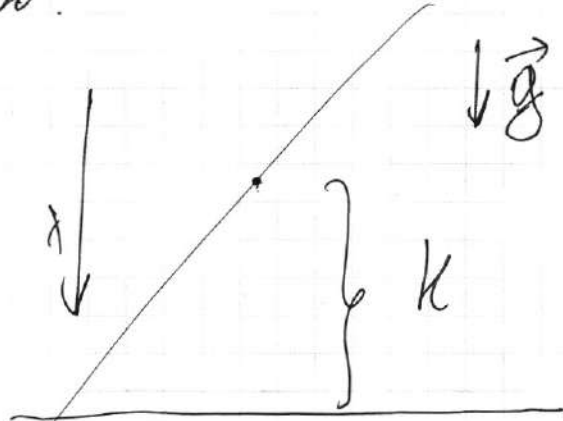
$$u = \frac{g}{2} T$$

$$u = \frac{10 \cdot 0,2}{2} = 1 \text{ м/с}$$

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

$$\frac{g t_1^2}{2} + u t_1 - H = 0$$

$$D = u^2 + 2gH$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$$t_1 = \frac{-u \pm \sqrt{u^2 + 2gk}}{g}$$

$t_1 > 0$

$$t_1 = \frac{\sqrt{u^2 + 2gk} - u}{g}$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{50^2 + 900} - 50}{10} = \sqrt{34} - 5 \approx 0,85 \text{ с}$$

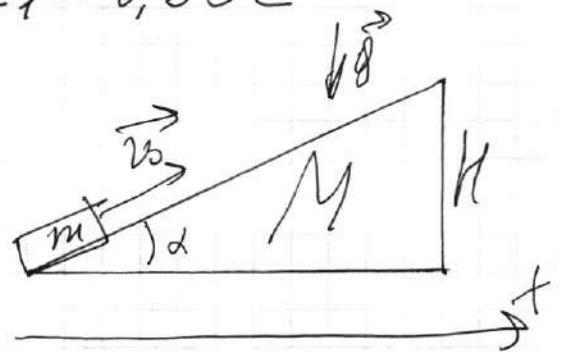
Продолжение
№1 на
странице 11

Ответ: 1) $H = 45 \text{ м}$; 2) $t_1 = 0,85 \text{ с}$

№2

Дано: $\cos \alpha = 0,6$ $K = 0,2$

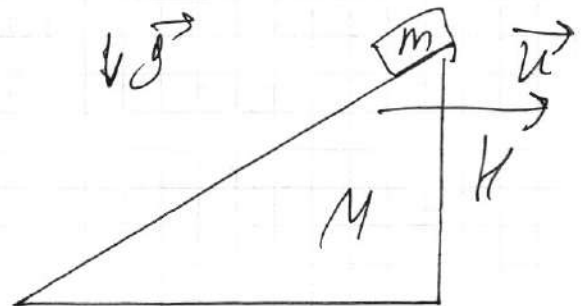
1) $M = 2m$ $v_0 = ?$



По ЗСЭ

$$E_0 = E_k$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgk + \frac{(M+m)u^2}{2}$$



Вдоль Вдоль ОХ

Внешние силы не действуют, поэтому выполняется ЗСЭ вдоль ОХ:

$$P_{x0} = P_{x\text{поше}} \quad mv_0 \cos \alpha = (M+m)u$$

$$\frac{mv_0 \cos \alpha}{M+m} = u$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{(m+M)}{2} \cdot \frac{m^2 v_0^2 \cos^2 \alpha}{(m+M)^2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{m \cos^2 \alpha}{(m+M)} = mgh$$

$$\frac{v_0^2}{2} \left(1 - \frac{m \cos^2 \alpha}{m+M}\right) = gh$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{m \cos^2 \alpha}{m+M}}} \quad \& \quad M = 2m$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}}} \quad v_0 = \sqrt{\frac{20 \cdot 0,2}{1 - \frac{0,36}{3}}} = \sqrt{\frac{4}{0,88}} =$$

$$= \sqrt{\frac{400}{88}} = \frac{10}{\sqrt{22}} \approx 2,1 \text{ м/с}$$

2) $M = m$ $v = ?$

В момент, когда шайба достигнет максимальной высоты клина её скорость $v_0 \cos \alpha$ (в касании) можно считать аналогично пункту 1:

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{m \cos^2 \alpha}{m+M}}} = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{2}}}$$

Пусть v — конечная скорость клина, $v_{ш}$ — скорость шайбы относительно клина.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$$\vec{v}' = \vec{v}_m + \vec{v}$$

По м.м.е косинусов

$$v'^2 = v_m^2 + v^2 - 2v_m v \cos(180^\circ - \alpha)$$

$$v'^2 = v_m^2 + v^2 + 2v_m v \cos \alpha$$

По ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_0^2 = v^2 + v^2 + v_m^2 + 2v_m v \cos \alpha$$

По ЗСН вдоль OA

$$m v_0 \cos \alpha = m v + m v - m v_m \cos \alpha$$

$$v_0 \cos \alpha = 2v - v_m \cos \alpha$$

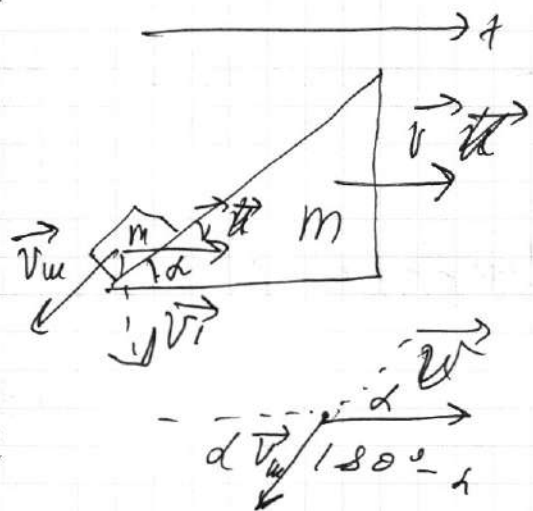
$$v_m = \frac{2v - v_0 \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$v_0^2 = 2v^2 + 2v^2 - 2v v_0 \cos \alpha + \left(\frac{2v}{\cos \alpha} - v_0 \right)^2$$

$$v_0^2 = 4v^2 - 2v v_0 \cos \alpha + v_0^2 + \frac{4v^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{4v v_0}{\cos \alpha}$$

$$v^2 \left(4 + \frac{4}{\cos^2 \alpha} \right) - v_0 \left(2v \cos \alpha + \frac{4v_0}{\cos \alpha} \right) = 0 \quad | : v$$

$$v \left(4 + \frac{4}{\cos^2 \alpha} \right) = 2v_0 \cos \alpha + \frac{4v_0}{\cos \alpha} = v_0 \left(2\cos \alpha + \frac{4}{\cos \alpha} \right)$$



$$v(2 + \frac{2}{\cos^2 \alpha}) = v_0(\cos \alpha + \frac{2}{\cos \alpha}) \quad N_2$$

$$v = v_0 \cdot \frac{\cos \alpha + \frac{2}{\cos \alpha}}{2 + \frac{2}{\cos^2 \alpha}}, \quad v_0 = \sqrt{\frac{2gK}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{2}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gK}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{2}}} \cdot \frac{\cos \alpha + \frac{2}{\cos \alpha}}{2 + \frac{2}{\cos^2 \alpha}}$$

$$v = \sqrt{\frac{4}{0,82}} \cdot \frac{0,6 + \frac{1}{0,3}}{2 + \frac{1}{0,18}} \approx 4,5 \text{ м/с} \quad v \approx 1,1 \text{ м/с}$$

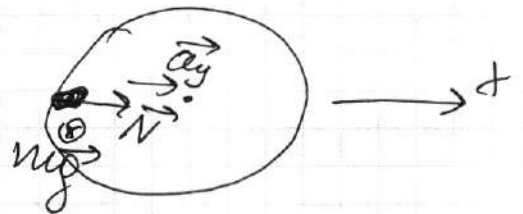
Ответ: 1) $v_0 = 2,1 \text{ м/с}$; 2) ~~$v = 4,5 \text{ м/с}$~~ $v \approx 1,1 \text{ м/с}$

N_3

1) а - ?

по 2-му 3-му Ньютона

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



ОХ: $N = ma$ $N = 2mg$

$$2mg = ma \Rightarrow a = 2g = 20 \text{ м/с}^2$$

2) v_{min} - ?

Пусть плоскость круга α . Тогда проекция mg на эту плоскость:

$$mg_{\alpha} = mg \cdot \sin 45^\circ = \frac{mg}{\sqrt{2}}$$

№3

$$\frac{v^2}{R} = a \quad v \downarrow \Rightarrow a \downarrow$$



Значит при минимальной скорости ускорение минимально.

~~При минимальном ускорении оно может быть~~

Для того, чтобы в верхней части круга тело не упало при $N_1 = \min$ — $N_1 = 0$, $mg_1 = ma$ $a = \frac{g}{2}$. (В верхней

части: $ma = N_1 + mg_1 \Rightarrow ma = mg_1 - \min$)

$$a = \frac{g}{2} \quad v^2 = Ra. \quad \text{при } \min a: a = \frac{g}{2}$$

$$v_{\min} = \sqrt{R \cdot \frac{g}{2}}$$

$$v_{\min} = \sqrt{1 \cdot \frac{10}{2}} = \sqrt{5 \cdot 2} \approx 3,2 \text{ м/с } 2,7 \text{ м/с}$$

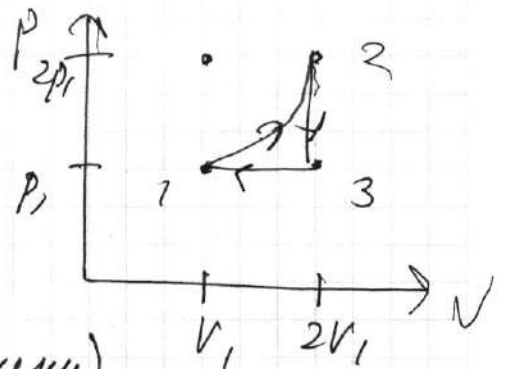
Ответ: 1) $a = 20 \text{ м/с}^2$; 2) $v_{\min} = 2,7 \text{ м/с}$

№4

1) Q - ?

Газ расширяется только на участке 12 \Rightarrow

$$Q = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \text{ (2-е начало термодинамики)}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$2mg$
 $N - 2mg = ma$
 $F = \mu N$
 $2mg$
 $\frac{v^2}{R} = a$
 $ma = N \cos \alpha - mg \cos \alpha$
 $a = g \cos \alpha$
 $v^2 = g R \cos \alpha$

$4 \sqrt{7} \approx 10,5$
 $\sqrt{5\sqrt{2}} \approx 2,6$
 $1,4$
 $5\sqrt{2} = 7,07$
 $\sqrt{2} = 1,41$
 $7,30 / 5 = 1,46$
 23
 30

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

По 3-му Менделеева-Клапейрона

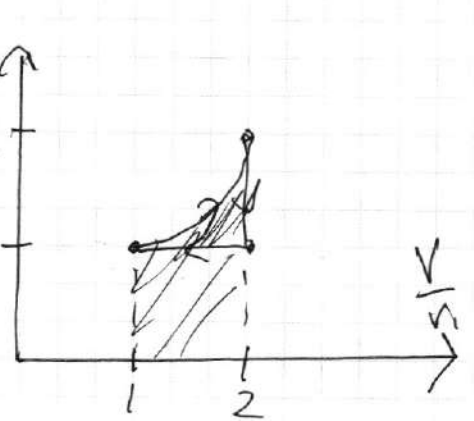
$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ 2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$3p_1 V_1 = \nu R (T_2 - T_1) \quad \left(\begin{array}{l} \text{до этого был} \\ \text{перерисован} \\ \text{график из } \frac{p}{p_1} \left(\frac{V}{V_1} \right) \\ \text{к } p(V) \end{array} \right)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

A_{12} — площадь под графиком процесса в координатах $p(V)$

Найдём площадь в координатах $\frac{p}{p_1} \left(\frac{V}{V_1} \right)$.



Это прямоугольник 1×2 из которого убрали четверть окружности $R=1 \Rightarrow$

$$S = 1 \cdot 2 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4} = 2 - \frac{\pi}{4}$$

В координатах $p(V)$ $A_{12} = S \cdot p_1 V_1$

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

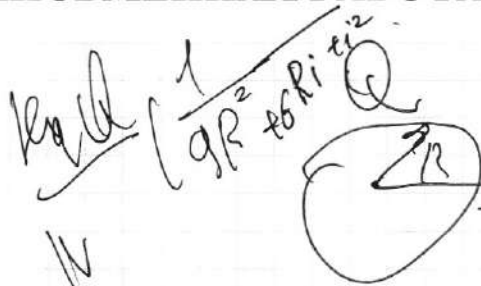
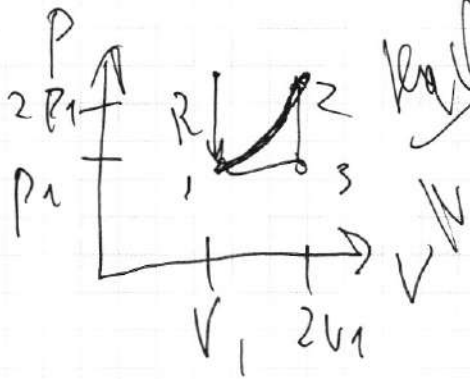
$$Q = \frac{3}{2} p_1 V_1 + p_1 V_1 \left(2 - \frac{\pi}{4} \right) = p_1 V_1 \left(\frac{7S}{2} - \frac{\pi}{4} \right)$$

2) A — ?

Работа газа за цикл — площадь контура ок ограничивает в координатах $p(V)$. Эта площадь в $\frac{p}{p_1} \left(\frac{V}{V_1} \right)$ — кв-т со стороной 1 без четверти окружности

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F = \frac{kQq}{R^2} \frac{1}{9 + \frac{2i}{N} + \frac{1}{N^2}}$$

Q-? $Q = A + \Delta U$ $v = \text{max}$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$4 p_1 V_1 = \nu R T_2$$

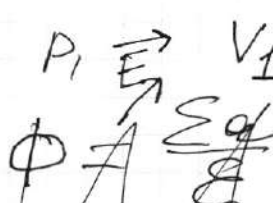
$$\nu R T = 5 p_1 V_1$$

$$\frac{3}{2} \nu R T = \frac{9}{2} p_1 V_1$$

$$(p - 2 p_1) \cdot (V - V_1) =$$



$$S = \frac{1}{2} a b = \frac{1}{2} \cdot \frac{V}{V_1} \cdot \frac{p}{p_1}$$



$$\frac{kQ \cdot q}{N \cdot BR^2} + \frac{kQq}{N \cdot BR + \frac{FR^2 - 2R \cdot x^2}{(3R+i)(4R-i)^2}}$$

$$\frac{kQq \beta l}{N \cdot R^2 \left(3 + \frac{i}{N} \right)}$$

$$\Phi = \sum R \cdot E \cdot S \quad 3R + \frac{l-1}{N}$$

$$R \left(3 + \frac{l-1}{N} \right) \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{N} + \dots + \frac{1}{N} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В координатах $p(V)$: $A = p_1 V_1 \cdot S$

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

3) η - ?

$$\eta = \frac{A}{Q_4}$$

A - работа газа (найдена в п. 2)
 Q_4 - количество теплоты

температуры

12: $A \geq 0, \Delta T \geq 0$ (п. 1) $\Rightarrow Q_{12} > 0$

23: $A = 0$ ($V = \text{const}$), $\Delta T < 0$ т.к. при $V, \nu = \text{const}$
 $p \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow Q_{23} < 0$ - не идёт в Q_4

31: $A < 0$ (т.к. газ сжимают), $\Delta T < 0$
т.к. при $p = \text{const}$, $V \downarrow \Rightarrow T \downarrow$ (из $pV = \nu RT$)

Значит $Q = Q_{12}$

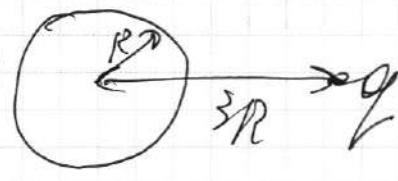
$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{p_1 V_1 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)}{p_1 V_1 \left(\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}\right)} = \frac{1 - \frac{\pi}{4}}{\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}} = \frac{4 - \pi}{26 - \pi}$$

Ответ: 1) $Q = p_1 V_1 \left(\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}\right) \approx 5,7 p_1 V_1$; 2) $A = p_1 V_1 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$;
3) $\eta = \frac{4 - \pi}{26 - \pi} \approx 0,037$ 0,21 РМ

✂

1) F_1 - ?

Заряд Q - распределён по сфере, а q - точечный \Rightarrow по з-ну Кулона

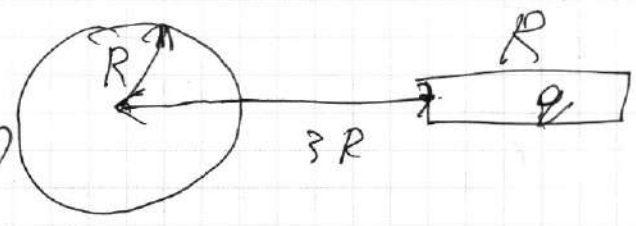


$$F_1 = \frac{k|Qq|}{9R^2} \quad \text{т.к. } Q > 0, q > 0$$

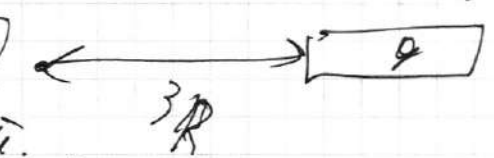
$$F_1 = \frac{kqQ}{9R^2}$$

2) F_2 - ?

Q - распределён по сфере, поэтому вместе него можно рассмотреть точечный заряд Q на расстоянии $3R$ от ближайшей точки сферы.



Разобьём сфер. Q на N частей.



тогда каждая часть будет иметь заряд $\frac{Q}{N}$, а F_2 - будет суммироваться из сил Кулона, действующих на каждую из N частей заряда Q .

$$F_2 = \frac{kQ \cdot q}{N} \cdot \frac{1}{(3R + R(3 + \frac{Q}{N}))^2} + \frac{kQq}{N} \cdot \frac{1}{R^2(3 + \frac{1}{N})^2} + \frac{kQq}{N} \cdot \frac{1}{R^2(3 + \frac{2}{N})^2} + \dots + \frac{kQq}{N} \cdot \frac{1}{R^2(3 + \frac{N}{N})^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_2 = \frac{kqQ}{NR^2} \cdot \sum_{p=0}^N \frac{1}{\left(3 + \frac{p}{N}\right)^2}$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{kqQ}{9R^2}$; 2) $F_2 = \frac{kqQ}{N \cdot R^2} \cdot \sum_{p=0}^N \frac{1}{\left(3 + \frac{p}{N}\right)^2}$,
где $N \rightarrow \infty$.

N_1

2) t_1 - ? (время падения 1^{го} осколка)

Поле взрыва: $K = k_1 + k_2 + \dots + k_n$, где k_i - кинетическая энергия i -го осколка

$$K = \frac{m_1 u^2}{2} + \frac{m_2 u^2}{2} + \dots + \frac{m_n u^2}{2}, \text{ где } u - \text{скорость}$$

осколков поле взрыва

$$K = \frac{u^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_n) = \frac{u^2}{2} \cdot m \Rightarrow$$

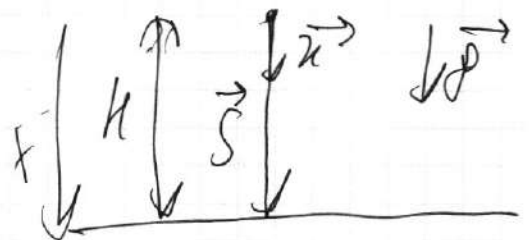
$$u = \sqrt{\frac{2K}{m}} \quad u = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} = 60 \text{ м/с}$$

$$\vec{S} = \vec{u} t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

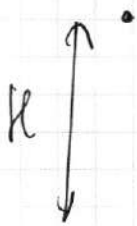
$$Ox: K = u_x t + \frac{g t^2}{2}$$

Значит чем больше u_x , тем меньше t

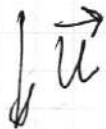
$$u_x(\max) = u \Rightarrow K = u t_1 + \frac{g t_1^2}{2}, \text{ где } t_1 - \text{искомое время}$$



$$m = 1 \text{ кг}$$



$$K = \frac{m_1 u^2}{2} + \dots = \frac{m u^2}{2}$$



u

$$u = \frac{3600}{1}$$

$$u = 600 \text{ м/с}$$

$$K = u t_1 + \frac{g t_1^2}{2} \quad \frac{g t_1^2}{2} + u t_1 - K = 0$$

$$D = u^2 + 2 g K$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{u^2 + 2 g K} - u}{g}$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{3600 + 900} - 60}{10} = \sqrt{45} - 6 = 3\sqrt{5} - 6 =$$

$$\sqrt{5} \approx 2,2 \quad 22 \quad 23 \quad = 3(\sqrt{5} - 2)$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ 23 \\ \hline 46 \\ 509 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ 23 \\ \hline 46 \\ 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ 22 \\ \hline 484 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ 23 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$2,2$$

$$6,7$$

$$\begin{array}{r} 12,7 \approx \sqrt{45} \\ \hline 12,7 \end{array}$$

$$12,7 \neq a$$

$$t^2 = 45$$

$$X = 6,7$$

$$0,7 \text{ с}$$

$$0,7 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 67 \\ 67 \\ \hline 469 \\ 402 \\ \hline 4489 \end{array}$$

$$\sqrt{5-2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

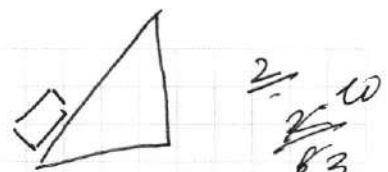
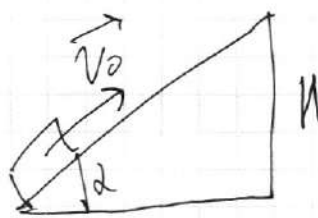
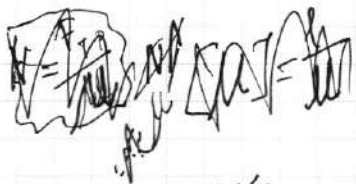
$$g \frac{t_1^2}{2} + u t_1 - H = 0$$

$$D = u^2 + 2gH \quad t_1 = \frac{-u \pm \sqrt{u^2 + 2gH}}{g}, \quad t_1 > 0, \text{ макс}$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{u^2 + 2gH} - u}{g}$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{3600 + 900} - 60}{10} = \sqrt{45} - 6 = 3\sqrt{5} - 6 \approx 0,7 \text{ с}$$

Ответ: 1) $H = 45 \text{ м}$; 2) $t_1 = 3\sqrt{5} - 6 \approx 0,7 \text{ с}$



$$\frac{3}{5} + \frac{10}{3} = \frac{9+50}{15}$$

$$\frac{59}{15}$$

$$2 + \frac{7 \cdot 100}{360}$$

$$\frac{59 \cdot 8}{15 \cdot 68} = \frac{58}{9} = \frac{177}{68}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{mv_0^2}{2} &= mgh + (M+m) \frac{u^2}{2} \\ m v_0 \cos \alpha &= (M+m) u \end{aligned} \right.$$

$$u = \frac{m v_0 \cos \alpha}{M+m}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m^2 v_0^2 \cos^2 \alpha}{2(M+m)} = mgh$$

$$\frac{v_0^2}{2} \left(1 - \frac{m \cos^2 \alpha}{M+m} \right) = gh$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{m \cos^2 \alpha}{M+m}}}$$

$g=10 \quad h=0,2 \quad \cos \alpha = 0,6$
 $M=2m$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}}} = \sqrt{\frac{4}{1 - 0,12}} = \sqrt{\frac{400}{88}} = \frac{20}{\sqrt{22}} \approx 4,21$$

$$\frac{10\sqrt{22}}{22} = \frac{5}{11}\sqrt{22} = \frac{21}{10} = \frac{11}{5}\sqrt{22} = \frac{11 \cdot 21}{5 \cdot 10} = \frac{231}{50} = 4,62$$

$$\frac{10\sqrt{22}}{22} = \frac{22}{22} = 10$$

$$\sqrt{22} = \frac{22^2}{100} = 4,84$$

$$\sqrt{22} = \frac{4^2}{28} = \frac{121}{25} = \frac{120}{25} = \frac{24}{5} = 4,8$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

\vec{v}_1 \vec{v}_2 \vec{u}
 $H = v_{0x}t + \frac{g}{2}t^2$
 $-u$
 $+u$
 $M = 2m$
 $K_1 + K_2 + \dots$
 $\frac{m_0 u^2}{2} \cdot N = K$
 $m_0 N = m$
 $u^2 = 60 \text{ м/с}$

$$\begin{cases} H = u t_1 + \frac{g}{2} t_1^2 \\ H = -u t_2 + \frac{g}{2} t_2^2 \\ t_2 - t_1 = L \\ t_1 = ? \end{cases}$$

$$u t_1 + \frac{g}{2} t_1^2 = \frac{g}{2} t_2^2 - u t_2 \quad u = 60 \text{ м/с}$$

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

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

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

$$u = \frac{10}{2} \cdot 60 = 50 \text{ м/с}$$

$$g t_1^2 + 2u t_1 - 2H = 0 \quad -2Hg$$

$$D = 4u^2 + 8Hg$$

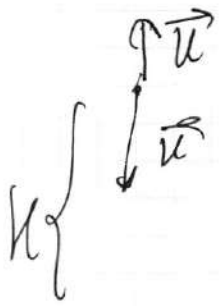
$$t_1 = \frac{-2u + 2\sqrt{u^2 + 2Hg}}{2g} = \frac{-100 + 2 \cdot 60}{20} = 1 \text{ с}$$

+2500
900
3600

80^2 + 20 \cdot 45
900

$$T = 30$$

$$H = 45 \text{ м}$$



$$\begin{cases} H = ut_1 + \frac{g t_1^2}{2} \\ H = -u t_2 + \frac{g t_2^2}{2} \\ t_2 - t_1 = T \end{cases}$$

$t_1 = ?$

$$\begin{array}{r} 7,000 \\ -54 \\ \hline 130 \end{array} \quad \begin{array}{r} 19 \\ 130 \\ \hline 0,34 \end{array} \quad \begin{array}{r} 190 \\ 130 \\ \hline 0,34 \end{array}$$

$$2ut_1 + g t_1^2 = g t_2^2 - 2u t_2$$

$$2u(t_1 + t_2) = g(t_2 - t_1)(t_2 + t_1)$$

$$2u = g T \quad u = \frac{g T}{2} = \frac{10 \cdot 30}{2} = 150 \text{ м/с}$$

$$\frac{g}{2} t_1^2 + u t_1 - H = 0$$

$$D = u^2 + 2Hg \quad t_1 = \frac{-u + \sqrt{u^2 + 2Hg}}{g} = 1 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} 2500 \\ + 900 \\ \hline 3400 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20 \\ 45 \\ \hline 65 \end{array}$$

$$5 \cdot 1 + 50 \cdot 1 - 45 = 0$$

$$5t_1^2 + 50t_1 - 45 = 0$$

$$D = 2500 + 4 \cdot 5 \cdot 45 = 2500 + 900 = 3400$$

$$\begin{array}{r} \pi \\ 4 \\ \hline 1,000 \\ 0,786 \\ \hline 0,214 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ -2,8 \\ \hline 34 \\ -32 \\ \hline 2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 10 \\ 10 \\ \hline 0,8 \end{array} \quad \begin{array}{r} 10 \\ 10 \\ \hline 0,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{34} - 5 \\ 570 \\ \hline 6,27 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \pi \\ 4 \\ \hline 0,786 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,785 \\ 0,785 \\ \hline 0,785 \cdot \frac{1}{2} \\ 0,3925 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m=1\text{кг}$ $T=3\text{с}$ $K=1800\text{Дж}$ $L=10\text{с}$

918
4
0,82



$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$ $h = \frac{v_0^2}{2g}$

$h = \frac{10 \cdot 3 \cdot 3}{2} =$

$v_0 = 45 \text{ м/с}$

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

$v_0 = gT$

$h = ut_1 + \frac{gt^2}{2}$

$h = \frac{gt_2^2}{2} - ut_2$

$gt_2^2 - 2ut_2 = 2ut_1 + gt_1^2$

$2u(t_2 + t_1) = g(t_1 - t_2)(t_1 + t_2)$

$2u = g \cdot \Delta L$

$u = \frac{g \Delta L}{2} = 50 \text{ м/с}$

$g, L, K = \text{const}$

$v_{0x} = \text{const}$

$u = \text{const}$

$\Rightarrow v_{0y} = \text{const}$

5,85
0,85

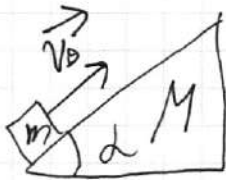
$\frac{mv_0^2}{2} \cdot N = K$

$mv_0 N = m$

$\frac{mK^2}{2} = K \quad \frac{30 \cdot 50 \cdot 1}{2} = 1800$



$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_{0x}^2}{2}$
 $mv_0 \cos \alpha = mv + mv - mv_{0x} \cos \alpha$



$$\left\{ \begin{aligned} \frac{mv_0^2}{2} &= mgh + \frac{(M+m)u^2}{2} \\ m v_0 \cos \alpha &= (M+m)u \end{aligned} \right.$$

$$u = \frac{m v_0 \cos \alpha}{M+m}$$

$$\frac{v_0^2}{2} \left(1 - \frac{m \cos^2 \alpha}{M+m} \right) = mgh$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{m \cos^2 \alpha}{M+m}}}$$

$$\frac{m}{M+m} = \frac{m}{3m} = \frac{1}{3}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,2}{1 - \frac{0,36}{3}}} = \sqrt{\frac{4}{1 - 0,12}} = \sqrt{\frac{4}{0,88}} = \sqrt{\frac{400}{88}}$$

$$\sqrt{\frac{50,00}{44}} \approx 1,07$$

$$\frac{60}{55} = \frac{12}{11}$$

$$\frac{21}{231}$$

$$\frac{20}{\sqrt{22}}$$

$$\frac{10\sqrt{22}}{22}$$

$$\frac{5\sqrt{22}}{11} = \frac{22}{10}$$

$$4,5 < \sqrt{22} < 5$$

$$\frac{20}{9}$$

$$\frac{1}{1,5} < \frac{1}{\sqrt{22}} < \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{5} < \frac{1}{\sqrt{22}} < \frac{1}{4,5}$$

$$2,2 < x < 2,5$$

$$\frac{22 \cdot 11}{50} = \sqrt{22}$$

$$2 < x < \frac{28}{9}$$

$$2,2 \quad 2,3$$

$$\frac{23}{253}$$

$$5,5$$

$$x = 2,1$$

$$\frac{6}{10} - \frac{10}{3} = \frac{18+30}{30} = \frac{48}{30} = \frac{16}{10} = \frac{8}{5}$$