

Свойства газа в низком В. определяются частыми столкновениями между молекулами газа, сопровождающимися обменом энергией. Поэтому течение газа в низком В. носит вязкостный характер, а явления переноса (теплопроводность, вязкость, диффузия) характеризуются плавным изменением (или постоянством) градиента переносимой величины. Напр., темп-ра газа в пространстве между горячей и холодной стенками в низком В. изменяется постепенно, и темп-ра газа у стенки близка к темп-ре стенки. Условие равновесия для газа, находящегося в двух сообщающихся сосудах при разл. темп-рах, — равенство давлений в этих сосудах. При прохождении электрич. тока в низком В. определяющую роль играет ионизация молекул в объёме между электродами.

В высоком В. поведение газа определяется столкновениями его молекул со стенками или др. твёрдыми телами. Движение молекул между соударениями с твёрдыми поверхностями происходит по прямолинейным траекториям (молекулярный режим течения). Явления переноса характеризуются возникновением скачка переносимой величины на границах: напр., во всём пространстве между горячей и холодной стенками примерно  $\frac{1}{2}$  молекул имеет скорость, соответствующую темп-ре холодной стенки, а остальные — скорость, соответствующую темп-ре горячей стенки, т. е. ср. темп-ра газа во всём пространстве одинакова и отлична от темп-ры как горячей, так и холодной стенок. Кол-во переносимой величины (теплота) прямо пропорционально  $r$ . Условие равновесия газа, находящегося в сообщающихся сосудах при разл. темп-рах:  $n_1 T_1 = n_2 T_2$ , где  $n_1$  и  $n_2$  — концентрации газа в сосудах. Прохождение тока в высоком В. возможно в результате электронной эмиссии с электродов. Ионизация молекул газа имеет значение только в тех случаях, когда длина свободного пробега электронов становится значительно больше расстояния между электродами. Такое увеличение может быть достигнуто при движении заряж. частиц по сложным траекториям, напр. в магн. поле.

Достижимая степень разрежения определяется равновесием между скоростью откачки и скоростью выделения газа в откачиваемом объёме. Последнее может происходить за счёт проникновения газа извне через течи, сквозь толщину материала стенок путём диффузии, а также в результате выделения газа, адсорбированного на стенках аппаратуры или растворённого в них.

Лит.: Пидко А. И., Плисковский В. Я., Пенко Е. А., Конструирование и расчет вакуумных систем, 3 изд., М., 1979; Основы вакуумной техники, 2 изд., М., 1981; Розанов Л. Н., Вакуумная техника, М., 1982.

А. М. Родик, А. В. Дружинин.

**ВАКУУМ** (вакуумное состояние; соответствующий вектор состояния обозначается символом  $|0\rangle$ ) в квантовой теории — основное состояние квантованных полей, обладающее миним. энергией, нулевыми импульсом, угловым моментом, электрич. зарядом и др. квантовыми числами. Часто В. определяют также как состояние, в к-ром отсутствуют к.-л. реальные частицы, т. е. состояние, действие на к-рое операторов уничтожения даёт нулевой результат (т. н. математический В.). Возможность виртуальных процессов в В. приводит к ряду специфич. эффектов при взаимодействии с ним реальных частиц (см. *Квантовая теория поля*). Для физ. В., в отличие от математического, *вакуумное среднее* от произведения двух операторов полей в одной точке пространства-времени может быть не равным нулю (см. *Вакуумный конденсат*). Понятие «В.» является одним из основных в том смысле, что его свойства определяют свойства всех остальных состояний, т. к. любой вектор состояния в представлении вторичного квантования может быть получен из вакуумного действием на него оператора рождения частиц (см. *Фока представления*). В ряде случаев, напр. при спонтанном нарушении симметрии, вакуумное состояние оказывается не единственным, вырожденным, — существует непрерывный спектр таких состояний, отли-

чающихся друг от друга числом т. н. *голдстоуновских бозонов*.

А. В. Ефремов.

**ВАКУУМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ** — раздел спектроскопии, включающий получение, исследование и применение спектров испускания, поглощения и отражения в вакуумной ультрафиолетовой (200—10 нм) и мягкой рентгеновской (от 10 до 0,4—0,6 нм) областях спектра. В этом интервале длин волн воздух обладает сильным поглощением, поэтому спектральные приборы должны быть вакуумными — их оптич. части, источник излучения и приёмник помещают в откачанную до давления  $10^{-4}$ — $10^{-5}$  мм рт. ст. герметич. камеру, к-рую можно заполнить инертным газом (миним. длина волны излучения, к-рую при этом можно использовать, — ок. 58 нм — получается при заолнении камеры гелием).

Спектральные приборы и методы, применяемые в В. с., обладают рядом специфич. особенностей. Не существует оптич. материалов, прозрачных во всей вакуумной области, поэтому в её КВ-области окна, линзы и призмы непригодны. В КВ-приборах с длиной волны  $\lambda$  до 110 и 125 нм с призмами и линзами применяют кристаллы LiF и CaF<sub>2</sub>. Для ещё более коротковолновой области изготавливают вакуумные приборы с вогнутыми дифракц. решётками; в этом случае дополнит. фокусирующие системы не нужны. В приборах для  $\lambda > 110$  нм, имеющих отражающие покрытия с достаточным высоким коэф. отражения (напр., алюминий с защитным слоем из LiF или MgF<sub>2</sub>), используют вогнутые решётки, на к-рые излучение падает под углами, близкими к нормали. В этой же области работают приборы с плоской решёткой и отражающей фокусирующей оптикой. Для  $\lambda < 100$  нм коэф. отражения всех материалов при нормальном падении значительно уменьшается, и для повышения светосилы спектрального прибора разработаны схемы со скользким падением излучения на вогнутую дифракц. решётку, причём миним. рабочая длина волны (в нм) примерно равна значению угла скольжения излучения (в град); коротковолновая граница рабочей области таких приборов 5—4 нм. Повышение дисперсии и разрешающей способности приборов с вогнутой дифракц. решёткой осуществляется увеличением радиуса кривизны (достигает 10 м), а также уменьшением периода решётки (число штрихов до 3600 на 1 мм). Для исследования излучения  $\lambda < \sim 1,5$  нм применяют спектральные приборы, в к-рых диспергирующим элементом служит кристалл (слюда, кварц и т. д.).

В качестве источников излучения в В. с. служат газозарядные приборы, электрич. искры, рентг. трубки, а также плазма, образующаяся в вакууме при фокусировке мощного импульсного лазерного излучения на твёрдую мишень. Важным способом получения спектров в В. с. является пучково-плёночный метод, в к-ром атомные или ионные спектры возбуждаются при прохождении через тонкую фольгу пучка быстрых ионов. Абс. стандартом интенсивности в В. с. является *синхротронное излучение*.

Для регистрации спектров в В. с. применяются спец. маложелатиновые фотоматериалы и фотоэлектрич. приёмники: фотодиоды, ионизаци. камеры, счётчики фотонов, фотоумножители и т. д. Составленные из миниатюрных (диам. до 10 мкм) каналовых электронных умножителей микроканаловые пластины позволяют получать изображения спектров в вакуумной области и объединяют, т. о., свойства фотоаппарат. и фотоэлектрич. методов регистрации. Для градуировочных целей в В. с. используются также термометры.

В. с. широко применяется при исследованиях атомов, ионов, молекул и твёрдых тел для изучения их энергетич. структуры, вероятностей переходов и др. характеристик. В область  $\lambda < 200$  нм попадают резонансные переходы ряда нейтральных атомов, подавляющего большинства одно- и двукратно ионизованных атомов, а также всех ионов более высокой кратности ионизации. Электронно-колебательно-вращательные переходы мно-