

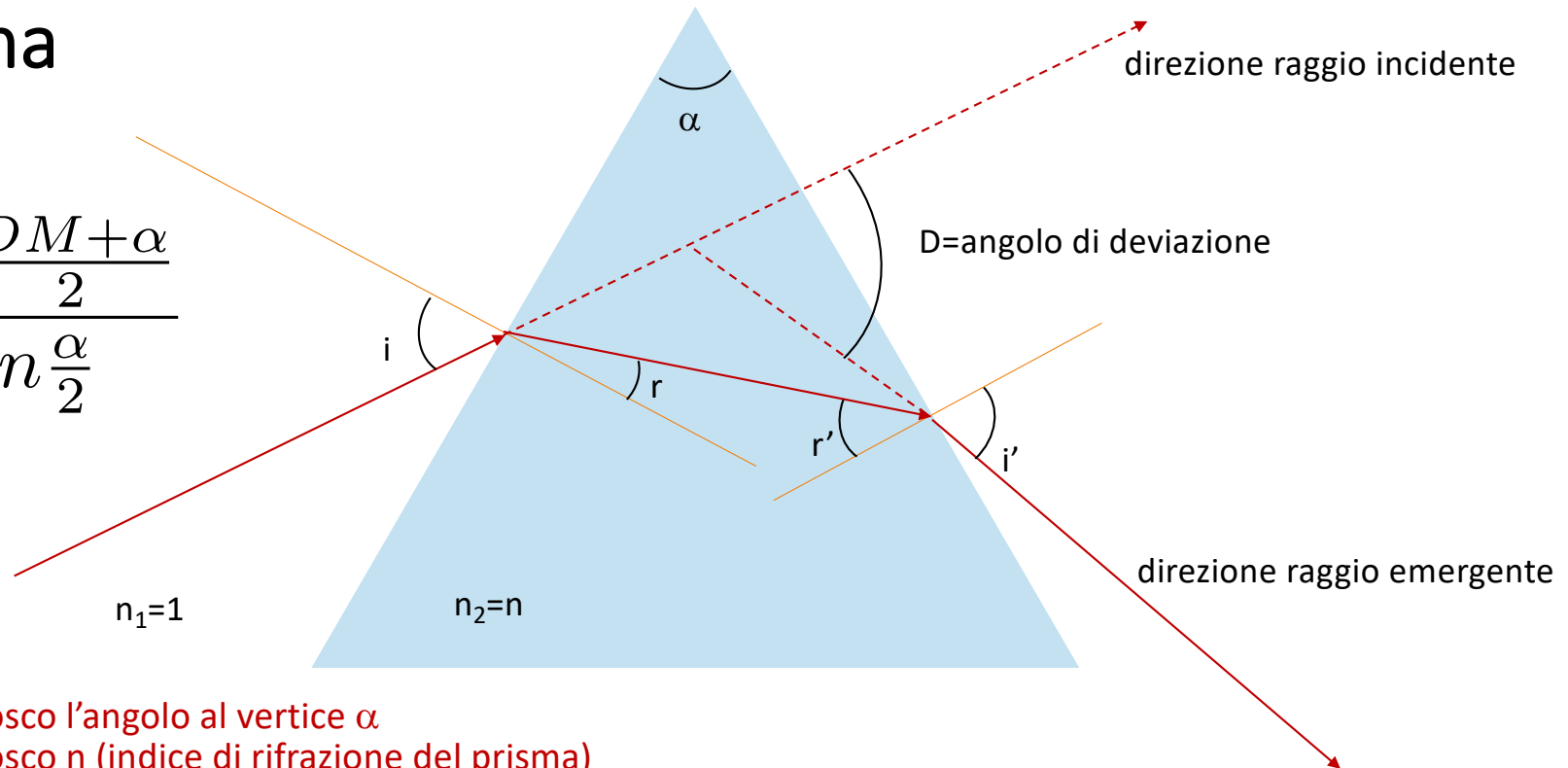
Esperimentazioni 2

Uso del prisma nello spettroscopio

Modulo di Ottica e Fisica Moderna

Prisma

$$n = \frac{\sin \frac{DM + \alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$



IPOTESI:

- conosco l'angolo al vertice α
- conosco n (indice di rifrazione del prisma)

TESI:

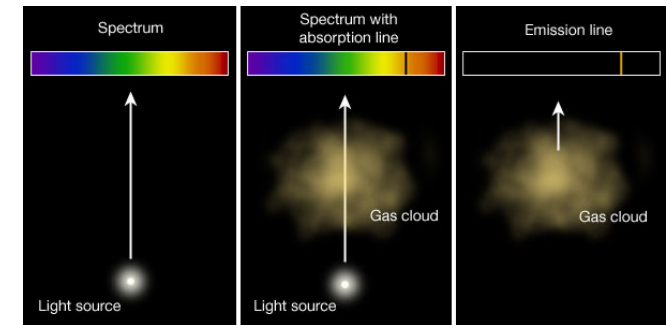
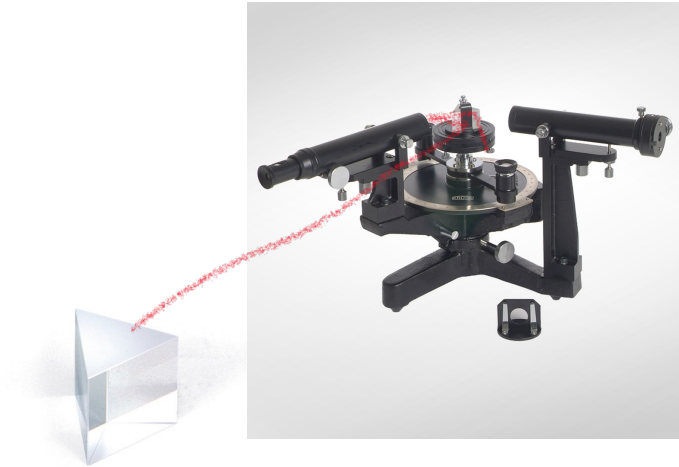
- determinare l'angolo D di deviazione tra direzione del raggio incidente e quella del raggio emergente

METODO:

- applico la legge di Snell
- considero la geometria del sistema, noto α

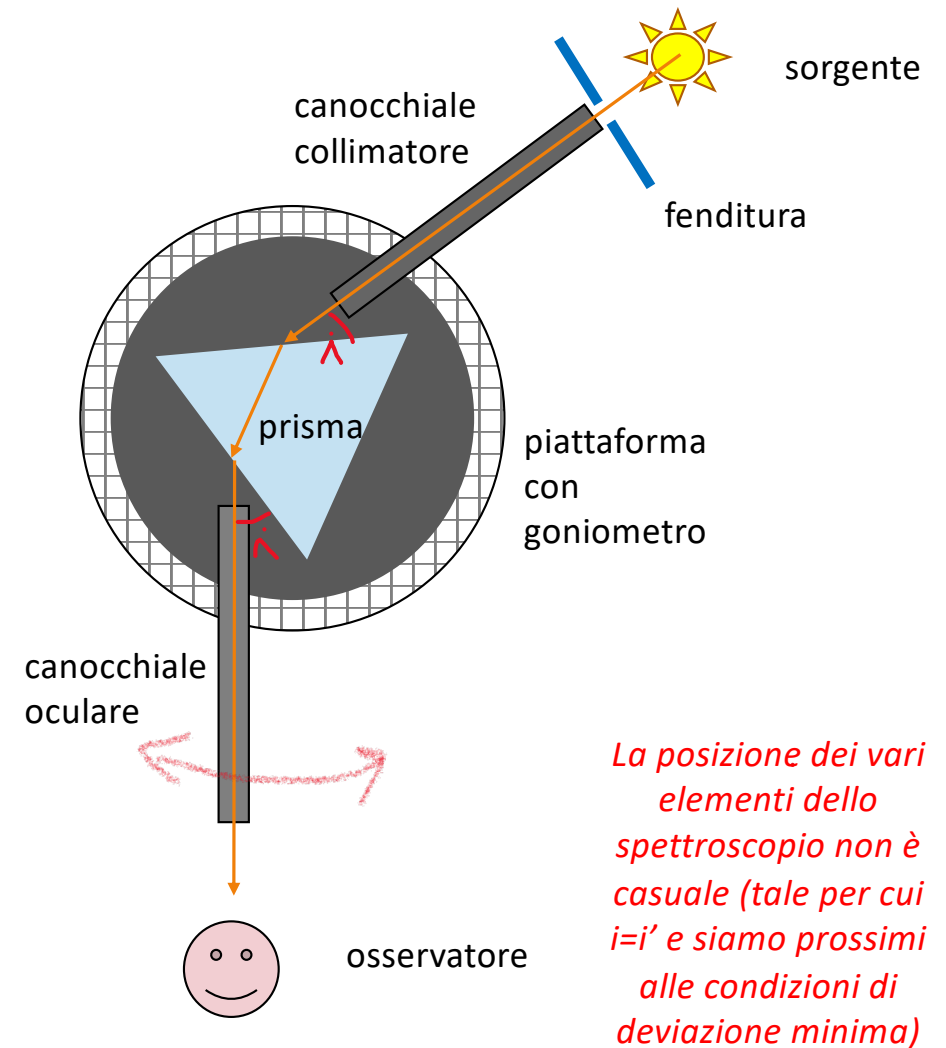
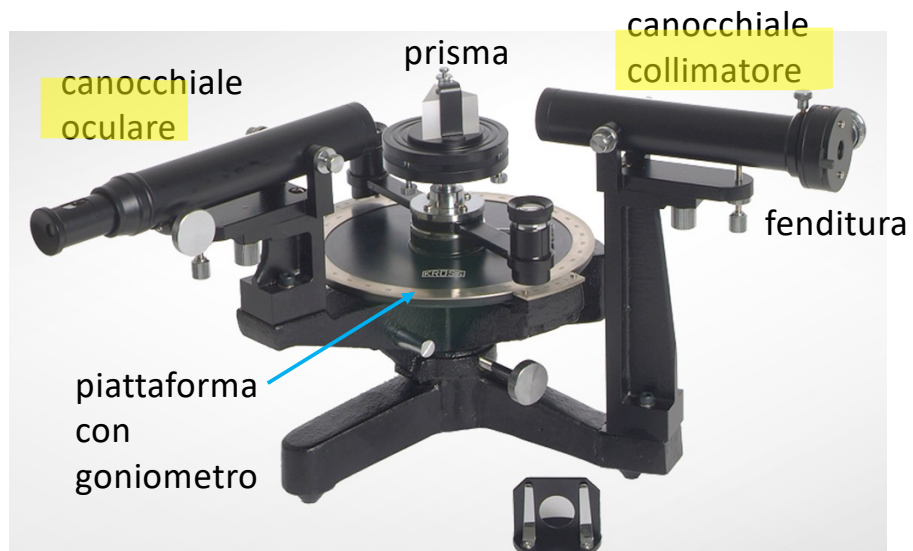
Spettroscopio di Kirchhoff-Bunsen

- Lo useremo in laboratorio
- E' stato uno strumento fondamentale per l'inizio della fisica atomica
- E' basato sull'uso di un prisma (o reticolo di diffrazione) fissato su una piastra solidale a un goniometro
- Sfrutta un sistema di canocchiali per focalizzare i fasci di luce provenienti dalla sorgente
- La sorgente usata puo' essere una **lampada spettrale** (vapori di Na, Hg ad alta o bassa pressione) oppure una **lampada a spettro continuo** che emette luce bianca (led o incandescenza)
- Può analizzare spettri di emissione o assorbimento
- Si può usare per ricavare l'andamento di $n=n(\lambda)$ per diversi materiali trasparenti

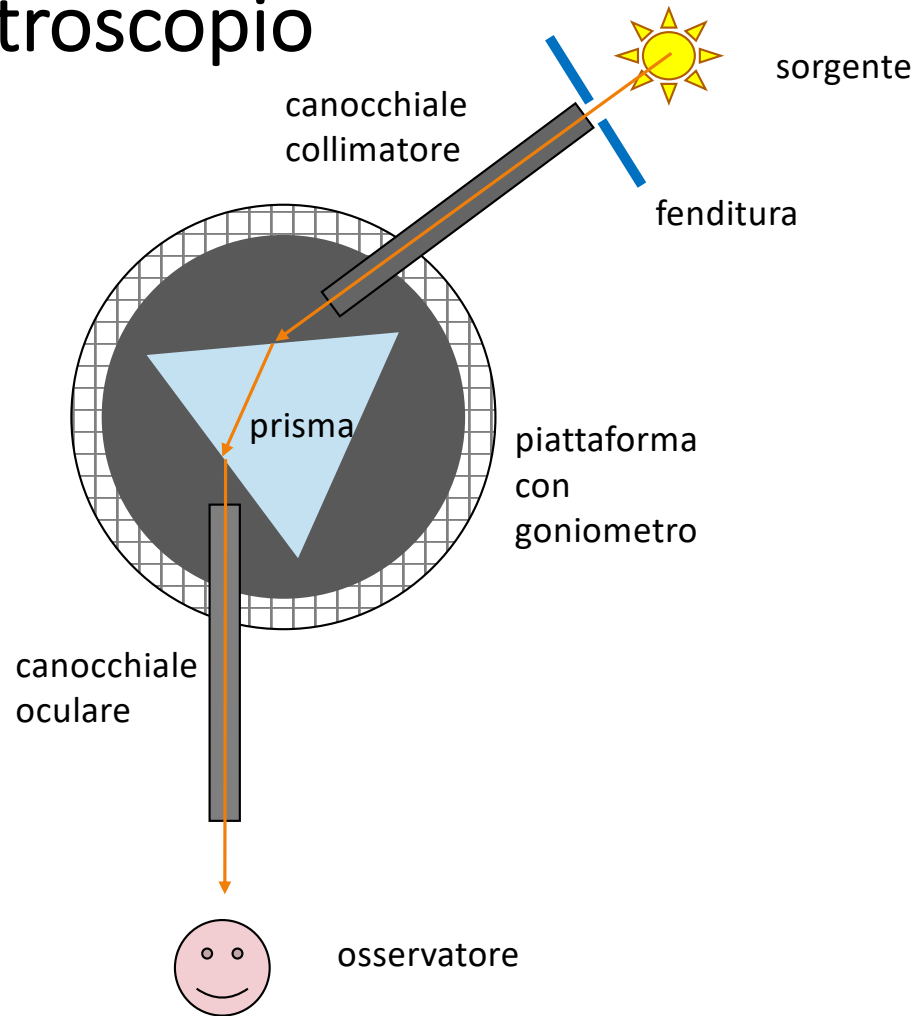


Light source

Schema dello spettroscopio



Schema dello spettroscopio

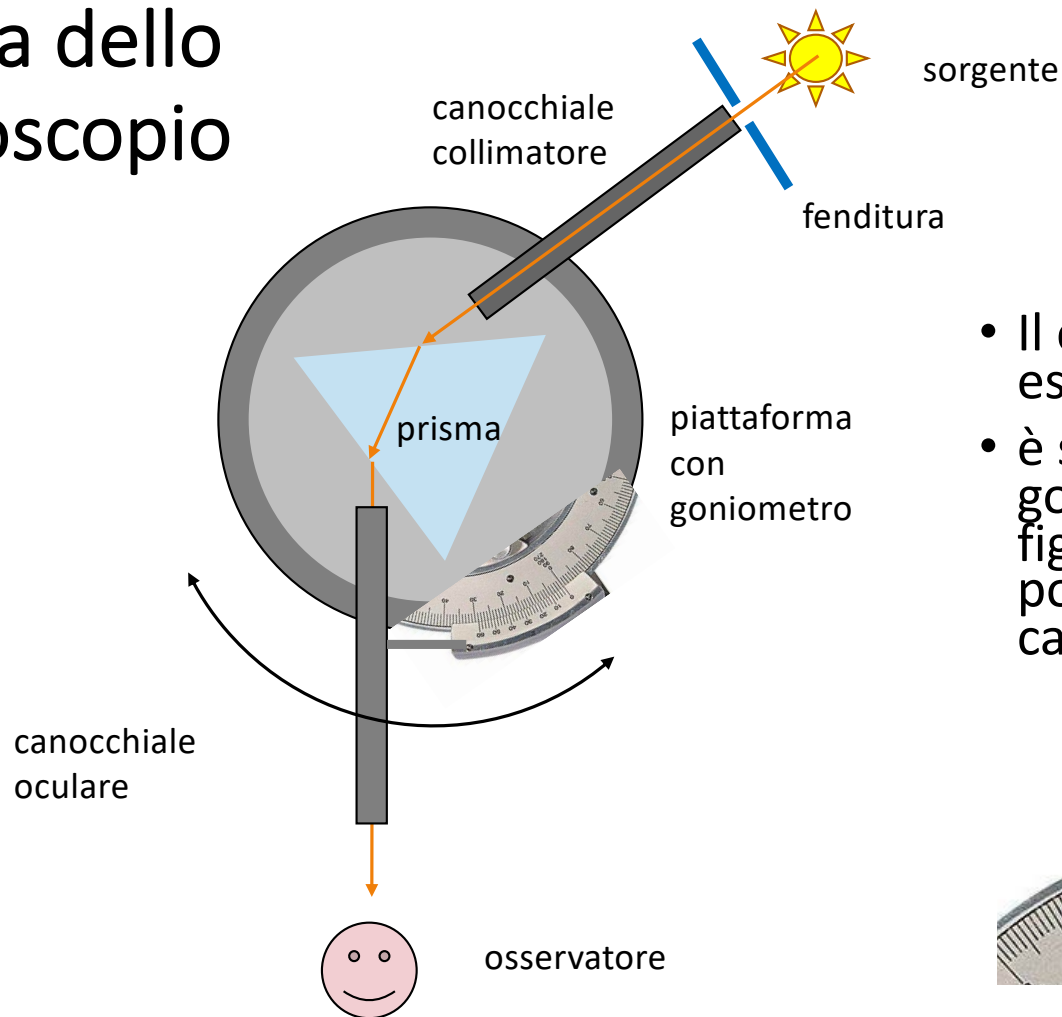


Metodologia d'uso:

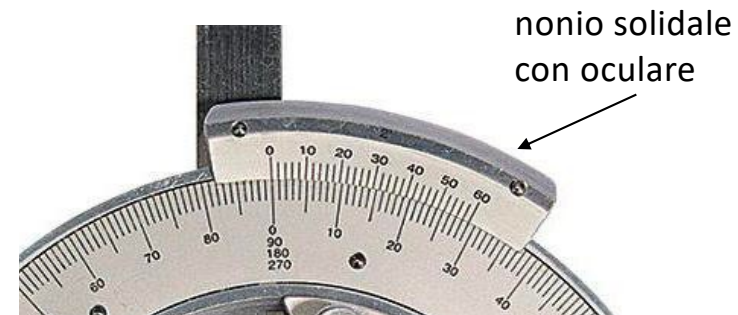
- l'osservatore guarda nell'oculare, mette a fuoco l'immagine sulla retina
- se la sorgente consiste in una lampada spettrale vedrà:



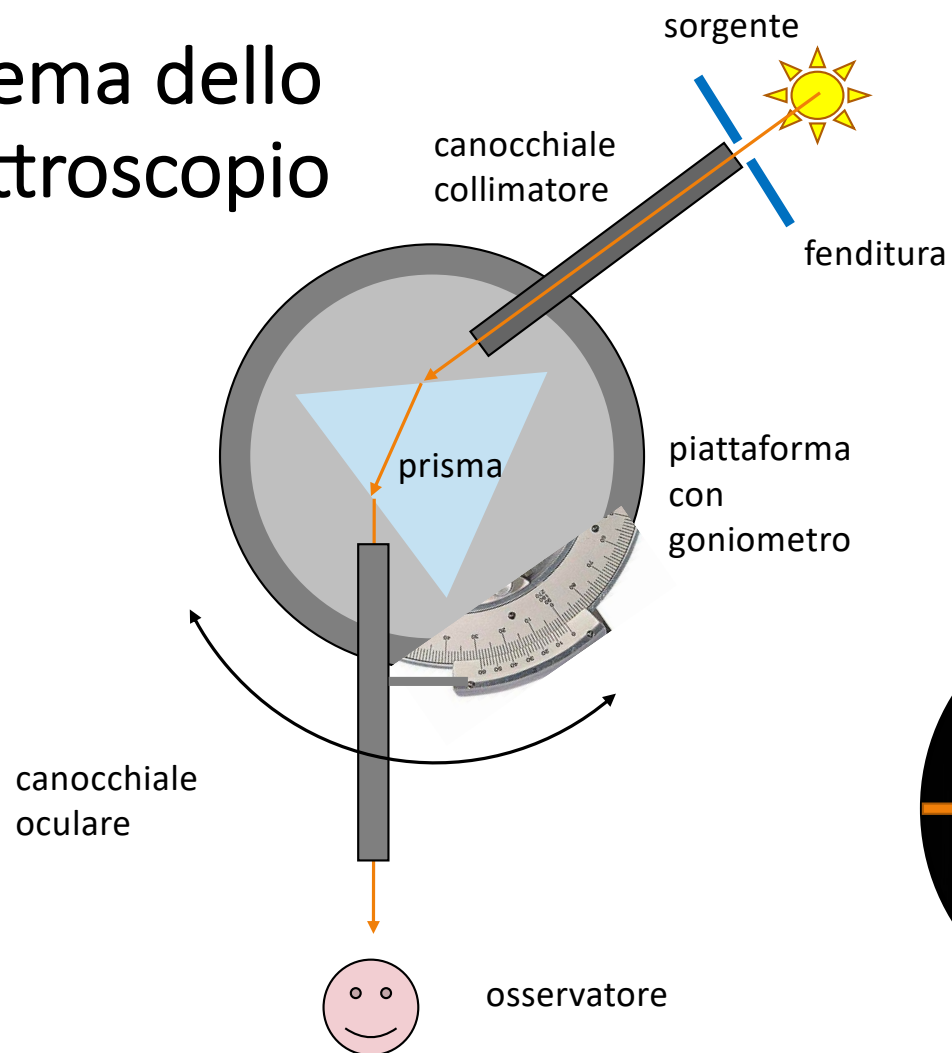
Schema dello spettroscopio



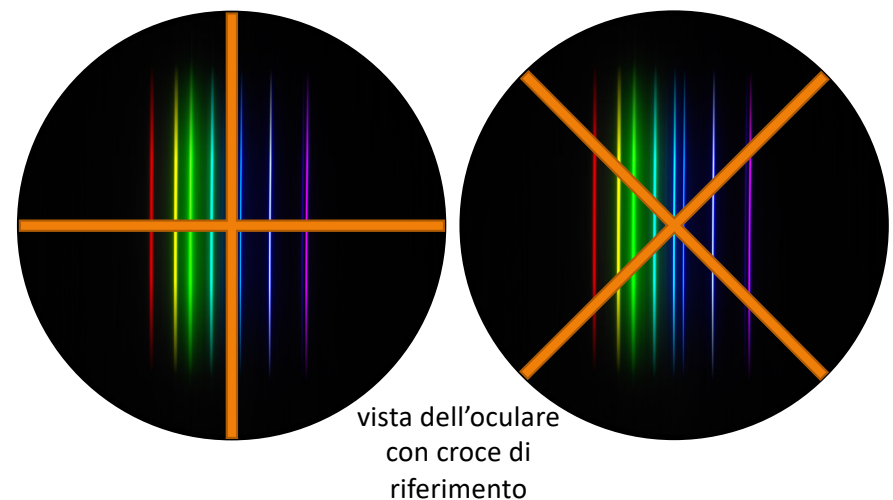
- Il canocchiale oculare può essere ruotato
- è solidale a un nonio goniometrico come quello in figura, usato per misurare la posizione angolare del canocchiale



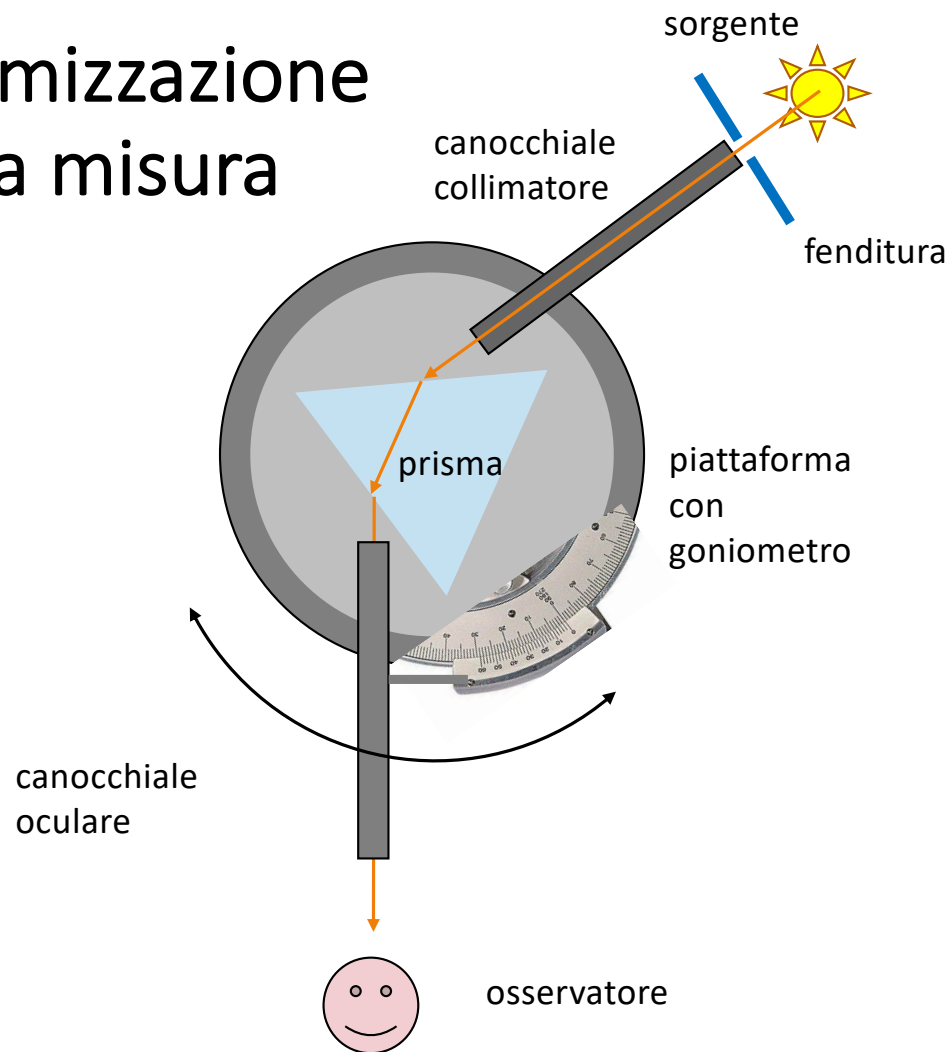
Schema dello spettroscopio



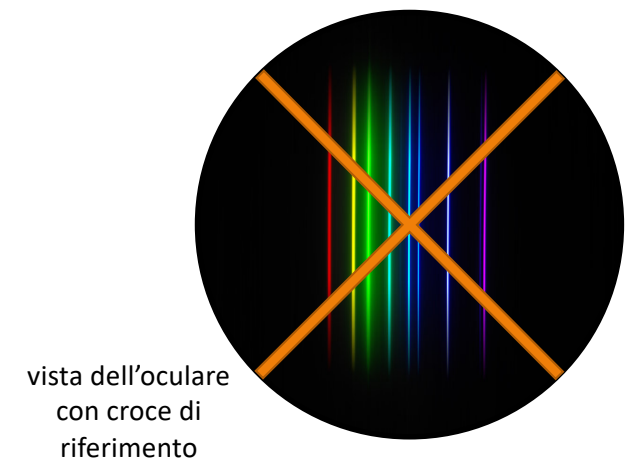
- l'osservatore guardando nell'oculare vede lo spettro emesso dalla sorgente
- nel campo di vista è presente una croce (latina o di Sant'Andrea) che funge da riferimento per la misura della posizione angolare di ciascuna riga
- allineando il centro della croce ad ogni singola riga e leggendo la posizione sul goniometro si effettua la misura angolare



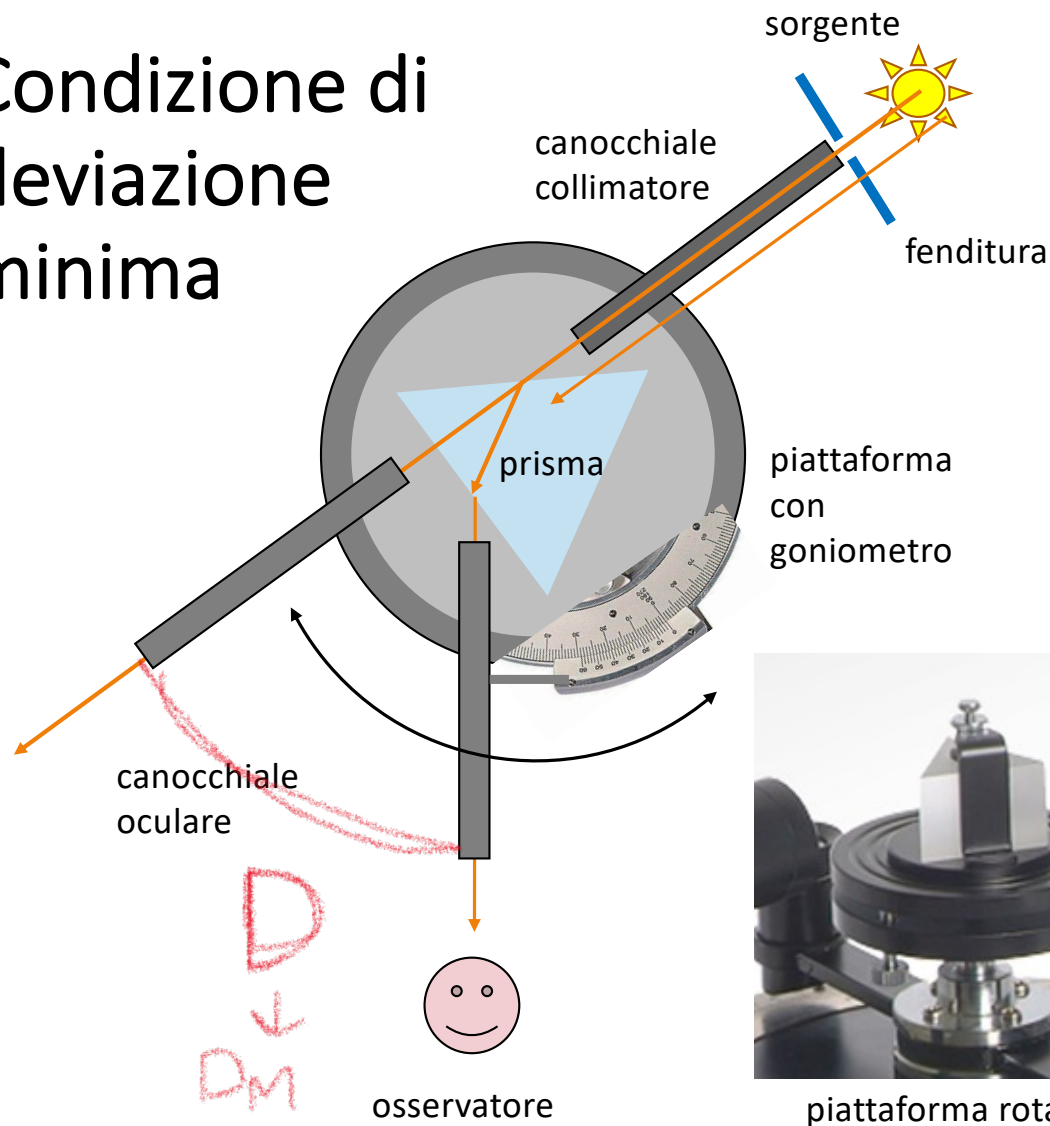
Ottimizzazione della misura



- la fenditura regolabile presente dopo la sorgente permette di avere righe di dimensione variabile
 - righe sottili aiutano a migliorare la precisione ma riducono la luminosità complessiva. La croce è difficile da vedere
 - è possibile illuminare con una lampada esterna il prisma per migliorare la vista
- l'oculare dispone di 2 regolazioni indipendenti
 - una per la messa a fuoco dello spettro
 - una per la messa a fuoco della croce
 - le 2 regolazioni non sono indipendenti

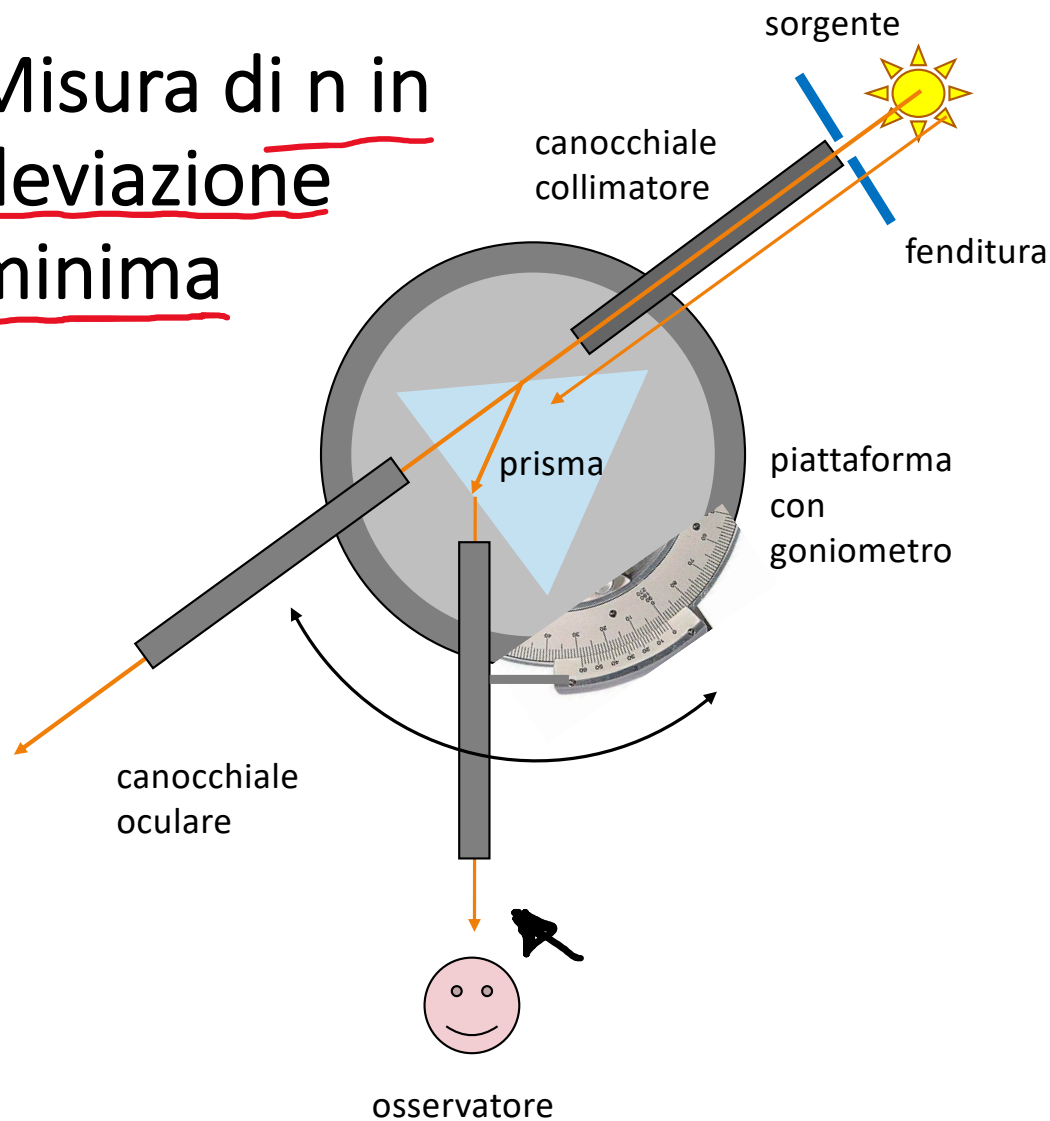


Condizione di deviazione minima



- per la misura dell'indice di rifrazione occorre allineare collimatore e prisma in modo da soddisfare la condizione di deviazione minima
- essa è soddisfatta quando l'angolo D è minimo, ovvero le righe dello spettro deviato dal prisma sono il + vicine possibile alla direzione del fascio incidente
- Metodo operativo:
 - tolgo il prisma per non deviare il raggio
 - ruoto il canocchiale verso sx, inquadro la riga corrispondente alla fenditura (unica perchè senza prisma non ho dispersione della luce) e ne misuro la posizione
 - rimetto il prisma sulla piattaforma rotante, centrandolo sulla medesima e ruoto la piattaforma, seguendo con il canocchiale le righe spettrali, fino a che queste non raggiungono la posizione di minimo
 - fisso la piattaforma rotante per fissare l'angolo i che minimizza D

Misura di n in deviazione minima



- fissato il prisma nella posizione che minimizza D si misurano le posizioni angolari di ciascuna riga
- l'angolo di deviazione sarà dato dalla differenza tra posizione della riga e posizione del raggio non deviato
- commenti:
 - l'angolo di deviazione minima dovrebbe essere ottimizzato per ogni componente dello spettro ma la risoluzione dello spettroscopio non è tale da vedere effetti dell'ottimizzazione del risultato
 - prima di effettuare una misura ricordarsi di ottimizzare la messa a fuoco
 - se si hanno a disposizione 2 sorgenti misurare una sola volta la posizione del raggio incidente, poi fissare il prisma e non spostarlo + ma effettuare la misura delle posizioni dello spettro in successione per entrambe le lampade

Misura di n in deviazione minima

- Acquisizione dati:
 - misura dell'angolo corrispondente al raggio non deviato (angolo θ_0)
 - misura degli angoli corrispondenti a ciascuna riga in deviazione minima per ogni lampada (angolo riga = θ)
- Analisi dati:
 - calcolo $D = \theta - \theta_0$
 - calcolo n

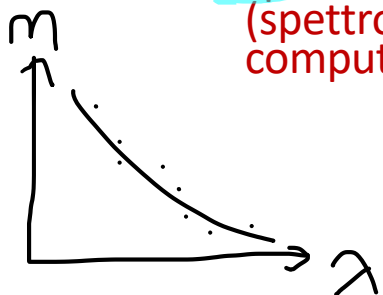
| lampada | Colore della riga | θ |
|----------|-------------------|----------|
| Mercurio | rosso | |
| | giallo | |
| | verde | |
| | blu | |
| | viola | |
| Sodio | rosso | |
| | giallo | |
| | verde | |
| | blu | |
| | viola | |

Andamento di n in funzione di λ

- Fino a questo punto abbiamo posto in relazione n con la corrispondente riga, ma non abbiamo ancora determinato la lunghezza d'onda corrispondente alla riga

- per farlo possiamo usare 2 strumenti:

- spettroscopio con reticolo di diffrazione
- spettrofotometro (spettroscopio digitale computerizzato)



$$n = A + B/\lambda^2$$

| lampada | Colore della riga | angolo θ | $D = \theta - \theta_0$ | n | λ |
|----------|-------------------|-----------------|-------------------------|-----|-----------|
| Mercurio | rosso | | | | |
| | giallo | | | | |
| | verde | | | | |
| | blu | | | | |
| | viola | | | | |
| Sodio | rosso | | | | |
| | giallo | | | | |
| | verde | | | | |
| | blu | | | | |
| | viola | | | | |
| | | | | | |

Spettrofotometro

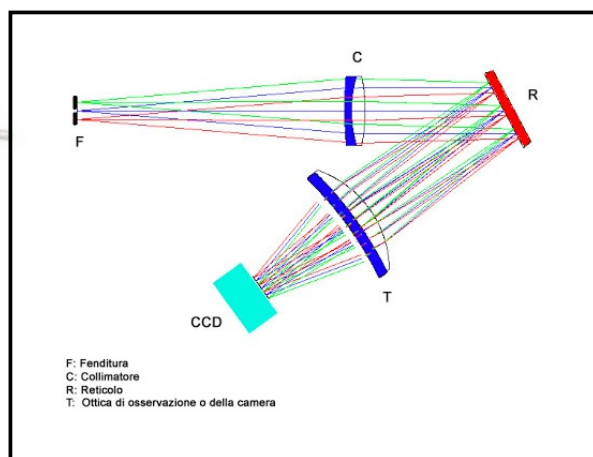
- separa le componenti dello spettro usando un reticolo di diffrazione
- i raggi luminosi colpiscono un sensore ottico calibrato che fornisce intensità e lunghezza d'onda corrispondenti a ciascuna riga
- Poichè il software mostra il grafico intensità vs lunghezza d'onda non è banale identificare univocamente i picchi associandoli alle righe viste con lo spettroscopio



lampada spettrale

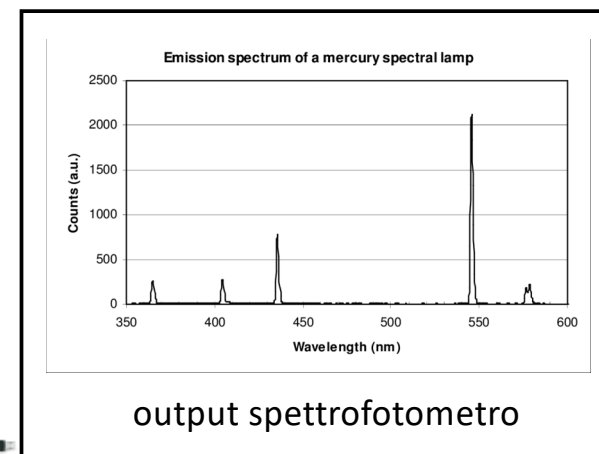


fibra ottica

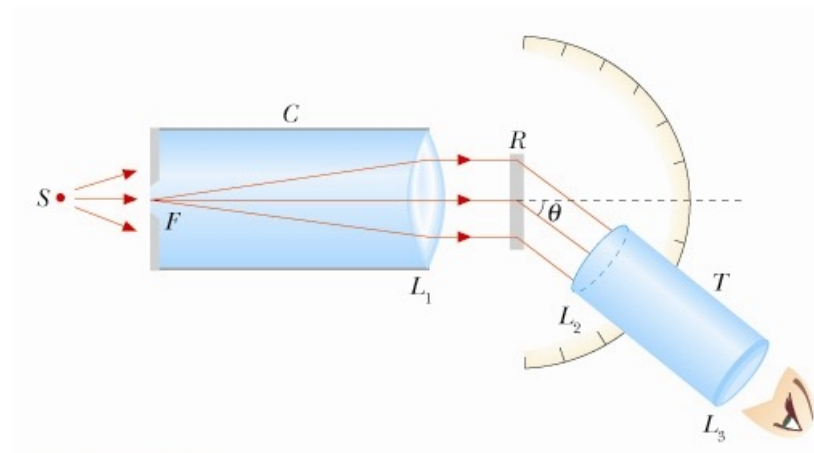
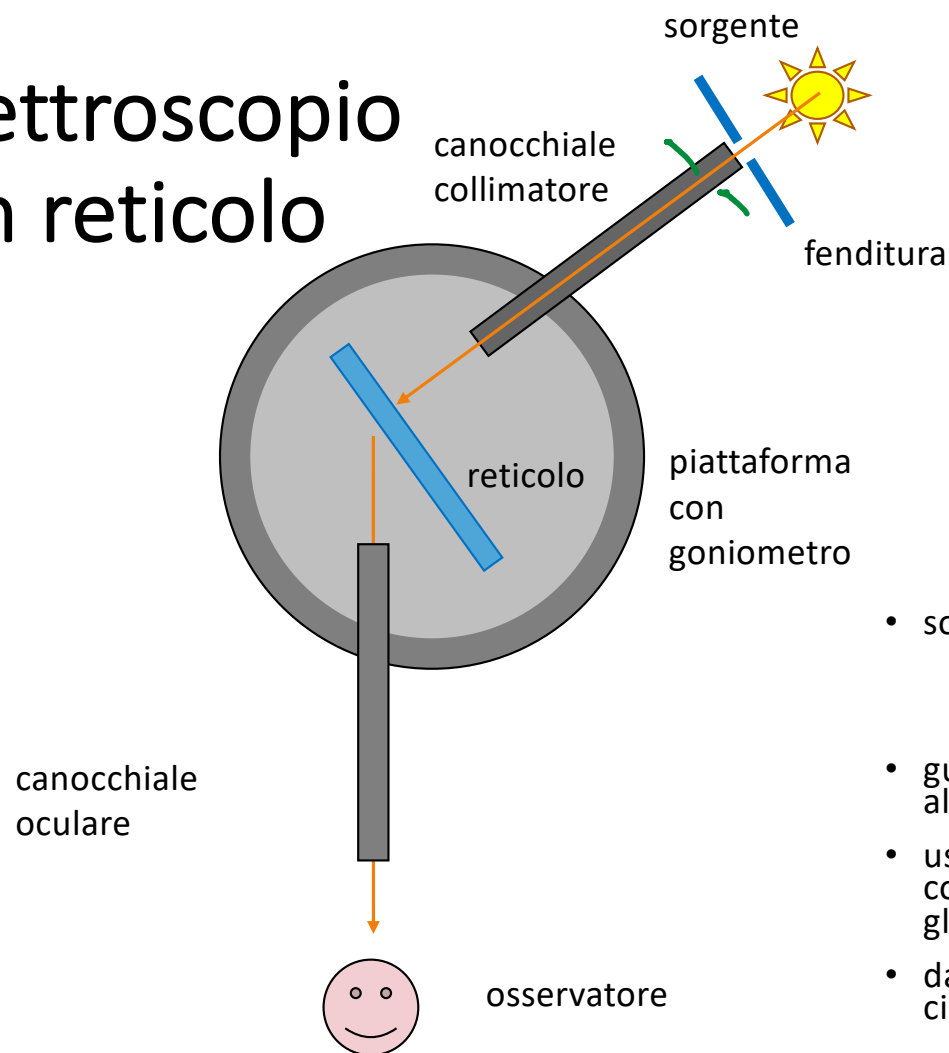


spettrofotometro

PC con software per acquisizione



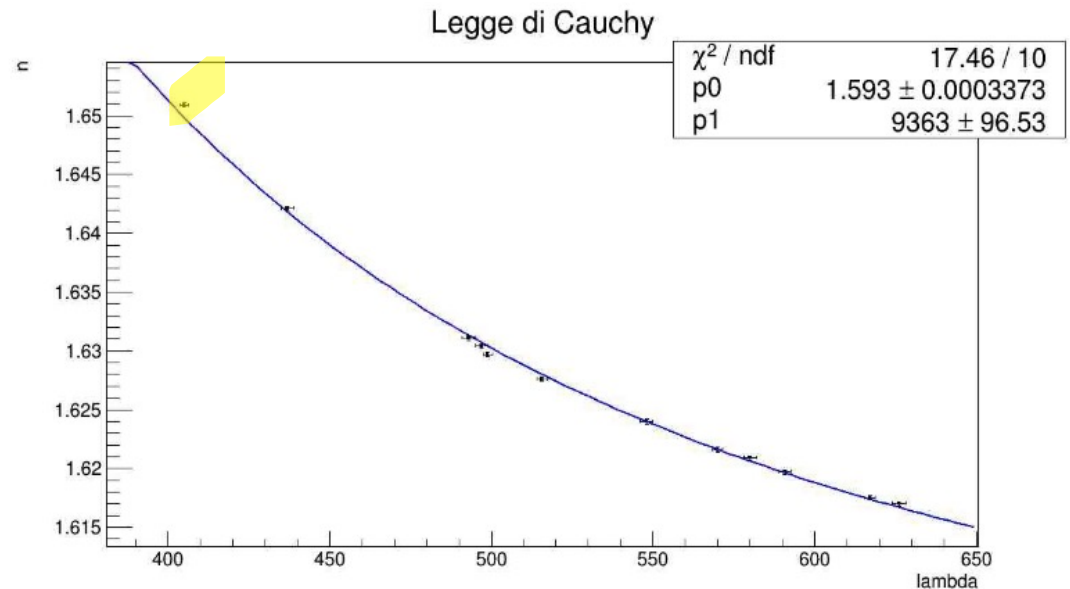
Spettroscopio con reticolo



- sostituiamo il prisma con il reticolo.
 - Il reticolo deve essere posizionato perpendicolarmente al canocchiale collimatore, in modo che l'angolo di incidenza del fascio sia nullo
- guardando nell'oculare si vedranno, a dx e sx rispetto all'angolo 0, **N spettri, uno per ogni ordine di massimo**
- usando lo stesso metodo descritto per lo spettroscopio con prisma misurare le posizioni angolari delle righe per gli spettri di ordine **$\pm 1, 2$**
- dalla formula **$p \sin \theta = m\lambda$** estrarre il valore di λ per ciascuna riga

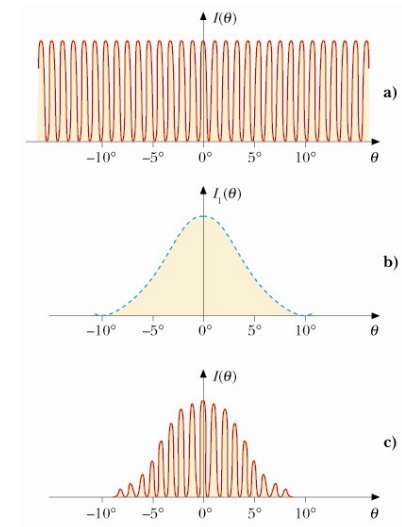
Analisi dei dati e conclusioni

- Combinando le misure effettuate con spettroscopio e spettrofotometro è possibile graficare l'andamento di n in funzione di λ
 - E' possibile usare entrambi i set di dati, con lampada a vapori di Hg e a vapori di Na, solo se non si è spostato il prisma (reticolo) tra le diverse lampade
 - I dati possono essere interpolati con una funzione a 2 parametri, che rappresenta un andamento alla Cauchy $n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2}$



Cenni sul Reticolo di diffrazione

- figura di intensità del reticolo è data da **interferenza tra n sorgenti e diffrazione**:
 - picchi di intensità per ogni ordine di massimo con intensità decrescente allontanandosi da punto centrale ($\theta=0$ – massimo di ordine 0).
 - La figura rappresenta la convoluzione della figura di diffrazione con quella di interferenza per una sorgente di luce monocromatica
- se la sorgente è **policromatica** per ogni massimo si formeranno N picchi, uno per ciascuna componente dello spettro
- quindi si formeranno N spettri**, uno per ogni ordine di massimo
- gli spettri si possono sovrapporre**, questo succede tipicamente per ordini superiori al secondo.
 - La figura mostra le righe corrispondenti a rosso e viola per spettri di ordine 1,2 e 3.
 - La riga di ordine 3 del viola si trova a un angolo θ inferiore a quello in cui troviamo la riga di ordine 3 del rosso



Se il passo del reticolo è p , la riga di lunghezza d'onda λ , per l'ordine di massimo m , si troverà in corrispondenza dell'angolo θ

$$p \sin \theta = m\lambda$$

