



ЛАНЖЕВЕНА – ДЕБАЯ ФОРМУЛА

Авторы: В. С. Булыгин

ЛАНЖЕВЕНА – ДЕБАЯ ФОРМУЛА, соотношение, связывающее диэлектрическую проницаемость ε полярного диэлектрика с электрич. характеристиками составляющих его молекул. Получена П. [Дебаем](#) в 1912. Л. – Д. ф. имеет вид:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon - 2} = \frac{N}{3\varepsilon_0} (\alpha_0 + \alpha_{\text{дип}}),$$

где N – число молекул в единице объёма диэлектрика; ε_0 – электрич. постоянная; α_0 – поляризуемость отд. молекул ($\alpha_0 = p/E_{\text{лок}}$, где $E_{\text{лок}}$ – напряжённость локального электрич. поля, действующего на молекулы, p – дипольный момент молекул, возникающий вследствие их деформации в электрич. поле); в общем случае $\alpha_0 = \alpha_{\text{эл}} + \alpha_{\text{ион}}$, где $\alpha_{\text{эл}}$ – электронная поляризуемость, вызванная смещением электронной оболочки атома относительно ядра под действием поля, $\alpha_{\text{ион}}$ – ионная поляризуемость, обусловленная смещением ионов по отношению к др. ионам, $\alpha_{\text{дип}}$ – дипольная (ориентационная) поляризуемость, возникающая, если молекулы диэлектрика имеют постоянный дипольный момент p_0 в отсутствие внешнего электрич. поля и могут под действием локального электрич. поля свободно изменять свою пространственную ориентацию. Если диэлектрик состоит из молекул разл. сортов, то $N(\alpha_0 + \alpha_{\text{дип}})$ заменяется на $\sum_i N_i (\alpha_{0i} + \alpha_{\text{дип}i})$, где суммирование производится по всем сортам молекул.

П. Дебай получил для дипольной поляризуемости выражение:

$$\alpha_{\text{дип}} = \frac{p_0^2}{kT} \frac{L(x)}{x} \cong \frac{p_0^2}{3kT} \quad x = \frac{p_0 E_{\text{лок}}}{kT},$$

где k – постоянная Больцмана, T – абсолютная темп-ра, $L(x) = \text{cth}x - 1/x$ – функция,

введённая П. [Ланжевром](#) (1905) для расчёта намагничённости парамагнитных газов. Приближённое равенство в выражении (2) выполняется с относит. погрешностью, не превышающей $\rho_0 E_{\text{лок}} / (15kT)$.

Подстановка приближения (2) в (1) с учётом равенства $N = N_A \rho / M$ приводит Л. – Д. ф. для диэлектрика, состоящего из молекул одного сорта, к виду:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon - 2} \frac{M}{\rho} = \frac{N_A}{3\epsilon_0} \alpha_0 + \frac{\rho_0^2}{3kT},$$

где M – мольная масса, ρ – плотность диэлектрика, N_A – постоянная Авогадро. Измерения температурной зависимости левой части формулы (3) позволяют определить ρ_0 и α_0 отд. молекулы диэлектрика.

Л. – Д. ф. выполняется и для диэлектриков, находящихся в переменном электрич. поле, т. к. дипольные моменты молекул ещё успевают ориентироваться вслед за полем вплоть до СВЧ-диапазона. В более высокочастотных микроволновом и ИК-диапазонах $\alpha_{\text{дип}} = 0$ (как и для неполярных диэлектриков с $\rho_0 = 0$) и Л. – Д. ф. переходит в [Клаузиуса – Моссотти формулу](#), а в видимом и УФ-диапазонах (когда уже и ионы не успевают смещаться вслед за полем и $\alpha_{\text{ион}} = 0$) переходит в [Лоренца – Лоренца формулу](#).

При выводе Л. – Д. ф. предполагается, что молекулы находятся в локальном поле, описываемом формулой Лоренца: $E_{\text{лок}} = E_{\text{ср}} + P / (3\epsilon_0)$, где $E_{\text{ср}}$ – ср. напряжённость электрич. поля в диэлектрике, P – вектор поляризации диэлектрика. Это справедливо для изотропных диэлектриков (газы и пары при низких давлениях или слабые растворы полярных диэлектриков в неполярных растворителях, для которых и применима Л. – Д. ф.), а также для твёрдых диэлектриков с кубич. кристаллич. структурой, для которых применимы предельные случаи Л. – Д. ф.: формула Клаузиуса – Моссотти или формула Лоренца – Лоренца.

Литература

Лит.: Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978.

