

исчезает при выключении поля. Понятие Π , как правило, не относят к частицам, обладающим постоянным дипольным моментом (напр., к полярным молекулам).

В относительно слабых электрич. полях

$$p = \alpha E; \quad (1)$$

коэф. α также наз. Π , он является её количеств. мерой (имеет размерность объёма). Для атомных систем, напр. нек-рых молекул, Π может быть анизотропной. В этом случае зависимость $p(E)$ более сложная:

$$p_i = \sum_j \alpha_{ij} E_j,$$

где $\|\alpha_{ij}\|$ — симметричный тензор 2-го ранга, $i, j = x, y, z$. В сильных электрич. полях зависимость $p(E)$ перестаёт быть линейной.

Для изолированной i -й частицы (напр., молекулы разреженного газа) значение напряжённости поля E_i (поля в месте нахождения частицы) совпадает с напряжённостью внеш. поля $E_{\text{внеш}}$. Для частиц жидкости или кристалла к $E_{\text{внеш}}$ добавляется $E_{\text{внутр}}$ — поле, создаваемое зарядами др. частиц, окружающих данную (локальное поле).

При включении поля момент p появляется не мгновенно; время установления p для каждого типа частиц различно в зависимости от их физ. природы и характеризуется временем релаксации τ .

Наиб. применение понятие Π получило в физике диэлектриков. Здесь оно определяет поляризацию среды P , диэлектрич. восприимчивость χ , диэлектрич. проницаемость ϵ . В простейшем случае

$$P = \sum_i p_i = \sum_i \alpha_i E_i;$$

$$\chi = \alpha N; \quad \epsilon = 1 + 4\pi \alpha N$$

(сумма берётся по всем N частицам в единице объёма). Понятие Π используется в физике молекул и физ. химии. Результаты измерений p, ϵ, χ, P и оптич. характеристик среды всегда содержат информацию о Π составляющих её частиц.

Случаю статич. поля E отвечает статич. значение Π , являющееся одной из важных индивидуальных характеристик частиц. В перем. поле E (напр., в простейшем случае гармонич. зависимости E от времени) Π зависит от частоты ω колебаний поля и её удобно представить в виде комплексной величины: $\alpha(\omega) = \alpha_1(\omega) + i\alpha_2(\omega)$. Конкретный характер поведения Π в таком поле зависит прежде всего от времени релаксации τ . При достаточно низких частотах ω и коротких τ момент p устанавливается практически синфазно с изменением поля. При очень высоких ω или больших τ момент p может вообще не возникать; частица «не чувствует» присутствия поля, Π отсутствует. В промежуточных случаях (особенно при $\omega \sim 1/\tau$) наблюдаются явления дисперсии и поглощения и зависимость $\alpha(\omega)$ носит чётко выраженный и иногда весьма сложный характер.

Различают следующие виды Π .

Электронная Π . ($\alpha_{\text{эл}}$) обусловлена смещением в поле E электронных оболочек относительно атомных ядер. Величина α для атомов и ионов порядка их объёма ($\sim 10^{-24}$ см³), а $\tau \sim 10^{-14} - 10^{-15}$ с. Электронная Π имеет место во всех атомах и атомных системах, но в ряде случаев может маскироваться из-за малой величины другими, более сильными видами Π .

Ионная Π . ($\alpha_{\text{и}}$) в ионных кристаллах обусловлена упругим смещением в поле E разноимённых ионов из их положений равновесия в противоположных друг относительно друга направлениях. В простейшем случае ионных кристаллов типа NaCl величина

$$\alpha_{\text{и}} = \frac{Z_e^2}{\omega^2 - \omega_0^2} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}, \quad (2)$$

где m_1 и m_2 — массы ионов, Z_e — их заряд, ω_0 — собств. частота упругих колебаний ионов кристалла (оптич. ветвь), ω — частота внеш. поля (для статич. поля $\omega = 0$). Время релаксации $\tau \sim 10^{-12} - 10^{-13}$ с (частота релаксации $\omega_{\text{рел}} = 1/\tau$ лежит в ИК-области спектра).

Атомная Π . ($\alpha_{\text{ат}}$) молекул обусловлена смещением в поле E атомов разного типа в молекуле (что связано с несимметричным распределением в молекуле электронной плотности). Этот вид Π обычно составляет $\sim (1/10)\alpha_{\text{эл}}$, $\tau \sim 10^{-12} - 10^{-13}$ с. Иногда атомной Π называют также Π , связанную со смещением электронов, обеспечивающих ковалентные связи в кристаллах типа алмаза (Ge, Si). Температурная зависимость всех этих видов Π , особенно $\alpha_{\text{эл}}$, слабая (с ростом T Π несколько уменьшается).

В физике диэлектриков все виды поляризации связывают с тем или иным видом Π . Помимо перечисленных здесь вводятя и др. виды Π , наиб. важные из них — ориентационная и релаксационная. Характерная особенность этих видов Π — резкая зависимость от темп-ры, что позволяет выделить их при эксперим. определениях.

Ориентационная Π . ($\alpha_{\text{ор}}$) вводится для полярных диэлектриков (газов, жидкостей), состоящих из молекул с пост. дипольными моментами, а также и для кристаллов, в к-рых дипольные моменты могут поворачиваться. Если диэлектрик состоит из одинаковых молекул, имеющих пост. дипольный момент p_0 , то ориентац. Π $\alpha_{\text{ор}}$ определяется как ср. значение поляризации $P = \sum_i p_0 E_i$, отнесённое к одной молекуле ($p_0 E_i$ — проекция момента p_0 i -й молекулы на направление поля E), т. е.

$$\alpha_{\text{ор}} = \sum_i p_0 E_i / N.$$

Ориентация p_0 в поле E нарушается тепловым движением, поэтому $\alpha_{\text{ор}}$ сильно зависит от темп-ры:

$$\alpha_{\text{ор}} = p_0^2 / 3kT.$$

Релаксационная Π . (тепловая; $\alpha_{\text{рел}}$) вводится обычно для ионных кристаллов, где у слабо связанных ионов имеются два (или более) равновесных положения, к-рые в поле E становятся неравновесными, что приводит к появлению поляризации среды и, следовательно, к возможности ввести среднюю (на ион) Π . Расчёт (подтверждаемый опытом) даёт: $\alpha_{\text{рел}} = Z_e^2 b / 12kT$, где b — расстояние между равновесными положениями ионов.

Для этих видов Π значения τ лежат в широком диапазоне ($\sim 10^{-2} - 10^{-12}$ с) и сильно зависят от темп-ры и др. внеш. условий. В случае переменных полей $\alpha_{\text{ор}}$ и $\alpha_{\text{рел}}$ зависит от частоты внеш. поля так же, как др. виды Π . При рассмотрении поляризации гетерогенных диэлектриков понятие Π обычно не используется.

В литературе по физике диэлектриков Π иногда наз. коэф. пропорциональности χ между P и E ($P = \chi E$), т. е. диэлектрич. восприимчивость.

Для относительно простых систем связь между электронной Π и макроскопич. характеристиками вещества описывается Лоренца — Лоренца формулой или Клаузиуса — Мосотти формулой, а с учётом $\alpha_{\text{ор}}$ — Ланжевена — Дебая формулой и их усложнёнными модификациями. Эти зависимости — основа для эксперим. определений α . Ионную Π определяют по ф-лам типа (2). Сопоставление опытных и теоретич. данных для поглощения и дисперсии эл.-магн. волн, диэлектрич. потерь и т. д. даёт информацию как о Π , так и о ходе её изменений с частотой внеш. поля. Свойства (и эффекты, в к-рых они проявляются) многих молекул и их систем (в частности, анизотропные) часто обусловлены их Π и Π , составляющих их частиц. Примерами таких свойств в эффектах являются поляризация и рассеяние (в т. ч.