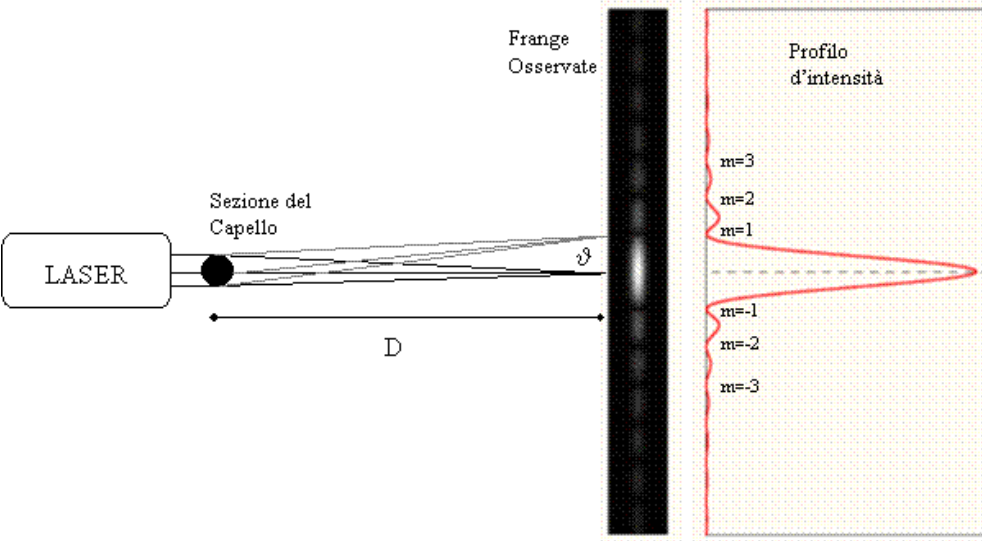
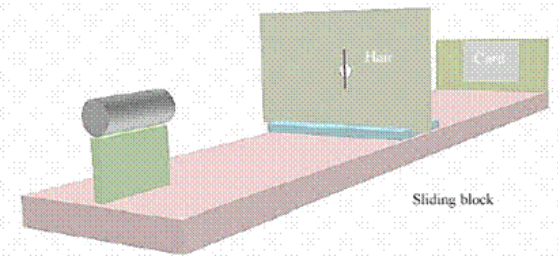


# Misura dello spessore di un capello mediante diffrazione

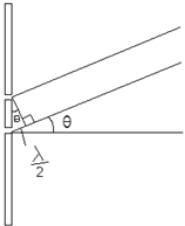
La diffrazione è un fenomeno fisico associato alla propagazione delle onde, come anche la riflessione, la diffusione o l'interferenza. È tipica di ogni genere di onda, come il suono, le onde sulla superficie dell'acqua o le onde elettromagnetiche, come la luce o le onde radio. Gli effetti della diffrazione sono però rilevanti solo se un'onda incontra un ostacolo le cui dimensioni sono comparabili o minori rispetto alla propria lunghezza d'onda.

E' piuttosto semplice da analizzare in termini matematici il caso di un capello di spessore  $d$ : la luce può passare a destra e sinistra del capello, come in una doppia fenditura.

Se posizioniamo il capello tra il laser e uno schermo di osservazione come in figura possiamo osservare una figura di questo tipo:



Chiamiamo bande di diffrazione le frange chiaro scure che osserviamo sullo schermo.



La posizione (espressa come angolo) dei minimi in una diffrazione a multi-fenditura corrisponde a una differenza di cammino di mezza lunghezza d'onda, come evidenziato dall'equazione:

$$\frac{d}{2} \sin \vartheta = m \frac{\lambda}{2}$$

dove  $m$  è un numero intero che esprime l'ordine di ciascun minimo,  $\lambda$  è la lunghezza d'onda,  $d$  è la distanza fra le fenditure e  $\theta$  è l'angolo per cui si verifica l'interferenza distruttiva.

Questo fenomeno fu studiato sistematicamente per la prima volta da Francesco Maria Grimaldi, che coniò il termine "diffrazione" e pubblicò i risultati delle sue ricerche nel 1665. Isaac Newton attribuì la causa del fenomeno a un incurvamento dei raggi luminosi, mentre James Gregory (1638–1675) osservò la diffrazione causata dalle setole di una piuma (a tutti gli effetti il primo reticolo di diffrazione). Thomas Young studiò la diffrazione da due fenditure nel 1803 e ne dedusse la natura ondulatoria della luce. Augustin-Jean Fresnel, infine, si interessò del fenomeno dal punto di vista matematico, pubblicando i suoi studi nel 1815 e nel 1818, e diede ulteriore conferma delle teorie ondulatorie della luce avanzate da Christian Huygens prima e da Young poi, in contrasto con le teorie di Newton.

## Apparato di Misura

- Laser a diodo con emissione intorno a 640 nm
- Sostegno per posizionamento del capello
- Schermo d'osservazione
- Righello
- Un capello (fornito generosamente da un volontario)

## Procedimento di misura

- a) Si punti il laser in modo tale che intercetti il capello e si osservi il pattern d'intensità prodotto su di uno schermo, posto a distanza  $D$  dal capello. Si noti che il centro del pattern è luminoso (massimo centrale di ordine zero), contrariamente a quello che ci si potrebbe attendere partendo da banali considerazioni basati sull'ottica geometrica (teorema di Babinet). I minimi laterali sono labellati dall'intero  $m$ ; ad esempio,  $m$  è pari a  $-1$  e  $+1$  per i primi minimi ai lati del massimo centrale (primo ordine). Sia  $\Delta y$  la distanza tra il minimo di ordine  $+1$  (o  $-1$ ) rispetto al massimo centrale. La deviazione angolare  $\vartheta$  del primo minimo d'intensità rispetto al massimo centrale è fornito dalla relazione,

$$\frac{d}{2} \sin \vartheta = m \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

dove  $d$  è lo spessore del capello e  $\lambda$  è la lunghezza d'onda della radiazione laser. L'angolo  $\vartheta$  è però legato a  $D$  e  $\Delta y$  dalla relazione:

$$D \operatorname{tg} \vartheta = \Delta y$$

da cui segue, essendo  $\operatorname{sen} \vartheta \sim \operatorname{tg} \vartheta$ :

$$\frac{d}{2} \sin \vartheta \cong \frac{d}{2} \frac{\Delta y}{D} = m \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \Delta y = m \frac{\lambda}{d} D$$

- b) Si misuri, fissata  $D$ , la distanza dei minimi d'intensità (zone buie) rispetto al massimo centrale con  $|m|=1, 2, 3, 4, \dots$ , ponendo come negativa la distanza corrispondente a  $m=-1, -2, -3, -4, \dots$
- c) Riportare su di un grafico le distanze misurate in funzione dell'ordine  $m$ . Si verifichi la simmetria della figura di diffrazione e si ricavi dalla pendenza il valore di  $\Delta y$ . Ricavare quindi dalla relazione  $d = \frac{D}{\Delta y} \lambda; m = 1$  lo spessore del capello.