

му процессу при поглощении. Переходы же между разными парами дискретных уровней энергии следуют линейчатый спектр (связанно-связанные переходы).

С. с. многоатомных молекул могут получаться при переходах между совокупностями близких дискретных уровней энергии в результате наложения очень большого числа спектральных линий, имеющих конечную ширину. В таком случае при недостаточной разрешающей способности применяемых спектральных приборов линейчатые или полосатые спектры могут сливаться в С. с.

М. А. Ельшиевич.

СПОНТАННОЕ ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР — разнородное радиоактивного распада тяжёлых ядер (см. *Радиоактивность*). Впервые обнаружена у ядер природного урана Г. Н. Флёрковым и К. А. Петраком в 1940. С. д. я., подобно *альфа-распаду*, происходит путём туннельного перехода. Вероятность С. д. я. экспоненциально зависит от высоты барьера деления. Для изотопов U и соседних с ним элементов высота барьера деления ~ 6 МэВ. При небольших (\sim МэВ) вариациях высоты барьера период С. д. я. изменяется в 10^{30} раз (см. рис. 5 в ст. *Деление ядер*).

С. д. я. является доминирующим каналом распада с верх. т. я. ядер, вследствие чего именно этим процессом определяется возможность существования ядер с большим *массовым числом* A , т. е. граница периодич. системы элементов (см. *Трансурановые элементы*). Для U и Pu характерно асимметричное (по массе осколков) деление; по мере роста A оно приближается к симметричному (Fm).

Лит. см. при ст. *Деление ядер*.

СПОНТАННОЕ ИСПУСКАНИЕ (спонтанное излучение) — процесс самопроизвольного испускания эл. магн. излучения атомами и др. квантовыми системами, находящимися на возбуждённых уровнях энергии (см. *Квантовый переход*). В отличие от *вынужденного излучения*, С. и. не зависит от воздействия на квантовую систему внеш. излучения, и его закономерности определяются исключительно свойствами самой системы (подобно др. типам спонтанных процессов — радиоакт. распаду, превращению молекул при мономолекулярных реакциях и др.).

С. и. возникает при спонтанном квантовом переходе возбуждённой системы с более высокого уровня энергии \mathcal{E}_i на более низкий \mathcal{E}_k и характеризуется частотой ν_{ik} испускаемого фотона с энергией $h\nu_{ik} = \mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k$ и вероятностью A_{ik} , равной ср. числу фотонов, испускаемых квантовой системой в единицу времени (см. *Эйнштейна коэффициенты*). Если *населённость уровня* \mathcal{E}_i равна N_i , то мощность С. и. (энергия фотонов, испускаемых в 1 с) равна $N_i A_{ik} h\nu_{ik}$; она определяет интенсивность С. и., к-рая остаётся постоянной при постоянстве N_i . Если задана нач. населённость i -го уровня N_{i0} , а дальнейшее возбуждение отсутствует, то вследствие С. и. N_i будет убывать со временем t по закону:

$$N_i = N_{i0} \exp(-A_i t), \text{ где } A_i = \sum_k A_{ik} - \text{полная ве-}$$

роятность С. и. при переходах системы с уровня энергии \mathcal{E}_i на все более низкие уровни энергии \mathcal{E}_k . Чем больше A_i , тем быстрее затухает со временем С. и. и тем меньше время жизни $\tau_i = 1/A_i$ на уровне \mathcal{E}_i .

Вероятность A_{ik} С. и., являющаяся важнейшей характеристикой квантового перехода, зависит от характеристики уровней, между к-рыми происходит переход. Для *дипольного излучения* A_{ik} пропорциональна кубу частоты перехода и квадрату дипольного момента перехода; в видимой области спектра она $\sim 10^8$ с $^{-1}$, что соответствует временам жизни возбуждённых уровней энергии $\sim 10^{-8}$ с. В спектроскопии часто пользуются вместо вероятностей A_{ik} безразмерными вероятностями $f_{ik} = A_{ik}/A_0$, т. е. *силами осцилляторов* (A_0 — вероятность, принята за 1 и дающая такой же закон

затухания С. и., как и для дипольного излучения упруго связанного электрона согласно классич. теории).

Лит. см. при ст. *Излучение*. М. А. Ельшиевич.

СПОНТАННОЕ НАРУШЕНИЕ СИММЕТРИИ — частичная или полная потеря системой имеющейся в ней *симметрии*, выражающаяся в том, что энергетически или термодинамически наиб. выгодные состояния системы обладают меньшей симметрией, чем у-ния, её описывающие, причём преобразования симметрии переводят эти состояния друг в друга. Примером системы со С. н. с. может служить изотропный *ферромагнетик*, состоящий из локализов. спинов. Такая система инвариантна относительно трёхмерных вращений, т. е. преобразования из группы $SU(3)$; вместе с тем её энергия становится минимальной, когда все спины выстраиваются в одном (произвольном) направлении. Если это происходит, то в системе появляется ненулевой магн. момент и остаётся инвариантность относительно вращений лишь в плоскости, ему ортогональной. Т. о., $SU(3)$ -симметрия системы нарушается до $SU(2)$ -симметрии.

Идея о возможности С. н. с. восходит к Л. Д. Ландау, к-рый отметил в качестве общей черты фазовых переходов 2-го рода возникновение в точке перехода нового типа симметрии (см. *Ландау теория*); эту идею можно сформулировать и в др. форме: при фазовом переходе спонтанно нарушается симметрия системы.

Известно большое число примеров С. н. с. В теории конденсированного состояния к ним можно отнести явления *ферромагнетизма*, *сверхтекучести* и *сверхпроводимости*, в теории элементарных частиц — модели *электрослабого взаимодействия*.

Математически корректный способ описания С. н. с., пригодный как для квантовой теории поля (КТП), так и для классич. и квантовой статистик, был предложен Н. Н. Боголюбовым в 1960 и носит назв. метода *квазисредних*. Идея метода заключается в следующем. Система подвергается воздействию внеш. поля, нарушающего её симметрию, после чего поле устремляется к нулю. Т. к. внеш. поле нарушает симметрию системы, в ней может возникнуть ненулевое среднее от величин, неинвариантной относительно группы симметрии невозмущённой системы. Если при стремлении внеш. поля к нулю это среднее не обращается в нуль, то говорят, что в системе имеется спонтанное среднее (или конденсат), нарушающее симметрию. Т. о. симметрия системы понизилась и в системе возник *дальний и ближний порядок*, характеризующийся *параметром порядка* (как правило, совпадающий с отличным от нуля квазисредним).

В КТП, где все усреднения проводятся по осн. состоянию системы, или *вакууму*, эффект С. н. с. соответствует эффекту *вырождения вакуума*. Группой, до к-рой нарушается симметрия, является подгруппа группы симметрии, переводящая вакуум в себя, а все вакуумы теории параметризуются элементами фактор-пространства (дополнит. пространства) группы симметрии по подгруппе, до к-рой нарушается симметрия. Включение внеш. поля, нарушающего симметрию системы до группы инвариантности вакуума, полностью снимает вырождение, и усреднение проводится по единств. осн. состоянию, причём при стремлении внеш. поля к нулю это состояние стремится к одному из вакуумов невозмущённой теории. Т. о., применение метода квазисредних в КТП сводится к выбору осн. состояния, по к-рому проводятся усреднения, а неинвариантность ненулевых спонтанных средних (см. *Вакуумный конденсат*) относительно группы симметрии системы является следствием неинвариантности вакуумов по отношению к этой группе.

В случае, когда нарушается непрерывная симметрия, в системе существуют флуктуации, представляющие собой колебания спонтанного среднего в направлениях, отвечающих его изменениям под действием группы симметрии. Те флуктуации, к-рые при стремлении их характерных размеров к бесконечности происходят без увели-