

где  $Z$  — статистич. сумма для большого канонич. ансамбля Гиббса, определяемая из условия нормировки вероятности:

$$Z = \sum_{i, N \geq 0} \exp \{ -[E_{iN} - \mu N] / kT \},$$

где суммирование ведётся по всем квантовым состояниям допустимой симметрии и целым положительным  $N$ .

Б. к. р. Г. в квантовом случае можно представить через статистич. оператор (матрицу плотности)  $\rho = Z^{-1} \exp \{ -(H - \mu N) / kT \}$ , где  $H$  — гамильтониан системы.

Б. к. р. Г., как в классич., так и в квантовом случае, позволяет вычислить термодинамич. потенциал  $\Omega$  в переменных  $\mu, V, T$ , равный  $\Omega = -kT \ln Z$ , где  $Z$  — статистич. сумма (или соотв. величина в классич. случае). Б. к. р. Г. особенно удобно для практич. вычислений, т. к. отсутствуют доп. условия, связанные с постоянством энергии, как в микроканонич. распределении Гиббса, или с постоянством числа частиц, как в канонич. распределении Гиббса.

Лит. см. при ст. Гиббса распределения. Д. Н. Зубарев.

**БОМА ДИФФУЗИЯ** — аномально быстрый турбулентный перенос замагниченной плазмы поперёк магн. поля напряжённости  $H$  со скоростью, существенно превышающей классич. скорость диффузии. Коэф. Б. д.  $D_B = ckT / 16eH$  ( $T$  — темп-ра плазмы,  $e$  — заряд электрона) установлен Д. Вомом (D. Bohm) в 1949 на основе анализа эксперим. результатов. В дальнейшем было показано, что к Б. д. могут приводить дрейфово-диссипативная и термосильная неустойчивости (см. Неустойчивости плазмы), возникающие вследствие столкновит. трения электронов об ионы при их оттоке. Движении вдоль  $H$  и возмущений электронной темп-ры. Б. д. характерна для плазмы газового разряда. См. также Черенко процессы в плазме.

Лит.: Моисеев С. С., Сагдеев Р. З., О коэффициенте диффузии Бомы, «ЖЭТФ», 1963, т. 44, с. 763; Арцимович Л. А., Сагдеев Р. З., Физика плазмы для физиков, М., 1979. С. С. Моисеев.

**БОР** (от позднелат. borax — бура; лат. Borum), В, — хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. номер 5, ат. масса 10,81. Природный Б. состоит из двух стабильных изотопов —  $^{10}\text{B}$  (19,7%) и  $^{11}\text{B}$  (80,3%). Характеризуется высокой способностью поглощать нейтроны [для естеств. смеси изотопов Б. сечение захвата тепловых нейтронов ок.  $7,5 \cdot 10^{-26}$  м<sup>2</sup>, для  $^{10}\text{B}$  —  $(3-4) \cdot 10^{-25}$  м<sup>2</sup>]. Конфигурация внеш. электронной оболочки  $2s^2 2p^1$ . Энергии последоват. ионизаций соответственно равны 8,298; 25,455; 37,930 эВ. Кристаллохим. радиус 0,091 нм, ионный радиус  $\text{B}^{3+}$  0,023 нм. Значение электроотрицательности 2,0.

Свободный Б. существует в виде коричневого мелкокристаллич. порошка (т. н. аморфный Б.) и тёмно-серых кристаллов (кристаллич. Б.). Известны тетрагональная  $\alpha$ - и  $\beta$ -ромбоздрич. модификации Б., осн. структурным элементом к-рых служит икосаэдр, образованный 12 атомами В. Плотность кристаллич. Б. 2,34 кг/дм<sup>3</sup> (20 °С),  $t_{\text{пл}}$  — 2075 °С,  $t_{\text{кип}}$  — 3700—3860 °С, ат. теплоёмкость 13,8 Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> (в интервале темп-р 0°—100 °С), микротвёрдость 34 ГПа·м<sup>-2</sup>. Уд. сопротивление при 5 °С 120 МОм·см, при 100 °С — 4,1 МОм·см и при нагревании до 800 °С снижается на неск. порядков. Коэф. линейного расширения  $8,3 \cdot 10^{-6}$ .

Химически малоактивен, наиб. типичная степень окисления Б. +3. При нагревании Б. вступает в реакцию со мн. металлами, образуя бориды с высокими твёрдостью и  $t_{\text{пл}}$ .

Б. добавляют к стали для повышения её прочности и жаропрочности, насыщают им поверхности стальных изделий для защиты от коррозии; применяют в ядерной технике (стержни атомных реакторов, экраны, защищающие от нейтронного излучения). Ядерная реакция  $^{10}\text{B} (n, \alpha) ^7\text{Li}$  приводит к появлению легко детектируемых  $\alpha$ -частиц, поэтому  $^{10}\text{B}$  используют при изготовлении

индикаторов и детекторов нейтронов. Б. и его соединения — нитрид  $\text{BN}$ , карбид  $\text{B}_4\text{C}$ , фосфид  $\text{BP}$  и др. — применяют в качестве диэлектриков и полупроводниковых материалов. Нитридные кристаллы нек-рых боридов могут использоваться для армирования композиц. материалов.

Лит.: Немодрук А. А., Каралова З. К., Аналитическая химия бора, М., 1964. С. С. Бердоносов.

**БОРА МАГНЕТОН** — см. Магнетон.

**БОРА ПОСТУЛАТЫ** — основные положения о существовании стационарных состояний и о квантовых переходах с излучением, введенные Н. Бором (N. Bohr) в 1913 в его квантовой теории атома. См. Атомная физика.

**БОРА РАДИУС** — в теории атома водорода Н. Бора — радиус ближайшей к ядру (протону) электронной орбиты. В квантовой механике Б. р. определяется как расстояние от ядра, на к-ром с наиб. вероятностью можно обнаружить электрон в невозбуждённом атоме водорода (см. Атом). Б. р.  $a_0 = \hbar^2 / m_e e^2$  (в СГС системе единиц) и  $a_0 = 4\pi\epsilon_0 \hbar^2 / m_e e^2 = \alpha / 4\pi R_\infty = 0,52917706$  (44)  $\times 10^{-10}$  м (в СИ). В этом соотношении  $\alpha$  — тонкой структуры постоянная,  $R_\infty$  — Ридберга постоянная,  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная.

**БОРА — ВАН ЛЕВЕН ТЕОРЕМА** — теорема классич. статистич. физики, согласно к-рой магн. момент любого тела, рассматриваемого как совокупность элементарных электрич. зарядов, движущихся по законам классич. механики в пост. магн. поле, в стационарном состоянии равен нулю. Теорема доказана Н. Бором (N. Bohr) в 1911 в его диссертации и независимо Й. ван Лёвеном (J. van Leeuwen) в 1919. Напр., магн. момент, создаваемый свободными электронами под действием пост. поля в огранич. объёме, точно компенсируется магн. моментом тока, возникающего вблизи поверхности. Б. — в. Л. т. доказывают с помощью преобразования сдвига всех импульсов электронов  $p_i$  на величину  $(e/c)A$ , где  $A$  — векторный потенциал магн. поля,  $e$  — заряд электрона. Поскольку в гамильтониан системы поле входит лишь в комбинации  $p_i - (e/c)A$ , после этого преобразования статистич. сумма не зависит от магн. поля. Поэтому магн. момент, пропорциональный производной статистич. суммы по магн. полю, равен нулю. Из Б. — в. Л. т. следует невозможность классич. объяснения магн. свойств вещества; они являются существенно квантовыми.

Лит.: Маттис Д., Теория магнетизма, пер. с англ., М., 1967.

**БОРНА — ОППЕНГЕЙМЕРА ТЕОРЕМА** — устанавливает соотношение между вкладом движений электронов относит. движений ядер и вращения молекулы как целого в полную энергию молекулы. Разложив оператор энергии по параметру  $\sqrt{\gamma} = \sqrt{m_e / M}$  (где  $m_e$  — масса электрона и  $M$  — величина, имеющая порядок массы ядер молекулы), М. Борн (M. Born) и Р. Оппенгеймер (R. Oppenheimer) в 1927 показали, что полную энергию молекулы приближённо можно представить в виде:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 + \gamma \mathcal{E}_2 + \gamma^2 \mathcal{E}_4 + \dots,$$

где член нулевого порядка соответствует электронной энергии, член 2-го порядка — колебательной и член 4-го порядка — вращательной (нечётные степени параметра  $\sqrt{\gamma}$  обращаются в нуль). Возможность такого разложения связана с тем, что масса электрона много меньше массы ядер.

Из Б. — О. т. вытекает, что Шрёдингера уравнение для молекулы можно решать независимо для электронов и для ядер. При этом электронную энергию с хорошим приближением можно рассматривать как ф-цию координат ядер (поскольку электроны из-за их малой массы движутся много быстрее ядер). Б. — О. т. лежит в основе квантовой химии: для расчёта электронных уров-