

$[T - T_0]$  при заданном давлении или разность хим. потенциалов  $\Delta\mu$  метастабильной и стабильной фаз,  $W_* = 16\lambda^3 v^2 / 3(\Delta\mu)^2$ ,  $v$  — удельный объём стабильной фазы.

В большинстве реальных ситуаций распад М. с. происходит до достижения заметной скорости гомогенного зарождения. Начало фазового перехода облегчается влиянием стенок и присутствием в объёме системы разл. включений, существенно снижающих работу образования жизнеспособных зародышей устойчивой фазы. В этом случае говорят о гетерогенном зарождении. Специально поставленные опыты с перегретыми и переохлаждёнными жидкостями приводят к результатам, к-рые согласуются с предсказаниями теории флуктуац. (гомогенного) зарождения. В опытах альтернативной медленному изменению состояния в «чистой» системе служит режим быстрого создания такого пересыщения, при к-ром осн. доля фазового перехода обусловлена массой флуктуац. зародышей, а вклад гетерогенного зарождения незначителен.

Две фазы, метастабильные по отношению к третьей фазе, могут сосуществовать друг с другом. При этом удовлетворяются обычные условия равновесия фаз:  $T' = T''$ ,  $P' = P''$ ,  $\mu' = \mu''$ . Примером является переохлаждённая жидкость и пар над ней при  $T < T_{тр}$ , где  $T_{тр}$  — темп-ра тройной точки кристалл — жидкость — пар. Др. пример — равновесие кристалл — жидкость на продолжении линии плавления за тройную точку, т. е. при  $P < P_{тр}$ . Аналогичный приём построения расширенных диаграмм состояния используют для систем с полиморфными превращениями (см. *Полиморфизм*). Это связано с тем, что мн. кристаллич. материалы получают на основе метастабильных модификаций. Большое практич. значение имело построение фазовой диаграммы графит — алмаз. В двух- и многокомпонентных системах нужно учитывать возможность метастабильности, вызванной концентрац. пересыщением.

М. с. — неравновесное состояние термодинамич. системы. Для определенности обычно предполагают, что система, находящаяся в М. с., прореагировала по всем признакам, кроме тех флуктуац. мод, к-рые приводят к возникновению жизнеспособных зародышей. Иначе говоря, характерное время ожидания распада М. с. больше остальных времён релаксации (температурной, концентрационной и т. д.). В этом случае существует квазистатич. продолжение термодинамич. свойств равновесной системы в область М. с. При несоблюдении сформулиров. условия метастабильность и неравновесность фаз связаны более сложным образом. Напр., застеклованная (очень вязкая) жидкость метастабильна (при  $T < T_{пл}$ ), но её структура и свойства зависят от предыстории системы (см. *Стеклообразное состояние*).

С существованием М. с. связаны явления гистерезиса при фазовых переходах, напр. при циклич. перемагничивании ферромагнетиков, в камерах Вильсона, в пузырьковых камерах. Мн. технически важные материалы, в т. ч. стали, алюминиевые сплавы, являются метастабильными системами.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., *Статистическая физика*, ч. 1, 3 изд., М., 1976, § 21, 83, 162; Скрипов В. П., *Метастабильная жидкость*, М., 1972; Сивухин Д. В., *Общий курс физики*, 2 изд., т. 2, М., 1979; Френкель Я. И., *Кинетическая теория жидкостей*, Л., 1975.

В. П. Скрипов.

**МЕТАСТАБИЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ** в квантовых системах — состояние с временем жизни ( $\tau$ ), много большим характерного времени жизни возбуждённых состояний ( $\sim 10^{-8}$  с) атомной системы. Обычно метастабильными считают возбуждённые состояния, излучательные (радиационные), переходы из к-рых в др. состояния запрещены строгими *отбора правилами*. М. с. отличаются типом переходов, к-рые для них возможны: магн. дипольный, электр. дипольный, двухфотонный (см. *Многофотонные процессы*) и др. переходы.

М. с., для к-рых возможны магн. дипольные переходы, обычно представляет собой возбуждённую компоненту тонкой или сверхтонкой структуры осн. состояния. Классич. примером является состояние, соответствующее компоненте сверхтонкой структуры уровня  $1S_{1/2}$  атома Н с полным моментом  $J = 1$  и  $\tau = 3,5 \cdot 10^{14}$  с. Радиолиния 21 см, возникающая при переходе из этого состояния, играет фундам. роль в совр. *радиоастрономии* и *оптических стандартах частоты*.

Типичные М. с., для к-рых возможны электр. квадрупольные квантовые переходы, — возбуждённые состояния  $1S$  и  $1D$  в конфигурациях  $p^2$  и  $p^4$ , а также  $2P$  и  $2D$  в конфигурации  $p^3$ . Спектральные линии, соответствующие переходам из этих состояний, наблюдаются в планетарных туманностях и используются для диагностики электронной плотности и темп-ры в них.

М. с., для к-рых возможны двухфотонные переходы, — возбуждённые состояния, однофотонный переход из них в нижележащие состояния запрещён. Напр., уровни  $2s$  в атоме Н и водородоподобных ионах,  $1s^2 2s^1 S_0$  в He и гелиеподобных ионах.

Одно из самых долгоживущих М. с. — состояние  $1s 2s^3 S_1$ ; в He и гелиеподобных ионах электр. дипольные и электр. квадрупольные переходы из них строго запрещены, а магн. дипольные и двухфотонные переходы сильно подавлены. Наиб. вероятен релятивистский магн. дипольный переход. Для He радиац. время жизни в этом состоянии  $\tau = 5800$  с и быстро уменьшается с ростом кратности иона  $[r$  (ArXVII) = 170 нс]. Спектральные линии, соответствующие переходам из этих состояний, используются для диагностики электронной плотности в солнечной короне. М. с.  $1s 2s^1 S_0$  и  $1s 2s^3 S_1$  He играют важную роль в создании инверсии населённостей в He — Ne — лазере и лазерах на парах металлов.

И. Л. Бейгман.

Для молекул возможны вращат. и колебат. М. с. Однако времена жизни таких состояний в условиях, обычно достигаемых в лаборатории, значительно превосходят времена вращат. и колебат. релаксации молекул, поэтому переход из возбуждённых М. с. происходит при столкновениях молекул. В то же время в сверхразреженной межзвёздной среде, где времена свободного пробега молекул иногда достигают неск. лет, молекулы в М. с. живут долго. В частности, вращат. уровни энергии с  $K = J$  осн. колебат. состояния молекул типа симметричного волчка (напр., аммиак), вследствие правила отбора  $\Delta K = 0$  являются М. с. В результате центробежного искажения молекулы при вращении для переходов с  $\Delta K = \pm 3$  (группа  $C_{3v}$  или  $D_{3h}$ ) запрет ослабляется. Времена жизни таких М. с. составляют от неск. часов до неск. лет. Если молекула имеет центр инверсии (напр.,  $CO_2$ ), то все вращат. уровни и первый возбуждённый колебат.  $g$ -уровень (если ниже нет  $u$ -уровня) являются М. с., т. к. из таких состояний возможны только квадрупольные переходы или переходы более высокой мультипольности. Для изучения межзвёздной среды представляет интерес М. с. полносимметричного колебания  $\nu$  иона  $N_3^+$ .

В этом случае из состояний  $n\nu_1$  возможны переходы: 1)  $n\nu_1 \rightarrow m\nu_2$  (где  $\nu_2$  — активное колебание) — вследствие ангармонизма, 2)  $n\nu_1 \rightarrow (n-1)\nu_1$  — вследствие колебательно-вращат. взаимодействия, 3) квадрупольные переходы.

М. Р. Алиев.

**МЕТАЦЕНТР** — точка, от положения к-рой зависит устойчивость равновесия (остойчивость) плавающего тела. При равновесии на плавающее тело кроме силы тяжести  $P$ , приложенной в центре тяжести (ЦТ) тела (рис.), действует ещё выталкивающая (архимедова) сила  $A$ , линия действия к-рой проходит через т. н. центр водоизмещения — ЦВ (центр тяжести массы жидкости в объёме погружённой части тела наз. также центром величины). В наиб. важном для практики случае, когда плавающее тело имеет продольную плоскость симметрии, точка пересечения этой плоскости с линией дейст-