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 λ 复电容率 $\varepsilon_c=\varepsilon-j\frac{\sigma}{\omega}$ 波数 $k_c=\omega\sqrt{\mu\varepsilon_c}$ 传播常数 $\gamma=jk_c=\alpha+j\beta$ 衰减常数 α 相位常数 β 相速度 $v_p=\frac{\omega}{\beta}$ 波阻抗 $\eta_c=\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon_c}}$ 平均电场能量密度：$w_{eav}=\frac{\varepsilon}{4}E_{xm}^2e^{-2\alpha z}\le w_{mav}$ 平均磁场能量密度：$w_{mav}=w_{eav}\left[1+\left(\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\right)^2\right]^{1/2}$ 平均能流密度矢量：$\vec{S}_{av}=\vec{e}_z\frac{1}{2\lvert\eta_c\rvert}\lvert\vec{E}\rvert^2\cos\phi$		反射系数： $\Gamma=\frac{E_{rm}}{E_{im}}=\frac{\eta_{2c}-\eta_{1c}}{\eta_{2c}+\eta_{1c}}$ 透射系数： $\tau=\frac{E_{tm}}{E_{im}}=\frac{2\eta_{2c}}{\eta_{2c}+\eta_{1c}}$ 反射与透射的关系： $\tau=1+\Gamma$ 驻波比与反射系数： $S=\frac{\lvert\vec{E}_1\rvert_{\max}}{\lvert\vec{E}_1\rvert_{\min}}=\frac{1+\lvert\Gamma\rvert}{1-\lvert\Gamma\rvert}$ $\lvert\Gamma\rvert=\frac{S-1}{S+1}$	入射角 θ_i 反射角 θ_r 透射角 θ_t 斯奈尔反射定律和折射定律： $\theta_r=\theta_i$ $\frac{\sin\theta_t}{\sin\theta_i}=\frac{k_1}{k_2}=\frac{n_1}{n_2}=\frac{\sqrt{\mu_1\varepsilon_1}}{\sqrt{\mu_2\varepsilon_2}}$ 垂直极化波反射系数与透射系数： $\Gamma_\perp=\frac{\eta_2\cos\theta_i-\eta_1\cos\theta_t}{\eta_2\cos\theta_i+\eta_1\cos\theta_t}$ $\tau_\perp=\frac{2\eta_2\cos\theta_i}{\eta_2\cos\theta_i+\eta_1\cos\theta_t}$ 平行极化波反射系数与透射系数： $\Gamma_\parallel=\frac{\eta_1\cos\theta_i-\eta_2\cos\theta_t}{\eta_1\cos\theta_i+\eta_2\cos\theta_t}$ $\tau_\parallel=\frac{2\eta_1\cos\theta_i}{\eta_1\cos\theta_i+\eta_2\cos\theta_t}$	$k=\omega\sqrt{\mu\varepsilon}$ 截止波数 k_c 与 γ 关系 $k_c^2=\gamma^2+k^2$ 截止角频率 $\omega_c=\frac{k_c}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$ 截止频率 $f_c=\omega_c/2\pi$ 截止波长 $\lambda_c=2\pi/k_c$ 相位常数 $\beta=\sqrt{k^2-k_c^2}$ 波导波长 $\lambda_g=2\pi/\beta$ 相速度 $v_p=\omega/\beta$	辐射功率 P_r 辐射电阻 $R_r=2P_r/I^2$ 主瓣宽度 $2\theta_{0.5}$ 或 $2\phi_{0.5}$ 副瓣电平 SLL 前后比 FB 方向性系数 D 天线效率 $\eta_A=P_r/P_{in}$ 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 $\vec{E}=\vec{e}_xE_{xm}e^{-\gamma z}$ 磁场 $\vec{H}=\frac{1}{\eta_c}\vec{e}_z\times\vec{E}$	电场 $\vec{E}=\vec{e}_xE_x+\vec{e}_yE_y$ $E_x=E_{xm}\cos(\omega t-kz+\phi_x)$ $E_y=E_{ym}\cos(\omega t-kz+\phi_y)$	$\vec{E}_1=\vec{E}_i+\vec{E}_r$ $\vec{E}_2=\vec{E}_t$ 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 $E_\theta=\frac{jIl\eta_0\sin\theta}{2\lambda r}e^{-jkr}$ $H_\phi=\frac{jIl\sin\theta}{2\lambda r}e^{-jkr}=\frac{E_\theta}{\eta_0}$ 用于绘制天线方向图 $P_r=40\pi^2I^2\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$
特例情况 2	**弱导电媒质：** $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\ll1$ $\alpha\approx\frac{\sigma}{2}\sqrt{\mu/\varepsilon}$ β 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：** Γ 和 τ 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：$Z_{TM}=\gamma/(j\omega\varepsilon)$ $k_c=\sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2+\left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$	
特例情况 3	**良导体：** $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\gg1$ $\alpha\approx\beta\approx\sqrt{\pi f\mu\sigma}$	**椭圆极化波：** $E_{xm}\ne E_{ym}$ $\phi_y-\phi_x\ne0,\pm\pi$，一般情况	**导电媒质分界面：** Γ 和 τ 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）	

完成人：周俊、崔克楠、李一萌、闫华睿