1 Плоская монохроматическая волна

Волна — изменение 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
$U(\vec r, t) = A\cos(\omega t - \vec k\vec r + \varphi)$, 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

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

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

3 Фазовая и групповая скорости

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

$\vec V_{гр} = \left.\frac{\partial\omega}{\partial\vec k}\right|_{\vec k_0}$ - групповая скорость в точке $\vec k_0$ (скорость расширения огибающей квазимонохроматического волнового пакета); $\vec k_0$ - несущий волновой вектор - максимум спектра квазимонохроматического сигнала
$\vec V_ф$ - скорость движения фронта постоянной фазы, $\vec V_{гр}$ - скорость движения огибающей

4 Уравнение непрерывности и уравнение Эйлера

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

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

$\rho\left(\frac{\partial\vec V}{\partial t} + (\vec V\nabla)\vec V\right) = -\nabla p$ - 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

$\sqrt{\frac{\gamma k T_0}{m}} = \sqrt{\left.\frac{dp}{d\rho}\right|_{\rho_0}} = C_s = \sqrt{\frac{\gamma R T_0}{M}}$ - адиабатическая скорость звука ($V_ф$ 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 $\left(8.31\left[\frac{Дж}{моль\cdot К}\right]\right)$, k - постоянная Больцмана $(1.38\cdot 10^{-23}\,[Дж\cdot К])$

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

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

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

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

	Дифференциальная форма		Интегральная форма
1	$\mathrm{rot}\,\vec E = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec B}{\partial t}$	$\Rightarrow$	$\oint_L \vec E\,d\vec L = -\frac{1}{c}\frac{d}{dt}\int_S \vec B\,d\vec S$
2	$\mathrm{rot}\,\vec H = \frac{4\pi}{c}\vec j + \frac{1}{c}\frac{\partial\vec D}{\partial t}$	$\Rightarrow$	$\oint_L \vec H\,d\vec L = \frac{4\pi}{c}I + \frac{1}{c}\frac{d}{dt}\int_S \vec D\,d\vec S$
3	$\mathrm{div}\,\vec D = 4\pi\rho$	$\Rightarrow$	$\oint_S \vec D\,d\vec s = 4\pi Q$
4	$\mathrm{div}\,\vec B = 0$	$\Rightarrow$	$\oint_S \vec B\,d\vec s = 0$

1. Вихревое электрическое поле поражается переменным магнитным полем.
2. Вихревое магнитное поле порождается токами проводимости и переменным электрическим полем.
3. Потенциальное электрическое поле порождается электрическими зарядами.
4. Магнитное поле имеет чисто вихревой характер и не имеет сосредоточенных зарядов как источников поля.

8 Граничные условия для векторов ЭМ поля

Для нормали из среды 1 в среду 2:

$\left[\vec n_{12}\times(\vec E_1 - \vec E_2)\right] = 0$	$\left(\vec n_{12}\cdot(\vec B_1 - \vec B_2)\right) = 0$
$\left[\vec n_{12}\times(\vec H_1 - \vec H_2)\right] = \frac{4\pi}{c}\vec j_{пов}$	$\left(\vec n_{12}\cdot(\vec D_1 - \vec D_2)\right) = 4\pi\vec\rho_{пов}$

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: $\left[\frac{эрг}{см^{-3}}\right]$ **?check?** СИ: $\left[\frac{Дж}{м^3}\right]$

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

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

10 Основные параметры плазмы (плазменная частота и дебаевский радиус)

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

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

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

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: $\left[\dfrac{\text{фарад}}{\text{м}}\right]$
Эта величина связывет напряженность и индукцию поля: $D = \mathcal{E}E$