Esercitazioni di Laboratorio II
Microscopio e spettroscopio

Salvatore di Maggio
Chiara Santoro

15 maggio 2005

Indice

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 $= 10\,\mu$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	$100\,[\mu\mathrm{m}]$	45 ± 2	2.2 ± 0.1 $[\mu\mathrm{m/div}]$
15	$150\,[\mu\mathrm{m}]$	70 ± 2	2.14 ± 0.06 $[\mu\mathrm{m/div}]$
20	$200\,[\mu\mathrm{m}]$	94 ± 2	2.13 ± 0.05 $[\mu\mathrm{m/div}]$

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

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

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:

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

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 $\lambda_1 = 5889.95\,\text{Å}$ e $\lambda_2 = 5895.92\,\text{Å}$, 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:

$$\begin{aligned}
\mathrm{d}\lambda &= \frac{|\lambda_1 - \lambda_2|}{2} = 0.3\,\mathrm{nm}\,,\\
\mathrm{d}y &= \frac{0.61}{n\,\sin\vartheta}\,\mathrm{d}\lambda\,,\\
\bar{\lambda} &= (589.3 \pm 0.3)\cdot 10^{-9}\,\mathrm{m}\\
y &= (798.8 \pm 0.4)\,\mathrm{nm}\,.
\end{aligned}$$

La risoluzione limite sarà pertanto

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

e i due limiti di d saranno

$$\begin{aligned}
d_{\min} &= \frac{0.45}{0.61\cdot 589.592\cdot 10^{-9}} = 1.2512\cdot 10^{5}\,\mathrm{m}^{-1}\,,\\
d_{\max} &= \frac{0.45}{0.61\cdot 588.995\cdot 10^{-9}} = 1.2525\cdot 10^{5}\,\mathrm{m}^{-1}\,.
\end{aligned}$$

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:

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

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 $\varepsilon_\lambda = 0.3\cdot 10^{-9}\,\mathrm{m}$ e l'errore su p è $\varepsilon_p = 0.03\cdot 10^{-6}\,\mathrm{m}$, 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:

$$\begin{aligned}
\vartheta_1 &= \arcsin\left[\frac{1\cdot(589.3\pm 0.3)\cdot 10^{-9}}{(1.65\pm 0.03)\cdot 10^{-6}}\right] = (3.65\pm 0.07)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,,\\
\vartheta_2 &= \arcsin\left[\frac{2\cdot(589.3\pm 0.3)\cdot 10^{-9}}{(1.65\pm 0.03)\cdot 10^{-6}}\right] = (8.0\pm 0.2)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,.
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
\vartheta_1' &= (-3.72\pm 0.03)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,,\\
\vartheta_1'' &= (3.70\pm 0.03)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,,\\
\vartheta_2' &= (-8.34\pm 0.03)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,,\\
\vartheta_2'' &= (7.91\pm 0.03)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,.
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
\bar\vartheta_1 &= (3.71\pm 0.03)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,,\\
\bar\vartheta_2 &= (8.13\pm 0.03)\cdot 10^{-1}\,\mathrm{rad}\,,
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
\bar\lambda_1 &= (598\pm 12)\,\mathrm{nm}\,,\\
\bar\lambda_2 &= (599\pm 11)\,\mathrm{nm}\,,\\
\bar\lambda &= (599\pm 8)\,\mathrm{nm}\,.
\end{aligned}$$

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