

1 Плоская монохроматическая волна

Волна — изменения состояния среды, распространяющееся в данной среде и переносящее с собой энергию. С понятием волны тесно связано понятие физического поля. Поле характеризуется некоторой функцией, определенной в заданной области пространства и времени. Изменение в пространстве и времени большинства полей представляют собой волновой процесс. Монохроматической волной уазывается волна, в которой поле зависит от времени t

$U(\vec{r}, t) = A \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r} + \phi)$, где A - действительная амплитуда, ω - циклическая частота, ϕ - начальная фаза, \vec{k} - заданный волновой вектор ($\vec{k} = k_x \vec{e}_x + k_y \vec{e}_y + k_z \vec{e}_z$), $\theta = (\omega t - \vec{k}\vec{r} + \phi)$ - полная фаза поля

2 Волновое уравнение

$\nabla U - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{U}}{\partial t^2} = 0$ - волновое уравнение без поглощения

$\nabla U - \beta \frac{\partial \vec{U}}{\partial t} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{U}}{\partial t^2} = 0$ - волновое уравнение с поглощением

Описывает распространение волн различной природы в среде без диссипации. U - компонента электрического поля / магнитного поля / скорость / потенциал, c - имеет смысл фазовой скорости, β - коэффициент диссипации (учитывает, например, потери в вязкой среде или на нагрев)

Решение - в виде плоской монохроматической волны $U = U_0 e^{(i\omega t - i\vec{k}\vec{r})}$, если выполнено $\frac{\omega^2}{k^2} = c^2$

3 Фазовая и групповая скорости

$\vec{V}_\phi = \frac{\omega}{k^2} \vec{k} = \frac{\omega}{k}$ - фазовая скорость (скорость перемещения поверхности постоянной фазы)

$\vec{V}_{\text{гр}} = \left. \frac{\partial \omega}{\partial \vec{k}} \right|_{\vec{k}_0}$ - групповая скорость в точке \vec{k}_0 (скорость расширения огибающей квазимонохроматического волнового пакета); \vec{k}_0 - несущий волновой вектор - максимум спектра квазимонохроматического сигнала

Сигнал перемещается как целое со скоростью $\vec{V}_{\text{гр}}$????????????, скорость движения огибающей этого импульса - $\vec{V}_{\text{гр}}$

4 Уравнение непрерывности и уравнение Эйлера

5 Скорость звука. Вектор Умнова. Плотность энергии в звуковой волне

6 Уравнение Ламэ

$\rho_0 \frac{\partial^2 \vec{U}}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \nabla \text{div} \vec{U} + \mu \Delta \vec{U}$ - уравнение движения физически бесконечно малого объема

изотропного (движение в любых направлениях) упругого тела при малых деформациях ρ_0 - плотность до деформации, μ - модуль сдвига, $\lambda = K - \frac{2}{3}\mu$ - коэффициент Ламэ, K - модуль всестороннего сжатия, $\vec{U}(\vec{r}, t)$ - вектор смещения элемента сплошной среды при деформации μ и K - переобозначения модулей упругости Юнга и Пуассона

7 Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах

8 Граничные условия для векторов ЭМ поля

9 Вектор Пойнтинга. Плотность энергии ЭМ поля в вакууме

$S = \frac{c}{4\pi} [\vec{E} \times \vec{H}]$ - плотность потока энергии СГС: $\left[\frac{\text{эрг}}{\text{с} \cdot \text{см}^2} \right]$ СИ: $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \right]$

$|S|$ - энергия, переносимая ЭМ волной через единичную площадку ($\perp S$) в единицу времени ???

10 Основные параметры плазмы (плазменная частота и дебаевский радиус)

$r_{De} = \sqrt{\frac{kT_e T_i}{4\pi N e^2 (T_e + T_i)}} = \sqrt{\frac{kT}{4\pi N e^2}}$ - расстояние, за которое волна спадет в e раз при прохождении через плазму / расстояние, которое проходит \vec{e} в плазме за время, порядка $\tau_p = \frac{2\pi}{\omega_p}$

СИ: $[K \cdot \text{Дж}]$ T_e - температура электронов, T_i - температура ионов, N , e и m - концетрация электронов а также их заряд и масса, $k = \frac{R}{N_a}$, $N_a = \frac{m}{M}$

???

$\omega_p = \frac{4\pi e^2 N}{m}$ - плазменная частота, СИ: $\left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$???

Это частота собственных продольных колебаний пространственного заряда в однородной плазме в отсутствие магнитного поля

11 Комплексная диэлектрическая проницаемость холодной изотропной плазмы

Диэлектрическая проницаемость показывает, во сколько раз сила взаимодействия двух электрических зарядов в конкретной среде меньше, чем в вакууме, для которого она равна 1

$\mathcal{E}(\omega) = 1 - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega(\omega - i\nu_e)} - \chi$, где $\chi = \frac{\omega_{pi}^2}{\omega(\omega - i\nu_i)}$ - ионная составляющая, которой можно пренебречь

Вводятся абсолютная (\mathcal{E}_a) и относительная (\mathcal{E}_r) проницаемости. Величина \mathcal{E}_r безразмерна, а \mathcal{E}_a

по размерности совпадает с электрической постоянной \mathcal{E}_0 - СИ: $\left[\frac{\text{фарад}}{\text{м}} \right]$