

ной атмосферы и оболочки, т. е. о радиальной зависимости плотности, состава и темп-ры газа, о поле его скоростей (рис. 2) и т. п.

Лит.: Ш а в р и н а А. В., Методы и результаты количественного анализа молекулярных спектров звезд, К., 1978; Р у д н и ц к и й Г. М., Молекулы в астрофизике, в кн.: Итоги науки и техники. Исследование космического пространства, т. 20, М., 1983. Д. А. Варшалович.

МОЛЕКУЛЫ в межзвёздной среде. Существование М. в межзвёздной среде впервые установлено в 1938—40, когда в оптич. спектрах ряда звёзд были обнаружены узкие линии поглощения, обусловленные межзвёздными радикалами CN, CH и CH⁺. Их относительное содержание составляло всего ~10⁻⁸. В соответствии с этим считалось, что в межзвёздной среде встречаются только двухатомные М. и лишь в виде малой примеси. В 1968—70 с развитием радиоастр. методов впервые удалось обнаружить многоатомные М., а именно: М. воды (H₂O), аммиака (NH₃) и формальдегида (H₂CO). Оказалось, что общее кол-во молекулярного газа в межзвёздной среде не меньше, чем атомарного. Были открыты гигантские молекулярные облака, с массой 10⁵—10⁶ масс Солнца, размером ~10²⁰ см, к-рые, как выяснилось, играют ключевую роль в процессе *звездобразования* в Галактике.

В межзвёздной среде открыто более 80 видов М. (табл.). Неорганич. соединения представлены в осн.

Межзвёздные молекулы

Число атомов	Межзвёздные молекулы						
2	H ₂	CO	SiO	NO	CN	SO	CH
	C ₂	CS	SiS	NS	PN	SO ⁺	CH ⁺
	OH	HCl	NaCl	KCl	AlCl	AlF	
3	H ₂ O	HNO	HCN	HNC	OCS		
	H ₂ S	HCO	HCO ⁺	HOC ⁺	HCS ⁺		
	SO ₂	SiC ₂	C ₂ S	C ₂ H	CH ₂		
	H ₃	N ₂ H ⁺	NaOH	O ₃			
4	NH ₃	H ₂ CO	HNCO	HCO ⁺			
	C ₂ H ₂	H ₂ CS	HNCS	H ₂ CN ⁺			
	C ₂ O	C ₂ N	C ₂ S	C ₂ H			
5	HC ₃ N	NH ₂ CN	CH ₂ NH	CH ₂ CO			
	HCOOH	SiH ₄	CH ₃	C ₃ H ₂	C ₄ H		
6	CH ₃ CN	CH ₂ OH	CH ₃ SH				
	NH ₂ HCO	C ₂ H ₄	C ₂ H				
7	HC ₄ N	CH ₃ CHCN	C ₃ H				
	CH ₃ C ₂ H	CH ₂ NH ₂	CH ₂ HCO				
8	CH ₃ C ₃ N	HCOOCH ₃					
9	HC ₅ N	CH ₃ C ₂ H	CH ₃ OCH ₃				
	C ₂ H ₂ OH	C ₂ H ₃ CH					
10	CH ₃ C ₄ N						
11	HC ₆ N						
13	HC ₇ N						

гидридами, оксидами и сульфидами. Наиб. распространённым является молекулярный водород, но молекулы H₂ не имеют удобных для наблюдения линий ни в видимом, ни в радиодиапазоне. Поэтому их содержание оценивается, как правило, косвенными методами. Неожиданно разнообразным оказался ассортимент органич. соединений. В межзвёздной среде обнаружены спирты (метилловый CH₃OH и этиловый C₂H₅OH), альдегиды (формальдегид H₂CO и ацетальдегид CH₃CHO), простые и сложные эфиры (CH₃OCH₃, HCOOCH₃), кислоты (HCOOH, HNCO), в т. ч. синильная к-та HCN и её производные CH₃CN, NH₂CN, включая HC₃N и цианополиины HC₃N, HC₇N, HC₉N и HC₁₁N (последняя — наиб. тяжёлая из открытых межзвёздных М.). Кроме М. с насыщенными валентностями в межзвёздной среде обнаружены разнообразные молекулярные фрагменты, свободные радикалы, напр. C₂H, C₃H, C₃N, и молекулярные ионы, такие, как CH⁺, N₂H⁺, HCO⁺, HOC⁺, HCNH⁺. У многих из найденных М. зарегистрированы их изотопно замещённые аналоги, содержащие редкие изотопы. Напр., в случае CO обнаружены 6 разл. вариантов М. с C^{12,13} и O^{16,17,18}. Более того, в многоатомных М. наблюдаются независимо М., различающиеся лишь положением изотопно

замещённых атомов, напр. HC¹³CCN, HCC¹³CN и HCCC¹³CN.

Радиоастр. наблюдения молекулярных линий стали осн. источником информации о строении и эволюции Галактики, о физ. условиях, существующих в межзвёздной среде, о хим. и изотопич. составе космич. вещества. Измеряя интенсивности молекулярных линий, их ширины, профили и сдвиги, можно определить состав и массу межзвёздного облака, его плотность и темп-ру, внутр. движение газа, магн. поле, прохожде-ние ударных волн и др.

Исследование М. в межзвёздной среде значительно продвинуло решение таких проблем, как происхождение хим. элементов и изотопов, образование звёзд и протопланетных систем, предбиол. эволюция органич. вещества.

Лит.: Варшалович Д. А., Межзвёздные молекулы, в кн.: Астрофизика и космическая физика, М., 1982; Р у д н и ц к и й Г. М., Молекулы в астрофизике, в кн.: Итоги науки и техники. Исследование космического пространства, т. 20, М., 1983. Д. А. Варшалович.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ АКУСТИКА — раздел физ. акустики, в к-ром структура и свойства вещества и кинетика молекулярных процессов исследуются акустич. методами. Осн. методы М. а. — измерения *скорости звука* и *коэф. поглощения звука* в зависимости от разл. физ. параметров: частоты звуковой волны, темп-ры, давления, магн. поля и др. величин. Исследования, проводимые такими методами, иногда объединяют в особый раздел эксперим. акустики — *ультразвуковую или акустическую спектроскопию*. Методами М. а. можно исследовать газы, жидкости, полимеры, твёрдые тела, плазму. На ранней стадии развития этой области и в нек-рых случаях до сих пор термин «М. а.» применяют лишь к исследованиям молекулярной структуры газов и жидкостей.

М. а. как самостоят. раздел акустики возникла в 30-х гг. 20 в., когда было выяснено, что процессы колеб. релаксации (см. *Релаксация акустическая*) в газах вносят существенный вклад в поглощение звука и приводят к появлению *дисперсии звука*. В дальнейшем было выяснено, что эти процессы играют важную роль при распространении звука не только в газах, но и в жидкостях и в др. веществах. Изучение релаксац. процессов в звуковой волне позволило связать нек-рые свойства вещества на молекулярном уровне, а также кинетич. характеристики молекулярных процессов с такими макроскопич. величинами, как скорость и коэф. поглощения звука.

Скорость звука с определяется структурой среды и взаимодействием между молекулами, поэтому измерения её величины дают сведения о равновесной структуре жидкости и газов. По скорости звука можно определить адиабатич. сжимаемость вещества, отношение темплёмокостей, модули упругости твёрдого тела и др. Данные измерения скорости звука позволяют судить о составе газовых и жидких смесей, в т. ч. и растворов. Данные по поглощению звука позволяют определять коэф. сдвиговой и объёмной вязкости, времена релаксации и др. параметры.

В газах по зависимости скорости звука от темп-ры определяют параметры, характеризующие взаимодействие молекул при столкновениях. В жидкостях, вычисляя скорость звука на основании той или иной модели жидкости и сравнивая результаты расчёта с экспериментом, в ряде случаев можно оценить правдоподобность используемой модели и определить энергию взаимодействия между молекулами.

При наличии релаксац. процессов энергия поступат. движения молекул в звуковой волне перераспределяется на внутр. степени свободы, при этом появляется дисперсия скорости звука, а зависимость коэф. поглощения от частоты отклоняется от классич. квадратичного закона: коэф. поглощения звука на длину волны имеет максимум на нек-рой частоте $\omega_p = 1/\tau$, наз.