Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

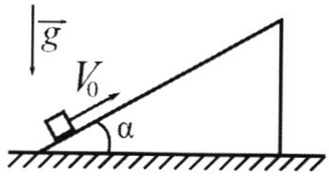
1. Фейерверк массой $m = 1$кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3$с разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая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



$H = 0{,}2$м. Масса клина в два раз больше массы шайбы. Ускорение свободного падения g=10 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 $\alpha = 45^0$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0{,}8$, радиус сферы $R = 1$м. Ускорение свободного падения g=10 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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

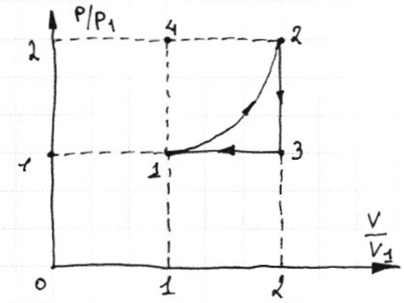
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4



1) Процесс расширения - это процесс 1-2, т.к. в остальных процессах газ либо сжимается, либо не изменяет своего объёма (сжимается), а в процессе 1-2 объём газа увеличивается.

Перерисуем данный нам график в pV диаграмму.

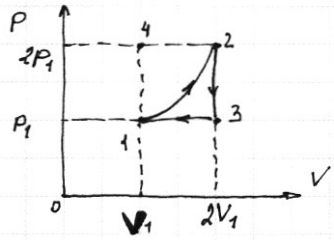
По первому началу термодинамики:

(1) $Q = \Delta U_{12} + A_{12}$, где ΔU_{12} - изменение внутренней энергии газа в процессе 1-2, а A_{12} - работа, в процессе 1-2, равная площади под графиком процесса 1-2. (т.к. $A = \int p\,dV$)

$\nu = 1$ моль - количество вещества

$i = 3$ - количество степеней свободы газа (равная 3 для одноатомного газа)

R - универсальная газовая постоянная.



Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для состояний газа 1 и 2:

1) $P_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$, где T_1 - температура газа в состоянии 1.

$$\Downarrow$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R}$$

2) $2P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2$, где T_2 - температура газа в состоянии 2.

$$\Downarrow$$

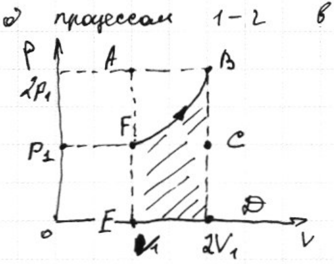
$$T_2 = 4\frac{P_1 V_1}{\nu R}$$

Запишем выражение для внутренней энергии (изменения внутренней энергии):

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2}\nu R \Delta T_{12} = \frac{i}{2}\nu R\left(T_2 - T_1\right) = \frac{i}{2}\nu R\left(4\frac{P_1V_1}{\nu R} - \frac{P_1V_1}{\nu R}\right) =$$

$$= \frac{i}{2}\cdot 3P_1V_1 = \frac{3i}{2}P_1V_1 = \frac{9}{2}P_1V_1 \qquad \Delta U_{12} = \frac{9}{2}P_1V_1 \quad (2)$$

Найдём работу газа за процесс 1-2, которая будет равна площади под процессом 1-2 в pV диаграмме



Расставим для удобства буквы как это показано на рисунке.

$$A_{12} = S_{FBDE} = S_{FBC} + S_{FCDE} = S_{ABCF} - S_{ABF} +$$

$$+ S_{FCDE} = P_1V_1 - \frac{1}{4}\pi P_1V_1 + P_1V_1 =$$

$$= \left(2 - \frac{\pi}{4}\right)P_1V_1 \qquad A_{12} = \left(2 - \frac{\pi}{4}\right)P_1V_1 \quad (3)$$

Здесь S_i - площадь i-ой фигуры, для их численного нахождения находилась площадь элементарных фигур на изначальном нормированном графике, а для перехода в pV диаграмму значения домножались на P_1V_1.

Подставим (2) и (3) в (1) и получим:

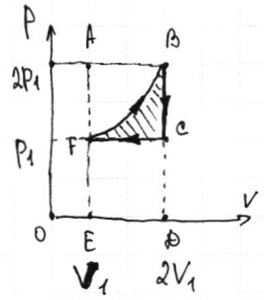
$$Q = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{9}{2}p_1V_1 + \left(2 - \frac{\pi}{4}\right)p_1V_1 = p_1V_1\left(\frac{9}{2} + 2 - \frac{\pi}{4}\right) =$$

$$= \left(\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}\right)p_1V_1 = \frac{26-\pi}{4}p_1V_1 \simeq \frac{22{,}86}{4}p_1V_1 = 5{,}715\,p_1V_1$$

$$26{,}00 - 3{,}14 = 22{,}86 \qquad 22{,}86 : 4 = 5{,}715$$

$$\boxed{Q = \frac{26-\pi}{4}p_1V_1 \simeq 5{,}715\,p_1V_1}$$

2) Аналогично пункту 1 рассмотрим сначала нормированный график, а затем домножением на p_1V_1 перейдём к pV диаграмме.



т.к. работа за цикл равна площади этого самого цикла в pV диаграмме, то:

$$A = S_{FBC} = S_{ABCF} - S_{ABF} = p_1V_1 - \frac{\pi}{4}p_1V_1 =$$

$$= p_1V_1\left(1 - \frac{\pi}{4}\right) = p_1V_1\left(\frac{4-\pi}{4}\right) \simeq \frac{0{,}86}{4}p_1V_1 =$$

$$= 0{,}215\,p_1V_1$$

$$0{,}86 : 4 = 0{,}215$$

$$\boxed{A = \left(\frac{4-\pi}{4}\right)p_1V_1 \simeq 0{,}215\,p_1V_1}$$

3) По определению КПД термодинамического цикла:

$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$, где Q_+ – подведенное тепло

в нашем случае $Q_+ = Q$, т.к. в процессах 2-3 и 3-1 тепло отводится, т.к. $A_{23} = 0$ и $\Delta U_{23} < 0$ и $A_{31} < 0$ и $\Delta U_{31} < 0$.

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{0{,}215\,p_1V_1}{5{,}715\,p_1V_1} = \frac{215}{5715} \simeq 0{,}0376$$

$$215{,}00 : 5715 = 0{,}0376$$

или $\eta = 3{,}76\ \%$

$$\boxed{\eta = 3{,}76\ \%}$$

Ответ:

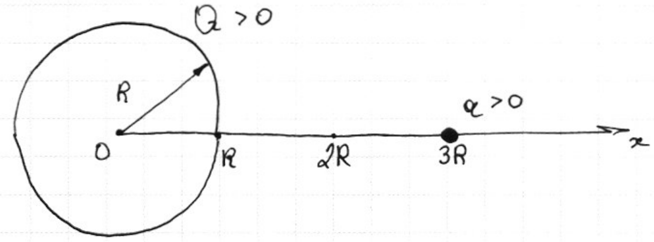
1) $Q = 5{,}715\,p_1V_1$
2) $A = 0{,}215\,p_1V_1$
3) $\eta = 3{,}76\ \%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

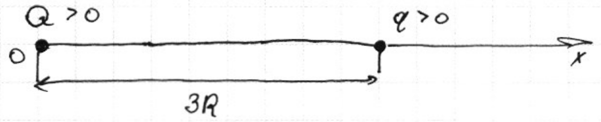
5

По условию мы пренебрегаем явлением поляризации и действием некулоновских сил

1)



Заряженное сферически симметричное тело (коим и является равномерно заряженная сфера) действует на другие тела также, как и точечный заряд такой же величины, помещенный в центр данного тела, т.е. наша ситуация эквивалентна следующей:



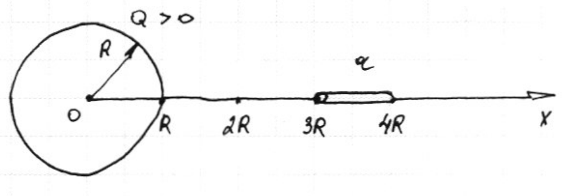
Тогда мы получаем взаимодействие двух точечных зарядов, и согласно закону Кулона их взаимодействие описывается следующей силой:

$$F_1 = k\frac{qQ}{(3R)^2} \quad \Rightarrow \quad F_1 = k\frac{qQ}{9R^2} = \frac{1}{9}\frac{kqQ}{R^2}$$

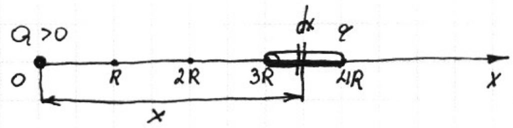
и т.к. заряды одноимённые, то сфера и шарик расталкиваются.

$$\boxed{F_1 = \frac{1}{9}k\frac{qQ}{r^2}, \text{ тела расталкиваются}}$$

2)



Аналогично пункту 1 заменяем заряженную сферу на точечный заряд такой же величины в центре этой сферы, получаем следующую картину:



Т.к. стержень заряжен равномерно, то вводим линейную плотность заряда, которая будет постоянна для всего стержня:

$$\lambda = \frac{q}{R}$$

Рассмотрим малый элемент стержня длиной dx, находящийся на расстоянии x от центра сферы. Его заряд будет равен:

$dq = \lambda dx$, а сила взаимодействия в свою очередь будет равна:

$$dF = \frac{kQ\lambda}{x^2}dx$$

Тогда для нахождения силы взаимодействия сферы со всем стержнем нужно просуммировать элементарные силы dF, т.е.:

$$F_2 = \int_{3R}^{4R} \frac{kQ\lambda}{x^2}dx = kQ\lambda \int_{3R}^{4R}\frac{dx}{x^2} = kQ\lambda\cdot\left(-\frac{1}{x}\right)\Bigg|_{3R}^{4R} =$$

$$= kQ\lambda\left(-\frac{1}{4R} - \left(-\frac{1}{3R}\right)\right) = kQ\lambda\left(\frac{1}{3R}-\frac{1}{4R}\right) = kQ\lambda\left(\frac{4-3}{12R}\right) = kQ\lambda\,\frac{1}{12R} =$$

$$= \frac{kQq}{12R^2} = \frac{1}{12}\,\frac{kqQ}{R^2}$$

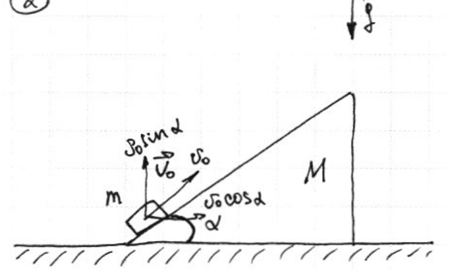
$$\boxed{F_2 = \frac{1}{12}\,\frac{kqQ}{R^2}}$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{1}{9}\,\frac{kqQ}{R^2}$

2) $F_2 = \frac{1}{12}\,\frac{kqQ}{R^2}$

2

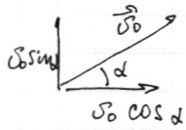
1)



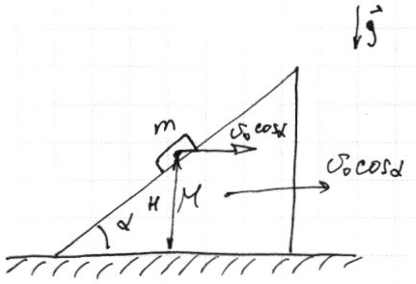
Пусть m – масса шайбы.

M – масса клина.

Поместим нуль потенциальной энергии в точке старта шайбы, тогда начальная потенциальная энергия шайбы $\Pi_0 = 0$, а конечная $\Pi = mgH$. Потенциальная энергия клина не меняется и равна $\Pi_к$.



Разложим скорость на горизонтальную и вертикальную компоненту, как это показано на рисунке.



Ускорение свободного падения не изменяет горизонтальную компоненту скорости равную $\upsilon_0\cos\alpha$, тогда в точке максимального подъёма и клин (т.к. шайба движется безотрывно) и шайба будут иметь скорости равные $\upsilon_0\cos\alpha$.

Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{2m\upsilon_0^2\cos^2\alpha}{2}$$

$$\cancel{\Pi_к} + \frac{m\upsilon_0^2}{2} = \cancel{\Pi_к} + mgH + \frac{m\upsilon_0^2\cos^2\alpha}{2} + \frac{M\upsilon_0^2\cos^2\alpha}{2}$$

$$\frac{m\upsilon_0^2}{2} = mgH + \frac{m\upsilon_0^2\cos^2\alpha}{2} + \frac{2m\upsilon_0^2\cos^2\alpha}{2} \quad \Big|\cdot\frac{2}{m}$$

$$\upsilon_0^2 = 2gH + \upsilon_0^2\cos^2\alpha + \cancel{2\upsilon_0^2\cos^2\alpha}$$

$$\upsilon_0^2 = 2gH + 3\upsilon_0^2\cos^2\alpha$$

$0{,}36 \cdot 3 = 1{,}08$

$$\upsilon_0^2\left(1 - 3\cos^2\alpha\right) = 2gH$$

$$\upsilon_0 = \sqrt{\frac{2gH}{1-3\cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{2\cdot 10\frac{м}{с^2}\cdot 0{,}2\,м}{1-3\cdot 0{,}6^2}} = \frac{2}{\sqrt{0{,}64}} = \frac{2}{0{,}8} = \frac{20}{8} =$$

$$= \frac{5}{2} = 2{,}5\,м/с$$

Или из кинематики:

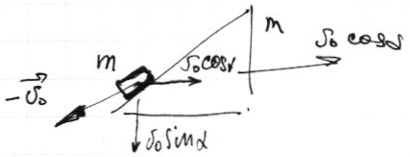
$$\left.\begin{aligned} &\upsilon_0\sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} = H \\ &t = \frac{\upsilon_0\sin\alpha}{g}\end{aligned}\right\} \quad H = \frac{\upsilon_0^2\sin^2\alpha}{2g}$$

$$\upsilon_0^2 = \frac{2gH}{\sin^2\alpha} = \frac{2gH}{1-\cos^2\alpha}$$

$$\upsilon_0 = \sqrt{\frac{2gH}{1-\cos^2\alpha}} = 2{,}5\,м/с$$

$$\boxed{\upsilon_0 = \sqrt{\frac{2gH}{1-\cos^2\alpha}} = 2{,}5\,м/с}$$

2) Как было сказано выше ускорение свободного падения не изменяет горизонтальную составляющую скорости камня. Аналогично задаче с броском камня под углом к горизонту в момент возвращения шайбы в точку старта её скорость будет равна $-\vec{v}_0$ и картина будет следующая:



$V = v_0 \cos\alpha = 2{,}5 \text{ м/с} \cdot 0{,}6 =$

$= 1{,}5 \text{ м/с}$

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_0^2\cos^2\alpha}{2} = \frac{mV^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} \Longrightarrow V = v_0 \cos\alpha = 1{,}5 \text{ м/с}.$$

$$\boxed{V = v_0 \cos\alpha = 1{,}5 \text{ м/с}}$$

Ответ: 1) $v_0 = 2{,}5$ м/с
2) $V = 1{,}5$ м/с.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

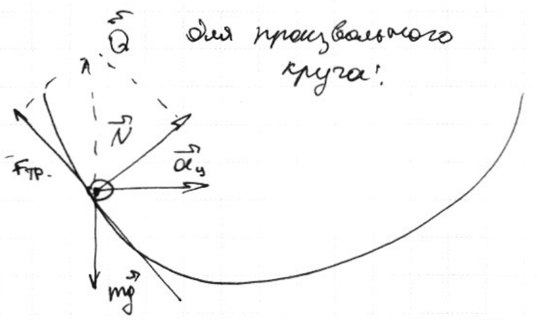
ШИФР

(заполняется секретарём)

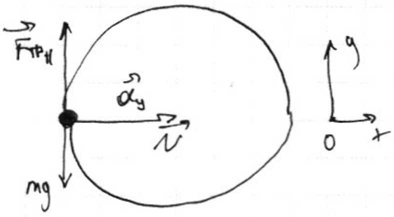
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③ для произвольного круга:

1)



для большого круга:



Пусть m - масса модели.

$F_{тр}$ - сила трения

N - нормальная сила реакции опоры

$\vec{Q} = \vec{F}_{тр_\parallel} + \vec{N}$ - сила реакции опоры

т.к $\vec{F}_{тр_\parallel} \perp \vec{N} \Rightarrow Q = \sqrt{N^2 + F_{тр}^2}$ (по теореме Пифагора)

по условию:

$$2mg = Q$$

Запишем второй закон Ньютона в проекции на оси Ox и Oy:

Ox: $N = ma_y$

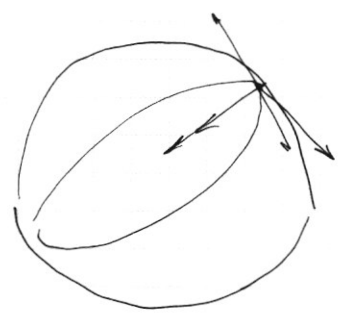
Oy: $F_{тр_\parallel} = mg$

$$Q = 2mg = \sqrt{N^2 + F_{тр_\parallel}^2}$$

$$4(m^2g^2) = N^2 + (m^2g^2)$$

$$N^2 = 3m^2g^2$$

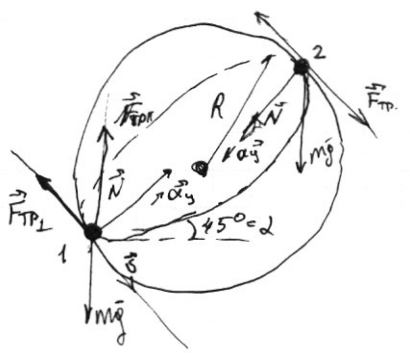
$$N = \sqrt{3}\,mg.$$



$$ma_y = \sqrt{3}\,mg$$

$$\boxed{a_y = \sqrt{3}\,g \approx 17\ м/с^2}$$

2)



①

$$N\sin\alpha + F_{\parallel} - mg = ma_y \sin\alpha$$

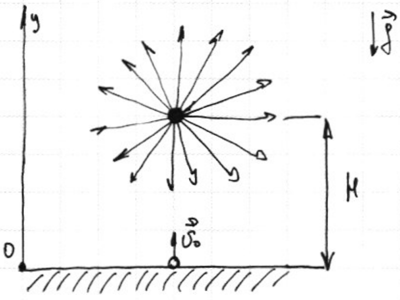
$$N\cos\alpha = ma_y\cos\alpha - mg$$

$$F_{тр.\parallel} = \mu N$$

См продолжение на стр. 9

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



1) Пусть фейерверк стартует со скоростью $\vec{v}_0$, которая по условию направлена вертикально вверх, тогда зависимость скорости в проекции на ось Oy от времени:

$v(t) = v_0 - gt$, т.к. через время $T = 3c$ он находится в высшей точке траектории, то $v(T = 3c) = v_0 - gT = 0$

$$v_0 - gT = 0$$
$$v_0 = gT = 10 \frac{м}{с^2} \cdot 3с = 30 м/с$$

А зависимость координаты по оси Oy от времени будет равна:

$y(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ $\quad y(T = 3c) = H$, т.е:

$$H = v_0 T - \frac{gT^2}{2} = 30 м/с \cdot 3с - \frac{10 м/с^2 \cdot 9с^2}{2} = 90 м - 45 м = 45 м$$

$$\boxed{H = \frac{gT^2}{2} = 45 м}$$

2) Т.к. после взрыва все осколки летят с некоторой одинаковой по величине скорость u, то суммарная кинетическая энергия будет равна:

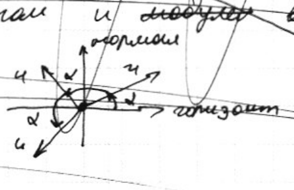
$K = \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i u^2}{2}$, где m_i – масса i-го осколка, n – количество осколков

$K = \frac{u^2}{2}\sum_{i=1}^{n} m_i$, а $\sum_{i=1}^{n} m_i = m$, в силу закона сохранения массы, т.е:

$$K = \frac{u^2}{2} \cdot m \Rightarrow \frac{2K}{m} = u^2 \Rightarrow u = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800 Дж}{1 кг}} = 60 м/с$$

~~Заметим, что в момент взрыва фейерверк имел нулевой импульс, а/ значит и после взрыва импульс должен быть нулевой т.е. для любого осколка заряда с импульсом $\vec{p}_i$ найдётся осколок с импульсом $-\vec{p}_i$, чтобы суммарный импульс был нулевой, но т.к. скорости у всех по величине одинаковы, то чтобы импульсы по величине были одинаковые у них должны быть одинаковыми и массы, т.е. из всего этого следует, что у рассматриваемых осколков просто противонаправлены скорости.~~

~~Введём угол α – угол между горизонтом и модулем вектором скорости осколка, причём α ∈ [0; 2π] как мы вводим этот угол показано на рисунке, тогда:~~



~~время падения последнего снаряда (равное τ) будет~~ при $max(\sin\alpha)$
~~а минимальное~~ при $\min(\sin\alpha)$.

~~Заметим, что из предыдущих суждений $|max(\sin\alpha)| = |\min(\sin\alpha)|$.~~

~~Запишем зависимость координаты по оси Oy от времени для самого долго летящего осколка:~~

$$y(t) = H + u\sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}.$$

для него $y(T) = 0$

$$H + u\sin\alpha \cdot T - \frac{gT^2}{2} = 0$$

$$45м + 60\frac{м}{с} \cdot 10с \cdot \sin\alpha - \frac{10 м/с^2 \cdot 100 с^2}{2} = 0$$

$$600\sin\alpha = 500 - 45$$

$$\sin\alpha = \frac{455}{600}$$

$$\begin{array}{r} 500 \\ -\ 45 \\ \hline 455 \end{array}$$

А для самого быстро падающего зависимость координаты от времени по оси Oy:

$$y(t) = H - u\sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2}.$$

для него $y(T') = 0$

$$H - u\sin\alpha \cdot T' - \frac{gT'^2}{2} = 0$$

$$45м - 60\frac{м}{с} \cdot \frac{455}{600} \cdot T' - \frac{10 м/с^2 \cdot T'^2}{2} = 0$$

$$\frac{м}{с^2} \cdot 5T'^2 + 45{,}5T'\frac{м}{с} - 45м = 0$$

$$T'^2 + 9{,}1T' - 9 = 0$$

$$D = 82{,}81 + 36 = 118{,}81$$

$$\tau'_1 = \frac{-9{,}1 - \sqrt{D}}{2} < 0, \text{ т.к. } \sqrt{D} > 10$$

не подходит по смыслу задачи;

$$\tau' = \frac{\sqrt{D} - 9{,}1}{2} = \frac{\sqrt{118{,}81} - 9{,}1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 91 \\ \times\ 91 \\ \hline 91 \\ +\ 819 \\ \hline 8281 \\ +\ 36 \\ \hline 118{,}81 \end{array}$$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Т.к. гарантировано, что осколки летят во всевозможных направлениях, то первым упадёт осколок, летящий вертикально вниз после взрыва, а дальше всех будет падать осколок, летящий вертикально вверх после взрыва.

Запишем зависимость координаты от времени по оси Oy для осколка, летящего вертикально вниз:

$$y(t) = H - ut - \frac{gt^2}{2}, \quad \text{для } y(\tau) = 0:$$

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

$$\frac{10 м}{2 с^2} \cdot \tau^2 + 60 м/с \cdot \tau + (-45 м) = 0$$

$$5\tau^2 + 60\tau - 45 = 0$$

$$\tau^2 + 12\tau - 9 = 0$$

$$D = 144 + 36 = 180 = 9 \cdot 4 \cdot 5 = (6\sqrt{5})^2$$

$$\tau_1 = \frac{-12 - 6\sqrt{5}}{2} с < 0, \text{ не соответствует смыслу задачи}$$

$$\tau_2 = \frac{12 + 6\sqrt{5}}{2}$$

$2,25 \cdot 6 = 13,50$

Запишем путь для осколка летящего вертикально вниз

$$S(t) = ut + \frac{gt^2}{2}$$

$$S(\tau) = H$$

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

$$5\tau^2 + 60\tau - 45 = 0$$

$$\tau^2 + 12\tau - 9 = 0$$

$21 \cdot 21 = 441$; $22 \cdot 22 = 484$; $23 \cdot 23$: 69, 46

$2,25 \cdot 2,25 = 5,0625$

$$D = 144 + 4 \cdot 9 = 144 + 36 = 180 = 9 \cdot 20 = 9 \cdot 4 \cdot 5 = (6\sqrt{5})^2$$

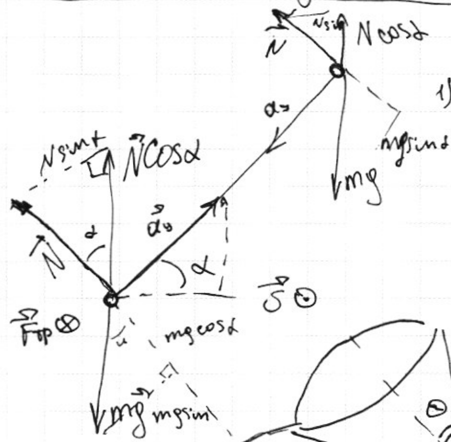
$$\tau_1 = \frac{-12 - 6\sqrt{5}}{2} < 0, \text{ не соответствует смыслу задачи.}$$

$$\tau_2 = \frac{-12 + 6\sqrt{5}}{2} \approx \frac{6 \cdot 2,25 - 12}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 с$$

$$\boxed{\tau = 0,75 с}$$

Ответ: 1) $H = 45 м$
2) $\tau = 0,75 с$

$\boxed{\text{Продолжение задачи 3}}$

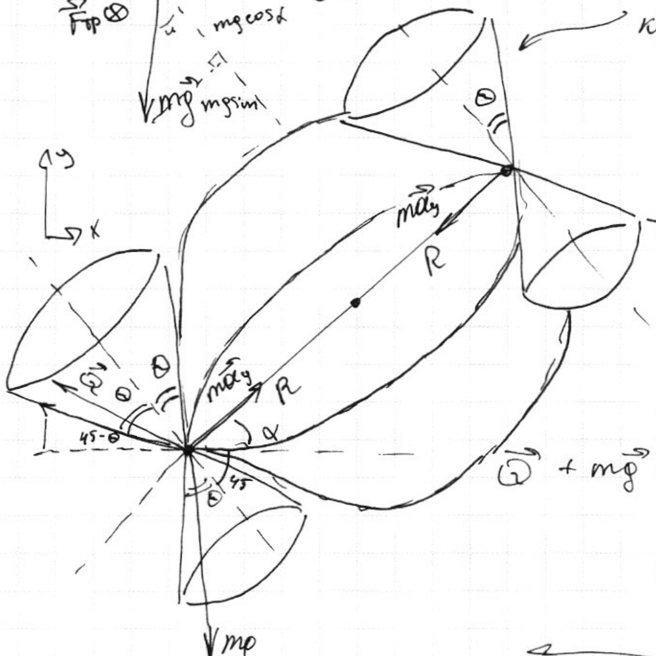


$\vec{v}\otimes$, $\vec{F}_{тр}\odot$

1) $N\cos\alpha - mg = ma_y\sin\alpha$

2) $-N\cos\alpha + mg = ma_y\sin\alpha$

конус трения.



Второй закон Ньютона в проекции на оси.

Ox: $Q\cos(45°-\Theta) = ma_y\cdot\cos45°$

Oy: $Q\sin(45°-\Theta) + (-mg) = ma_y\sin45°$

$$\frac{ma_y\,tg45°}{ma_y} = \frac{Q}{Q}tg(45°-\Theta) - \frac{mg}{Q\cos(45°-\Theta)}$$

$$\vec{Q} + m\vec{g} = m\vec{a}_y$$

$$1 = tg(45°-\Theta) - \frac{mg}{Q\cos(45-\Theta)}$$

$$1 - \frac{1+tg\Theta}{1-tg\Theta} = -\frac{mg}{Q\cos(45-\Theta)}$$

$$1 - \frac{1+\mu}{1-\mu} = -\frac{mg}{Q\cos(45-\Theta)}$$

$$1 - \frac{1,8}{0,2} = -\frac{mg}{Q\cos(45-\Theta)}$$

$$8 = \frac{mg}{Q\cos(45-\Theta)}$$

$$Q\cos(45°-\Theta) = \frac{mg}{8}$$

$$ma_y\cdot\frac{\sqrt2}{\cancel{2}} = \frac{mg}{\cancel{8}_4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_y\cdot\sqrt2 = 2,5 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{v_{min}^2}{R} = \frac{2,5\sqrt2}{2} \text{ м/с}^2$$

$$\boxed{v_{min} = \sqrt{\frac{2,5\sqrt2}{2}} \text{ м/с}} =$$

$$= \sqrt{1,25\cdot1,41} = \boxed{1,15 \text{ м/с}}$$

$\times$ 125
144
———
125
500
125
———
1,3525

Ответ: 1) $a = 17$ м/с²

2) $v_{min} = 1,15$ м/с²