

В т. I, на стр. 517, указаны дипольные моменты ряда веществ.

Большая диэлектрическая постоянная всегда свидетельствует о преобладающем влиянии ориентационного эффекта. Например, вода ($\epsilon=81$) является типичным полярным веществом с моментом

$$\mu_e = 1,85 \cdot 10^{-18} \text{ эл.-ст. ед. заряда} \cdot \text{см.}$$

В последние годы множество исследований было посвящено выяснению связи между химическим строением молекулы и величиной ее электрического момента. Для молекулярной физики и для многих отделов физической химии эти исследования имеют главенствующее значение, так как позволяют по химической формуле вещества предугадать поведение этого вещества в различных химико-технологических процессах.

Симметрично построенные молекулы обычно неполярны, т.е. не обладают жестким дипольным моментом. Так, близки к нулю дипольные моменты двухатомных газов H_2 , N_2 , молекул тетраэдрической симметрии CH_4 , CCl_4 ; неполярны также соединения парафинового ряда.

Ярко выраженными полярными веществами являются спирты и эфиры, имеющие дипольные моменты, в большинстве случаев близкие к вышеуказанному значению дипольного момента воды. Органические кислоты имеют дипольные моменты, близкие к величине $1,4 \cdot 10^{-18}$ эл.-ст. ед. заряда \cdot см. Кетоны имеют дипольный момент $2,7 \cdot 10^{-18}$.

В сложных органических молекулах некоторым сочетаниям атомов («химическим связям») часто соответствуют вполне определенные дипольные моменты. Так, например, радикал $\text{C}=\text{O}$ обладает дипольным моментом $0,7 \cdot 10^{-18}$, а радикал $\text{C}=\text{O}$ обладает моментом $2,3 \cdot 10^{-18}$ эл.-ст. ед. заряда \cdot см.

Поляризуемость атомов, как правило, приблизительно пропорциональна объему атома.

Элемент	F	Cl	Br	J	С	O
Поляризуемость $\alpha \cdot 10^{24} \text{ см}^3$	0,4	2,4	3,6	5,8	0,96	0,64

§ 23. Пьезоэлектрические и пироэлектрические явления

Поляризация кристаллического диэлектрика может происходить не только под действием электрического поля, но в случае некоторых кристаллов (из числа не имеющих центра симметрии) поляризация может быть вызвана механическим, а также и термическим воздействием. Электрическую поляризацию кристалла, вызванную его растяжением или сжатием, называют *пьезоэлектрическим эффектом* ¹⁾, а поляризацию, происходящую при изменении температуры, называют *пироэлектрическим эффектом* ²⁾.

¹⁾ От греч. *piezō* — да в лю.

²⁾ От греч. *pyrō* — огонь.

Пьезоэлектрические явления впервые были детально изучены братьями П. и Ж. Кюри (1880) на кристаллах турмалина и кварца. Эти явления можно наблюдать также на кристаллах сахара, сегнетовой соли, цинковой обманки и др. Наибольший эффект дают кристаллы сегнетовой соли, но практически применяются главным образом кристаллы кварца, обладающие большей прочностью.

Кристалл кварца имеет одну ось симметрии третьего порядка (эту ось называют «оптической осью») и три перпендикулярные к ней оси симметрии второго порядка, образующие между собой углы в 120° , — «электрические оси» (рис. 56). Для воспроизведения пьезоэлектрического эффекта из кристалла кварца вырезают прямоугольную пластинку с гранями, перпендикулярными к одной из электрических осей. Если такую пластинку сжимать или растягивать с боков (т. е. перпендикулярно к электрической оси — *поперечный эффект*), то на основных гранях пластинки вследствие поляризации появляются заряды противоположного знака, причем величина заряда строго пропорциональна сжимающей или растягивающей силе F :

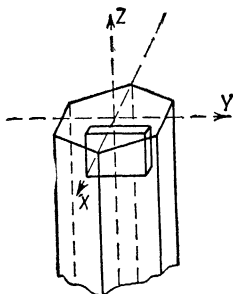


Рис. 56. Кристалл кварца.

Если такую пластинку сжимать или растягивать по толщине (т. е. параллельно электрической оси — *продольный эффект*), то на основных гранях пластинки появляются заряды, не зависящие от размеров пластинки:

$$Q = 6,45 \cdot 10^{-8} \frac{h}{l} F \text{ абс. эл.-ст. ед. заряда;}$$

здесь h — толщина пластинки, l — длина ее в направлении действия силы; h и l выражены в сантиметрах, F — в динах.

Если ту же пластинку сжимать или растягивать по толщине (т. е. параллельно электрической оси — *продольный эффект*), то на основных гранях пластинки появляются заряды, не зависящие от размеров пластинки:

$$Q = 6,45 \cdot 10^{-8} F \text{ абс. эл.-ст. ед. заряда.}$$

Если растяжение заменить на сжатие, то та грань пластинки, которая была заряжена положительно, теперь зарядится отрицательно, а другая грань пластинки, которая имела отрицательный заряд, получит положительный заряд. Переход от поперечной (по отношению к электрической оси) деформации — например, от поперечного растяжения — к продольной деформации (к продольному растяжению) также сопровождается переменой знаков зарядов (рис. 57).

Построен ряд приборов, где использован пьезоэлектрический эффект. Хорошо разработан и часто применяется *пьезоэлектрический манометр*: сочетание пьезокварца с электрическими приборами, которые позволяют усиливать и регистрировать колебания потенциала на пьезокварце, вызываемые изменениями давления. Этот метод точного, безынерционного измерения быстро меняющихся давлений

позволил разрешить ряд научных вопросов и нередко применяется в технике.

Пьезоэлектрический эффект обратим. А именно, если кварцевую пластинку — *пьезокварц* — поместить в электрическое поле (например, снабдив грани пластинки электродами и подведя к ним противоположные по знаку заряды), то пластинка деформируется по толщине и длине, как бы стремясь пьезоэлектрическим эффектом ослабить электрическое поле. Толщина пьезокварцевой пластинки изменяется пропорционально разности потенциалов, приложенной к граням пластинки.

Обратный пьезоэлектрический эффект (изменение размеров пьезокварца в электрическом поле) представляет собой частный случай более общего явления *электрострикции* — изменения размеров твердых и жидких диэлектриков при электрической поляризации.

Электрострикция пьезокварца используется по идее Ланжевена (1925 г.) для возбуждения ультразвуковых колебаний посредством *пьезокварцевых ультразвуковых генераторов*.

Явление п и р о з е л е к т р и ч е с т в а обнаруживается почти у всех кристаллов. Однако нередко наблюдению этого явления препятствует электропроводность кристалла, вследствие которой образующиеся при нагревании или охлаждении заряды быстро стекают, нейтрализуются. Электризация возникает только вследствие процесса нагревания и охлаждения, и поэтому она наблюдается тем легче, чем быстрее происходит нагрев или охлаждение. Количество возникающего электричества примерно пропорционально разности температур. Отношение количества пирозлектричества к разности температур, вызвавшей электризацию, называют *пирозлектрической постоянной*:

$$\gamma = \frac{Q}{T_2 - T_1}.$$

Впервые пирозлектрические явления были обнаружены на кристаллах турмалина, но оказалось, что у кристаллов моногидрата сернокислого лития пирозлектрическая постоянная в 20 раз больше, чем у турмалина.

Теория пирозлектрических и пьезоэлектрических явлений была создана в 1914 г. С. А. Богуславским.

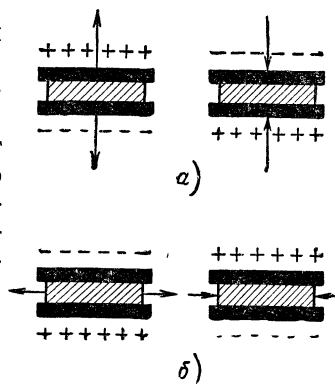


Рис. 57. *a* — поперечный пьезоэлектрический эффект; *b* — продольный пьезоэлектрический эффект.