



ДИСПЕРСИЯ ВОЛН

Авторы: Г. В. Пермитин

ДИСПЕРСИЯ ВОЛН, зависимость фазовой скорости гармонич. волн от частоты (длины волны) и, как следствие, изменение формы произвольных (негармонич.) волновых возмущений в процессе их распространения. Термин «дисперсия» был введён в физику И. [Ньютоном](#) в 1672 при описании разложения пучка белого света в цветовой спектр при преломлении в стеклянной призме. Волновая концепция объясняет это явление зависимостью скорости распространения монохроматич. волн от частоты (цвета). В результате под Д. в. понимают именно эту зависимость, относя к следствиям Д. в. такие физич. эффекты, как расплывание (или, наоборот, сжатие) волновых пакетов, различие фазовой и групповой скоростей, неравномерное (ускоренное) движение волновых фронтов и т. д.

Традиционное описание Д. в. основано на представлении произвольного волнового поля в линейных однородных системах в виде совокупности гармонич. [нормальных ВОЛН](#)

$A \exp(i\omega t - i\mathbf{k}\mathbf{r})$, где

A – амплитуда волны,

ω – циклич. частота,

\mathbf{k} – волновой вектор,

\mathbf{r} – радиус-вектор,

t – время. Циклич. частоты

ω и волновые векторы

\mathbf{k} нормальных волн связаны [дисперсионным уравнением](#):

$\omega = \omega(\mathbf{k})$. Д. в. имеет место, если это соотношение не является прямо

пропорциональной зависимостью. Осн. понятия при анализе Д. в. – фазовая

$v_{\text{ф}} = \omega/(\mathbf{k})$ и групповая

$v_{гр} = \omega / k$ скорости. Они различаются между собой по величине, а в анизотропных средах и по направлению; совпадают лишь при отсутствии Д. в. С фазовой скоростью переносятся «бугры» и «впадины» несущей (квазигармонич.) волны в направлении волнового вектора

k . Фазовая скорость

$v_{ф}$ электромагнитных волн может быть как меньше, так и больше скорости света c в вакууме. Модуляция несущей (амплитудная или фазовая), плавные огибающие волновых пакетов и энергия волн переносятся с групповой скоростью, которая всегда меньше

c . Групповая скорость является понятием приближённым, поскольку Д. в. приводит к искажению огибающей волновых пакетов и их фазовой структуры. На трассах распространения длиной

$$L > l_0^2 / (v_{гр} / \omega), \text{ где } l_0$$

l_0 – исходная длина волнового пакета, Д. в. приводит к расплыванию волнового пакета. Д. в. приводит к расплыванию волнового пакета.

Д. в. объясняется инерционностью и нелокальностью формирующих волну взаимодействий. Практически во всех реальных системах отклик на кратковременное воздействие растянут во времени и размыт в пространстве. Соответствующие характерные времена инерционности и масштабы нелокальности определяются либо микропроцессами в диспергирующей среде (колебаниями атомов и молекул, их тепловым движением и т. п.), либо переотражениями на макроскопич.

неоднородностях и границах волноводной системы. В ряде случаев инерционность и нелокальность проявляются независимо; при этом различают временную и пространственную дисперсию соответственно. Однако в большинстве случаев Д. в. определяется физич. величинами, не имеющими размерности времени или длины.

Напр., для волн на поверхности глубокой воды параметром дисперсии является ускорение свободного падения

$$g(\omega^2 = g), \text{ для } \textit{волн де Бройля} - \text{ отношение постоянной Планка}$$

\hbar к массе

m частицы

$$(\omega = \sqrt{2\hbar/m}).$$

В неоднородных средах и системах в сочетании с рефракцией, отражением, дифракцией, рассеянием, нелинейностью волн Д. в. приводит к необозримому множеству физич. явлений и эффектов, наблюдаемых в природе и широко используемых в технике и науч. экспериментах.

Литература

Лит.: Мандельштам Л. И. Полн. собр. трудов. М., 1950. Т. 5; Карпман В. И. Нелинейные волны в диспергирующих средах. М., 1973; Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М., 1977; Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухоруков А. П. Теория волн. М., 1979.

Processing math: 100%