

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

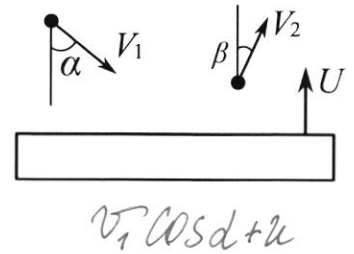
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарем)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 12$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{1}{2}$) 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.

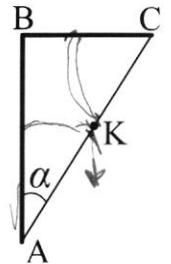


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1 = 350$ К, а азота $T_2 = 550$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. $R = 8,31$ Дж/(моль К).

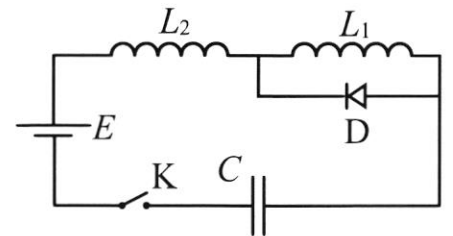
- 1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

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.



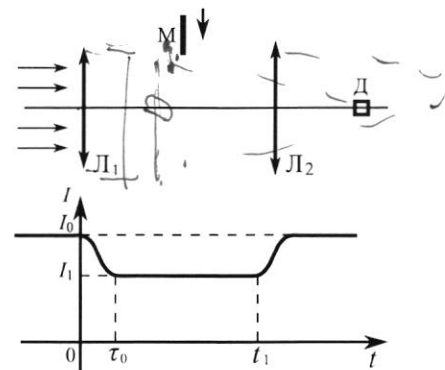
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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_1 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{M1} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{M2} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. 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 Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.



- 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

1. Дано:

$$v_1 = 12 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{2}$$

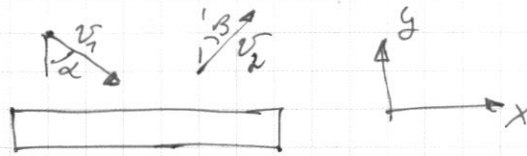
$$\sin \beta = \frac{1}{3}$$

Найти:

$$v_2 = ?$$

$$u = ?$$

Реш-е:



1) Т.к. $\vec{F} = 0$ на проекции силы \vec{F} на ось x равна нулю

ЗК

$$mv_1 \sin \alpha = mv_2 \sin \beta$$

$$\frac{v_1}{2} = \frac{v_2}{3}$$

$$v_2 = \frac{3}{2} v_1 = 18 \text{ м/с}$$

2) ~~В~~ Переходим в СО плиты тогда проекции скорости на ось y

$$v_1 \cos \alpha + 2u = v_2 \cos \beta$$

По Оу

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3}\right)^2} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$u = \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2} = \frac{18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2}$$

$$u = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3} = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3}) = 3,6 \text{ м/с}$$

Омкени: $v_2 = 18.4 \mu\text{e}$

$$u = \cancel{3(2\sqrt{2} - \sqrt{3})}$$

3.

Дано:

$$F_0; D; t_0$$

$$I_1 \sim \frac{3F_0}{9}$$

Найти:

f - ?

v - ?

t_1 - ?

то. собранные лучи станут параллельными предмету для $A_2 \Rightarrow$

$$\frac{1}{F_0} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f_0}$$

$$f = \frac{F_0}{2}$$

2) Из подобия

$$\frac{D}{y} = \frac{3F_0}{2F_0} \Rightarrow y = \frac{2}{3}D$$

$$x = \frac{D-y}{2} = \frac{D}{6}$$

Т.к. $I \sim S$ где S - площадь шмелл

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1 - S_2}{S_0}$$

$$\frac{5}{9} = 1 - \frac{S_2}{S_0} \Rightarrow \frac{S_2}{S_0} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{y^2}{D^2} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{l}{g} = \frac{2}{3}$$
$$l = \frac{2}{3} D \cdot \frac{2}{3} = \frac{4}{9} D$$

$$t_0 = \frac{l}{v} \Rightarrow v = \frac{\frac{4}{9} D}{t_0} = \frac{4D}{9t_0}$$

$$2) \quad t_1 - t_0 = \frac{g - l}{g}$$

$$t_1 - t_0 = \frac{\frac{2}{3} D - \frac{4}{9} D}{\frac{4D}{9t_0}} = \frac{\frac{2}{9} D \cdot \frac{9}{4}}{\frac{4D}{9t_0}}$$

$$t_1 - t_0 = \frac{2D}{9} \cdot \frac{9t_0}{4D} = \frac{t_0}{2}$$

$$t_1 = \frac{3}{2} t_0$$

Ответ: $f = \frac{F_0}{2}$; $v = \frac{4D}{9t_0}$; $t_1 = \frac{3}{2} t_0$

~~$t_0 = \frac{4D}{9g}$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. Дано:

$\nu = 6/\pi \text{ мм}$

воз. $T_1 = 350 \text{ K}$

сп. $T_2 = 550 \text{ K}$

$C_V = \frac{5}{2} R$

Найти:

$\frac{v_2}{v_1} = ?$

$T_0 = ?$

$Q = ?$

Реш-е:

1) В нач. состоянии $p_1 = p_2$

$$pV_1 = \nu RT_1$$

$$pV_2 = \nu RT_2$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{550}{350} = \frac{11}{7}$$

2) Жерниа сокращаются

$$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$$

$$\frac{5}{2} \nu RT_1 + \frac{5}{2} \nu RT_2 = \frac{5}{2} \nu RT_0 + \frac{5}{2} \nu RT_0$$

$$T_1 + T_2 = 2T_0$$

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350 + 550}{2} = 450 \text{ K}$$

3) Т.к. процесс изохорный

$$Q = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_0) + \nu R (T_2 - T_0) =$$

$$= 3 \nu R (T_2 - T_0) = 3 \cdot \frac{6}{\pi} \cdot (100) R =$$

$$= \frac{7}{2} \nu R (T_2 - T_0) = \frac{7}{2} \cdot \frac{6}{\pi} (100) R = 300 R$$

$$Q \approx 2493 \text{ Дж}$$

Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{11}{7}$; $T_0 = 450 \text{ K}$

$Q = 2493 \text{ Дж}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3 дано:

$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

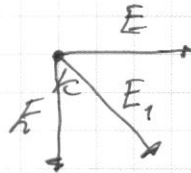
1) E_1

2) E_2

Реш-е:

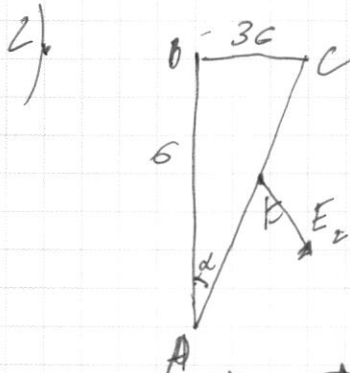
1) Т.к. угол $\alpha = \frac{\pi}{4}$ то распределение зарядов будет симметричным

$$\Rightarrow \text{т.к. } \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma \Rightarrow E_1 = E_2 = E$$



$$E_1 = \sqrt{2} E$$

$$\Rightarrow \frac{E_1}{E} = \sqrt{2}$$



$$E_{BC} = \frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_{AB} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

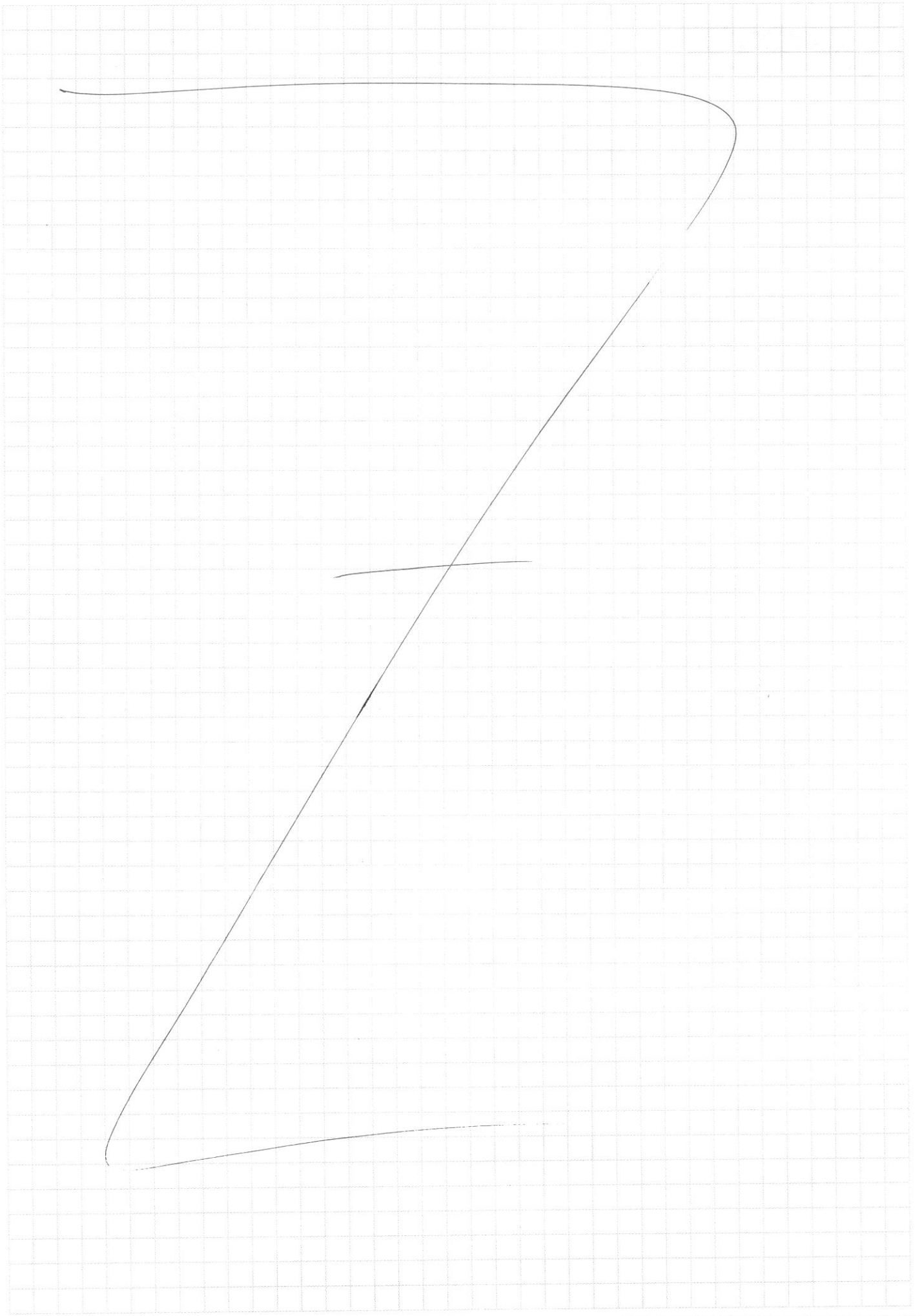
$$\vec{E}_2 = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB}$$

$$E_2 = \sqrt{10 \left(\frac{\sigma}{2\epsilon_0}\right)^2} = \sqrt{10} \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Ответ:

1) $\frac{E_1}{E} = \sqrt{2}$

2) $E_2 = \sqrt{10} \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4 дано:

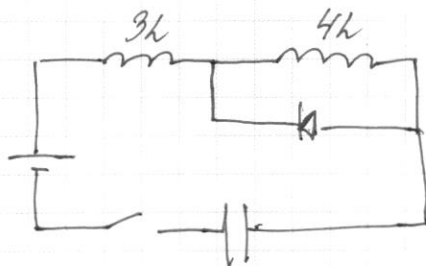
$$L_1 = 4h$$

$$L_2 = 3h$$

$\epsilon; C;$

Найти
 T ?

Реш-л:



$$\begin{aligned} 1) \quad 3h \ddot{q} + 4h \ddot{q} + \frac{q}{C} &= E \\ \ddot{q} + \frac{q}{7hC} &= E \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{7hC}$$

$$T = 2\pi \sqrt{7hC}$$

$$2) \quad q_{\max} = CE$$

$$I_{m1} = \omega q_m = \sqrt{\frac{1}{7hC}} \cdot CE = \sqrt{\frac{C}{7h}} E$$

$$3) \quad L_2 \ddot{q} + \frac{q}{C} = E$$

$$\Rightarrow \omega'^2 = \frac{1}{3hC}$$

$$\Rightarrow I_{m2} = q_{\max} \cdot \omega' = \sqrt{\frac{C}{3h}} E$$

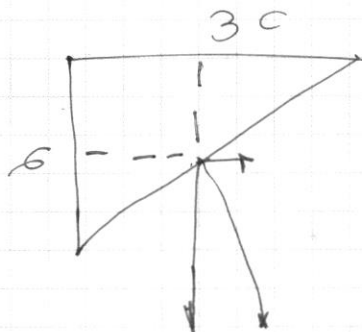
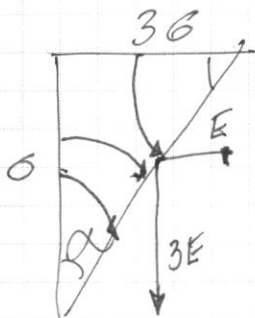
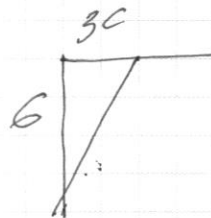
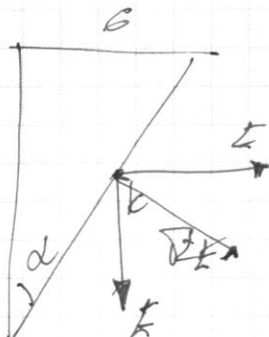


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

110/18
20+12



$$F' = \sqrt{(3E)^2 + E^2} = \sqrt{10} E$$

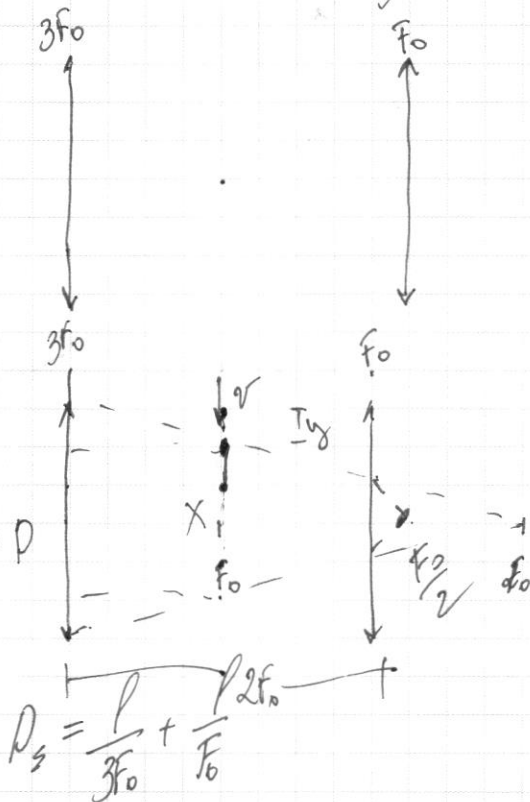
$$f_0 = \frac{y}{v}$$

$$\frac{y}{v_0} = v$$

$$\frac{1}{6D} = \frac{v}{f_0}$$

$$v = \frac{D}{6f_0}$$

$$f_1 = f_0 = \frac{x}{v}$$



$$\frac{l}{F_0} = \frac{D(n_1 - 1)}{n_{cp}} \left(\frac{1}{D/2} + \frac{1}{D/2} \right)$$

$$\frac{1}{F_0} = \left(\frac{n_1}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{4}{D} \right)$$

$$\frac{D}{x} = \frac{3f_0}{2f_0}$$

$$x = \frac{2}{3} D$$

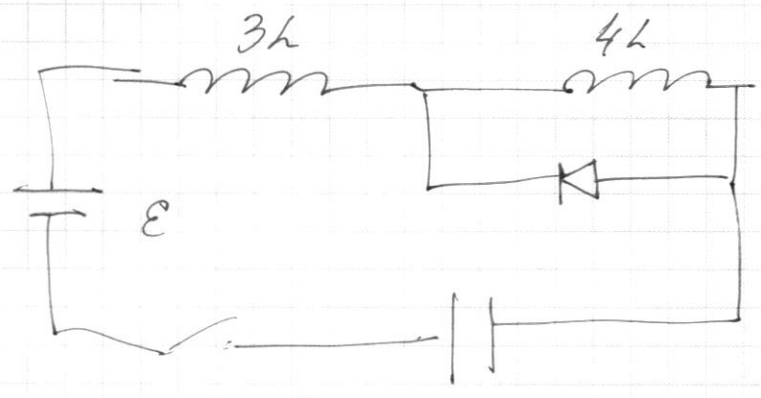
$$D - \frac{2}{3} D = \frac{1}{3} D$$

$$\frac{l}{F_0} = \frac{l}{f_0} + \frac{l}{f}$$

$$\frac{2}{3f_0} = \frac{1}{f}$$

$$y = \frac{1}{6} D$$

2)



$$T = 2\pi \sqrt{(3H+4H)C} = 2\pi$$

$$L_2 \ddot{q} + L_1 \ddot{q} + \frac{q}{C} = E$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{(L_2+L_1)C} = \frac{E}{L_2+L_1}$$

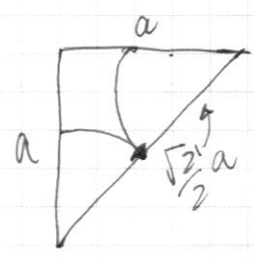
$$T = 2\pi \sqrt{(L_2+L_1)C}$$

$$\frac{y-l}{y} = \frac{5/10}{10}$$

$$4 - \frac{l}{y} = \frac{5}{9}$$

$$\frac{4}{9} = \frac{l}{y}$$

$$l = \frac{2}{3} D \cdot \frac{4}{9} = \frac{8}{27} D$$



↳

