1 Плоская монохроматическая волна

Волна — изменениt 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

$U(\vec{r},t) = Acos(\omega t - \vec{k}\vec{r} + \varphi)$, где A - действительная амплитуда, ω - циклическая частота, φ - начальная фаза, $\vec{k}$ - заданный волновой вектор ($\vec{k} = k_x\vec{e}_x + k_y\vec{e}_y + k_z\vec{e}_z$), $\theta = (\omega t - \vec{k}\vec{r} + \varphi)$ - 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 / магнитоного поля / скорость / потенциал, c - имеет смысл фазовой скорости волны, β - коэффициент диссипации (учитывает, например, потери в вязкой среди или на нагрев)

Решение - в виде плоской монохроматической волны $U = U_0e^{(i\omega t - ik\vec{r})}$, если выполнено $\frac{\omega^2}{k^2} = c^2$

3 Фазовая и групповая скорости

$\vec{V_{\text{ф}}} = \frac{\omega}{k^2}\vec{k} = \frac{\omega}{k}$ - фазовая скорость (скорость перемещения поверхности постоянной фазы)

$\vec{V_{\text{гр}}} = \frac{\partial\omega}{\partial\vec{k}}\Big|_{\vec{k_0}}$ - 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

$\frac{\partial\rho}{\partial t} + div(\rho\vec{V}) = 0 \quad \frac{\partial\rho}{\partial t} + \vec{V}\nabla\rho + \rho div(\vec{V}) = 0 \quad \frac{\partial\rho}{\partial t} + \rho div(\vec{V}) = 0$

Уравнение непрерывности выражает закон сохранения массы

$\vec{V}(\vec{r},t)$ - поле скоростей среды, $\mathbf{V} = \frac{1}{\rho}$ - объем на единицу массы, $[\rho] = \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$

$\rho\left(\frac{\partial\vec{V}}{\partial t} + (\vec{V}\nabla)\vec{V}\right) = \vec{f} - \nabla p$ - уравн. Эйлера (движение идеал. жидкости в поле внешней силы)

ρ - плотность жидкости, p - давление, $\vec{V}$ - вектор скорости, $\vec{f}$ - плотность объемной силы

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

$\sqrt{\frac{\gamma kT_0}{m}} = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}\Big|_{\rho_0}} = C_s = \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M}}$ - адиабатическая скорость звука ($V_{\text{ф}}$ для звуковой волны)

$\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ - показатель адиобаты для идеального газа, T_0 - равновесное значение температуры, M - молярная масса, R - универсальная газовая постоянная $\left(8.31\left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}\right]\right)$, k - постоянная Больцмана $\left(1.38\cdot10^{-23}\,[\text{Дж}\cdot\text{К}]\right)$

$W = \frac{\rho_0V^2}{2} + \frac{p_1^2}{2\rho_0 c_s^2}$ - плотность энергии звуковых волн в единице объема СИ: $\left[\frac{\text{Дж}^2}{\text{м}^3}\right]$

ρ_0 - равновесное значение плотности, p_1 - добавочное значение давления: $p = p_0 + p_1$, $\vec{V}$ - скорость распространения возмущения

$\Pi = p_1\vec{V}$ - плотность потока энергии (вектор Умнова) СИ: $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}\cdot\text{м}^2}\right] = \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right]$

Π - количество энергии, переносимое акустической волной через единичную площадку, перпендикулярную направлению переноса энергии ($\perp\vec{k}$ или $\perp\vec{V}$) в единицу времени (закон сохранения энергии в дифференциальном виде). Направление вектора Умнова - вдоль переноса энергии Абсолютная величина p равна количеству энергии, переносимому за единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению потока энергии.

6 Уравнение Ламэ

$\rho_0\frac{\partial^2\vec{U}}{\partial t^2} = (\lambda + \mu)\nabla div\vec{U} + \mu\triangle\vec{U}$ - 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

из ПЭД взять ...

8 Граничные условия для векторов ЭМ поля

хуета ...

9 Вектор Пойнтинга. Плотность энергии ЭМ поля в вакууме

$\frac{\partial W}{\partial t} + div\vec{S} = -(\vec{j}\vec{E})$ - теорема Пойнтинга

$W = \frac{1}{8\pi}(\mathcal{E}E^2 + \mu H^2)$ - плотность энергии ЭМ поля в вакууме СГС: $\left[\frac{\text{эрг}\cdot\text{с}^{-1}}{\text{см}^{-2}}\right]$????????????? СИ: $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}\right]$

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

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

??? проверить + физ смысл

10 Основные параметры плазмы (плазменная частота и дебаевский радиус)

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

СИ: $[\text{К}\cdot\text{Дж}]$ T_e - температура электронного газа, T_i - температура ионного газа, N, e и m - концетрация электронов а также их заряд и масса, k - постоянная Больцмана

$k = \frac{R}{N_a}, N_a = \frac{m}{M}$???????????????

$\omega_p = \frac{4\pi e^2N}{m}$ - 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, ν_e - частота соударений электронов

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: $\left[\frac{\text{фарад}}{\text{м}}\right]$

Эта величина связывет напряженность и индукцию поля: $D = \mathcal{E}E$