

Aufgaben:

1. Die Konzentration einer Rohrzuckerlösung ist polarimetrisch zu bestimmen.
2. Die Rotationsdispersionskurve eines Quarzes ist aufzunehmen.

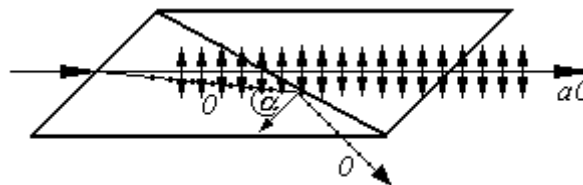


Abb.1

Grundlagen:

Die polarimetrische Konzentrationsbestimmung beruht auf der Drehung der Schwingungsebene linear polarisierten Lichtes beim Durchstrahlen einer optisch aktiven Lösung. In einem Polarimeter wird zunächst linear polarisiertes Licht hergestellt, z.B. mit einem NICOLSchen Prisma (Abb. 1). Es besteht aus zwei aneinandergelagerten Kalkspathälften die so gestaltet sind, dass das eindringende Licht infolge der Doppelbrechung in das ordentliche (o) und das außerordentliche (ao) Lichtbündel zerlegt wird, die beide linear polarisiert sind. Das ordentliche Licht trifft auf die Grenzfläche Kalkspat-Kitt unter einem Einfallswinkel α , der größer ist als der Grenzwinkel der Totalreflexion und wird so aus dem Strahlengang ausgeschieden. Eine andere Methode zur Erzeugung von polarisiertem Licht funktioniert mit dichroitischen Folien, in denen der ordentliche Strahl vollständig absorbiert wird, während der außerordentliche Strahl nur leicht geschwächt passieren kann.

Im Polarimeter (Abb. 3) gelangt das aus dem Polarisator P kommende linear polarisierte Licht in das Rohr R , welches mit der optisch aktiven Lösung gefüllt ist. Diese dreht die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtes um einen Winkel δ , der proportional zur Konzentration c und proportional zur durchstrahlten Schichtdicke l ist. Für jede optisch aktive Lösung ist daher das Verhältnis

$$\frac{\delta}{l \cdot c} = \Delta_{\lambda, T} \quad (1)$$

eine charakteristische Stoffkonstante, die spezifisches Drehvermögen genannt wird und von der Wellenlänge λ des eingestrahltten Lichtes sowie von der Temperatur T abhängt.

Im Fall fester Stoffe ist die Konzentration c der Moleküle eine Stoffkonstante, so dass für feste optisch aktive Substanzen gilt:

$$\delta = \Delta_{\lambda, T} \cdot \ell \quad (2)$$

Die Bestimmung des Drehwinkels δ beruht darauf, dass ein zweites polarisierendes Element, der Analysator A , nur diejenige Komponente linear polarisierten Lichtes durchlässt, die in seiner Schwingungsebene liegt. Ist folglich die Schwingungsebene des Analysators um φ gegenüber der des eintretenden linear polarisierten Lichtes gedreht, so kommt aus dem Analysator linear polarisiertes Licht mit der Komponente

$$E' = E \cdot \cos \varphi \quad (\text{siehe Abb.2})$$

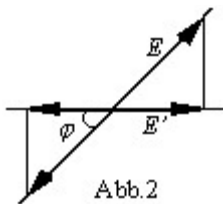


Abb.2

Mit $\varphi = 90^\circ$ wäre also $E' = 0$, d. h. ohne optisch aktive Substanz zwischen dem Polarisator P und dem Analysator A ist das Gesichtsfeld des Beobachters B dunkel, wenn die Schwingungsebene des Analysators gegenüber der des Polarisators um $\varphi=90^\circ$ gedreht ist (gekreuzte Polarisatoren). Optisch aktive Substanzen bestehen aus asymmetrisch aufgebauten Molekülen, die je nach der Reihenfolge ihrer Liganden im Molekül die Schwingungsebene linear polarisierten Lichtes nach links oder nach rechts drehen. Dabei wird der Drehsinn von B aus betrachtet festgelegt

Durchführung:

Im Prinzip wird zunächst der Analysator A ohne optisch aktive Substanz im Polarimeter in die zum Polarisator P gekreuzte Stellung gebracht. Danach legt man das mit der optisch aktiven Substanz gefüllte Rohr R in den Apparat. Die Lösung dreht die Schwingungsebene des aus dem Polarisator kommenden linear polarisierten Lichtes, so dass sich das Gesichtsfeld aufhellt. Zur Bestimmung des Drehwinkels δ wird der Analysator A im Drehsinn der optisch aktiven Lösung gedreht, bis das Gesichtsfeld wieder vollkommen dunkel erscheint.

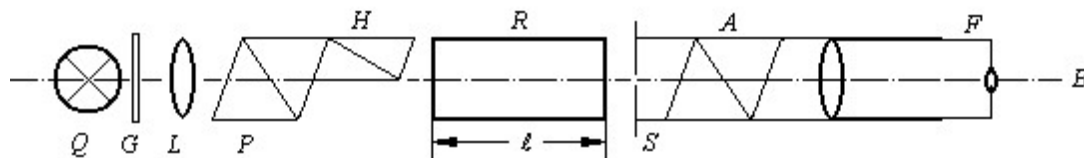


Abb.3

Um diese beiden Stellungen des Analysators möglichst genau bestimmen zu können, ist im Polarisationsapparat ein drittes NICOLSches Prisma H als sog. Halbschatteneinrichtung zwischen dem Polarisator P und dem Rohr R angebracht (Abb.3). Es teilt das Gesichtsfeld des Beobachtungsfernrohrs F in zwei Hälften. Gegenüber dem Polarisator ist die Schwingungsebene dieses Hilfs-NICOLS geringfügig gedreht. Stellt man den Analysator so ein, dass seine Schwingungsebene zu der des Polarisators oder zu der des Hilfs-NICOLS gekreuzt ist, erscheint eine der beiden Gesichtsfeldhälften dunkel und die andere aufgehellt. Zwischen diesen beiden Stellungen des Analysators findet man eine dritte mit gleicher, abgeschwächter Helligkeit beider Gesichtsfeldhälften, so dass die Gesichtsfeldtrennlinie verschwindet. Weil das Auge darauf besonders empfindlich reagiert, wird diese sog. Halbschatteneinstellung zur Bestimmung des Drehwinkels δ herangezogen.

Das zur Messung erforderliche monochromatische Licht kann entweder mit einer Halogenlichtquelle Q mit vorgesetztem Farbfilter G hergestellt werden. Hier sollten jedoch (die moderneren) LED-Leuchten verwendet werden, die entsprechend ihrer Funktionsweise annähernd monochromatisches Licht erzeugen, und die ganz nebenbei eine bequeme Helligkeitsregulierung per Dimmerschaltung erlauben.

Das Fernrohr F ist auf die von H hervorgerufene Gesichtsfeldtrennlinie scharf einzustellen. Nun wird der Analysator A so gedreht, dass beide Gesichtsfeldhälften mit gleicher abgeschwächter Helligkeit erscheinen. Diese Halbschatteneinstellung ist der Nullpunkt für die Messungen. Sein Mittelwert $\bar{\alpha}_0$ wird aus mindestens 10 immer wieder neu ausgeführten Einstellungen der Halbschattenlage bestimmt.

Zu 1.): (verwende gelbes Licht: $\lambda=590nm$) Eines der mit Rohrzuckerlösung gefüllten Rohre wird in die Rinne des Polarimeters eingesetzt, der Deckel des Polarimetergehäuses wieder geschlossen und das Fernrohr erneut auf die Gesichtsfeldtrennlinie scharf eingestellt. Man dreht nun den Analysator in die neue Halbschattenstellung α und bildet aus 10 Einstellungen den Mittelwert $\bar{\alpha}$.

Mit $\delta = \bar{\alpha} - \bar{\alpha}_0$ lässt sich aus der Beziehung (1) die Konzentration der Lösung ermitteln.

Mit dem zweiten Rohr, das die gleiche Lösung mit derselben Konzentration enthält, ist die Proportionalität zwischen δ und l nachzuweisen.

Zu 2.): Für jede der vier verfügbaren Wellenlängen ist die von einer Quarzplatte I verursachte Drehung δ mit Hilfe der entsprechenden Halbschatteneinstellungen zu bestimmen. Für δ gilt allgemein:

$$\delta = (\alpha - \alpha_0) + z \cdot 180^\circ, \quad (3)$$

wobei z eine ganze Zahl (≥ 0) ist, da mit diesem Polarimeter z. B. die Drehwinkel 20° und 200° nicht unterschieden werden können. Dieselben Messungen sind mit der zweiten Quarzplatte II durchzuführen.

Aus

$$\frac{\delta_I}{\delta_{II}} = \frac{\ell_I}{\ell_{II}} \quad (4)$$

lässt sich z_I und z_{II} ermitteln, wenn man mit $z=0$ beginnend probiert.

Die grafische Darstellung von

$$\delta = f(\lambda) \quad (5)$$

ist die gesuchte Rotationsdispersionskurve.

Angaben:

Rohrzuckerlösung

$$\Delta_{\lambda,r} = 6,64^\circ \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$$

bei $\lambda = 590 \text{nm}$

$$T = 293 \text{K}$$

Schichtdicken der Quarze

$$\ell_I = 3,98 \text{mm}$$

$$\ell_{II} = 5,98 \text{mm}$$

Länge der Rohre

$$\ell_1 = 10 \text{cm}$$

$$\ell_2 = 20 \text{cm}$$

Wellenlängen der LEDs / (Filter)

rot: $\lambda = 625 \text{nm}$ / ($\lambda = 650 \text{nm}$)

gelb: $\lambda = 590 \text{nm}$ / ($\lambda = 590 \text{nm}$)

grün: $\lambda = 520 \text{nm}$ / ($\lambda = 530 \text{nm}$)

blau: $\lambda = 465 \text{nm}$ / ($\lambda = 480 \text{nm}$)

Für diesen Versuch benötigen Sie Millimeterpapier!

Literatur:

Standardlehrbücher der Experimentalphysik.

