

ИНТЕРВАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ — способ получения оценки для неизвестного значения скалярного параметра с помощью интервала его допустимых значений и определения вероятности того, что в этом интервале находится истинное значение параметра. На практике для получения интервальной оценки параметра θ обычно заранее выбирается число p , такое, что $0 < p < 1$, и находятся два других числа, зависящих от результатов наблюдений $\theta_1(\hat{\theta})$ и $\theta_2(\hat{\theta})$ таких, что вероятность нахождения θ в интервале (θ_1, θ_2) равна p :

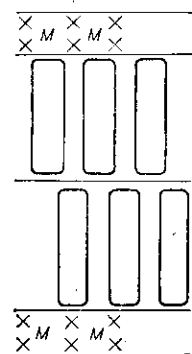
$$P[\theta_1(\hat{\theta}) \leq \theta \leq \theta_2(\hat{\theta})] = p.$$

В этом случае интервал (θ_1, θ_2) наз. *100 · p-процентным доверительным интервалом*. Вероятность того, что доверительный интервал содержит истинное значение параметра θ , равная p , наз. *коэф. доверия*; величины $\theta_1(\hat{\theta})$ и $\theta_2(\hat{\theta})$ наз. соответственно *ниж.* и *верх.* доверительными границами для параметра θ .

В эксперим. физике И. о. применяется как альтернатива точечному оцениванию параметра и его ошибки, т. е. доверительный интервал для θ соответствует ошибке параметра θ .

Лит.: Статистические методы в экспериментальной физике, пер. с англ., М., 1976. С. В. Клименко.

ИНТЕРКАЛИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (от лат. *intercalarius* — вставной, добавочный). В ряде кристаллич. структур есть прочная связь атомов внутри слоёв, но сами слои связаны более слабыми силами,



напр. ван-дер-ваальсовыми. В такие слоистые кристаллы можно ввести дополнит. атомы или молекулы, к-рые раздвигают слои исходного кристалла. В результате образуются структуры, состоящие из чередующихся исходных слоёв и новых слоёв введённых атомов или молекул. Их наз. И. с., а сам процесс введения дополнит. групп — *интеркализацией*.

И. с. получены впервые на основе кристаллов дихалькогенидов переходных металлов MX_2 . Эти кристаллы состоят из слоёв, каждый из к-рых представляет сэндвич из двух слоёв халькогенов X (S , Se) со слоем

металлич. атомов M между ними (Ta , Mo и т. п.). Атомы металла и халькогена в сэндвиче удерживаются сильной, преим. ковалентной связью, но между собой слои MX_2 соединены ван-дер-ваальсовыми силами. Слоистые кристаллы удаётся интеркалировать металлами, водородом, молекулами типа NH_3 и большими органич. молекулами [1]. В последнем случае слои раздвигаются на большие расстояния, и, напр., в соединениях TaS_2 (октадециламин) $_{1/3}$ это расстояние достигает 56 Å, в то время как в исходном кристалле оно ≈ 3 Å (рис.).

Др. семейство И. с. получено на основе графита [2]. Связь слоёв в кристалле графита слаба, и его удаётся интеркалировать металлами. Степень интеркалирования легко контролируема, получены соединения типа C_6A , в к-рых слои графита разделены слоем интеркалянта A .

И. с. представляют интерес для физики твёрдого тела и техн. применений с разных точек зрения. Связь введённых атомов или молекул с исходными слоями образуется за счёт полного или частичного перехода электронов с интеркалянта на слои исходного материала или в пространство между ними. Поэтому И. с. обладает электронными свойствами, отличающимися от свойств исходных материалов. Так, кристаллы MoS_2 , являющиеся полупроводниками, после их интеркалирования атомами щелочных металлов превращаются в *сверхпроводники* (с критич. темп-рами ~ 6 К). Графит относится к *полуметаллам*, его интеркалирование атомами щелочных металлов также даёт сверхпроводники, хотя ни графит, ни щелочные металлы сверхпроводимостью не обладают. Интеркалирование графита органич. молекулами приводит к возникновению в слоях графита кон-

центрации носителей заряда, типичной для металлов. Кроме того, присутствие легко поляризующихся интеркалянтов может существенно изменять свойства металлич. слоёв и способствовать повышению темп-ры сверхпроводящего перехода [3].

«Раздвижка» металлич. слоёв атомами или молекулами приводит к сильной анизотропии электронных свойств. В частности, анизотропия проводимости возрастает более чем в 10^3 раз. *Сверхпроводимость* интеркалированных дихалькогенидов переходных металлов приближается к квазидвумерной (см. *Квазидвумерные соединения*), а взаимодействие слоёв — к джозефсоновскому [3, 4, 5] (см. *Джозефсона эффект*).

В И. с. в одном кристалле удаётся совместить свойства исходного материала и интеркалянтов. Так, при интеркаливании TaS_2 атомами Fe или Mn получаются системы, к-рые являются одновременно сверхпроводниками и магнетиками. Интеркалирование — эфф. метод конструирования новых проводящих материалов.

Процесс интеркалирования может быть электрохим. и обратимым, что позволяет использовать его для создания новых типов твердотельных аккумуляторов. Соединение TiS_2 , интеркалированное Li , оказалось удобным для получения лёгких и энергоемких аккумуляторов.

Лит.: 1) Gamble F. R. и др., Superconductivity in layered structure organometallic crystals «Science», 1970, v. 168, p. 568; 2) Proc. Int. Conf. on Layered Materials and Inter-Calates, Nijmegen, 1979, «Physica B+C. B», 1980, v. 99, № 1—4; 3) Proc. Yamada Conf. IV Physics and Chemistry of Layered Materials, Sendai, 1980, «Physica B+C. B», 1981, v. 105; 4) Проблема высокотемпературной сверхпроводимости, под ред. В. Л. Гинзбурга и Д. А. Кирижница, М., 1977; 5) Coleman R. V. и др., Dimensional crossover in the superconducting intercalated layer compound $2\text{H-T}_2\text{S}_2$, «Phys. Rev.», 1983, v. B 27, p. 125.

Л. Н. Булавский.

ИНТЕРКОМБИНАЦИОННЫЕ КВАНТОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ в атомных системах — *квантовые переходы* между состояниями системы, сопровождающиеся изменением её полного спина S ($\Delta S \neq 0$). К И. к. п. относятся также переходы между уровнями энергии с разной мультиплетностью. Различают радиац. И. к. п., сопровождающиеся испусканием фотона, и столкновит. И. к. п., вызываемые столкновениями с электронами.

В приближении $L-S$ -связи (см. *Связь векторная*) радиац. И. к. п. запрещены *отбора правилами*. Запрет снимается магн. взаимодействиями, причём осн. роль в снятии запрета играет *спин-орбитальное взаимодействие*. Для атомов и ионов небольшой кратности спин-орбитальное взаимодействие мало по сравнению с электростатич. взаимодействием ($\sim \alpha^2$, где $\alpha = 1/137$ — *тонкой структуры постоянная*), и соответственно, вероятности радиац. И. к. п. много меньше вероятностей обычных разрешённых переходов. С ростом заряда ядра или кратности иона вероятности радиац. И. к. п. быстро растут. Отношение r_0 вероятностей радиац. И. к. п. и резонансного перехода зависит от заряда ядра Z . Ниже приведены значения r_0 для переходов $n_0s^2^1S_0 \leftarrow \leftarrow n_0s n_0p^3P_1$ и $n_0s^2^1S_0 \leftarrow n_0s n_0p^1P_1$ в атомах нек-рых щелочноземельных элементов и для переходов $1s^2^1S_0 \leftarrow \leftarrow 1s2p^3P_1$ и $1s^2^1S_0 \leftarrow 1s2p^1P_1$ в гелиоподобных ионах:

Элемент Z	Mg 12	Ca 20	Cd 48	Ba 56	Hg 80	
r_0	$2.1 \cdot 10^{-6}$	3.0×10^{-5}	1.5×10^{-3}	6.2×10^{-3}	2.1×10^{-2}	
Ион Z	He 2	C^{4+} 6	O^{8+} 8	Mg^{10+} 12	Si^{12+} 14	Fe^{24+} 26
r_0	10^{-7}	$3 \cdot 10^{-5}$	1.7×10^{-4}	1.7×10^{-3}	$4 \cdot 10^{-3}$	9.1×10^{-2}

В интервале $Z = 4 \div 26$ значение $r_0 \sim (Z-1)^{4.8 \div 4.9}$.