

В общем случае в диэлектрике могут реализоваться оба механизма поляризации: под действием поля диполи ориентируются и одновременно «растягиваются», т. е. растет их момент. Электронная поляризация является внутримолекулярным или внутриатомным процессом, не зависящим от температуры. Приращение момента диполя пропорционально E :

$$\Delta p = \beta \epsilon_0 E; P_{\text{эл}} = N \beta \epsilon_0 E = \alpha_{\text{эл}} \epsilon_0 E,$$

где β — поляризуемость молекулы. В общем случае восприимчивость α имеет соответственно ориентационную и электронную компоненты $\alpha_{\text{ор}} + \alpha_{\text{эл}}$, результирующая поляризация равна:

$$P = P_{\text{ор}} + P_{\text{эл}} = \frac{N p^2}{3kT} E + N \beta \epsilon_0 E = \alpha \epsilon_0 E.$$

Для диэлектрической проницаемости в этом случае имеем:

$$\epsilon = 1 + \alpha = 1 + N \left(\frac{p^2}{3\epsilon_0 kT} + \beta \right). \quad (57.9)$$

§ 58. УПРУГО СВЯЗАННЫЙ ЭЛЕКТРОН

В предложенной английским физиком Дж. Дж. Томсоном в 1903 г. гипотезе о строении атома впервые в истории физики выдвигалась научно обоснованная модель атома. Эта модель пользовалась в свое время всеобщим признанием вплоть до 1912 г., когда Резерфорд своими работами по рассеянию α -частиц атомами показал, что она не соответствует действительности.

Основываясь на своей модели, Томсон впервые смог дать физическую картину элементарного микроисточника света.

Томсону надо было показать, что электроны в его модели удерживаются в положении равновесия квазиупругой силой. Поэтому модель Томсона часто называют моделью упруго связанного электрона.

Наиболее простым вариантом такой модели является атом с одним электроном, положение равновесия которого совпадает с центром атома. Поскольку атом в целом нейтрален, то положительный заряд такого атома равен элементарному заряду e . По предположению этот заряд размазан по всему объему атома — шарик с радиусом a . При возбуждении атома (электронным ударом, тепловым движением, воздействием света) электрон смещается из положения равновесия. Требуется показать, что на электрон, смещенный из положения равновесия на расстояние $x \leq a$, действует квазиупругая сила $f = m\ddot{x} = -kx$, где k — коэффициент квазиупругой силы, связанный с частотой известным соотношением:

$$\omega = 2\pi\nu = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

При доказательстве мы пользуемся выводом, полученным при решении задачи (упр. 10) о поле сферического слоя, равномерно заряженного по объему. На электрон, расположенный на расстоянии x от центра атома, действует только положительный заряд шара радиусом x . Напряженность поля сферического слоя, внешнего по отношению к электрону, в месте расположения электрона равна нулю. Заряд шара радиусом x действует на электрон так же, как точечный заряд такой же величины, расположенный в центре шара, т. е. в центре атома; поэтому величина этой силы может быть вычислена по закону Кулона.

Объемная плотность положительного заряда равна $\frac{e}{\frac{4}{3}\pi a^3}$,

поэтому заряд шара радиусом x равен $\frac{4}{3}\pi x^3 \frac{e}{\frac{4}{3}\pi a^3} = \frac{ex^3}{a^3}$. Отсюда

согласно закону Кулона получаем силу притяжения электрона к центру атома:

$$f = -\frac{ex^3}{4\pi\epsilon_0 a^3} \cdot \frac{e}{x^2} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a^3} x. \quad (58.1)$$

В данном случае знак силы определяется отрицательным знаком заряда электрона. Следовательно, на смещенный из положения равновесия электрон действует квазиупругая возвращающая сила, что является, как уже указывалось выше, условием гармонического колебания электрона, с которым связано излучение электромагнитных волн. Коэффициент перед x в (58.1) представляет собой, очевидно, коэффициент квазиупругой силы:

$$k = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a^3} = m\omega^2. \quad (58.2)$$

По известной частоте, характеризующей спектральную линию, из формулы (58.2) можно определить порядок размера атома. Полагаем частоту света $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = 5 \cdot 10^{14}$ Гц, тогда

$$a = \sqrt[3]{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m 4\pi^2 \nu^2}} \approx 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см.}$$

Томсон получил правильную величину «размеров» атомов, однако считать, что таковы размеры объема, занятого положительным зарядом в атоме, было ошибочным. Опытами Резерфорда было показано, что положительный заряд атома сосредоточен в ядре, линейные размеры которого в несколько десятков тысяч раз меньше размеров атома.

§ 59. ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Рассмотрим вопрос об излучении упруго связанного колеблющегося электрона.

Пусть во время возбуждения электрон был «подброшен» до границы атома, т. е. удален от положения равновесия на рас-