

VIII. ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИИ ЛОРЕНЦА

§ 52. ОГРАНИЧЕННОСТЬ МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

При всей грандиозности воздвигнутого Максвеллом и его последователями здания классической теории поля в этой теории отчетливо проявляется недостаток феноменологической трактовки взаимодействия поля с веществом. Как уже ранее указывалось (§ 1), атомистическая структура вещества в макроскопической теории не учитывается. Индивидуальные свойства веществ учитываются введением величин ϵ , μ , γ , которые, несомненно, представляют собой усредненные значения микрофизических характеристик веществ, в природу которых макроскопическая теория не вникает. В теории предполагается, что для каждого однородного вещества указанные величины — константы, не зависящие от особенностей поля (его величины и частоты).

Ограниченность такого предположения может быть показана на ряде примеров. Рассмотрим один из них. Как известно, Максвелл вывел для показателя преломления света соотношение $n = \sqrt{\epsilon\mu}$, которое для подавляющего большинства веществ (при $\mu = 1$) приобретает более простой вид: $n = \sqrt{\epsilon}$. Данное соотношение действительно подтвердилось для широкого круга веществ. Однако в ряде случаев наблюдаются резкие расхождения между экспериментальными и теоретическими значениями показателя преломления. Так, например, для воды $\epsilon = 81$, откуда ее показатель преломления должен быть $n = 9$. Между тем показатель преломления воды $n = 1,33$!

Поясним причину этого расхождения. При прохождении через диэлектрик электромагнитная волна вызывает переменную поляризацию. Полагая, что поляризация пропорциональна полю ($\vec{P} = \alpha \epsilon_0 \vec{E}$), теория не учитывает реальных свойств микроскопических носителей поляризации, свойств молекул. Если молекулы диэлектрика представляют собой жесткие диполи, которые под действием поля устанавливаются по направлению поля (ориентационный механизм), то в быстро переменных полях молекулы в связи с наличием определенного момента инерции не успевают следовать за быстрыми изменениями поля. Поэтому диэлектрик при данном мгновенном значении напряженности переменного поля поляризован гораздо слабее, чем в постоянном поле той же напряженности. В результате значения диэлектрической проницаемости ϵ , а следовательно, и показателя преломления n в

диэлектриках с ориентационным механизмом поляризации (вода, спирты и др.) быстро падают с ростом частоты колебаний поля.

В диэлектриках с электронным механизмом поляризации молекулы обладают собственной частотой колебаний. Очевидно, что амплитуда колебаний зарядов в молекуле должна существенно зависеть от соотношения частот собственных колебаний и колебаний поля падающей волны. Вблизи резонанса эта амплитуда, естественно, резко возрастает.

Таким образом, здесь выявляется, что степень поляризации, а следовательно, и значения ϵ и n зависят не только от амплитуды электрического вектора волны, но и от частоты его колебаний ν . Поскольку макроскопическая теория не учитывает связи между показателем преломления n и частотой ν , она бессильна объяснить явление дисперсии.

При низких частотах (например, при радиочастотах) зависимость от частоты в обоих случаях менее значительна и формула Максвелла для показателя преломления приводит к правильным результатам.

Можно утверждать, что макроскопическая теория во всей строгости применима к электромагнитным полям в вакууме. При исследовании полей в веществе следует, вообще говоря, обратиться к уравнениям электронной теории. Впрочем, для длинных волн (радиоволн) точность теории вполне удовлетворяет всем требованиям практики, и здесь она применима без каких-либо ограничений.

§ 53. ВВЕДЕНИЕ В МИКРОСКОПИЧЕСКУЮ ЭЛЕКТРОДИНАМИКУ

В этой главе рассматриваются основы микроскопической электродинамики (классической электронной теории), которые в главных чертах были заложены на рубеже нашего века голландским ученым Г. Лоренцом. Электронная теория является последовательным развитием макроскопической электродинамики.

Основная задача электронной теории состоит в исследовании взаимодействия электромагнитного поля с веществом с учетом его атомно-молекулярной структуры.

В отличие от макроскопической теории поля, в которой заряды играют явно второстепенную роль (роль особых точек, в которых $\text{div } \vec{E} \neq 0$), микроскопическая теория рассматривает вещество как систему положительных и отрицательных электрических зарядов. Эти заряды взаимодействуют между собой через посредство их полей.

Со времени обоснования электронной теории представления о строении атома подвергались неоднократным изменениям, что нагляднее всего выражается в смене общепринятых «моделей» атома. Модель атома, предложенная Дж. Дж. Томсоном (1903)