

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

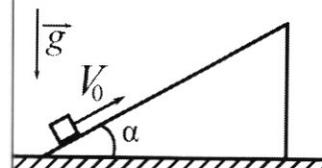
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

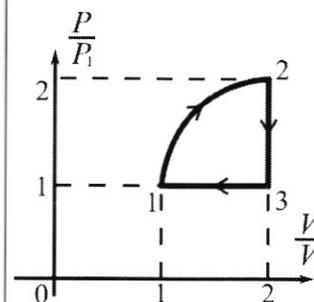
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 — дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

Задача № 4

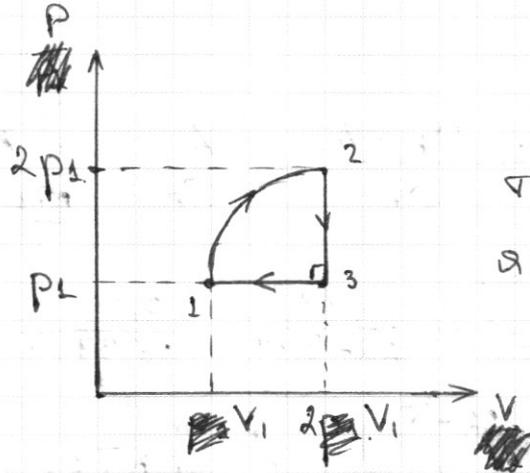
$\nu = 1$ моль

$i = 3; T_1; R$

1) $Q - ?$

2) $A - ?$

3) $\eta - ?$



Решение:

1) Найдем температу-
ры газов в состо-
яниях 2 и 3:

Из уравнения
состояния:

$$\begin{cases} (1) p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ (2) 2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2 \\ (3) 2p_1 V_1 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_3 = 2T_1 \\ T_2 = 4T_1 \end{cases}$$

1) Газ расширяется только в процессе 1-2, тогда по I-ому началу термодинамики:

$$Q = Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) + p_1 V_1 + \pi \frac{p_1 V_1}{4} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 3 \nu R T_1 + \pi \nu R \frac{T_1}{4} = \frac{18}{4} \nu R T_1 + \frac{\pi \nu R T_1}{4}$$

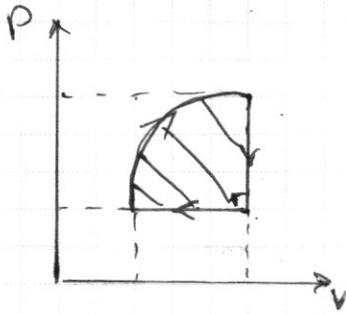
~~Скучно~~

$1 - \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV$ т.е.
площадь под
графиком \Rightarrow

$$\Rightarrow A_{1-2} = p_1 V_1 + \pi \frac{p_1 V_1}{4} = \nu R T_1 \left(1 + \frac{\pi}{4} \right) \quad (\nu = 1 \text{ моль})$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{18}{4} \nu R T_1 + \nu R T_1 \left(1 + \frac{\pi}{4} \right) &= \nu R T_1 \left(\frac{18}{4} + 1 + \frac{\pi}{4} \right) \\ &= \nu R T_1 \left(\frac{22 + \pi}{4} \right) \end{aligned}$$

3) Работа газа за цикл - площадь под графиком:



" - Азотцикл $\frac{1}{4}$ от площади круга.

$$A = \pi r^2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot p \Delta V_1 = \boxed{\frac{\pi}{4} RT_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2 + A}{Q_1} = \frac{A}{Q_1} = \frac{\frac{\pi}{4} RT_1}{\frac{\pi}{4} RT_1 \left(\frac{22+\pi}{4} \right)}$$

$$= \frac{\pi \cdot 4}{4(22+\pi)} = \frac{\pi}{22+\pi} \approx \frac{3,14}{22+3,14} = \frac{3,14}{25,34} \approx 0,12 \Rightarrow \boxed{12\%}$$

Ответ: $Q = RT_1 \left(\frac{22+\pi}{4} \right)$; $A = \frac{\pi}{4} RT_1$; $\eta = 12\%$.

Задача N 1

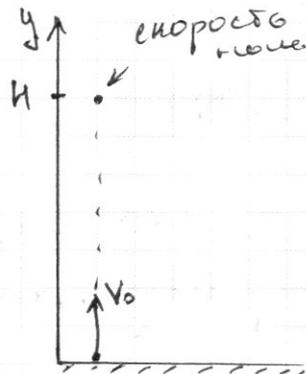
$m = 2 \text{ кг}$.

$H = 65 \text{ м}$; $\tau = 10 \text{ с}$

Работа ускор. мгновен.

1) $V_0 = ?$

2) $E_k = ?$

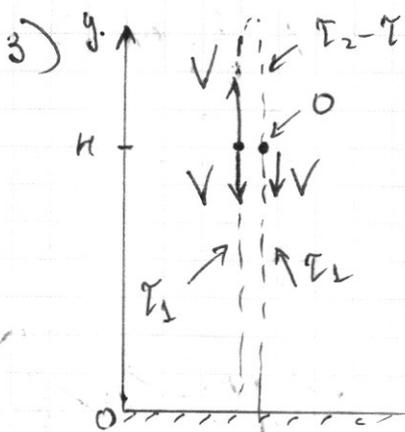


Решение:

1) П.к. Работа ускорения мгновенна, то можно считать, что скорость мгновенно возрастает до V_0 :

2) В крайней точке скорость ноль $\Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g} \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} \text{ м/с} = 10\sqrt{13} \text{ м/с} \approx 10 \cdot 3,6 = \boxed{36 \text{ м/с}}$$



3) $\tau_2 - \tau_1 = \tau$. \Rightarrow Время падения, осколка, который полетел вертикально вниз - минимально (τ_1), а тот кто вертикально вверх - макс (τ_2). В силу симметрии движения и пренебрежения силой сопротивления \Rightarrow то скорость в точке O у осколка, кото-

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

пуш полетит вверх равна V (V - скорость всех осколков сразу после взрыва) \Rightarrow

$$\Rightarrow -V = V - gZ \Rightarrow V = \frac{gZ}{2}$$

а) $K = K_1 + K_2 + \dots + K_i = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot V_i^2}{2} = \frac{V^2}{2} \sum_{i=1}^n m_i =$

$$= \frac{mV^2}{2} = \frac{m}{2} \cdot \frac{g^2 Z^2}{4} = \frac{mg^2 Z^2}{8} = \frac{25 \cdot 100 \cdot 100}{8} = 2,5 \text{ кДж}$$

Ответ: $V_0 = 36 \text{ м/с}$; $K = 2,5 \text{ кДж}$

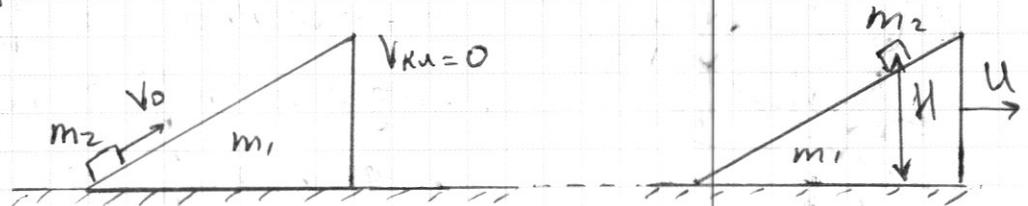
Задача №2 Пункт 1. Решение

$\alpha = 30^\circ$; $V_0 = 2 \text{ м/с}$ $m_1 = m_2 = m$

1) H - ?

2) V - ?

когда пот. энергия = "0"



1) в нач. момент скорость кинки ноль. Шайба перестанет подниматься, когда ее скорость относительно кинки станет равна нулю (момент когда шайба на макс высоте)

ЗСИ: $mV_0 = 2mU \Rightarrow U = \frac{V_0}{2}$ (система: "кинка" + "шайба")

ЗЭЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = mgH + \frac{2m}{2} \cdot \frac{V_0^2}{4} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{V_0^2}{2} = gh + \frac{V_0^2}{4} \quad / \cdot 4 \Rightarrow 2V_0^2 = 4gh + V_0^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0^2 = 4gh \Rightarrow \boxed{H = \frac{V_0^2}{4g}} = \frac{4}{4 \cdot 10} \text{ м} = \boxed{0,1 \text{ м}}$$

конечный
ответ
~~ответ 0,1 м~~
задачу на
Решение: 7 страница

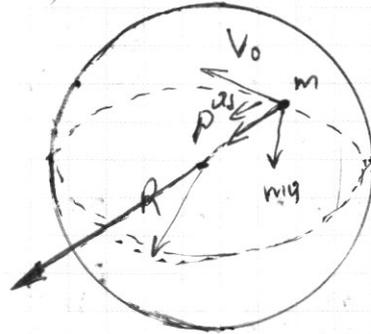
Задача №3

$$R = 1,2 \text{ м}; V_0 = 3,7 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

1) P-?

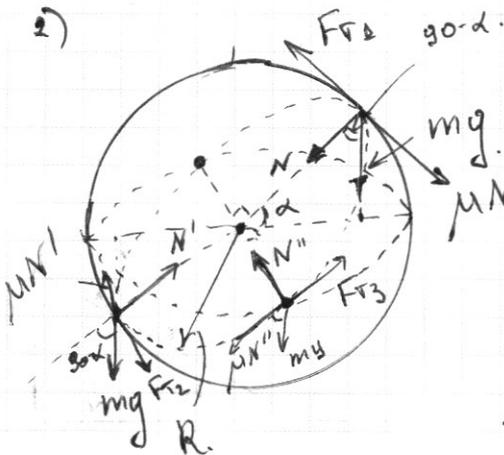
2) $\alpha = \frac{\pi}{6}; \mu = 0,8; V_{\text{min}} = ?$



1) Запишем II з. Ньютона на OY:

$$P = ma_y = \left| m \frac{V_0^2}{R} \right| = 0,4 \cdot \frac{13,69}{1,2} \text{ Н} = \boxed{4,56 \text{ Н}}$$

2)



Ч.к. модель движется
равномерно; $\therefore a_y = \text{const} \Rightarrow$

еще сообщаяая a_y

и постоянна $m \frac{V_1^2}{R} = \text{const}$

$$N + mg \sin \alpha = m \frac{V_1^2}{R} \Rightarrow F_{тр} = \mu \left(m \frac{V_1^2}{R} - mg \sin \alpha \right)$$

$$N' - mg \sin \alpha = m \frac{V_1^2}{R} \Rightarrow F_{тр} = \mu \left(m \frac{V_1^2}{R} + mg \sin \alpha \right)$$

$$-F_{тр} + \mu N'' + mg \cos \alpha = 0 \quad / \Rightarrow F_{тр} = \mu m \frac{V_1^2}{R} + mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu m \frac{V_1^2}{R} - mg \sin \alpha$$

Чтобы движение было равномерное сумма
всех сил на тангенциальную ось в каждой
точке траектории равна нулю.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

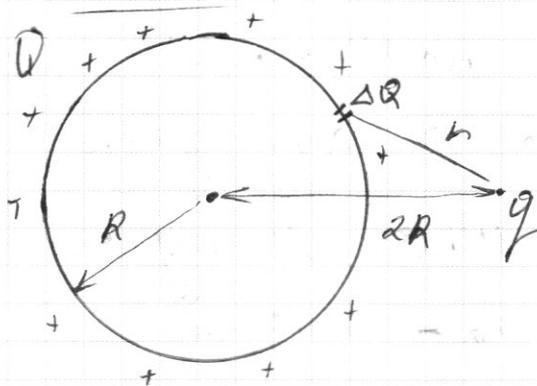
Задача №5

$Q; q; R$
 $2R; k$

1) $F_1 - ?$

2) $F_2 - ?$

Ответ 1.



Решение:

1) Выберем на
сфере малый
элементарный
заряд ~~ΔQ~~ ΔQ , тогда

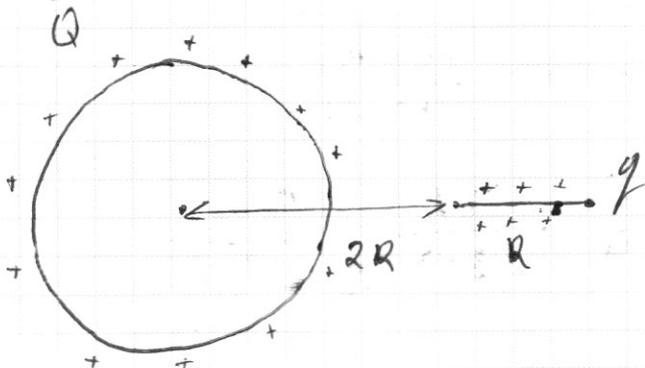
$\Delta F = \frac{\Delta Q \cdot q}{k r^2}$, где r - расстояние между ΔQ

и q

2) Тогда проинтегрировав все заряды получим

$$F_1 = \sum_{i=1}^n \Delta F = \frac{k \cdot Q \cdot q}{4R^2}$$

Ответ 2



1) Из выводов пер-

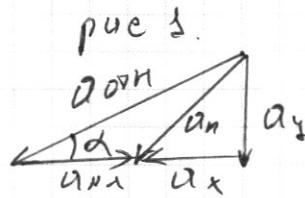
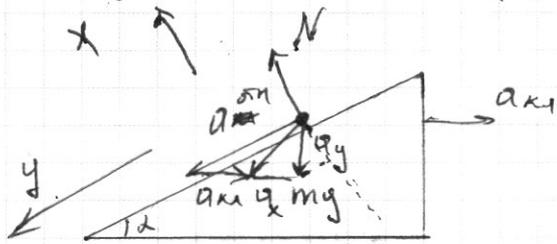
вого опыта:

$$F_2 = \frac{2kQq}{25R^2}$$

Ответ: $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}; F_2 = \frac{2kQq}{25R^2}$

Задача 2 Пункт 2

$\alpha = 30^\circ$ $m_1 = m_2 = m$



$\tan \alpha = \frac{a_y}{a_{x1} + a_x}$
 $a_n = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$

II закон Ньютона на OY и OX (где ~~шарик~~ ~~пружина~~)

$mg \sin \alpha = ma_{\text{осн}} \Rightarrow a_{\text{осн}} = g \sin \alpha$

где OX в.о. кинки: $N - mg \cos \alpha + ma_{x1} \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow N = m(g \cos \alpha + a_{x1} \cdot \sin \alpha)$

Для кинки:



$\rightarrow z \quad N_z = N \sin \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow m(g \cos \alpha - a_{x1} \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \alpha = ma_{x1} \quad (m \neq 0)$

$\sin \alpha g \cos \alpha - a_{x1} \cdot \sin^2 \alpha = a_{x1} \Rightarrow a_{x1} = \frac{g \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}$

из рис. 1 $\Rightarrow \cos \alpha = \frac{a_{x1} + a_x}{a_{\text{осн}}} \Rightarrow$

$\Rightarrow g \sin \alpha \cos \alpha = \frac{g \sin \alpha \cos \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} + a_x \Rightarrow a_x = g \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot$

$\cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \sin^2 \alpha} \right) = g \sin \alpha \cos \alpha \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} =$

$= g \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\frac{1}{4}}{1 + \frac{1}{4}} = g \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{1}{\frac{5}{4}} = \frac{g\sqrt{3}}{5}$

$a_{x1} = \frac{g \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{1 + \frac{1}{4}} = \frac{g\sqrt{3}}{5} \Rightarrow$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{a_y}{\frac{g\sqrt{3}}{5} + \frac{g\sqrt{3}}{20}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \frac{a_y \cdot 20^4}{5g\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow$$

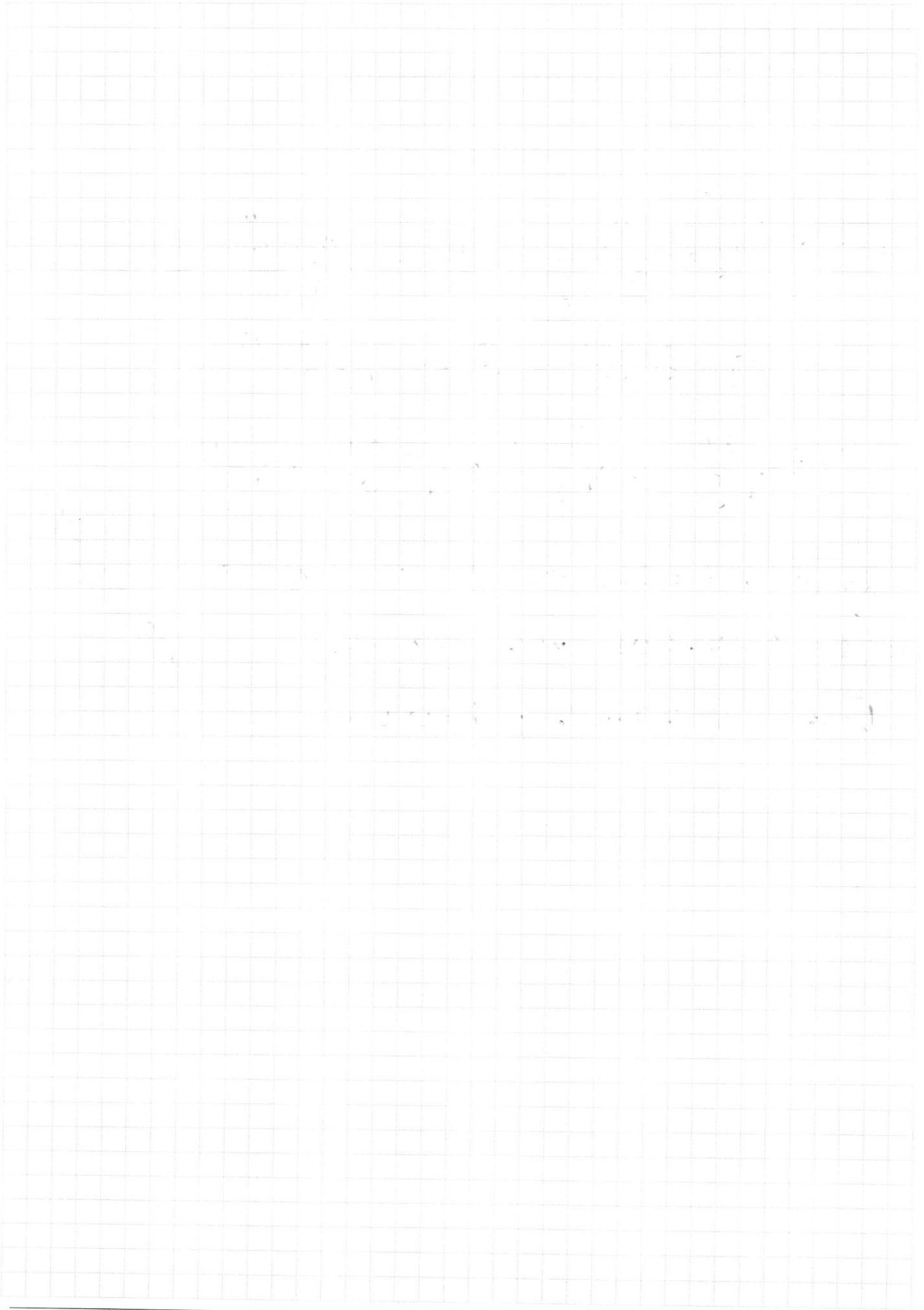
$$\Rightarrow a_y = \frac{g\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{12} = \frac{g}{4} \Rightarrow H = \frac{g}{4} \cdot \frac{t^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{8H}{g}} = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,1}{10}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{5}} =$$

$$= 2\sqrt{0,02} \text{ c} \approx 2,01 \text{ c} \Rightarrow V_{\text{кл}} = \frac{v_0}{2} + \frac{g\sqrt{3}}{5} \cdot t \approx$$

$$\approx (1 + 2 \cdot 1,7 \cdot 2,01) \text{ м/с} = \boxed{7,8 \text{ м/с}}$$

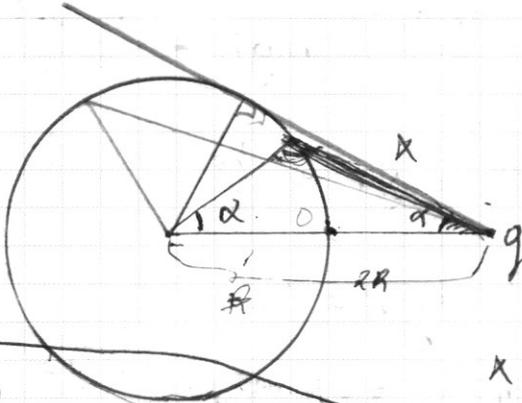
Отв. вст: $V = 7,8 \text{ м/с}$; $H = 0,1 \text{ м}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

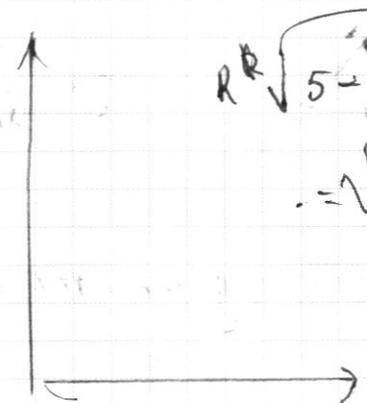


$k \cdot g \cdot a g$
 $R;$

~~$N = N$~~
 $N' - N = 2mg \sin \alpha$

$$x = \sqrt{R^2 + 4R^2 - 2 \cdot 2R \cdot R \cdot \cos \alpha}$$

$\frac{k \cdot g \cdot a g}{R^2 \sqrt{5 - 4 \cos \alpha}}$ $d\alpha : dg$ $x = R^2 \sqrt{5 - 4 \cos \alpha}$



$$R \sqrt{5 - 4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} =$$

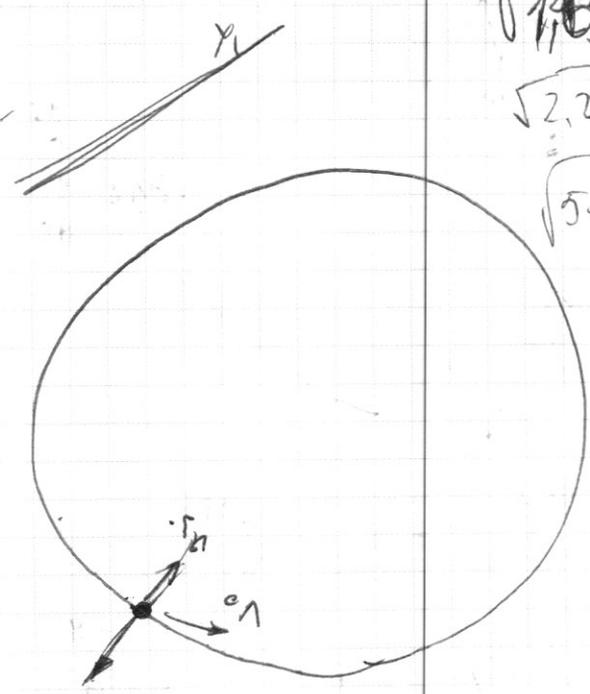
$$= \sqrt{5 - 2\sqrt{3}} \cdot 1.7$$

$$5 - 4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 5 - 2\sqrt{2}$$

$mv_0 = m \cdot v_0$

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh$

$\frac{mv_0^2}{2} + mgh =$



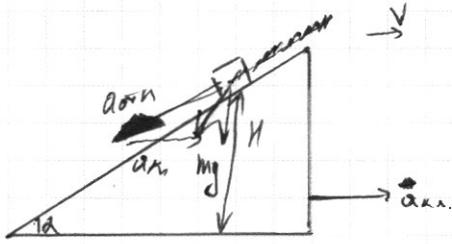
$$\sqrt{1.8} R$$

$$\sqrt{2.2} R$$

$$\sqrt{5 - 4 \cdot \frac{1}{2}} =$$

$$= 5 - 2\sqrt{3}$$

2



$$mV_0 = 2mu \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u = \frac{V_0}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{m}{2} \frac{V_0^2}{4} = \frac{mV_0^2}{8}$$

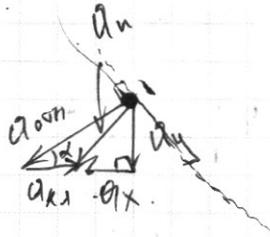
$$\frac{V_0^2}{2} = gh + \frac{V_0^2}{8}$$

$$4V_0^2 = 8gh + V_0^2$$

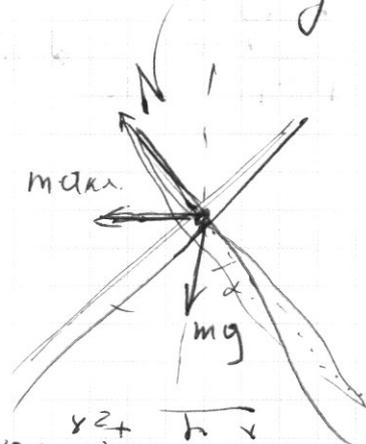
$$3V_0^2 = 8gh \Rightarrow 2H = \frac{3V_0^2}{8g} =$$

~~2m~~

~~mV_0~~



$$\tan \alpha = \frac{a_y}{u_{k1} + u_x}$$



$$N \sin \alpha = ma_{\text{perp}}$$

$$g \sin \alpha = a_{\text{perp}} \quad \frac{g}{2} = \frac{a_{\text{perp}}}{2}$$

$$N - mg \cos \alpha = 0 \quad N = mg \cos \alpha$$

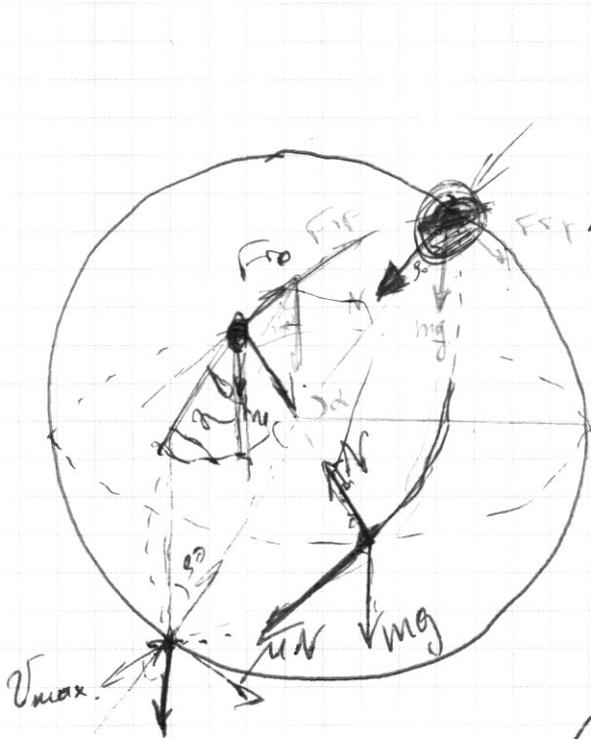


$$F_1 = k \cdot \Delta l$$

$$F_2 = k \cdot \Delta l$$

$$F_3 = k \cdot \Delta l$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$N + mg \cos \alpha = m \frac{v_1^2}{R}$$

$$N = m \left(\frac{v_1^2}{R} - mg \cos \alpha \right)$$

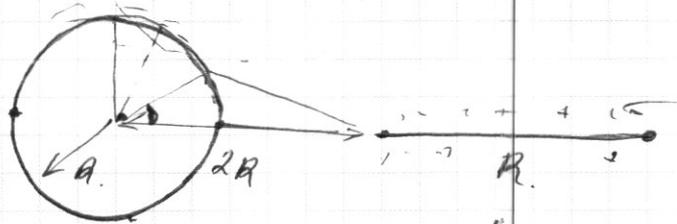
$$N' + mg \sin \alpha = m \frac{v_1^2}{2}$$

$$N' = m \left(g \sin \alpha - \frac{v_1^2}{2} \right)$$

$$F_{sp} = \mu N$$

$$N = m a_n = m \frac{v_1^2}{R}$$

30 40 60 90



$$R^2 = \sqrt{5 - 4 \cos \alpha}$$

$$N - mg \sin \alpha = m \frac{v_1^2}{R}$$

$$\frac{3,7}{3}$$

$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 37 \\ \hline 259 \end{array}$$

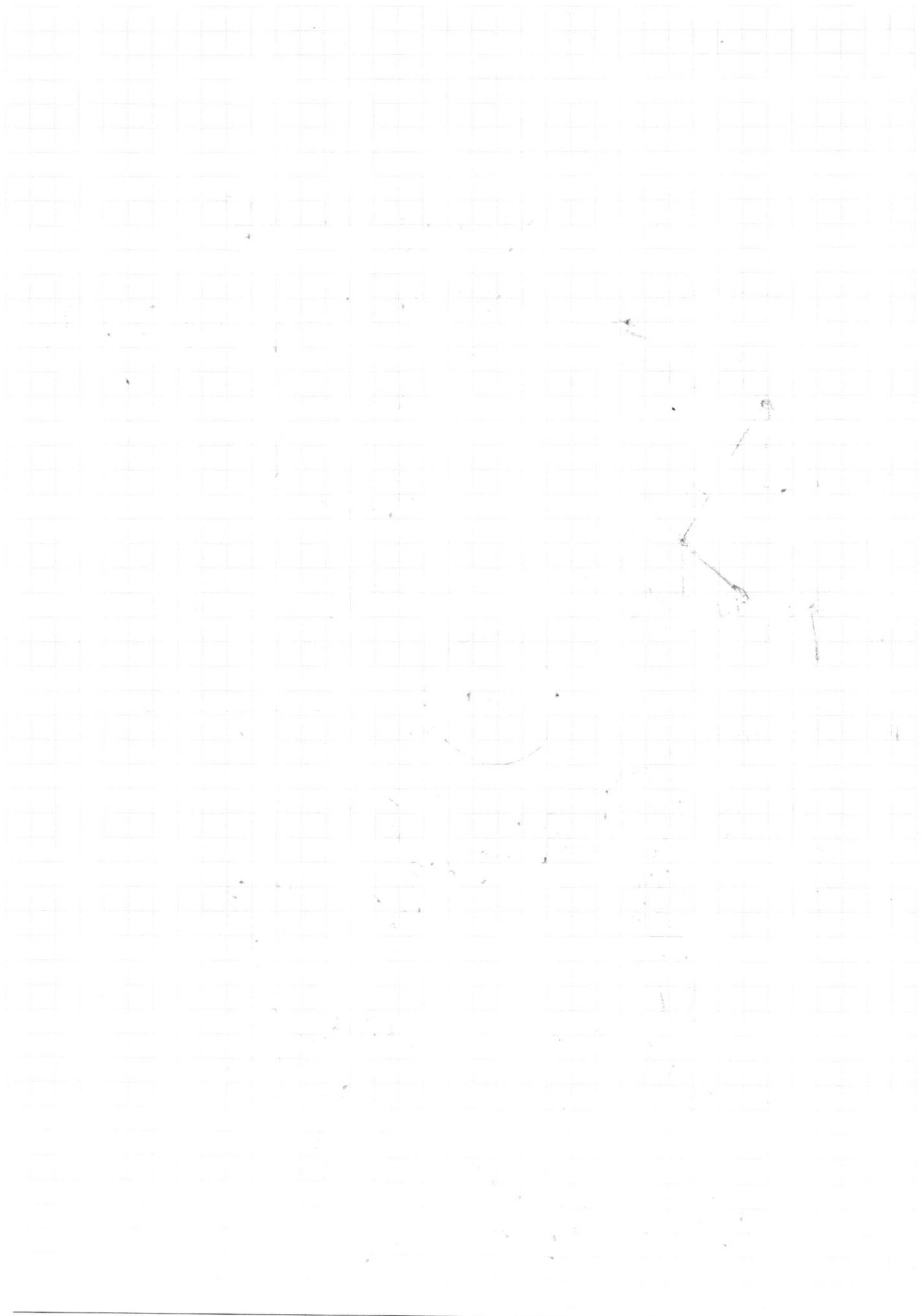
$$\begin{array}{r} 147 \\ \hline 1368 \end{array} \Bigg| \begin{array}{r} 3 \\ 4 \end{array}$$

$$\frac{k \Delta q \cdot q}{R^2}$$

$$\frac{1368}{3}$$

$$\begin{array}{r} 1368 \\ -12 \quad 1456 \\ \hline 16 \\ -15 \quad 18 \end{array}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = m v_1^2$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

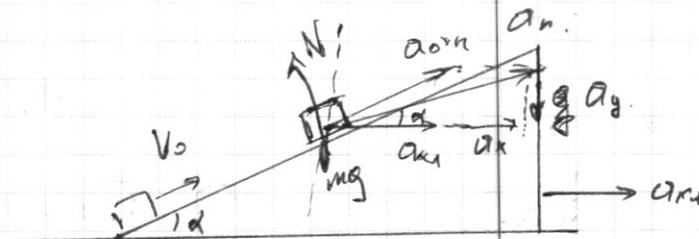
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① $R = 65 \text{ м}$
 $\gamma = 10 \text{ е.}$

2)

② $\alpha = 30^\circ$
 $V_0 = 2 \text{ м/с}$

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



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_y}{a_{kx} + a_x}$$

$$N = m g \sin \alpha = m a_{\text{отн}}$$

$$A = \rho_1 V_1 = 2 R V_1 +$$

$$V_1^2 =$$

$$= \pi \cdot \frac{\rho_1 V_1}{4}$$

$$Q_H = Q_v + A$$

$$Q_H - A$$

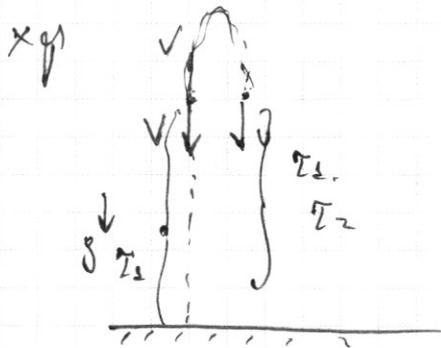
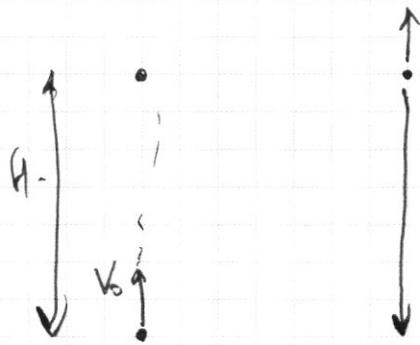
$$\frac{A}{Q_H}$$

$$\frac{12,5 \text{ Б.}}{100,5 \text{ Б}}$$

$$2 V_1 \left(\frac{18}{4} + 1 + \frac{V}{p} = \right.$$

$$= \frac{18 + 4 + 4}{4} =$$

$$= \frac{22 + V}{4}$$



$$1650$$

$$1300$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$\frac{mv^2}{2}$$

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

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

$$1300 = 165 \cdot 2 \cdot 10 = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \cdot 2$$

$$z_2 - z_1 = \tau$$

$$v_1 \cdot \tau$$

$$v_2$$

$$-v = v - g \tau$$

$$2v = g \tau \Rightarrow v = \frac{g \tau}{2}$$

$$\Rightarrow E_k = \sum$$

$$\begin{array}{r} 3 \quad 4 \\ 6^2 \\ 3,8 \\ \times 3,8 \\ \hline 30,4 \\ + 14 \\ \hline 14,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 12,25 \end{array}$$

$$12,25$$

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 25,8 \\ + 11 \\ \hline 13,6 \end{array}$$

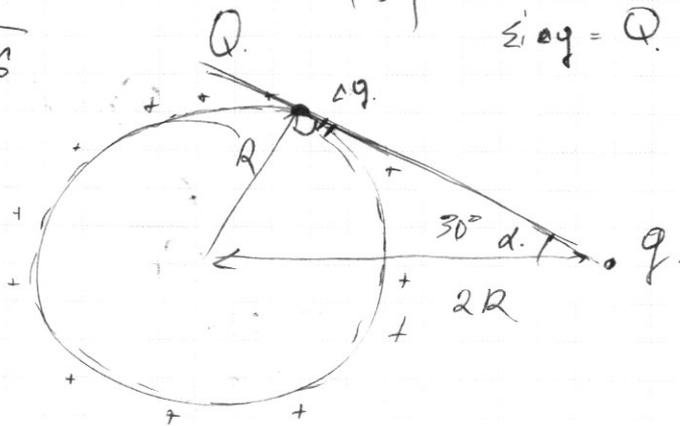
$$F_{\text{эл}} = E \cdot q$$

$$U = E \cdot d$$

$$\varphi = \frac{k \cdot q}{r}$$

$$E = \frac{k \cdot q^2}{r}$$

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 21,6 \\ + 10,8 \\ \hline 2,96 \end{array}$$



$$\sum \alpha q = Q$$