

роскопа. Л. а. применяют также для определения подлинности документов, обнаружения следов токсич. веществ, в реставрационных работах и т. п.

Лит. см. при ст. Люминесценция. Э. А. Свириденков.

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ (от лат. *lumen*, род. п. *luminis* — свет и *-escent* — суффикс, означающий слабое действие) — излучение, представляющее собой избыток над *тепловым излучением* тела и продолжающееся в течение времени, значительно превышающего период световых колебаний. Первая часть определения Л. отделяет её от теплового равновесного излучения и указывает на то, что понятие Л. применимо только к совокупности атомов (молекул), находящихся в состоянии, близком к равновесному (отклонение от равновесного состояния может заключаться в том, что одна термодинамич. подсистема, напр. ионы, имеет определ. темп-ру, а другая — валентные электроны — находится в неравновесном состоянии). При сильном отклонении от равновесного состояния говорить о тепловом излучении или Л. не имеет смысла. В видимой области спектра тепловое излучение становится заметным только при темп-ре $\sim 10^3 - 10^4$ К, люминесцировать же в этой области тело может при любой темп-ре, поэтому Л. часто наз. **холодным свечением**.

Вторая часть определения — признак длительности — была введена С. И. Вавиловым, чтобы отделить Л. от разл. видов рассеяния, отражения, параметрич. преобразования света, тормозного и Черенкова — Вавилова излучений. В отличие от рассеяния света, при Л. между поглощением и испусканием происходят промежуточные процессы, длительность к-рых больше периода световой волны. Однако критерий сравнения длительности этих процессов с периодом световой волны недостаточен, чтобы, напр., отделить резонансное рассеяние от т. н. резонансной флуоресценции (см. ниже). При большом времени жизни возбуждённого состояния акт резонансного рассеяния длится дольше периода световых колебаний, как и процессов когерентного испускания света, системой атомов (см. *Фотонное эхо*). Однако в этих процессах сохраняются определ. соотношения между фазами поглощённой и испущенной световых волн, в то время как при Л. эта корреляция утрачивается. Поэтому целесообразно отделять Л. от др. процессов по времени фазовой релаксации поляризации среды.

Л. в природе — северное сияние, свечение нек-рых насеконных, минералов, гниющего дерева — наблюдалась давно, однако систематически Л. изучается с 17 в. Л. — квантовый процесс, происходит при квантовых переходах в атомах, молекулах, кристаллах.

Виды люминесценции. По виду возбуждения различают **фотолюминесценцию** (возбуждение светом), **радиолюминесценцию** (возбуждение проникающей радиацией; к ней, в частности, относятся рентгено-, катодо-, ионо- и α -люминесценции), **электролюминесценцию** (возбуждение электрич. полем), **кандолюминесценцию** (возбуждение при механич. воздействиях, напр. при разрушении кристаллич. решётки), **хемилюминесценцию** (возбуждение при хим. реакции), в частности биолюминесценцию, **радикалореккомбинационную Л.**, **лиолюминесценцию** (возбуждение при растворении кристаллов).

По длительности свечения различают **флуоресценцию** (быстрозатухающую Л.) и **фосфоресценцию** (длительная Л.). Это деление условное, оно зависит от времениго разрешения регистрирующих приборов. Иногда термины «флуоресценция» и «фосфоресценция» используют, чтобы отличить Л., происходящую при переходах с синглетных уровней, от переходов, происходящих с метастабильных триплетных уровней.

По механизму элементарных процессов различают **резонансную**, **спонтанную**, **метастабильную**, или **вынужденную**, и **рекомбинационную Л.**

Кроме способа возбуждения к осн. характеристикам Л. относятся энергетич. и квантовый выход Л., кинетика Л., спектральный состав свечения и возбуждающего света, механизм преобразования энергии.

Люминесцировать могут вещества во всех агрегатных состояниях — газы и пары, растворы органич. веществ, стёкла, кристаллич. вещества; осн. условие — наличие дискретного спектра. Вещества с непрерывным энергетич. спектром (напр., металлы в конденсированном состоянии) не люминесцируют, т. к. в них энергия возбуждения непрерывным образом переходит в теплоту. Кроме того, для возникновения Л. вероятность излучат. переходов должна превышать вероятность безызлучательного. Соотношение между этими вероятностями определяет эффективность Л. Интенсивность Л. зависит от интенсивности возбуждения, поэтому не может служить характеристикой Л. Более однозначная характеристика — выход Л. — отношение энергии Л. к поглощённой энергии возбуждения (при фотолюминесценции — квантовый выход Л. — отношение числа испущенных и поглощённых квантов света).

Тушение люминесценции. Повышение вероятности безызлучательных переходов влечёт за собой **тушение Л.** Эта вероятность зависит от мн. факторов, возрастает, напр., при повышении темп-ры (температурное тушение), концентрации люминесцирующих молекул (концентрационное тушение) или примесей (примесное тушение). Тушение Л. зависит как от природы люминесцирующего вещества и его агрегатного состояния, так и от внеш. условий.

При низком давлении люминесцируют пары металлов, благородные газы, пары мн. органич. веществ. В достаточно разреженных атомных парах, когда время между соударениями больше времени жизни возбуждённого состояния, выход Л. близок к единице. При столкновениях энергия возбуждения может переходить в кинетич. энергию атомов, что уменьшает выход Л. В молекулярных парах энергия электронного возбуждения может безызлучательно переходить в колебательно-вращательную энергию молекулы, к-рая при соударениях переходит в кинетич. энергию. Такие процессы часто приводят к полному тушению Л.

В конденсированных средах ещё более вероятны безызлучат. переходы энергии электронного возбуждения в колебательную и распределение её между мн. молекулами в результате их взаимодействия, что приводит систему к состоянию термодинамич. равновесия. Поэтому Л. наблюдается не у всех веществ, а лишь у тех, для к-рых по тем или иным причинам отношение вероятностей излучат. и безызлучат. переходов высоко. У специально приготовленных ярко люминесцирующих веществ — *люминофоров* — квантовый выход фотолюминесценции составляет десятки процентов, а у нек-рых приближается к единице.

В жидком состоянии люминесцируют растворы органич. веществ с цепями сопряжённых двойных связей, в т. ч. большинства ароматич. соединений (некие из них — стилибен, антрацен и др. — способны люминесцировать и в кристаллич. состоянии), растворы ураниловых и платиносинеродистых солей, нек-рых солей редкоземельных и переходных металлов (примеси этих солей в кристаллич. и стеклообразных матрицах также способны к Л.). Люминесцируют нек-рые щёлочно-галогидные кристаллы, а также кристаллы групп $A_{II}B_{VI}$ (напр., ZnS) и $A_{III}B_{VI}$, особенно кристаллы, содержащие примеси-активаторы (см. *Кристаллофосфоры*).

Механизм и свойства люминесценции. При возбуждении Л. атом (молекула), поглощая энергию, переходит с основного уровня энергии I (рис. 1) на возбуждённый уровень Z . В атомных парах (Hg, Na, Cd и др.), нек-рых простых молекулах и в примесных атомах Л. может происходить непосредственно при переходе $Z \rightarrow I$.