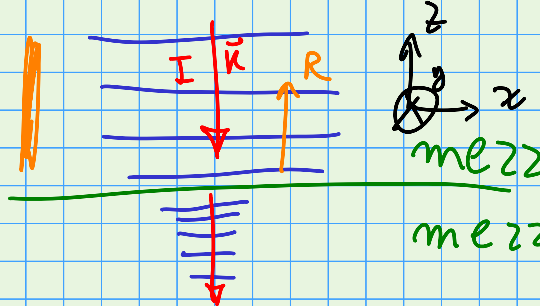
FISICA 2, 26/11/20

LEGGI dell'ottica

$$\vec{E}_I = \mathcal{E}_{0I}\, e^{i(k_1 z - \omega t)}\, \vec{i} + cc \qquad \vec{B}_I = \frac{\mathcal{E}_{0I}}{v_1}\, e^{i(k_1 z - \omega t)}\, \vec{j} + cc$$

$$\vec{E}_R = \mathcal{E}_{0R}\, e^{i(-k_1 z - \omega t)}\, \vec{i} + cc \qquad \vec{B}_R = -\frac{\mathcal{E}_{0R}}{v_1}\, e^{i(-k_1 z - \omega t)}\, \vec{j} + cc$$

$$\vec{E}_T = \mathcal{E}_{0T}\, e^{i(k_2 z - \omega t)}\, \vec{i} + cc \qquad \vec{B}_T = \frac{\mathcal{E}_{0T}}{v_2}\, e^{i(k_2 z - \omega t)}\, \vec{j} + cc$$



$$\omega_1 = k_1|v_1| = \omega_2 = k_2|v_2|$$

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{\nu} \neq \lambda_2 = \frac{v_2}{\nu} \qquad \nu = \frac{\omega}{2\pi},$$

$E_1^{\parallel} = E_2^{\parallel}$ + nelle vicinanze della sup: $z = 0$

$$\Rightarrow \underbrace{\mathcal{E}_{0I} + \mathcal{E}_{0R}}_{\text{mezzo 1}} \overset{(a)}{=} \mathcal{E}_{0T}$$

$$\frac{B_1^{\parallel}}{\mu_1} = \frac{B_2^{\parallel}}{\mu_2} \quad a\ z = 0 \qquad \frac{1}{\mu_1}\overbrace{\left(\frac{\mathcal{E}_{0I}}{v_1} - \frac{\mathcal{E}_{0R}}{v_1}\right)}^{B_1^{\parallel}} = \frac{1}{\mu_2}\frac{\mathcal{E}_{0T}}{v_2} \qquad v_1 = \frac{c}{n_1}$$

$$\boxed{\mathcal{E}_{0I} - \mathcal{E}_{0R} \overset{(b)}{=} \beta\, \mathcal{E}_{0T}} \qquad \beta \overset{def}{=} \frac{\mu_1 v_1}{\mu_2 v_2} = \frac{\mu_1 n_2}{\mu_2 n_1}$$

$$(a)+(b) \Rightarrow \mathcal{E}_{0I} = \frac{1+\beta}{2}\, \mathcal{E}_{0T}$$

$$(a)-(b) \Rightarrow \mathcal{E}_{0R} = \frac{1-\beta}{2}\, \mathcal{E}_{0T} = \frac{1-\beta}{1+\beta}\, \mathcal{E}_{0I}$$

se materiali non magnetici $\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$

$$\Rightarrow \mathcal{E}_{0R} = \frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}\, \mathcal{E}_{0I}, \qquad \mathcal{E}_{0T} = \frac{2 v_2}{v_2 + v_1}\, \mathcal{E}_{0I}$$

ENERGIA $\propto v\,\varepsilon\,\mathcal{E}_{0R}^2$

frazione di energia riflessa è $r \stackrel{def}{=} \frac{I_R}{I_I} = \frac{v_1 \varepsilon_1 \mathcal{E}_{0R}^2}{v_1 \varepsilon_1 \mathcal{E}_{0I}^2} =$

$$= \frac{(v_2 - v_1)^2}{(v_2 + v_1)^2}$$

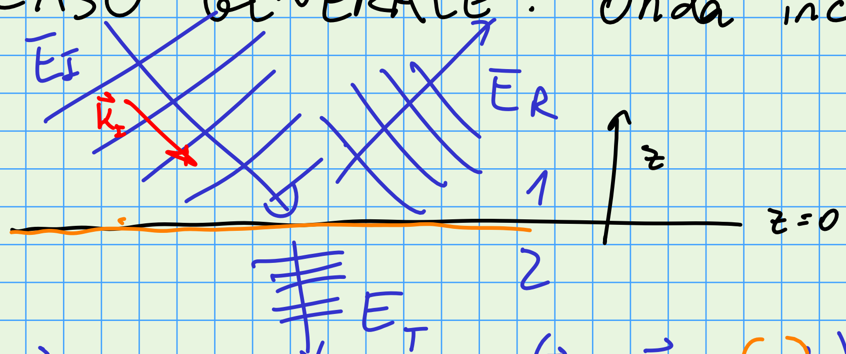
fraz di en trasmessa $t \stackrel{def}{=} \frac{I_T}{I_I} = \frac{v_2 \varepsilon_2 \mathcal{E}_{0T}^2}{v_1 \varepsilon_1 \mathcal{E}_{0I}^2} = \frac{v_1}{v_2} \frac{\mathcal{E}_{0T}^2}{\mathcal{E}_{0I}^2}$

$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}} \Rightarrow \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$

$$= \frac{4 v_1 v_2}{(v_2 + v_1)^2}$$

come ci si aspetta $t + r = 1$
(energia si conserva)

- CASO GENERALE: onda incidente NON $\perp$ alla sup



$\omega = k_I v_1 = k_R v_1 = k_T v_2$

$$\vec{E}_I(\vec{r},t) = \vec{\mathcal{E}}_{0I}(\vec{k}_I)\, e^{i(\vec{k}_I \cdot \vec{r} - \omega t)} + cc$$

$$\vec{E}_R(\vec{r},t) = \vec{\mathcal{E}}_{0R}(\vec{k}_R)\, e^{i(\vec{k}_R \cdot \vec{r} - \omega t)} + cc$$

$$\vec{E}_T = \vec{\mathcal{E}}_{0T}\, e^{i(\vec{k}_T \cdot \vec{r} - \omega t)} + cc$$

campo tot nel mezzo 1 $\rightarrow$ $\vec{\mathcal{E}}_{0I} e^{i\vec{k}_I \cdot \vec{r}} + \vec{\mathcal{E}}_{0R} e^{i\vec{k}_R \cdot \vec{r}}$

campo nel mezzo 2 = per z=0 $\quad \| \quad z=0$

$\vec{\mathcal{E}}_{0T} e^{i\vec{k}_T \cdot \vec{r}}$

$\vec{r}' = (x, y, z=0)$ onde piane sono lin indip (sono base nello sp funzionale)

Vale l'uguaglianza $\Leftrightarrow$ $\vec{k}_I \cdot \vec{r}' = \vec{k}_R \cdot \vec{r}' = \vec{k}_T \cdot \vec{r}'$

Cioè $\underbrace{k_{I_x} x + k_{I_y} y}_{\vec{k}_I \cdot \vec{r}'} = k_{R_x} x + k_{R_y} y = k_{T_x} x + k_{T_y} y$

in $y=0 \Rightarrow$ $k_{I_x} = k_{R_x} = k_{T_x}$

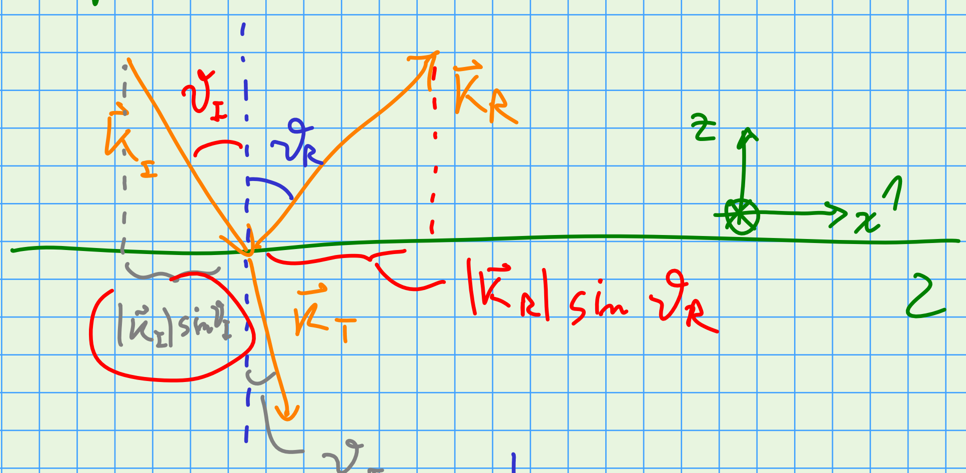
$x=0 \Rightarrow$ $k_{I_y} = k_{R_y} = k_{T_y}$

Cioè **1° LEGGE dell'ottica**: tutti i vettori $\vec{k}$ sono nello stesso piano (ortogonale al piano $z=0$)

CONVENZIONE: scegliamo l'asse x in modo t.c. che i vettori $\vec{k}_I$, $\vec{k}_R$, $\vec{k}_T$ siano nel piano xz

$$k_{I_y} = k_{R_y} = k_{T_y} = 0$$

in questo piano



$$k_{I_x} = |\vec{k}_I| \sin \vartheta_I = k_{R_x} = |\vec{k}_R| \sin \vartheta_R \overset{c}{=} k_{T_x} = |\vec{k}_T| \sin \vartheta_T$$

$$K_I v_1 = K_R v_1 = \omega \Rightarrow |\vec{K}_I| = |\vec{K}_R| \Rightarrow \boxed{\vartheta_I = \vartheta_R}$$

2° legge ottica: angolo di incidenza = angolo riflessione

ϑ_I $\quad v = \frac{c}{n}$ $\quad \vartheta_R$

$$\omega = K_I v_1 = K_T v_2 \qquad \frac{K_T}{K_I} = \frac{v_1}{v_2} \overset{\downarrow}{=} \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Rightarrow \frac{\sin\vartheta_T}{\sin\vartheta_I} = \frac{K_I}{K_T} = \frac{n_1}{n_2}$$

$\boxed{\text{3° legge dell'ottica}}$ (legge di Snell) $\quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\vartheta_T}{\sin\vartheta_I}$

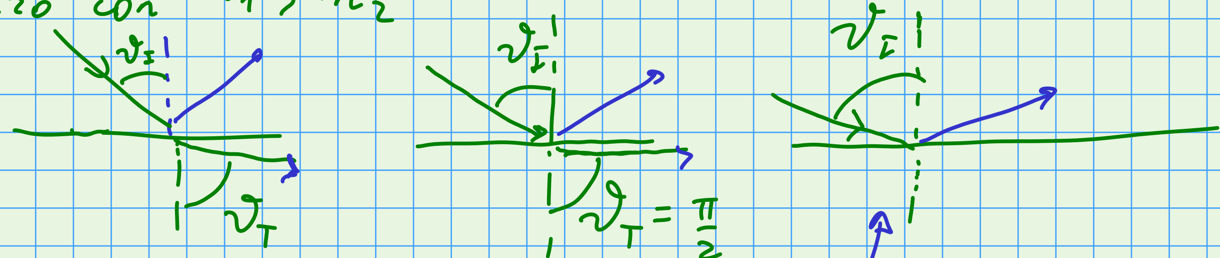
$$\vartheta_T = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\sin\vartheta_I\right)$$

RIFLESSIONE TOTALE

$$\left|\frac{n_1}{n_2}\sin\vartheta_I\right| > 1$$

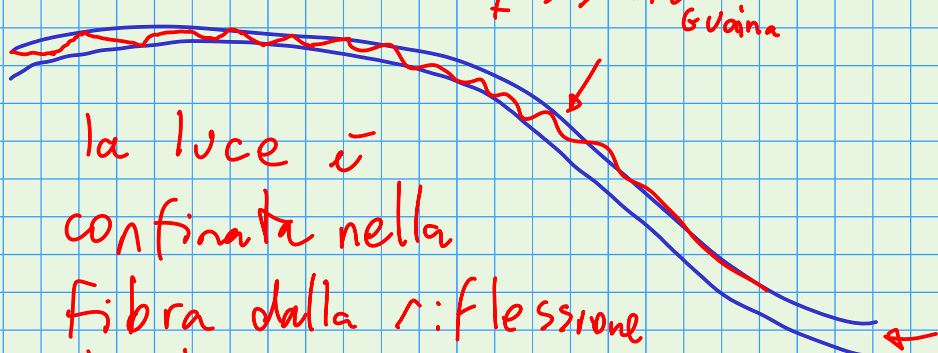
c'è angolo critico t.c. $\vartheta_T = \frac{\pi}{2}$

passo da mezzo con $n_1 > n_2$



arcsin è indefinito
$\Rightarrow$ non c'è fascio trasmesso!
$\Downarrow$
riflessione totale

Fibre ottiche $n_F >> n_{Guaina}$



la luce è confinata nella fibra dalla riflessione totale

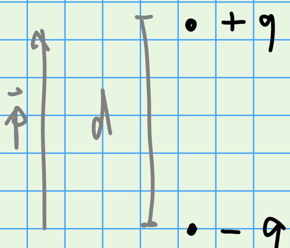
un subacqueo non vede fuori dall'acqua →
riflessione totale $n_{aria} < n_{acqua}$

IRRAGGIAMENTO : come vengono generate le onde elm

descrizione qualitativa

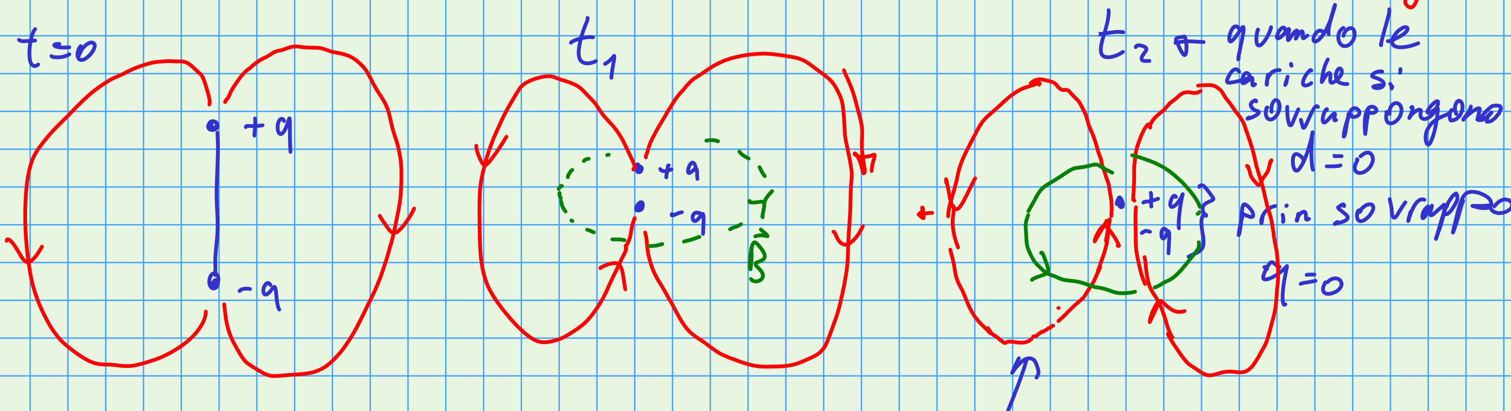
Onde elm sono generate da cariche accelerate
(cariche ferme o in moto uniforme → campi statici)

DIPOLO OSCILLANTE



$d \propto \sin \omega t$

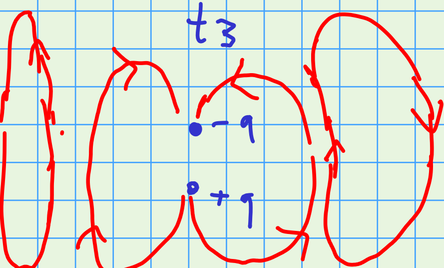
campo el variabile nel tempo ⇒ campo magnetico



in situaz statica non
avremmo campo elettrico però gli effetti si propagano
a velocità della luce ⇒ il campo $\vec{E}$ ad una distanza
dalle cariche non può sapere che le sorgenti si
sono annullate ⇒ le linee di campo si chiudono su
se stesse ⇒ t. di Stokes integrale di circuitaz del
campo el

$$\int_{C_i} d\vec{l}\cdot\vec{E} = \int_S d\Sigma\, \hat{n}\cdot\vec{\nabla}\times\vec{E} \underset{2^\circ M}{=} \int d\Sigma\, \hat{n}\left(-\frac{\partial B}{\partial t}\right)$$

⇒ le linee di campo el si possono chiudere su se stesse a patto di racchiudere un campo $\vec{B}$ che varia nel tempo (→ in els sarebbe impossibile $\vec{\nabla} \times \vec{E} \underset{\text{in els}}{=} 0$)



Si creano una serie di bolle di campo el tagliate dal campo magnetico variabile

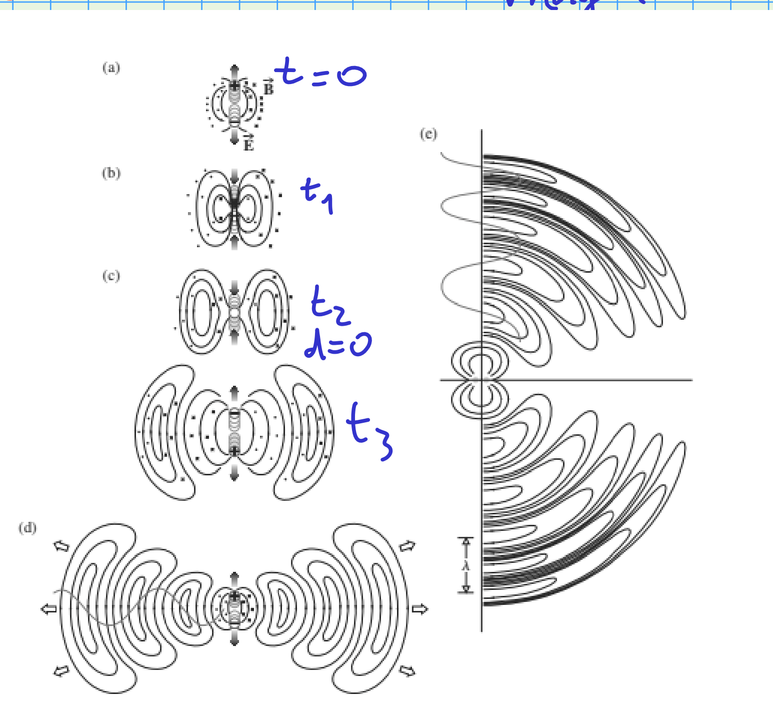
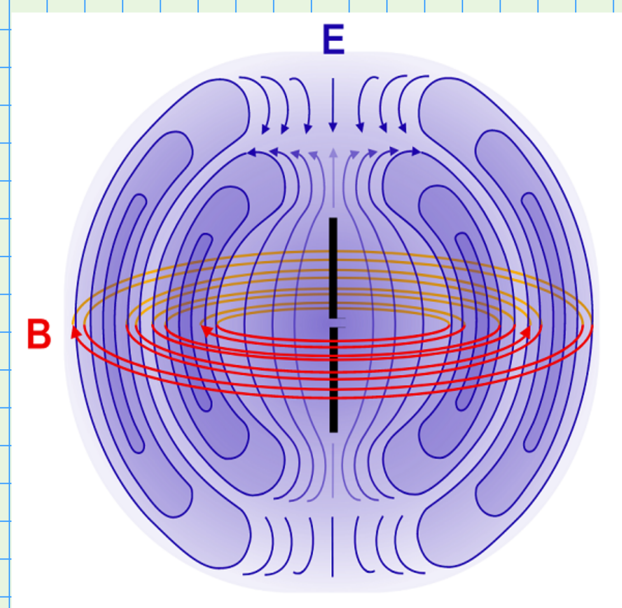
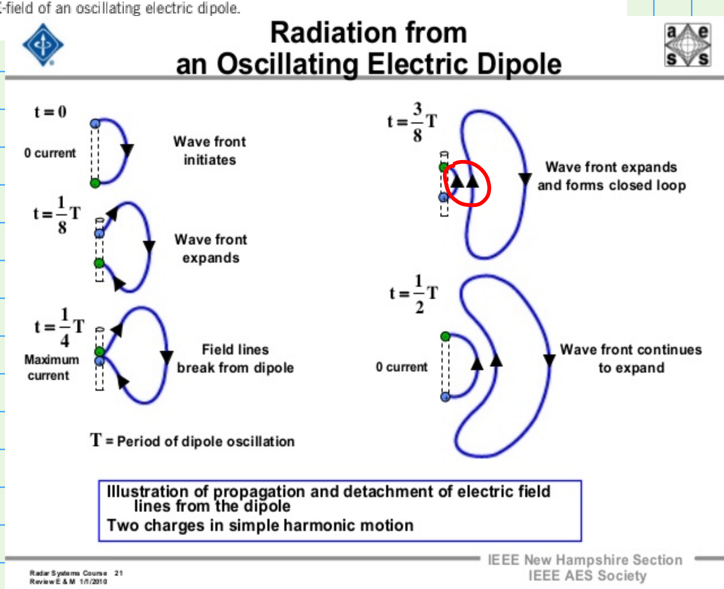


Figure 3.32 The $\vec{E}$-field of an oscillating electric dipole.





ANTENNA VERTICALE

all'interno dell'antenna → corrente alternata

Creano le onde radio

Polarizzazione → direzione del campo el dell'onda

⇒ onda polarizzata ∥ al dipolo, ∥ all'antenna

occhiali polaroid → la luce riflessa è polarizzata ∥ alla superficie da cui viene riflessa perché c'è oscillaz degli elettroni dell'acqua parallela alla sup

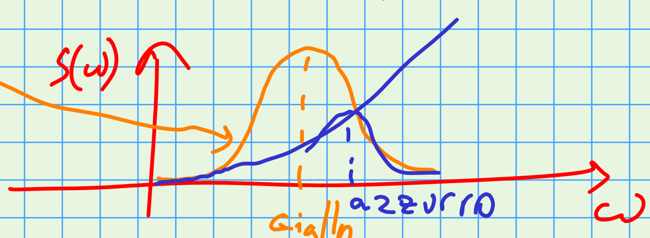
irraggiamento → la potenza irraggiata dal dipolo $\propto \omega^4$ (si può calcolare dal vettore di Poynting)

perché il cielo è azzurro:

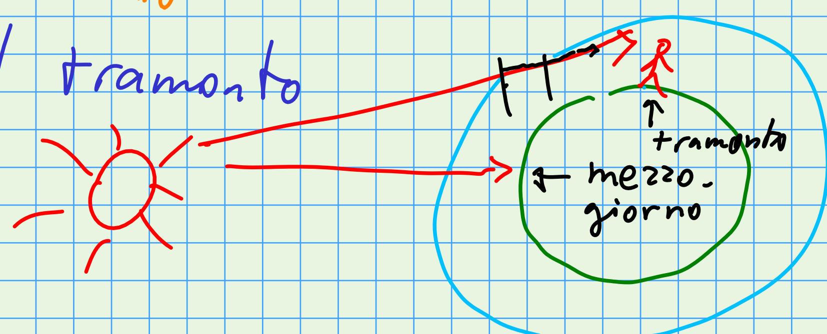
la luce solare induce le particelle dell'atmosfera a oscillare ⇒ cariche oscillanti ⇒ irraggiamento ⇒ la luce diffusa in tutte le direzioni

la luce diffusa è diffusa preferenzialmente ad alte freq ⇒ cielo è azzurro

(lo spettro del sole è piccato attorno al giallo)



il cielo è rosso al tramonto



la luce al tramonto attraversa una distanza maggiore che a mezzogiorno $\Rightarrow$ al tramonto tutta la luce con componenti a frequenza elevata è stata diffusa per via ω^4

rimangono le componenti a bassa frequenza $\to$ rosso