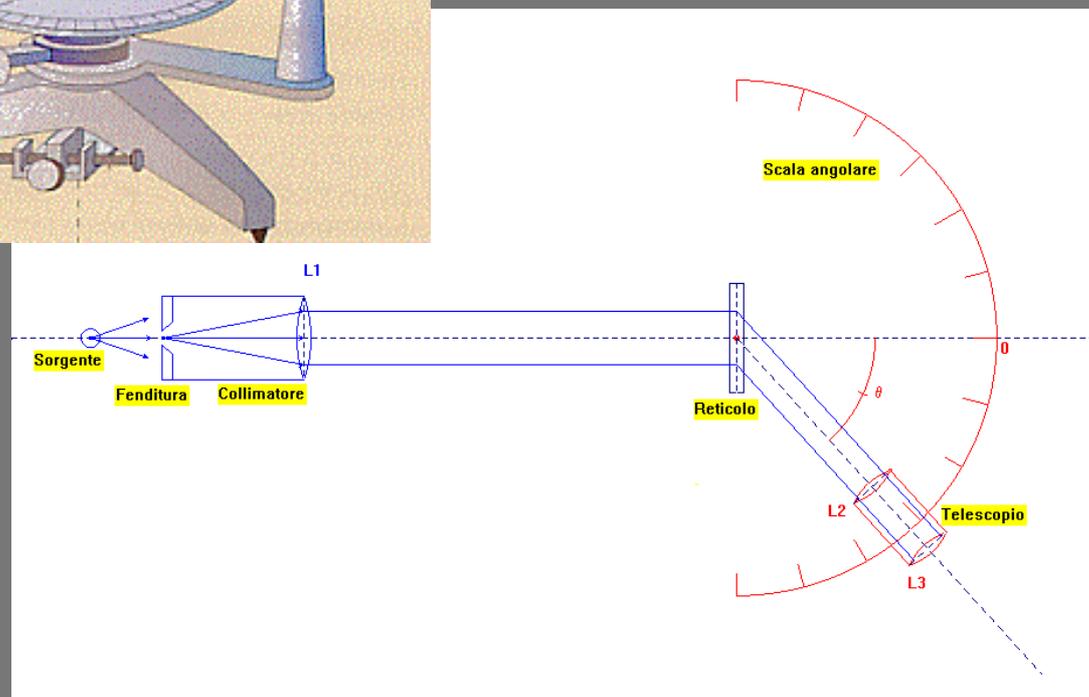
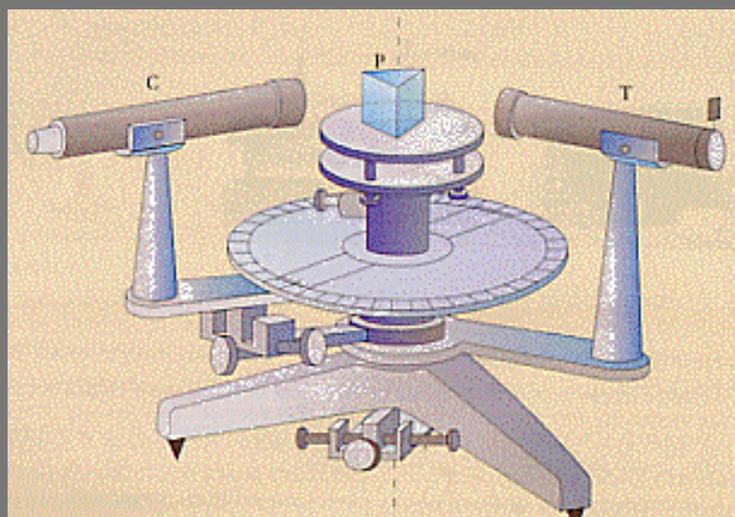


La lunghezza d'onda Della LUCE





INDICE

- Copertina Pag. 1
- Indice Pag. 2
- Introduzione
 - Oggetto della Prova Pag. 3
 - Cenni teorici
 - Diffrazione della luce attraverso un reticolo Pag. 3
 - Materiale e strumenti utilizzati Pag. 4
- Procedimento
 - Messa a punto dello spettro goniometro Pag. 4
 - Metodica di misurazione degli angoli Pag. 4
- Misure ed elaborazione dei dati
 - Teoria degli errori Pag. 5
 - Propagazione dell'errore Pag. 5
 - Elaborazione dei dati su ordini uguali Pag. 6
 - Elaborazione dei dati rilevati su vari ordini Pag. 8
 - Valor medio ed errore di ogni riga spettrale Pag. 9
- Conclusioni Pag. 10



Introduzione

Oggetto della Prova

Misura della lunghezza d'onda della luce emessa da sorgenti di tipo discreto.

Cenni Teorici

Diffrazione della luce attraverso un reticolo

Il reticolo è un dispositivo dotato di N fenditure o incisioni, con una densità anche di un migliaio per millimetro. La distanza tra le fenditure (d) è chiamata *passo del reticolo*, che è possibile calcolarlo con la seguente formula:

$$d = \omega / N$$

dove ω la sua larghezza.

Chiamando θ l'angolo tra l'asse passante per la fenditura e la direzione individuata da P, la *differenza di cammino* tra i raggi di fenditure adiacenti è data da: $d \cdot \sin\theta$.

In un punto generico di osservazione P, si avrà una riga luminosa se la differenza di cammino tra raggi adiacenti è uguale a un numero intero di lunghezze d'onda:

$$d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$$

con $m=0,1,2,\dots$

dove λ è la lunghezza d'onda della luce monocromatica, ed m è il *numero d'ordine* della riga considerata. Prendendo $m=0$ stiamo osservando la riga centrale detta anche di *ordine zero*, con $m=1$ quella del primo ordine, e così via.

Nulla ci vieta di usare anche m negativi ($-1, -2,\dots$), l'unica conseguenza è che i raggi diffratti avranno un angolo di $2\pi-2\theta$ rispetto al corrispondente valore di m positivo.

Dividendo la precedente formula per d e moltiplicandola per l'arcoseno otteniamo:

$$\theta = \arcsin (m \cdot \lambda / d)$$

Si può notare che per un dato reticolo di diffrazione, l'angolo θ è funzione della lunghezza d'onda λ della luce.

Secondo questa affermazione, per m maggiore a 0 (elevato), è possibile calcolare la lunghezza d'onda della luce originaria, infatti:

$$\lambda = d \cdot \sin\theta / m$$



Introduzione

Materiali e Strumenti utilizzati

Per lo svolgimento della prova di laboratorio sono stati impiegati i seguenti strumenti:

- Goniometro ottico (o Spettrogoniometro) con nonio trentesimale (precisione di $1'$ di grado sessagesimale);
- Lampada Spettrale;
- Reticolo di Diffrazione con 300 fori al millimetro;
- Panno scuro per la protezione da interferenze di luci esterne.

Procedimento

Messa a punto dello spettro goniometro:

Prima di procedere con l'esperimento vero e proprio è necessario mettere a fuoco le lenti del cannocchiale in modo da avere dei raggi luminosi provenienti dalla sorgente che arrivino quasi paralleli l'uno dall'altro; perciò muovendo la parte mobile del goniometro ottico in modo da rivolgerla verso l'esterno si punta un oggetto il più distante possibile e lo si mette a fuoco (idealmente lo si dovrebbe mettere a fuoco in un punto infinito, ma ci si può accontentare di una distanza molto maggiore di quella che poi sarà la distanza della lampada dal reticolo di diffrazione), questa operazione viene chiamata messa a fuoco all'infinito.

Come seconda operazione si posiziona la lampada spettrale a un distanza pari a circa 3 cm dalla fessura del cannocchiale fisso e la si mette a fuoco mediante quest'ultima tramite una manopola.

Infine si posiziona il reticolo di diffrazione fra il cannocchiale mobile e quello fisso in modo che il fascio di luce proveniente dalla parte fissa gli sia perpendicolare.

Ora è possibile iniziare con le misurazioni vere e proprie delle varie componenti cromatiche della lampada.

Metodica di misurazione degli angoli:

Si posiziona il cannocchiale mobile parallelo al cannocchiale fisso esattamente sulla posizione angolare 0° rispetto al goniometro, in questa posizione ci si trova in presenza della luce della lampada trasmessa dal reticolo in tutte le sue componenti cromatiche; ci si sposta di qualche grado verso destra (portandosi verso i gradi positivi) fino ad incontrare il primo ordine spettrale (intorno ai 10°); qui si selezionano 4 colori ben visibili e posizionandosi con il centro del cannocchiale sul colore, si va a vedere l'angolo che si trova sul goniometro; si ripete per tutti e quattro i colori del primo ordine, successivamente ci si porta verso sinistra (intorno ai 350°) e si effettuano le stesse misurazioni del primo ordine a sinistra.

Si effettuano le stesse operazione per gli altri ordini (secondo e, dove possibile, terzo).



Introduzione

Misure ed Elaborazione dei Dati

Teoria degli Errori

Durante le esperienze di laboratorio si effettuano delle misurazioni: queste sono normalmente affette da errori che ne falsano la veridicità. Oltre agli errori grossolani immediatamente avvertibili dall'utente, si possono distinguere due classi di errore: errori sistematici ed accidentali. I primi influenzano la rilevazione sempre nello stesso modo e non si possono compensare facendo la media di più valori; ad esempio gli errori dipendenti dalle caratteristiche costruttive degli strumenti di misura e quelli dipendenti dall'usura degli stessi. Gli errori sistematici possono essere sempre individuati e corretti apportando modifiche ai risultati o agli strumenti. Quelli accidentali sono dovuti a cause che si possono immaginare in linea di principio, ma non prevedere. In genere sono conseguenza dell'incertezza con cui sono poste determinate condizioni di misura che vengono invece considerate come se fossero attuate esattamente: per esempio piccole oscillazioni di temperatura e pressione ambientali. Gli errori accidentali variano sia in valore che in segno e si individuano ripetendo una misura diverse volte con gli stessi strumenti e condizioni. L'eventuale discordanza dei risultati, supposto nullo ogni errore sistematico, sarà dovuta alla presenza di errori accidentali. La teoria degli errori accidentali viene svolta mediante la matematica probabilistica.

Le misure sono anch'esse classificabili sotto due tipi: quelle dirette, che si ottengono leggendo i valori direttamente dagli strumenti, e quelle indirette, che si ottengono elaborando le dirette attraverso delle formule. Ciò che più ci interessa analizzare è la propagazione degli errori attraverso il calcolo delle rilevazioni indirette.

Non tutte le rilevazioni, sia dirette che indirette, ci danno lo stesso valore, a causa degli errori che rientrano nel processo di misura. Se ne facessimo un gran numero potremmo analizzarle con metodi statistici e trovare il valore attorno a cui queste misure si raggruppano (valore medio) e la "larghezza" intorno a cui oscillano questi valori (scarto quadratico medio); molto spesso non è però conveniente raccogliere un gran numero di misure, per cui si preferisce prenderne in quantità limitata e stimare l'errore tipico e che si commette. Questa stima si ottiene analizzando lo strumento e il metodo impiegati nel processo.

Propagazione dell'errore

La propagazione dell'errore angolare sulla lunghezza d'onda segue le regole della propagazione dell'errore di misura utilizzate in altri campi della fisica, perciò se il goniometro ottico ha precisione di $1'$, l'errore sulla misura sarà di $\pm 0,008^\circ$ ($\pm 0,5'$); per la legge di propagazione, l'errore sulla lunghezza d'onda sarà dato da:

$$\Delta\lambda = \frac{d^* \cos(\theta)}{m} \Delta\theta$$

Da qui si può notare che all'aumentare dell'ordine in cui ci troviamo, l'errore sulla misura diminuisce.



Procedimento

Elaborazione dei dati rilevati su di uno stesso ordine a destra e a sinistra:

Si riportano di seguito le tabelle dei dati rilevati sui vari ordini (a partire dal primo, fino al terzo) con di le relative lunghezze d'onda calcolate e gli errori assoluti e relativi delle singole misure

Primo ordine:

	Sinistra		Destra		Sinistra			Destra		
	angolo		angolo		Angolo decimale	angolo in radianti	Seno	Angolo decimale	angolo in radianti	Seno
	[°]	[']	[°]	[']						
Blu	8	10	8	2	8,17	0,142535222	0,142053	8,03	0,1402081 17	0,139749
Ciano	8	29	8	18	8,48	0,148062098	0,147522	8,3	0,1448623 28	0,144356
Verde	8	55	8	44	8,92	0,155625192	0,154998	8,73	0,1524254 21	0,151836
Rosso	11	8	11	5	11,13	0,194313323	0,193093	11,08	0,1934406 59	0,192237

	Sinistra	Destra	Errore Assoluto		Errore relativo medio
	Lunghezza D'onda		[m]	[nm]	%
	[nm]	[nm]			
Blu	473,51	465,83	2,6401E-08	26,40	5,62
Ciano	491,73	481,19	2,6381E-08	26,38	5,42
Verde	516,65	506,12	2,6351E-08	26,35	5,15
Rosso	643,64	640,79	2,6167E-08	26,17	4,07



Procedimento

Secondo Ordine:

	Sinistra		Destra		Sinistra			Destra		
	angolo		angolo		angolo decimale	angolo in radianti	Seno	angolo decimale	angolo in radianti	Seno
	[°]	[']	[°]	[']						
Blu	16	3	16	14	16,05	0,28	0,276476	16,23	0,28	0,28
Ciano	16	35	16	38	16,58	0,29	0,28541	16,63	0,29	0,29
Verde	17	33	17	41	17,55	0,35	0,301538	17,68	0,31	0,30
Rosso	22	12	22	35	22,2	0,39	0,377841	22,58	0,39	0,38

	Sinistra	Destra	Errore Assoluto		Errore relativo Medio
	Lunghezza D'onda		[m]	[nm]	%
	[nm]	[nm]			
Blu	460,79	465,92	1,2808E-08	12,81	2,76
Ciano	475,68	477,08	1,2777E-08	12,78	2,68
Verde	502,56	506,26	1,2708E-08	12,71	2,52
Rosso	629,73	640,04	1,2328E-08	12,33	1,94

Terzo Ordine (Incompleto):

	Sinistra		Destra		Sinistra			Destra		
	angolo		angolo		angolo decimale	angolo in radianti	Seno	angolo decimale	angolo in radianti	Seno
	[°]	[']	[°]	[']						
Blu	24	3	24	48	24,05	0,42	0,407534	24,8	0,43	0,419452
Ciano	25	26	25	28	25,43	0,44	0,429461	25,47	0,44	0,429986
Verde	26	47	27	6	26,78	0,47	0,450618	27,1	0,47	0,455545
Rosso	non visibile		non visibile							

	Sinistra	Destra	Errore Assoluto		Errore relativo Medio
	Lunghezza D'onda		[m]	[nm]	%
	[nm]	[nm]			
Blu	452,82	466,06	8,0934E-09	8,09	1,76
Ciano	477,18	477,76	8,0263E-09	8,02	1,68
Verde	500,69	506,16	7,9242E-09	7,92	1,57



Misure ed Elaborazione

Elaborazione dei dati rilevati su Ordini diversi:

Si riportano di seguito le tabelle dei dati rilevati sui vari ordini da uno stesso lato (lato destro)

Ordine	Angolo					Lunghezza D'onda	Errore Assoluto		Errore relativo	
	[°]	[']	angolo decimale	angolo in radianti	Seno		[m]	[nm]		
1	Blu	8	2	8,03	0,14	0,139749	465,83	2,6401E-08	26,40	5,67
	Ciano	8	18	8,3	0,14	0,144356	481,19	2,6381E-08	26,38	5,48
	Verde	8	44	8,73	0,15	0,151836	506,12	2,6351E-08	26,36	5,20
	Rosso	11	5	11,08	0,19	0,192237	640,79	2,6167E-08	26,17	4,08
2	Blu	16	14	16,23	0,28	0,27955	465,92	1,2808E-08	12,81	2,75
	Ciano	16	38	16,63	0,29	0,286246	477,08	1,2777E-08	12,78	2,68
	Verde	17	41	17,68	0,31	0,303756	506,26	1,2708E-08	12,7	2,51
	Rosso	22	35	22,58	0,39	0,384027	640,04	1,2328E-08	12,31	1,92
3	Blu	24	48	24,8	0,43	0,419452	466,06	8,0934E-09	8,07	1,73
	Ciano	25	28	25,47	0,44	0,429986	477,76	8,0263E-09	8,03	1,68
	Verde Rosso	27 non visibile	6	27,1	0,47	0,455545	506,16	7,9242E-09	7,91	1,56

Misure ed Elaborazione

Determinazione del valore medio e l'errore sulla misura di lunghezza d'onda:

Si riportano di seguito due tabelle: la prima contiene i dati relativi alle lunghezze d'onda sui diversi ordini; la seconda invece contiene la stima fatta su tutti gli ordini dello spettro.

Ordine		Sinistra [nm]	Destra [nm]	Media [nm]	Errore [nm]	Errore %
1	Blu	473,51	465,83	469,67	13,20	2,81
	Ciano	491,74	481,19	486,46	13,19	2,71
	Verde	516,66	506,12	511,39	13,18	2,58
	Rosso	643,64	640,79	642,22	13,08	2,04
2	Blu	460,79	465,92	463,35	6,40	1,38
	Ciano	475,68	477,08	476,38	6,39	1,34
	Verde	502,56	506,26	504,41	6,35	1,26
	Rosso	629,73	640,04	634,89	6,16	0,97
3	Blu	452,81	466,06	459,43	4,05	0,88
	Ciano	477,18	477,76	477,47	4,01	0,84
	Verde	500,69	506,16	503,42	3,96	0,79
	Rosso	0	0	0	0	0

	Lambda [nm]	Errore assoluto [nm]
Blu	462,33	0,48
Ciano	478,53	0,48
Verde	504,99	0,49
Rosso	637,24	0,24



Conclusioni

Conclusioni

I valori della lunghezza d'onda che abbiamo calcolato sono molto vicini alla lunghezza d'onda reale della luce, infatti l'errore massimo sulla misura è del 5,62%, che ci consente di fare un'approssimazione più che buona.

Dai dati ottenuti si può notare una discrepanza sulle lunghezze d'onde di stessi numeri d'ordine con segno opposto ($\pm m$). Questo è dovuto al fatto che il reticolo di diffrazione non è posizionato esattamente a 90° rispetto alla direzione della luce prodotta dalla lampada, ma ha un leggero spostamento dovuto all'imprecisione dell'operatore sul posizionamento.

Un'altro dato che salta all'occhio è la discrepanza tra i valori delle lunghezze d'onda di ordini diversi. Questo è causato dalla propagazione dell'errore sulla lunghezza d'onda stessa, in quanto esso cala al crescere dell'angolo di rifrazione.