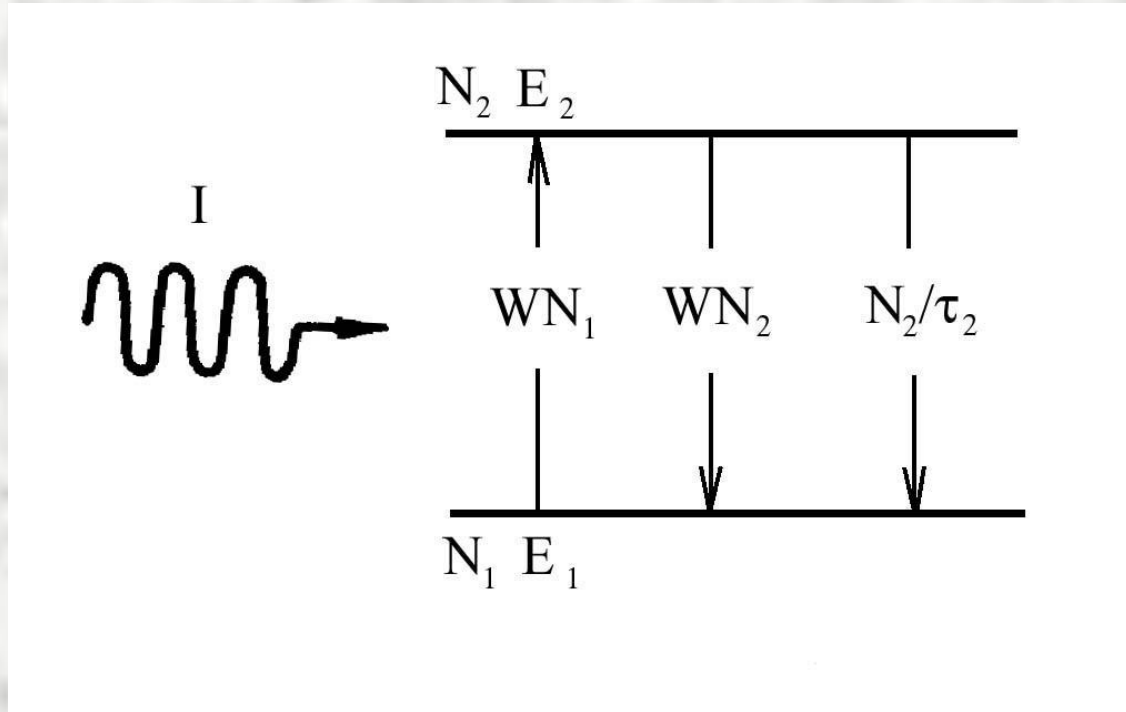


Эффект насыщения



Резонансное внешнее электромагнитное поле



Вынужденное излучение и вынужденное поглощение



**Переходы между состояниями, изменение населенностей
(в достаточно сильных полях вкладом спонтанного излучение в изменение населенностей состояний можно пренебречь)**

Эффект насыщения

В состоянии термодинамического равновесия число переходов снизу вверх будет преобладать над числом переходов сверху вниз



Населенность верхнего уровня будет увеличиваться



Населенности уровней будут выравниваться до тех пор, пока они почти не сравняются между собой



Эффект насыщения

Спонтанное излучение все же делает полную вероятность излучения больше полной вероятности поглощения



Населенность верхнего уровня все же остается немного меньше населенности нижнего уровня даже в полях со сколь угодно большой интенсивностью

Эффект насыщения

Насыщение для однородно и неоднородно уширенных линий проявляется неодинаково

Насыщение однородно уширенной линии

$N_1 > N_2$ - среда является поглощающей (например, в состоянии термодинамического равновесия)

Полное число частиц

$$N = N_1 + N_2 = \text{Const}$$

$$\dot{N}_2 = -W(N_2 - N_1) - \frac{N_2}{\tau_2}$$

$$\frac{1}{\tau_{\text{эл}}} = \frac{1}{\tau_{\text{безызл}}} + \frac{1}{\tau}$$

$$\Delta N = N_1 - N_2$$

Вероятность вынужденных переходов

Время жизни верхнего уровня

Эффект насыщения

$$N_2 = \frac{(N_1 + N_2) - (N_1 - N_2)}{2} = \frac{N - \Delta N}{2}, \dot{N}_2 = -\frac{\dot{\Delta N}}{2}$$

$$\dot{\Delta N} = -\Delta N \left(2W + \frac{1}{\tau_2} \right) + \frac{N}{\tau_2}$$

После установления стационарного режима

$$\Delta N = \frac{N}{1 + 2W\tau_2} = \frac{N}{1 + (I/I_S)\tau_2} \approx \frac{N}{2}$$

Суть эффекта насыщения:
при $Wt \gg 1$ $\Delta N \rightarrow 0$

$$N_1 \approx N_2 \approx N/2$$

Эффект насыщения

Если внешнего поля нет, то населенность верхнего состояния равна нулю:

В исходных уравнениях не учитывались термодинамические процессы

Это более чем оправдано, поскольку расстояние между уровнями много больше kT

Разность населенностей зависит от времени релаксации верхнего уровня и интенсивности падающего излучения

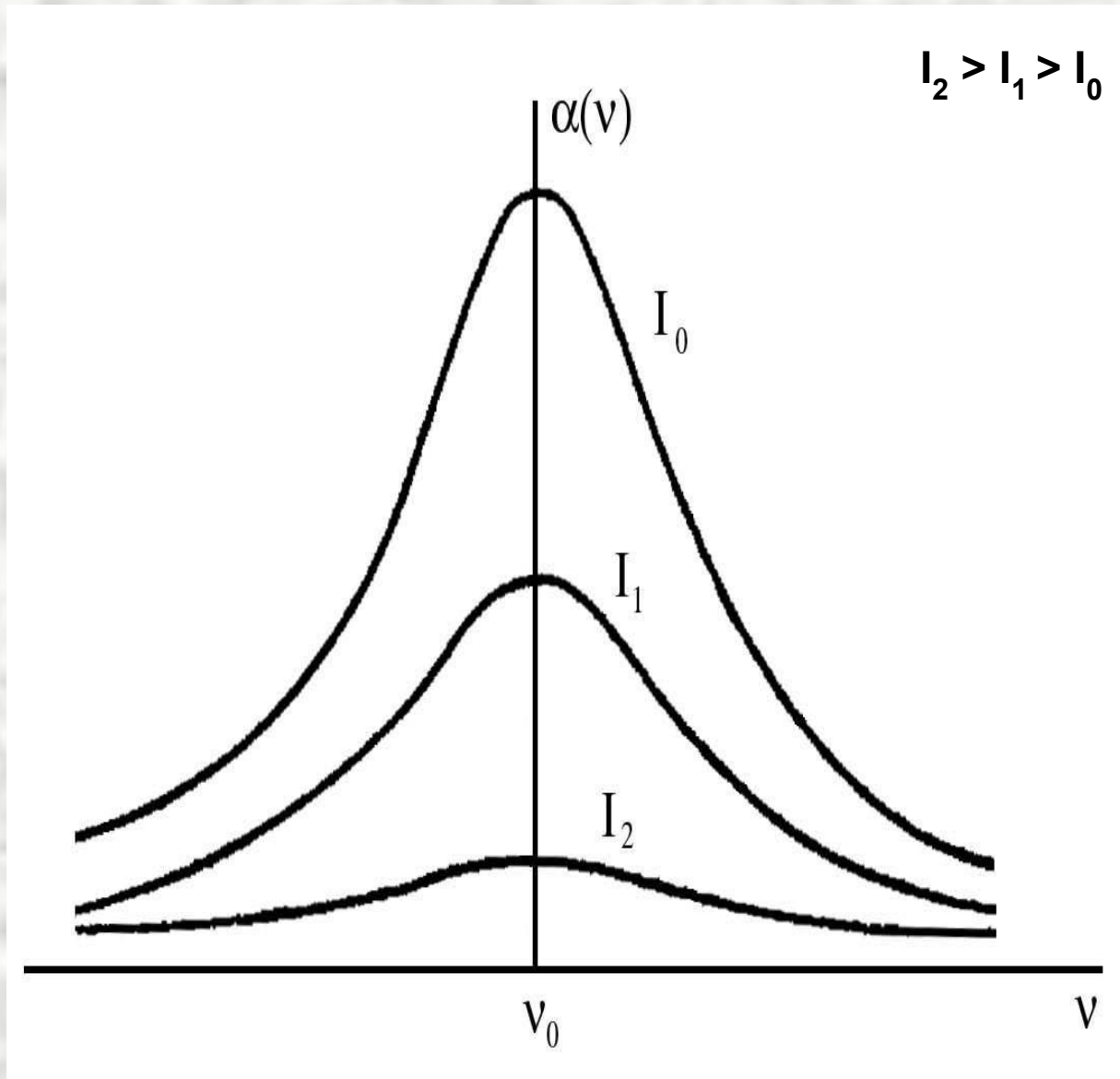
Поскольку при одинаковых населенностях коэффициент поглощения равен нулю, то излучение проходит через среду, практически не изменяясь по интенсивности



Просветление поглотителя

При насыщении однородно уширенной линии коэффициент поглощения уменьшается на всех частотах в ее пределах, а форма линии не меняется

Насыщение однородно уширенной линии



Насыщение однородно уширенной линии

Насыщение поглощения

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + (I/I_S)}$$

Ненасыщенный коэффициент поглощения

Параметр насыщения, определяемый свойствами среды

Насыщение усиления

$$N_2 = \frac{N_2^{(0)}}{1 + (I/I_S)}$$
$$g = \sigma(\nu) \frac{N_2^{(0)} - N_1^{(0)}}{(1 + I/I_S)} = \frac{g_0}{(1 + I/I_S)}$$

Ненасыщенная населенность

Ненасыщенный коэффициент усиления

Эффект насыщения

Воздействие на двухуровневую среду импульсным излучением

Изменение коэффициента поглощения во времени:

$$\alpha = \alpha_0 \exp(-\rho(t) / \rho_0)$$

$\rho(t)$ - плотность энергии внешнего поля

$\rho_0 = h\nu / 2\sigma$ - плотность энергии насыщения среды

Длительность импульса много больше времени жизни верхнего уровня:

$$\Delta N = \frac{N}{1 + 2W_2} = \frac{N}{1 + (I t / I_S)}$$

интенсивность поля зависит от времени

Эффект насыщения

Воздействие на двухуровневую среду импульсным излучением

Длительность импульса много меньше времени жизни верхнего уровня:

$$\Delta N(t) \approx N_0 \exp(-t/\tau_0)$$

Аналогичные выражения справедливы и для временной динамики изменения коэффициента усиления и разности населенностей для насыщения усиления

Насыщение неоднородно уширенной линии

Если неоднородный характер уширения связан с эффектом Доплера, то проходящее через двухуровневую среду излучение с частотой ν будет взаимодействовать лишь с группой частиц, движущихся с определенной скоростью

Изменение населенностей нижнего и верхнего уровней будет наблюдаться только у частиц, имеющих эти скорости

Насыщение неоднородно уширенной линии

