

Раздел IV. Оптика.

Глава 8. Групповая скорость.

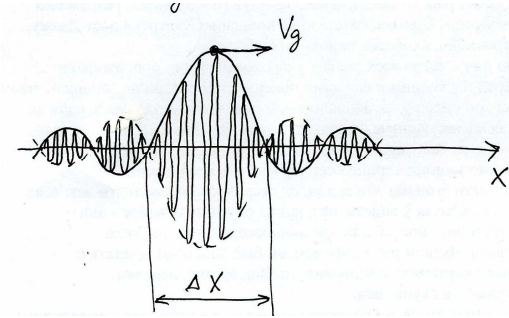
1. Волновой пакет.

С помощью бесконечной плоской волны сигнал передать нельзя.

Сигнал можно передать с помощью волнового пакета, набранного из плоских волн с близкими частотами:

$$E(x,t) = \int_{\omega_0 - \frac{\Delta\omega}{2}}^{\omega_0 + \frac{\Delta\omega}{2}} a \cdot \cos[\omega t - k(\omega)x] d\omega; \Delta\omega \ll \omega_0$$

$E(x,t)$ имеет вид:



Высокочастотный сигнал с несущей частотой ω_0 промодулирован огибающей импульсного характера. Скорость перемещения тах огибающей называется групповой скоростью.

Групповая скорость равна: $V_g = \frac{d\omega}{dk}$

Пространственная длинна основного импульса равна:

$$\Delta X = \frac{4\pi V_g}{\Delta\omega}$$

Длительность основного импульса:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta X}{V_g} = \frac{4\pi}{\Delta\omega}$$

В отличии от фазовой скорости, групповая скорость физическая величина. С этой скоростью распространяются сигналы, энергия, импульс... $\Rightarrow V_g \leq C$

2. Связь V_g и V_ϕ

$$V_\phi = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{n} \Rightarrow k = \frac{n\omega}{c}$$

$$V_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{1}{\frac{dk}{d\omega}} = \frac{1}{\frac{n}{c} + \frac{\omega}{c} \frac{dn}{d\omega}}$$

$\Downarrow$

$$V_g = \frac{V_\phi}{1 + \frac{\omega}{n} \frac{dn}{d\omega}} \quad \begin{array}{l} V_g < V_\phi \quad \frac{dn}{d\omega} > 0 \\ V_g = V_\phi \quad \frac{dn}{d\omega} = 0 \\ V_g > V_\phi \quad \frac{dn}{d\omega} < 0 \end{array}$$

Пример с плазмой:

$$n = \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_P}{\omega}\right)^2} < 1 \Rightarrow V_\phi = \frac{c}{n} > c$$

$\Downarrow$

$$V_g = cn < c$$

Вопросы

1. Что такое волновой пакет
2. Что такое групповая скорость
3. Связь групповой и фазовой скорости
4. Могут ли групповая и фазовая скорость превышать скорость света.