



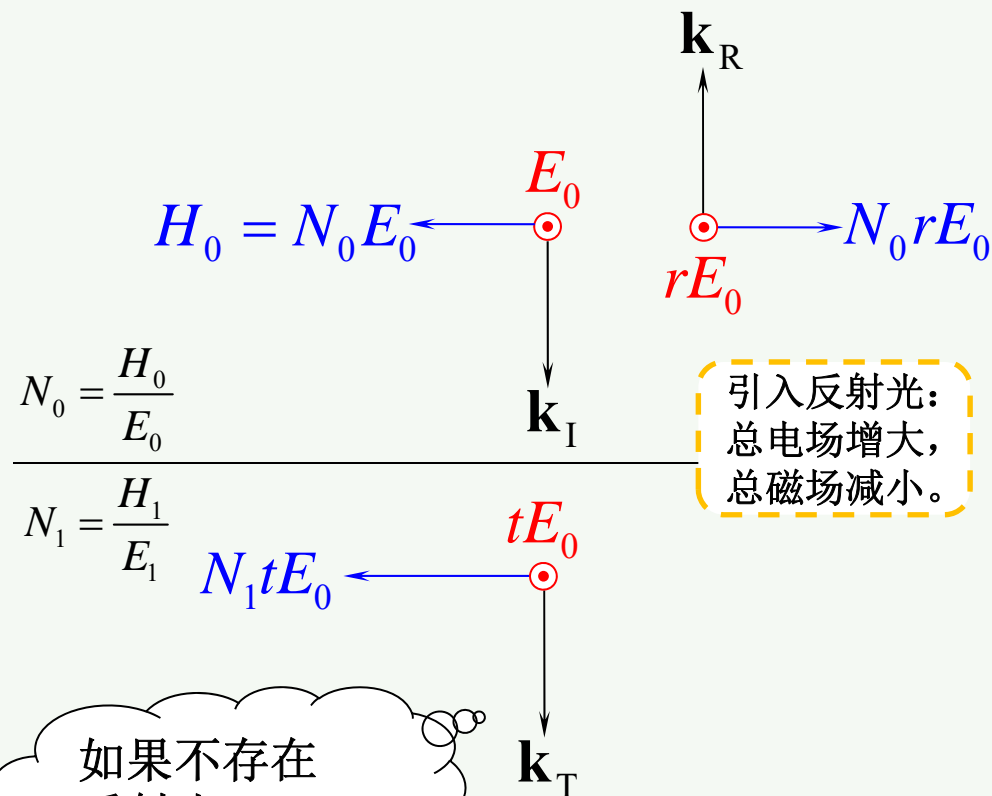
## 第二节 麦克斯韦方程

薄膜光学	高斯单位制	时谐项 $\exp(j\omega t)$
电动力学/高等光学	国际单位制	时谐项 $\exp(-i\omega t)$
	公式相差 <b>常数</b>	物理量 (t、r) 相差 <b>复共轭</b>

光波是电磁波，可用与时间和空间都有关的电磁场  $E(r, t)$  和  $H(r, t)$  来描述，而这些电磁场量应满足麦克斯韦方程组。麦克斯韦方程有积分形式和微分形式两种。



# 光学导纳：垂直入射



引入反射光：  
总电场增大，  
总磁场减小。

平面波通解：

- E、H、k成右手关系
- 磁场和电场的比值由N决定

$$N = H / E$$

$$\begin{cases} \mathbf{E}_{0t} = \mathbf{E}_{1t} \\ \mathbf{H}_{0t} = \mathbf{H}_{1t} \end{cases} \quad \begin{cases} (1+r)E_0 = tE_0 \\ (1-r)N_0 E_0 = tN_1 E_0 \end{cases}$$

$$r = \frac{N_0 - N_1}{N_0 + N_1}$$

$$t = \frac{2N_0}{N_0 + N_1}$$

如果不存在  
反射光.....

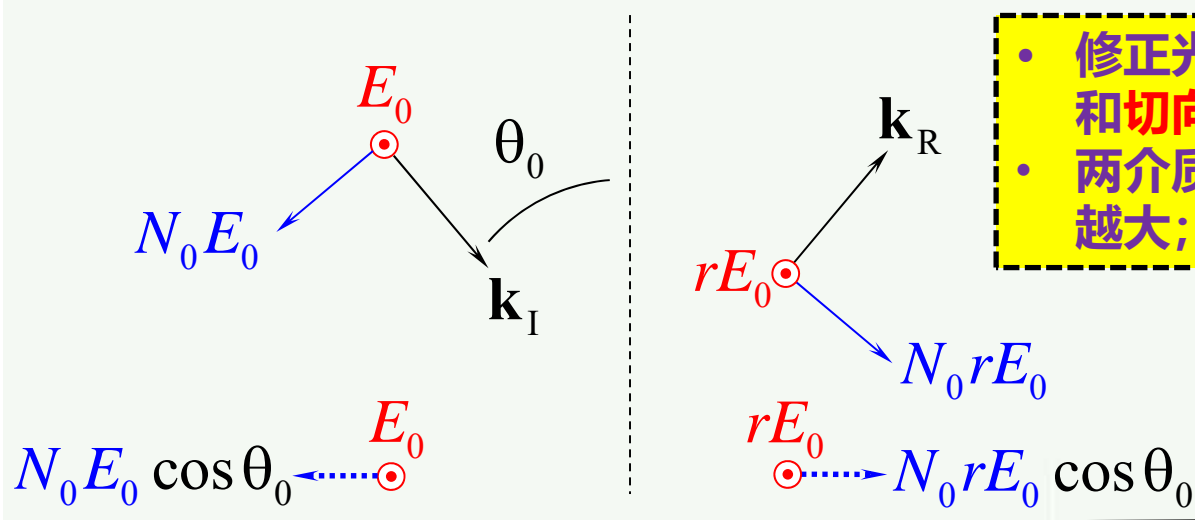
光垂直入射时的E、H、k图

- 反射光的存在是两介质的光学导纳不匹配的结果；
- 两介质导纳越接近，反射越小；导纳差距越大，反射越大。

导纳匹配思想：减反膜、匹配膜系



## 倾斜入射 (S偏振)



- 修正光学导纳：介质中切向电场振幅和切向磁场振幅的比例系数；
- 两介质的修正光学导纳越相近，透射越大；导纳差距越大，反射越大。

修正光学导纳：

$$\eta_s = \frac{H_t}{E_t} = N \cos \theta$$

$$N_1 t E_0 \cos \theta_1$$

$$N_1 t E_0$$

$$\begin{cases} \mathbf{E}_{0t} = \mathbf{E}_{1t} \\ \mathbf{H}_{0t} = \mathbf{H}_{1t} \end{cases}$$

$$(1+r)E_0 = tE_0$$

$$(1-r)N_0 \cos \theta_0 E_0 = tN_1 \cos \theta_1 E_0$$

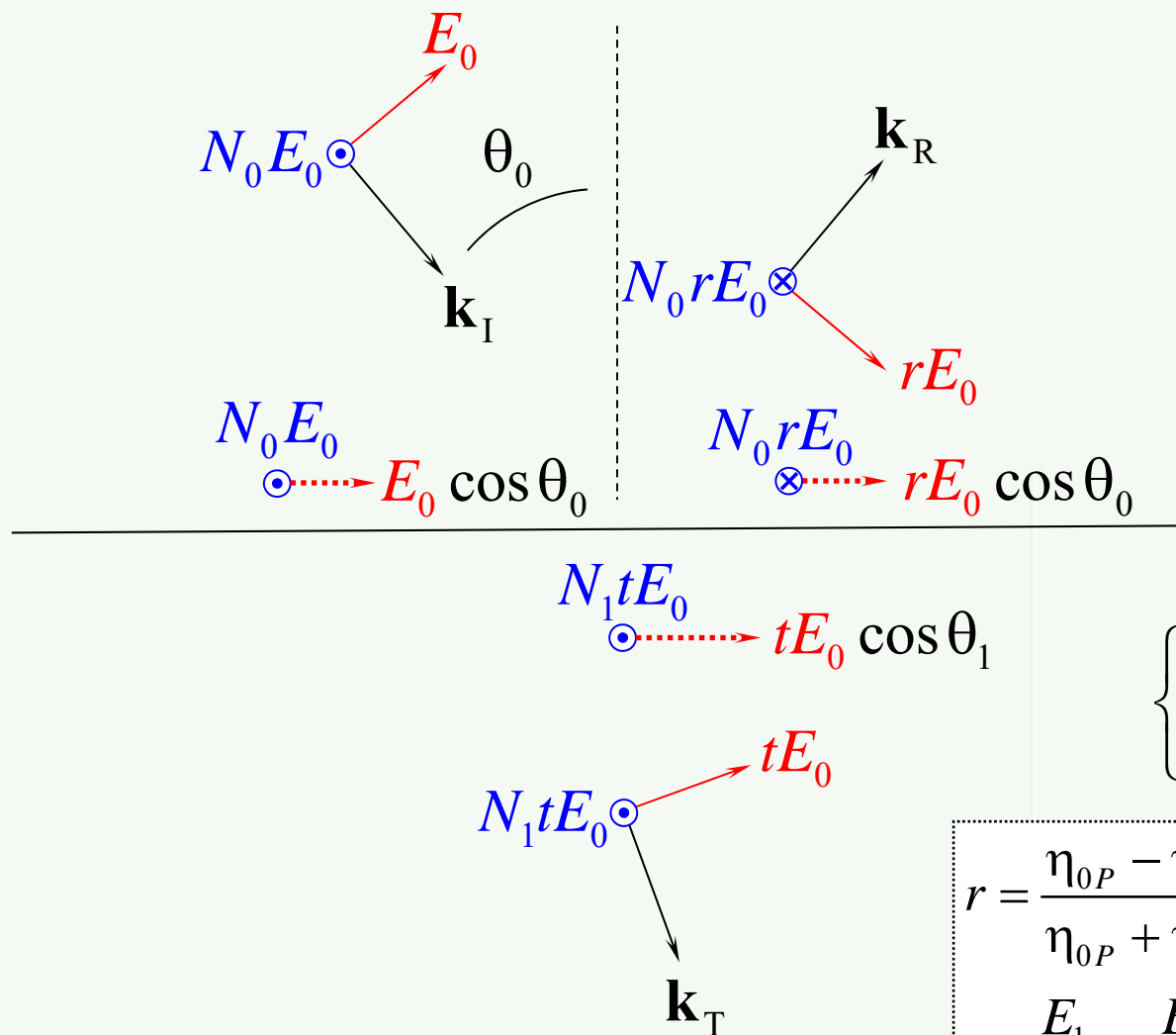
$$r = \frac{N_0 \cos \theta_0 - N_1 \cos \theta_1}{N_0 \cos \theta_0 + N_1 \cos \theta_1} = \frac{\eta_{0s} - \eta_{1s}}{\eta_{0s} + \eta_{1s}}$$

$$t = \frac{2N_0 \cos \theta_0}{N_0 \cos \theta_0 + N_1 \cos \theta_1} = \frac{2\eta_{0s}}{\eta_{0s} + \eta_{1s}}$$

光倾斜入射 (S偏振)



## 倾斜入射 (P偏振)



修正光学导纳:

$$\eta_P = \frac{H_t}{E_t} = N / \cos \theta$$

$$\begin{cases} (1+r)E_0 \cos \theta_0 = tE_0 \cos \theta_1 \\ (1-r)N_0 E_0 = tN_1 E_0 \end{cases}$$

光倾斜入射 (P偏振)

$$r = \frac{\eta_{0P} - \eta_{1P}}{\eta_{0P} + \eta_{1P}}$$

$$t = \frac{E_1}{E_0} = \frac{E_{1t} / \cos \theta_1}{E_{0t} / \cos \theta_0} = \frac{2\eta_{0P}}{\eta_{0P} + \eta_{1P}} \cdot \frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_1}$$



# 光学导纳 vs 折射率

折射率  $n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$

正比于波矢量  $k \rightarrow$  折射角

光学导纳  $= \frac{H}{E} = \sqrt{\frac{\epsilon_r}{\mu_r}}$

平面波解的  
电磁场振幅之比  $\rightarrow$  透反射系数（正入射）

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{1}{c} j\omega \epsilon_r \mathbf{E}$$

$$-j\mathbf{k} \times \mathbf{H} = -j\frac{\omega}{c} n \hat{\mathbf{k}} \times \mathbf{H} = -j\frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \hat{\mathbf{k}} \times \mathbf{H}$$

$$-\hat{\mathbf{k}} \times \mathbf{H} = \sqrt{\frac{\epsilon_r}{\mu_r}} \mathbf{E} \quad \text{或} \quad \mathbf{H} = \sqrt{\frac{\epsilon_r}{\mu_r}} \hat{\mathbf{k}} \times \mathbf{E}$$

对于非磁性材料 ( $\mu_r = 1$ ) :

折射率与光学导纳只是数值相等,

但是它们具有不同的物理意义;

对于磁性材料 ( $\mu_r \neq 1$ ) :

数值不等, 且意义不同。

修正光学导纳  $\eta = \frac{H_t}{E_t} = \begin{cases} \sqrt{\epsilon_r / \mu_r} \cos \theta, & \text{S偏振} \\ \sqrt{\epsilon_r / \mu_r} / \cos \theta, & \text{P偏振} \end{cases}$

切向电磁场振幅之比  $\rightarrow$  透反射系数（倾斜入射）