

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

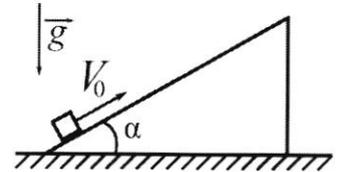
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разбивается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

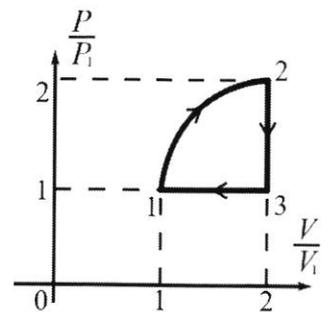
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

№ 1

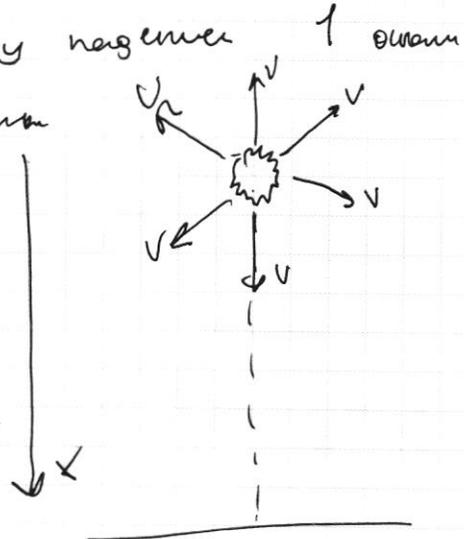
1) По ЗСЭ в конце (в точке взрыва) на $H = 6 \text{ см}$ фреерлерк имеет нулевую скорость $\Rightarrow mgH = \frac{mV_n^2}{2}$

а в начале он падает на нулевой высоте с нулевой скоростью $\Rightarrow V_n = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 6 \text{ см} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \sqrt{\frac{1200 \text{ см}^2}{\text{с}^2}} = 10 \cdot \sqrt{12} \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 36 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

2) Для нахождения ответа в этом пункте у нас есть информация о времени падения осколка

а это $t = 10 \text{ с}$ время между падением осколка и последним звуком взрыва

у нас есть
должно, что тот осколок падает по оси x - направлению, то есть осколок со скоростью V падает прямо вниз после взрыва



ЗЗЭ $H = V \cdot t_n + g \frac{t_n^2}{2}$ ← ~~уравнение~~ уравнение движения осколка со скоростью V падающего на землю

$$t_n^2 \frac{g}{2} + t_n V - H = 0$$

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

Аналогично образом рассмотрим ускоренный движением
 дуга отклонения у которого прелесть вперед по ось x
 - минимальна, то есть направлена равно вверх (так как
 вект осевой полн)

$$H = g \frac{t_k^2}{2} - V t_k$$

$$t_k^2 \frac{g}{2} - V t_k - H = 0$$

$$t_k = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$$

$$t = t_k - t_n = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g} - \frac{-V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$$

$$= \frac{2V}{g}$$

$$\Downarrow$$

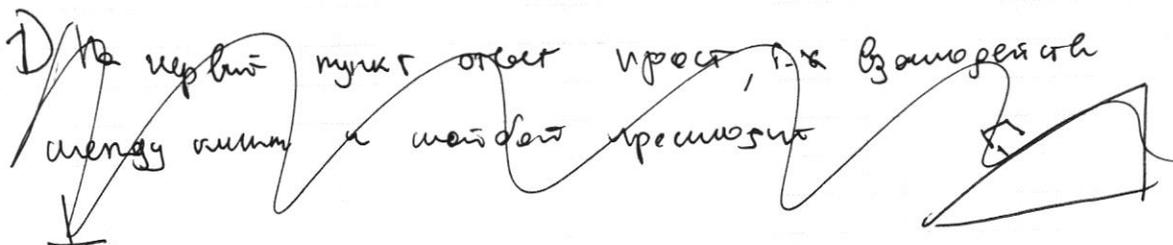
$$V = \frac{g t}{2} = \frac{10 \frac{m}{c} \cdot 10c}{2} = 50 \frac{m}{c}$$

А так нам требуется раздат на множестве 0
 куче (не обязательно одной куче) создаваемой скоростью,
 то сумма их кинетической энергии = $E_{kV} = \frac{mV^2}{2} = 2500g*$

$$\left(\frac{m_1 V^2}{2} + \frac{m_2 V^2}{2} + \frac{m_3 V^2}{2} \dots \frac{m_i V^2}{2} \right), \text{ так } m_1 + m_2 + m_3 \dots + m_i = m$$

н2

1) На первом этапе ответ прост, так взаимодействии
 между кучей и майдом происходит



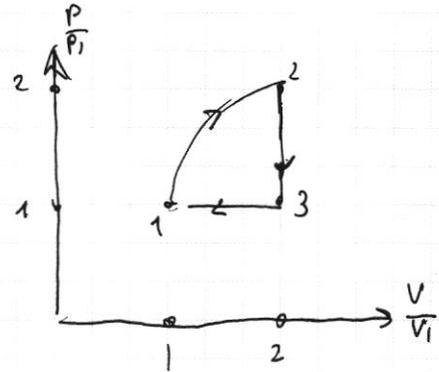
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Q расширяется \Rightarrow это тепло
повернется на участке 1-2

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$A_{12} = P_1 V_1 + \frac{1}{4} P_1 V_1 = P_1 V_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) \approx 0,8 P_1 V_1$$

↑ четверть окруж (объём)



$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{5}{2} \nu R T_2 - \frac{5}{2} \nu R T_1 = \frac{5}{2} \cdot 2 P_1 \cdot 2 V_1 - \frac{5}{2} P_1 V_1 = 2 P_1 V_1 - 0,5 P_1 V_1$$

$$= 1,5 P_1 V_1 \quad T = 3 \text{ (т.к. } \log - \text{однозначно)}$$

$$= 0,5 P_1 V_1$$

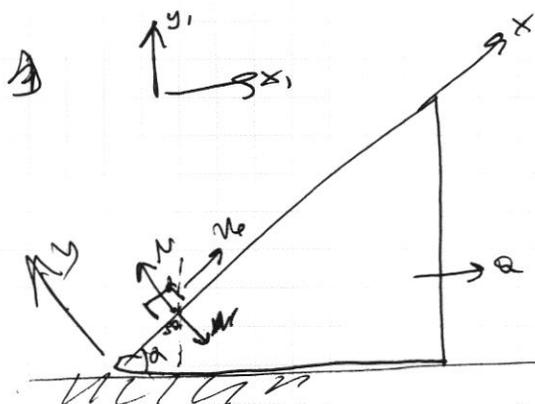
$$Q_{12} = P_1 V_1 \left(1,5 + \frac{\pi}{4}\right) \approx 0,2 P_1 V_1$$

2) Если произвели полезную работу то нужно

найти эту четверть окруж $A = \frac{1}{4} \pi P_1 V_1 = \frac{\pi}{4} P_1 V_1$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\frac{\pi}{4} P_1 V_1}{\left(1 + \frac{\pi}{4}\right) P_1 V_1} = \frac{\pi}{4 + \pi} \approx 0,43\%$$

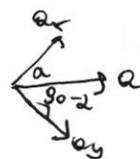
$$\begin{array}{r|l} 3,14 & 7,14 \\ -2,856 & 943 \\ \hline 284 & \\ -2192 & \end{array}$$



Предположим что блок движется
 момент времени t вправо от
 между наклона и клина - N , тогда
 его ~~ускорение~~ ускорение клина $a = \frac{N \cdot \sin \alpha}{m}$

Вертикальное ускорение a_y клина равно

Рассмотрим проекции по oy



Поэтому наша реакция клина \leftarrow клин

$$\frac{mg \cos \alpha - N}{m} = a_y = a \cdot \sin \alpha = \frac{N \sin^2 \alpha}{m}$$

$$mg \cos \alpha = N(1 + \sin^2 \alpha)$$

$$N = \frac{mg \cos \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} \Rightarrow \text{сила реакции опоры не зависит от времени}$$

Теперь где находится наибольшая точка клина заданном
 вертикальном сечении по оси y

$$H = N \sin \alpha \cdot t + \left(\frac{N \cos \alpha}{m} - g \right) \frac{t^2}{2}$$

нужно найти t (головам
 время t будет меньше по
 осям y)

$$N \cos \alpha = t g - t \frac{N \cos \alpha}{m}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g(2 \sin^2 \alpha)} = \frac{V_0 (1 + \sin^2 \alpha)}{g \sin \alpha} = \frac{V_0 (1 + \sin^2 \alpha)}{2g \sin \alpha} = \frac{V_0 \cdot 1,25}{g} = \frac{2,5 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,25 \text{ с}$$

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2} + \frac{V_0 \cos \alpha \cdot t^2}{m} = 0,25 \text{ м} - \frac{10^2 \cdot 0,25^2 \cdot 0,25 \text{ с}}{2} +$$

$$- \left(g - \frac{V_0 \cos^2 \alpha}{m} \right) \frac{t^2}{2} = 0,25 \text{ м} - \left(g - \frac{10 \cos^2 \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} \right) \frac{t^2}{2}$$

$$= 0,25 \text{ м} - \left(\frac{g - 2 \sin^2 \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} \right) \frac{t^2}{2} = 0,25 \text{ м} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \cdot \frac{1}{4}}{1 + \frac{1}{4}} \cdot \frac{1}{32} \text{ с}^2$$

$$= 0,25 \text{ м} - \frac{5 \cdot \frac{1}{4} \text{ м}}{1 + \frac{1}{4}} = \frac{5}{4} \text{ м} - \frac{5}{5} \text{ м} = \frac{5}{8} \text{ м}$$

2) Найти время когда это мушкетёр

$$H(t) = V_0 \sin \alpha t - \left(g - \frac{V_0 \cos^2 \alpha}{m} \right) \frac{t^2}{2} = 0$$

Возьмем приравняем

$$V_0 \sin \alpha t_r = \left(g - \frac{V_0 \cos^2 \alpha}{m} \right) \frac{t_r^2}{2}$$

$$2 V_0 \sin \alpha = \left(g - \frac{g \cos^2 \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} \right) t_r$$

$$2 V_0 \sin \alpha \cdot g \frac{2 \sin^2 \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} t_r$$

$$t_r = \frac{2 V_0 \sin \alpha (1 + \sin^2 \alpha)}{2g \sin^2 \alpha} = \frac{V_0 (1 + \sin^2 \alpha)}{g \sin \alpha} = \frac{2 \text{ м/с} \cdot 1,25}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,25}$$

$$= 0,5 \text{ с}$$

Поэтому это вертикальная скорость

$$V(t) = V_0 - g \left(\frac{v \cos \alpha}{m} \right) t$$

$$= 2 \text{ м/с} - g \frac{5 \sin^2 \alpha}{1 + 5 \sin^2 \alpha} t$$

2 м/с

Но поскольку нам не нужен модуль и результирующая вертикальная скорость имеет лишь горизонтальную, то нам ЗСЦ по оси x_1

где начальная скорость $v \cos \alpha$

Земля удерживает скорость по оси x_1

$$V_{x_1}(t) = v \cos \alpha - g \sin \alpha \cdot \frac{t}{m} = v \cos \alpha - \frac{g \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1 + 5 \sin^2 \alpha} t$$

первое значение $v \cos \alpha$

$$V_{x_1,0} = v \cos \alpha - g \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{1 + 5 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{1}{2} \text{ с} = \sqrt{3} \text{ м/с} - \frac{10 \text{ м/с}^2}{1 + \frac{1}{4}} \cdot \frac{1}{2} \text{ с}$$

$$\sqrt{3} \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}^2 \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{1 + \frac{1}{4}} \cdot \frac{1}{2} \text{ с} = \sqrt{3} \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}^2 \frac{\sqrt{3}}{4} : \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{2} \text{ с}$$

$$= \sqrt{3} \text{ м/с} = 5 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{5} = 0$$

\Rightarrow что все равно у нас

$$V_2 = v \cos \alpha = \sqrt{3} \text{ м/с} \approx 1,73 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

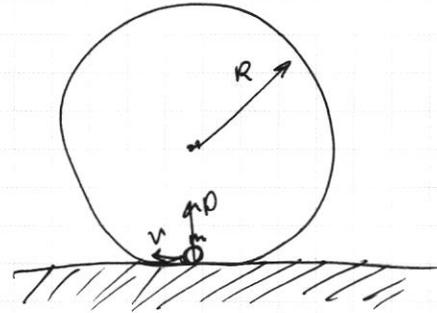
№ 3

1) P_3 или знаем скорость

движения по окружности и радиус, r_0

или знаем ускорение $a_{\text{кр}}$

$$a_{\text{кр}} = \frac{v^2}{R} = \frac{3,7^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{1,2 \text{ м}}$$



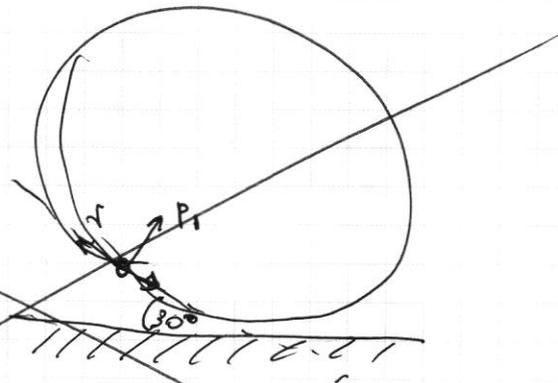
$$P - F_{\text{тяж}} = a_{\text{кр}} \cdot m$$

$$P = m(g + a_{\text{кр}}) = m \cdot \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{3,7^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{1,2 \text{ м}} \right) = 99 \text{ кг} \cdot \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 11,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) = 97,21,4 \text{ Н}$$

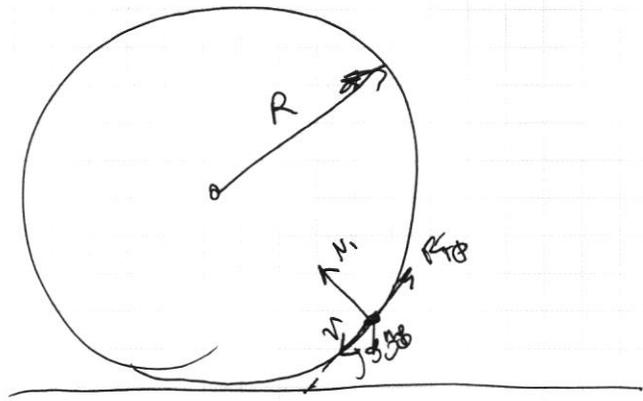
$$\approx 856 \text{ Н}$$

$$8,56$$

2)



2) Из условия равно
при движении так
что шарики движутся
вниз, в этом случае
или движется



$$a_{n1} = \frac{v_1^2}{R}$$

$$m a_{n1} = N_1 - mg \sin \theta \quad \text{и} \quad \frac{v_1^2}{R} = N_1 - mg \sin \theta$$

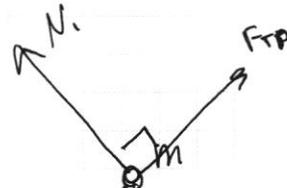
$$mg \cos \theta \leq \mu N_1$$

$$N_1 = \frac{mg \cos \theta}{\mu} \geq \frac{5}{9} mg$$

$$N_1 = m \frac{v_1^2}{R} + mg \sin \theta$$

$$m \frac{v_1^2}{R} + mg \sin \theta \geq \frac{mg \cos \theta}{\mu}$$

$$m \frac{v_{\min}^2}{R} + mg \sin \theta = \frac{mg \cos \theta}{\mu}$$



$$\mu N_1 = mg \sin \theta - mg \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= mg \frac{5 - 4\sqrt{3}}{9}$$

Заметим что и при нулевой
скорости шарики
останутся

$$\mu < \frac{1}{9} \quad \mu mg \sin \theta > mg \cos \theta$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,9 > \frac{1}{2}$$

$$\sqrt{3} \cdot 0,9 > 1$$

$$4,7 \cdot 0,9 > 1$$

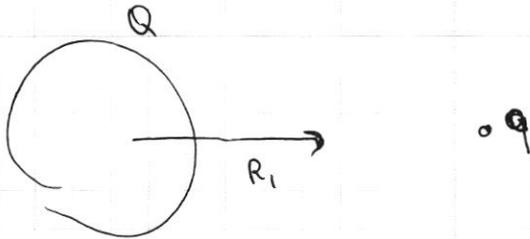
$$4,23 > 1$$

$$\Rightarrow \text{Отсюда: } v_{\min} \geq 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

1)

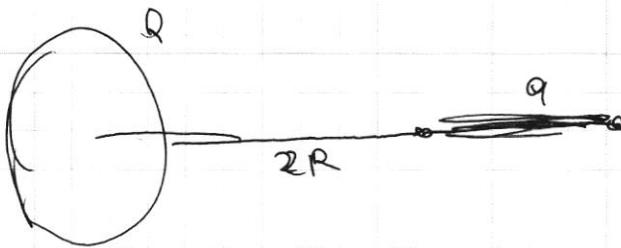


Где это центр

то расстояние там
на радиус R_1 вне

сфера радиус $\frac{RQ}{R}$ по Гаусс

$$\Rightarrow F = \frac{kQq}{R_1^2}$$



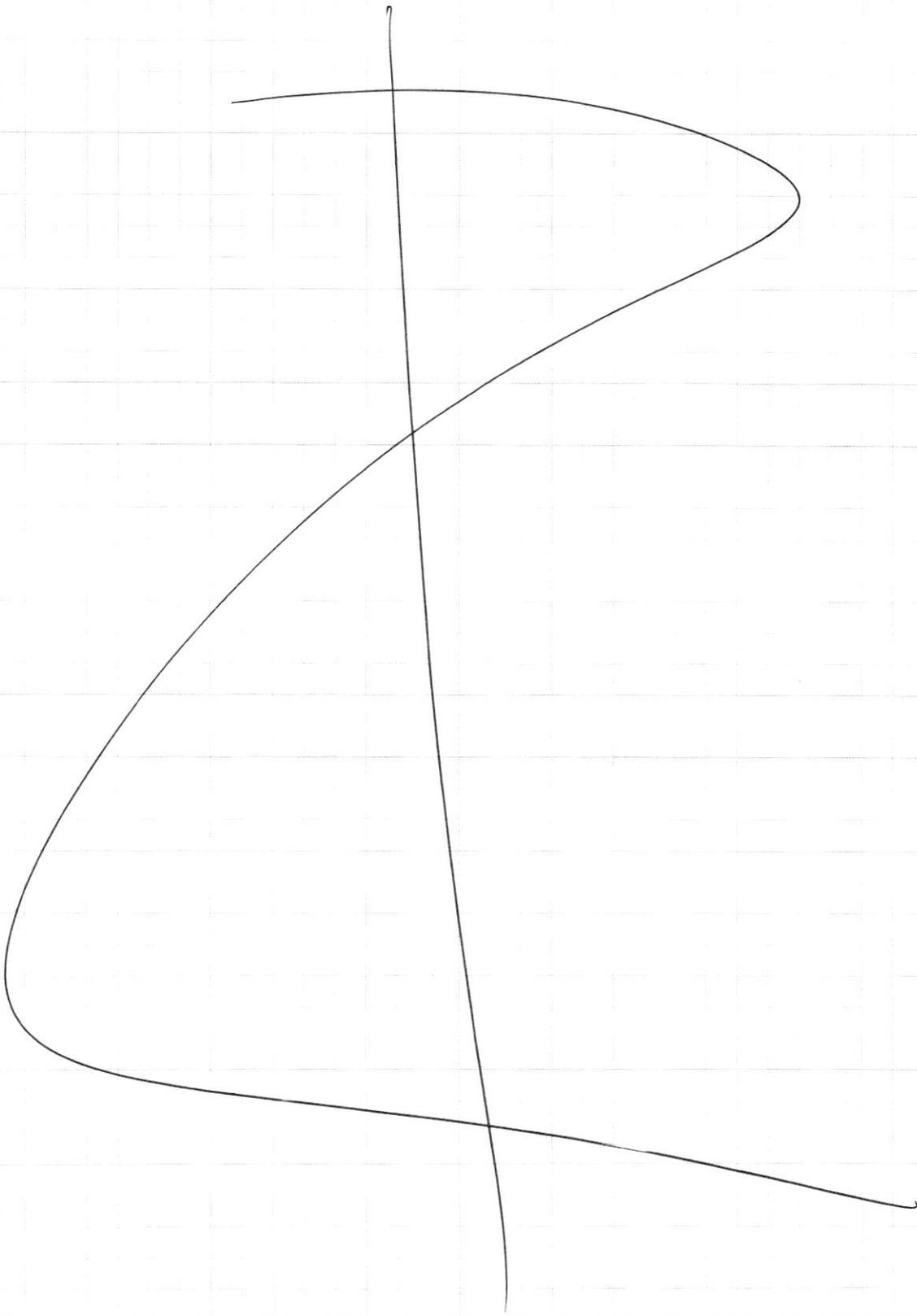
$$F_1 = \frac{kqQ}{R^2}$$

Для нахождения F_2
нужно через закон взаимного
притяжения

$$F_2 = \frac{kqQ}{(2R)^2 + (2,25R)^2 + (2,5R)^2 + (2,75R)^2 + (3R)^2}$$

$$= \frac{4R^2 + 5,0625R^2 + 6,25R^2 + 7,5625R^2 + 9R^2}{5} = \frac{31,875R^2}{5} = 6,375R^2$$

$$F_2 = \frac{kqQ}{6,375R^2}$$





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 37 \\ 37 \\ \hline 259 \\ 111 \\ \hline 1369 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ 36 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 3,94 & 4 \\ - 28 & 0,20 \\ \hline 34 & \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 13,69 & 1,2 \\ - 12 & 19,4 \\ \hline 169 \\ - 12 \\ \hline 49 \\ - 48 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,25 \\ 2,25 \\ \hline 1125 \\ 450 \\ \hline 450 \\ \hline 50625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21,4 \\ 84 \\ \hline 85,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,75 \\ 2,75 \\ \hline 1375 \\ 550 \\ \hline 550 \\ \hline 2,5625 \end{array}$$

77.

12,625

13

25,625

6,25

31,875

1250

6

$$\begin{array}{r|l} 1875 & 15 \\ - 15 & 10325 \\ \hline 37 \\ - 35 \\ \hline 25 \end{array}$$

