Optische Aktivität

DREHUNG DER POLARISATIONSEBENE DURCH ZUCKERLÖSUNGEN.

- Messung des Drehwinkels in Abhängigkeit von der Probenlänge.
- Messung des Drehwinkels in Abhängigkeit von der Massenkonzentration.
- Bestimmung des spezifischen Drehwinkels in Abhängigkeit von der Wellenlänge.
- Vergleich der Drehrichtungen und der Drehwinkel von Fructose, Glucose und Saccharose.
- Messung des Drehwinkels während der Inversion von Saccharose zu einem äquimolaren Gemisch aus Glucose und Fructose.

UE404030

09/08 JS

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Als optische Aktivität bezeichnet man die Drehung der Polarisationsebene von linear polarisiertem Licht beim Durchgang durch bestimmte Substanzen. Diese Drehung tritt auf in Lösungen chiraler Moleküle wie z.B. Zuckerlösungen und in bestimmten Festkörpern wie z.B. Quarzen. Man spricht von rechtsdrehenden Substanzen, wenn die Polarisationsebene gegen die Ausbreitungsrichtung des Lichts betrachtet nach rechts gedreht wird, und im anderen Fall von linksdrehendem Substanzen. Glucose- und Saccharoselösungen sind rechtsdrehend und Fructoselösungen linksdrehend.

Der Winkel α, um den die Polarisationsebene gedreht wird, hängt von der gelösten Substanz ab und ist proportional zur Massenkonzentration c und zur Länge d der Probe. Man schreibt

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

und bezeichnet $[\alpha]$ als spezifischen Drehwinkel der Substanz.

Der spezifische Drehwinkel hängt in der Form

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

von der Wellenlänge λ des Lichts und der Temperatur T der Probe ab. Er wird in Tabellenwerken meist für gelbes Natriumlicht und eine Temperatur von 25°C angegeben. Ist er bekannt, kann durch Messung des Drehwinkels in einem Polarimeter die Konzentration der Lösung bestimmt werden.

Im Experiment werden verschiedene Zuckerlösungen in einem Polarimeter untersucht und ihre Drehwinkel miteinander verglichen. Hierfür kann das Licht aus vier verschiedenfarbigen LED ausgewählt werden. Außerdem wird eine Lösung mit handelsüblichem Rohrzucker (Saccharose) in einer langsam ablaufenden Reaktion durch Zugabe von Salzsäure in seiner Doppelringstruktur aufgespaltet und in ein äquimolares Gemisch aus Glucose und Fructose gewandelt. Dabei wird die Drehrichtung von rechts nach links "invertiert", da nach Ablauf der Reaktion der resultierende Drehwinkel gleich der Summe der Drehwinkel der rechtsdrehenden Glucose und der stärker linksdrehenden Fructose ist.

Fig. 1: Messaufbau

GERÄTELISTE

1	Polarimeter mit 4 LED	U8761161
1	Messzylinder, 100 ml	U14205
1	Becherglas, aus	U14210
1	Elektronische Waage Scout Pro 200 g	U42048

zusätzlich erforderlich:

Fruchtzucker (Fructose), 500g
Traubenzucker (Glucose), 500 g
Rohrzucker (Saccharose), 500 g

Salzsäure, technisch

HINWEIS ZUR BESTIMMUNG DES DREHWINKELS

Bei leerer Messkammer beobachtet man durch die Sichtöffnung des Analysators minimale Helligkeit für alle Farben, wenn der Zeiger auf die 360°-Position weist.

Eine rechtsdrehende Substanz in der Messkammer dreht die Polarisationsebene – von oben betrachtet – im Uhrzeigersinn. Wird die Analysatorscheibe nun – von 360° ausgehend – ebenfalls im Uhrzeigersinn gedreht, um wieder minimale Helligkeit zu erreichen, so weist der Zeiger danach auf einen Winkel $\alpha_P < 360°$. Der gesuchte Drehwinkel ist

$$\alpha = 360° - \alpha_P$$

Entsprechend muss die Analysatorscheibe bei einer linksdrehenden Substanz zur Einstellung minimaler Helligkeit gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden. Der gesuchte Drehwinkel ist.

$$\alpha = -\alpha_P$$

Die durch Drehen der Analysatorscheibe erreichbare minimale Helligkeit ist nicht scharf definiert, da das Licht der LED des Polarimeters nicht spektral rein ist und zu jeder Wellenlänge aus einem LED-Spektrum leicht unterschiedliche Drehwinkel gehören. Man beobachtet daher anstelle minimaler Helligkeit genauer betrachtet einen leichten Farbwechsel, wenn die Analysatorscheibe um die optimale Position hin- und her gedreht wird.

AUFBAU

- Polarimeter über Steckernetzgerät ans Netz anschließen.

DURCHFÜHRUNG

Drehwinkel in Abhängigkeit von der Probenlänge:

- 50 g Fruchtzucker (Fructose) in 100 ml destilliertem Wasser durch Umrühren auflösen.
- Messzylinder aus der Messkammer nehmen und 10 ml der Fructoselösung einfüllen (10 ml entsprechen der Probenlänge d = 19 mm).
- Außenseite des Messzylinders trocken wischen, Messzylinder in die Messkammer stellen, ohne Flüssigkeit in die Messkammer gelangen zu lassen.
- Durch Verschieben des Umschalters die rote LED wählen.
- Analysatorscheibe aufsetzen, Leuchtpunkt der LED durch die Sichtöffnung des Analysators beobachten und Analysator solange drehen, bis die Helligkeit ein Minimum erreicht.
- Drehwinkel α inklusive Vorzeichen in Tab. 1 notieren.
- Nacheinander gelbes, grünes und blaues Licht einschalten und jeweils den Drehwinkel α einschließlich Vorzeichen bestimmen und in Tab. 1 notieren.
- Immer wieder den Messzylinder aus der Messkammer nehmen, weitere 10 ml der Fructoselösung einfüllen und den Messzylinder in die Messkammer stellen, ohne Flüssigkeit in die Messkammer gelangen zu lassen.
- Jeweils für alle vier Farben den Drehwinkel α einschließlich Vorzeichen bestimmen und notieren.

Drehwinkel in Abhängigkeit von der Massenkonzentration:

- In einem Becherglas 10 g Fruchtzucker (Fructose) in 200 ml destilliertem Wasser durch Umrühren auflösen.
- Messzylinder aus der Messkammer nehmen, 100 ml der Fructoselösung einfüllen und den Messzylinder in die Messkammer stellen, ohne Flüssigkeit in die Messkammer gelangen zu lassen.
- Jeweils für alle vier Farben den Drehwinkel α inklusive Vorzeichen bestimmen und in Tab. 2 notieren.
- Immer wieder den Messzylinder aus der Messkammer nehmen, Fruchtzuckerlösung in das Becherglas zurückschütten und weitere 10 g Fruchtzucker auflösen.
- 100 ml der der neuen Fructoselösung in den Messzylinder füllen und den Messzylinder in die Messkammer stellen, ohne Flüssigkeit in die Messkammer gelangen zu lassen.
- Jeweils für alle vier Farben den Drehwinkel α inklusive Vorzeichen bestimmen und in Tab. 2 notieren.

Vergleich der Drehrichtungen und der Drehwinkel von Fructose, Glucose und Saccharose:

- Gelbe LED wählen.
- 35 g Traubenzucker (Glucose) in 100 ml destilliertem Wasser durch Umrühren auflösen.
- Messzylinder aus der Messkammer nehmen, 50 ml der Glucoselösung einfüllen und Messzylinder in die Messkammer stellen, ohne Flüssigkeit in die Messkammer gelangen zu lassen (50 ml entsprechen der Probenlänge d = 95 mm).
- Analysatorscheibe aufsetzen, Leuchtpunkt der LED durch die Sichtöffnung des Analysators beobachten und Analysator solange drehen, bis die Helligkeit ein Minimum erreicht.
- Drehwinkel α inklusive Vorzeichen bestimmen und in Tab. 3 notieren.
- 30 g Rohrzucker (Saccharose) in 100 ml destilliertem Wasser durch Umrühren auflösen.
- Lösung in den Messzylinder füllen.
- Drehwinkel α inklusive Vorzeichen bestimmen und in Tab. 3 notieren.
- Bereits bestimmte Messwerte für Fructose ebenfalls in Tab. 3 eintragen.

Messung des Drehwinkels während der Inversion von Saccharose.

- Gelbe LED wählen.
- Messzylinder mit der Saccharoselösung aus der Messkammer nehmen.
- Etwas Salzsäure hinzugeben, umrühren und Lösung in einem Wasserbad auf ca. 50°C erwärmen.
- Messzylinder wieder in die Messkammer stellen, ohne Flüssigkeit in die Messkammer gelangen zu lassen.
- Drehwinkel α inklusive Vorzeichen bestimmen und in Tab. 4 notieren.
- Bestimmung des Drehwinkels inklusive Vorzeichen im Abstand von 2-3 Minuten und später in größerem Abstand wiederholen und Ergebnis in Tab. 4 notieren.

MESSBEISPIEL

Drehwinkel in Abhängigkeit von der Probenlänge:

Tab. 1: Drehwinkel α von Fructose in Abhängigkeit von der Probenlänge *d* für vier verschiedene Lichtwellenlängen

Massenkonzentration: c = 0,48 g/cm³ (50 g Fructose auf 105 ml Wasser)

d / mm	α			
	Rot (630 nm)	Gelb (580 nm)	Grün (525 nm)	Blau (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°

Hinweis: Die Messreihen der Tab. 1 und Tab. 2 wurden an Fruchtzuckern unterschiedlicher Reinheit aufgenommen.

Drehwinkel in Abhängigkeit von der Massenkonzentration:

Tab. 2: Drehwinkel α von Fructose in Abhängigkeit von der Massenkonzentration für vier verschiedene Lichtwellenlängen

Probenlänge *d* = 190 mm, Volumen *V* = 100 ml

m / g	*c* / mg/cm³	α			
		Rot (630 nm)	Gelb (580 nm)	Grün (525 nm)	Blau (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°

Vergleich der Drehrichtungen und der Drehwinkel von Fructose, Glucose und Saccharose:

Tab. 3: Drehwinkel α von Fructose, Glucose und Saccharose (gelbe LED)

	m / g	*V* / ml	*c* / mg/cm³	*h* / mm	α	[α] / grd cm²/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

Messung des Drehwinkels während der Inversion von Saccharose:

Tab. 4: Drehwinkel α in Abhängigkeit von der Zeit *t* während der Inversion von Saccharose (gelbe LED)

t / min	α	*t* / min	α
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°		

AUSWERTUNG

Drehwinkel in Abhängigkeit von der Probenlänge:

Fig. 2 zeigt ein Diagramm mit den Messwerten der Tab. 1. Diese stimmen im Rahmen der Messgenauigkeit mit den eingezeichneten Ursprungsgeraden überein. Die Übereinstimmung bestätigt die in Gl. 1 beschriebene Proportionalität zwischen dem Drehwinkel α und der Probenlänge *d* einer optisch aktiven Lösung.

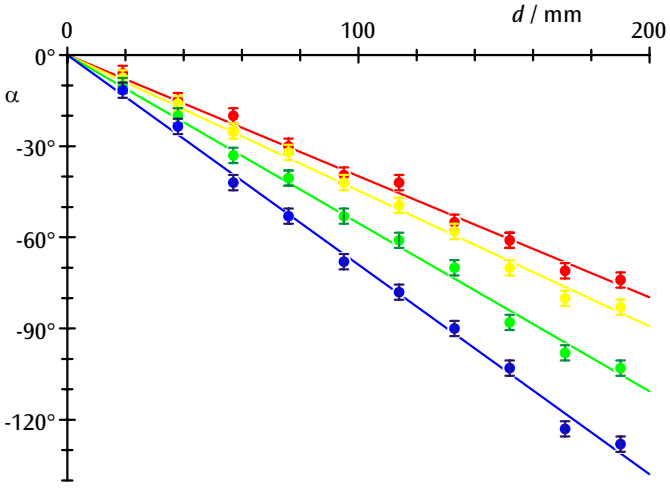

Fig. 2: Drehwinkel einer Fructoselösung (c = 0,48 g/cm³) in Abhängigkeit von der Probenlänge für vier verschiedene Lichtwellenlängen

Spezifischer Drehwinkel in Abhängigkeit von der Wellenlänge:

Da die Massenkonzentration der Probe bekannt ist, lässt sich gemäß Gl. 1 aus der Steigung der in Fig. 2 dargestellten Ursprungsgeraden die spezifische Drehung [α] für die vier Wellenlängen des Polarimeters bestimmen.

Das Ergebnis ist in Tab. 5 sowie Fig. 3 dargestellt. Die dort eingezeichnete Kurve wurde gemäß Gl. 2 berechnet.

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

Tab. 5: Spezifischer Drehwinkel in Abhängigkeit von der Wellenlänge

λ / nm	630	580	525	468
[α] / grd cm²/g	-8,4	-9,4	-11,6	-14,5

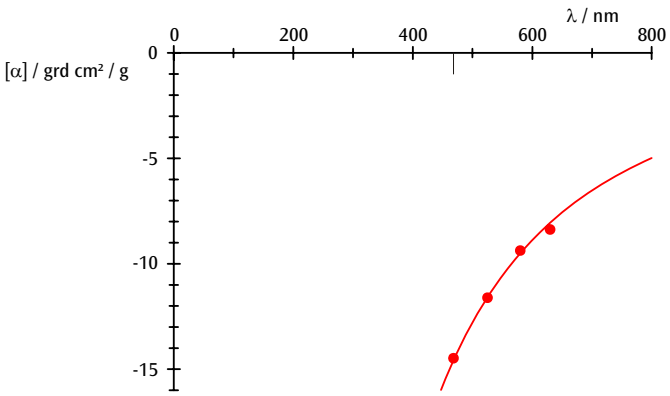

Fig. 3: Spezifischer Drehwinkel in Abhängigkeit von der Wellenlänge

Drehwinkel in Abhängigkeit von der Massenkonzentration:

Fig. 4 zeigt ein Diagramm mit den Messwerten der Tab. 2. Diese stimmen im Rahmen der Messgenauigkeit mit den eingezeichneten Ursprungsgeraden überein. Die Übereinstimmung bestätigt die in Gl. 1 beschriebene Proportionalität zwischen dem Drehwinkel α und der Massenkonzentration *c* einer optisch aktiven Lösung.

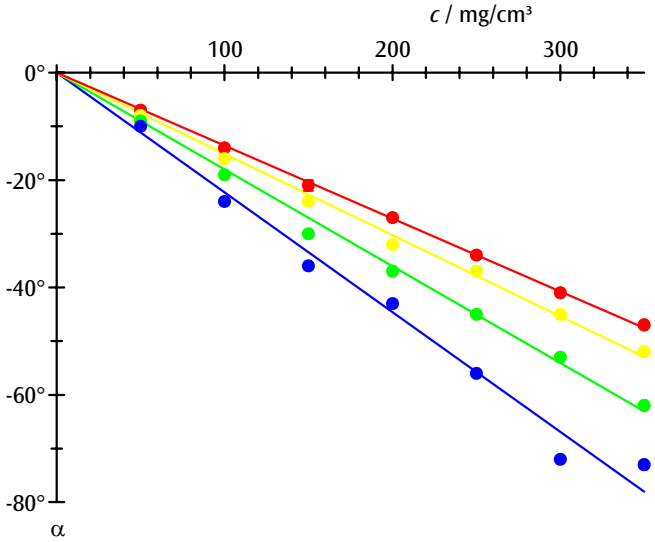

Fig. 4: Drehwinkel einer Fructoselösung in Abhängigkeit von der Massenkonzentration für vier verschiedene Lichtwellenlängen

Vergleich der Drehrichtungen und der Drehwinkel von Fructose, Glucose und Saccharose:

In Tab. 3 wird aus den Messwerten unter Anwendung von Gleichung 1 der spezifische Drehwinkel der drei untersuchetn Zuckerlösungen berechnet. Es zeigt sich, dass sich die verschiedenen Zuckerlösungen sowohl im Betrag wie auch im Vorzeichen des Drehwinkels unterscheiden.

Messung des Drehwinkels während der Inversion von Saccharose:

Fig. 5 zeigt eine grafische Darstellung der Messwerte der Tab. 4. Die Inversion der Drehrichtung von rechts nach links findet nach etwa 15 min statt.

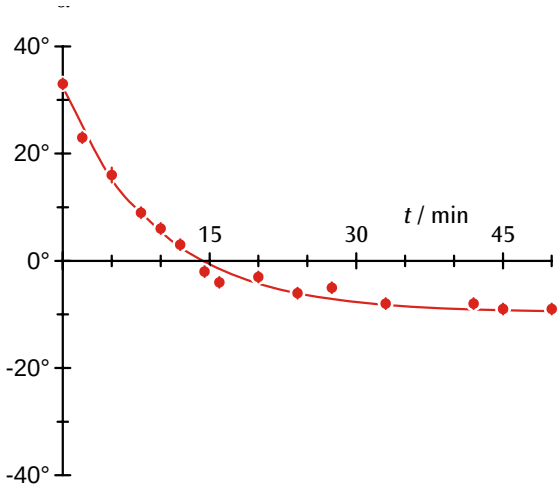

Fig. 5: Drehwinkel für gelbes Licht einer Saccharoselösung (c = 0,3 g/cm³, d = 190 mm) während der Inversion in Abhängigkeit von der Zeit

© Copyright 2008 3B Scientific GmbH