

# **SPETTROMETRO A PRISMA**

**Esperienza effettuata il giorno 21 maggio 1997 da :  
Maurizio Antonelli  
Rosa De Matteis  
Myra Cardellina**



Some rights reserved: <http://www.maury.it/licenza>

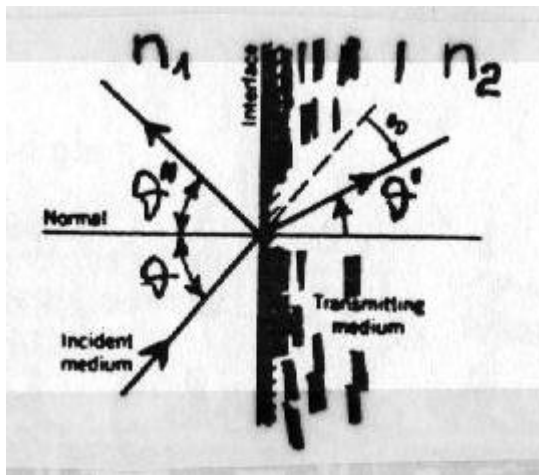
## Scopo dell'esperienza

Osservazione dello *spettro di emissione a righe* del mercurio

Misura dell'indice di rifrazione  $n$  del vetro flint rispetto all'aria e verifica della legge di Cauchy sulla dipendenza di  $n$  dalla lunghezza d'onda  $\lambda$ .

Misura della lunghezza d'onda di alcune righe dello spettro del mercurio.

## Legge di Snell



$$\frac{\sin \theta'}{\sin \theta} = \frac{n_1}{n_2}$$

## Legge di Cauchy

L'indice di rifrazione  $n$  dipende dalla lunghezza d'onda (dispersione).  $n$  è maggiore per lunghezze d'onda minori (dispersione normale):

$$n^2 = a + b/\lambda^2 \quad (\text{legge di Cauchy})$$

## Strumentazione a disposizione

Spettrometro da laboratorio. E' l'apparato ottico-meccanico col quale vengono utilizzati il prisma o il reticolo.

E' caratterizzato dai seguenti componenti:

- Collimatore: un tubo porta ad una estremità una fenditura verticale regolabile in ampiezza ed all'altra una lente convergente acromatica con distanza focale circa uguale alla lunghezza del tubo. E' fissato al supporto di base su cui è incisa una scala goniometrica.
- Cannocchiale: è dotato di un obiettivo di focale  $f=200-300$  mm e di un oculare con reticolo. Fornisce un'immagine della fenditura con ingrandimento circa 1. Può ruotare insieme alla piattaforma su cui è fissato e sulla quale sono incise le divisioni di un nonio.
- Una seconda piattaforma girevole sostiene il prisma. Su di essa è inciso un secondo nonio per la lettura della posizione angolare.
- Sorgente di luce: illumina la fenditura, fornisce righe discrete di emissione e può essere sostituita. Vengono utilizzate lampade a vapori di Na, He, Hg.

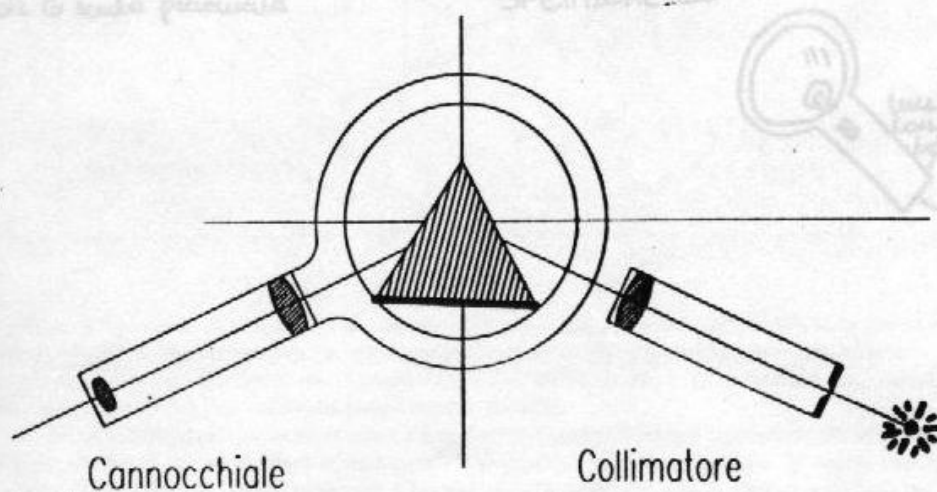
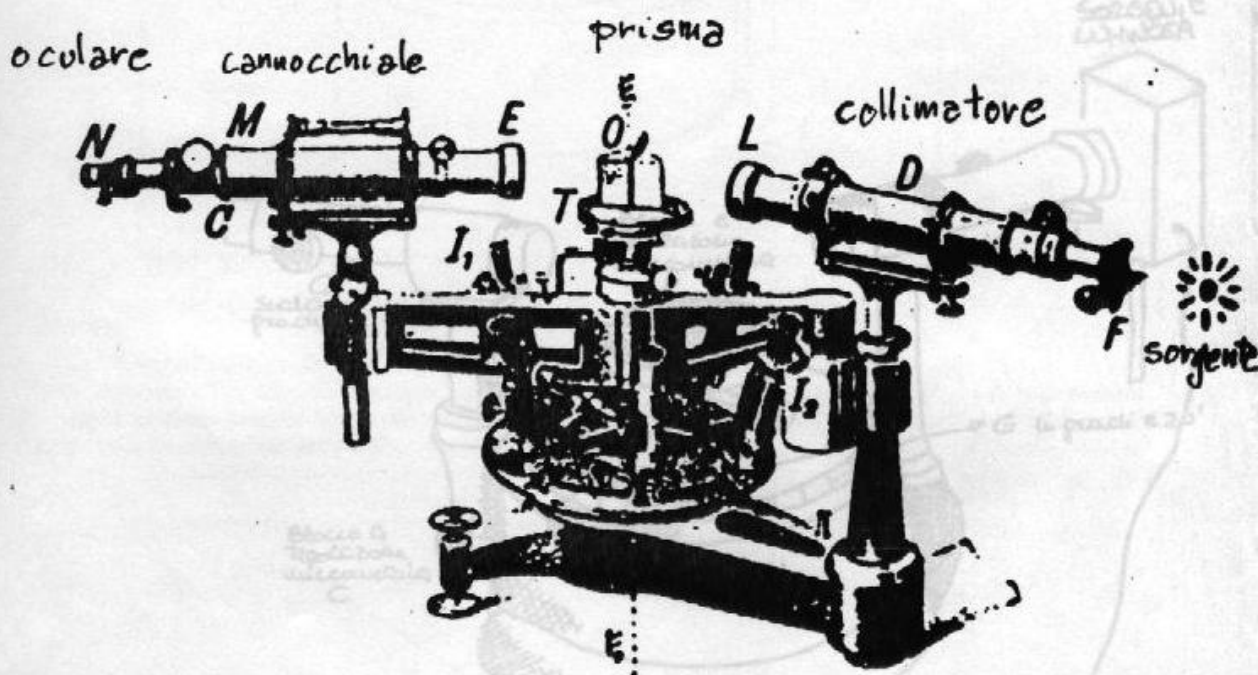
## Spettrometro

Per la misura dell'indice di rifrazione (misura dell'angolo diedro di un prisma e misura dell'angolo di minima deviazione) e per la misura della lunghezza d'onda di una radiazione (mediante un prisma o un reticolo) si utilizza uno speciale goniometro indicato normalmente con il nome di spettrometro.

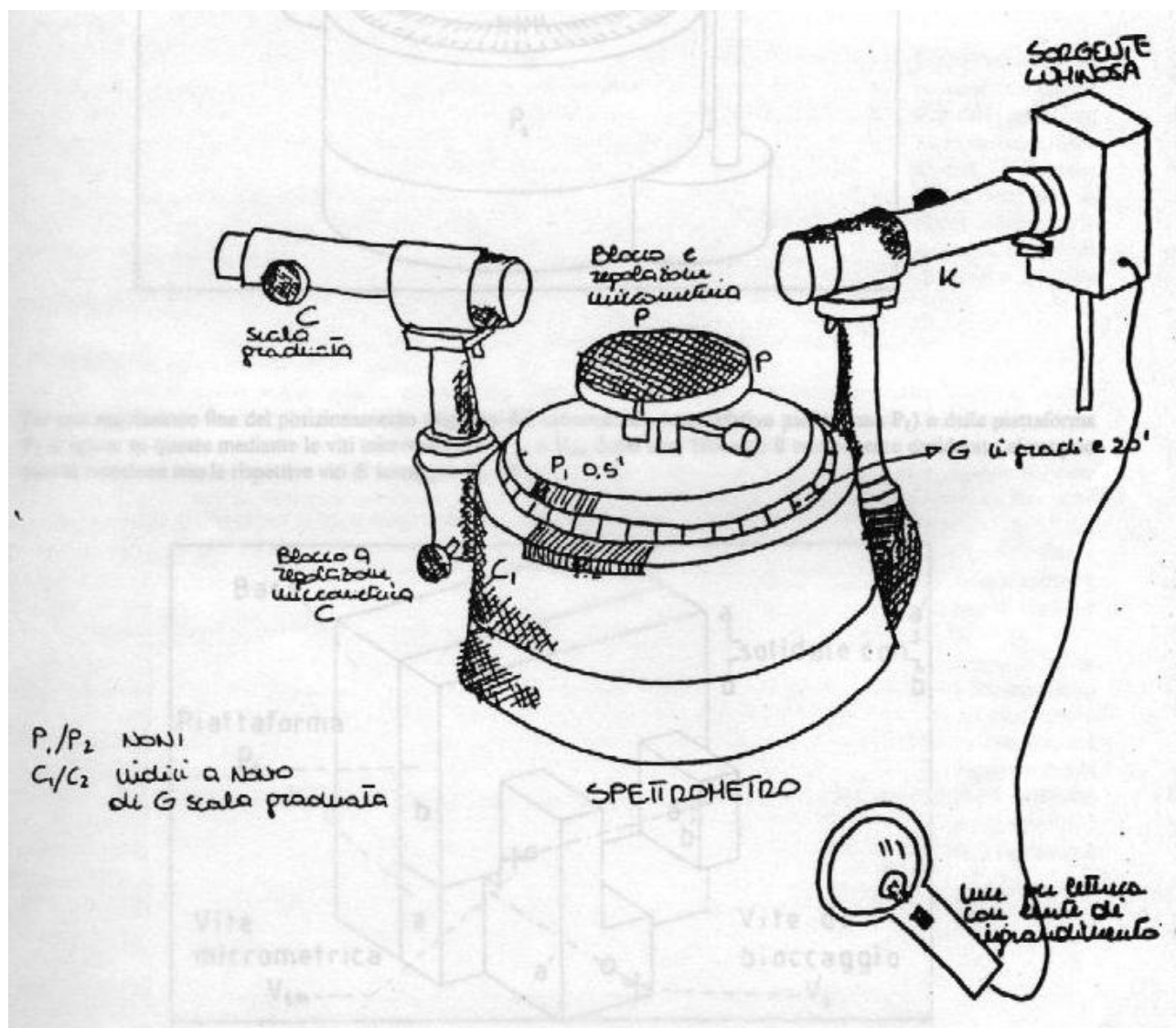
Esso è costituito da una base (poggianti su tre piedi) che sostiene un collimatore F, un cannocchiale C, una piattaforma circolare graduata  $P_1$  ed una seconda piattaforma più piccola  $P_2$  posta superiormente alla  $P_1$ . Il collimatore è solidale con la base mentre il cannocchiale C (solidale con la piattaforma  $P_1$ ) e la piattaforma  $P_2$  possono ruotare attorno allo stesso asse (normale alla base) passante per i centri delle due piattaforme.

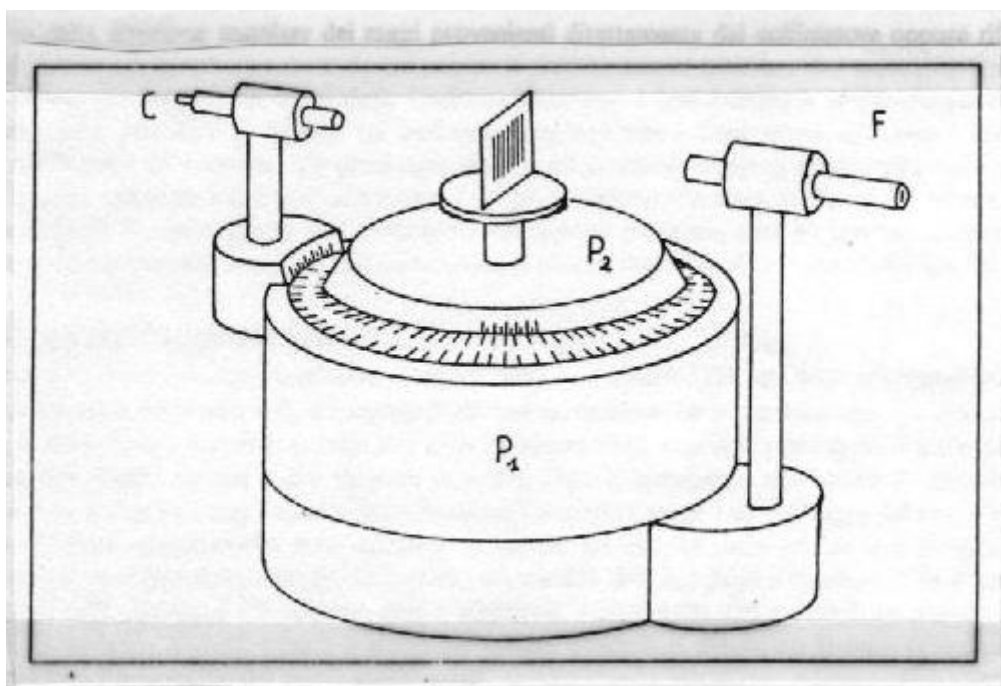
Due indici a nonio diametralmente opposti ed in corrispondenza della scala graduata incisa sul bordo della piattaforma  $P_1$  sono corredati di un oculare per facilitare la lettura e possono ruotare liberamente attorno allo stesso asse della piattaforma oppure essere vincolati alla piattaforma  $P_2$ .

# Apparato sperimentale

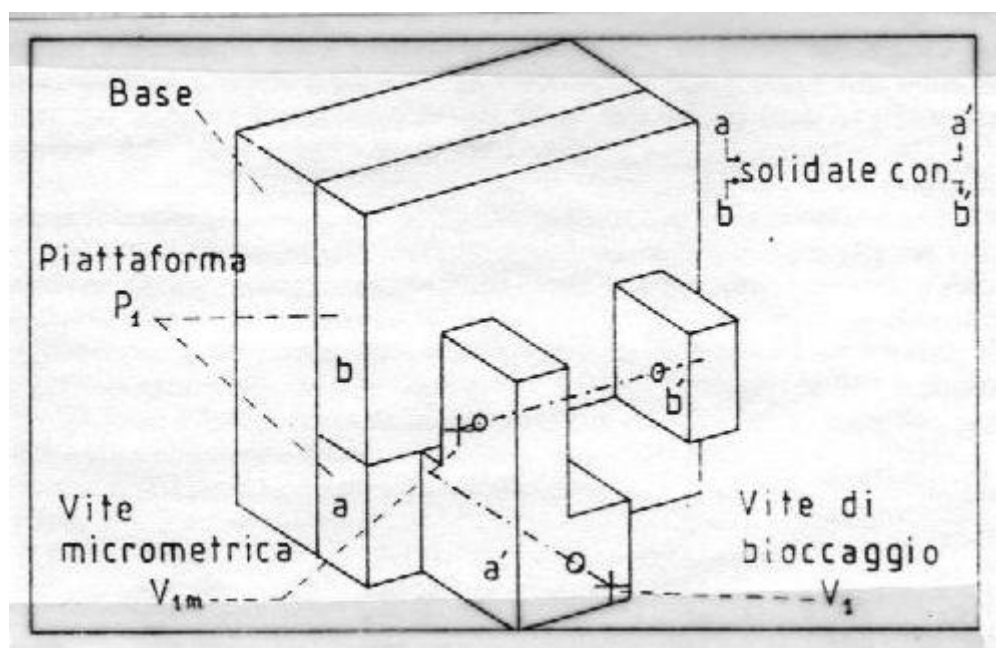


Spettrometro a prisma e a reticolo





Per una regolazione fine del posizionamento angolare del cannocchiale (con relativa piattaforma  $P_1$ ) e della piattaforma  $P_2$  si agisce su queste mediante le viti micrometriche  $V_{1m}$  e  $V_{2m}$  dopo aver bloccato il componente desiderato al proprio asse di rotazione con le rispettive viti di serraggio  $V_1$  e  $V_2$ .



Il collimatore è costituito da un tubo che porta ad una estremità una fenditura verticale regolabile in ampiezza ed all'altra estremità una lente convergente acromatica con una distanza focale all'incirca uguale alla lunghezza del tubo.

Il cannocchiale, dotato di un obiettivo con distanza focale  $f$  di 200-250 mm e di un oculare con reticolo fornisce un'immagine della fenditura con ingrandimento poco discosto dall'unità.

Prima di effettuare qualsiasi misura con lo spettrometro è necessario procedere ad una regolazione sia del collimatore che del cannocchiale. Poiché di norma si opera in luce parallela si procede nel seguente modo. Si regola l'oculare sino a vedere in maniera nitida il reticolo, quindi spostando il sistema oculare-reticolo si accomoda il cannocchiale per la visione di oggetti posti all'infinito (è sufficiente mettere a fuoco nel piano del reticolo un oggetto posto alla distanza di parecchi

metri). Regolato in questo modo il cannocchiale lo si orienta nella direzione del collimatore portando l'immagine della fenditura (illuminata con una sorgente) al centro dell'oculare. Si regola quindi la distanza tra la fenditura (mobile nella direzione dell'asse del tubo) e la lente convergente sino ad ottenere una immagine nitida nel campo dell'oculare.

Per la misura della direzione angolare dei raggi provenienti direttamente dal collimatore oppure riflessi o rifratti da un prisma oppure diffratti da un reticolo si fa coincidere il reticolo con la mediana dell'immagine della fenditura. Si può anche fare riferimento ad uno dei bordi della fenditura se questo è ben definito e se l'ampiezza dell'immagine rimane costante nelle varie posizioni di misura. La posizione angolare viene determinata mediante i due nonii contrapposti facendo la media delle due letture: tale procedura elimina gli eventuali errori di eccentricità della scala graduata su  $P_1$  rispetto all'asse di rotazione e dell'asse di rotazione dei nonii rispetto alla scala graduata. Di norma la graduazione della piastra  $P_1$  è in gradi (e mezzi gradi) ed i nonii sono trentesimali (coprono cioè un'apertura angolare di 14.5 gradi cui corrispondono 29 tacche sulla scala) per cui consentono la misura degli angoli con una sensibilità del primo di grado.

## Descrizione dell'esperienza

L'indice di rifrazione per una data lunghezza d'onda  $\lambda$  della luce è dato dalla relazione  $n(\lambda) = \sin((\alpha + \delta_m)/2) / \sin(\alpha/2)$  dove  $\alpha$  è l'angolo al vertice del prisma e  $\delta_m$  è l'angolo di minima deviazione. La determinazione di  $n$  richiede quindi una misura dell'angolo  $\alpha$  del prisma e successivamente una serie di misure degli angoli di minima deviazione per le varie lunghezze d'onda della luce fornite da una o più lampade (He, Ne, Hg). L'andamento dell'indice di rifrazione in funzione della lunghezza d'onda è descritto con buona approssimazione (secondo Cauchy) da una legge del tipo  $n^2(\lambda) = a + b/\lambda^2$ , dove  $a$  e  $b$  sono due costanti caratteristiche della sostanza in esame. La validità della relazione è limitata ad un intervallo di lunghezze d'onda specifico della sostanza in esame. Una verifica dell'andamento espresso dalla precedente relazione e la determinazione delle costanti  $a$  e  $b$  possono essere effettuate, a partire dai dati misurati, riportando in grafico l'indice di rifrazione  $n^2$  in funzione di  $1/\lambda^2$ . Con il metodo dei minimi quadrati si determina la retta (e quindi i valori  $a$  e  $b$ ) che meglio approssima l'andamento dei valori sperimentali.

## Procedura sperimentale

Abbiamo posto il prisma con lo spigolo normale alla piattaforma e l'abbiamo fissato col morsetto. Abbiamo quindi ruotato il cannocchiale in modo da fargli formare con il collimatore un angolo acuto e l'abbiamo fissato con la vite di bloccaggio. Abbiamo acceso la lampada ad incandescenza e abbiamo ruotato la piattaforma che sosteneva il prisma sino a che non abbiamo visto nel campo dell'oculare l'immagine della fenditura riflessa dalla faccia del prisma. Agendo poi sulla piattaforma con la vite micrometrica abbiamo collimato la fenditura con il reticolo. Abbiamo quindi letto sui due nonii contrapposti che  $\theta_1 = (178^\circ 43' + 358^\circ 42')/2 = 218^\circ 42'$ .

Abbiamo poi ruotato la piattaforma sino a sostituire la seconda faccia del prisma con la prima mantenendo fissi il collimatore ed il cannocchiale. L'angolo di tale rotazione è  $\Delta\theta = 180^\circ - \alpha$ . Con la misura della nuova posizione angolare  $\theta_2 = 98^\circ 38'$  ottenuta collimando con il cannocchiale il fascio riflesso dalla seconda faccia del prisma permette di misurare l'angolo  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 120^\circ 04'$  e quindi  $\alpha = 180^\circ - \Delta\theta = 59^\circ 56'$ .

Siamo passati quindi alla misura dell'angolo di deviazione minima. Abbiamo usato la lampada a vapori di mercurio. Su un foglio avevamo tutte le lunghezze dello spettro del Hg. Per misurare l'angolo di deviazione minima  $\delta_m$  abbiamo fatto entrare nel campo dell'oculare l'immagine della fenditura (corrispondente ad una determinata riga dello spettro) rifratta dal prisma. Ottenuto ciò abbiamo ruotato la piattaforma con il prisma sempre nello stesso verso e abbiamo inseguito col cannocchiale l'immagine rifratta. Nella posizione in cui l'immagine invertiva il senso di moto (corrispondente alla situazione di deviazione minima del prisma), dopo aver bloccato la piattaforma ed il cannocchiale, abbiamo collimato l'immagine della fenditura agendo sulla vite di regolazione fine. Sul goniometro abbiamo letto le posizioni angolari  $\delta_i(\lambda)$  corrispondenti alle lunghezze d'onda in esame. La posizione angolare  $\delta_0(\lambda)$  si otteneva togliendo il prisma e ruotando il cannocchiale sino a collimare l'immagine diretta della fenditura.  $\delta_0(\lambda) = 178^\circ 40'$ .

L'angolo di deviazione minima per le varie righe è  $\delta_m(\lambda) = \delta_i(\lambda) - \delta_0(\lambda)$ .

Ecco le nostre misure:

| colore riga     | $\delta_i(\lambda)$ | $\delta_m(\lambda)$ | $n(\lambda)$ |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|
| verde(5460Å)    | 130° 08'            | 48° 32'             | 1.6235       |
| rossa(6907Å)    | 131° 10'            | 47° 30'             | 1.6129       |
| violetto(4347Å) | 128° 22'            | 50° 18'             | 1.6413       |
| giallo(5790Å)   | 130° 24'            | 48° 16'             | 1.6207       |
| giallo(5769Å)   | 130° 23'            | 48° 17'             | 1.6209       |

Con i minimi quadrati abbiamo poi ottenuto che  $a = 3 \cdot 10^6$  con incertezza  $\sigma_a = 64897$  e  $b = 2.5402$  con incertezza alla quinta cifra decimale.

# LEGGE DI CAUCHY

