

Особую группу Ц. с. образуют сложные многоатомные молекулы, напр. молекулы красителей в разл. растворах или молекулы живых организмов. В бесструктурных и относительно широких полосах испускания и поглощения этих центров проявляются общие статистич. закономерности, в нек-ром отношении аналогичные законам теплового излучения (в частности, *Степанова универсальное соотношение*). Для описания их спектров используют т. н. конфигурац. модель возбужденных и основных уровней энергии Ц. с. Аналогичную модель с той или иной степенью обоснованности и точности используют для описания и нек-рых др. Ц. с., напр. образованных ионами Тl в КСl и др. щёлочно-галлоидных кристаллах.

Лит.: Гурвич А. М., Введение в физическую химию кристаллофосфоров, 2 изд., М., 1982. Ю. П. Тимофеев.

ЦЕРИЙ (лат. Cerium), Се.—хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. номер 58, ат. масса 140,12; относится к *лантаноидам*. В природе представлен стабильными изотопами: ^{136}Ce (0,19%), ^{138}Ce (0,25%), ^{140}Ce (88,48%) и ^{142}Ce (11,08%). Конфигурация внеш. электронных оболочек $4s^2p^6d^{10}f^45s^2p^6d^46s^2$ (предполагается, что возможна конфигурация $4f^25d^0$). Энергии последоват. ионизации 5,47; 10,85; 20,08; 36,72 эВ. Радиус атома Се 183 пм, иона Ce^{3+} 102 пм, иона Ce^{4+} 88 пм. Значение электроотрицательности ок. 1,2. Работа выхода электрона 2,84 эВ.

Серебристо-белый металл, существует в 4 модификациях: ниже -168°C (по др. данным, ниже -130°C) устойчив α -Се с кубич. кристаллич. структурой; при более высоких темп-рах (до -23°C) существует β -Се с гексагональной плотнейшей упаковкой; в интервале темп-р от -23°C до 726°C устойчив γ -Се с гранецентрированной кубич. структурой (параметр решётки $a=516,06$ пм); от 726°C до $t_{\text{пл}}=804^\circ\text{C}$ (по др. данным, 798°C) существует δ -Се с объёмноцентрированной кубич. структурой. Плотн. γ -Се $6,76$ кг/дм³ (при 20°C), его теплоёмкость $26,9$ Дж/(моль·К), $t_{\text{кип}}=3257-3450^\circ\text{C}$. Характеристич. темп-ра Дебая $\theta_{\text{Д}}=138$ К. Температурный коэф. линейного расширения $8,5 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹ (при 25°C). Парамагнитен, магн. восприимчивость $\chi=17,30 \cdot 10^{-9}$ (при 20°C). Уд. электрич. сопротивление $0,753$ мкОм·м (при 25°C), температурный коэф. электрич. сопротивления $9 \cdot 10^{-4}$ К⁻¹ (при $0-100^\circ\text{C}$). Тв. по Бринеллю $245,3$ МПа, модуль нормальной упругости 30 ГПа, модуль сдвига 12 ГПа.

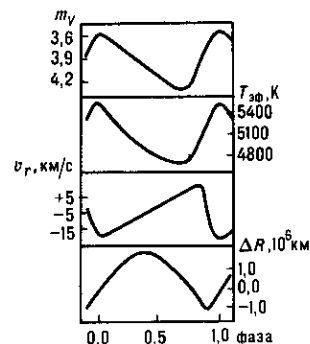
В хим. соединениях проявляет степени окисления +3 (как все лантаноиды) и +4 (в этом случае сходен с торием). При окислении на воздухе образуется оксид Ce_2O_3 , к-рый при нагревании на воздухе до темп-р выше $180-200^\circ\text{C}$ переходит в тугоплавкий оксид CeO_2 с $t_{\text{пл}}$ ок. 2700°C .

Ц.—компонент мн. сплавов (в т. ч. сплава Ц. с др. лантаноидами—миш-металла). Входит в состав геттеров (газопоглотителей). Сплавы Се с Mg хорошо проводят УЗ. Фторид CeF_3 и оксид CeO_2 используют в лазерной технике. Соединения Ц. входят в состав мн. катализаторов хим. реакций. В продуктах ядерных реакций присутствуют заметные кол-ва радионуклида ^{144}Ce (β^- -распад, $T_{1/2}=284,3$ сут), к-рый способен накапливаться в костях организмов (его радиотоксичность сопоставима с радиотоксичностью стронция-90). В качестве радиоакт. индикатора кроме ^{144}Ce используют ^{141}Ce (β^- -распад, $T_{1/2}=32,501$ сут). С. С. Бердников.

ЦЕФЕИДЫ—пульсирующие *сверхгиганты*, один из типов *переменных звёзд*. Названы по прототипу—звезде δ Цефея. Первые Ц. открыты в 1784 Дж. Гудрайком (J. Goodricke) и Э. Пиготтом (E. Pigott). В процессе пульсаций меняются размеры звезды и темп-ра её поверхности, что в совокупности и приводит к изменениям *блеска*. График изменения *блеска* (рис.) представляется собой асимметрич. периодич. кривую: быстрый подъём сменяется медленным спадом. Наиб. темп-ра наблюдается во время макс. *блеска*, а кривая изменения лучевой скорости является зеркальным отражением кривой *блеска*: во время макс. *блеска* поверхность звезды приближается к нам с макс. скоростью. Амплитуда изменения *блеска* у Ц. в ср. составляет одну

звёздную величину. Колебания *блеска* в осн. обусловлены вариациями темп-ры, а изменения радиуса невелики (относит. амплитуда ок. 0,1—0,2) и оказывают лишь незначит. влияние на кривую *блеска*. О причинах пульсаций Ц. см. в ст. *Пульсации звёзд*.

Зависимость от фазы пульсации (фаза 0,0 соответствует максимальному *блеску*): *блеска* в видимом диапазоне m_V , эффективной температуры $T_{\text{эф}}$, лучевой скорости v_r и изменения радиуса ΔR .



Всего известно $\sim 10^4$ Ц., из них ок. 700 в Галактике. Периоды пульсаций Ц. *P*, открытых в Галактике, заключены в пределах от 1 до 68 сут, в др. галактиках известны Ц. с периодами более 200 сут. Для Ц. характерна связь периода *P* с разл. физ. параметрами: радиусом R , возрастом t , *светимостью* (абс. звёздной величиной M_V) и др.:

$$\lg \langle R/R_{\odot} \rangle = 1,2 + 0,7 \lg P,$$

$$\lg t = 8,16 - 0,68 \lg P,$$

$$\langle M_V \rangle = -1,24 - 2,79 \lg P$$

(R_{\odot} —радиус Солнца). Угл. скобки означают ср. значения меняющихся во время пульсации параметров, а символ « V » указывает на то, что наблюдения проведены в видимом диапазоне спектра.

Последнее соотношение наз. *зависимостью период—светимость* для Ц. и играет важнейшую роль в астрономии. Определив из наблюдений период изменения *блеска*, по зависимости период—светимость можно найти абс. звёздную величину M_V . Видимый *блеск* Ц. m_V , к-рый определяется из тех же наблюдений, связан с M_V и расстоянием до неё r соотношением

$$\lg r = [\langle m_V \rangle - \langle M_V \rangle + 5]/5.$$

Т. о. определяют расстояние до Ц., а тем самым и до любой звёздной системы, в состав к-рой она входит. Используя Ц. в качестве индикаторов расстояний до содержащих их галактик, можно прокалибровать другие—вторичные индикаторы, к-рые имеют большие светимости и могут использоваться для определения расстояний до более далёких галактик. Т. о., Ц. являются «реперами» *расстояний шкалы* во Вселенной.

Важную роль Ц. играют и в изучении *Галактики*. Они являются объектами плоской составляющей, и, следовательно, изучение их пространственного распределения даёт информацию о строении галактич. диска. Методами радиоастрономии можно обнаружено искривление газового диска Галактики, а тот факт, что этому искривлению следует и звёздная составляющая, удалось установить по Ц.

Лит.: Cepheids. Theory and observations. Proc. of the IAU Colloquium, № 82, ed. V. Madore, Cambr.—[a. o.], 1985; Бердников Л. Н., Каталог параметров кривых *блеска*, расстояний и пространственных координат классических цефеид, «Переменные звезды», 1987, т. 22, № 4, с. 505; Ефремов Ю. Н., Очаги звездообразования в галактиках, М., 1989. Л. Н. Бердников.

ЦИКЛ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ—*круговой процесс*, осуществляемый термодинамич. системой. Изучаемые в термодинамике циклы представляют собой сочетания разл. термодинамич. процессов, и в первую очередь изотермич., адиабатич., изобарич., изохорических. К Ц. т., исследование к-рых сыграло важную роль в разработке общих основ термодинамики (см. *Второе начало термодинамики*) и в развитии её техн. приложений, относятся