

нием Клаузиуса—Москотти формулы на случай полярного диэлектрика и учитывает зависимость  $\epsilon$  от темп-ры. Получена в 1912 П. Дебаем (P. Debye), к-рый при её выводе пришёл к выражению, совпадающему с ф-цией, введённой ранее (1905) П. Ланжевром для магн. восприимчивости парамагнетиков. Л.—Д. ф. имеет вид:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{4\pi}{3} N (\alpha_0 + p^2/3kT); \quad (1)$$

здесь  $N$  — число молекул в единице объёма,  $\alpha_0$  — полярзуемость упругого смещения,  $T$  — темп-ра.

В отсутствие электрич. поля дипольные молекулы полярного диэлектрика ориентированы хаотически. В электрич. поле происходит преимуществ. ориентация молекул вдоль поля, чему препятствует тепловое движение. Поэтому дипольный момент полярной молекулы устанавливается не вдоль поля, а образует угол  $\phi$  с направлением локального поля. Электрич. момент единицы объёма (поляризация)  $P = N r \cos \phi$ , где  $\cos \phi$  — ср. значение по всем возможным ориентациям молекул при тепловом равновесии. С учётом Больцмана распределения  $\cos \phi = p E_{\text{лок}}/3kT$ ; тогда поляризация  $P = N r^2 E_{\text{лок}}/3kT$ , а т. н. ориент. полярзуемость (на молекулу)  $\alpha_{\text{ор}} = p^2/3kT$ . Полная полярзуемость, приходящаяся в ср. на одну полярную молекулу,  $\alpha = \alpha_0 + p^2/3kT$ . Тогда диэлектрич. проницаемостью будет связана с дипольным моментом соотношением (1), если  $E_{\text{лок}} = E_{\text{ср}} + \frac{4}{3} p P$ ; а если  $E_{\text{лок}} = E_{\text{ср}}$ , то

$$\epsilon - 1 = 4\pi N \left( \alpha_0 + \frac{p^2}{3kT} \right). \quad (2)$$

Л.—Д. ф. используется для интерпретации структуры молекул, с её помощью определяют дипольные моменты по наклону прямой, характеризующей зависимость левой части (1) и (2) от  $T^{-1}$ . Применяется для газов и паров из полярных молекул при низких давлениях, а также для разбавленных растворов полярных жидкостей в неполярных растворителях.

Лит.: Дебай П., Полярные молекулы, пер. с нем., М.—Л., 1931; Киттель Ч., Введение в физику твёрдого тела, пер. с англ., М., 1978; Барфут Дж., Тейлор Дж., Полярные диэлектрики и их применения, пер. с англ., М., 1981.

**ЛАНТАН** (Lanthanum), La, хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. номер 57, ат. масса 138,9055, относится к редкоземельным элементам. Природный Л. состоит из смеси стабильного  $^{139}\text{La}$  (99,911%) и слаборадиоактивного  $^{138}\text{La}$  ( $\beta$ -распад и  $K$ -захват,  $T_{1/2} = 1,1 \cdot 10^{11}$  лет). Конфигурация внеш. электронных оболочек  $5s^2 p^6 d^1 6s^2$ . Энергии последоват. ионизации: 5,577; 11,06; 19,176 эВ. Кристаллохим. радиус атома Л. 0,187 нм, радиус иона  $\text{La}^{3+}$  0,104 нм. Значение электроотрицательности 1,08.

В свободном виде — серебристо-серый металл. При темп-ре ниже 260 °C устойчива  $\alpha$ -модификация с гексагональной плотнупакованной решёткой, постоянные  $a = 0,3770$  нм,  $c = 1,2159$  нм; при темп-рах 260—880 °C устойчива  $\beta$ -модификация с кубич. гранецентриров. решёткой,  $a$ -края при 880 °C переходит в  $\gamma$ -модификацию с кубич. объёмноцентриров. решёткой. Плотн.  $\alpha$ -La 6,162 кг/дм<sup>3</sup>,  $t_{\text{пл}} = 920$  °C,  $t_{\text{кип}} = 3450$  °C. Теплоёмкость  $c_p = 27,8$  Дж/моль·K, теплота плавления 6,19 кДж/моль, теплота испарения 412,15 кДж/моль. Коэф. термич. расширения  $4,9 \cdot 10^{-6}$  (25 °C). Теплопроводность 13,8 Вт/м·K (26—30 °C). Уд. сопротивление 0,568 мкОм·м. Парамагнитен, магн. восприимчивость  $0,73 \cdot 10^{-9}$  (при 20 °C). Модуль упругости 38,4 ГПа, модуль сдвига 14,9 ГПа. Тв. по Бринеллю 353 ГПа.  $\alpha$ -La при 4,9 К ( $\beta$ -La при 5,85 К) переходит в сверхпроводящее состояние.

В хим. соединениях проявляет степень окисления +3. В сплавах с Ni Л. используется как геттер; Л. является одним из компонентов мишметалла (сплава ряда редкоземельных металлов). Оксид Л.  $\text{La}_2\text{O}_3$  вводят в состав оптич. стекла для улучшения его свойств. Нуклид  $^{139}\text{La}$  накаливается в больших

кол-вах в продуктах деления урана и плутония (выход 6,3%); это осложняет работу реакторов, т. к.  $^{139}\text{La}$  характеризуется высоким значением поперечного сечения захвата тепловых нейтронов (ок.  $9 \cdot 10^{-28}$  м<sup>2</sup>). Как радиоакт. индикатор наиб. значение имеет  $\beta$ -радиоактивный  $^{140}\text{La}$  ( $T_{1/2} = 40,27$  ч). С. С. Бердонос.

**ЛАНТАНОИДЫ** (лантаниды) — семейство хим. элементов с ат. номерами 58—71, расположенных за La в 6-м периоде периодич. системы элементов. К Л. принадлежат церий Ce, празеодим Pr, неодим Nd, прометий Pm, самарий Sm, европий Eu, гадолиний Gd, тербий Tb, диспрозий Dy, гольмий Ho, эрбий Er, тулий Tm, иттербий Yb, лютеций Lu. Относятся, как и лантан La, к редкоземельным элементам. В периодич. системе Л. часто размещают в одной клетке с La, в лит-ре для них применяют обобщённый символ Ln.

Из всех Л. только Pm радиоактивен и не имеет стабильных или достаточно долгоживущих изотопов. Остальные Л. встречаются в рассеянном виде в природе (в составе лопарита, монацита и др. минералов). Нек-рые Л. ( $^{144}\text{Nd}$ ,  $^{146}\text{Nd}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ,  $^{148}\text{Sm}$ ,  $^{152}\text{Gd}$ ,  $^{176}\text{Lu}$ ) имеют, кроме стабильных, долгоживущие радиоакт. изотопы, период полураспада к-рых значительно превышает возраст Земли.

Л. принято подразделять на цериевую (от Ce до Eu) и иттриевую подгруппы (в неё входит близкий по свойствам иттрий). Л. от Ce до Ga наз. лёгкими, от Tb до Lu — тяжёлыми.

Физ. и хим. свойства всех Л. сходны, что объясняется особенностями строения их электронных оболочек. Конфигурация двух внеш. оболочек  $5s^2 p^6 6s^2$ , кроме Gd и Lu, имеющих также электрон  $5d$ . С возрастанием атомного номера у них застраивается внутренняя  $4f$ -оболочка. В химических соединениях Л. проявляют степень окисления +3 (нек-рые из них способны также проявлять степень окисления +2 или +4). Л. имеют сходное с атомами актиноидов строение электронных оболочек, что объясняет близость свойств элементов этих двух семейств.

С увеличением атомного номера у Л. (как и у актиноидов) наблюдается постепенное уменьшение атомных радиусов (т. н. лантаноидное сжатие). Напр., радиусы ионов  $\text{Ln}^{3+}$  изменяются от 0,102 нм у  $\text{Ce}^{3+}$  до 0,080 нм у  $\text{Lu}^{3+}$ .

Л. в свободном виде представляют собой серебристые металлы, темп-ры плавления к-рых лежат в пределах 800—1700 °C. Они характеризуются сравнительно низкой электропроводностью, большинство из них парамагнитны. Gd, Dy и Er при низких темп-рах обладают ферромагн. свойствами. При сплавлении Л. образуют твёрдые растворы (мишметаллы). Мн. соединения Л. применяют в качестве добавок при изготовлении спец. органич. стёкол, кристаллофосфоров, лазерных материалов, используют в атомной технике и т. д.

Лит.: Физика и химия редкоземельных элементов. Справочник, пер. с англ., М., 1982. С. С. Бердонос.

**ЛАПЛАСА ЗАКОН** — прямо пропорциональная зависимость капиллярного давления  $\Delta p$  от поверхностного натяжения  $\sigma$  на поверхности раздела двух жидкостей или жидкости и газа и от ср. кривизны поверхности (т. е.  $1/R_1 + 1/R_2$ ; здесь  $R_1$  и  $R_2$  — гл. радиусы кривизны двух взаимно перпендикулярных нормальных сечений поверхности):

$$\Delta p = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Один из осн. законов капиллярных явлений. Установлен П. С. Лапласом (P. S. Laplace) в 1806.

**ЛАПЛАСА ОПЕРАТОР** (лапласиан) — простейший эллиптич. дифференц. оператор 2-го порядка

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} + \dots + \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2},$$