

вое постоянное электрич. поле используют в экспериментах с магн. резонансом, а однородное магн. поле в опытах с параэлектрич. резонансом [К. Мак-Адан, (K. McAdan), Н. Рамзэй и др., 1972].

Эксперименты с магн. и параэлектрич. резонансами в М. и а. п., в т. ч. с применением лазеров, дали большое кол-во информации о строении молекул, атомов и атомных ядер. Этим методом были измерены спины ядер, магн. и электрич. квадрупольные моменты стабильных и радиоакт. ядер (см. *Квадрупольный момент ядра*). В частности, был обнаружен электрич. квадрупольный момент дейтрона, что впервые указало на существование тензорных сил между элементарными частицами. Была измерена (с высокой точностью) тонкая структура атомных спектров, в результате чего в экспериментах с атомарным водородом открыт *лямбовский сдвиг*, послуживший источником серии открытий в *квантовой электродинамике*. С М. и а. п. были осуществлены измерения пост. тонкой структуры и получено пока единств. доказательство существования у ядер электрич. октупольных моментов. Резонансные эксперименты с М. и а. п. позволили измерить вращательные магн. моменты и электрич. дипольные моменты молекул, энергию взаимодействия ядерных магн. моментов с вращательными магн. моментами молекул, зависимость электрич. и магн. свойств от ориентации молекул, определить квадрупольные моменты молекул, энергию межядерных взаимодействий и т. д. Частота колебаний, соответствующая линиям сверхтонкой структуры магн. резонанса в М. и а. п., является основой для определения секунды в пассивных стандартах частоты (см. *Квантовые стандарты частоты*).

Возможность пространств. фокусировки М. и а. п., содержащих частицы в определённых энергетич. состояниях при помощи неоднородных электрич. или магн. полей, позволила использовать М. и а. п. для накопления частиц в состояниях с более высокой энергией (т. е. для создания *инверсии населённости*), что необходимо для осуществления мазера. Первый мазер был осуществлён на пучке молекул аммиака (см. *Молекулярный генератор*). Мазер на пучке атомов водорода широко использовался как для исследования атома водорода, так и для создания активного квантового стандарта частоты (см. *Водородный генератор*).

Лит.: Смит К. Ф., Молекулярные пучки, пер. с англ., М., 1959; Кузнецов Р., Нуггес В. В., Atomic and molecular beam spectroscopy, в кн.: *Handbuch der Physik*, hrsg. von S. Flügge, Bd 37, Tl 1, В.— [u. a.], 1959; Рамзэй Н., Молекулярные пучки, пер. с англ., М., 1960; English Т. С., Зогл J. С., Molecular beam spectroscopy, в кн.: *Methods of experimental physics*, v. 3, pt B, 2 ed., N.Y.—L., 1974; Летохов В. С., Лазерная фотоионизационная спектроскопия, М., 1987.

Н. Ф. Рамзэй, М. Е. Жаботинский.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КРИСТАЛЛЫ — кристаллы, образованные молекулами, связанными силами *межмолекулярного взаимодействия*. Это гл. обр. ван-дер-ваальсовы силы и *водородная связь*. Внутри молекул атомы соединены более прочными *ковалентными связями*, поэтому плавление, возгонка и полиморфные переходы в М. к. происходят без нарушения целостности молекул.

К М. к. относятся *квазидвумерные соединения* (слоистые) и *квазидономерные соединения* (цепочечные), где слои и цепочки связаны силами Ван-дер-Ваальса. М. к. образуют комплексные и элементоорганич. соединения (рис. 1, а, б), бинарные соединения (H_2O , CO_2 , HC и др.). В форме М. к. могут существовать нек-рые простые вещества (H_2 , O_2 , N_2 , галогены).

Строение М. к. определяется принципом макс. заполнения пространства, симметрией молекул и их укладки. Укладку определяют ван-дер-ваальсовы силы (энергия связи $\sim 1-3$ ккал/моль). Макс. заполнение пространства молекулами произвольной формы достигается выделением отд. слоёв. Молекулы в слоях могут располагаться параллельными и антипараллельными рядами или «ёлочкой» (рис. 2). При этом обычно достигается координационное число 12 или 14 (реже 8, 10, 16 и др.).

Молекулы располагаются так, что выступы одних молекул (обычно атомы Н) входят в углубления или промежутки соседних. Это способствует возникновению в М. к. скользящих плоскостей или винтовых осей (плос-

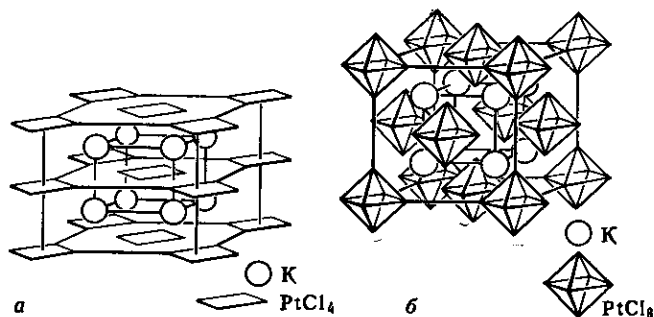


Рис. 1. Структура комплексных соединений, в которых центральный атом Pt образует октаэдрические K_2PtCl_6 (а) и квадратные K_2PtCl_4 (б) комплексы.

кости симметрии встречаются редко, см. *Симметрия кристаллов*). Существуют определ. соотношения между симметрией молекул и М. к.

Симметрия молекул и молекулярных кристаллов							
Точечная симметрия молекулы	1	$\bar{1}$	2	m	mt	mtt	222
Симметрия расположения	1	$\bar{1}$	1; 2	1; m	1; 2; m	$\bar{1}$	1; 2

Чаще всего М. к. имеет моноклинную, ромбоэдрич. или триклинную структуру; реже более высокосимметричную — тетрагональную, гексагональную и кубическую.

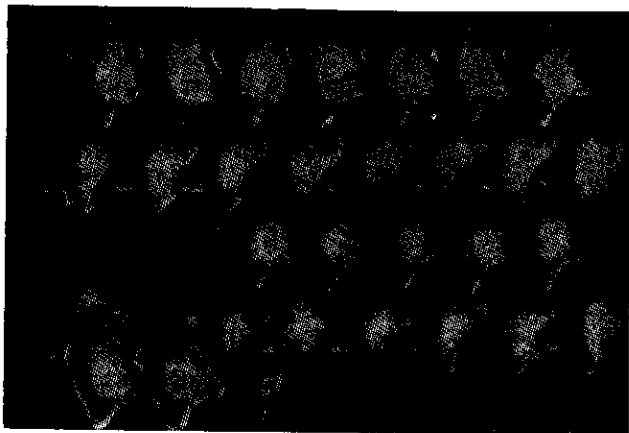


Рис. 2. Укладка слоёв органических молекул.

М. к. с водородными связями образуются молекулами H_2O (лёд), спиртов, карбоновых к-т, а также большим числом молекул биол. происхождения (см. *Биологический кристалл*). Водородная связь — направленная, требование плотной упаковки молекул приводит к сближению выступов (Н) одной молекулы с выступами другой (О, N). Отсюда, если молекулы обладают центром симметрии и двойной осью симметрии, то эти же элементы симметрии появляются у М. к. В случае асимметричных молекул в М. к. можно ожидать появления винтовых осей.

Для М. к. характерны низкие темп-ры плавления, большие коэф. теплового расширения и сжимаемость, малая твёрдость. Большинство М. к. при комнатной темп-ре — *диэлектрики*, но у нек-рых (органич. красители) наблюдаются полупроводниковые свойства.

Лит.: Китагородский А. И., Молекулярные кристаллы, М., 1971; Современная кристаллография, т. 2, М., 1979, гл. 2; Зоркин П. М., Симметрия молекул и кристаллических структур, М., 1986.

Б. К. Вайнштейн.