

## Attività ottica

### ROTAZIONE DEL PIANO DI POLARIZZAZIONE ATTRAVERSO SOLUZIONI ZUCCHERINE

- Misurazione dell'angolo di rotazione in funzione della lunghezza della prova.
- Misurazione dell'angolo di rotazione in funzione della concentrazione della massa.
- Determinazione dell'angolo di rotazione specifico in funzione della lunghezza d'onda.
- Confronto dei sensi di rotazione e dell'angolo di rotazione di fruttosio, glucosio e saccarosio.
- Misurazione dell'angolo di rotazione durante l'inversione del saccarosio in una miscela equimolare di glucosio e fruttosio.

UE4040300

02/25 JS/UD

### BASI GENERALI

Come attività ottica si definisce la rotazione del piano di polarizzazione della luce a polarizzazione lineare al passaggio attraverso determinate sostanze. Questa rotazione si verifica nelle soluzioni di molecole chirali, come per es. le soluzioni zuccherine, e in determinati corpi solidi, come i quarzi. Si parla di sostanza con rotazione destrorsa quando il piano di polarizzazione, considerato nel senso opposto alla direzione di propagazione della luce, ruota verso destra, e di sostanze a rotazione sinistrorsa nel caso opposto. Le soluzioni di glucosio e saccarosio sono a rotazione destrorsa e le soluzioni di fruttosio a rotazione sinistrorsa.

L'angolo  $\alpha$ , attorno al quale viene ruotato il piano di polarizzazione, dipende dalla sostanza in soluzione ed è proporzionale alla concentrazione della massa  $c$  e alla lunghezza  $d$  della prova. Si scrive

$$(1) \quad \alpha = [\alpha] \cdot c \cdot d$$

e si definisce  $[\alpha]$  l'angolo di rotazione specifico della sostanza.

L'angolo di rotazione specifico dipende nella formula

$$(2) \quad [\alpha] = \frac{k(T)}{\lambda^2}$$

dalla lunghezza d'onda  $\lambda$  della luce e dalla temperatura  $T$  del campione. Nelle tabelle esso viene nella maggior parte dei casi indicato per la luce gialla al sodio e una temperatura di 25°C. Quando è noto, con la misurazione dell'angolo di rotazione in un polarimetro è possibile determinare la concentrazione della soluzione.

Nell'esperimento vengono esaminate in un polarimetro diverse soluzioni zuccherine e ne vengono confrontati i rispettivi angoli di rotazione. A tale scopo, può essere scelta la luce di quattro LED di diverso colore. Inoltre, una soluzione di comune zucchero di canna (saccarosio) viene scissa nella sua struttura a doppio anello con una lenta reazione mediante l'aggiunta di acido cloridrico e trasformata in una miscela equimolare di glucosio e fruttosio. In tal modo il senso di rotazione viene "invertito" da destra verso sinistra, in quanto al termine della reazione l'angolo di rotazione risultante è pari alla

somma dell'angolo di rotazione destrorsa del glucosio e dell'angolo di rotazione sinistrorsa del fruttosio, che è maggiore.



Fig. 1: Struttura di misura

### ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Polarimetro con 4 LED	1001057
1	Cilindro graduato, 100 ml	1002870
1	Becher forma bassa 500 ml	1025691
1	Bilancia elettronica 220 g	1022627

Dotazione supplementare necessaria:

Fruttosio, 500g  
Glucosio, 500 g  
Saccarosio, 500 g  
Acido cloridrico, tecnico

## INDICAZIONI PER LA DETERMINAZIONE DELL'ANGOLO DI ROTAZIONE

Con la camera di misurazione vuota, attraverso l'apertura dell'analizzatore si osserva una luminosità minima per tutti i colori quando l'indicatore è in posizione  $360^\circ$ .

Una sostanza con rotazione destrorsa nella camera di misura fa ruotare il piano di polarizzazione – visto dall'alto – in senso orario. Se il disco dell'analizzatore – a partire da  $360^\circ$  - viene ruotato anch'esso in senso orario per raggiungere nuovamente la luminosità minima, l'indicatore si troverà successivamente a un angolo  $\alpha_p < 360^\circ$ . L'angolo di rotazione ricercato è

$$\alpha = 360^\circ - \alpha_p$$

Allo stesso modo, con una sostanza con rotazione sinistrorsa il disco dell'analizzatore deve essere ruotato in senso antiorario per impostare la luminosità minima. L'angolo di rotazione ricercato è

$$\alpha = -\alpha_p$$

La luminosità minima raggiungibile con la rotazione del disco dell'analizzatore non è definita nitidamente, in quanto la luce del LED del polarimetro non è luce spettrale pura e a ogni lunghezza d'onda dello spettro di un LED appartiene un diverso angolo di rotazione. Se il disco dell'analizzatore viene ruotato avanti e indietro attorno alla posizione ottimale, a un'osservazione più attenta si determina pertanto, in luogo della luminosità minima, una leggera variazione cromatica.

## MONTAGGIO

- Collegare il polarimetro alla rete attraverso l'alimentatore.

## ESECUZIONE

### Angolo di rotazione in funzione della lunghezza della prova

- Sciogliere 50 g di fruttosio in 100 ml di acqua distillata mescolando.
- Estrarre il cilindro graduato dalla camera di misura e versare 10 ml di soluzione di fruttosio (10 ml corrispondono a una lunghezza della prova  $d = 19$  mm).
- Asciugare l'esterno del cilindro graduato e riposizionarlo nella camera di misura senza far penetrare il liquido nella camera.
- Selezionare il LED rosso spostando il commutatore.
- Collocare il disco dell'analizzatore, osservare il punto fluorescente del LED attraverso l'apertura dell'analizzatore e ruotare quest'ultimo finché la luminosità non raggiunge il minimo.
- Annotare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo di segno nella Tab. 1.
- Accendere una dopo l'altra la luce gialla, verde e blu e ogni volta annotare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo del segno nella Tab. 1.
- Estrarre nuovamente il cilindro graduato dalla camera di misura, versare altri 10 ml di soluzione di fruttosio e ricollocare il cilindro nella camera di misura senza far penetrare liquido nella camera.

- Determinare e annotare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo di segno per tutti i quattro colori.

### Angolo di rotazione in funzione della concentrazione della massa

- Sciogliere in un becher 10 g di fruttosio in 200 ml di acqua distillata mescolando.
- Estrarre il cilindro graduato dalla camera di misura, versare 100 ml di soluzione di fruttosio e ricollocare il cilindro nella camera di misura senza far penetrare liquido nella camera.
- Determinare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo di segno per tutti i quattro colori e annotarlo nella Tab. 2.
- Estrarre nuovamente il cilindro graduato dalla camera di misura, versare altra soluzione di fruttosio e sciogliervi altri 10 g di fruttosio.
- Versare 100 ml della nuova soluzione di fruttosio nel cilindro graduato e ricollocare il cilindro nella camera di misura senza far penetrare liquido nella camera.
- Determinare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo di segno per tutti i quattro colori e annotarlo nella Tab. 2.

### Confronto dei sensi di rotazione e dell'angolo di rotazione di fruttosio, glucosio e saccarosio.

- Selezionare il LED giallo.
- Sciogliere 35 g di glucosio in 100 ml di acqua distillata mescolando.
- Estrarre il cilindro graduato dalla camera di misura, versare 50 ml di soluzione di glucosio e ricollocare il cilindro nella camera di misura senza far penetrare liquido nella camera (50 ml corrispondono alla lunghezza della prova  $d = 95$  mm).
- Collocare il disco dell'analizzatore, osservare il punto fluorescente del LED attraverso l'apertura dell'analizzatore e ruotare quest'ultimo finché la luminosità non raggiunge il minimo.
- Determinare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo di segno e annotarlo nella Tab. 3.
- Sciogliere 30 g di saccarosio in 100 ml di acqua distillata mescolando.
- Versare la soluzione nel cilindro graduato.
- Determinare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo di segno e annotarlo nella Tab. 3.
- Riportare nella Tab. 3 anche i valori già misurati per il fruttosio.

### Misurazione dell'angolo di rotazione durante l'inversione del saccarosio.

- Selezionare il LED giallo.
- Estrarre dalla camera di misura il cilindro graduato con la soluzione di saccarosio.
- Aggiungere una piccola quantità di acido cloridrico, mescolare e riscaldare la soluzione in un bagno d'acqua a ca.  $50^\circ\text{C}$ .
- Collocare nuovamente il cilindro graduato nella camera di misura senza far penetrare liquido nella camera.
- Determinare l'angolo di rotazione  $\alpha$  comprensivo di segno e annotarlo nella Tab. 4.

- Ripetere la determinazione dell'angolo di rotazione comprensivo di segno a intervalli di 2-3 minuti e successivamente a intervalli maggiori, annotando i risultati nella Tab. 4.

## ESEMPIO DI MISURAZIONE

### Angolo di rotazione in funzione della lunghezza della prova

Tab. 1: Angolo di rotazione  $\alpha$  del fruttosio in funzione della lunghezza della prova  $d$  per quattro diverse lunghezze d'onda luminosa. Concentrazione della massa:  $c = 0,48 \text{ g/cm}^3$  (50 g di fruttosio in 105 ml di acqua)

$d / \text{mm}$	$\alpha$			
	Rosso (630 nm)	Giallo (580 nm)	Verde (525 nm)	Blu (468 nm)
19	-6°	-7,5°	-10°	-11,5°
38	-15°	-16°	-20°	-23,5°
57	-20°	-25°	-33°	-42°
76	-30°	-32°	-40,5°	-53°
95	-39,5°	-42°	-53°	-68°
114	-42°	-49,5°	-61°	-78°
133	-55°	-58°	-70°	-90°
152	-61°	-70°	-88°	-103°
171	-71°	-80°	-98°	-123°
190	-74°	-83°	-103°	-128°

Nota: Le serie di misure della Tab. 1 e della Tab. 2 sono state effettuate con tipi di fruttosio di diversa purezza.

### Angolo di rotazione in funzione della concentrazione della massa

Tab. 2: Angolo di rotazione  $\alpha$  del fruttosio in funzione della concentrazione della massa  $d$  per quattro diverse lunghezze d'onda luminosa. Lunghezza della prova  $d = 190 \text{ mm}$ , volume  $V = 100 \text{ ml}$

$m / \text{g}$	$c / \text{mg/cm}^3$	$\alpha$			
		Rosso (630 nm)	Giallo (580 nm)	Verde (525 nm)	Blu (468 nm)
10	50	-7°	-8°	-9°	-10°
20	100	-14°	-16°	-19°	-24°
30	150	-21°	-24°	-30°	-36°
40	200	-27°	-32°	-37°	-43°
50	250	-34°	-37°	-45°	-56°
60	300	-41°	-45°	-53°	-72°
70	350	-47°	-52°	-62°	-73°

### Confronto dei sensi di rotazione e dell'angolo di rotazione di fruttosio, glucosio e saccarosio

Tab. 3: Angolo di rotazione  $\alpha$  di fruttosio, glucosio e saccarosio (LED giallo)

	$m / \text{g}$	$V / \text{ml}$	$c / \text{mg/cm}^3$	$h / \text{mm}$	$\alpha$	$[\alpha] / \text{grd cm}^2/\text{g}$
Fructose	50	105	480	190	-83°	-9,2
Glucose	35	100	350	95	26°	7,8
Saccharose	30	100	300	190	32°	5,6

### Misurazione dell'angolo di rotazione durante l'inversione del saccarosio

Tab. 4: Angolo di rotazione  $\alpha$  in funzione del tempo  $t$  durante l'inversione del saccarosio (LED giallo)

$t / \text{min}$	$\alpha$	$t / \text{min}$	$\alpha$
0,0	33°	20,0	-3°
2,0	23°	24,0	-6°
5,0	16°	27,5	-5°
8,0	9°	33,0	-8°
10,0	6°	42,0	-8°
12,0	3°	45,0	-9°
14,5	-2°	50,0	-9°
16,0	-4°		

**ANALISI**

**Angolo di rotazione in funzione della lunghezza della prova**

La Fig. 2 illustra un diagramma realizzato con i valori misurati riportati nella Tab. 1. Essi coincidono, nei limiti della precisione di misura, con le rette di origine tracciate. La corrispondenza conferma la proporzionalità descritta nell'equazione 1 tra l'angolo di rotazione  $\alpha$  e la lunghezza della prova  $d$  di una soluzione otticamente attiva.

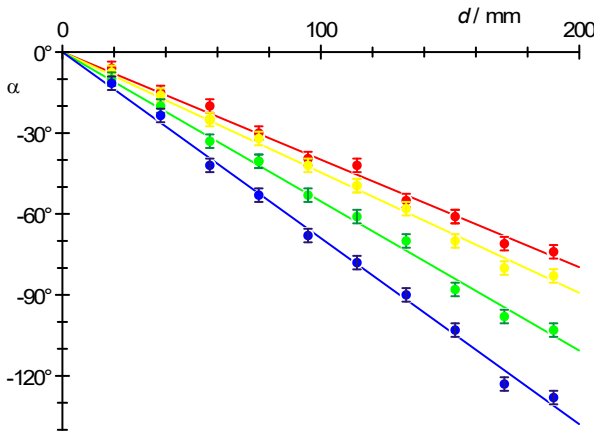


Fig. 2: Angolo di rotazione di una soluzione di fruttosio ( $c = 0,48 \text{ g/cm}^3$ ) in funzione della lunghezza della prova per quattro diverse lunghezze d'onda luminosa

**Angolo di rotazione specifico in funzione della lunghezza d'onda**

Poiché la concentrazione della massa della prova è nota, secondo l'equazione 1 è possibile determinare per le quattro lunghezze d'onda del polarimetro la rotazione specifica  $[\alpha]$  dalla pendenza delle rette di origine rappresentate nella Fig. 2.

Il risultato è rappresentato nella Tab. 5 e nella Fig. 3. La curva qui tracciata è stata calcolata sulla base dell'equazione 2.

$$k(T) = -3,2 \cdot 10^9 \frac{\text{grd}}{\text{g}}$$

Tab. 5: Angolo di rotazione specifico in funzione della lunghezza d'onda

$\lambda / \text{nm}$	630	580	525	468
$[\alpha] / \text{grd cm}^2/\text{g}$	-8,4	-9,4	-11,6	-14,5

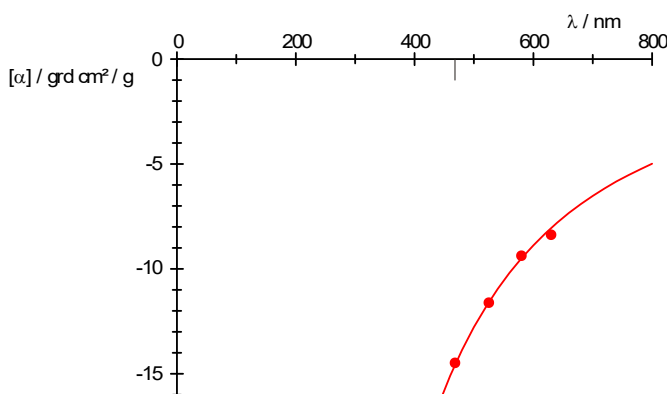


Fig. 3: Angolo di rotazione specifico in funzione della lunghezza d'onda

**Angolo di rotazione in funzione della concentrazione della massa**

La Fig. 4 illustra un diagramma realizzato con i valori misurati riportati nella Tab. 2. Essi coincidono, nei limiti della precisione di misura, con le rette di origine tracciate. La corrispondenza conferma la proporzionalità descritta nell'equazione 1 tra l'angolo di rotazione  $\alpha$  e la concentrazione della massa  $c$  di una soluzione otticamente attiva.

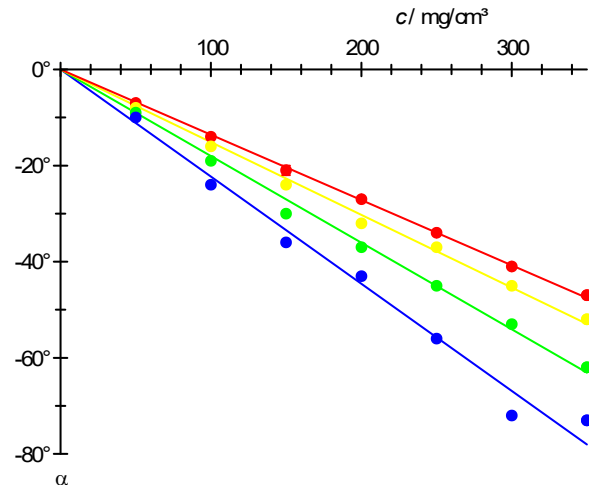


Fig. 4: Angolo di rotazione di una soluzione di fruttosio in funzione della concentrazione della massa per quattro diverse lunghezze d'onda luminosa

**Confronto dei sensi di rotazione e dell'angolo di rotazione di fruttosio, glucosio e saccarosio**

Nella Tab. 3 è calcolato l'angolo di rotazione specifico delle tre soluzioni zuccherine esaminate utilizzando l'equazione 1. Emerge che le diverse soluzioni zuccherine differiscono sia per il valore che per il segno dell'angolo di rotazione.

**Misurazione dell'angolo di rotazione durante l'inversione del saccarosio**

La Fig. 5 illustra una rappresentazione grafica dei valori misurati della Tab. 4. L'inversione del senso di rotazione da destra a sinistra si verifica dopo 15 min circa.

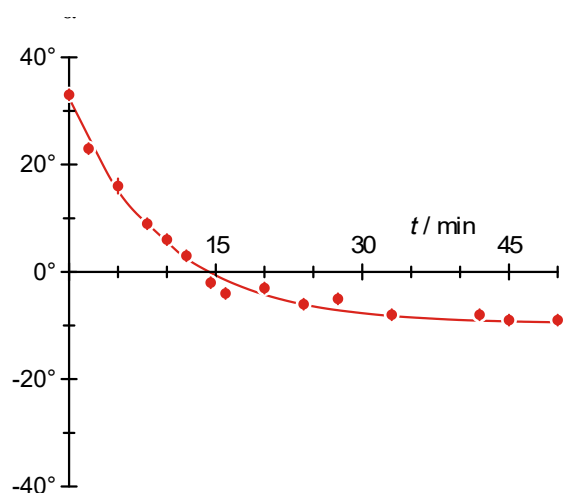


Fig. 5: Angolo di rotazione per la luce gialla di una soluzione di saccarosio ( $c = 0,3 \text{ g/cm}^3$ ,  $d = 190 \text{ mm}$ ) durante l'inversione in funzione del tempo