

反思电磁波在介质之间反射折射的振幅关系——菲涅耳定律

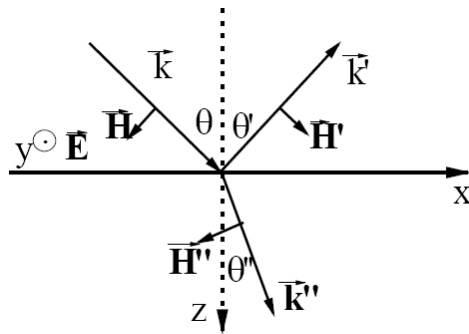
张擎

08300190029

菲涅耳定律

S 波(TE):

$$\begin{cases} E_0' = \frac{Z_2 \cos \theta - Z_1 \cos \theta''}{Z_2 \cos \theta + Z_1 \cos \theta''} E_0 \\ E_0'' = \frac{2Z_2 \cos \theta}{Z_2 \cos \theta + Z_1 \cos \theta''} E_0 \end{cases}$$



图一

类比碰撞公式：已知 M_1, M_2 ，初速度 $v_1 = v_0, v_2 = 0$ 。碰后速度分别为：

$$\begin{cases} v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0 \\ v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0 \end{cases}$$

改写菲涅耳定律：

$$\begin{cases} E_0' = \frac{\cos \theta / Z_1 - \cos \theta'' / Z_2}{\cos \theta / Z_1 + \cos \theta'' / Z_2} E_0 \\ E_0'' = \frac{2 \cos \theta / Z_1}{\cos \theta / Z_1 + \cos \theta'' / Z_2} E_0 \end{cases}$$

更进一步：

$$\begin{cases} E_0' = \frac{\cos \theta \sqrt{\epsilon_1 / \mu_1} - \cos \theta'' \sqrt{\epsilon_2 / \mu_2}}{\cos \theta \sqrt{\epsilon_1 / \mu_1} + \cos \theta'' \sqrt{\epsilon_2 / \mu_2}} E_0 \\ E_0'' = \frac{2 \cos \theta \sqrt{\epsilon_1 / \mu_1}}{\cos \theta \sqrt{\epsilon_1 / \mu_1} + \cos \theta'' \sqrt{\epsilon_2 / \mu_2}} E_0 \end{cases}$$

对于 S 波，得到类比关系：

$$M \rightarrow \cos \theta \times \sqrt{\varepsilon/\mu}$$

$$v \rightarrow E$$

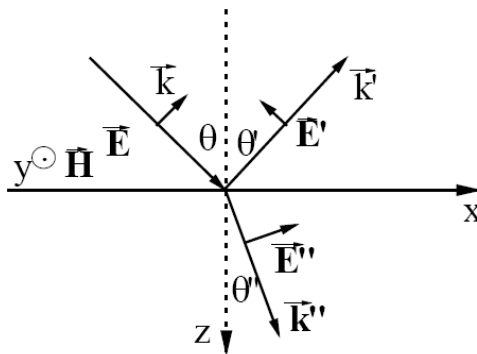
特别的，当正入射时：

$$M \rightarrow \sqrt{\varepsilon/\mu}$$

$$v \rightarrow E$$

P 波(TM):

$$\begin{cases} H_0' = \frac{Z_1 \cos \theta - Z_2 \cos \theta''}{Z_1 \cos \theta + Z_2 \cos \theta''} H_0 \\ H_0'' = \frac{2Z_1 \cos \theta}{Z_1 \cos \theta + Z_2 \cos \theta''} H_0 \end{cases}$$



图二

同样的，改写菲涅耳定律：

$$\begin{cases} H_0' = \frac{\sqrt{\mu_1/\varepsilon_1} \cos \theta - \sqrt{\mu_2/\varepsilon_2} \cos \theta''}{\sqrt{\mu_1/\varepsilon_1} \cos \theta + \sqrt{\mu_2/\varepsilon_2} \cos \theta''} H_0 \\ H_0'' = \frac{2\sqrt{\mu_1/\varepsilon_1} \cos \theta}{\sqrt{\mu_1/\varepsilon_1} \cos \theta + \sqrt{\mu_2/\varepsilon_2} \cos \theta''} H_0 \end{cases}$$

对于 P 波，得到类比关系：

$$M \rightarrow \cos \theta \times \sqrt{\mu/\varepsilon}$$

$$v \rightarrow H$$

特别的，当正入射时：

$$M \rightarrow \sqrt{\mu/\varepsilon}$$

$$v \rightarrow H$$

讨论：

1、电场（磁场）的反射、折射现象的振幅，可以看成由电场（磁场）驱动原子振动，当在同一介质中时，可以认为电磁波在每个原子上反复被吸收又被辐射出来，由于同一介质的原子的性质相同（反映在电动力学中为介电常数 ε 和磁导率 μ 相同），

所以，就如同相同质量的完全弹性碰撞一样（ $M_1 = M_2$ ，初速度 $v_1 = v_0, v_1 = 0$ ；

末速度 $v_1 = 0, v_1 = v_0$), 做无反射的传播。当电磁波从一种介质射到另一种介质时, 由于界面两边的介质不同, 原子的性质也不相同 (反映在电动力学中为介电常数 ϵ 和磁导率 μ 不全相同) 就如同相同质量的完全弹性碰撞一样 ($M_1 \neq M_2$, 初速度

$v_1 = v_0, v_1 = 0$; 末速度 $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0, v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0$), 会在界面处发生发射。

- 2、反射的振幅比例取决与每种介质的 $Z = \sqrt{\mu/\epsilon}$, 当计算 TE 波的电场时, $M \rightarrow \cos \theta \times \sqrt{\epsilon/\mu}$; 当计算 TM 波的磁场时, $M \rightarrow \cos \theta \times \sqrt{\mu/\epsilon}$ 。对于 TE 波, 当两种介质磁导率相同时, 我们可以认为 $M \rightarrow \sqrt{\epsilon}$; 对与 TM 波, 当两种介质的介电常数相等时, 我们可以认为 $M \rightarrow \sqrt{\mu}$ 。这样就对介电常数和磁导率有了进一步的认知, 即他们分别对电场和磁场起着阻碍其变化的作用; 而同时又对另一种场 (如介电常数对磁场或磁导率对电场) 起着促进变化的作用。