

тич. поверхности являются сферами, но эти К. обладают анизотропией в отношении упругих, электрооптич., пьезоэлектрич. свойств. С понижением симметрии К., как правило, возрастает анизотропия их свойств.

В нек-рых К. ионы, образующие решётку, располагаются так, что К. оказывается самопроизвольно (спонтанно) электрически поляризованным (пирозлектрики). Пирозлектриками являются К. 10 классов, имеющих одну ось симметрии или совпадающую с ней плоскость симметрии. В К. 20 классов без центра симметрии возможна электрич. поляризация под действием деформации (пьезоэлектрики). При полиморфных фазовых переходах свойства К. меняются. Напр., при темп-рах ниже 123К К.  $\text{KN}_2\text{PO}_4$  теряет одну из плоскостей симметрии и приобретает спонтанную электрич. поляризацию, становится сегнетоэлектриком.

Оптич., электрич., магнитные, гальваномагнитные и др. свойства К. диэлектриков, полупроводников и металлов связаны с зонным характером электронного энергетич. спектра (см. *Зонная теория*) и колебаниями кристаллич. решётки (см. *Динамика кристаллической решётки*). Особыми свойствами квантовой диффузии обладают *квантовые кристаллы*  $^3\text{He}$ .

Ряд свойств К. зависит от кол-ва и типов дефектов в К. Таковы прочность и пластичность и др. Из-за наличия дислокаций пластич. деформирование К. происходит при напряжениях, в десятки и сотни раз меньших теоретически вычисленного. В бездислокационных К. (германия, кремния), а также в *нитридных кристаллах* прочность достигает теоретич. значений — она в 10—100 раз больше, чем прочность в обычных К. Окраска многих К. (напр., *рубина*) связана с наличием в них тех или иных примесных атомов.

Применения кристаллов основаны на использовании нек-рых физ. свойств, напр. высокой твёрдости, прозрачности и т. п., а также на способности преобразовать поступающее на них воздействие, в частности одно физ. поле в другое, напр. механическое в электрическое и магнитное и обратно, электрическое в оптическое и т. д. Пьезо- и сегнетоэлектрич. К. (кварц и др.) применяются в радиотехнике. Важнейшие области совр. техники — информатика, *микрорэлектроника*, вычислительная техника основаны на использовании полупроводниковых К. и монокристаллич. плёнок (германий, кремний, GaAs и др.). К. кремния широко используются как фотозлектрич. элементы. В запоминающих устройствах применяются К. магнитоэлектриков и ферритов. Фоторефрактивные К. (ниобат лития и др.) служат оптич. голографич. запоминающими устройствами громадной ёмкости. К. галогенидов щелочных металлов, сапфира и др. используют в оптике как окна, прозрачные в той или иной области (ИК, видимой, УФ) спектра. Исключит. значение имеют ионные К. для квантовой электроники (рубин, иттриво-алюминиевый гранат и др.), полупроводниковые лазерные К. В технике управления световыми пучками используют К., обладающие электрооптич. свойствами, нелинейные оптич. К. ( $\text{KN}_2\text{PO}_4$  и др.) используют для удвоения частоты лазерного излучения. Для измерения слабых изменений темп-ры применяются пирозлектрич. К. (пировидиконы), кристаллы  $\text{Cd}_{1-x}\text{Hg}_x\text{Te}$  — фотоприёмники в ИК-области. Для измерения и осуществления малых механич. и акустич. воздействий используют К. пьезоэлектриков, пьезомагнетиков (см. *Пьезомагнетизм*), пьезорезисторов и т. п. Высокие механич. свойства сверхтвёрдых К. (алмаз и др.) используются в обработке материалов и в бурении. Высокопрочный, коррозионно-стойкий, обладающий широким оптич. пропусканием и теплопроводностью сапфир ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) — прекрасный конструкционный материал. К. рубина служат опорными элементами в часах и др. точных приборах.

Лит.: Костов И., Кристаллография, пер. с болг., М., 1963; Шаскольская М. П., Кристаллография, М., 1976; Киттель Ч., Введение в физику твёрдого тела, пер.

с англ., М., 1978; Современная кристаллография, т. 1—4, М., 1979—81; см. также лит. при ст. *Кристаллография*.

**КРИСТОФЕЛЯ СИМВОЛЫ** — коэффициенты (дифференциально-геометрической) связности системы криволинейных координат или многообразия в римановой геометрии. При общей замене координат  $x^i = x^i(z^1, \dots, z^n)$  (при  $\partial^2 x^i / \partial z^k \partial z^l \neq 0$ ) К. с.  $\Gamma_{rs}^k$  определяются ф-лой

$$\Gamma_{rs}^k = \frac{\partial x^i}{\partial z^r} \frac{\partial x^j}{\partial z^s} \frac{\partial^2 z^k}{\partial x^i \partial x^j}$$

и преобразуются по закону

$$\Gamma_{rs}^k \rightarrow \Gamma'_{rs}{}^k = \frac{\partial z^k}{\partial x^i} \left( \Gamma_{pq}^i \frac{\partial x^p}{\partial z^r} \frac{\partial x^q}{\partial z^s} + \frac{\partial^2 x^i}{\partial z^r \partial z^s} \right),$$

т. е. не являются тензором. К. с. возникают при определении *ковариантной производной*. Связность риманова многообразия согласована с метрикой, если метрич. тензор  $g_{ij}$  ковариантно постоянен, т. е. его ковариантная производная  $g_{ij;k} = 0$ . В этом случае верны ф-лы Кристоффели

$$\Gamma_{ij}^k = \frac{g^{kl}}{2} \left( \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{il}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{lj}}{\partial x^i} \right).$$

В евклидовой геометрии существует (евклидова) система координат, в к-рой  $\Gamma_{rs}^k = 0$ . В римановой геометрии выбор системы координат можно обратить К. с. в нуль лишь в точке (локально-евклидова система).

**КРИТИЧЕСКАЯ МАССА** — минимальное кол-во ядерного горючего, содержащего делящиеся нуклиды ( $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{251}\text{Cf}$ ), при к-ром возможно осуществление *ядерной цепной реакции* деления (см. *Деление ядер, Ядерный реактор, Ядерный взрыв*). К. м. зависит от размеров и формы системы, а также от её хим. состава. К. м. растёт пропорц. квадрату (или кубу) линейных размеров системы. Зависимость от формы связана с утечкой нейтронов через поверхность. Чем больше поверхность, тем больше К. м. Минимальная К. м. имеет сферич. поверхность. Применение отражателей нейтронов снижает К. м. Наименьшей К. м. обладают растворы солей чистых делящихся нуклидов в воде с водяным отражателем нейтронов. Для  $^{235}\text{U}$  К. м. равна 0,8 кг, для  $^{239}\text{Pu}$  — 0,5 кг, для  $^{251}\text{Cf}$  — 10 г.

**КРИТИЧЕСКАЯ ОПАЛЕСЦЕНЦИЯ** — см. *Опалесценция критическая*.

**КРИТИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ** — значение плотности вещества во Вселенной, определяемое выражением

$$\rho_c = 3H^2/8\pi G,$$

где  $H$  — постоянная Хаббла (см. *Хаббла закон*),  $G$  — постоянная тяготения Ньютона. В однородных и изотропных моделях Вселенной (см. *Космологические модели*) с равной нулю космологической постоянной величина  $\rho_c$  является критич. значением плотности, отделяющим модель замкнутой Вселенной ( $\rho > \rho_c$ , где  $\rho$  — реальная ср. плотность всех видов материи) от модели открытой Вселенной ( $\rho < \rho_c$ ).

В случае  $\rho > \rho_c$  тяготение материи достаточно велико, оно сильно замедляет расширение Вселенной, и в будущем её расширение должно смениться сжатием. Трёхмерное пространство в рассматриваемых моделях при  $\rho > \rho_c$  имеет положит. кривизну, замкнуто, объём его конечен.

При  $\rho < \rho_c$  тяготение недостаточно для того, чтобы остановить расширение, и Вселенная в этих условиях неограниченно расширяется в будущем. Трёхмерное пространство в рассматриваемых моделях имеет отрицат. кривизну, объём его бесконечен (в простейшей топологии).

Постоянная Хаббла  $H$  известна из астрономич. наблюдений со значит. неопределённостью:  $H = (50—100)$  км/(с·Мпк). Отсюда возникает неопределённость в