

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

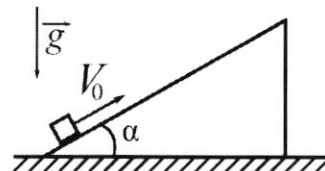
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ м. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию K осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость $V_0 = 2$ м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$. Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} такого

равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,9$.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

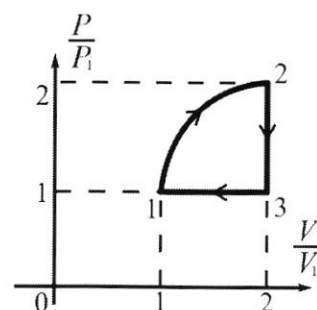
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

Универсальная газовая постоянная R .



5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $2R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

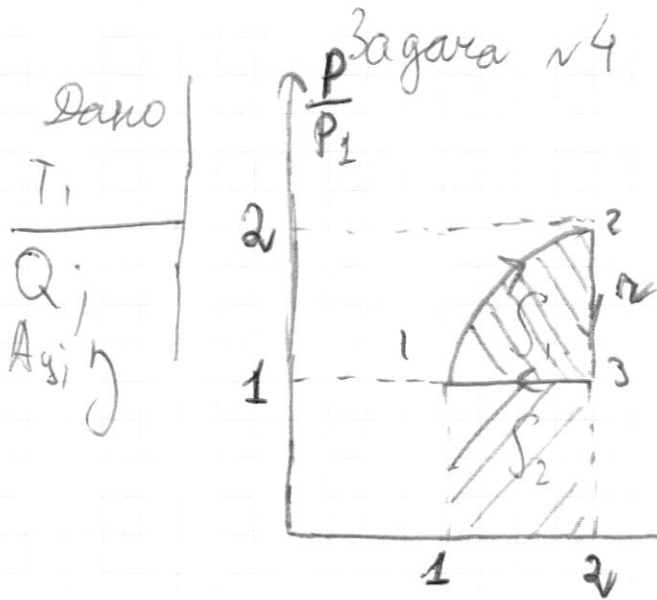
1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

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

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$p_1 V_1 = \nu R T_1$
(Упр-ние Менделеева-Клапейрона)

$$S_1 = \frac{A_1}{p_1 V_1} = \frac{\pi \cdot z^2}{4} = \frac{\pi}{4} \Rightarrow A_1 = \frac{\pi}{4} p_1 V_1 = \frac{\pi}{4} \nu R T_1$$

$$S_2 = \frac{A_2}{p_1 V_1} = (2-1) \cdot 1 = 1 \Rightarrow A_2 = p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\Delta U_{21} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (4 p_1 V_1 - p_1 V_1)$$

$$U_2 - U_1 = \frac{9}{2} p_1 V_1 = \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$Q = A_2 + A_1 + \Delta U_{21} \text{ (Из первого термодинамики)} \Rightarrow$$

$$Q = \frac{\pi}{4} \nu R T_1 + \nu R T_1 + \frac{9}{2} \nu R T_1 = \left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4}\right) \nu R T_1 =$$

$$\frac{\pi + 22}{4} \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{A_1}{Q} = \frac{\frac{\pi}{4} \nu R T_1}{\frac{\pi + 22}{4} \nu R T_1} = \frac{\pi}{\pi + 22}$$

Ответ: $Q = \frac{\pi + 22}{4} \nu R T_1$
 $A_1 = \frac{\pi}{4} \nu R T_1$

Задача №2

$$\eta = \frac{\pi}{\pi + 22}$$

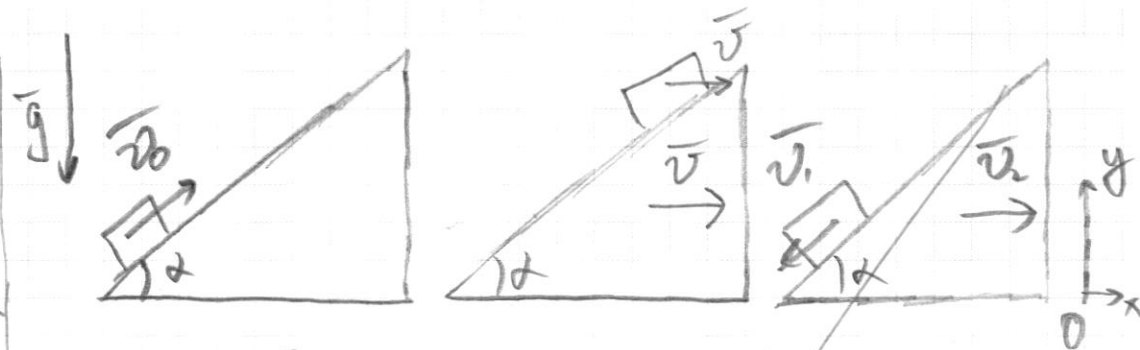
Дано

$v_0 = 2 \text{ м/с}$

$\alpha = 30^\circ$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$H, v - ?$



Вдоль ОХ на систему внешние силы не действуют \Rightarrow Закон сохранения импульса выполняется вдоль ОХ:

$$m v_{0x} = 2m v_x = m v_{1x} + m v_{2x}$$

Когда тело находится в высшей точке траектории оно не имеет проекции его скорости вдоль ОУ равна 0 \Rightarrow Но и горизонтальной составляющей скорости шайба не имеет, т.к. иначе

~~$m v_0 \cos \alpha = 2m v$~~ относительно клина, т.к.

иначе она бы двигалась вдоль клина. \Rightarrow

$$m v_{0x} = 2m v_x \Rightarrow m v_0 \cos \alpha = 2m v \Rightarrow$$

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

По закону сохранения энергии

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

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

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

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

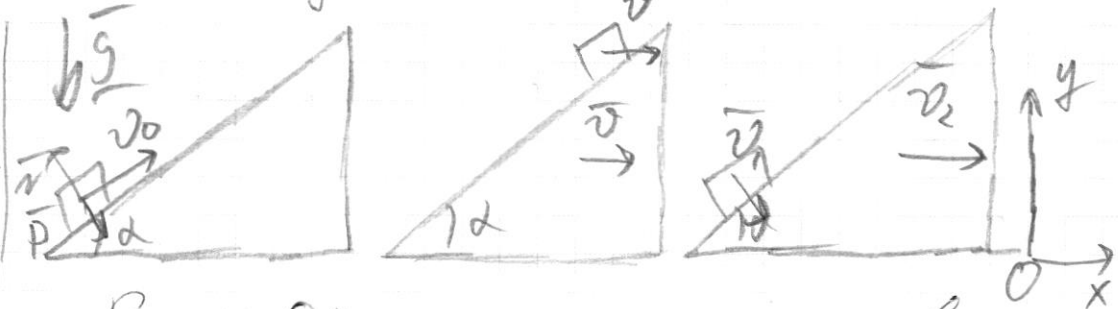
$$H = \frac{v_0^2 \left(2 - \frac{3}{4}\right)}{4g} = H = \frac{5v_0^2}{16g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2

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

H, v



Вдоль ОУ на шарику действует сила тяжести, или имеет в любой момент времени только горизонтальную составляющую скорости \Rightarrow

$$\frac{\Delta P_y}{\Delta t} = mg \Rightarrow \frac{\Delta P_{ш.у}}{\Delta t} = mg \Rightarrow \text{шарик}$$

движется равномерно \Rightarrow

К тому моменту когда шарик достигает максимальной точки, он вдоль ОУ совершает перемещение $H = \frac{v_{0y}^2 - v_y^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

$$= \frac{4 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{1}{20} \text{ м} = 0,05 \text{ м}$$

как шарик вернется в исходную точку, он совершит вдоль ОУ перемещение $-H =$

$$\frac{-v_{1y}^2}{2g} \Rightarrow m(v_0 \sin \alpha)^2 = v_{1y}^2$$

Вдоль Ох на шатле не действуют внешние силы \Rightarrow вдоль Ох выполняется 3-й закон сохранения импульса

$$m_0 v_0 \cos \alpha = m v_2 + m v_{1x} \quad \text{т.к.}$$

$$v_0 \cos \alpha = v_2 + v_{1x}$$

По 3-му закону сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_{1y}^2}{2} + \frac{m v_{1x}^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} \Rightarrow \frac{m v_0^2 \cos^2 \alpha}{2} =$$

$$\frac{m v_{1x}^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} \Rightarrow v_0^2 \cos^2 \alpha = v_{1x}^2 + v_2^2 \Rightarrow$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha = (v_2 + v_{1x})^2 = v_2^2 + v_{1x}^2 + 2v_2 v_{1x} \Rightarrow$$

$$v_2 v_{1x} = 0 \Rightarrow$$

$v_{1x} = 0$, т.к. не существует силы, тормозящей бм или, но существует сила, тормозящая шатле. Сила \vec{P} действует со стороны шатла на бм, разгоняя его. Сила \vec{N} действует со стороны ~~шатла~~ бма на шатле, тормозя его \Rightarrow

$$v_1 = |v_{1y}| = |v_0 \sin \alpha| \Rightarrow v_1 = 4 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_1 = 4 \text{ м/с}$; $v_2 = 0 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

Дано

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

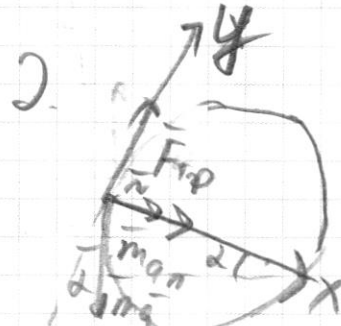
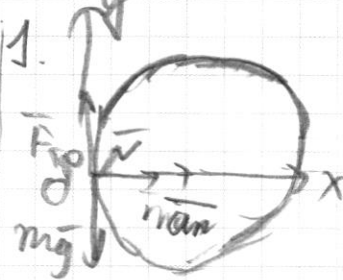
$$v_0 = 3,74 \text{ м/с}$$

$$R = 1,2 \text{ м}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{6} \quad \mu = 0,99$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{\min}; \rho$$



1. ОУ: $F_{тр} + N + m\bar{g} = m\bar{a}_n$
 $N = -\rho$ (III з-к Ньютона)
 $N = \rho$

$$F_{тр} = mg$$

$$\mu N = mg$$

$$\mu \rho = mg \Rightarrow \rho = \frac{mg}{\mu} \Rightarrow \rho = \frac{40 \cdot 4}{10} =$$

$$\frac{40}{g} = 4,4 \text{ Н}$$

n. 1 см сар. v 6

$$F_{тр} + N + m\bar{g} = m\bar{a}_n$$

2. ОУ: $F_{тр} = mg \cos \alpha$

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

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

ОХ: $N + mg \sin \alpha = m\bar{a}_n$

$$\frac{mg \cos \alpha}{\mu} + mg \sin \alpha = m\bar{a}_n$$

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

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{100 \sqrt{3}}{9 \cdot 2} + 5}$$

$$v_{\min}^2 = \frac{gR \cos \alpha}{\mu} + gR \sin \alpha$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{10 \cdot 1,2}{0,9} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \cdot 1,2 \cdot \frac{1}{2}} =$$

$$\sqrt{\frac{10 \cdot 6 \sqrt{3}}{9} + 6} =$$

$$\sqrt{\frac{60 \sqrt{3}}{9} + 6} = \sqrt{\frac{60 \sqrt{3} + 54}{9}} = \sqrt{\frac{20 \sqrt{3} + 27}{3}}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

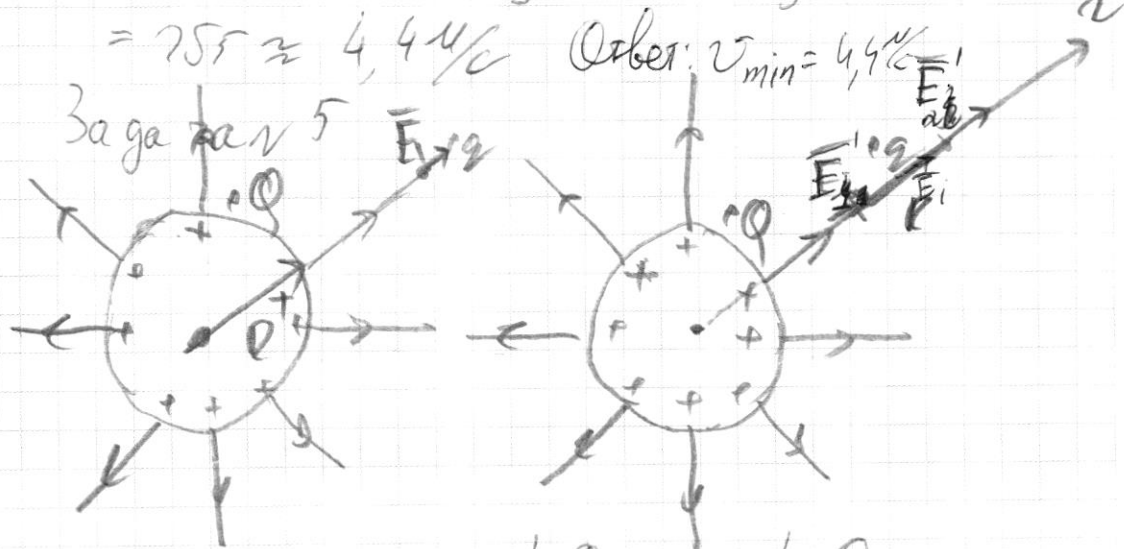
$$\sqrt{\frac{20 \sqrt{3} + 27}{3}} \approx \sqrt{\frac{39}{3} + 9} \approx \sqrt{20} =$$

$$= 4,47 \approx 4,4 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } v_{\min} = 4,4 \text{ м/с}$$

Задача 5

Дано
 $Q, R;$
 $q; k$
 $F_i; F_v?$



$$\sim 1 \quad F_i = E q = \frac{kQ}{4R^2} \cdot q = \frac{kQq}{4R^2}$$

~ 2 Ка бесконечно малый заряд $\Delta q_i = \tau \Delta z$ генерирует сила $\vec{F}_i = \Delta q_i \vec{E}_i$, где \vec{E}_i - напряженность поля в данной точке $E_i = \frac{kQ}{r^2}$ $O_2: E_i = \frac{kQ}{r^2}; F_i = \tau \Delta z \frac{kQ}{r^2} \Rightarrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

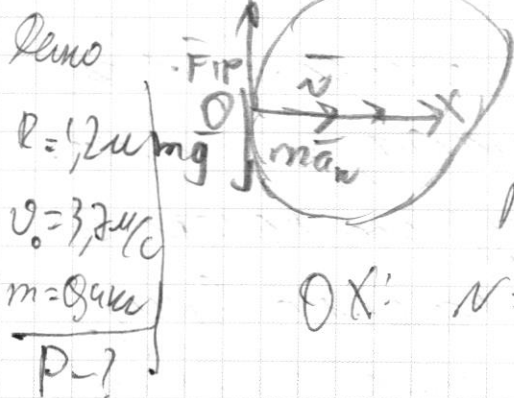
$$F_a = \sum F_i \Rightarrow$$

$$F_a = \int_{2R}^{3R} \frac{\tau k Q}{r^2} dr = \tau k Q \int_{2R}^{3R} \frac{dr}{r^2} = \tau k Q \left(-\frac{1}{3R} - \left(-\frac{1}{2R}\right) \right)$$

$$= \frac{\tau k Q}{6R} \Rightarrow q = \tau R \Rightarrow F_2 = \frac{q k Q}{6R^2} = \frac{k Q q}{6R^2}$$

Ответ: $F_1 = \frac{k Q q}{4R^2}$
 $F_2 = \frac{k Q q}{6R^2}$

Задача 3



По 3-му закону Ньютона: $\vec{N} = -\vec{P} \Rightarrow N = P$

ОК: $N = m a_n \Rightarrow$

$$N = \frac{m v^2}{R} \Rightarrow N = \frac{0,4 \cdot 3,7^2}{1,2}$$

$$3,7^2 = 9 + 4,2 + 0,49$$

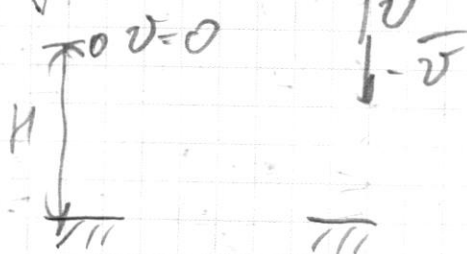
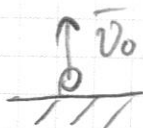
$$\frac{3,7^2}{3} \approx 3 + 1,4 + \frac{0,49}{3} + 0,16 = 4,56 \approx 4,6 \text{ Н}$$

Ответ: $P = 4,6 \text{ Н}$

Задача 1

Решо

$m = 7 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $r = 10 \text{ м}$
 $v_0; K$



$$H = \frac{0 - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0^2 = 2gH \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH}$$

$$v_0 = \sqrt{1300} \text{ м/с}$$

$$35^2 = 1225$$

$$40^2 = 1600$$

$$37^2 = 900 + 420 + 49 = 1300$$

$$36^2 = 900 + 360 + 36 = 1296$$

$$(35,5)^2 = \cancel{1275} + \cancel{35} +$$

$$36,1^2 = \cancel{900} + 1296 + 2 \cdot 36 \cdot 0,1 + 0,01 =$$

$$1756 + 7,2 + 0,01 = 1763,21 > 1300$$

$$v_0 = 36 \text{ м/с}$$

Т.к. осколки разлетелись во все всевозможных направлениях, то рассмотрим 2 осколка: один полетел вертикально вверх, другой вертикально вниз.

Первый осколок достигнет земли за время t_1 , второй медленнее всех других осколков, второй - за время t_2 - быстрее всех других осколков.

$$\begin{cases} 0 = H + v t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \\ 0 = H + v t_2 - \frac{g t_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$v(t_1 + t_2) + \frac{g t_2^2}{2} - \frac{g t_1^2}{2} = 0$$

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

$$v = \frac{g}{2}(t_1 - t_2) = \frac{g \tau}{2} \Rightarrow$$

$$K = \sum E_{ki} = \sum \frac{m_i \left(\frac{g \tau}{2}\right)^2}{2} = \frac{g \tau^2}{8} \sum m_i = \frac{m g \tau^2}{8}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$K = \frac{2 \cdot 100 \cdot 100}{R} = 50^2 = 2500 \text{ Дж} = 2,5 \text{ кДж}$$

Ответ: $v_0 = 36 \text{ ч/с}$, $K = 2,5 \text{ кДж}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

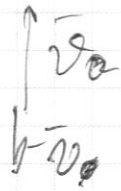
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Вдоль ОУ выполняется закон сохранения 2-н
Ньютона в скалярной форме:

$$\frac{\Delta P_y}{\Delta t} = mg \Rightarrow \text{шарик движется равно-}$$

ускоренно вдоль ОУ, т.к. шарик имеет только
горизонтальную составляющую скорости \Rightarrow
К концу шара когда
Вдоль шарик движется наибольшей точки
ее перемещение составило $H = v_{0y}^2$



work

$$H + v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 0$$

$$H + v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 0$$

$$v_0 (t_1 + t_2) + \frac{g}{2} \left(\frac{t_2^2 - t_1^2}{2} \right) = 0$$

$$v_0 = \frac{g}{2} t_1 + t_2 =$$

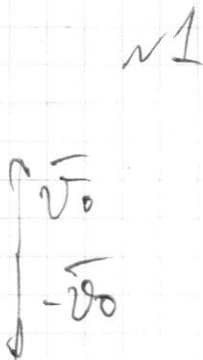
$$\frac{g r}{2} = v_0$$

$$k \leq \frac{m_i}{m} \frac{g^2 r^2}{g}$$

$$\sum m_i = m r$$

$$k = \frac{m g^2 r^2}{g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$g \left(\frac{1}{2} t_1^2 + \frac{1}{2} t_2^2 \right) = 2H$$

$$\frac{4H}{g} = \frac{1}{2} t_1^2 + \frac{1}{2} t_2^2$$

$$v_0 t = \frac{gt^2}{2} = H$$

$$2v_0 t = gt^2 = 2H$$

$$2v_0 t =$$

$$H - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$\frac{2H}{g} = t^2$$

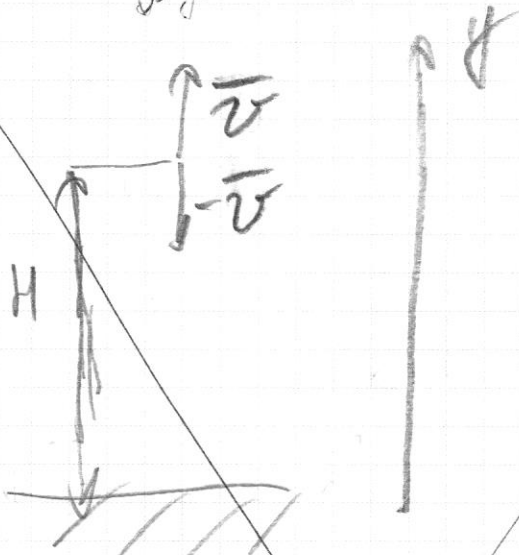
$$\frac{v_0^2}{g} = 4$$

$$v_0 = \sqrt{2gH}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

Дано
 $m = 2\text{ кг}$
 $H = 65\text{ м}$
 $T = 10\text{ с}$
 $g = 10\text{ м/с}^2$
 $v_0; K$



Так как снаряды летят во всевозможных направлениях, существуют 2 снаряда, такие, что один из них после взрыва фешерверки полетел вертикально вверх, а другой вертикально вниз.

T — разность времени, за которое достиг земли первый снаряд и тем временем, за которое достиг земли второй снаряд, $T = t_1 - t_2$

ОУ: \neq

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

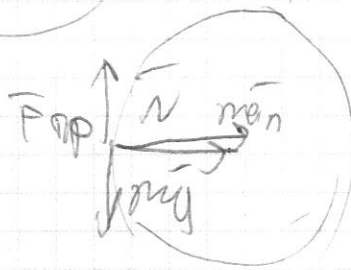
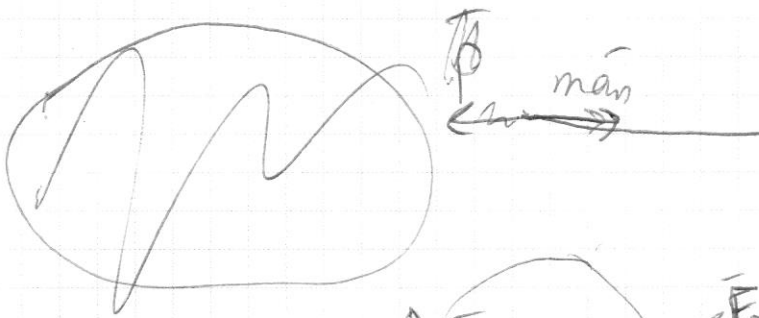
$$0 = H + v t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

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

$$\frac{4\pi}{g} \dot{r} = 2\dot{r}^2 + 2\dot{r}r + r^2$$



13



$$m \dot{g} = N$$

$$v = \frac{m \dot{g}}{N}$$

$$(x^{(n)})' = n x^{n-1}$$

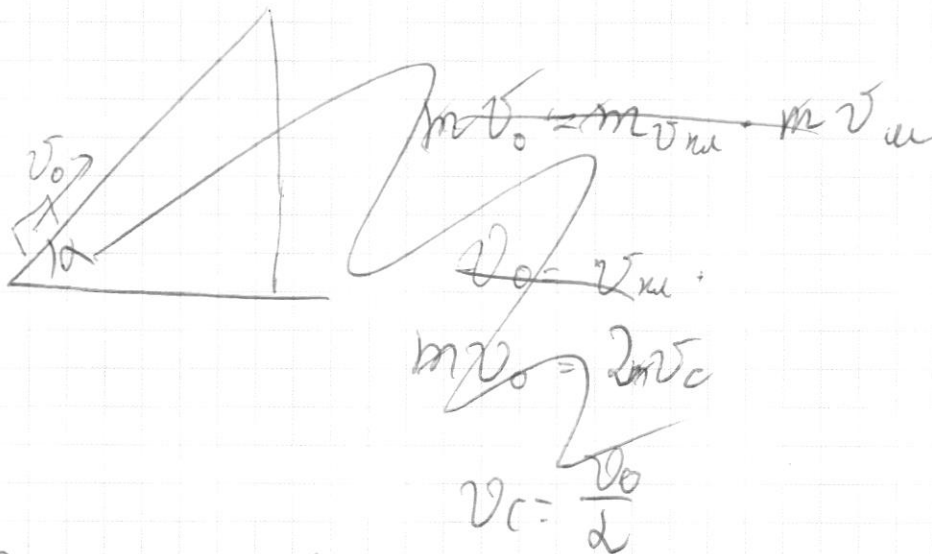
$$\int x^n = \frac{x^{n+1}}{n+1}$$

$$1 \quad E_g = k \frac{q_1 q_2}{R^2} \approx \frac{k q Q}{4 R^2}$$

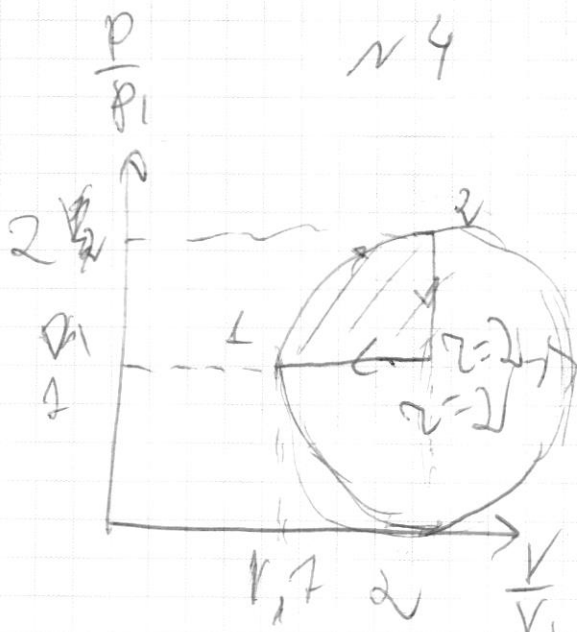
$$\frac{k Q}{R} \cdot \Delta z$$

$$F_z = \int_{2R}^{3R} \frac{k Q r}{R^2} dz = \left(-\frac{k Q}{3R} + \frac{k Q}{2R} \right) = \frac{k Q}{6R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_0 = v_m +$
 $m v_0 = 2 m v_c$
 $v_c = \frac{v_0}{2}$



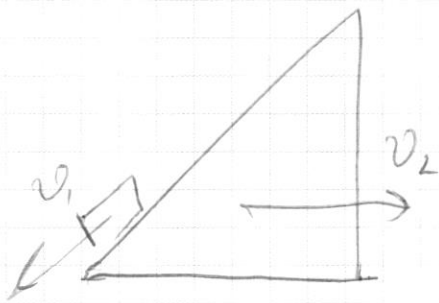
$S = \frac{\pi r^2}{4} = \frac{A}{4} = \pi r_1^2$

$S = \pi r^2 = \pi \frac{r v}{r_1 v_1} = \pi r_1^2$

$A = \pi r_1^2$

$\eta = \frac{\pi}{\pi r_1^2} = \frac{1}{1 + \frac{5}{2\pi}}$

$Q = \pi r_1^2 + (2V_1 - V_1) \cdot p_1 =$
 $(\pi + 2) (r_1 V_1) + \frac{3}{2} (-2r_1 V_1 - r_1 V_1) =$
 $\eta = \frac{\pi + \frac{5}{2}}{\pi} = \left(\pi + 1 + \frac{3}{2} \right) r_1 V_1 = Q$
 $\frac{\pi + 5}{2} r_1 V_1$



$$4v_0^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2$$

$$v_{2x} + v_{1x} = 2v_0$$

$$v_0^2 = v_{1x}^2 + v_{2x}^2$$

$$mgh + \frac{2mv_0^2}{4} = \frac{mv_0^2}{2} \quad 4v_0^2 = v_{2x}^2 + v_{1x}^2 + 2v_{1x}v_{2x}$$

$$mgh + \frac{mv_0^2}{4} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow 3v_0^2 = 2v_{1x}v_{2x}$$

$$\frac{mv_0^2}{4} = mgh \quad \frac{3}{2}v_0^2 = v_1v_2$$

$$v_0^2 = 4gh \quad v^2 = 2v_0v + \frac{3}{2}v_0^2$$

$$v_0 = \sqrt{4gh} \quad \frac{v}{4} = 1 - \frac{3}{2}$$

$$h = \frac{v_0^2}{4g}$$

$$-mv_1 + mv_2 = 2mv_0$$

$$v_2 - v_1 = 2v_0$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$$

94. $\frac{3,7}{\sqrt{1,2}}$

