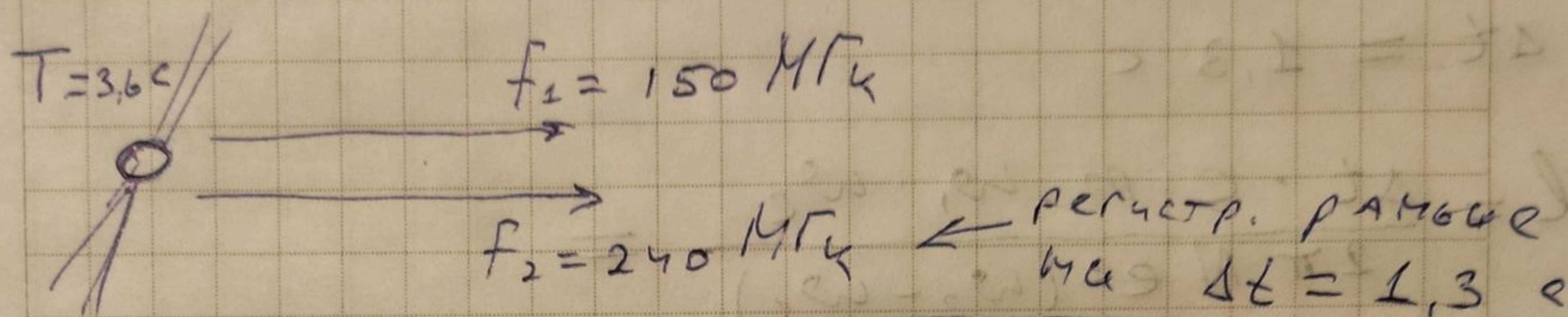


N6.10 $N = 3 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-3} = 3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^6 = 3 \cdot 10^4 \text{ м}^{-3}$



$\omega_p = \frac{4\pi N e^2}{m}$ плазменная частота (собственная)

Фазовая скорость: $V_\phi = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}} = \frac{c}{\sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}}$

Групповая скорость: $V_{gr} = \frac{c^2}{V_\phi} = c \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}$

Сигнал в плазме движется со скоростью V_{gr}

$t = \int_0^l \frac{dx}{V_{gr}}$ l - расстояние до объекта

$t = \frac{1}{c} \int_0^l dx \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}\right)^{-1/2} =$

$= \frac{1}{c} \int_0^l \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\omega_p^2}{\omega^2} + \dots\right) dx$

$\Delta t = \frac{1}{c} \left(\int_0^l \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\omega_p^2}{\omega_1^2}\right) - \int_0^l \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\omega_p^2}{\omega_2^2}\right) \right) dx =$

$= \frac{1}{2c} \int_0^l \frac{\omega_2 \omega_p^2 - \omega_1 \omega_p^2}{\omega_1 \omega_2} dx =$

$= \frac{2\pi N e^2 (\omega_2 - \omega_1)}{c m \omega_1 \omega_2} l = \Delta t$

$$\omega_1 = 2\pi \nu_1 = 1,5 \cdot 10^8 \cdot 2\pi = 3\pi \cdot 10^8$$

$$\omega_2 = 4,8\pi \cdot 10^8$$

$$\Delta t = 1,3 \text{ c}$$

$$l = \frac{\Delta t \cdot c \cdot m \cdot \omega_1 \cdot \omega_2}{2\pi N e^2 (\omega_2 - \omega_1)} =$$

$$= \frac{1,3 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{2\pi \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot \underbrace{e^2}_{1,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-38}}} \cdot \frac{4,8 \cdot 3\pi^2 \cdot 10^{16}}{(4,8 - 3)\pi \cdot 10^8} =$$

$$= \frac{511 \cdot 10^{-7}}{27,6 \cdot 10^{-26}} = 18,5 \cdot 10^{19} \text{ м}$$

$$l = \frac{18,5 \cdot 10^{19}}{3,09 \cdot 10^{16}} = 6 \cdot 10^3 \text{ нк} = \boxed{6000 \text{ нк}}$$

$$d_{\text{ГЛЛ}} \approx 100000 \text{ с.л.} \approx 30000 \text{ нк}$$

$$l_{\text{сольн.}} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м} = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{3,09 \cdot 10^{16}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ нк}$$

~~$$\epsilon = 1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2$$~~

$$\epsilon = 1 + \frac{4\pi N e^2 / m}{\underbrace{\omega_0^2}_{\text{считаем нулем}} - \omega^2 + 2i\omega\gamma} \quad \leftarrow \text{Пренебрегаем}$$

$$\epsilon = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2} = 1 - \frac{4\pi \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 2,56 \cdot 10^{-38}}{\omega^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} =$$

$$\frac{1 - \frac{1}{100\omega^2}}{1}$$

$$V_d = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{1 - \frac{1}{100\omega^2}}}$$

$$V_{rp} = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - \frac{1}{100\omega^2}}$$