

Неоднородное уширение

Причиной неоднородного уширения может быть любой процесс, приводящий к различию условий излучения или поглощения для части одинаковых частиц из всей их совокупности

Механизм неоднородного уширения действует таким образом, что резонансные частоты отдельных атомов распределены в некоторой полосе

Каждый атом излучает или поглощает свет в пределах не всей линии

Распределение резонансных частот:

$$f = f(\nu - \nu_0)$$

резонансные частоты центральная частота распределения

Кроме того, на каждую частицу со своей резонансной частотой действует механизм однородного уширения, также приводящий к частотному распределению с центром на резонансной частоте:

$$f_1 = f_1(\nu' - \nu)$$

Неоднородное уширение

Тогда полный профиль распределения по частотам дается сверткой обоих распределений:

$$F = f \otimes f_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\nu - \nu') f_1(\nu' - \nu) d\nu'$$

Распределение f , приводящее к распределению резонансных частот для различных групп частиц, объединенных какими-то общими свойствами, называется неоднородным распределением, а соответствующий тип уширения спектральных линий – неоднородным уширением



Неоднородное уширение. Доплеровское уширение

Доплеровское смещение частоты

$$\nu = \nu_0 \left(1 \pm \frac{V}{c}\right)$$

V – скорость движения объекта вдоль направления регистрации излучения

Распределение Максвелла

$$W(V) = \sqrt{\frac{M}{2\pi kT}} \exp\left(-\frac{MV^2}{2kT}\right)$$

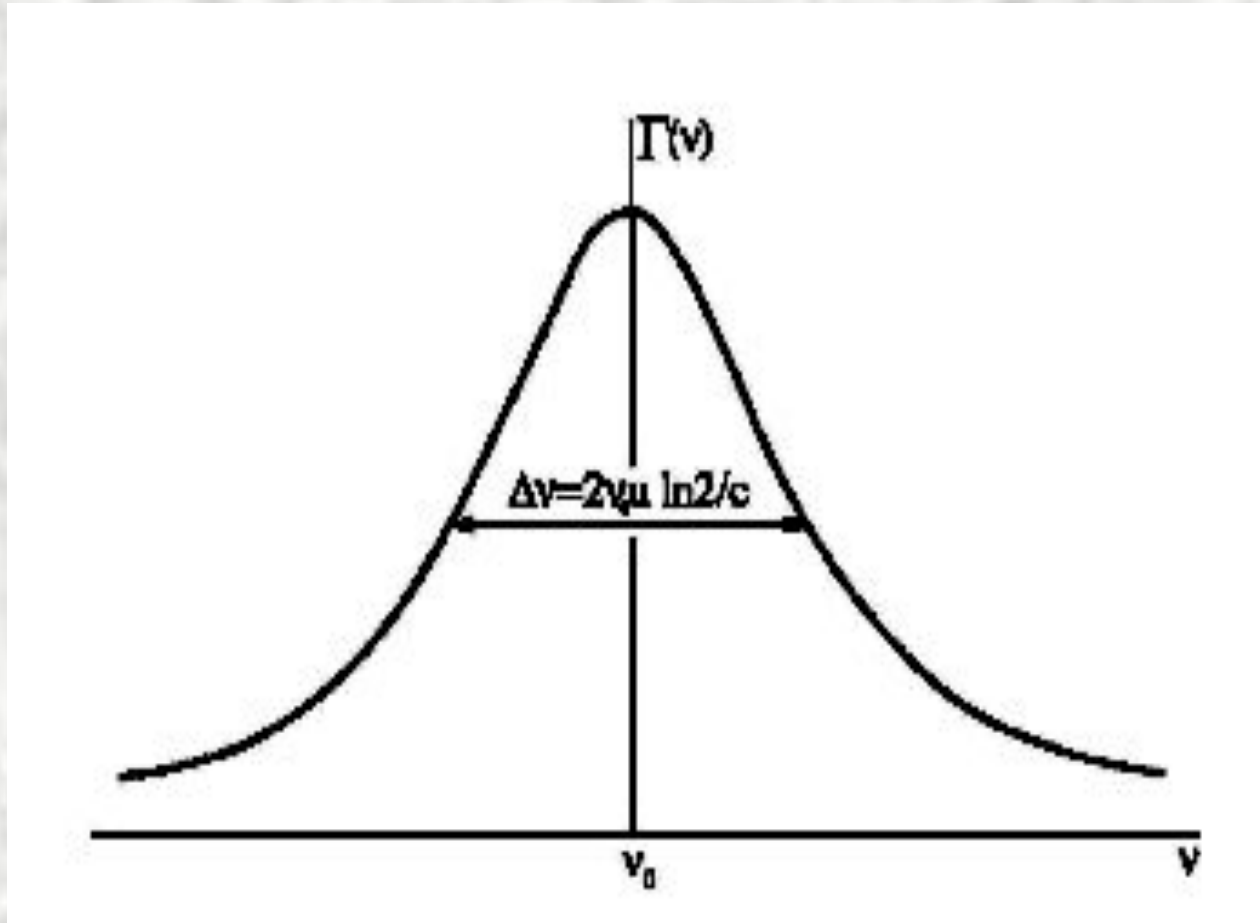
M – масса частицы

Нормированный гауссов профиль интенсивности

$$\Gamma(\nu) = \frac{1}{\Delta\nu_T \sqrt{\pi}} \exp\left[-\left(\frac{\nu - \nu_0}{\Delta\nu_T}\right)^2\right], \quad \Gamma(\nu)d\nu = W(V)dV$$

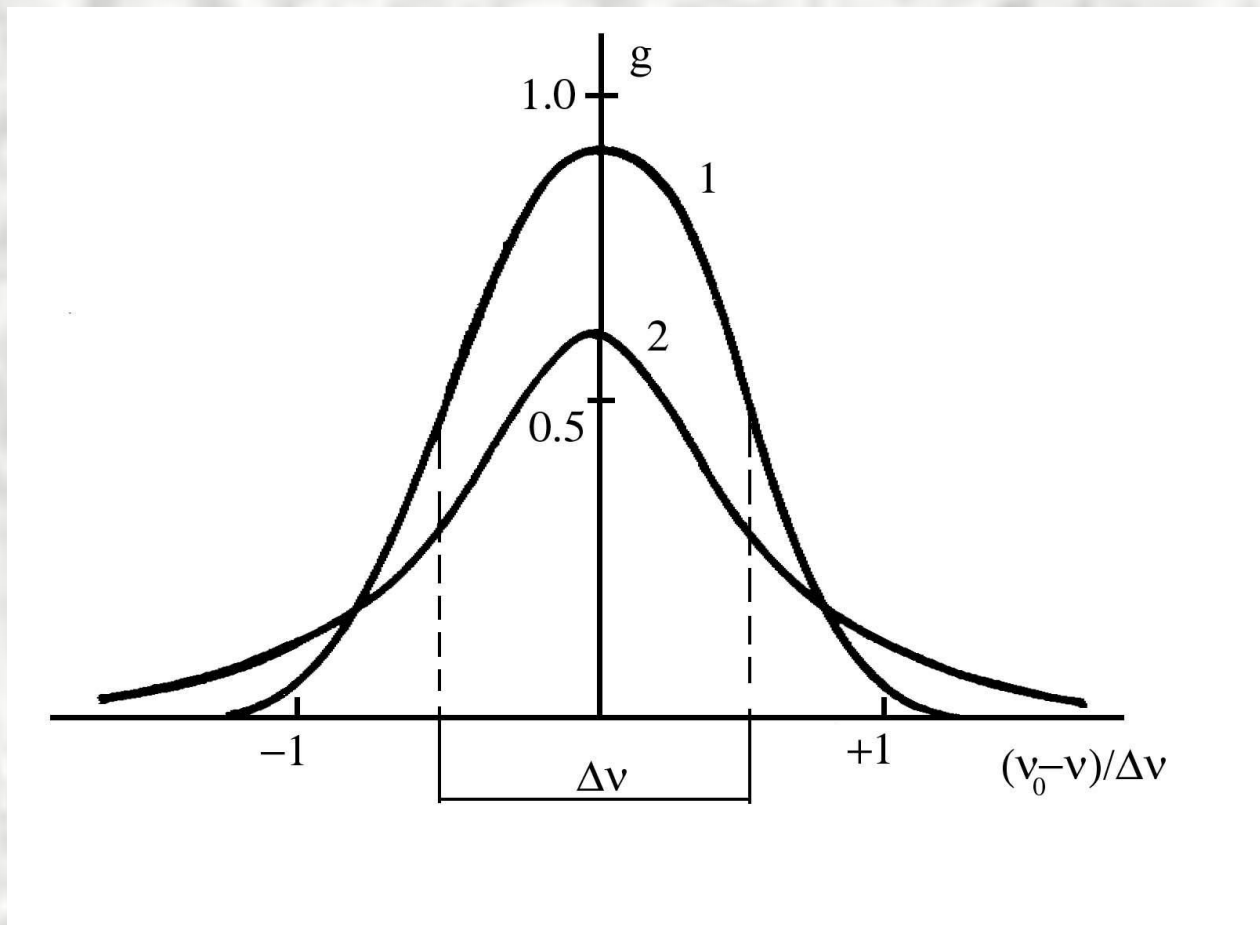
$$\Delta\nu_T = \frac{\nu_0 u}{c}$$

Неоднородное уширение. Гауссов контур линии



$$\Delta\nu_D = 2\Delta\nu_T \sqrt{\ln 2}$$

Сравнение однородно и неоднородно уширенных контуров линий



- 1 – Гауссов контур
- 2 – Лоренцев контур

Сравнение однородно и неоднородно уширенных контуров линий

Спад гауссовой кривой при увеличении отстройки от центральной частоты происходит гораздо более круто по сравнению с лоренцевым контуром линии

Поэтому даже в тех случаях, когда доплеровская ширина много больше ширины линии, обусловленной однородными механизмами уширения, из далеких лоренцевских крыльев можно получить информацию о лоренцевом контуре и его ширине. Однако вблизи центральной частоты гауссова кривая более полого

Роль доплеровского уширения возрастает с увеличением частоты. Так, сравнение естественной и доплеровской ширины для газов показывает, что в видимом и ультрафиолетовом диапазонах спектра доплеровская ширина линии приблизительно на два порядка больше

В общем случае профиль интенсивности, учитывающий совместный вклад однородного и неоднородного уширений, называется профилем Фойгта

Сравнение однородно и неоднородно уширенных контуров линий

Свертка лоренцевых контуров дает также лоренцев контур с суммарной шириной:

$$\Delta\nu = \Delta\nu_1 + \dots + \Delta\nu_n$$

$\Delta\nu_i$ - ширины отдельных однородных механизмов уширения

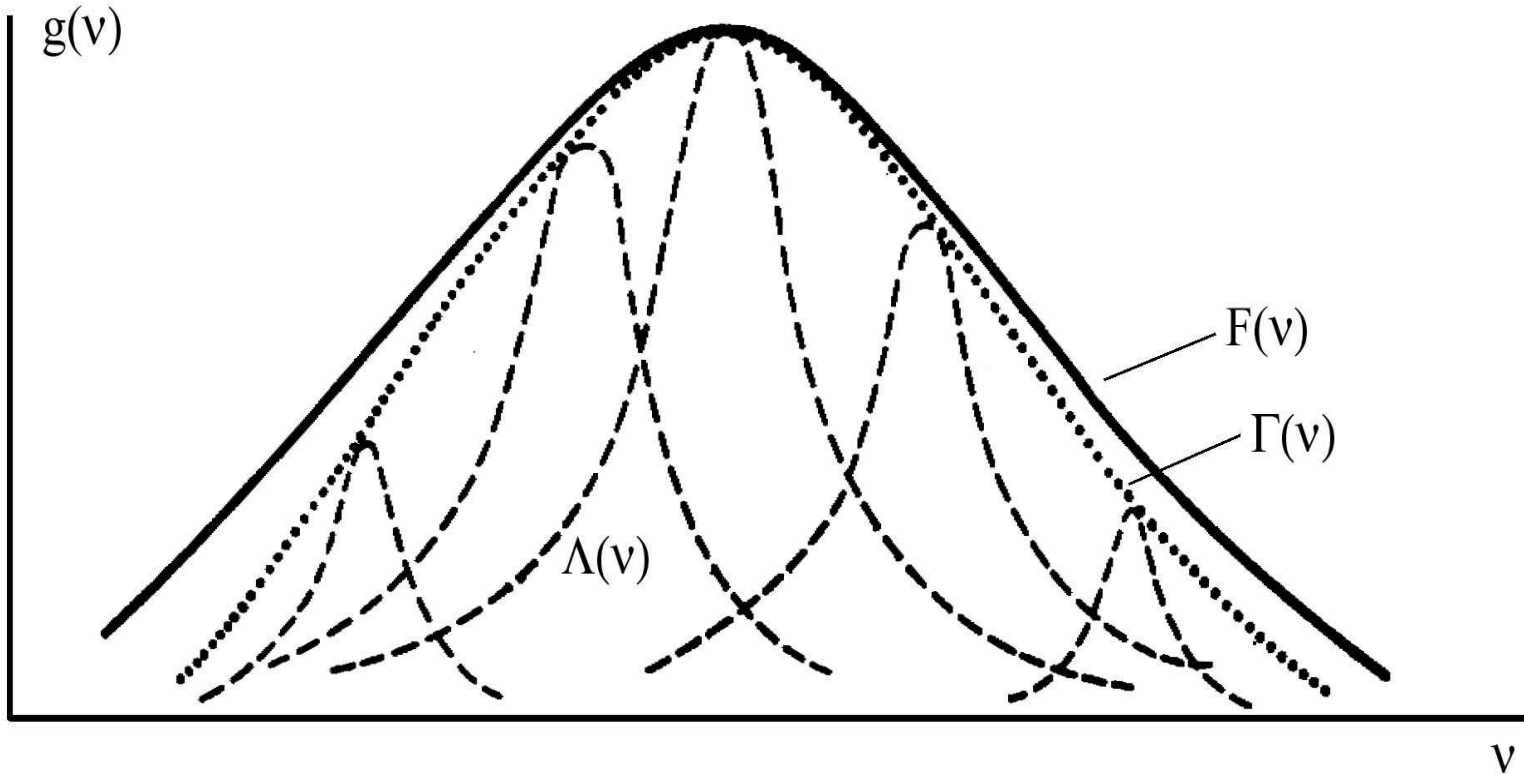
Свертка гауссовых контуров также дает гауссов контур с суммарной шириной:

$$\Delta\nu = \left(\Delta\nu_1^2 + \dots + \Delta\nu_n^2 \right)^{1/n}$$

Задача нахождения контура линии в целом сводится к задаче нахождения свертки лоренцева и гауссова контуров

Профиль интенсивности, учитывающий совместный вклад однородного и неоднородного уширений, называется профилем Фойгта

Профиль Фойгта



$$F(v) = Const \cdot \frac{1}{\Delta v_T} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\exp\left\{-\left[\frac{c(v_0 - v')}{uv_0}\right]^2\right\}}{(v - v')^2 + (\Delta v_L / 2)^2} dv'$$

Механизмы уширения в разных агрегатных состояниях

Твердые тела

Неоднородное уширение



**Локальные неоднородности
электрических полей в
объеме кристалла**

Однородное уширение



**Электрон-фононное взаимодействие –
взаимодействие ионов, расположенных
в узлах кристаллической решетки,
с фононами**

Жидкости

Неоднородное уширение



**Локальные неоднородности
электрических полей**

Однородное уширение



**Столкновительное уширение
с высокой частотой столкновений**

Диапазоны характерных ширин спектральных линий для разных агрегатных состояний вещества

Тип уширения	Механизм	Газ	Жидкость	Твердое тело
Однородное	Естественное	1 кГц-10 МГц	мало	мало
	Столкновительное	5-10 МГц/Торр	200-300 см ⁻¹	10 см ⁻¹
Неоднородное	Доплеровское	50 МГц-1 ГГц	отсутствует	отсутствует
	Неоднородность локальных полей	отсутствует	500 см ⁻¹	1-500 см ⁻¹

1 Торр=1 мм рт. ст., 1МГц = 10⁶ Гц = 3.3·10⁻⁵ см⁻¹