

Esercitazioni di Laboratorio II

Microscopio e spettroscopio

Salvatore di Maggio
Chiara Santoro

15 maggio 2005

Indice

1 Taratura di un micrometro oculare	3
2 Risoluzione del microscopio	4
3 Passo del reticolo di diffrazione	4
4 Misure di λ con lo spettroscopio	5

1 Taratura di un micrometro oculare

In via preliminare è stato messo a fuoco il micrometro oculare; in seguito, al microscopio, è stata messa a fuoco la scala graduata del micrometro oggetto che servirà per tarare il micrometro ottico.

Il micrometro oggetto è diviso in modo che 200 tacche misurino 2 mm, per cui 1 tacca = $10 \mu\text{m}$.

In seguito a diverse letture inframezzate da alterazioni della messa a fuoco, le letture si sono fedelmente riprodotte. In particolare si sono contate le tacche più piccole di ogni micrometro e si sono avute le seguenti corrispondenze:

div ogg.	misura m	div oc. n	unità oc. δ
10	100 [μm]	45 ± 2	2.2 ± 0.1 [$\mu\text{m}/\text{div}$]
15	150 [μm]	70 ± 2	2.14 ± 0.06 [$\mu\text{m}/\text{div}$]
20	200 [μm]	94 ± 2	2.13 ± 0.05 [$\mu\text{m}/\text{div}$]

Tabella 1: Corrispondenze di divisioni fra micrometro oggetto e micrometro oculare.

L'unità del micrometro oculare è stata calcolata con la formula

$$\delta = \frac{\text{misura}}{\text{div oc.}} = \frac{m}{n}$$

il cui errore è stato calcolato secondo la formula

$$\varepsilon_\delta = \sqrt{\left(\frac{\partial\delta}{\partial m}\right)^2 (dm)^2 + \left(\frac{\partial\delta}{\partial n}\right)^2 (dn)^2} = \frac{m}{n^2} \cdot dn$$

Ovviamente l'errore è maggiore su misure effettuate su un numero inferiore di tacche.

Volendo prendere un solo valore di quelli rilevati, si prende la media pesata:

$$\delta = (2.14 \pm 0.04) \mu\text{m}/\text{div},$$

dove l'errore è stato calcolato come

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{1}{\varepsilon_i^2}}}.$$

2 Risoluzione del microscopio

Per valutare il limite di risoluzione d del microscopio si ricorre alla formula

$$y = \frac{0.61 \bar{\lambda}}{n \sin \vartheta},$$

dove $\bar{\lambda}$ è il valor medio della lunghezza d'onda del doppietto giallo del sodio, i cui due valori sono $\lambda_1 = 5889.95 \text{ \AA}$ e $\lambda_2 = 5895.92 \text{ \AA}$, ϑ è l'angolo compreso fra la retta che congiunge centro della fenditura e primo minimo, e l'asse ottico. Il valore di $(n \sin \vartheta) = 0.45$ viene dato dal costruttore del microscopio.

Con questi valori si è calcolato:

$$d\lambda = \frac{|\lambda_1 - \lambda_2|}{2} = 0.3 \text{ nm},$$

$$dy = \frac{0.61}{n \sin \vartheta} d\lambda,$$

$$\bar{\lambda} = (589.3 \pm 0.3) \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$y = (798.8 \pm 0.4) \text{ nm}.$$

La risoluzione limite sarà pertanto

$$d = (1.252 \pm 0.006) \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$$

e i due limiti di d saranno

$$d_{\min} = \frac{0.45}{0.61 \cdot 589.592 \cdot 10^{-9}} = 1.2512 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1},$$

$$d_{\max} = \frac{0.45}{0.61 \cdot 588.995 \cdot 10^{-9}} = 1.2525 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}.$$

3 Passo del reticolo di diffrazione

- 20 tacche dell'oculare corrispondono a 26 ± 1 divisioni del reticolo,
- 10 tacche dell'oculare corrispondono a 13 ± 1 divisioni del reticolo,

il che significa che 1 tacca dell'oculare corrisponde a $(26/20 \pm 0.05)$ divisioni del reticolo, cioè 1 divisione del reticolo, o *passo del reticolo*, è:

$$p = (1.65 \pm 0.03) \mu\text{m/div}.$$

4 Misure di λ con lo spettroscopio

Si hanno i massimi per angoli ϑ tali per cui

$$\sin \vartheta = \frac{m \lambda}{p}; m \in \mathbb{N},$$

dove p è il passo del reticolo e m è l'ordine del massimo.

Dato che l'errore su λ è $\varepsilon_\lambda = 0.3 \cdot 10^{-9}$ m e l'errore su p è $\varepsilon_p = 0.03 \cdot 10^{-6}$ m, si vede che per il calcolo di ϑ l'errore su λ è trascurabile in confronto a quello su p , per cui si ricavano i valori delle ϑ per i diversi ordini dei massimi:

$$\vartheta_1 = \arcsin \left[\frac{1 \cdot (589.3 \pm 0.3) \cdot 10^{-9}}{(1.65 \pm 0.03) \cdot 10^{-6}} \right] = (3.65 \pm 0.07) \cdot 10^{-1} \text{ rad},$$

$$\vartheta_2 = \arcsin \left[\frac{2 \cdot (589.3 \pm 0.3) \cdot 10^{-9}}{(1.65 \pm 0.03) \cdot 10^{-6}} \right] = (8.0 \pm 0.2) \cdot 10^{-1} \text{ rad}.$$

Dalle misure rilevate sul goniometro dello spettroscopio, si sono ricavati i seguenti valori delle posizioni angolari del doppietto giallo del sodio:

$$\vartheta'_1 = (-3.72 \pm 0.03) \cdot 10^{-1} \text{ rad},$$

$$\vartheta''_1 = (3.70 \pm 0.03) \cdot 10^{-1} \text{ rad},$$

$$\vartheta'_2 = (-8.34 \pm 0.03) \cdot 10^{-1} \text{ rad},$$

$$\vartheta''_2 = (7.91 \pm 0.03) \cdot 10^{-1} \text{ rad}.$$

Prendendo il semiintervallo dei valori per eliminare gli errori sullo zero, si ottiene:

$$\bar{\vartheta}_1 = (3.71 \pm 0.03) \cdot 10^{-1} \text{ rad},$$

$$\bar{\vartheta}_2 = (8.13 \pm 0.03) \cdot 10^{-1} \text{ rad},$$

da cui si ricavano i rispettivi valori e la media pesata di λ :

$$\bar{\lambda}_1 = (598 \pm 12) \text{ nm},$$

$$\bar{\lambda}_2 = (599 \pm 11) \text{ nm},$$

$$\bar{\lambda} = (599 \pm 8) \text{ nm}.$$

Il valore nominale di $\bar{\lambda}$ differisce dal valor medio dei tabulati di una quantità $\Delta\lambda = 9.7 \text{ nm}$ pari all'1.6%.