

где \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 — уровни энергии системы. Отсюда следует, что $N_2 < N_1$ при $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$, т. е. верхние уровни менее населены, чем нижние. Если воздействовать на систему монохроматич. излучением, частота к-рого близка к частоте перехода между уровнями $\omega_{21} = (\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1)/\hbar$ и отличается от частот др. переходов, то можно получить *инверсию населённости*, т. е. состояние, при к-ром населённость верхнего уровня больше населённости нижнего: $N_2 > N_1$. Применяя ф-лу Больцмана для оценки неравновесного состояния, можно ввести О. т. по отношению к паре уровней энергии \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 :

$$T = \hbar\omega_{21}/k\ln(N_1/N_2) < 0.$$

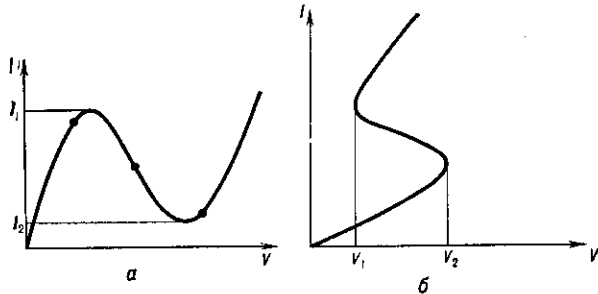
Несмотря на формальный характер этого определения, оно оказывается удобным, т. к. позволяет описывать флуктуации в равновесных и неравновесных системах одинаковым образом.

При воздействии эл.-магн. поля на подсистему, находящуюся при О. т., вместо резонансного поглощения получается *резонансное излучение*, связанное с процессом индукции резонансного испускания. С этими процессами связана, напр., работа лазеров.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, ч. 1, 3 изд., М., 1976, § 73; Киттель Ч., Элементарная статистическая физика, пер. с англ., М., 1960, § 24; Румер Ю. Б., Рыбкин М. Ш., Термодинамика, статистическая физика и кинетика, 2 изд., М., 1977, § 67.

Д. Н. Зубарев.

ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ — свойство отд. элементов или узлов электрич. цепей, проявляющееся в возникновении на вольт-амперной характеристике участка, где напряжение V уменьшается при увеличении протекающего тока I ($dV/dI = R < 0$). О. д. с. — свойство нелинейных элементов и цепей; с точки зрения радиотехники такие элементы являются активными, позволяющими трансформировать энергию источника питания в незатухающие колебания. Такие элементы можно также использовать в схемах переключения. Зависимость V от I в нелинейном элементе с О. д. с. может быть N -типа (когда выбранному значению I в области значений от I_1 до I_2 соответствует неск. значений V ; рис., а) и S -типа (когда в области значений от V_1 до V_2 каждому значению V соответствует неск. значений I ; рис., б). В общем случае О. д. с.



является ф-цией напряжения (тока) и частоты ω , т. е. понятие О. д. с. сохраняет смысл для соответствующих компонент Фурье:

$$R(\omega) = dV(\omega)/dI(\omega).$$

Понятие О. д. с. используют при рассмотрении устойчивости разл. радиотехн. цепей. О. д. с. может компенсировать нек-рую часть потерь в электрич. цепи, если его абс. величина меньше активного сопротивления; в противоположном случае состояние становится неустойчивым, возможен переход в др. состояние устойчивого равновесия (переключение) или возникновение колебаний (генерация). В однородном образце полупроводника в области существования О. д. с. неустойчивость может приводить к разбиению образца на участки сильного и слабого поля (доменная неустойчивость) для характе-

ристики N -типа или шнурованию тока по сечению образца для характеристики S -типа.

Примеры элементов с О. д. с. 1) Электронно-дырочный переход в вырожденных полупроводниках (*туннельный диод*) имеет вольт-амперную характеристику N -типа. Включение его в цепь приводит к возникновению в цепи неустойчивости и генерации колебаний. Амплитуда и частотный спектр колебаний определяются параметрами внеш. цепи и нелинейностью вольт-амперной характеристики с О. д. с. Наличие участка с О. д. с. позволяет использовать туннельный диод в качестве быстродействующего переключателя.

2) Полупроводники типа GaAs или InP в сильных электрич. полях позволяют реализовать характеристику N -типа в объёме материала за счёт зависимости подвижности электронов от напряжённости электрич. поля (*Ганна эффект*). В сильном электрич. поле образец становится неустойчивым, переходит в резко неоднородное состояние — разбивается на области (домены) слабого и сильного поля. Рождение (на катоде), движение по образцу и исчезновение домена (на аноде) сопровождаются колебаниями тока во внеш. цепи, частота к-рых в простейшем случае определяется длиной образца L и скоростью v дрейфа электронов в поле ($\omega \sim v/L$) и может достигать ~ 100 ГГц.

3) В транзисторных и ламповых генераторах электромагнитных колебаний транзистор (лампа) вместе с цепью положительной обратной связи (и источником питания) играет роль О. д. с., соединённого последовательно с сопротивлением контура, что эквивалентно поступлению энергии в контур. Если абс. величина действующего О. д. с. превышает активные потери, происходит самовозбуждение генератора, стационарные колебания соответствуют состоянию, когда активные потери полностью компенсируются за счёт О. д. с.

Лит.: Бонч-Бруевич А. М., Радиоэлектроника в экспериментальной физике, М., 1966; Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г., Физика полупроводников, М., 1977. С. Н. Иванюв.

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ИОНЫ в газах — атомы или молекулы газа, захватившие добавочный электрон.

Атомный О. и. представляет собой связанное состояние атома и электрона; по своей структуре как система, состоящая из положительно заряженного ядра и электронов, О. и. подобен атому. Однако, в отличие от атома, в О. и. взаимодействие валентного электрона с атомом короткодействующее; поэтому число связанных состояний О. и. чаще всего одно, в то время как атом обладает бесконечным числом связанных состояний. Взаимодействие валентного электрона О. и. с атомным остатком носит обменный характер (см. *Обменное взаимодействие*). Поэтому способностью присоединять к электронной оболочке добавочный электрон обладают атомы, у к-рых внеш. часть этой оболочки не заполнена. Для атома с заполненной электронной оболочкой взаимодействие имеет характер отталкивания; вследствие этого щелочноземельные металлы, имеющие заполненную внеш. s -оболочку из двух электронов, и инертные газы, имеющие замкнутую оболочку из шести p -электронов, не имеют О. и.

Осн. характеристикой О. и. является энергия связи электрона и захватившего его атома, наз. энергией *средства к электрону* и обозначаемая EA (electron affinity). EA значительно меньше потенциалов ионизации атомов (табл. 1).

Методов измерения EA существует много. Наиб. информация получена методом фотоэлектронной спектроскопии — измерение порога фотораспада О. и. или энергии электронов, оторванных от О. и. при облучении лазерным излучением. EA для атомов галогенов определяется по спектру излучения плазмы, к-рый даёт порог фотоприлипания электрона к атому галогена. Др. методы: метод поверхностной ионизации, анализ диссоциативного прилипания электрона к молекуле — обеспечивают точность, на два порядка худшую, чем метод фотоэлектронной спектроскопии.