

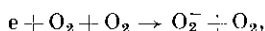
висимости от типа молекулы связь может определяться и др. типами дальнедействующих взаимодействий: диполь — наведённый диполь, диполь — квадруполь и т. д. Возможно также ион-ионное взаимодействие, отвечающее слабому перетеканию электрона от одной компоненты В. м. к другой.

Энергия диссоциации В. м. значительно ниже энергии диссоциации обычных молекул, поэтому В. м. легко разрушаются и при нормальных условиях их содержание в газе относительно мало. В. м. эффективно образуются при низких темп-рах, напр. при истечении газа в вакуум из сопла (наиб. распространённый способ получения В. м.).

Для регистрации В. м. используют спектральные методы. Частоты линий поглощения свободной молекулы и такой же молекулы, входящей в состав В. м., несколько сдвинуты относительно друг друга. По интенсивности поглощения на этих близких частотах определяется относит. плотность В. м. Др. способ их регистрации — масс-спектрометрический: исследуемый газ частично ионизуется монохроматич. слабым пучком электронов и затем производится масс-спектрометрич. анализ образующихся ионов. Если известны относит. вероятности образования простого и кластерного ионов при ионизации В. м. электронным ударом, то можно установить содержание в газе В. м. Аналогичный метод связан с ионизацией газа монохроматич. УФ-излучением.

Для исследования В. м. применяют метод электрич. резонансной спектроскопии молекулярного пучка. Газ выпускается из сопла в резонатор с высоким разрешением. По резонансным частотам резонатора в радиочастотной и СВЧ-области спектра восстанавливают частоты вращат. переходов В. м. Анализ этого спектра даёт информацию о геометрии и параметрах В. м. Потенциал ионизации В. м. обычно ниже потенциала ионизации входящих в неё фрагментов. Разность между этими величинами близка к энергии диссоциации кластерного иона, образующегося при фотоионизации В. м. Один из способов разрушения В. м. — возбуждение колебат. уровней энергии фрагмента: В. м. распадается, если энергия колебат. возбуждения фрагмента превышает энергию её диссоциации.

Присутствие В. м. отражается на характере разл. процессов в газе и плазме, напр. приводит к ускорению процесса прилипания медленных электронов к молекулам кислорода. Обычно этот процесс идёт как тройное столкновение:



а при низких темп-рах определяющим становится процесс с участием В. м.:



Лит.: Смирнов Б. М., Ван-дер-ваальсовские молекулы, «УФН», 1984, т. 142, с. 31. Б. М. Смирнов.

ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫ РАДИУСЫ — см. *Атомный радиус*.

ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫ СИЛЫ — см. *Межмолекулярное взаимодействие*.

ВАНФЛЕКОВСКИЙ ПАРАМАГНЕТИЗМ — парамагнетизм, обусловленный деформацией электронной оболочки атома (или иона) приложенным магн. полем H ; деформация приводит к индуцированию магн. момента у атома (иона), если его электронная оболочка не обладает сферич. симметрией или осевой симметрией относительно H . Т. о., В. п. является поляризационным, в отличие от ориентац. парамагнетизма, при к-ром магн. поле только выстраивает уже имеющиеся у атомов магн. моменты. Теорию поляризационного парамагнетизма разработал Дж. Ван Флек (J. Van Vleck, 1927). Квантовомеханич. ф-ла магн. восприимчивости χ системы слабозадействующих частиц (атомов, молекул), у к-рых электронные оболочки не обладают сферич. симметрией, включает член (см. *Диамagnetизм*), учитывающий вклад в χ возможных (виртуальных) кван-

товых переходов между энергетически наимизшим состоянием системы ϵ_0 и её возбуждёнными состояниями ϵ_n

$$\chi_{\text{пм}} = 2N_A \sum_{n=1}^p \frac{|\langle n | \hat{M}_z | 0 \rangle|^2}{\epsilon_n - \epsilon_0}. \quad (1)$$

Здесь $\chi_{\text{пм}}$ — парамагн. восприимчивость 1 моля, \hat{M}_z — оператор z-составляющей суммарного орбитального и спинового моментов всех электронов системы. Квадрат модуля $|\langle n | \hat{M}_z | 0 \rangle|^2$ недиагональных матричных элементов оператора \hat{M}_z определяет вероятность квантовых переходов в системе, описываемых оператором $(H \cdot \hat{M}_z)$ (внеш. поле H направлено по оси z). Сумма (1) при $\epsilon_n > \epsilon_0$ положительна и определяет поляризационный парамагнетизм; он тем больше, чем меньше разность $\epsilon_n - \epsilon_0$.

Пока не происходит теплового возбуждения более высоких уровней энергии, поляризац. парамагн. восприимчивость не зависит от темп-ры, что отличает её от ориентац. парамагн. восприимчивости, уменьшающейся с ростом темп-ры. Наиб. ярко В. п. выявляется в соединениях ионов Eu^{3+} и Sm^{3+} . Соединения Eu^{3+} не обладают при низких темп-рах ориентац. парамагнетизмом, т. к. осн. состояние этого иона является синглетным, т. е. полный момент атома в этом состоянии $J=0$. В. п. в соединениях, содержащих Eu^{3+} , особенно велик, т. к. расстояние между нижними уровнями мультиплета мало ($\epsilon_1 - \epsilon_0 \approx 300 \text{ см}^{-1}$). Благодаря этому при низких темп-рах (ниже 100 К) магн. восприимчивость соединений Eu^{3+} не зависит от темп-ры и составляет заметную величину ($\chi_{\text{пм}} \sim 10^{-2}$).

Вещества, содержащие парамагн. ионы с синглетным осн. состоянием, наз. поляризационными или вандерваальсовскими парамагнетиками. Ванфлековскими парамагнетиками, кроме соединений Eu^{3+} , могут быть и соединения др. редкоземельных ионов с чётным числом электронов в незаполненной оболочке, осн. уровень к-рых расщепляется кристаллич. полем так, что нижний уровень является синглетным, а расстояние до ближайшего уровня невелико и составляет десятки см^{-1} . К таким ионам с сильным В. п. в первую очередь относятся Pr^{3+} , Tm^{3+} , Tb^{3+} и Ho^{3+} .

Ванфлековские парамагнетики могут быть использованы для получения сверхнизких темп-р методом адиабатич. размагничивания ядерной спиновой системы (С. А. Альтшулер, 1966). Индуцированный магн. полем электрошпиль магн. момент создаёт благодаря *сверхтонкому взаимодействию* эффективное поле на ядре, к-рое в 10—100 раз больше приложенного магн. поля. Благодаря этому существенно улучшаются эксперим. возможности (стартовые темп-ра и магн. поле, холодопроизводительность) метода. Так, с помощью интерметаллич. соединений типа PrNi_5 удаётся получать темп-ру 1—3 мК, размагничивая их от нач. темп-ры 50 мК и нач. поля 2 Тл.

Лит.: Van Vleck J. H., The theory of electric and magnetic susceptibilities, Oxf., 1932; Вонсовский С. В., Магнетизм, М., 1971. А. С. Боровик-Романов.

ВАН ХОВА ОСОБЕННОСТИ (Ван Хова сингулярности) — особенности плотности состояний квазичастиц $\nu(\epsilon)$ в кристаллах как ф-ции энергии квазичастиц ϵ . Плотность состояний ν связана со скоростью квазичастицы $v = d\epsilon/dp$ (p — импульс квазичастицы) соотношением

$$\nu(\epsilon) = \frac{1}{8\pi^3} \int \frac{dS}{v}, \quad (1)$$

где интегрирование идёт по изоэнергетич. поверхности в импульсном пространстве. В. Х. о. связаны с обращением в нуль v в седловых и экстремальных точках в p -пространстве.

С ростом энергии квазичастицы от минимальной $\epsilon_{\text{мин}}$ («дно» энергетич. зоны) до максимальной $\epsilon_{\text{макс}}$ («потолок») форма энергетич. поверхностей в p -пространстве меняется, причём внутри каждой энергетич. зоны есть слой открытых изоэнергетич. поверхностей, в то время