

ГЛАВА 8

ПОЛЯРИЗАЦИЯ

8.1. Введение

В главе 7 было показано, что направления электрического и магнитного полей в электромагнитной плоской волне перпендикулярны направлению распространения \hat{z} (и друг другу). Оси \hat{x} и \hat{y} перпендикулярны \hat{z} , а поперечное поле волны всегда можно разложить на две независимые составляющие, параллельные этим осям. Амплитуды и фазы составляющих в общем случае будут различны. *Состояние поляризации* гармонической бегущей волны определяется соотношением амплитуд и фаз независимых составляющих E_x и E_y .

Взаимодействие электромагнитной волны с веществом зависит от ее состояния поляризации. Например, если мы найдем вещество, в котором заряженные частицы могут свободно смещаться в направлении оси \hat{x} и неподвижны в направлении \hat{y} , то в таком веществе компонента E_x падающей волны будет совершать работу над заряженной частицей, а компонента E_y работу не совершит. Энергия электромагнитного излучения, связанная с E_x , уменьшится (часть ее превратится в кинетическую энергию заряженных частиц и, в конечном счете, из-за столкновений между частицами — в тепло), в то время как амплитуда E_y от прохождения волны через вещество не изменится. Существуют вещества, которые могут менять разность фаз компонент E_x и E_y (но не вызывают заметного затухания этих компонент). В результате таких *асимметричных* (относительно E_x - и E_y -компонент) *взаимодействий* состояние поляризации электромагнитного излучения изменяется. Этот факт имеет много важных последствий. Зная, как вещество взаимодействует с излучением, мы можем определить состояние поляризации излучения, и, наоборот, наблюдая, как вещество меняет состояние поляризации, мы получаем возможность судить о его свойствах. Например, направление магнитного поля в «нашем» спиральном плече Галактики стало известно благодаря изучению зависимости поляризации радиоволн внегалактических источников от направления на источники и от длины волны излучения *).

*) См. G. L. Berge, G. A. Seielstad, Scientific American, p. 46 (June 1965).

Очевидно, что понятие поляризации применимо только к тем волнам, которые имеют по крайней мере два независимых направления поляризации. Рассмотрим, например, звуковую волну, распространяющуюся в воздухе вдоль \hat{z} . Если для такой волны известны частота, амплитуда и фаза, то волна определена. Мы знаем, что в звуковой волне смещение происходит вдоль направления распространения волны, т. е. что звуковые волны продольны. В этом случае нет необходимости говорить о продольно-поляризованной волне. Понятие *поляризации* мы «прибережем» для более сложного случая, когда имеются по крайней мере два независимых направления поляризации. У звуковых волн в *твердом теле* или у волн в «пружинке» *) имеются три возможных состояния поляризации — одно продольное и два поперечных. В этом случае можно говорить о волнах с продольной поляризацией или о двух волнах с различной поперечной поляризацией. В общем случае волна может быть суперпозицией всех трех состояний поляризации.

8.2. Описание состояний поляризации

Волны представляют собой физические величины, отклонения которых от положения равновесия меняются в зависимости от координат и времени. Отклонение от положения равновесия (смещение) может быть описано вектором $\psi(x, y, z, t)$. Мы обычно рассматривали плоские волны, для которых функция ψ зависит от z и t : $\psi = \psi(z, t)$, причем направление распространения совпадало с направлением оси z . (Мы имеем в виду как стоячие, так и бегущие волны.) Как правило, наиболее интересными физическими свойствами обладают производные смещения $\partial\psi(z, t)/\partial t$ и $\partial\psi(z, t)/\partial z$. Мы убедились в этом на примере волн в струне и звуковых волн, для которых смещение $\psi(z, t)$ имеет смысл смещения частиц среды от положения равновесия.

В общем случае вектор смещения в плоской волне, распространяющейся вдоль \hat{z} , может быть записан в виде

$$\psi(z, t) = \hat{x}\psi_x(z, t) + \hat{y}\psi_y(z, t) + \hat{z}\psi_z(z, t). \quad (1)$$

Для поперечных волн в струне вектор ψ имеет только x - и y -компоненты. В этом случае волна называется *поперечно-поляризованной*. (В струне могут также распространяться продольные волны, обусловленные изменением натяжения и продольной скорости частиц струны.) Для звуковых волн в воздухе смещение ψ совпадает с направлением \hat{z} . Такие волны называют продольными, но обычно к ним не применяют термин продольно-поляризованных волн. (Мы знаем, что в трубе можно создать и поперечные звуковые волны. Эти поперечные волны могут рассматриваться как продольные волны, которые не бегут вдоль трубы, а отражаются от одного конца трубы к другому. В этом случае волна распространяется вдоль

*) См. сноску на стр. 24.