

Handwritten marks or scribbles in the bottom right corner.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

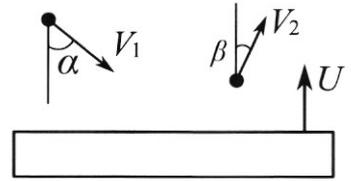
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.



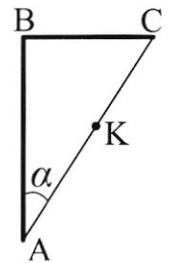
- 1) Найти скорость V_2 .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

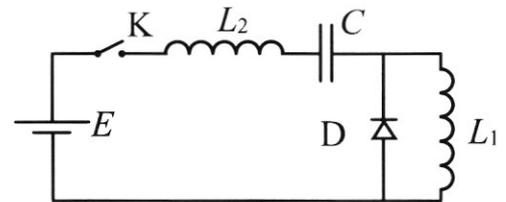
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

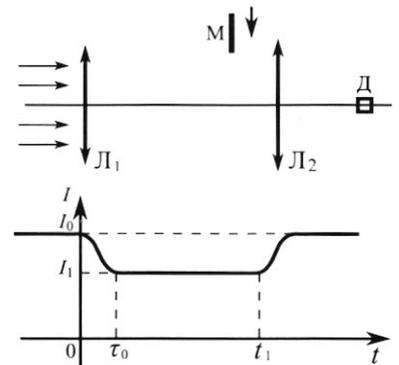
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1,5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
- 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

Давайте посмотрим, какие силы действуют на шарик в момент столкновения:



Т.к. ПЛИТА - ГЛАВКАЯ, ТО
СИЛЫ ТРЕНИЯ - НЕТ \Rightarrow ГОР

СОСТ СКОРОСТИ ОСТАЁТСЯ ПОСТОЯН.

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta \Rightarrow v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{6 \frac{m}{c} \cdot 2}{1} = 12 \frac{m}{c}$$

Давайте посмотрим, как изменялась скорость шарика во время удара:



она изменилась по величине $2v_x$.

Давайте посмотрим, почему это произошло:
пер в ~~пл~~ плиты:



$v_{огн}$ - какой скор шар движется от пл
плты. Да простоты sake
рассмотрим упругий удар.

тогда шарик. в СО плиты просто
будет после столкн двигаться с та же

но молу
 СКОРОСТЬЮ. Но когда мы пер в СО
 ЗЕМЛИ, то у нас добавл вектор U:



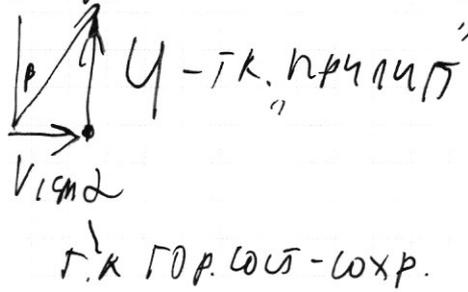
Вот, \vec{U} - скорость от Земли поше
 удара в шаре упр. удара.

Но тк. у нас неупругий удар,
 то вет скорость просто будет меньше.

Чтобы понять + возможные значения U,
 давайте рассмотрим предельные случаи
 неупругого удара: 1) почти упругий
 2) абсолютно неупругий - они движот на Vx.

Вот нам с abs. неупругого удара.
 в этом шаре по ветр оба он "прилипает"
 к плите, но по horiz. будет двигаться.

Тогда V_2 из-за след. компонент:



в этом шаре

$$U = V_2 \cos \varphi$$

$$= 12 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{3} + \cos^2 \varphi &= 1 \\ \cos^2 \varphi &= \frac{8}{9} \\ \cos \varphi &= \frac{\sqrt{8}}{3} \end{aligned}$$

Теперь рассмотрим шарик, когда удар
 почти упругий

Тогда ~~до~~ до столкн скор в СО плиты
 будет:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



а поше столкн. в СО плиты:



а поше столкн. с плитой в СО плиты:



Потом когда мы пер в СО земли, будет:



$$V_{0гн 3} = V_2$$

Потом у нас треугол скор:



$$V_2 \cdot \cos \beta = 2U + V_1 \cdot \cos \alpha$$

$$12 \sqrt{\frac{8}{9}} = 2U + 6 \sqrt{\frac{5}{9}}$$

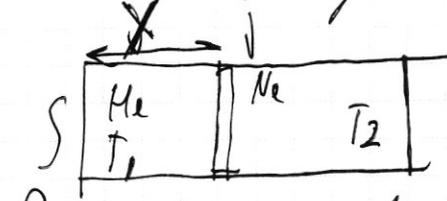
$$U = \frac{6 \sqrt{\frac{8}{9}} - 3 \sqrt{\frac{5}{9}}}{2} =$$

$$= \frac{1}{3} (6\sqrt{8} - 3\sqrt{5}) = 2\sqrt{8} - \sqrt{5}$$

$$\begin{aligned} \cos^2 \alpha + \frac{4}{9} &= 1 \\ \cos^2 \alpha &= \frac{5}{9} \\ \cos \alpha &= \frac{\sqrt{5}}{3} \end{aligned}$$

Ответ: $V_2 = 12 \text{ мс}$; U от $\frac{1}{3}(2\sqrt{8} - \sqrt{5}) \frac{\text{м}}{\text{с}}$ до $4\sqrt{8} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Задача №2



Работайте ЗАПИСЬМ
 ур-е МЕНЯМ ДЛ ГАЗОВ:

P_0 - давл ГАЗОВ вначале. они од. тк метр.

x - длина участка с T_1 . L - общ длина сос.
 S - пл. сос. фик. площ

$$P_0 S x = \nu R T_1 \Rightarrow \frac{x}{L-x} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_0 S (L-x) = \nu R T_2$$

одинак, то
 отн объёмов
 так же как
 и отн. длин.

$$\frac{x}{L-x} = \frac{330\text{K}}{440\text{K}} = \frac{3}{4} = \underline{\underline{0,75}}$$

Плк сосу теплоуз, то тепло ~~не~~ ^{сохр.} уходит

Тогда ~~в~~ учесть ус. темп = ~~Тх~~

$$\frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \nu R T_x$$

$$2 T_x = T_1 + T_2 \Rightarrow T_x = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{770\text{K}}{2} = 385\text{K}$$

Теперь найдем передаваемое тепло:

обо знаках Q . Тогда:

$$W_{\text{He на 2}} - W_{\text{He кон}} = Q$$

Эн. Неона на 2 Эн. Неона кон.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_x = Q$$

$$Q = 1,5 \cdot \frac{6}{25} \cdot 8,31 \cdot (440 - 385) \text{ Дж} = 0,3 \cdot 6 \cdot 8,31 \cdot 11 =$$

$$= 1,8 \cdot 11 \cdot 8,31 = 19,8 \cdot 8,31 = 16,45 \text{ Дж}$$

Ответ: $0,75 \text{ мкм}^3$; 385 К ; $16,45 \text{ Дж}$

$$\begin{array}{r} 1,8 \\ - 1,1 \\ \hline 0,7 \\ \hline 1,8 \\ \hline 1,98 \end{array}$$

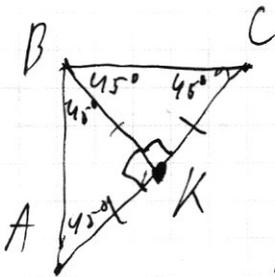
$$\begin{array}{r} 76 \\ 198 \\ - 831 \\ \hline 198 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 198 \\ \cdot 594 \\ \hline 1584 \\ \hline 164538 \end{array}$$

Задача №3

Для упрощ. реш. добавите постройте
такое Δ . $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$. Это значит, что
наш прям. Δ - равн $\Rightarrow AB = BC$

Добавьте его нарис:

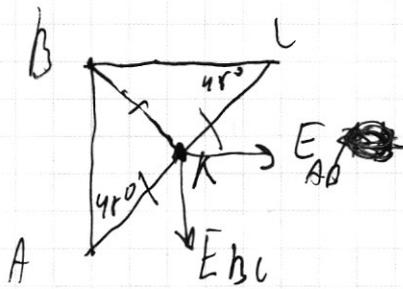


$E = K \perp O$

Заметим, что из точки
K ~~на плоскости~~ BC видно
под углом $\frac{\pi}{2}$, вспомогат. ортм.
аналог ~~на~~ AB видно под $\frac{\pi}{2}$

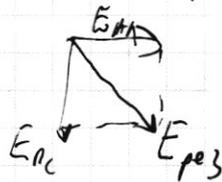
~~Сделайте~~ ~~Т.к. на плоскости~~ ~~равно~~

Т.к. под одним углом — другим, то $E_{AC} \sim E_{AB}$
 Давайте нарисуем ~~поле~~ действ
 поле для ТК:



Итак, само поле

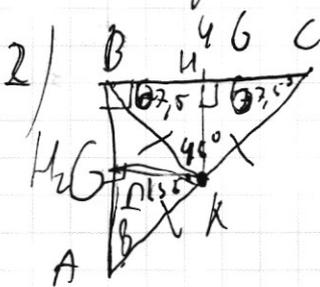
Итак: $E_{AD} = \frac{6}{4\epsilon_0}$ $E_{BC} = \frac{6}{4\epsilon_0}$



$BK = AK = KC$ ТК.
 $\triangle BKC, \triangle KCA$ — равнов. \Rightarrow вект

Т.к. $E_{AD} \sim E_{BC}$, то $E_{рез} = \sqrt{2} E_{BC}$ напр \perp к пластине

Тогда ν поля ν возрастет в $\sqrt{2}$ раз.



$\frac{\pi}{8} = 22,5^\circ$ $BK = AK = KC$ ТК.

$\angle BKC = \frac{\pi}{4}$

\triangle — прямоугол.
 формуле

$\angle AKB = \frac{6}{8} \pi = \frac{3}{4} \pi$ но $OBK = KBL$

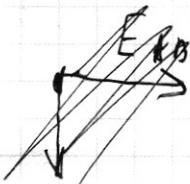
подставим:

Тогда: $E_{BC} = \frac{6}{2\epsilon_0}$ ~~$E_{AD} = \frac{6}{2\epsilon_0}$~~

$E_{AD} = \frac{6}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3}{4} = \frac{36}{8\epsilon_0}$ подставим в $E = KLG$

Тогда $E_{BC} = \frac{6}{2\epsilon_0}$; $E_{AD} = \frac{6}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3}{4} = \frac{36}{8\epsilon_0}$

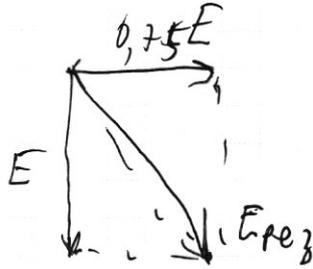
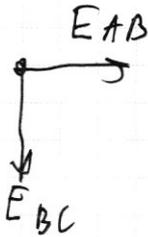
Сложим вект. напр. поля:



Аналог. ТК. $\triangle BKC, \triangle BKA$ — равн, то макс BC, AB линии от KН₁; КН₂ \Rightarrow вектор напр \perp к пласт.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

тогда сложим вектора E_{AB} и E_{BC} :



$$E_{AB} = 0,75 E_{AC}$$

$$E = E_{AC}$$

$$E_{рез} = \sqrt{E^2 + \frac{9}{16} E^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{25}{16} E^2} =$$

$$= \frac{5}{4} E =$$

$$= \frac{5}{4} \cdot \frac{6}{\epsilon_0} = \frac{5 \cdot 6}{8 \epsilon_0}$$

$$- \frac{5 \cdot 0,6}{20} = \frac{0,3}{4} = 0,075$$

$$E_{рез} = 0,625 \frac{6}{\epsilon_0}$$

$$\sqrt{2} \approx 1,42$$

Ответ: $\sqrt{2} \cdot 0,625 \frac{6}{\epsilon_0}$

~~АЧ~~

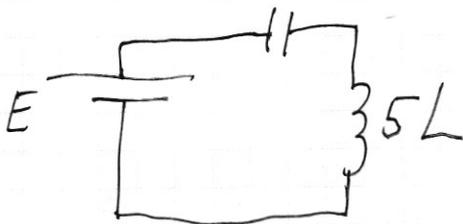
Задача 2/4

Заметим, что когда ток течёт \downarrow , то
оно закрыт, и экв СХЕМА СИС.

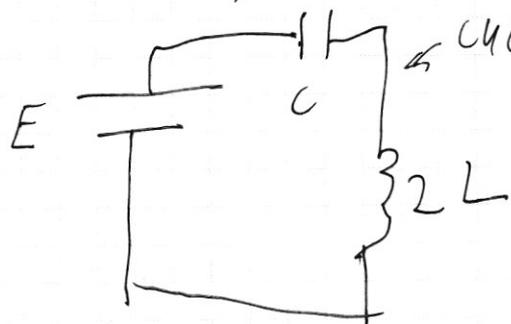
это: С

~~СИСТЕМА~~

СИСТЕМА I



Когда ток течёт \leftarrow , то цепь снова открыта, и экв схема:



Система 2. Ясно, что период колебаний системы в условии равен сумме полупериодов

колебаний этих двух ветвей.

Тогда найдём сначала период колебаний 1-й ветви, а потом 2-й.

Запишем ЗСЭ для 1-й системы:

$$E\varphi = 5L \frac{\dot{\varphi}^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

Возьмём производ по времени:

$$E\dot{\varphi} = 5L\dot{\varphi}\dot{\varphi} + \frac{2q\dot{q}}{2C}$$

$$E = 5L\ddot{\varphi} + \frac{q}{C}$$

$$q_1 = q + EC$$

~~$$\ddot{q}_1 = \ddot{q}$$~~

$$q_1 = q$$

$$\ddot{q}_1 = \ddot{q}$$

$$5L\ddot{q}_1 + \frac{q_1}{C} = 0$$

Зам, что это ур-е колеб.

$$\ddot{q}_1 + \frac{q_1}{5LC} = 0$$

пер кол для q_1 и q равны
пер кол для q_1 равен пер кол для q

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \omega^2 = \frac{1}{5LC} \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{5LC}}$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{5LC}$$

Теперь сделаем аналогично
для 2-й цепи:

ЗАН. ЗСЭ:

$$E q = 2L \frac{I^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

Возьмём по производным:

$$E \dot{I} = 2L \cdot \frac{2I \dot{I}}{2} + \frac{2q \dot{I}}{2C}$$

$$E = 2L \ddot{q} + \frac{q}{C}$$

$$q_1 = q - EC$$

$$\dot{q}_1 = \dot{q}$$

$$\ddot{q}_1 = \ddot{q}$$

$$\ddot{q}_1 + \frac{q_1}{2LC} = 0$$

это уже колебл.

$$\omega^2 = \frac{1}{2LC} \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{2LC}}$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{2LC}$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{2\pi \sqrt{5LC} + 2\pi \sqrt{2LC}}{2}$$

Теперь давайте найдем макс ток I_0 ,
через E_1 .

~~Нам надо использовать закон Ома~~

Когда ток макс, то производ-0, т.к. $L \dot{I} = 0$, то

напряж кат-мет, \Rightarrow напряж кат-мет = E

т.к. мы говорим ток через L , то ~~мы~~ ~~используем~~ ~~схему~~,
т.к. во $5^{\text{й}}$ схеме ток через L , = 0

Занесли:

кат-пом \Rightarrow от ток

$$E(CE) = \frac{CE^2}{2} + 2 \frac{LI^2}{2} + 3 \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{CE^2}{2} = 5 \frac{LI^2}{2} \Rightarrow \frac{CE^2}{5L} = I^2 \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{CE^2}{5L}}$$

Теперь найдем макс ток через
кат L_2 . т.к. в $7^{\text{й}}$ схеме кат ем
соед пом \Rightarrow ток через них равен, \Rightarrow мы
знаем I_0 , то знаем макс ток для кат L_2

Потому что на макс ток в ин 2:

Занесли ЗОТ:

пол. ем I -max $\Rightarrow I \geq 0$

$$L \dot{I} = 0$$

\Rightarrow напряж кат-мет = E

$$E(CE) = \frac{CE^2}{2} + \frac{2LI^2}{2}$$

$$CE^2 = 2LI^2$$

$$I^2 = \frac{CE^2}{2L} \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{CE^2}{2L}}$$

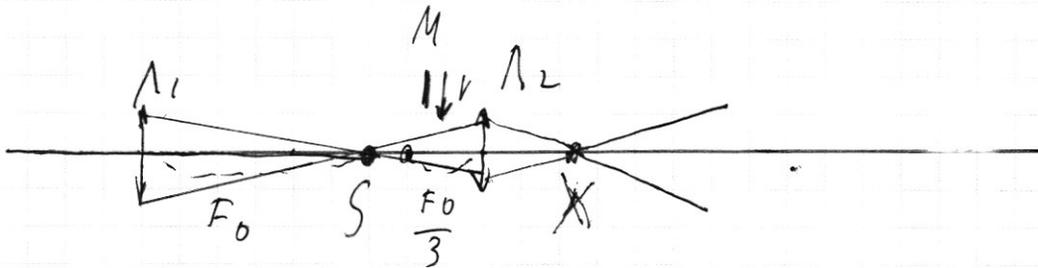
- это больше чем в
сис 1.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $\sqrt{LC}(\sqrt{5} + \sqrt{2})$ 2) $\sqrt{\frac{CE^2}{5L}}$ 3) $\sqrt{\frac{CE^2}{2L}}$

Задача №5

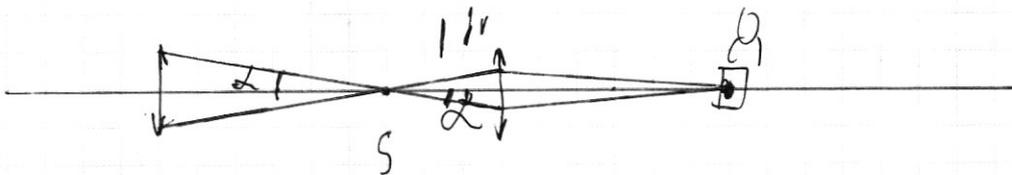
Давайте нарисуем схему:



Пл. на L_1 лучик падает // CO , F_0 в F_0
лучь соед. Для L_2 точка S эквив. Источн.

Вста. \Rightarrow чтобы найти, где соед. лучик
по L_2 , зам. фронт. L_1 и L_2 : S по L_2 на $0,5F_0$

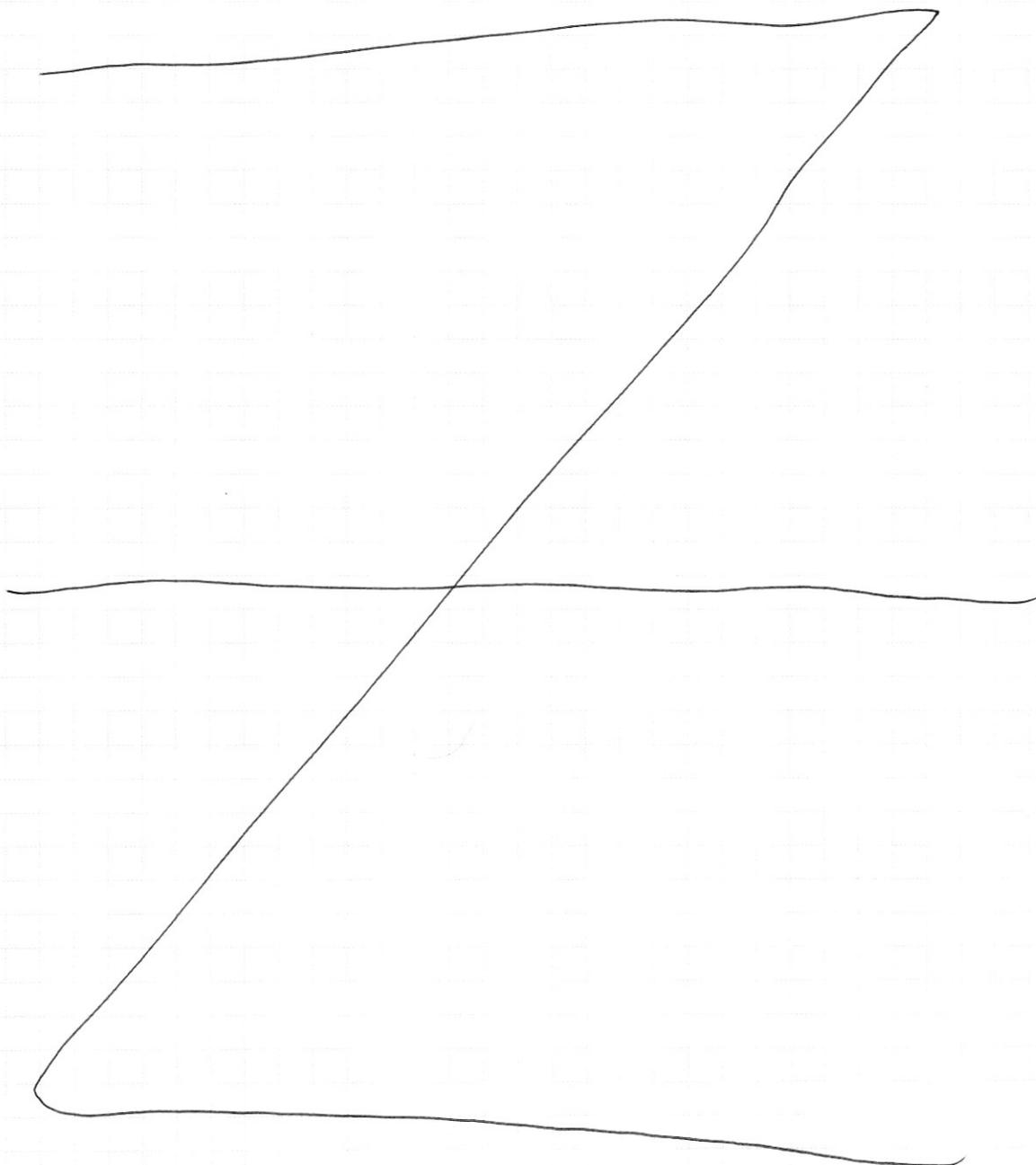
$$\frac{1}{\left(\frac{F_0}{3}\right)} = \frac{1}{(0,5F_0)} + \frac{1}{X} \Rightarrow \frac{1}{X} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow X = F_0$$

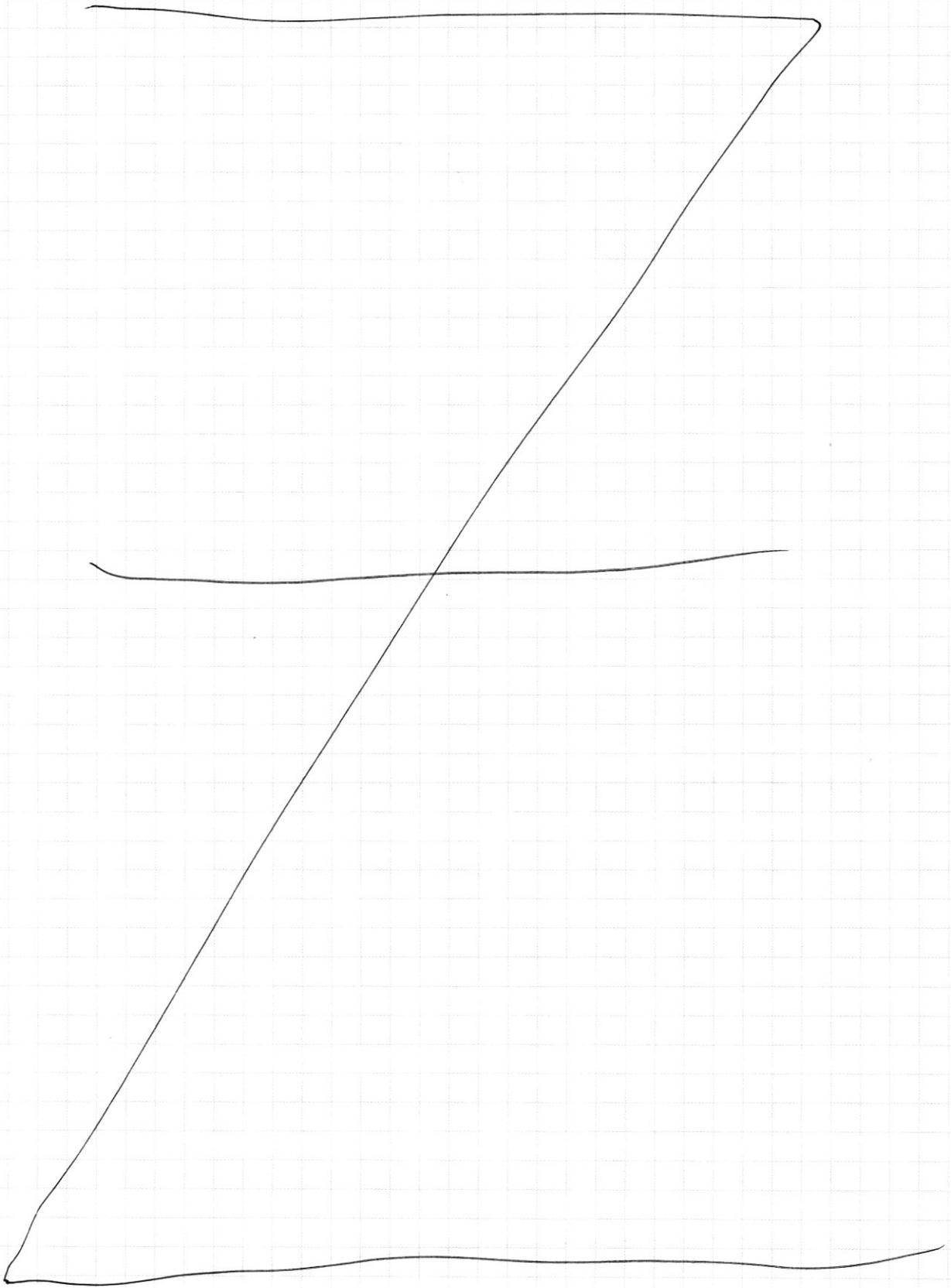


Заметим, что так, пер в F_0 , то
лучик вста по L_2 экв. Источн. ~~Источн.~~
лучку по L_1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: F_0 ; $\frac{P}{12T_0}$; $3T_0$

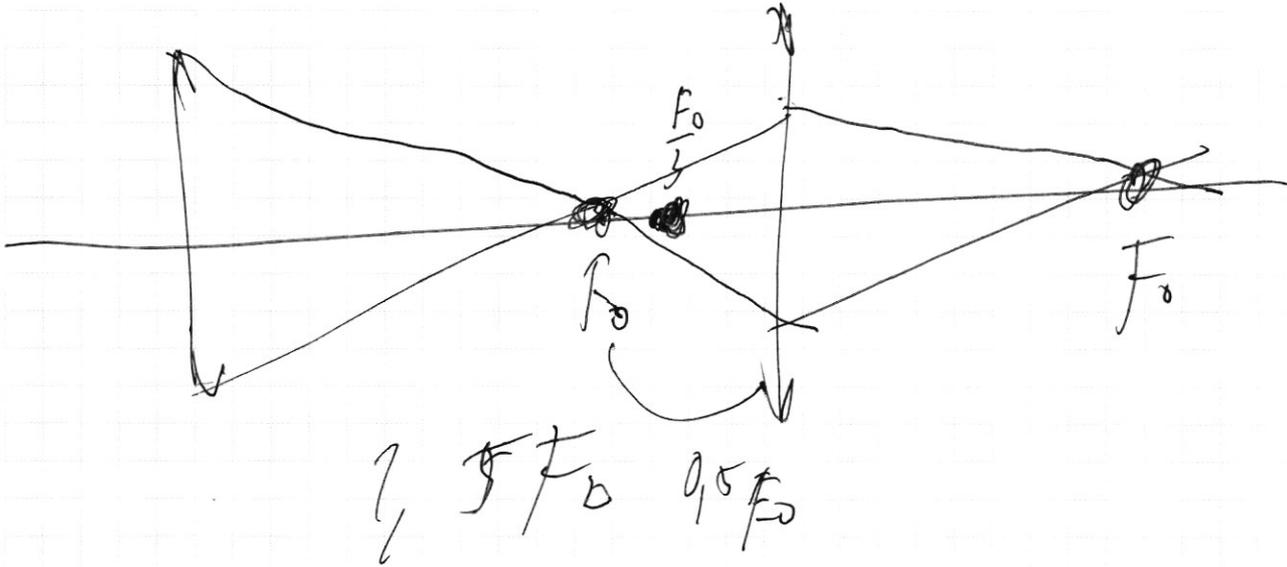




черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

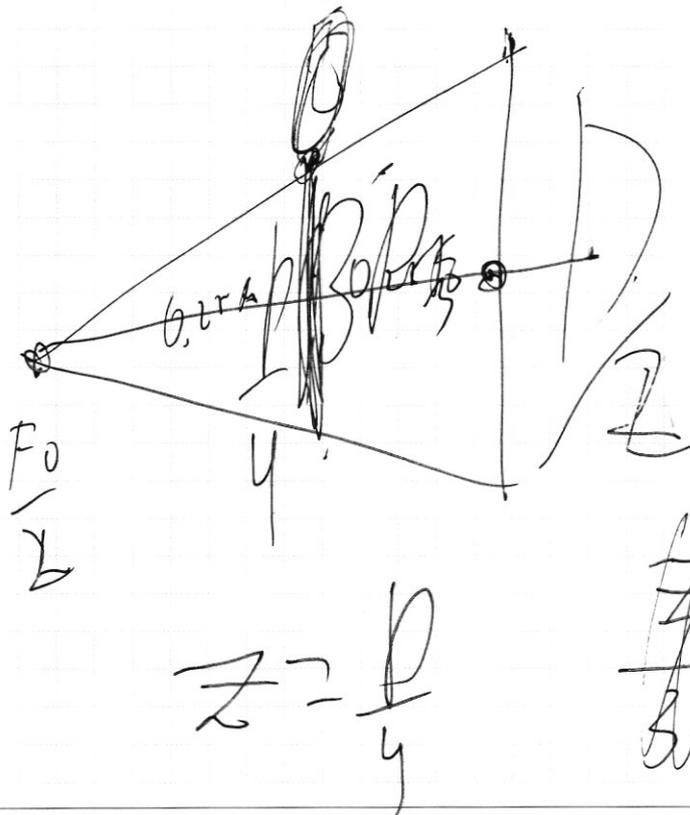
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{\frac{1}{F_0}} = \frac{1}{\frac{F_0}{L}} + \frac{1}{x} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0}$$

$$\underline{x = F_0}$$

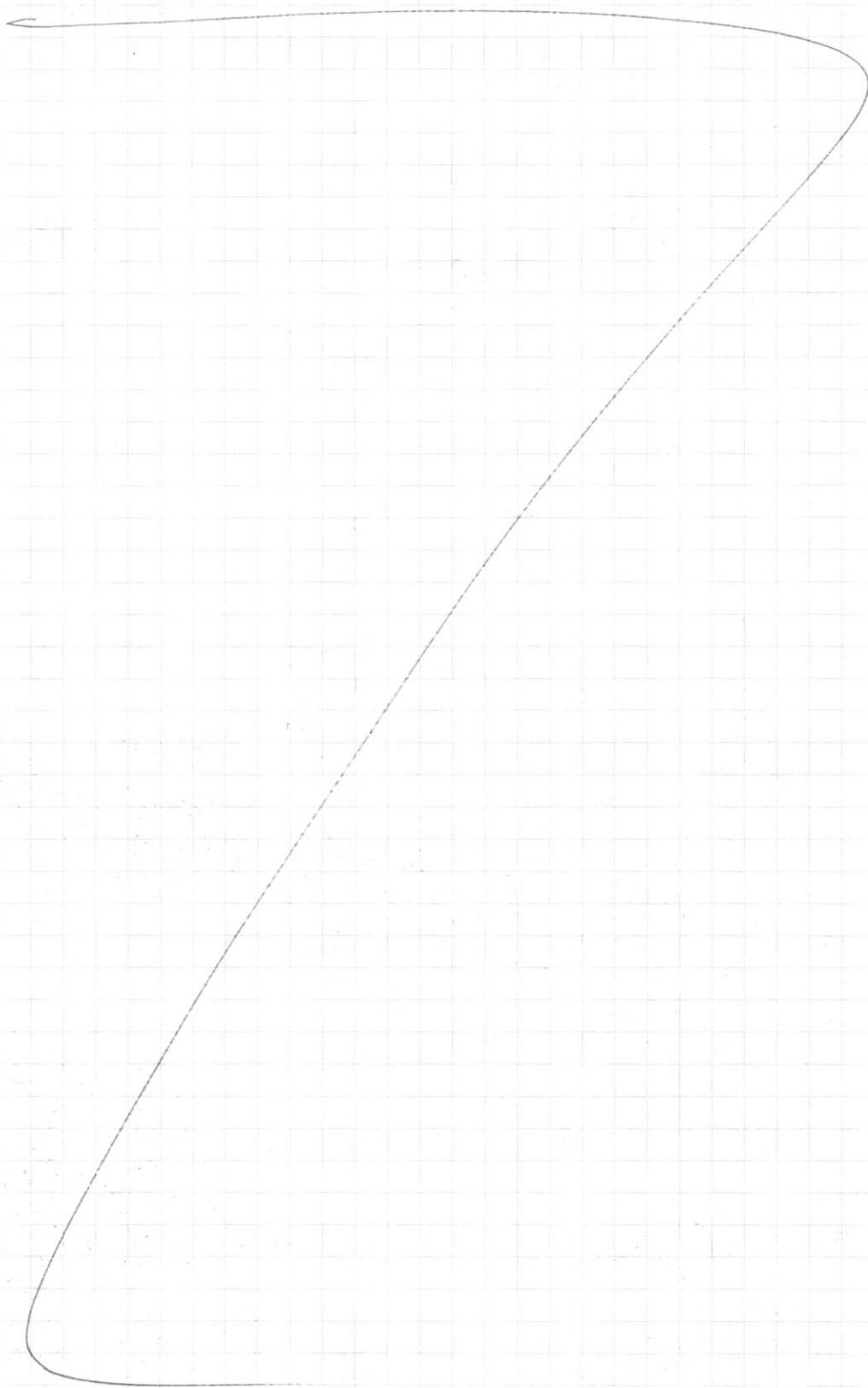


$$f_2 \sim \rho^2$$

$$D_M = \frac{z}{f} = \rho_k$$

$$\frac{D_M}{V} \approx t_0$$

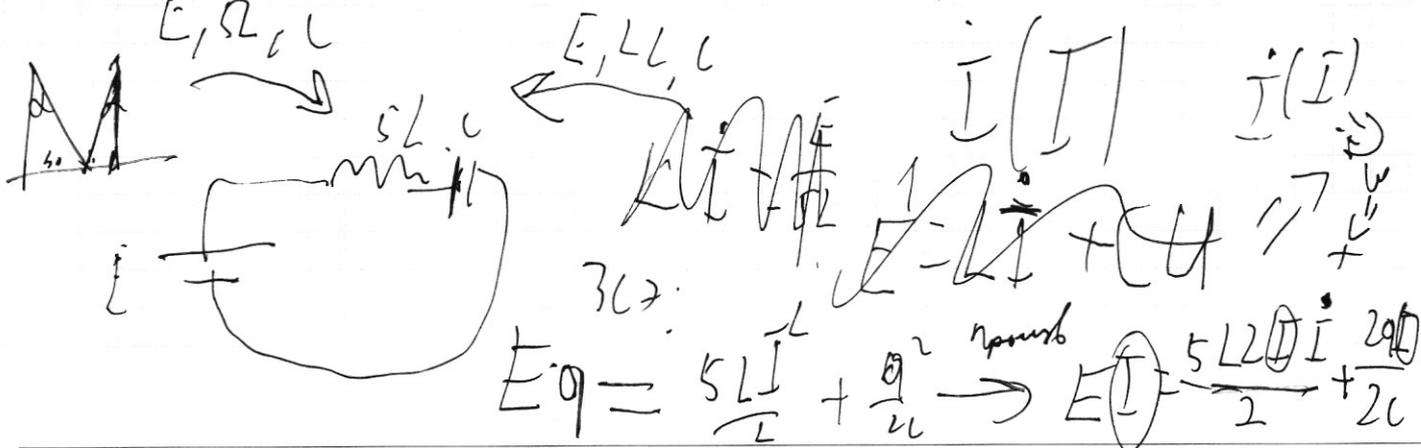
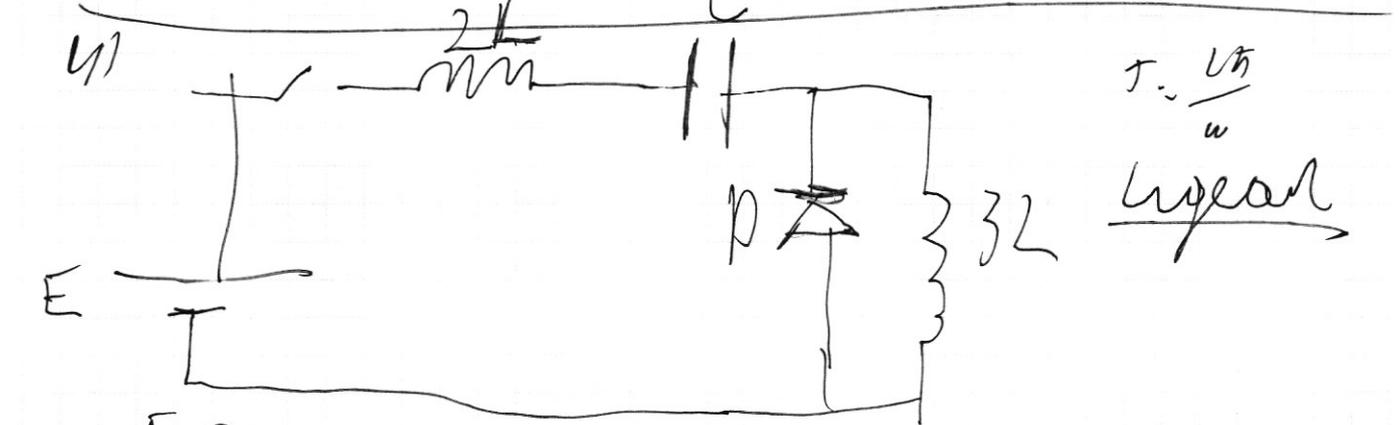
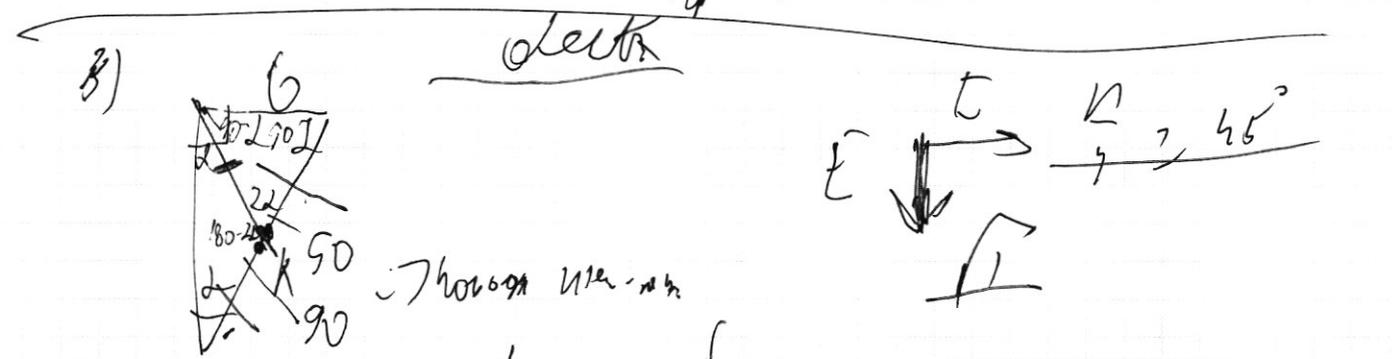
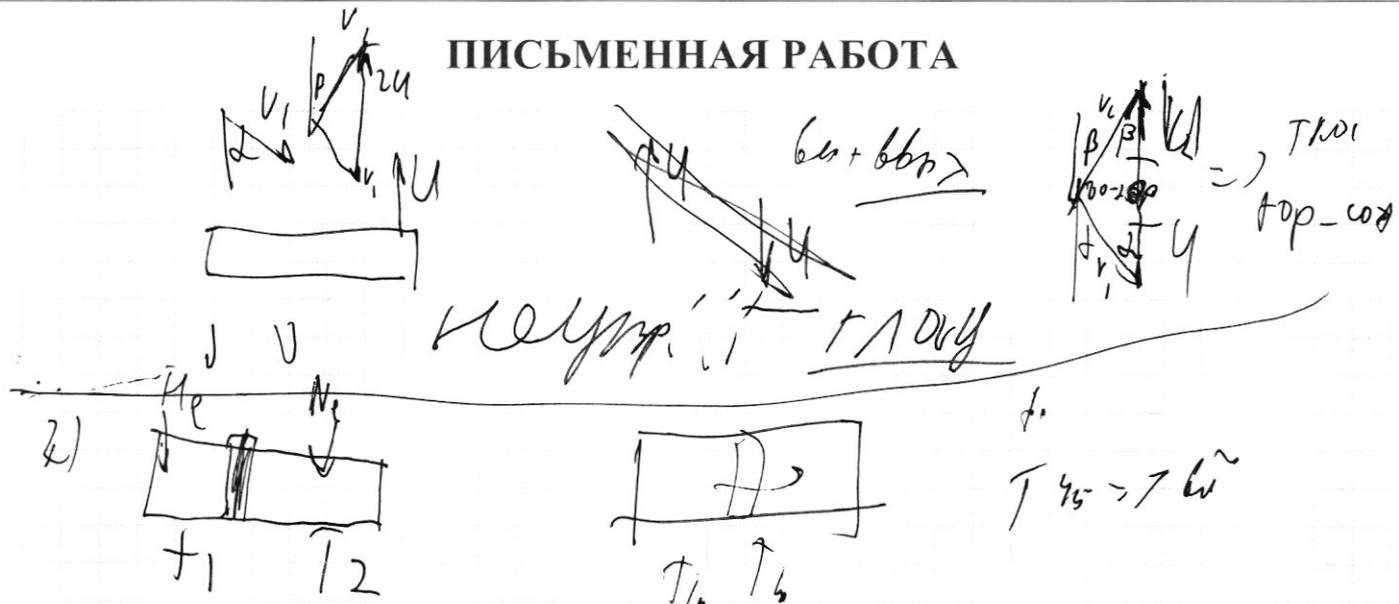
$$t_1 = \frac{z}{V} = 3T_0$$

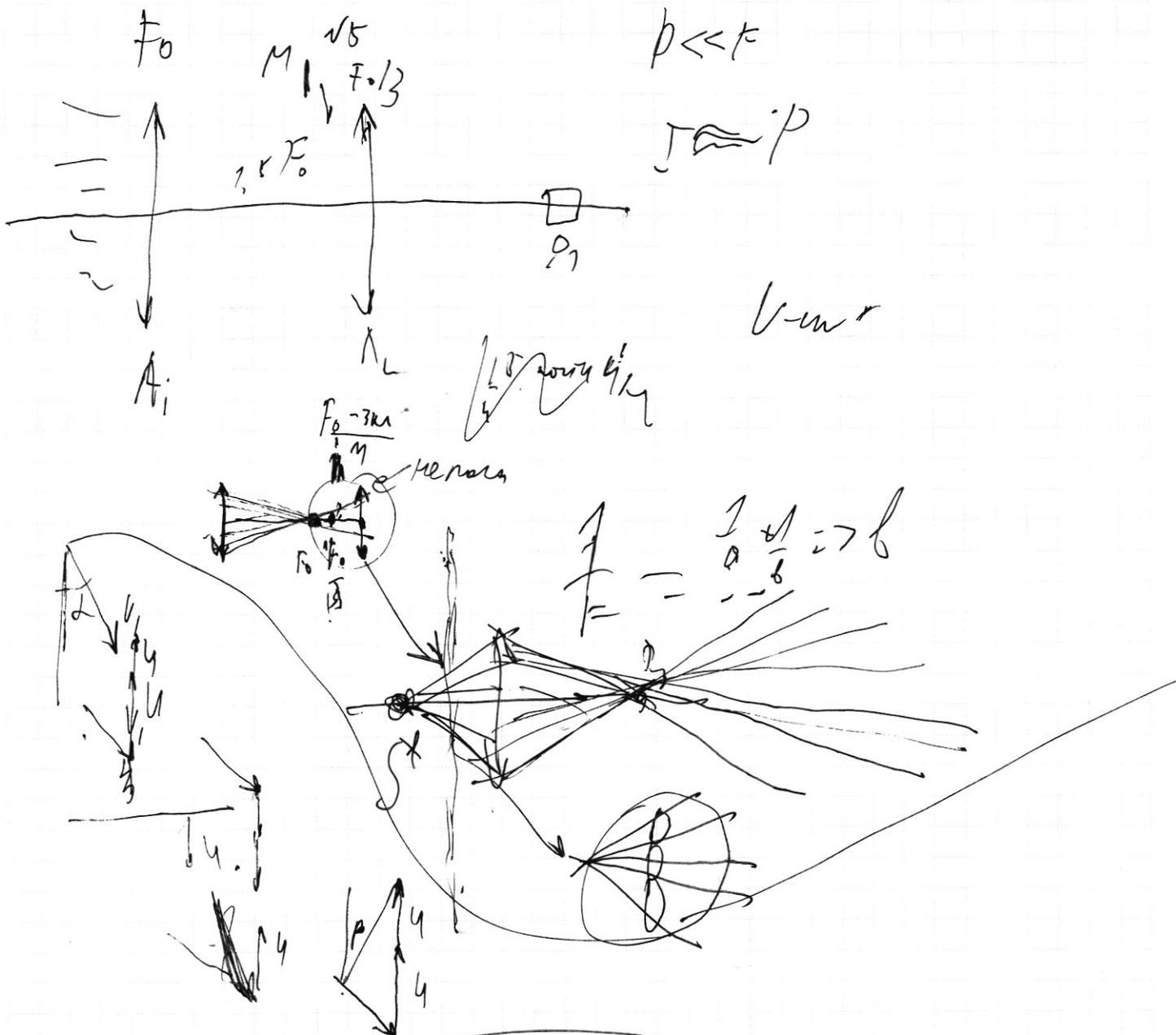


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$ma = F_x - mg$$

$$\ddot{x} = \frac{kx}{m} = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad k \propto \frac{1}{r^2}$$

