Чистый кристалл К. бесцветен; ничтожные посторонние примеси вызывают разнообразную окраску К.; наиболее обычны бесцветные, молочно-белые или серые К. Прозрачные или полупрозрачные красиво окрашенные кристаллы наз. особо: бесцветные, прозрачные — горный хрусталь; фиолетовые — аметист; дымчатые — раухтопаз; чёрные — марион; золотисто-жёлтые — цитрин; добавка Co в синтетич. К. даёт красивую голубую окраску. Твёрдость К. по минералогич. шкале 7; плотн. 2650 кг/м^2. Плавится при темп-ре 1710 °С и застывает при охлаждении в т. н. кварцевое стекло, в к-ром тетраэды SiO_4 сцеплены беспорядочно. Плавленый кварц — хороший изолятор; сопротивление кубика с ребром в 1 см при 18 °С равно $5\cdot10^{18}$ Ом/см, коэф. линейного расширения $0{,}57\cdot10^{-6}$ см/град.

К.—оптически одноосный, положительный (см. *Кристаллооптика*). Показатели преломления для дневного света с длиной волны λ=589,3 нм: n_e=1,553; n_o=1,544. Неокрашенный К. прозрачен для УФ- и частично ИК-лучей. При пропускании плоскополяризованного луча по направлению оптич. оси левые и правые кристаллы К. вращают плоскость поляризации в противоположные стороны. Значение угла вращения (на толщину пластинки в 1 мм) меняется в зависимости от λ и составляет для λ=589 нм — 21,7°.

Оптич. свойства К. обусловили широкое применение его в оптич. приборостроении — из него делают призмы для спектрографов, монохроматоров, пластинки для вращения плоскости поляризации, линзы для УФ-оптики и т. п.

Отсутствие плоскостей и центра симметрии у кристаллов К. обусловливает наличие пьезоэлектрич. и пироэлектрич. свойств (см. *Пьезоэлектричество*). Значения диэлектрич. проницаемости ε_{ij}, пьезоэлектрич. модуля d_{ij} и упругих коэф. S_{ij} при комнатной темп-ре следующие: $\varepsilon_{11}=4{,}58$; $\varepsilon_{33}=4{,}70$; $d_{11}=-6{,}76\cdot10^{-8}$; $d_{14}=2{,}56\times\times10^{-8}$; $S_{11}=1{,}279$; $S_{12}=-0{,}159$; $S_{13}=-0{,}110$; $S_{14}==-0{,}446$; $S_{33}=0{,}956$; $S_{44}=1{,}978$.

Монокристаллы синтетич. К. выращивают из водных щелочных растворов SiO_2 при давлениях 40—200 МПа и темп-рах ~360 °С. Кристаллы синтетич. К. обладают стабильными пьезоэлектрич. свойствами, радиац. устойчивостью, высокой оптич. однородностью и др. ценными техн. свойствами. Кристаллич. элементы из К. находят широчайшее применение в радиотехнике и электронике — это пьезоэлектрич. стабилизаторы частоты (в т. ч. в кварцевых часах), фильтры, резонаторы, пьезодатчики, пьезопластинки в УЗ-установках и т. д. В техн. химии, в технологии кристаллизации и др. широко используются тигли, сосуды и др. изделия из плавленого К.

Лит.: Современная кристаллография, т. 2, М., 1979.

Б. К. Вайнштейн.

КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР — автогенератор эл.-магн. колебаний с колебат. системой, в состав к-рой входит кварцевый резонатор. Предназначен для получения колебаний с высокой стабильностью частоты.

Принцип построения электрич. схемы К. г. и его действия такие же, как и у обычных *генераторов электромагнитных колебаний*. Параметры колебат. системы выбирают так, чтобы бóльшая часть энергии была сосредоточена в кварцевом резонаторе. В этом случае генерируемая частота определяется гл. обр. высокостабильной собств. частотой кварцевого резонатора, к-рый является объёмной механич. колебат. системой, выполненной в виде пластины, кольца или бруска, вырезанных определённым образом из кристалла кварца. Такой *пьезоэлектрический резонатор* обладает очень малыми потерями энергии при колебаниях и высокой добротностью $\sim10^4\div10^5$. Кварцевый резонатор механически очень прочен, химически стоек, нечувствителен к влажности, его собств. частота мало зависит от темп-ры. Кроме того, кварцевый резонатор имеет малые размеры, что облегчает его защиту от внеш. воздействий.

К. г. обычно изготавливают на частоты от неск. кГц до 10—15 МГц; используя более сложные схемы, получают колебания на частотах до 100 МГц. К. г. имеют относит. уход частоты для небольших промежутков времени $\sim10^{-5}$, в то время как для лучших генераторов без кварца $\sim10^{-4}$. Тщательно выполненные К. г. с кварцевым резонатором, находящимся в вакууме при пост. температуре, позволяют получать уход частоты до 10^{-10} за сутки. Мощность К. г. не превышает обычно неск. Вт.

Лит.: Радиопередающие устройства, М., 1982.

М. Н. Андреевский.

КВАТЕРНИОНЫ — элементы множества $\mathbb{H}$, представимые в виде $q=\alpha_0 1+\alpha_1 i+\alpha_2 j+\alpha_3 k=(\alpha_0+\alpha_1 i)+(\alpha_2+ +\alpha_3 i)j$. Здесь $\alpha_0, \ldots, \alpha_3$ — веществ. числа, а $(1, i, j, k)$ — образующие базиса в $\mathbb{H}$, удовлетворяющие соотношениям:

$$1i=i,\ 1j=j,\ 1k=k,\ 1^2=1,\ i^2=j^2=k^2=-1,$$
$$ij=-ji=k,\ ki=-ik=j,\ jk=-kj=i. \qquad (1)$$

Обозначения принадлежат У. Гамильтону (W. R. Hamilton), открывшему К. в 1843. В его честь для обозначения множества всех К. употребляется буква $\mathbb{H}$. Соотношение (1) можно записать в более компактной форме: пусть e_0, e_1, e_2, e_3 — образующие, тогда

$$e_0^2=1,\ e_i^2=-1,\ e_ie_j=\varepsilon_{ijk}e_k\ (i, j=1, 2, 3) \qquad (1')$$

(ε_{ijk} — Леви-Чивиты символ).

Умножение К. q на скаляр α и сложение К. определяются так же, как и для обычных векторов. Можно ввести произведение двух К. $q=\alpha_ie_i$ и $q'=\beta_ie_i$ ф-лой $qq'==\sum_{i,j}\alpha_i\beta_je_ie_j$ (иногда выделяют скалярную и векторную части К.: $q=\alpha_0+V$, тогда умножение векторных частей определяется ф-лой $V_1V_2=-(V_1V_2)+[V_1V_2]$). Тем самым множество $\mathbb{H}$ превращается в алгебру (алгебру кватернионов). Из соотношений (1) следует, что $\mathbb{H}$ — некоммутативная, но ассоциативная алгебра. Алгебра $\mathbb{H}$ содержит в виде подалгебры поле веществ. чисел $\mathbb{R}=\{\alpha e_0\}$ и поле комплексных чисел $\mathbb{C}=\{\alpha e_0+\beta e_1\}$.

Алгебра $\mathbb{H}$ допускает изоморфное матричное представление с помощью *Паули матриц*:

$$e_0=\begin{pmatrix}1&0\\0&1\end{pmatrix},\ e_1=i\begin{pmatrix}0&1\\1&0\end{pmatrix},\ e_2=i\begin{pmatrix}0&i\\-i&0\end{pmatrix},\ e_3=i\begin{pmatrix}1&0\\0&-1\end{pmatrix}$$

(здесь $i=\sqrt{-1}$).

Для каждого К. $q=\alpha_0e_0+\alpha_1e_1+\alpha_2e_2+\alpha_3e_3$ определён сопряжённый К. $\bar q=\alpha_0e_0-\alpha_1e_1-\alpha_2e_2-\alpha_3e_3$ и норма $N(q)=q\bar q=\bar q q=\alpha_0^2+\alpha_1^2+\alpha_2^2+\alpha_3^2=|q|^2$. Обратным кватернионом является $q^{-1}=\bar q/|q|^2$. Каждый ненулевой К. имеет обратный. Алгебра с таким свойством называется алгеброй с делением. Алгебра $\mathbb{H}$ (наряду с полями $\mathbb{R}$ и $\mathbb{C}$) является единств. ассоциативной алгеброй с делением (теорема Фробениуса). Список алгебр с делением замыкает алгебра октонионов (октав, чисел Кэли) — 8-мерная алгебра, в к-рой нарушена ассоциативность произведения. Наряду с веществ. и комплексными числами в разл. вопросах теории представлений групп, топологии и физики можно использовать К. Вращение трёхмерного пространства можно задать при помощи К. с нормой 1 (аналогично тому, как вращение плоскости задаётся комплексным числом с модулем 1).

Лит.: Дубровин Б. А., Новиков С. П., Фоменко А. Т., Современная геометрия, 2 изд., М., 1986; Казанова Г., Векторная алгебра, пер. с англ., М., 1979.

М. И. Монастырский.

КЕЛДЫША—ФРАНЦА ЭФФЕКТ. При приложении электрич. поля к освещаемому полупроводнику в области его прозрачности (т. е. при энергии фотона $\hbar\omega$ меньше ширины запрещённой зоны $\mathscr{E}_g$ *полупроводника*) наблюдается поглощение света, а в области $\hbar\omega>\mathscr{E}_g$ возникают осцилляции коэф. поглощения (и отражения) как ф-ции приложенного поля E и частоты света ω.