

# 电磁波知识点汇总

问题类型	电磁波的无界空间传播		电磁波的反射与透射（折射）		电磁波的导行传输	电磁波的辐射
主要知识	电磁波的传播	电磁波的极化	垂直入射情况	斜入射情况	波导	天线
基本参数  和  基本关系	周期 $T$ 频率 $f = \frac{1}{T}$ 角频率 $\omega = 2\pi f$ 波长 $\lambda$		反射系数： $\Gamma = \frac{E_{rm}}{E_{im}} = \frac{\eta_{2c} - \eta_{1c}}{\eta_{2c} + \eta_{1c}}$	入射角 $\theta_i$ 反射角 $\theta_r$ 透射角 $\theta_t$	$k = \omega\sqrt{\mu\varepsilon}$ 截止波数 $k_c$	辐射功率 $P_r$
	复电容率 $\varepsilon_c = \varepsilon - j\frac{\sigma}{\omega}$	波数 $k_c = \omega\sqrt{\mu\varepsilon_c}$	透射系数： $\tau = \frac{E_{tm}}{E_{im}} = \frac{2\eta_{2c}}{\eta_{2c} + \eta_{1c}}$	斯奈尔反射定律和折射定律： $\theta_r = \theta_i \quad \frac{\sin\theta_t}{\sin\theta_i} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sqrt{\mu_1\varepsilon_1}}{\sqrt{\mu_2\varepsilon_2}}$	与 $\gamma$ 关系 $k_c^2 = \gamma^2 + k^2$	辐射电阻 $R_r = 2P_r / I^2$
	传播常数 $\gamma = jk_c = \alpha + j\beta$	衰减常数 $\alpha$	反射与透射的关系： $\tau = 1 + \Gamma$	垂直极化波反射系数与透射系数： $\Gamma_{\perp} = \frac{\eta_2 \cos\theta_i - \eta_1 \cos\theta_t}{\eta_2 \cos\theta_i + \eta_1 \cos\theta_t}$ $\tau_{\perp} = \frac{2\eta_2 \cos\theta_i}{\eta_2 \cos\theta_i + \eta_1 \cos\theta_t}$	截止角频率 $\omega_c = \frac{k_c}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$	主瓣宽度 $2\theta_{0.5}$ 或 $2\phi_{0.5}$
	相位常数 $\beta$ 相速度 $v_p = \frac{\omega}{\beta}$ 波阻抗 $\eta_c = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon_c}}$		驻波比与反射系数： $S = \frac{ \vec{E}_1 _{\max}}{ \vec{E}_1 _{\min}} = \frac{1+ \Gamma }{1- \Gamma }$ $ \Gamma  = \frac{S-1}{S+1}$	平行极化波反射系数与透射系数： $\Gamma_{\parallel} = \frac{\eta_1 \cos\theta_i - \eta_2 \cos\theta_t}{\eta_1 \cos\theta_i + \eta_2 \cos\theta_t}$ $\tau_{\parallel} = \frac{2\eta_1 \cos\theta_i}{\eta_1 \cos\theta_i + \eta_2 \cos\theta_t}$	截止频率 $f_c = \omega_c / 2\pi$	副瓣电平 $SLL$
	平均电场能量密度： $w_{eav} = \frac{\varepsilon}{4} E_{xm}^2 e^{-2\alpha z} \leq w_{mav}$				截止波长 $\lambda_c = 2\pi / k_c$	前后比 $FB$
	平均磁场能量密度： $w_{mav} = w_{eav} \left[ 1 + \left( \frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \right)^2 \right]^{1/2}$				相位常数 $\beta = \sqrt{k^2 - k_c^2}$	方向性系数 $D$
	平均能流密度矢量： $\vec{S}_{av} = \vec{e}_z \frac{1}{2 \eta_c }  \vec{E} ^2 \cos\phi$				波导波长 $\lambda_g = 2\pi / \beta$	天线效率 $\eta_A = P_r / P_{in}$
					相速度 $v_p = \omega / \beta$	增益系数 $G = \eta_A D$
						输入阻抗 $Z_{in} = U_{in} / I_{in}$
						有效长度 $l_e$
基本场方程	电场 $\vec{E} = \vec{e}_x E_{xm} e^{-\gamma z}$ 磁场 $\vec{H} = \frac{1}{\eta_c} \vec{e}_z \times \vec{E}$	电场 $\vec{E} = \vec{e}_x E_x + \vec{e}_y E_y$ $E_x = E_{xm} \cos(\omega t - kz + \phi_x)$ $E_y = E_{ym} \cos(\omega t - kz + \phi_y)$	$\vec{E}_1 = \vec{E}_i + \vec{E}_r$ $\vec{E}_2 = \vec{E}_t$ 电场在分界面连续	$\vec{E}_1 = \vec{E}_i + \vec{E}_r$ $\vec{E}_2 = \vec{E}_t$ （考虑波矢量） 电场的切向分量在分界面连续	无源麦克斯韦方程组 $\nabla \times \vec{E} = -j\omega\mu\vec{H}$ $\nabla \times \vec{H} = j\omega\varepsilon\vec{E}$	由滞后位求 $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$ 由 $j\omega\varepsilon\vec{E} = \nabla \times \vec{H}$ 求 $\vec{E}$
特例情况 1	理想介质： $\alpha = \sigma = 0$ $\beta = \omega\sqrt{\mu\varepsilon}$ $\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$	线极化波： $\phi_y - \phi_x = 0, \pm\pi$ $\alpha = \pm \arctan(\frac{E_y}{E_x}) = const$	理想导体分界面： $\Gamma = -1, \tau = 0$ 驻波有波腹和波节点	理想介质分界面全反射：两种极化 $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ 时临界角 $\theta_c = \arcsin(\sqrt{\varepsilon_2 / \varepsilon_1})$	TEM 波：与无界空间相同 $k_c = 0$ $\gamma_{TEM} = j\omega\sqrt{\mu\varepsilon}$ 波阻抗 $Z_{TEM} = \sqrt{\mu / \varepsilon} = \eta$	电偶极子辐射：远场 $E_{\theta} = \frac{jIl\eta_0 \sin\theta}{2\lambda r} e^{-jkr}$
特例情况 2	弱导电媒质： $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \ll 1$ $\alpha \approx \frac{\sigma}{2} \sqrt{\mu / \varepsilon}$ $\beta$ 同上	圆极化波： $E_{xm} = E_{ym} = E_m$ $\phi_y - \phi_x = \pm\pi / 2$ ，左右旋 合成波电场强度为常数	理想介质分界面： $\Gamma$ 和 $\tau$ 皆为实数 行驻波振幅周期分布	理想介质分界面全透射：平行极化 布儒斯特角 $\theta_b = \arctan(\sqrt{\varepsilon_2 / \varepsilon_1})$	TM 波： $Z_{TM} = \gamma / (j\omega\varepsilon)$ $k_c = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$	$H_{\phi} = \frac{jIl \sin\theta}{2\lambda r} e^{-jkr} = \frac{E_{\theta}}{\eta_0}$ 用于绘制天线方向图
特例情况 3	良导体： $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \gg 1$ $\alpha \approx \beta \approx \sqrt{\pi f \mu \sigma}$	椭圆极化波： $E_{xm} \neq E_{ym}$ $\phi_y - \phi_x \neq 0, \pm\pi$ ，一般情况	导电媒质分界面： $\Gamma$ 和 $\tau$ 皆为复数 传播过程伴随着衰减	理想导体分界面斜入射：两种极化 合成波沿平行于分界面方向传播 在垂直于导体表面方向呈驻波分布	TE 波： $Z_{TE} = j\omega\mu / \gamma$ $k_c$ 同上（矩形波导）	$P_r = 40\pi^2 I^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$