

2ª PARTE - ONDE E OTTICA

ONDA PIANA → onda in cui fronte è un piano
 Un'onda è descritta dal campo elettrico e da quello magnetico (ONDA ELETTROMAGNETICA)

$$\vec{E} = E_0 \cdot \sin(Kx - \omega t) \cdot \hat{i} \quad E_0 = \text{valore massimo di } E [V/m] \quad B_0 = \frac{E_0}{c} = \text{valore massimo di } B [T]$$

$$\vec{B} = B_0 \cdot \sin(Kx - \omega t) \cdot \hat{k} \quad K = \text{vettore d'onda} = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c} \quad \lambda = \text{lunghezza d'onda} = \frac{2\pi}{K} = \frac{2\pi c}{\omega}$$

non anche essere il coreno.
 verso di propagazione dell'onda
 $\omega = \text{velocità angolare} = \frac{2\pi c}{\lambda} = K \cdot c$
 $f = \text{frequenza} = \frac{\omega}{2\pi}$
 $T = \text{periodo} = \frac{1}{f}$
 $X = \text{direzione dell'onda}$
 $\hat{i} = \text{direzione del campo elettrico}$

$$U = \epsilon_0 \cdot E^2 = \frac{B^2}{\mu_0} \quad \text{densità di energia di un'onda elettromagnetica}$$

$$S = \frac{(\Delta U)}{A \cdot \Delta t} = U \cdot c \quad \text{intensità dell'onda elettromagnetica (modulo)}$$

$$S = \frac{E \times B}{\mu_0} \quad \text{vettore di Poynting}$$

$$\bar{S} = \frac{E_0 \cdot B_0}{2\mu_0} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \cdot c \cdot E^2 \quad \text{valore medio dell'intensità dell'onda e.m.}$$

$$P = \frac{S}{c} \quad \text{pressione esercitata dall'onda (ASSORBIMENTO)}$$

$$P = \frac{2S}{c} \quad \text{pressione esercitata dall'onda (RIFLESSIONE)}$$

$$F = P \cdot A = \frac{P}{c} \quad \text{forza esercitata dall'onda.}$$

OTTICA GEOMETRICA → compara la luce con materiali di lunghezza d'onda molto maggiore della lunghezza d'onda della luce.

$$\theta_i = \theta_r \quad \text{legge della riflessione}$$

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{indice di rifrazione}$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{legge di Snell}$$

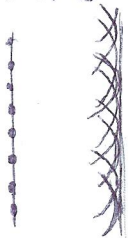
$$n_{\text{aria}} \approx 1 = n_{\text{vuoto}}$$

velocità della luce nel mezzo

angolo raggio incidente
 angolo raggio riflesso

rispetto alla normale

PRINCIPIO DI HUYGENS → tutti i punti di un fronte d'onda possono essere considerati come sorgenti puntiformi di onde sferiche secondarie; dopo un tempo t la nuova posizione del fronte d'onda sarà la superficie di involucro di queste onde secondarie



DISPERSIONE → si ha dispersione quando l'indice di rifrazione è funzione di ω .

RIFLESSIONE TOTALE → oltre un certo angolo (ANGOLO LIMITE in cui il raggio rifratto è parallelo alla superficie) di incidenza non si ha più raggio rifratto ma solo raggio riflesso. in realtà ONDA EVANESCENTE

$$\theta_{\text{LIMITE}} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

Un oggetto puntiforme produce in uno specchio piano un'immagine puntiforme con $p = -i$.



SPECCHIO SFERICO → se convesso l'immagine viene ingrandita, se concavo viene rimpicciolita.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{2}{r}$$

\hookrightarrow distanza oggetto-specchio
 \hookrightarrow distanza immagine-specchio
 \hookrightarrow raggio di curvatura

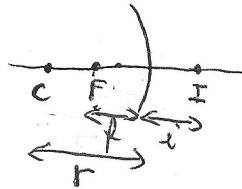
$$m = -\frac{i}{p}$$

ingrandimento

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

\hookrightarrow lunghezza focale

focale = $\frac{r}{2}$ = distanza del punto di fuoco F dallo specchio



equazioni dello specchio sferico

$p > 0$ se l'oggetto si trova dalla stessa parte della luce incidente
 $i > 0$ se l'immagine si trova dalla stessa parte della luce uscente
 $r > 0$ se il centro di curvatura si trova dalla stessa parte della luce uscente

$m > 0$ se l'immagine è dritta.

Se l'oggetto si trova tra il fuoco e lo specchio ($p < f$), l'immagine è virtuale.

DISEGNO DELL'IMMAGINE: dato un oggetto O e uno specchio disegno:

- 1- un raggio parallelo all'asse che dopo la riflessione passa dal punto focale
- 2- un raggio passante per il punto focale che viene riflesso parallelamente all'asse
- 3- un raggio passante per il centro di curvatura che viene riflesso nella stessa direzione
- 4- un raggio diretto al vertice dello specchio che viene riflesso con angolo uguale a quello di incidenza dalla parte opposta dell'asse.

Il punto di incontro di due qualsiasi di questi raggi mi dà l'immagine.

DIOTTRO \rightarrow superficie rifrangente sferica \rightarrow formazione immagine con raggi rifratti.

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

equazione per il diottrio

$n_1 \rightarrow$ indice di rifrazione del mezzo da cui proviene la luce
 $n_2 \rightarrow$ indice di rifrazione dell'altro mezzo

In questo caso, l'immagine è virtuale se appare dall'altra parte del diottrio.

LENTI SOTTILI \rightarrow spessore molto piccolo.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

equazione della lente sottile

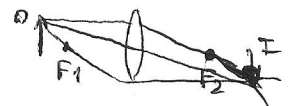
$$\frac{n_2}{f} = (n_2 - n_1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

equazione del costruttore di lenti

DISEGNO DELL'IMMAGINE: dato un oggetto e una lente sottile disegno:

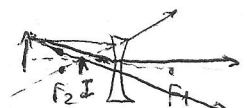
- 1- un raggio passante attraverso il primo punto focale ed uscente parallelo all'asse
- 2- un raggio parallelo all'asse della lente che passa dal secondo punto focale
- 3- un raggio passante per il centro della lente che l'attraversa senza essere deviato

Se ho una lente divergente \parallel , i fuochi sono scambiati.



$$m = -\frac{i}{p}$$

ingrandimento di una lente sottile



Per sistemi ottici composti, considero gli elementi uno alla volta come se fossero isolati.

PUNTO PROSSIMO \rightarrow punto a distanza di circa 25 cm dall'occhio prima del quale l'immagine risulta offuscata.

MICROSCOPIO SEMPLICE \rightarrow unica lente, ingrandisce fino a 3 X.

MICROSCOPIO COMPOSTO \rightarrow due lenti (oculare e obiettivo), ingrandisce fino a 1000 X

$$M = - \frac{S \cdot T}{f_{ob} \cdot f_{oc}}$$

\uparrow immagine capovolta
 \uparrow distanza focale obiettivo
 \uparrow distanza focale oculare
 \uparrow lunghezza ottica del tubo
 \uparrow punto prossimo

TELESCOPIO RIFRATTORE \rightarrow fuoco dell'obiettivo e fuoco dell'oculare coincidono

TELESCOPIO RIFLETTORE \rightarrow viene sostituito uno specchio al posto dell'obiettivo

INTERFERENZA \rightarrow effetto per il quale la sovrapposizione in un punto di due onde identiche genera un'onda di intensità maggiore (interferenza costruttiva) o minore (interferenza distruttiva) delle singole onde.

$$\Delta\phi: 2\pi = d \sin\theta: \lambda$$

$$d \sin\theta = \pm m\lambda$$

equazione dei massimi

$$d \sin\theta = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

equazione dei minimi

\downarrow distanza tra le fenditure
 \downarrow lunghezza d'onda
 \downarrow angolo tra il centro di d e il punto

$\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ per θ piccolo approssimazione utile!

$$I_{12} = 4 I_0 \cos^2 \left[\left(\frac{\pi d}{\lambda L} \right) y \right]$$

\uparrow intensità dell'onda in fase
 \uparrow intensità dell'onda con 2 fenditure
 \uparrow distanza centro dello schermo - punto
 \uparrow distanza schermo - fenditura

$$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \left[N \cdot \left(\frac{1}{2} \varphi \right) \right]}{\sin^2 \left(\frac{1}{2} \varphi \right)}$$

\uparrow intensità dell'onda nel reticolo di diffrazione con N fenditure

$$\varphi = \frac{2\pi d \sin\theta}{\lambda}$$

$$2L_{eff} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

\uparrow larghezza della fenditura
 equazione dei massimi per pellicole sottili

$$2L_{eff} = m\lambda$$

equazione dei minimi per pellicole sottili

$$2d \sin\theta = m\lambda$$

legge di Bragg (raggi X)

INTERFEROMETRO DI MICHELSON \rightarrow strumento che utilizza la luce per misurare distanze.

DIFFRAZIONE \rightarrow effetto di deviazione e sparpagliamento che subiscono le onde quando incontrano un oggetto.

$$a \sin\theta = m\lambda$$


\uparrow larghezza fenditura
 \uparrow 1, 2, 3, ...
 equazione dei minimi di diffrazione per una fenditura

$$I = I_c \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2}$$

intensità onda elettromagnetica

$$\beta = \frac{\pi a}{\lambda} \sin\theta$$

$\Delta\theta_R = 1,22 \frac{\lambda}{d}$ criterio di Rayleigh \rightarrow due oggetti possono essere risolti se la loro distanza angolare è maggiore di θ_R , altrimenti non si possono vedere separati; $a \sin\theta = 1,22 \cdot \lambda \rightarrow$ minimo

LUCE POLARIZZATA \rightarrow il campo elettrico oscilla su un piano fisso.  luce non polarizzata

$$I = I_m \cos^2 \theta$$

\uparrow legge di Malus
 \rightarrow intensità della luce polarizzata se la luce non è polarizzata $I = \frac{1}{2} I_m$
 \rightarrow da un filtro polarizzatore

$\theta_p = \arctan \frac{n_2}{n_1}$ angolo di Brewster \rightarrow con questo angolo di incidenza, la luce riflessa sarà polarizzata, mentre quella rifratta lo sarà solo parzialmente

$$P = \frac{I_{//} - I_{\perp}}{I_{//} + I_{\perp}}$$
 grado di polarizzazione del filtro

BIRIFRANGENZA \rightarrow alcuni materiali presentano indici di rifrazione diversi nelle diverse direzioni di propagazione della luce; raggio ordinario (ubbidisce alla legge di Snell) e raggio straordinario (non vi ubbidisce).

$$I = 4 I_0 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \frac{\sin^2 \beta}{\beta}$$
 intensità dell'onda generata con due fenditure

Si ha interferenza SOLO se i raggi provenienti dalle fenditure sono coerenti (differenze di fase costanti nel tempo)

Si ha diffrazione SOLO se la dimensione dell'oggetto (a) è dello stesso ordine di misura della lunghezza d'onda dell'onda incidente.