

Attività ottica

Filippo Audisio, Cataldo Insalaco, Telemaco Pezzoni

17 gennaio 2026

1 Obiettivo dell'esperienza

L'obiettivo dell'esperienza è studiare il fenomeno dell'attività ottica per luce di diverse lunghezze d'onda attraverso varie soluzioni acquose. In particolare si vuole:

- Verificare la legge di Biot prima in funzione della lunghezza di propagazione nel mezzo L (secondo $\alpha = K \cdot L$) e successivamente in funzione della massa disciolta P (secondo la relazione derivata $\alpha = k \cdot P/S$), in quest'ultima parte determinare anche il potere rotatorio specifico k per la sostanza utilizzata.
- Misurare il potere rotatorio specifico di varie soluzioni, verificandone la dipendenza dalla lunghezza d'onda della luce incidente.
- Osservare e studiare il fenomeno di mutarotazione in soluzione di glucosio.
- Osservare e studiare il fenomeno di inversione della soluzione di saccarosio.

2 Materiali e Metodi

2.1 Dotazione sperimentale

- Polarimetro con LED di lunghezza d'onda λ variabile tra 468nm (blu), 525nm (verde), 580nm (giallo), 630nm (rosso).
- Cilindro graduato per polarimetro.
- Becher e cilindro graduato con base.
- Saccarosio, fruttosio e glucosio in polvere.
- Acqua.
- Piastra riscaldante.
- Soluzione HCl al 25%.
- Materiali di consumo.

2.2 Procedura sperimentale

Prima di iniziare le misure è stata verificata la taratura del polarimetro osservando i minimi di intensità luminosa con il cilindro graduato vuoto, così da poter successivamente

te tenere in conto eventuali offset. In seguito si è ripetuta l'operazione con il cilindro riempito di sola acqua verificando che gli angoli per il minimo di intensità non cambiano. Infine è stata ricavata indirettamente la sezione del cilindro graduato misurando l'altezza raggiunta da 100ml di acqua all'interno del cilindro stesso, utilizzando la formula $S = V/L$.

2.2.1 Verifica della legge di Biot

Per verificare la legge di Biot in funzione di L è stata preparata nel becher una soluzione di saccarosio, sciogliendo in $\sim 80\text{ml}$ di acqua $\sim 30\text{g}$ di saccarosio. La soluzione poi è stata versata in quantità crescenti nel cilindro graduato del polarimetro e per ogni altezza L sono stati misurati gli angoli di minimo di intensità con luce verde. In seguito, per verificare la legge in funzione della massa disciolta P , sono state preparate diverse soluzioni sciogliendo nella stessa quantità di acqua quantità crescenti di saccarosio e misurando per ognuna l'angolo di rotazione, sempre con luce verde. Infine è stato calcolato il potere rotatorio specifico k della sostanza.

2.2.2 Misura del potere rotatorio specifico

Sono state preparate diverse soluzioni di saccarosio, fruttosio e glucosio sciogliendo in 80ml di acqua 30g di soluto. Per ognuna delle soluzioni è stato misurato l'angolo di rotazione con luce di diverse lunghezze d'onda (blu, verde, giallo, rosso) e calcolato il potere rotatorio specifico k verificandone la dispersione. Infine è stato calcolato il potere rotatorio specifico per $\lambda = 589\text{nm}$.

2.2.3 Studio della mutarotazione del glucosio

È stata preparata una soluzione sciogliendo 30g di glucosio in 80ml di acqua riscaldata sulla piastra così da accelerare la reazione. Subito dopo la preparazione della soluzione sono stati misurati gli angoli di rotazione ogni minuto utilizzando luce verde, fino a quando l'angolo non si è stabilizzato. Al raggiungimento dell'equilibrio sono stati misurati gli angoli di rotazione alle varie lunghezze d'onda.

2.2.4 Studio dell'inversione del saccarosio

Dopo aver sciolto 30g di saccarosio in acqua, sono stati aggiunti 2.5ml di HCl al 25% per catalizzare l'inversione. Sono dunque stati misurati gli angoli di rotazione a intervalli di diversi minuti utilizzando luce verde; Per garantire il raggiungimento dell'equilibrio le ultime misurazioni sono state effettuate il giorno seguente.

3 Analisi dei dati e grafici

3.1 Tabelle risultati

| Grandezza | Valore Misurato | Errore Assoluto | Errore Relativo [%] |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| $offset [\text{deg}]$ | 2 | 1 | 50.0 |
| $S [\text{cm}^2]$ | 5.882 | 0.035 | 0.59 |

Tabella 1: Misure preliminari

3.1.1 Verifica della legge di Biot

Utilizzando le formule $\alpha = K \cdot L$ e $\alpha = k \cdot P/S$, sono stati calcolati rispettivamente i coefficienti $K = k \cdot c$ e k tramite regressione lineare.

| Grandezza | Valore Misurato | σ | Errore Relativo [%] |
|--|-----------------|----------|---------------------|
| K [deg · cm ⁻¹] | 2.53 | 0.15 | 5.76 |
| k [deg · cm ² · g ⁻¹] | 8.05 | 0.41 | 5.03 |

Tabella 2: Verifica della legge di Biot: parametri per saccarosio con luce verde

3.1.2 Misura del potere rotatorio specifico

Dopo aver misurato i valori di $k = \alpha \cdot S/P$, usando la formula $k = A \cdot \lambda^2$ sono stati ricavati i valori di A da cui si è calcolato il valore di k a $\lambda = 589\text{nm}$ per le varie sostanze utilizzate.

| Sostanza | Valore Tabulato k | Valore Misurato k | σ | Errore Relativo [%] |
|------------|---------------------|---------------------|----------|---------------------|
| Saccarosio | 6.65 | 6.41 | 0.12 | 1.81 |
| Fruttosio | -9.12 | -9.19 | 0.26 | 2.87 |
| Glucosio | 11.22 | 8.61 | 0.23 | 2.66 |

Tabella 3: Misura del potere rotatorio specifico a $\lambda = 589\text{nm}$, tutte le misure sono espresse in [deg · cm² · g⁻¹]

3.1.3 Studio della mutarotazione del glucosio

Con i dati raccolti è stato eseguito un fit esponenziale con la formula tipica delle reazioni del primo ordine: $\alpha = (\alpha_0 - \alpha_\infty) \cdot \exp^{-ct} + \alpha_\infty$, dai parametri si sono ricavati i valori k_0^{525} e k_∞^{525} per una soluzione di glucosio in luce verde. Inoltre dai dati presi all'equilibrio alle varie lunghezze d'onda si è calcolato k_∞^{589} come nella sezione precedente.

| Grandezza | Valore Tabulato | Valore Misurato | σ | Errore Relativo [%] |
|------------------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|
| k_0^{525} | 12.82 | 11.03 | 0.71 | 6.45 |
| k_∞^{525} | 5.98 | 5.35 | 0.63 | 11.81 |
| k_∞^{589} | 4.76 | 4.98 | 0.34 | 6.81 |

Tabella 4: Potere rotatorio specifico del glucosio, tutte le misure sono espresse in [deg · cm² · g⁻¹]

3.1.4 Studio dell'inversione del saccarosio

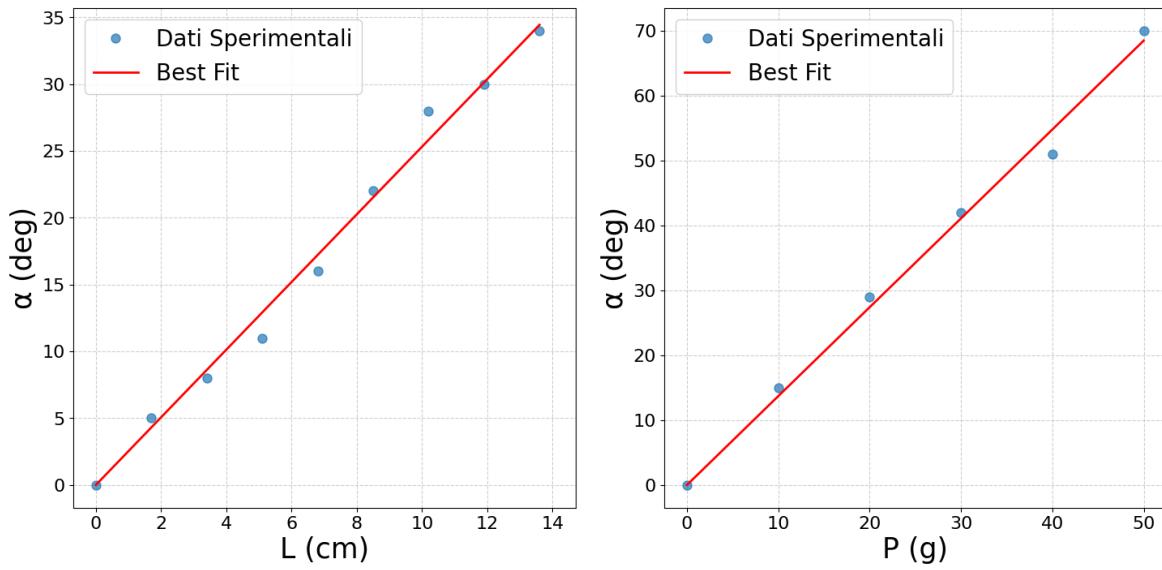
Come nella sezione precedente i parametri della soluzione catalizzata sono stati ottenuti tramite fit esponenziale, invece per la soluzione di riferimento si è usato un fit costante.

| Sostanza | k_0^{tab} | k_∞^{tab} | k_0^{mis} | σ_0 | k_∞^{mis} | σ_∞ |
|-------------------|-------------|------------------|-------------|------------|------------------|-----------------|
| Saccarosio + HCl | 8.37 | -2.44 | 8.49 | 0.67 | -2.09 | 0.52 |
| Saccarosio (Rif.) | 8.37 | 8.37 | 7.49 | 0.35 | 7.49 | 0.35 |

Tabella 5: Misura del potere rotatorio specifico per l'inversione del saccarosio in luce verde $\lambda = 525\text{nm}$, tutte le misure sono espresse in $[\text{deg} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}]$

3.2 Grafici sperimentali e curve di regressione

3.2.1 Verifica della legge di Biot



(a) Angolo in funzione della lunghezza L (b) Angolo in funzione della massa disciolta P

Figura 1: Verifica della legge di Biot

3.2.2 Misura del potere rotatorio specifico

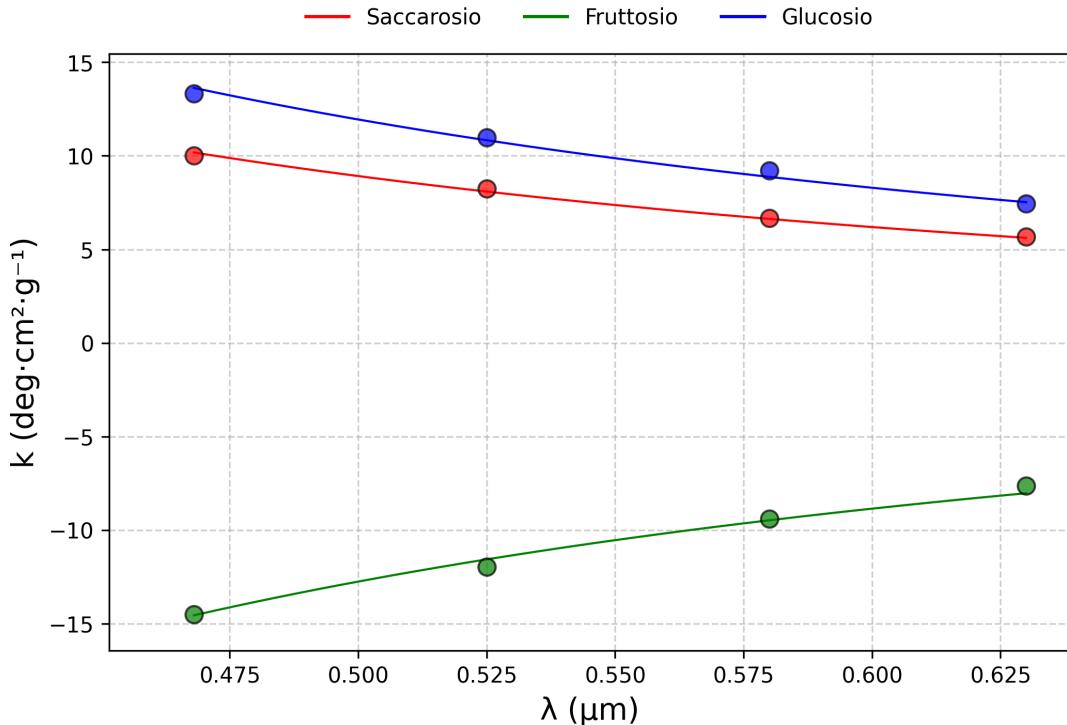


Figura 2: Potere rotatorio specifico in funzione della lunghezza d'onda

3.2.3 Studio della mutarotazione del glucosio

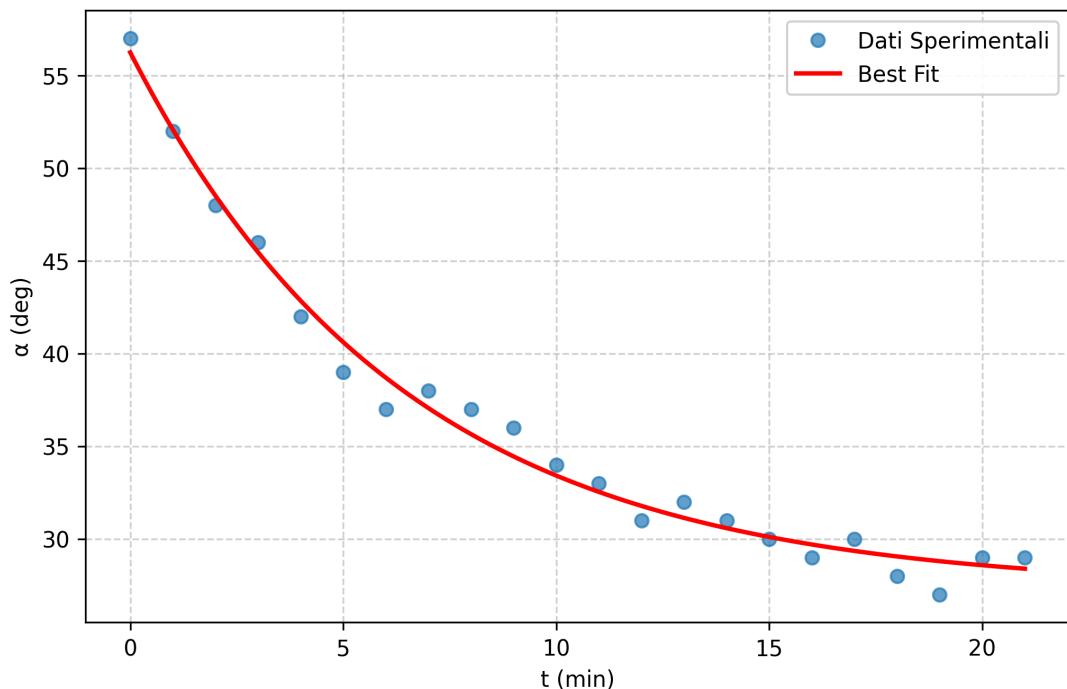


Figura 3: Angolo di rotazione in funzione del tempo per la mutarotazione del glucosio

3.2.4 Studio dell'inversione del saccarosio

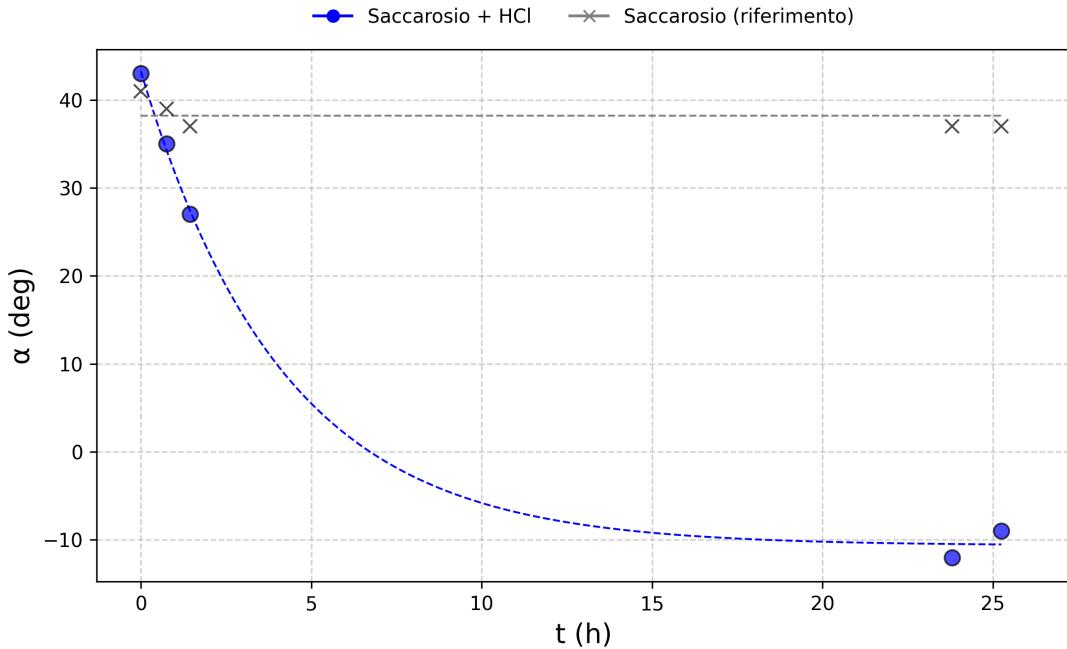


Figura 4: Angolo di rotazione in funzione del tempo per l'inversione del saccarosio

4 Conclusioni

Tutte le misure degli angoli riportate tengono già conto dell'offset del polarimetro misurato all'inizio; inoltre si è scelto di ricavare la sezione del cilindro graduato indirettamente, piuttosto che misurare direttamente il diametro, così da minimizzare l'errore associato a tale misura.

Nella prima parte dell'esperienza si è verificata la proporzionalità diretta tra angolo di rotazione α e lunghezza di propagazione nel mezzo L (Figura a), misurando anche il potere rotatorio $K = k \cdot c$ relativo alla concentrazione utilizzata. Per ottenere una buona misura del potere rotatorio specifico k , invece che variare la concentrazione, si è misurato α in funzione della massa disciolta P ; il valore ottenuto per saccarosio a $\lambda = 525\text{nm}$ risulta coerente con quello misurato nella parte successiva (Figura 2) ed in accordo con il valore tabulato (Tabella 5).

Nella seconda parte la dipendenza del potere rotatorio specifico dalla lunghezza d'onda della luce incidente è stata verificata per tutte le sostanze utilizzate (Figura 2). I valori trovati per il saccarosio e il fruttosio sono in buon accordo con i valori tabulati, mentre la discrepanza che si riscontra con il glucosio è probabilmente dovuta al fenomeno di mutarotazione ed al tempo trascorso tra le misure (Tabella 3). Infatti si è utilizzato α -D-glucosio puro ($k = 11.2 \text{ deg} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), che in soluzione tende a trasformarsi in una miscela di α e β -D-glucosio ($k = 5.23 \text{ deg} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$); il valore misurato è pertanto uno stato intermedio tra i due.

Nella terza parte si verifica che il glucosio in soluzione acquosa subisce il fenomeno di mutarotazione, in cui l' α -D-glucosio iniziale si converte in una soluzione di equilibrio 36[%] α -D-glucosio e 64[%] β -D-glucosio, i valori dell'angolo di rotazione variano seguendo

una cinetica esponenziale, trattandosi di una reazione del primo ordine (Figura 3). I valori misurati del potere rotatorio specifico all'equilibrio risultano compatibili con quelli tabulati (debitamente corretti per glucosio monoidrato $k_{mono} = k_{tab} \cdot 180/198$ e luce verde $k^{525} = k^{589} \cdot (589/525)^2$) (Tabella 4). Ad eccezione del valore di k_0^{525} , probabilmente influenzato dal tempo trascorso tra la preparazione della soluzione e l'inizio delle misure.

Nell'ultima parte si osserva il fenomeno di inversione del saccarosio, in cui la molecola di saccarosio viene scissa in glucosio e fruttosio. Per la soluzione con HCl si osserva una variazione dell'angolo di rotazione che segue una cinetica esponenziale (Figura 4), mentre la soluzione di riferimento senza HCl non mostra variazioni significative. Si osserva che lo zucchero invertito è un mezzo levogiro, a differenza della soluzione iniziale destrogira, inoltre i valori misurati del potere rotatorio specifico iniziale e finale sono in accordo con i valori tabulati entro 3σ (Tabella 5). La soluzione di riferimento mostra invece un valore di k leggermente inferiore a quello tabulato, ciò probabilmente è dovuto al ridotto numero di misure effettuate.