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

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

$\triangle U - \beta\dfrac{\partial\vec{U}}{\partial t} - \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\vec{U}}{\partial t^2} = 0$ - 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 $U = U_0 e^{(i\omega t - ik\vec{r})}$, если выполнено $\dfrac{\omega^2}{k^2} = c^2$

3 Фазовая и групповая скорости

$\vec{V_ф} = \dfrac{\omega}{k^2}\vec{k} = \dfrac{\omega}{k}$ - фазовая скорость (скорость перемещения поверхности постоянной фазы)

$\vec{V_{гр}} = \left.\dfrac{\partial\omega}{\partial\vec{k}}\right|_{\vec{k_0}}$ - 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 $\vec{V_{гр}}$??????????????, скорость движения огибающей этого импульса - $\vec{V_{гр}}$

4 Уравнение непрерывности и уравнение Эйлера

$\dfrac{\partial\rho}{\partial t} + div(\rho\vec{V}) = 0$ - уравнение непрерывности (выражает закон сохранения массы)

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

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

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

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

$\sqrt{\dfrac{\gamma kT_0}{m}} = \sqrt{\left.\dfrac{dp}{d\rho}\right|_{\rho_0}} = C_s = \sqrt{\dfrac{\gamma RT_0}{M}}$ - адиабатическая скорость звука ($V_ф$ для звуковой волны)

$\gamma = \dfrac{C_p}{C_V}$ - показатель адиобаты для идеального газа, T_0 - равновесное значение температуры, M - молярная масса, R - универсальная газовая постоянная $\left(8.31\left[\dfrac{Дж}{моль\cdot К}\right]\right)$, k - постоянная Больцмана $\left(1.38\cdot 10^{-23}\,[Дж\cdot К]\right)$

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

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: $\left[\dfrac{Дж}{с\cdot м^2}\right] = \left[\dfrac{Вт}{м^2}\right]$

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

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

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

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

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

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

??? проверить + физ смысл

10 Основные параметры плазмы (плазменная частота и дебаевский радиус)

$r_{De} = \sqrt{\dfrac{kT_eT_i}{4\pi Ne^2(T_e+T_i)}} = \sqrt{\dfrac{kT}{4\pi Ne^2}}$ - 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: $[К\cdot Дж]$ 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

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

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

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

$\mathcal{E}(\omega) = 1 - \dfrac{\omega_{pe}^2}{\omega(\omega - i\nu_e)} - \chi$, где $\chi = \dfrac{\omega_{pi}^2}{\omega(\omega - i\nu_i)}$ - 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: $\left[\dfrac{фарад}{м}\right]$

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