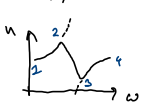


$$n = n(\lambda) \text{ или } n = n(\omega)$$



1-2; 3-4 - нормальн. дисперсия
2-3 - аномальн. дисперсия

Зависит $n(\lambda)$ - фазовая скорость света в среде от частоты

классич. теория дисперсии

$$n = \sqrt{\mu \epsilon} = \sqrt{\mu \epsilon_0 \epsilon} = \sqrt{\epsilon}$$

$$\epsilon = 1 + \chi$$

χ - фазовая скорость света в среде

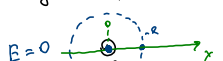
$$P = \chi \epsilon_0 E = N \cdot P$$

P - вектор поляризации
 P - дипольный момент
 N - кол-во атомов в объёме
 $N \propto n$ - константа

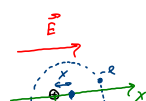
E - напряжённость электрического поля

$$n^2 = \epsilon = 1 + \frac{P}{\epsilon_0 E} = 1 + \frac{N \cdot P}{\epsilon_0 E}$$

Резонансная частота атомов (оптическая) зависит от



$E \neq 0$



$$P = +e \cdot \phi + (-e) \cdot \chi = -e \cdot \chi$$

центр тяжести атома совпадает с центром зарядов
 $\vec{P} = \sum q_i \cdot \vec{r}_i = 0$

центр тяжести атома совпадает с центром зарядов

Найдём смещение x , под действием которого возникнет E' :

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - b \dot{x} + (-e) E$$

$F_{упр}$ - сила упругости
 $F_{вяз}$ - вязкая сила
 $F_{эл}$ - электрическая сила

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2$$

$$\Rightarrow \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = -\frac{e E}{m}$$

$$P_{всв} E = E_0 \cos \omega t \Rightarrow \frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = -\frac{e E_0}{m} \cos \omega t$$

$$x(t) = x_{стационар} + x_{переходн}$$

$$\Rightarrow \text{в резонансе } x(t) = \frac{-e E_0 \sin \omega t}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$$

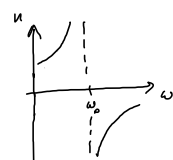
$$x(t) = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}} \cos \omega t = a(\omega) \cos \omega t$$

$$\Rightarrow P = \frac{e^2 E_0 \cos \omega t}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$$

$$\Rightarrow n^2 = 1 + \frac{N P}{\epsilon_0 E} = 1 + \frac{N e^2 E_0 \cos \omega t}{\epsilon_0 E m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}} = 1 + \frac{N e^2}{\epsilon_0 m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$$

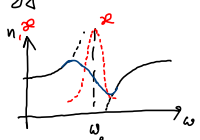
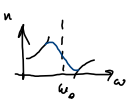
$$n = \sqrt{1 + \frac{N e^2}{\epsilon_0 m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}}$$

$$\text{при } \beta \rightarrow 0 \Rightarrow n \sim \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \sim \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2}$$



нормальная дисперсия объясняется тем, что в области резонанса происходит смещение центра тяжести атома

Аномальная дисперсия связана с наличием поглощения (и $\omega \approx \omega_0$) и дисперсией



в области аномальной дисперсии имеет место поглощение энергии

Рассм. Квантовые ос-ва упр-е
 "квант" - $\Delta p \Delta x \sim \hbar$ $\Rightarrow$ упр-е имеет ос-ва как квант "квантования" (горизонт)
 } Термодинамика

Классич.	В квант. упр-е
Хол. провод.	Холодноволнов. упр-е
Электрон. упр-е	Электрон. упр-е
Волн. упр-е	Квантоволнов. упр-е
Свет. упр-е	Фотон. упр-е
Низкотемп.	Термодинамика

$\Rightarrow$ Терм. упр-е имеет ос-ва как свет. фотон. атомов и молекул в атомно-молекулярном упр-е



Если темп. $\in T_1, T_2, \dots$ в квант. равновесии
 $\Rightarrow$ Терм. упр-е имеет темп. упр-е
 $\Rightarrow$ Термодинамика
 $\Rightarrow$ Терм. упр-е - функция от упр-е, темп. и квант. ос-ва в равновесии
 $\Rightarrow$ Термодинамика

Задача Кирхгофа

Терм. упр-е имеет ос-ва, ос-ва, R
 dR - темп. упр-е, темп. по всем направлениям dR dt

$$d \approx \frac{dR}{dS} dt = \frac{dR}{dS} \cdot \frac{dS}{dR} \cdot \frac{dR}{dt} = \frac{dR}{dt}$$

+ Вывод: Дистанция темп. ос-ва: $dR \sim d\omega$ $\Rightarrow R \sim \frac{dR}{d\omega} = \frac{dR}{d\omega} \cdot d\omega$
 $\Rightarrow dR = \frac{dR}{d\omega} d\omega$

$f_\lambda(R)$ - темп. упр-е R $\Rightarrow$ темп. упр-е R
 - спектральная плотность ос-ва темп.

Равновесие темп. $\lambda \pm \lambda + d\lambda$, темп. ос-ва $\omega \pm \omega + d\omega$
 темп. $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$

$\Rightarrow$ Если темп. ос-ва $dR = \frac{dR}{d\omega} d\omega = -\frac{R}{\omega} d\omega$

$$dR = -\frac{R}{\omega} d\omega = -\frac{R}{\omega} \cdot \frac{d\omega}{dR} dR = -\frac{R}{\omega} \cdot \frac{d\omega}{dR} dR$$

$$\Rightarrow \frac{dR}{R} = -\frac{d\omega}{\omega} \Rightarrow \ln R = -\ln \omega + \text{const} \Rightarrow R \sim \frac{1}{\omega}$$

$$\Rightarrow \frac{dR}{R} = -\frac{d\omega}{\omega} \Rightarrow \ln R = -\ln \omega + \text{const} \Rightarrow R \sim \frac{1}{\omega}$$

Рассм. темп. упр-е имеет темп. упр-е $\omega \pm \omega + d\omega$ и темп. упр-е $\Rightarrow d\omega$

$$\Rightarrow \frac{d\omega}{\omega} = \frac{d\omega'}{\omega'} - \frac{d\omega''}{\omega''} \Rightarrow \ln \omega = \ln \omega' - \ln \omega'' + \text{const}$$

По условию: $\omega_0 \leq 1$

если $\omega_0 = 1 \Rightarrow$ абсолютное равновесие темп. (А.К.Т.)

$\omega_0 < 1 \Rightarrow$ темп. ос-ва

Рассм. А.К.Т.: - равновесие с абсолютным



Кирхгоф:

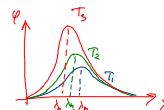
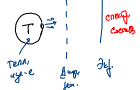
$$\frac{R}{\omega} = f(\omega, T) \quad - \text{задача Кирхгофа}$$

$$f(\omega, T) = \frac{R}{\omega} \Rightarrow R = \omega f(\omega, T)$$

для А.К.Т. $\omega_0 = 1 \Rightarrow f(\omega, T) = \frac{R}{\omega}$

$$\text{для } \lambda: f(\lambda, T) = \frac{1}{2\pi c} \cdot \frac{R}{\lambda} \Rightarrow \frac{R}{\lambda} = \frac{1}{2\pi c} \cdot \frac{R}{\lambda}$$

Условие равновесия: $\varphi(\lambda, T)$



$$T_1 < T_2 < T_3$$

$$\varphi(\lambda, T) = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1}$$

Задача Стефан-Больцмана

Условие темп. упр-е и темп. упр-е $R \sim T^4$

для А.К.Т.: $R = \int_0^\infty f_\lambda d\lambda = C_1 T^4$

$$R = C_1 T^4 \Rightarrow C_1 = \frac{R}{T^4}$$

$$C_1 = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} - \text{конст. Стефан-Больцмана}$$

Для темп. темп. $R = C_1 T^4$

или в 1893 г. $\Rightarrow$ темп. ос-ва темп. упр-е

$$\lambda_m T = b \Rightarrow \lambda_m = \frac{b}{T}$$



$$b = 2.898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К} - \text{конст. Вина}$$