

кластера также определяется численно: $v_1(d=2) \approx 1,6$; $v_1(d=3) \approx 2$ [5].

Своеобразные Ф. возникают в теории агрегации. В простейшей ситуации процесс агрегации можно описать так: в начале координат решётки Z^d помещается затравочная частица, к к-рой прилипают др. частицы, броуновски блуждающие по решётке. Прилипшие частицы приклеивают к себе новые частицы и т. д. В результате такого процесса возникает сильно разветвлённый фрактальный кластер — дендрит. В каждый момент времени дендрит конечен, однако его ФР можно определить с помощью асимптотики $M(R) \sim \text{const } R^{v_2}$, где M — число частиц дендрита, находящегося внутри шара радиусом R . Численные эксперименты дают значения $v_2(d=2) \approx 1,68$; $v_2(d=3) \approx 2,51$ [6].

Все рассмотренные выше Ф. обладают определ. свойствами *масштабной инвариантности* (скейлингом). Так, канторово множество и ковёр Серпинского можно представить в виде объединения соответственно двух и восьми подмножеств, линейные размеры к-рых в 3 раза меньше размеров исходных множеств. Заметим, что в случае, когда множество разбивается на N подмножеств, каждое из к-рых в R раз меньше всего множества, ФР $\delta = \ln N / \ln R$. В этой ситуации скейлинговая структура определяется одним масштабным множителем R . Однако в большинстве реальных случаев масштабные множители неоднородны, т. е. во Ф. имеется целый спектр скейлингов. Такие Ф. наз. мультифракталами. Типичным примером является аттрактор Фейгенбаума. Обычно мультифракталы характеризуют спектром размерностей $f(\alpha)$, определяемым следующим образом [7]. Рассматривается покрытие ξ Ф. M набором N шаров радиусом r_i , $1 \leq i \leq N$. Вначале определяются ф-ция

$$q(\tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \inf_{\xi} \left[\ln \left(\sum_{i=1}^N r_i^{-\tau} \right) / \ln N \right]$$

и обратная ф-ция $\tau = \tau(q)$. Спектр размерностей $f(\alpha)$ является преобразованием Лежандра от ф-ции $\tau(q)$, т. е.

$$f(\alpha) = \min_q (\alpha q - \tau(q)).$$

Макс. значение $f(\alpha)$ совпадает с ФР множества.

Лит.: 1) Mandelbrot B. V., The fractal geometry of nature, S. F., 1982; 2) Афраймович В. С., Быков В. В., Шильников Л. П., О возникновении и структуре аттрактора Лоренца, «ДАН СССР», 1977, т. 234, № 2, с. 336; 3) Темап Р., Уравнения Навье — Стокса. Теория и численный анализ, пер. с англ., М., 1981; 4) Бабин А. В., Вишик М. И., Аттракторы эволюционных уравнений с частными производными и оценки их размерности, «УМН», 1983, т. 38, в. 4, с. 133; 5) Stauffer D., Scaling theory of percolation clusters, «Phys. Repts», 1979, v. 54, № 1, p. 1; 6) Meakin P., Diffusion controlled cluster formation in two, three and four dimension, «Phys. Rev. A», 1983, v. 27, № 1, p. 604; 7) Halsey T. C. [e. a.], Fractal measures and their singularities: the characterization of strange sets, «Phys. Rev. A», 1986, v. 33, № 2, p. 1141.

К. М. Ханин.

ФРАНКА — ГЕРЦА ОПЫТ — опыт, показавший, что внутр. энергия атома не может изменяться непрерывно, а принимает определённые дискретные значения (квантуется). Впервые поставлен в 1913 нем. физиками Дж. Франком (J. Franck) и Г. Герцем (G. Hertz). Сыграл важную роль в эксперим. подтверждении теории атома Бора (см. *Атомная физика*).

В опыте исследовалась зависимость силы тока I от ускоряющего потенциала V между катодом К (рис. 1)

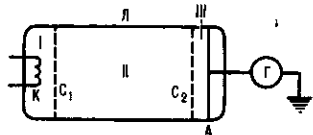


Рис. 1. Схема опыта Франка — Герца.

и сеткой C_1 ; между сеткой C_2 и анодом А приложен замедляющий потенциал. Электроны, ускоренные в области I, испытывают в области II соударения с атомами

паров ртути, заполняющими трубку Л. На анод А попадают только те электроны, энергия к-рых после соударения с атомом достаточна для преодоления замедляющего потенциала в области III. При увеличении ускоряющего потенциала от 0 до 4,9 В гальванометр показал монотонный рост I ; т. о., в этой области V соударения электронов с атомами носят упругий характер, внутр. энергия атомов не меняется. При значении $V \geq 4,9$ В (и кратных ему значениях $V \geq 9,8$; 14,7 В, ...) на кривой $I(V)$ появляются спады (рис. 2): соударения электронов с атомами становятся неупругими — внутр. энергия атомов растёт за счёт энергии электронов.

Таким образом, Ф. — Г. о. показал, что спектр поглощаемой атомом энергии не непрерывен, а дискретен, мин. порция энергии (квант энергии), к-рую может поглотить атом Hg, равна 4,9 эВ. Значение длины волны $\lambda = 253,7$ нм свечения паров Hg, возникшее при $V \geq 4,9$ В,

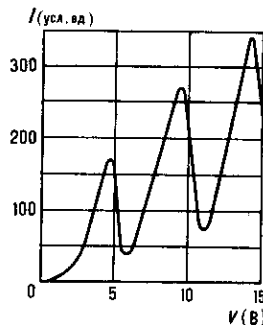


Рис. 2. Зависимость $I(V)$, полученная в опыте Франка — Герца.

оказалось в соответствии со вторым постулатом Бора

$$\epsilon_1 - \epsilon_0 = hc / \lambda,$$

где ϵ_0, ϵ_1 — энергии основного и возбуждённого уровней энергии; в Ф. — Г. о. $\epsilon_1 - \epsilon_0 = 4,9$ эВ.

А. В. Колпаков.

ФРАНКА — КОНДОНА ПРИНЦИП — утверждает, что электронные переходы в молекулах происходят очень быстро по сравнению с движением ядер, благодаря чему расстояние между ядрами и их скорости при электронном переходе не успевают измениться. Ф. — К. п. соответствует *адиабатическому приближению* и основан на приближённом разделении полной энергии молекулы на электронную энергию и энергию движения ядер (колебательную и вращательную), согласно *Борна — Оппенгеймера теореме*. По Ф. — К. п. в простейшем случае двухатомной молекулы наиб. вероятны электронные переходы, изображаемые вертикальными линиями на диаграмме зависимости потенц. энергии от междядерного расстояния для двух комбинирующих электронных состояний (см. рис. 3 при ст. *Молекулярные спектры*). Впервые Ф. — К. п. сформулирован Дж. Франком (1925) на основе полуклассич. представлений, а Э. Кондон дал (1926) его квантовомеханич. трактовку.

Лит.: Franck J., The dissociation theory and photochemical thresholds, «Trans. Faraday Soc.», 1926, v. 21, p. 536; Condon E., Nuclear motions. Associated with electron transitions in diatomic molecules, «Phys. Rev.», 1926, v. 28, p. 1182; 1928, v. 32, p. 858; Born M., Oppenheimer R., «Ann. Phys.», 1927, Bd 84, S. 457; Ельяшев М. А., Атомная и молекулярная спектроскопия, М., 1962; Давыдов А. С., Квантовая механика, 2 изд., М., 1973.

М. А. Ельяшев.

ФРАНЦИЙ (лат. Francium), Fr, — радиоакт. хим. элемент I-й группы периодич. системы элементов, ат. номер 87, относится к *щелочным металлам*. Наим. устойчив из всех радиоакт. элементов, встречающихся в природе. Природный Ф. состоит из β^- -радиоактивного ^{223}Fr ($T_{1/2} = \text{ок. } 21,8$ мин). Член радиоакт. ряда ^{235}U . В приповерхностном слое Земли толщиной 1,6 км, по оценке, содержится ок. 24,5 г Ф. Конфигурация внеш. электронной оболочки $7s^1$. По оценке, радиус атома Ф. 280 пм, иона Fr^+ 186 пм. Значение электроотрицательности 0,7, работа выхода электронов 1,8 эВ.

Характеристики металлич. Ф. рассчитаны методом экстраполяции. Предполагаемая кристаллич. решётка — объёмноцентриров. кубическая. Плотн. ок. 2,3—2,5 кг/дм³, $t_{\text{пл}} = 18$ —21 °С, $t_{\text{кип}} = 640$ —660 °С, уд. теплоёмкость $c_p = 31,6$ Дж/моль · К, теплота плавления 2,1 кДж/моль, теп-