



# НАСЫЩЕНИЯ ЭФФЕКТ

Авторы: К. Н. Драбович

НАСЫЩЕНИЯ ЭФФЕКТ, выравнивание населённости двух уровней энергии квантовой системы (атома, молекулы) под действием резонансного электромагнитного излучения. Н. э. имеет место в поле непрерывного излучения или достаточно длинных импульсов. В этом случае вероятность вынужденных (индуцированных) переходов с нижнего уровня на верхний (поглощение) равна вероятности аналогичных переходов с верхнего уровня на нижний (вынужденное испускание) и пропорциональна интенсивности электромагнитного излучения. Т. к. скорость вынужденных переходов между уровнями пропорциональна их населённости, разность населённости уровней уменьшается при увеличении интенсивности падающего излучения. Соответственно уменьшается и доля поглощаемой в среде мощности; говорят, что квантовый переход насыщается. Степень насыщения определяется соотношением скоростей вынужденных переходов и релаксационных процессов, ответственных за установление равновесного распределения населённости по уровням.

Если на среду, представляющую собой набор одинаковых [двухуровневых систем](#) с собств. частотами

$\omega_{21}$ , падает монохроматич. электромагнитная волна с частотой  $\omega$  и интенсивностью

$I$ , то разность населённости нижнего и верхнего уровней

$\Delta N = N_1 - N_2$  описывается выражением

$$\Delta N = \Delta N_0 [1 + (I/I_H) \gamma^2 / (\gamma^2 + (\omega - \omega_{21})^2)]^{-1}$$
, где

$\Delta N_0$  – разность населённости в отсутствие падающего излучения,

$\gamma$  – однородная полуширина спектральной линии,

$I_H$  – т. н. насыщающая интенсивность. В точном резонансе

( $\omega = \omega_{21}$ ) при

$I = I_H$  разность населённости уменьшается в 2 раза:

$\Delta N = (1/2)\Delta N_0$ . При очень больших интенсивностях падающего излучения скорость вынужденных переходов намного превышает скорость релаксационных процессов и населённости уровней практически выравниваются

( $\Delta N \rightarrow 0$ ). Значение насыщающей интенсивности

$I_H$  определяется типом квантового перехода, его однородной шириной и временем релаксации населённости. Для электродипольных переходов величина

$I_H$  может составлять от долей Вт/см<sup>2</sup> до десятков и даже сотен кВт/см<sup>2</sup>.

Н. э. в поглощающих средах

( $\Delta N_0 > 0$ ) приводит к уменьшению коэф. поглощения (см. [Просветления эффект](#)). При сильном насыщении

( $\Delta N \rightarrow 0$ ) поглощаемая веществом мощность перестаёт зависеть от интенсивности поля, т. е. переход насыщается. В усиливающей среде с инверсной населённостью

( $\Delta N_0 < 0$ ) Н. э. вызывает уменьшение коэф. усиления, уменьшается абсолютная величина резонансной добавки к показателю преломления, т. е. Н. э. обуславливает зависимость показателя преломления от интенсивности падающего поля и является одной из причин резонансного [самодействия волн](#).

При заданной интенсивности поля степень насыщения максимальна в точном резонансе и убывает с увеличением отстройки от резонанса. Это приводит к деформации спектральных линий. При однородном уширении линия поглощения падающего излучения сохраняет лоренцеву форму, но увеличивается её ширина (т. н. полевое уширение, или уширение вследствие насыщения).

Н. э. играет важную роль в [квантовой электронике](#). Он стабилизирует амплитуду колебаний в лазерах и мазерах, ограничивает сверху динамич. диапазон квантовых усилителей. Н. э. применяется для стабилизации частоты генерации лазеров, для модуляции их добротности, пассивной синхронизации мод и т. д. Н. э. – основа спектроскопии насыщения, позволяющей изучать с высоким разрешением структуру неоднородно уширенных спектральных линий и полос. Н. э. может проявляться и в многофотонных переходах между квантовыми уровнями при существенно более высоких интенсивностях излучения, чем в однофотонных переходах.

# Литература

Лит. см. при статьях [Квантовая электроника](#), [Лазер](#), [Нелинейная спектроскопия](#).

Processing math: 100%