



Fig. 14-5 Riflessione e rifrazione per incidenza normale. (a) Riflessione da un conduttore perfetto. Poiché il vettore elettrico subisce un cambiamento di fase di 180° , il vettore magnetico non subisce cambiamento di fase. (b) Riflessione da un dielettrico. Il fatto che il vettore magnetico riflesso subisca o meno un cambiamento di fase dipende dal vettore elettrico riflesso.

Inoltre poiché il vettore $\mathcal{E} \times \mathcal{B}$ fornisce la direzione di propagazione, il valore precedente per il campo elettrico riflesso richiede anche che il campo magnetico riflesso sia in fase con il campo magnetico incidente. ▲

Esempio 14.2 Riflessione e rifrazione di un'onda elettromagnetica alla superficie di separazione di un dielettrico con il vuoto.

▼ Consideriamo il caso in cui l'onda incide normalmente alla superficie (fig. 14-5b), e facciamo l'ipotesi che la costante dielettrica del materiale sia un numero reale ϵ . Come nell'esempio 14.1 il vettore elettrico alla superficie di separazione è scritto

$$\mathcal{E}_{0,i} + \mathcal{E}_{0,r} = \mathcal{E}_{0,t}$$

Ora tuttavia, il campo elettrico all'interno del dielettrico non è zero, e all'interno del dielettrico stesso viene rifratta o trasmessa un'onda. Dalle equazioni (11.13) e (12.14) ricordiamo che

$$\mathcal{B}_{0,i} = \frac{1}{c} \mathcal{E}_{0,i}, \quad \mathcal{B}_{0,r} = -\frac{1}{c} \mathcal{E}_{0,r},$$

$$\mathcal{B}_{0,t} = \frac{1}{v} \mathcal{E}_{0,t} = \frac{n}{c} \mathcal{E}_{0,t}$$

Poiché il vettore campo magnetico è continuo attraverso alla superficie di separazione,

$$\mathcal{B}_{0,i} + \mathcal{B}_{0,r} = \mathcal{B}_{0,t}$$

e, per le equazioni precedenti,

$$\frac{1}{c} \mathcal{E}_{0,i} - \frac{1}{c} \mathcal{E}_{0,r} = \frac{n}{c} \mathcal{E}_{0,t} \quad (14.8)$$

Tab. 14.1 INDICI DI RIFRAZIONE DI ALCUNE SOSTANZE PER ONDE ELETTROMAGNETICHE*

Sostanza	n	Sostanza	n
Aria	1,00029	Vetro flint	1,65
Alcool (293 °K)	1,36	Ghiaccio	1,31
Bisolfuro di carbonio	1,63	Quarzo	1,51
Vetro crown	1,52	Sodio (liquido)	4,22
Diamante	2,417	Acqua (298 °K)	1,33

* Valori medi nella regione visibile dello spettro.

Si noti che il segno meno nel secondo termine è necessario per avere la corretta direzione del vettore $\mathcal{E} \times \mathcal{B}$ nell'onda riflessa. Dalle due equazioni (14.6) e (14.8), troviamo che

$$\mathcal{E}_{0,r} = -\left(\frac{n-1}{n+1}\right) \mathcal{E}_{0,i}, \quad \mathcal{E}_{0,t} = \left(\frac{2}{n+1}\right) \mathcal{E}_{0,i} \quad (14.9)$$

$$\mathcal{B}_{0,r} = \left(\frac{n-1}{n+1}\right) \mathcal{B}_{0,i}, \quad \mathcal{B}_{0,t} = \left(\frac{2}{n+1}\right) \mathcal{B}_{0,i}$$

La prima di queste due equazioni deve essere confrontata con le equazioni (14.1). Possiamo allora anche vedere che $r = (n-1)/(n+1)$ e $t = 2/(n+1)$, in accordo con l'equazione (14.3).

Esempio 14.3 I coefficienti di riflessione e trasmissione per onde elettromagnetiche nella regione visibile per vetro crown, per un angolo di incidenza di 30° .

▼ La tabella 14.1 elenca gli indici di rifrazione nella regione visibile per un certo numero di sostanze. Dalla tabella $n_{\text{crown}} = 1,52$; e assumendo $n_{\text{aria}} = 1$, la legge di Snell fornisce $\sin \theta_t = 1,52 \sin \theta_i$. Ponendo $\theta_i = 30^\circ$ si trova $\theta_t = 19^\circ 12'$. Perciò applicando le relazioni (14.1) o (14.2) si trova

$$r_{\parallel} = 0,164, \quad r_{\perp} = -0,247, \quad t_{\perp} = 0,766, \quad t_{\parallel} = 0,753.$$

Si noti che la componente perpendicolare dell'onda riflessa ha subito un cambiamento di fase di π radianti. L'angolo di Brewster per il crown corrisponde a $\tan \theta_B = 1,52$ o $\theta_B = 56^\circ 40'$. ▲

14.3 Propagazione di onde elettromagnetiche in un mezzo anisotropo

Quando un'onda trasversale si propaga attraverso un mezzo anisotropo, la velocità di propagazione dell'onda può dipendere sia dalla direzione di polarizzazione, sia dalla direzione di propagazione dell'onda stessa. Tale duplice dipendenza è particolarmente vera nel caso di onde elettromagnetiche (le sole prese in considerazione in questo capitolo). La polarizzabilità della maggior parte delle molecole non è uguale in tutte le direzioni. Dato che le molecole nei gas e nei