

Misure polarimetriche

Marilena Teri, Valerio Toso & Ettore Zaffaroni (gruppo Lu4)

1 Introduzione

Se un fascio di luce polarizzata passa attraverso una sostanza otticamente attiva, si verifica una rotazione del piano di polarizzazione; se la sostanza otticamente attiva è un solido, l'angolo di rotazione dipende dallo spessore, mentre nel caso sia una soluzione, dipende anche della concentrazione. Esistono sostanze che ruotano il piano in senso orario (destrogire) e sostanze che lo ruotano in senso antiorario (levogire).

Nel nostro caso, utilizzando come sostanza otticamente attiva destrogira una soluzione di acqua e saccarosio, vale la formula:

$$\alpha = k'_\lambda Lc$$

dove α è l'angolo di rotazione del piano di polarizzazione, L è la lunghezza in dm del tratto percorso dalla luce nella soluzione, c è la concentrazione in g/cm^3 e k'_λ è il potere rotatorio specifico per una fissata lunghezza d'onda.

In questo esperimento ci proponiamo di misurare il potere rotatorio specifico k'_λ di una soluzione di acqua e saccarosio; utilizzeremo come sorgente luminosa la luce gialla del sodio $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ e la soluzione a quattro concentrazioni diverse: 20%, 15%, 10% e 5%.

2 Descrizione dell'apparato sperimentale

L'apparato sperimentale consiste di due prismi di Nicol che vengono posti lungo il tragitto di un fascio luminoso "quasi" monocromatico generato da una lampada al sodio. Il primo Nicol viene detto polarizzatore e il suo scopo è quello di polarizzare il fascio luminoso che lo incide, il secondo è detto analizzatore e può essere ruotato attorno all'asse coincidente col fascio di luce in modo che, combinato col primo Nicol, lasci passare o meno il fascio luminoso incidente.

Tra i due prismi una parte del fascio luminoso viene fatta passare attraverso una lamina mezz'onda, che simmetrizza il piano di polarizzazione della luce rispetto a un piano

fissato e permette quindi di usare come condizione di riferimento quella di equipenombra, a cui l'occhio umano è più sensibile (Figura 1). Tra la lamina mezz'onda e il Nicol analizzatore viene interposto il tubo portacampione, avente entrambe le estremità di vetro e contenente la sostanza otticamente attiva (nel nostro caso la soluzione di acqua e saccarosio).

Grazie ad un goniometro solidale con il secondo Nicol è possibile, tramite un oculare, rilevarne la posizione angolare con la precisione di $0,05^\circ$. Per ottenere le soluzioni alle varie concentrazioni è stata utilizzata una bilancia da laboratorio (precisione 0,01 g) e dei becher graduati (precisione 1 mL).

3 Esperimento

Per prima cosa abbiamo acceso la lampada al sodio in modo che si scaldasse; nel frattempo abbiamo lavato i contenitori in cui avremmo preparato la soluzione e i due tubi portacampione. Abbiamo quindi messo a fuoco l'oculare in modo da vedere nitida l'immagine data dalla lamina a mezz'onda e misurato la lunghezza dei tubi con un calibro ($L_1 = 1,813 \pm 0,002$ dm e $L_2 = 1,394 \pm 0,002$ dm).

Per misurare la posizione angolare dell'equipenombra senza sostanza otticamente attiva, abbiamo riempito un tubo di acqua distillata, l'abbiamo messo nel polarimetro e abbiamo preso trenta misure della condizione di equipenombra (Tabella 1) per avere una buona precisione e abbiamo ottenuto $\alpha_0 = 183,10^\circ \pm 0,01^\circ$.

Abbiamo quindi preparato 100 mL di soluzione di acqua e saccarosio al 20%, sciogliendo 20 g di zucchero in poco meno di 100 mL d'acqua, e portandoci a 100 mL esatti una volta sciolto tutto il soluto; per rendere ben omogenea la soluzione abbiamo mescolato per almeno 10 minuti.

Abbiamo eseguito le misure della condizione α_1 di equipenombra con questa soluzione (sei misure per ogni tubo), abbiamo diluito quella avanzata in modo da portarla al 15% (75 mL di soluzione al 20% e 25 mL di acqua distillata) e abbiamo eseguito di nuovo le misure, calcolando di volta in volta k' in modo da verificare che non ci fossero errori.

Diluendo nuovamente per portarci al 10% ci siamo accorti che ottenevamo risultati incompatibili con quelli attesi, quindi abbiamo ripreparato la soluzione ed eseguito le misure con le soluzioni concentrate al 10% e al 5%; i risultati sono riportati nella Tabella 2.

4 Elaborazione dei dati

Abbiamo calcolato la differenza α tra ogni angolo α_1 e α_0 , abbiamo calcolato la media dei valori così ottenuti e l'errore sul valor medio per ogni campione e abbiamo ricavato

il valore di k' (Tabella 3) dalla formula

$$k' = \frac{\alpha}{Lc}.$$

L'errore su k' è stato ricavato per mezzo della propagazione degli errori:

$$\sigma_{k'} = \sqrt{(\sigma_L/L)^2 + (\sigma_c/c)^2 + (\sigma_\alpha/\alpha)^2} \cdot k'$$

considerando l'errore su c pari a 0,002 g/cm³ per la concentrazione al 20% e pari a 0,001 g/cm³ per le altre concentrazioni.

Dovendo eseguire il fit della retta con la grandezza Lc in ascissa e α in ordinata e dato che l'incertezza su Lc (calcolata per mezzo della propagazione degli errori) non era trascurabile rispetto a quella su α abbiamo trasferito l'incertezza dalle ascisse alle ordinate per mezzo della formula:

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_\alpha^2 + (k\sigma_{Lc})^2}$$

dove $k = 66$ è un valore approssimativo di k' .

Abbiamo quindi eseguito il fit della retta (Grafico 1 e Tabella 4) ottenendo:

$$\alpha = (67,1 \pm 0,5)Lc + (-0,14 \pm 0,11)$$

$$\chi^2 = 6,0773 \quad \longrightarrow \quad \tilde{\chi}^2 = \chi^2/6 = 1,013 \quad \longrightarrow \quad C.L. = 30\% \div 42\%$$

COMMENTO: I valori della Tabella 3 sono compatibili con il valore teorico ($k' = 66,45$) al massimo entro 2σ come anche quello ottenuto dal fit; il valore del C.L. ci fa supporre che sia stata data una buona valutazione delle incertezze. Inoltre la retta è compatibile con l'origine entro poco più di un σ , come era ragionevole aspettarsi, dato che l'acqua distillata ($c = 0\%$) non è una sostanza otticamente attiva.

L'errore sui valori misurati di α_0 e α_1 e su quelli calcolati di α riportati nelle tabelle è sempre $0,05^\circ$.

Tabella 1

	α_0 ($^\circ$)		α_0 ($^\circ$)
1	183,20	16	183,15
2	183,10	17	183,05
3	183,05	18	183,05
4	183,10	19	183,10
5	183,15	20	183,20
6	183,05	21	183,20
7	183,20	22	183,10
8	183,10	23	183,05
9	183,15	24	183,05
10	183,20	25	183,10
11	183,05	26	183,00
12	183,10	27	183,10
13	183,05	28	183,05
14	183,10	29	183,10
15	183,10	30	183,10

Tabella 2a: L=1,813 dm, c=20%

	α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)		α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)
1	207,25	24,15	4	207,25	24,15
2	207,35	24,25	5	207,20	24,10
3	207,35	24,25	6	207,25	24,15

$$\bar{\alpha} = 24,17^\circ \pm 0,02^\circ$$

Tabella 2b: L=1,394 dm, c=20%

	α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)		α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)
1	201,80	18,70	4	201,70	18,60
2	201,75	18,65	5	201,70	18,60
3	201,80	18,70	6	201,80	18,70

$$\bar{\alpha} = 18,66^\circ \pm 0,02^\circ$$

Tabella 2c: L=1,813 dm, c=15%

	α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)		α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)
1	201,20	18,10	4	201,05	17,95
2	201,15	18,05	5	201,15	18,05
3	201,10	18,00	6	201,10	18,00

$$\bar{\alpha} = 18,02^\circ \pm 0,02^\circ$$

Tabella 2d: L=1,394 dm, c=15%

	α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)		α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)
1	197,40	14,30	4	197,05	13,95
2	197,25	14,15	5	197,20	14,10
3	197,10	14,00	6	197,10	14,00

$$\bar{\alpha} = 14,08^\circ \pm 0,05^\circ$$

Tabella 2e: L=1,813 dm, c=10%

	α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)		α_1 ($^\circ$)	α ($^\circ$)
1	195,00	11,90	4	194,80	11,70
2	194,90	11,80	5	195,10	12,00
3	195,20	12,10	6	195,00	11,90

$$\bar{\alpha} = 11,90^\circ \pm 0,06^\circ$$

Tabella 2f: L=1,394 dm, c=10%

	α_1 (°)	α (°)		α_1 (°)	α (°)
1	192,30	9,20	4	192,25	9,15
2	192,20	9,10	5	192,30	9,20
3	192,20	9,10	6	192,20	9,10

$$\bar{\alpha} = 9,14^\circ \pm 0,02^\circ$$

Tabella 2g: L=1,813 dm, c=5%

	α_1 (°)	α (°)		α_1 (°)	α (°)
1	189,00	5,90	4	188,80	5,70
2	188,90	5,80	5	189,10	6,00
3	189,00	5,90	6	188,95	5,85

$$\bar{\alpha} = 5,85^\circ \pm 0,04^\circ$$

Tabella 2h: L=1,394 dm, c=5%

	α_1 (°)	α (°)		α_1 (°)	α (°)
1	187,70	4,60	4	187,70	4,60
2	187,90	4,80	5	187,75	4,65
3	187,85	4,75	6	187,50	4,40

$$\bar{\alpha} = 4,63^\circ \pm 0,06^\circ$$

Tabella 3

	k'	$\sigma_{k'}$		k'	$\sigma_{k'}$
a)	66,7	0,7	e)	65,6	0,7
b)	66,9	0,7	f)	65,6	0,7
c)	66,3	0,5	g)	64,6	1,4
d)	67,3	0,5	h)	66,4	1,6

Le dimensioni di k' e $\sigma_{k'}$ sono $\left(\frac{\circ}{\text{dm}\cdot\text{g}/\text{cm}^3}\right)$.

Tabella 4

	x (dm·g/cm ³)	y (°)	σ_y (°)	y_{teo} (°)	χ^2
1	0,363	24,2	0,2	24,215	0,0504
2	0,279	18,7	0,2	18,579	0,1656
3	0,272	18,02	0,12	18,109	0,5490
4	0,209	14,08	0,11	13,882	3,2496
5	0,181	11,90	0,13	12,003	0,6271
6	0,139	9,1	0,1	9,185	0,2008
7	0,091	5,85	0,13	5,964	0,7701
8	0,070	4,63	0,11	4,555	0,4647