

Vettore di Poynting

$$\underline{S} = \frac{1}{\mu_0} \underline{E} \times \underline{B}$$

$$[S] = W/m^2$$

Onda e.m.  
nel vuoto

$$\frac{E}{B} = c$$

$$S = \frac{E \cdot B}{\mu_0} = \frac{E^2}{\mu_0 c} = \frac{cB^2}{\mu_0}$$



$$S \propto E^2 \\ B^2$$

S varia "rapidamente" nel tempo

Intensità di un'onda e.m. empiricamente (interessante anche per la fisica)

$$\langle S \rangle = \left\langle \frac{E^2}{\mu_0 c} \right\rangle = \left\langle \frac{cB^2}{\mu_0} \right\rangle$$

valore medio "in un periodo"     " "

$$[...] \quad \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} \quad \frac{cB_0^2}{2\mu_0}$$

$$\vec{E} = E_0 \cos(kx - \omega t)$$

$$\vec{B} = B_0 \cos(kx - \omega t)$$

① onda

l.m.  $\vec{E}$   $\vec{B}$   $\vec{v}$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$

$\mu_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$   $\mu_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$

$\downarrow$   $\downarrow$

$\frac{1}{m}$   $\frac{1}{m}$

$\mu_{\text{onda l.m.}} = \mu_E + \mu_B = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{2\mu_0}$   $\rightarrow E/B = c$

$\mu_{\text{onda l.m.}}$  varia "rapidamente"

ha significato  $\langle \mu \rangle$

$$\mu = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{E^2}{2c^2 \mu_0} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{1}{\mu_0} E^2 = \epsilon_0 E^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{2\mu_0} = \epsilon_0 E^2$$

$\uparrow$   $\frac{1}{c^2} = \epsilon_0 \mu_0$

$$\Rightarrow \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} \Rightarrow \mu_B = \mu_E$$

$$\langle \mu \rangle = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 = \frac{B_0^2}{2\mu_0}$$

$$S = c \cdot \langle \mu \rangle$$

es 34.3

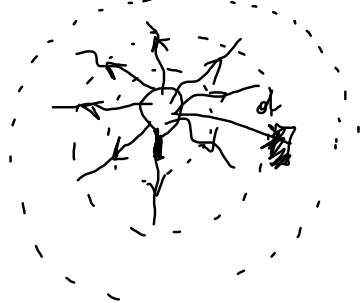
$$P_{\text{lamp}} = 60 \text{ W}$$

$$\epsilon_{\text{luce}} = 5\%$$

$$P_{\text{onda l.m.}} = \frac{1}{20} \cdot 60 \text{ W} = 3 \text{ W}$$

Trovare  $|E|$  e  $|B|$

su un foglio a  $d = 30 \text{ cm}$  dalla lampadina



Ord ogni istante la wp. attraversata è una sfera

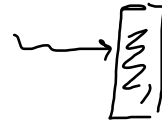
$$I = \frac{P_{\text{onda}}}{\underbrace{4\pi d^2}_{\text{sup. sfera di raggio } d}} = \langle S \rangle$$

$$E_{\text{max}} = \sqrt{2\mu_0 c \langle S \rangle} \approx 45 \text{ V/m}$$

$$B_{\text{max}} = \frac{E_{\text{max}}}{c} \approx 1.5 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$p = \frac{T_{ER}}{c} \rightarrow \text{energia trasportata in } \Delta t$$

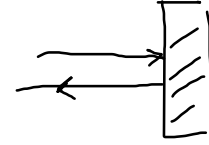
→ quantità di moto di un'onda e.m.



onda assorbita

$$P_{\text{inc}} = \frac{T_{ER}}{c}$$

onda riflessa



$$P_{\text{riscossa}} = \frac{2T_{ER}}{c}$$

$$pressione = \frac{F}{A} = \frac{dp/dt}{A} = \frac{T_{ER}}{\Delta t c A} = \frac{S}{c}$$

pressione su oggetto =  $\frac{S}{c}$  assorbimento

=  $\frac{2S}{c}$  riflessione su oggetto

$\text{\AA} \approx 10^{-10} \text{ m}$

$\lambda [\text{m}]$

$0.1 - 10^4 \text{ m}$   
 $0.3 - 10^{-4} \text{ m}$   
 $10^{-3} - 10^{-7} \text{ m}$

$400 \text{ nm} - 700 \text{ nm}$   
 $400 \text{ nm} - 6 \cdot 10^{-10} \text{ nm}$   
 $10^{-8} \text{ m} - 10^{-12} \text{ m}$   
 $10^{-10} \text{ m} - 10^{-14} \text{ m}$

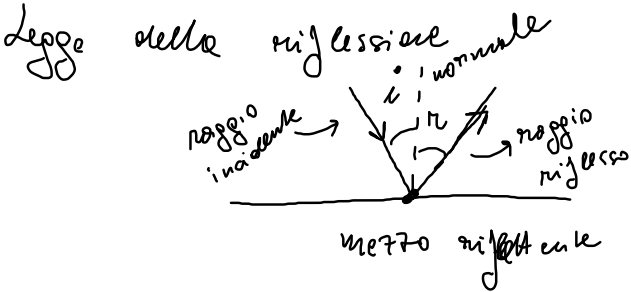
Nome  
Onde radio  
Microonde  
Infrarosso  
Visibile  
UV  
Raggi X  
Raggi  $\gamma$

es. di applicazione

Trasmissione di segnali  
Radar, riscaldamento di  $\text{H}_2\text{O}$   
Spettroscopia di modo vibrazionale  
osservazione di oggetti caldi  
Optica ( $\approx T_{\text{amb}}$ )  
Crema solari  
Radiografie  
Spettroscopia nucleare  
Fisica nucleare

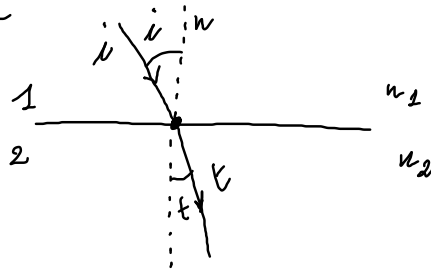
# Optica

Optica geometrica: luce come insieme di raggi  
Legge della riflessione



= = riflessione  
 $\vec{i}$ : raggio di incidente  
 $\vec{r}$ : = = riflessione  
 $\vec{i} = \vec{r}$

Legge della rifrazione



$n$ : indice di rifrazione  
(vuoto  $n=1$ )

$t$ : raggio trasmesso

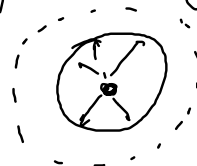
Legge di Snell  
$$\frac{\sin i}{\sin t} = \frac{n_2}{n_1}$$

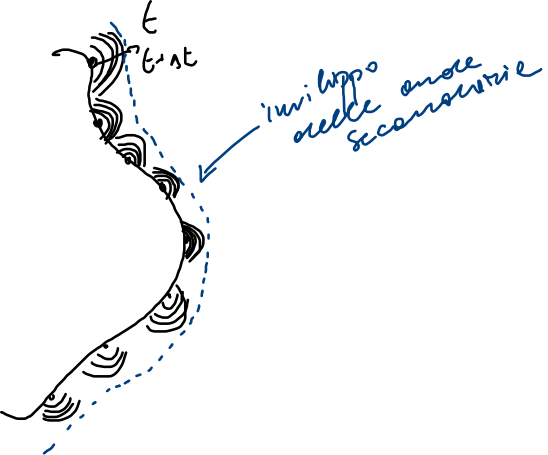
- 1) Dimostrare che le leggi di rifl. e rifl. si possono ottenere pensando a luce come onde
- 2) Trovare fenomeni "veri" che si spiegano solo pensando alla luce come onde (interferenza e diffrazione)

Principio di Huygens

regione dove  $E$  dell'onda  
ha lo stesso  
valore

Fissato il fronte d'onda di un'onda al tempo  $t$ , il fronte d'onda al tempo successivo  $t + \Delta t$  si ottiene facendo l'inviluppo delle onde sferiche secondarie generate da ciascun punto del fronte d'onda al tempo  $t$





Con il prin. di Huygens si possono ritrovare le leggi di  $\left\{ \begin{array}{l} \text{riflessione} \\ \text{e} \\ \text{rifrazione} \end{array} \right.$

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow \text{vel luce vuoto}$$

$$v \rightarrow \text{vel luce nel mezzo}$$

Generalmente  $n > 1$ ;  $v = \frac{c}{n} < c$

$\lambda$  non cambia nel passaggio tra 2 mezzi

$$\lambda_n v = v ; \quad v = \frac{v}{\lambda_n}$$

$$\lambda_0 v = c$$

$$\Rightarrow v = \frac{c}{\lambda_0}$$

$\lambda$  nel mezzo di indice  $n$

$$\frac{v}{\lambda_n} = \frac{c}{\lambda_0} ; \quad \lambda_n = \frac{v}{c} \lambda_0 = \frac{\lambda_0}{n}$$