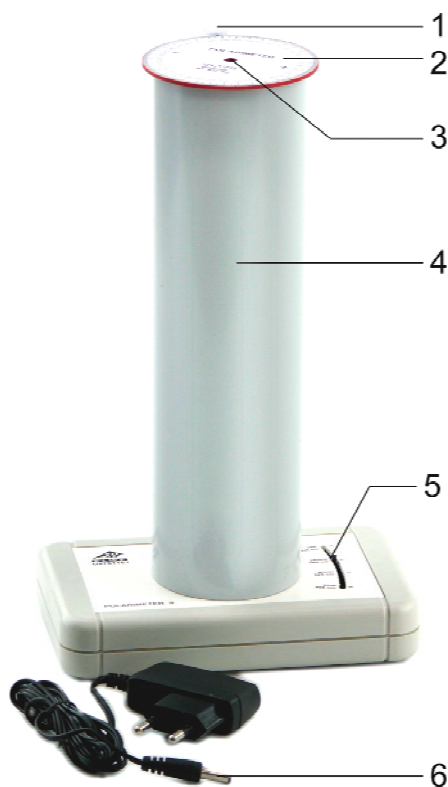


## Polarimeter mit 4 LED U8761161

### Bedienungsanleitung

06/08 THL/ALF



- 1 Feststehender Zeiger
- 2 Analysator
- 3 Sichtöffnung
- 4 Messkammer mit Messzylinder und Polarisator
- 5 LED-Umschalter
- 6 Steckernetzgerät

#### 1. Sicherheitsnweise

- Direktes Hineinblicken in die geöffnete Messkammer auf die hell leuchtenden LED's vermeiden.
- Das Gerät nur mit dem zugehörigen Steckernetzgerät 12V DC betreiben.
- Bei sichtbaren äußeren Schäden des Netzgerätes oder des Polarimeters ist ein weiterer Betrieb unzulässig.

#### 2. Beschreibung

Das Polarimeter mit 4 LED dient zur Bestimmung des Drehwinkels und der Drehrichtung von polarisiertem Licht durch eine optisch aktive Substanz in Abhängigkeit der Wellenlänge, der Probendicke und der Probenkonzentration.

Das Polarimeter ist mit einer Beleuchtungseinrichtung aus vier monochromatischen Leuchtdioden bestückt. Das von der eingeschalteten Leuchtdiode ausgehende Licht wird von einem Polarisator, der sich unter der Aufnahme für den Messzylinder in der Messkammer befindet, linear polarisiert.

Im Analysator befindet sich ein zweiter Polarisationsfilter, dessen Ausrichtung um  $90^\circ$  zum Polarisator versetzt ist, wenn die Skala auf  $0^\circ$  ( $360^\circ$ ) ausgerichtet ist. In dieser Position ist, ohne optisch aktive Substanz in der Messkammer, ein Minimum der Leuchtstärke wahrnehmbar.

Eine optisch aktive Substanz im Messzylinder verändert rechts- oder linksdrehend die Polarisationssebene, was sich durch Zunahme der Helligkeit äußert. Durch Nachstellen des Analysators wird die Helligkeit wieder minimiert. Unter dem feststehenden Zeiger ist ein Winkelwert ablesbar, der dem Drehwinkel der Polarisationssebene entspricht.

### 3. Lieferumfang

- 1 Polarisimeter-Grundgerät
- 1 Analysatorscheibe
- 1 Messzylinder
- 1 Steckernetzgerät
- 1 US-Steckeradapter (nur bei U8761161-115)

### 4. Technische Daten

Wellenlängen:	630 nm (rot) 580 nm (gelb) 525 nm (grün) 468 nm (blau)
Abmessungen:	ca. 110 x 190 x 320 mm <sup>3</sup>
Masse:	ca. 1 kg

Das Polarisimeter U8761161-115 ist für eine Netzspannung von 115 V ( $\pm 10\%$ ) ausgelegt, U8761161-230 für 230 V ( $\pm 10\%$ ).

### 5. Bedienung

- Analysatorscheibe von der Messkammer abnehmen.
- Messzylinder heraus nehmen und mit der Probe flüssigkeit befüllen. Danach unbedingt den Messzylinder trocken wischen, so dass sich keine Flüssigkeitsrückstände außen am Messzylinder befinden.
- Den Messzylinder in die Messkammer stellen. Dabei darauf achten, dass keine Flüssigkeit verschüttet wird und in die Messkammer gelangt.
- Analysatorscheibe wieder aufsetzen und so drehen, dass der Zeiger auf der  $360^\circ$ -Position steht.
- Stromversorgung über Steckernetzgerät herstellen.
- Lichtwellenlänge durch Verschieben des LED-Umschalters wählen.

Die Messung des Polarisationswinkels der optisch aktiven Substanz erfolgt durch feinfühliges Drehen des Analysators unter Beobachtung des Leuchtpunktes durch die Sichtöffnung.

Der Einstellwert ist erreicht, wenn die Helligkeit ein Minimum erreicht hat.

Rechtsdrehend ist eine Substanz, die das polarisierte Licht im Uhrzeigersinn dreht. Zur Kennzeichnung der optischen Aktivität solcher Substanzen benutzt man das Zeichen (+). Die Differenz aus  $360^\circ$  und dem ablesbaren Winkel entspricht dem Drehwinkel der Polarisationssebene.

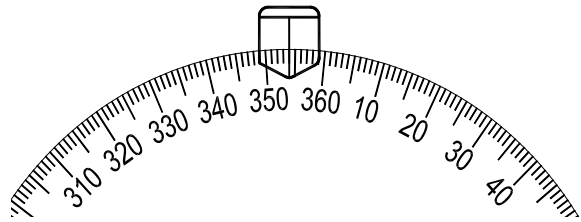


Fig.1 Beispiel für eine rechtsdrehende Substanz (+6°)

Links drehend ist eine Substanz, die das polarisierte Licht gegen den Uhrzeigersinn dreht. Zur Kennzeichnung der optischen Aktivität solcher Substanzen benutzt man das Zeichen (-). Der Winkel einer linksdrehenden Substanz wird direkt abgelesen.

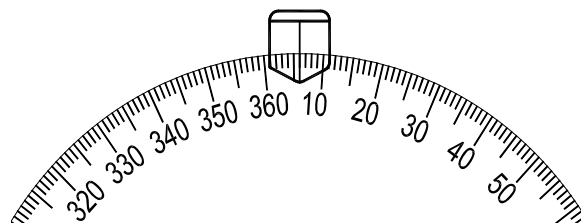


Fig.2 Beispiel für eine linksdrehende Substanz (-6°)

### 6. Versuchsbeispiele

#### 6.1 Messung der optischen Aktivität einer Saccharoselösung in Abhängigkeit der Konzentration, der Schichtdicke und der Farbe des Lichts

- Zuckerlösung (10 g in 100 ml) herstellen. Dazu 10 g Zucker abwiegen, in ca. 60 cm<sup>3</sup> destilliertem Wasser auflösen und im Messzylinder auf 100 cm<sup>3</sup> auffüllen.
- Schichtdicke abmessen und Messzylinder in die Messkammer einsetzen.

#### Hinweis:

100 ml Flüssigkeit im Messzylinder entsprechen einer Schichtdicke von 1,9 dm, 75 ml – 1,43 dm, 50 ml – 0,96 dm und 25 ml – 0,44 dm.

- Drehwinkel für die verschiedenen LEDs messen.

- Im nächsten Schritt bei gleicher Konzentration Schichtdicke auf 1,43 dm (75 ml) verringern und die Messung wiederholen.
- Weitere Messungen mit Schichtdicken von 0,96 dm (50 ml) und 0,44 dm (25 ml) durchführen.
- Anschließend Zuckerlösungen (20 g, 30 g und 40 g in 100 ml) herstellen und analog zur ersten Messreihe Drehwinkel messen.
- Werte in einer Tabelle erfassen und den Drehwinkel in Abhängigkeit der Konzentration und der Schichtdicke für jede Farbe grafisch darstellen.

## 6.2 Bestimmung des spezifischen Drehwinkels von Saccharose

Der spezifische Drehwinkel  $[\alpha]$  ist eine Stoffkonstante und ergibt sich aus folgender Gleichung bei bekannter Wellenlänge des Lichts  $\lambda$  und Temperatur  $T$ :

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{c \cdot l} \quad (1)$$

$\alpha$  = gemessener Drehwinkel

$c$  = Konzentration  $c$  des gelösten Stoffes

$l$  = Schichtdicke der Lösung

Literaturangaben beziehen sich meistens auf die gelbe Natrium D-Linie ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) und eine Temperatur von  $20^\circ \text{C}$ .

- Zuckerlösung (50 g in 100 ml) herstellen. Dazu 50 g Zucker abwiegen, in ca.  $60 \text{ cm}^3$  destilliertem Wasser auflösen und im Messzylinder auf  $100 \text{ cm}^3$  auffüllen.
- Schichtdicke abmessen und Messzylinder in die Messkammer einsetzen.
- Drehwinkel bei gelbem Licht bestimmen.
- Spezifischen Drehwinkel nach Gleichung 1 errechnen und mit Literaturwert vergleichen.

Literaturwerte für spezifische Drehwinkel  $[\alpha]_D^{20}$

Saccharose  $+66,5^\circ$ , D-Glucose  $+52,7^\circ$ , D-Fructose

$-92,4^\circ$ . (Werte aus Aebi, Einführung in die praktische Biochemie, Karger 1982)

## 6.3 Inversion von Saccharose

Mit Säure lässt sich Saccharose in D-Glucose und D-Fructose spalten, dabei werden beide Bestandteile in gleichen Maßen frei. Die Rechtsdrehung wird geringer bis der Drehwinkel schließlich negativ wird. Diesen Vorgang nennt man Inversion. Das Glucose-Fructose-Gemisch heißt deshalb Invertzucker und ist z.B. ein Bestandteil von Honig.

- Zuckerlösung (30 g in 100 ml) herstellen. Dazu 30 g Zucker abwiegen, in ca.  $60 \text{ cm}^3$  destilliertem Wasser ( $50^\circ \text{C}$ ) auflösen.
- Vorsichtig (Schutzbrille) 15 ml 25 %ige Salzsäure hinzufügen.
- Lösung im Messzylinder auf  $100 \text{ cm}^3$  auffüllen und in die Messkammer stellen.
- Sofort eine Stoppuhr in Gang setzen und den Drehwinkel bestimmen.
- In Abständen von 5 Minuten erneut den Drehwinkel messen und alle Messwerte in einer Tabelle notieren.
- Nach 30 Minuten die Messreihe beenden und die Inversionskurve zeichnen.

## 6.4 Konzentrationsmessung bei bekanntem spezifischen Drehwinkel am Beispiel Rohrzucker in Cola

- Messzylinder mit 100 ml Cola befüllen.
- Drehwinkel und Drehsinn mit Hilfe der gelben Diode bestimmen.
- Zuckergehalt durch Umstellung der Gleichung 1 errechnen.

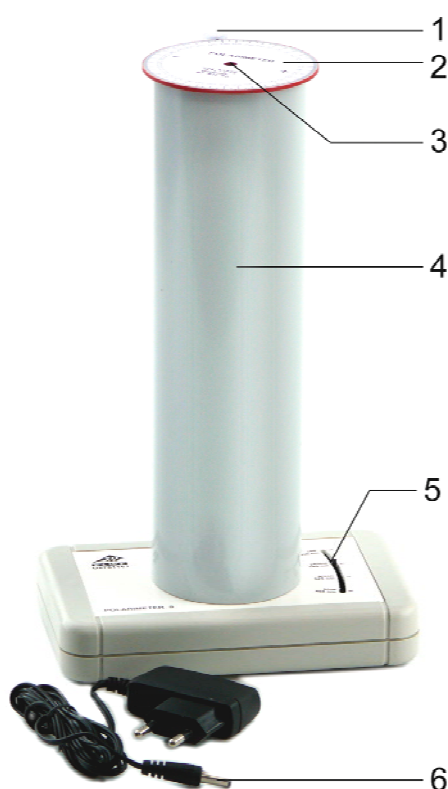
$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l} \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right] \quad (2)$$



## Polarimeter with 4 LEDs U8761161

### Instruction Sheet

06/08 THL/ALF



- 1 Fixed pointer
- 2 Analyser
- 3 Viewing hole
- 4 Measurement chamber with cylindrical sample cell and polariser
- 5 LED selector switch
- 6 Mains adapter

#### 1. Safety instructions

- Do not look into the fully opened measurement chamber at the LEDs when they are brightly lit.
- Only use the instrument with the 12V DC mains adapter supplied.
- If there is any visible damage to the polarimeter or the mains adapter, the instrument must not be used.

#### 2. Description

The polarimeter with 4 LEDs is used for determining the angle and direction of rotation of polarised light transmitted by an optically active substance, and measuring its dependence on the wavelength, sample thickness and sample concentration.

The instrument is illuminated by a system consisting of four monochromatic light-emitting diodes (LEDs). The light emitted from the active LED undergoes linear polarisation by a polariser placed below the entry window of the cylindrical sample cell in the measurement chamber.

The analyser contains a second polarising filter with its polarisation axis at a variable angle to that of the polariser. The angle is  $90^\circ$  when the rotating scale is set to  $0^\circ$  ( $= 360^\circ$ ). In this position, if there is no optically active substance in the measurement chamber, the transmitted light intensity will be at a minimum.

If an optically active substance is then put into the sample cell, it rotates the plane of polarisation either clockwise or anti-clockwise, causing an increase in the transmitted light intensity (brightness). By re-positioning the analyser, the light intensity can be brought back to its minimum. The angle that is then read off below the fixed pointer is the angle through which the plane of polarisation has been rotated by the sample.

### 3. Equipment supplied

- 1 Polarimeter basic instrument
- 1 Analyser disc
- 1 Sample cell
- 1 Mains adapter
- 1 US mains adapter (only with U8761161-115)

### 4. Technical data

Wavelengths:	630 nm (red) 580 nm (yellow) 525 nm (green) 468 nm (blue)
Dimensions:	110×190×320 mm <sup>3</sup> approx.
Weight:	1 kg approx.

The polarimeter U8761161-230 is designed for a mains voltage of 230 V ( $\pm 10\%$ ), whereas U8761161-115 is for 115 V ( $\pm 10\%$ ).

### 5. Operation

- Lift the analyser disc from the measurement chamber.
- Take out the cylindrical sample cell and fill it with the liquid sample. It is important to carefully wipe the cell dry, ensuring that no liquid remains on the outside surface.
- Place the sample cell in the measurement chamber, taking care that no liquid is allowed to spill and escape into other parts of the measurement chamber.
- Replace the analyser disc and rotate it so that the pointer is at the  $360^\circ$  position.
- Connect the mains adapter and supply power to the instrument.

- Set the LED selector switch to give the desired wavelength of light.

To measure the angle of rotation of the plane of polarisation transmitted via the optically active sample, look at the spot of light through the viewing hole and rotate the disc so that the brightness is reduced. Adjust it carefully to find the position where the brightness is at a minimum and read the pointer.

A substance that rotates the plane of polarisation of light in the clockwise direction is described as dextro-rotatory. The optical activity of such substances is indicated by the sign (+). The difference between the  $360^\circ$  mark and the angle that one reads on the scale corresponds to the angle by which the plane of polarisation has been rotated.

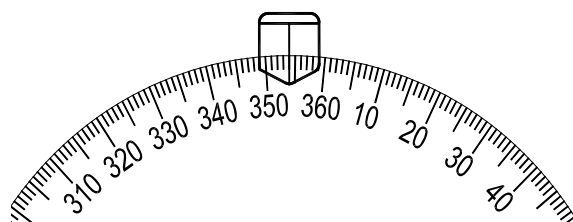


Fig.1 Example of a scale reading for a dextro-rotatory substance ( $+6^\circ$ )

A substance that rotates the plane of polarisation of light in the anti-clockwise direction is described as laevo-rotatory. The optical activity of such substances is indicated by the sign (-). For a laevo-rotatory substance the angle of rotation can be read directly off the scale.

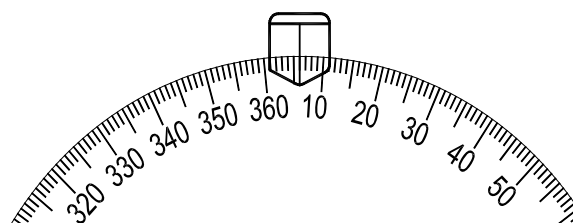


Fig.2 Example of a scale reading for a laevo-rotatory substance ( $-6^\circ$ )

### 6. Sample experiments

#### 6.1 Measure the optical activity of a saccharose solution as a function of the concentration, the sample thickness, and the colour of the light

- Prepare a sugar solution (10 g in 100 ml), by weighing out 10 g of ordinary sugar, dissolving it in about 60 cm<sup>3</sup> of distilled water, and making the volume up to 100 cm<sup>3</sup> in the cylindrical sample cell.

- Measure the sample thickness and place the sample cell in the measurement chamber.

**Note:**

100 ml of liquid in the sample cell corresponds to a sample thickness of 1.9 dm, 75 ml to 1.43 dm, 50 ml to 0.96 dm, and 25 ml to 0.44 dm.

- Measure the angle of rotation for each of the different LEDs.
- In the next step, keep the concentration the same but reduce the sample thickness to 1.43 dm (75 ml) and repeat the measurement.
- Make further measurements with sample thicknesses of 0.96 dm (50 ml) and 0.44 dm (25 ml).
- Finally, prepare sugar solutions of higher concentrations (20 g, 30 g and 40 g in 100 ml) and measure the angles of rotation in the same way as in the first series.
- Set out the results in a table and plot graphs of the angle of rotation as a function of concentration and sample thickness for each light colour.

### 6.2 Determine the specific rotation of saccharose

The specific rotation  $[\alpha]$  is a constant for any given substance, and for a given light wavelength  $\lambda$  and temperature  $T$  it is defined by the equation:

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{c \cdot l} \quad (1)$$

$\alpha$  = observed angle of rotation

$c$  = concentration of the dissolved substance

$l$  = thickness of the sample solution.

Values given in the literature are usually those for the yellow D line of sodium ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) at a temperature of 20 °C.

- Prepare the sugar solution (50 g in 100 ml), by weighing out 50 g of sugar, dissolving it in about 60 cm<sup>3</sup> of distilled water, and making the volume up to 100 cm<sup>3</sup> in the cylindrical sample cell.
- Measure the sample thickness and place the sample cell in the measurement chamber.
- Measure the angle of rotation with yellow light.
- Calculate the specific rotation using Equation 1 and compare it with the quoted value.

Quoted values  $[\alpha]_D^{20}$  for specific rotation:

Saccharose +66.5°

D-glucose +52.7°

D-fructose -92.4°

(Values from Aebi, *Einführung in die praktische Biochemie [Introduction to Practical Biochemistry]*, Karger 1982.)

### 6.3 Inversion of saccharose

Acids cause saccharose to split into D-glucose and D-fructose, releasing the two components in equal quantities. During this process the dextro-rotation is steadily reduced until finally the angle of rotation becomes negative (anti-clockwise). This phenomenon is called inversion. The resulting glucose/fructose mixture is therefore called invert sugar, and is a constituent of some food products, such as synthetic honey.

- Start to prepare a sugar solution (30 g in 100 ml), by first weighing out 30 g of sugar and dissolving it in about 60 cm<sup>3</sup> of distilled water (50° C).
- Carefully (wearing safety goggles) add 15 ml of 25% hydrochloric acid.
- Make up the volume to 100 cm<sup>3</sup> in the sample cell and place it in the measurement chamber.
- Immediately start a stop-watch and measure the angle of rotation.
- Repeat the measurement of the angle of rotation at intervals of 5 minutes and compile all the results in a table.
- After 30 minutes, bring your series of measurements to an end and plot the inversion curve.

### 6.4 Measure the concentration of a substance of known specific rotation - example: cane sugar in cola

- Fill the sample cell with 100 ml of cola.
- Using the yellow LED, determine the angle of rotation and its direction.
- Calculate the sugar content using the following equation obtained by rearrangement of Equation 1:

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l} \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$$





## Polarimètre à 4 LED U8761161

### Instructions d'utilisation

06/08 THL/ALF



- 1 Pointeur fixe
- 2 Analyseur
- 3 Ouverture
- 4 Chambre de mesure avec cylindre de mesure et polariseur
- 5 Inversion LED
- 6 Alimentation secteur

#### 1. Consignes de sécurité

- Évitez de regarder directement les LED brillantes dans la chambre de mesure ouverte.
- N'exploitez l'appareil qu'avec l'alimentation secteur correspondante de 12 V CC.
- Si l'alimentation ou le polarimètre présentent un dommage apparent, mettez l'appareil immédiatement hors service.

#### 2. Description

Le polarimètre à 4 LED permet de déterminer l'angle et le sens de rotation de la lumière polarisée à travers une substance optiquement active en fonction de la longueur d'onde, de l'épaisseur et la concentration de l'échantillon.

Le polarimètre est équipé d'un dispositif d'éclairage constitué de quatre diodes lumineuses monochromatiques. La lumière émise par la diode lumineuse allumée est polarisée de manière linéaire par un polariseur qui se trouve dans la chambre de mesure sous le logement pour le cylindre de mesure.

L'analyseur contient un second filtre de polarisation dont l'orientation est décalée de  $90^\circ$  dans le sens du polariseur lorsque la graduation est réglée sur  $0^\circ$  ( $360^\circ$ ). Dans cette position, sans la substance optiquement active dans la chambre de mesure, un minimum d'intensité lumineuse est perceptible.

Une substance optiquement active dans le cylindre de mesure modifie la rotation à droite ou à gauche du plan de polarisation, ce qui se traduit par une augmentation de la luminosité. Un ajustage de l'analyseur réduit à nouveau la luminosité. Sous le pointeur fixe, on peut lire l'angle qui correspond à l'angle de rotation du plan de polarisation.

### 3. Matériel fourni

- 1 polarimètre de base
- 1 disque d'analyseur
- 1 cylindre de mesure
- 1 alimentation secteur
- 1 adaptateur enfichable US (uniquement pour U8761161-115)

### 4. Caractéristiques techniques

- Longueurs d'onde : 630 nm (rouge)  
580 nm (jaune)  
525 nm (vert)  
468 nm (bleu)
- Dimensions : env. 110x190x320 mm<sup>3</sup>
- Masse : env. 1 kg
- Le polarimètre U8761161-115 est conçu pour une tension secteur de 115 V ( $\pm 10\%$ ), le U8761161-230 pour 230 V ( $\pm 10\%$ ).

### 5. Manipulation

- Retirez le disque d'analyseur de la chambre de mesure.
- Retirez le cylindre de mesure et remplissez-le du liquide d'essai. Ensuite, séchez impérativement le cylindre de mesure en l'essuyant, de sorte qu'il ne présente plus aucun résidu de liquide.
- Placez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure. Veillez à ce que le liquide ne soit pas renversé ni ne pénètre dans la chambre de mesure.
- Remettez le disque d'analyseur et tournez-le de sorte que le pointeur soit en position  $360^\circ$ .
- Établissez l'alimentation électrique avec l'alimentation secteur.
- Sélectionnez la longueur d'onde lumineuse en déplaçant l'inverseur LED.

Mesurez l'angle de polarisation de la substance optiquement active en tournant très doucement l'analyseur, tout en observant le point lumineux à travers l'ouverture.

La valeur de réglage est atteinte lorsque la luminosité a atteint son degré minimum.

Dans le sens de rotation à droite, une substance tourne la lumière polarisée dans le sens des aiguilles d'une montre. Pour identifier l'activité optique de telles substances, on utilise le signe (+). La différence entre  $360^\circ$  et l'angle sur la graduation correspond à l'angle de rotation du plan de polarisation.

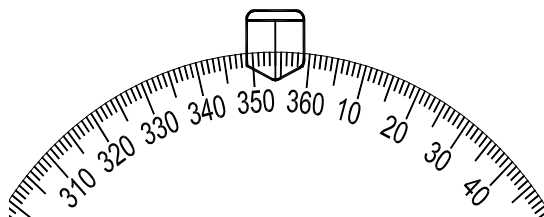


Fig.1 Exemple d'une substance tournant à droite ( $+6^\circ$ )

Dans le sens de rotation à gauche, une substance tourne la lumière polarisée dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Pour identifier l'activité optique de telles substances, on utilise le signe (-). L'angle d'une substance à rotation à gauche est lu directement sur la graduation.

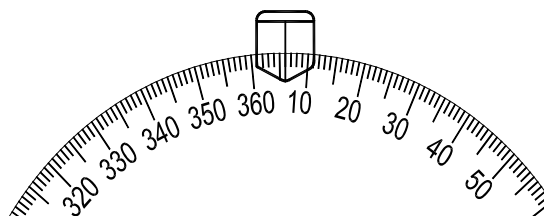


Fig. 2 Exemple d'une substance tournant à gauche ( $-6^\circ$ )

### 6. Exemples d'expériences

#### 6.1 Mesure de l'activité optique d'une solution de saccharose en fonction de la concentration, de l'épaisseur de couche et de la couleur de la lumière

- Préparez une solution de saccharose (10 g dans 100 ml). Dosez 10 g de sucre que vous dissolvez dans env. 60 cm<sup>3</sup> d'eau distillée et remplissez à 100 cm<sup>3</sup> dans le cylindre de mesure.
- Mesurez l'épaisseur de couche et placez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure.

#### Note :

100 ml de liquide dans le cylindre de mesure correspondent à une épaisseur de couche de 1,9 dm, 75 ml – 1,43 dm, 50 ml – 0,96 dm et 25 ml – 0,44 dm.

- Mesurez l'angle de rotation pour les différentes LED.
- Ensuite, à concentration identique, réduisez l'épaisseur de couche à 1,43 dm (75 ml) et répétez la mesure.
- Effectuez de nouvelles mesures avec des épaisseurs de 0,96 dm (50 ml) et 0,44 dm (25 ml).
- Puis, préparez des solutions de sucre (20 g, 30 g et 40 g dans 100 ml) et mesurez l'angle de rotation comme pour la première série de mesures.
- Saisissez les valeurs dans un tableau (voir tableau 1) et représentez l'angle de rotation pour chaque couleur sous forme graphique en fonction de la concentration et de l'épaisseur de couche.

## 6.2 Détermination de l'angle de rotation spécifique du saccharose

L'angle de rotation spécifique  $[\alpha]$  est une constante résultant de l'équation suivante, la longueur d'onde de la lumière  $\lambda$  et la température  $T$  étant connues :

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{c \cdot l} \quad (1)$$

$\alpha$  = angle de rotation mesuré

$c$  = concentration de la substance dissoute

$l$  = épaisseur de couche de la solution

Dans la littérature, les valeurs se réfèrent généralement au sodium jaune de la ligne D ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) et une température de 20 °C.

- Préparez une solution de saccharose (50 g dans 100 ml). Dosez 10 g de sucre que vous dissolvez dans env. 60 cm<sup>3</sup> d'eau distillée et remplissez à 100 cm<sup>3</sup> dans le cylindre de mesure.
- Mesurez l'épaisseur de couche et placez le cylindre de mesure dans la chambre de mesure.
- Déterminez l'angle de rotation à la lumière jaune.
- Calculez l'angle de rotation spécifique selon l'équation 1 et comparez le résultat à ceux qu'on trouve dans la littérature.

Valeurs de littérature pour l'angle de rotation spécifique  $[\alpha]_D^{20}$

Saccharose +66,5°, glucose D +52,7°, fructose D - 92,4° (Aebi, Introduction à la biochimie pratique, Karger 1982).

## 6.3 Inversion de saccharose

Avec de l'acide, on peut décomposer le saccharose en glucose D et fructose D, les deux composants étant libérés en quantités égales. La rotation à droite est plus faible jusqu'à ce que l'angle de rotation devienne négatif. On appelle cette opération une inversion. Appelé sucre interverti, le mélange de glucose et de fructose est un composant par exemple du miel artificiel.

- Préparez une solution de saccharose (30 g dans 100 ml). Dosez 30 g de sucre que vous dissolvez dans env. 60 cm<sup>3</sup> d'eau distillée (50 °C).
- Ajoutez prudemment (lunettes de protection) 15 ml d'acide chlorhydrique à 25%.
- Remplissez la solution à 100 cm<sup>3</sup> dans le cylindre de mesure et placez-le dans la chambre de mesure.
- Déclenchez immédiatement un chronomètre et déterminez l'angle de rotation.
- Mesurez l'angle de rotation à intervalles de cinq minutes et notez toutes les mesures dans un tableau.
- Après trente minutes, concluez la série de mesures et dessinez la courbe d'inversion.

## 6.4 Mesure de concentration avec un angle de rotation spécifique connu à l'exemple du sucre de canne dans du coca

- Remplissez le cylindre de mesure avec 100 ml de coca.
- Déterminez l'angle et le sens de rotation à l'aide de la diode jaune.
- Calculez la teneur en sucre en inversant l'équation 1.

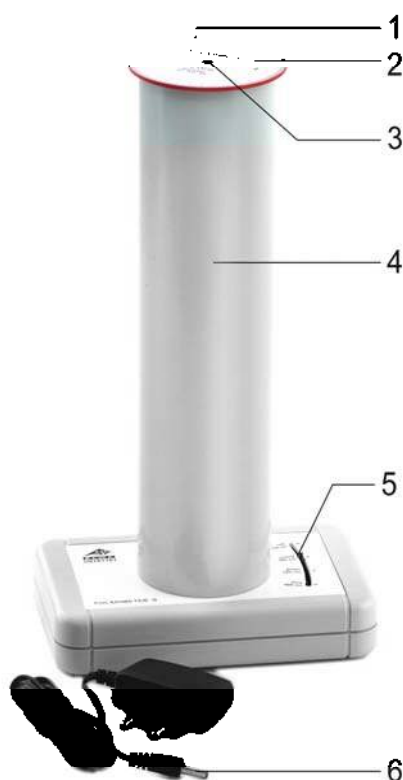
$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l} \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$$



## Polarimetro con 4 LED U8761161

### Istruzioni per l'uso

06/08 THL/ALF



- 1 lancetta fissa
- 2 analizzatore
- 3 apertura
- 4 camera con cilindro graduato e polarizzatore
- 5 commutatore a LED
- 6 alimentatore a spina

#### 1. Indicazioni di sicurezza

- Evitare di guardare direttamente i LED a luce chiara che si trovano nella camera di misura aperta.
- Utilizzare l'apparecchio solo con l'alimentatore a spina corrispondente, da 12V DC.
- In caso di danni esterni visibili dell'alimentatore o del polarimetro, non proseguire il funzionamento.

#### 2. Descrizione

Il polarimetro a 4 LED serve per la determinazione dell'angolo e della direzione di rotazione della luce polarizzata attraverso una sostanza otticamente attiva in funzione della lunghezza d'onda, della densità del campione e della sua concentrazione.

Il polarimetro è dotato di un dispositivo di illuminazione costituito da quattro LED monocromatici. La luce che esce dal LED acceso viene polarizzata in modo lineare da un polarizzatore che si trova sotto l'attacco per il cilindro graduato nella camera di misura.

L'analizzatore contiene un secondo filtro di polarizzazione, il cui allineamento è spostato di 90°

rispetto al polarizzatore, quando la scala è allineata su 0° (360°). In questa posizione è percepibile il minimo d'intensità luminosa, senza sostanza ottica attiva nella camera di misura.

Una sostanza ottica attiva nel cilindro graduato modifica il livello di polarizzazione con rotazione a destra o a sinistra, cosa che si traduce in un aumento della luminosità. Regolando l'analizzatore, la luminosità si riduce di nuovo. Sotto la lancetta fissa è leggibile un valore angolare che corrisponde all'angolo di rotazione del livello di polarizzazione.

### 3. Fornitura

- 1 apparecchio di base per polarimetro
- 1 disco dell'analizzatore
- 1 cilindro graduato
- 1 alimentatore a spina
- 1 adattatore spina US (solo per U8761161-115)

### 4. Dati tecnici

Lunghezze d'onda:	630 nm (rosso) 580 nm (giallo) 525 nm (verde) 468 nm (blu)
Dimensioni:	ca. 110 x 190 x 320 mm <sup>3</sup>
Peso:	ca. 1 kg

Il polarimetro U8761161-115 è progettato per una tensione di rete di 115 V ( $\pm 10\%$ ), U8761161-230 per 230 V ( $\pm 10\%$ ).

### 5. Utilizzo

- Rimuovere il disco dell'analizzatore dalla camera di misura.
- Estrarre il cilindro graduato e riempirlo con liquido di prova. Quindi asciugare il cilindro graduato, affinché non rimangano residui di liquido all'esterno dello stesso.
- Introdurre il cilindro graduato nella camera di misura. Accertarsi che non fuoriesca liquido e che non penetri nella camera di misura.
- Riapplicare il disco dell'analizzatore e ruotarlo in modo che la lancetta indichi 360°.
- Fornire corrente mediante l'alimentatore a spina.
- Scegliere la lunghezza d'onda spostando il commutatore a LED.

La misurazione dell'angolo di polarizzazione della sostanza ottica attiva avviene mediante rotazione precisa dell'analizzatore, osservando il punto fluorescente dall'apposita apertura.

Il valore impostato si considera raggiunto quando la luminosità raggiunge il valore minimo.

Una sostanza è a rotazione destra quando ruota la luce polarizzata in senso orario. Per identificare l'attività ottica di tali sostanze si utilizza il segno (+). La differenza tra 360° e l'angolo leggibile corrisponde all'angolo di rotazione del livello di polarizzazione.

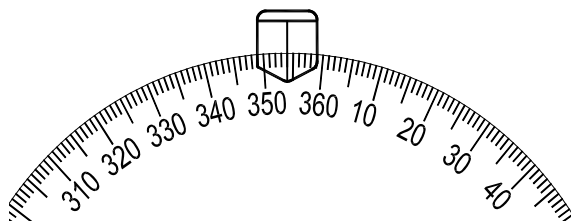


Fig. 1 esempio di una sostanza a rotazione destra (+6°)

Una sostanza è a rotazione sinistra quando ruota la luce polarizzata in senso antiorario. Per identificare l'attività ottica di tali sostanze si utilizza il segno (-). L'angolo di una sostanza a rotazione sinistra viene rilevato direttamente

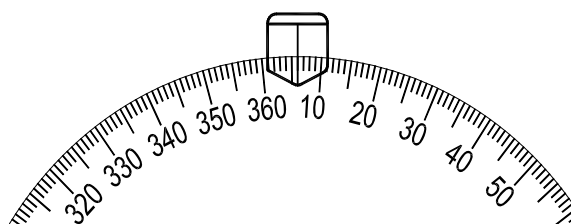


Fig. 2 Esempio di una sostanza a rotazione sinistra (-6°)

### 6. Esempi di esperimenti

#### 6.1 Misurazione dell'attività ottica di una soluzione di saccarosio in funzione della concentrazione, dello spessore dello strato e del colore della luce

- Preparare una soluzione zuccherina (10 g in 100 ml). Pesare a tale scopo 10 g di zucchero, scioglierlo in ca. 60 cm<sup>3</sup> di acqua distillata e introdurlo nel cilindro graduato fino a 100 cm<sup>3</sup>.
- Misurare lo spessore dello strato e inserire il cilindro graduato nella camera di misura.

#### Nota:

100 ml di liquido nel cilindro graduato corrispondono ad uno spessore dello strato di 1,9 dm, 75 ml – 1,43 dm, 50 ml – 0,96 dm e 25 ml – 0,44 dm.

- Misurare l'angolo di rotazione dei diversi LED.
- Nella fase successiva, ridurre, con la stessa concentrazione, lo spessore dello strato a 1,43 dm (75 ml) e ripetere la misurazione.

- Eseguire altre misurazioni con spessori dello strato di 0,96 dm (50 ml) e 0,44 dm (25 ml).
- Quindi preparare le soluzioni zuccherine (20 g, 30 g e 40 g in 100 ml) e misurare l'angolo di rotazione in modo analogo alla prima serie di misurazioni.
- Inserire i valori rilevati in una tabella e rappresentare graficamente per ogni colore l'angolo di rotazione in funzione della concentrazione e dello spessore dello strato.

## 6.2 Determinazione dell'angolo di rotazione specifico del saccarosio

L'angolo di rotazione specifico  $[\alpha]$  è una costante della sostanza e risulta dalla seguente equazione, con lunghezza d'onda nota della luce  $\lambda$  e temperatura  $T$ :

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{c \cdot l} \quad (1)$$

$\alpha$  = angolo di rotazione misurato

$c$  = concentrazione  $c$  della sostanza disciolta

$l$  = spessore dello strato della soluzione

I dati contenuti nella letteratura si riferiscono per la maggior parte alla linea D gialla del sodio ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) e ad una temperatura di 20°C.

- Preparare una soluzione zuccherina (50 g in 100 ml). Pesare a tale scopo 10 g di zucchero, scioglierlo in ca. 60 cm<sup>3</sup> di acqua distillata e introdurlo nel cilindro graduato fino a 100 cm<sup>3</sup>.
- Misurare lo spessore dello strato e inserire il cilindro graduato nella camera di misura.
- Determinare l'angolo di rotazione con luce gialla.
- Calcolare l'angolo di rotazione specifico in base all'equazione 1 e confrontarlo con il valore di letteratura.

Valori di letteratura per l'angolo di rotazione specifico  $[\alpha]_D^{20}$

Saccarosio +66,5°, D-glucosio D +52,7°, D-fruttosio -92,4°. (Valori estrapolati da Aebi, Einführung in die praktische Biochemie, Karger 1982)

## 6.3 Inversione di saccarosio

Mediante acido è possibile scindere il saccarosio in D-glucosio e D-fruttosio. Durante questa operazione, entrambi i componenti si liberano in ugual misura. La rotazione destra si riduce sino a che l'angolo di rotazione diventa negativo. Tale operazione viene definita inversione. La miscela di glucosio-fruttosio viene denominata pertanto zucchero invertito ed è ad es. un componente del miele artificiale.

- Preparare una soluzione zuccherina (30 g in 100 ml). Pesare a tale scopo 30 g di zucchero e scioglierlo in ca. 60 cm<sup>3</sup> di acqua distillata (50° C).
- Aggiungere con cautela (utilizzare occhiali di protezione) 15 ml di acido cloridrico al 25 %.
- Introdurre la soluzione nel cilindro graduato fino a 100 cm<sup>3</sup> e inserirlo nella camera di misura.
- Attivare immediatamente un cronometro e determinare l'angolo di rotazione.
- Ad intervalli di 5 minuti, misurare di nuovo l'angolo di rotazione e annotare tutti i valori misurati in una tabella.
- Dopo 30 minuti terminare la serie di misurazioni e disegnare la curva d'inversione.

## 6.4 Misurazione della concentrazione con un angolo di rotazione specifico sulla base dell'esempio del saccarosio nella Cola

- Riempire il cilindro graduato con 100 ml di Cola.
- Determinare l'angolo e la direzione di rotazione con l'ausilio del diodo giallo.
- Calcolare il contenuto di zucchero invertendo l'equazione 1.

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l} \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$$





## Polarímetro con 4 LEDs U8761161

### Instrucciones de uso

06/08 THL/ALF



- 1 Índice fijo
- 2 Analizador
- 3 Apertura de observación
- 4 Cámara de medida con probeta y polarizador
- 5 Conmutador de LEDs
- 6 Fuente de tensión enchufable

#### 1. Advertencias de seguridad

- Evite mirar directamente los LEDs de brillo intenso teniendo la cámara de medida abierta.
- Al trabajar con el aparato utilice sólo la correspondiente fuente de alimentación enchufable de 12V CC.
- An caso de daños externos visible en la fuente de alimentación o en el polarímetro, no es permitido continuar trabajando con el aparato.

#### 2. Descripción

El polarímetro sirve para la determinación del ángulo y la dirección de giro de luz polarizada linealmente al paso por una sustancia de actividad óptica, en dependencia con la longitud de onda, el espesor de la muestra y la concentración.

El polarímetro está dotado de un sistema de iluminación compuesto de cuatro diodos luminosos monocromáticos. La luz emitida por el diodo luminoso conectado es polarizada linealmente por un polarizador que se encuentra debajo del alojamiento para la probeta en la cámara de medida.

En el analizador se encuentra un segundo filtro de polarización, cuya orientación está desplazada  $90^\circ$  con respecto al polarizador cuando la escala se encuentra en  $0^\circ$  ( $360^\circ$ ). En esta posición y sin sustancia de actividad óptica en la cámara de medida se observa un mínimo de la intensidad luminosa.

Una sustancia de actividad óptica en la probeta cambia el plano de polarización ya sea con giro hacia la derecha o a la izquierda, lo cual se expresa como un aumento de la claridad. Ajustando ahora la posición del analizador se retorna nuevamente la claridad a un mínimo. Bajo el índice fijo se puede leer un valor de ángulo, éste corresponde al ángulo de rotación del plano de polarización.

### 3. Volumen de entrega

- 1 Aparato base - Polarímetro
- 1 Disco de analizador
- 1 Cilindro de medida
- 1 Fuente de alimentación enchufable
- 1 Adaptador de enchufe US (sólo en U8761161-115)

### 4. Datos técnicos

Longitudes de onda:	630 nm (rojo) 580 nm (amarillo) 525 nm (verde) 468 nm (azul)
Dimensiones:	aprox. 110x190x320 mm <sup>3</sup>
Masa:	aprox. 1 kg

El polarímetro U8761161-115 está diseñado para una tensión de red de 115 V ( $\pm 10\%$ ); U8761161-230 para 230 V ( $\pm 10\%$ ).

### 5. Manejo

- Se retira de la cámara el disco de analizador.
- Se saca la probeta y se llena con el líquido de muestra. Después se debe secar la probeta, de tal forma que no queden ningunos restos del líquido en la superficie externa de la misma.
- Se coloca la probeta en la cámara de medida, teniendo en cuenta de no derramar nada de líquido en la cámara.
- Se coloca nuevamente el disco analizador y se gira hasta que el índice se encuentre en la posición  $360^\circ$
- Se realiza el suministro de tensión por medio de la fuente de tensión enchufable.
- Se selecciona la longitud de onda desplazando el conmutador de LEDs.

La medición del ángulo de polarización de la sustan-

cia de actividad óptica se realiza girando el analizador finamente bajo la observación continua del punto luminoso a través del orificio de observación.

El valor de ajuste se ha logrado cuando la luminosidad ha llegado a un mínimo.

Una sustancia es de giro a la derecha cuando gira la luz polarizada en sentido de la manecillas del reloj. Para la caracterización de esta actividad óptica se utiliza el símbolo (+). La diferencia entre  $360^\circ$  y el ángulo leído corresponde al ángulo de giro del plano de polarización.

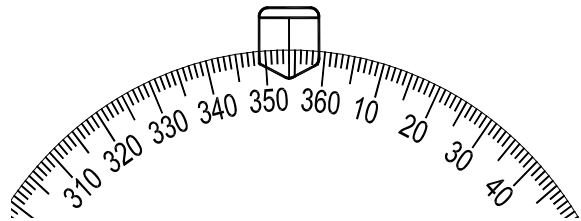


Fig.1 Ejemplo de una sustancia de giro a la derecha (+6)

Una sustancia es de giro a la izquierda cuando gira la luz polarizada en sentido contrario a las manecillas del reloj. Para la caracterización de esta actividad óptica se utiliza el símbolo (-). El ángulo de giro del plano de polarización de esta sustancia se lee directamente.

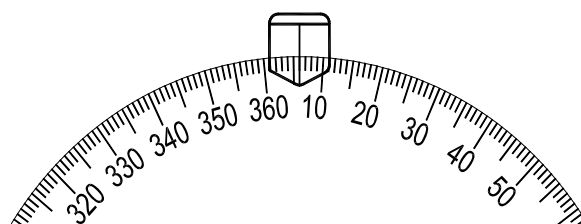


Fig.2 Ejemplo de una sustancia de giro a la izquierda ( $-6^\circ$ )

### 6. Ejemplos de experimentos

#### 6.1 Medición de la actividad óptica de una solución de sacarosa en dependencia con la concentración, el espesor de capa y del color de la luz

- Realice una solución de azúcar (10 g en 100 ml). Para ello disuelva 10 g de azúcar en aprox. 60 cm<sup>3</sup> de agua destilada y se completan en la probeta graduada hasta 100 cm<sup>3</sup>.
- Se mide el espesor de la capa y se coloca la probeta graduada en la cámara de medida.

#### Observación:

100 ml de líquido en la probeta graduada corresponden a un espesor de capa de 1,9 dm, 75 ml – 1,43 dm, 50 ml – 0,96 dm y 25 ml – 0,44 dm.

- Se miden los ángulos de giro para diferentes LEDs.
- En el siguiente paso, se reduce el espesor de capa a 1,43 dm (75 ml) y se repite la medición manteniendo la concentración constante durante la medición
- Se realizan otras mediciones con espesores de capa de 0,96 dm (50 ml) y 0,44 dm (25 ml).
- A continuación se realizan soluciones de azúcar (20 g, 30 g y 40 g en 100 ml) y se miden los ángulos de giro analógicamente a la primera serie de mediciones.
- Se recogen los valores en una tabla y se representan gráficamente los ángulos de giro en dependencia con la concentración, el espesor de capa y para cada color.

## 6.2 Determinación del ángulo de giro específico de la sacarosa

El ángulo de giro específico  $[\alpha]$  es una constante de la sustancia y se obtiene de la siguiente fórmula conociendo la longitud de onda de la luz  $\lambda$  y la temperatura T:

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{c \cdot l} \quad (1)$$

$\alpha$  = Ángulo de giro medido

$c$  = Concentración  $c$  de la sustancia diluida

$l$  = Espesor de la capa de solución

Datos bibliográficos se refieren frecuentemente a la línea amarilla D del sodio ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) y a una temperatura de 20 °C.

- Realice una solución de azúcar (50 g en 100 ml). Para ello, se pesan 50 g de azúcar y se diluyen en aprox. 60 cm<sup>3</sup> de agua destilada y en la probeta graduada se completan hasta 100 ml.
- Se mide el espesor de la capa y se coloca la probeta graduada en la cámara de medida.
- Determine el ángulo de giro con luz amarilla.
- Se calcula el ángulo de giro según la ecuación 1 y se compara con el valor bibliográfico.

Valores bibliográficos para el ángulo de giro  $[\alpha]_D^{20}$

Sacarosa +66,5°, Glucosa-D +52,7°, Fructosa-D -92,4°. (Valores de Aebi, Introducción a la Bioquímica práctica, Karger 1982)

## 6.3 Inversión de la sacarosa

Con un ácido se puede disociar la sacarosa en Glucosa-D y Fructosa-D, en este proceso se liberan partes iguales de las dos sustancias. El giro a la derecha se hace menor hasta que el ángulo de giro se torna negativo. Este proceso se denomina inversión. La mezcla Glucosa-Fructosa se denomina por ello, azúcar de inversión y es por ejemplo componente de la miel artificial.

- Realice una solución de azúcar (30 g en 100 ml). Para ello se pesan 30 g de azúcar y se diluyen en aprox. 60 cm<sup>3</sup> de agua destilada (50° C).
- Agregue con mucho cuidado (Gafas de protección) 15 ml de ácido clorídrico del 25%.
- Complete la solución hasta 100 cm<sup>3</sup> en la probeta graduada y se coloca en la cámara de medida.
- Inmediatamente ponga en marcha un cronómetro y determine el ángulo de giro.
- En intervalos de cada 5 minutos se mide de nuevo el ángulo de giro y se anotan los valores en una tabla.
- Después de 30 minutos de se concluye la serie de medida y se dibuja la curva de inversión.

## 6.4 Medida de concentración con ángulo de giro específico conocido, tomando como ejemplo el azúcar de caña en la CocaCola

- Se llena la probeta graduada con 100 ml de Coca.
- Se determina el ángulo y el sentido del giro por medio del diodo amarillo.
- Se calcula el contenido de azúcar despejando  $c$  en la ecuación 1.

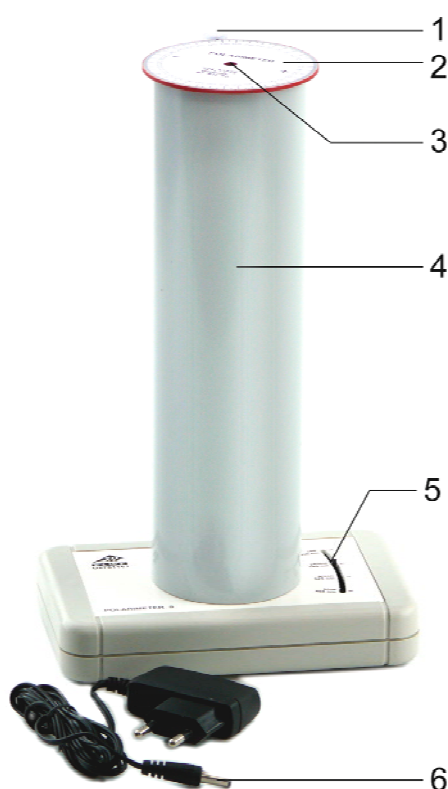
$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l} \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right] \quad (2)$$



## Polarímetro com 4 LED U8761161

### Manual de instruções

06/08 THL/ALF



- 1 Ponteiro fixo
- 2 Analisador
- 3 Visor
- 4 Câmara de medição com cilindro medidor e polarizador
- 5 Interruptor-LED
- 6 Fonte de energia

### 1. Medidas de segurança

- Evitar olhar diretamente na câmara de medição quando esta estiver aberta e com os LED's ligados.
- Utilizar o aparelho somente com a fonte de energia de 12V DC que acompanha o aparelho.
- Ao serem observados danos externos tanto na fonte de energia como no polarímetro é desaconselhada a utilização dos mesmos.

### 2. Descrição

O Polarímetro com 4 LED's serve para determinar o ângulo de rotação e direção da luz polarizada através de uma substância ótica ativa dependente do comprimento de onda, espessura e da concentração.

O polarímetro está equipado com uma iluminação constituída de quatro diodos luminosos monocromáticos. A luz gerada pelo diodo (ligado) é linearmente polarizada, este diodo está localizado abaixo da base do cilindro de medição na câmara de medição.

No analisador encontra-se um segundo filtro polarizador, que está posicionado em um ângulo de

90° em direção ao polarizador, quando a escala está em 0° (360°). Nesta posição pode-se aceitar uma iluminação mínima, desde que não haja uma substância ótica ativa na câmara de medição.

Uma substância óticamente ativa no cilindro de medição altera para a direita e esquerda o nível de polarização, que é expressa pelo aumento da claridade. A claridade é minimizada ao se reposicionar o analisador. Abaixo do mostrador pode-se fazer uma leitura do ângulo, este corresponde a curvatura do nível de polarização.

### 3. Acessórios

- 1 Aparelho-Polarímetro
- 1 Disco analisador
- 1 Cilindro de medição
- 1 Fonte de energia
- 1 Adaptador US (somente para U8761161-115)

### 4. Dados técnicos

Comprimento de onda: 630 nm (vermelho)  
580 nm (amarelo)  
525 nm (verde)  
468 nm (azul)

Medidas: aprox. 110 x 190 x 320 mm<sup>3</sup>

Massa: aprox. 1 kg

O polarímetro U8761161-115 serve para um tensão de 115 V (±10 %), U8761161-230 para 230 V (±10 %).

### 5. Operação

- Retirar o disco analisador da câmara de medidora.
- Retirar o cilindro de medição e encher com o líquido de teste. Após este procedimento, impreterivelmente secar o cilindro de medição, de modo que não se encontre nenhum tipo de líquido na parte de fora do cilindro de medição.
- Posicionar o cilindro de medição na câmara de medição. Cuidado para que nenhum líquido seja derramado e entre na câmara de medição.
- Reposicionar o disco analisador e girar de tal modo que o mostrador esteja posicionado em 360°.
- Ligar o aparelho através da fonte de energia.
- Escolher o comprimento de onda de luz através do interruptor de LED.

A medição da curva de polarização da substância ótica ativa procede através de uma regulação delicada do analisador e pela observação do ponto de luz que sai do visor.

O ajuste estará concluído quando o mínimo de claridade for atingido.

Ao virar para a direita é refletida uma substância, que reflete a luz polarizada em sentido horário. Para identificar a atividade ótica de tal substância utiliza-se o símbolo (+). A diferença de 360° e do ângulo de leitura, corresponde à curvatura do nível de polarização.

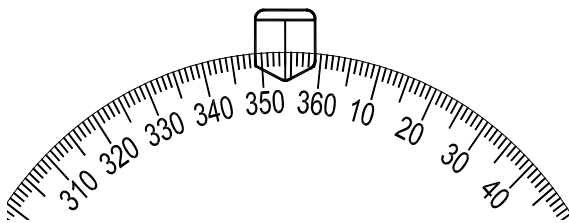


Fig.1 Exemplo para uma substância que gira para a direita (+6°)

Ao virar para a esquerda trata-se de uma substância que emite a polarização da luz em sentido anti-horário. Para identificar a atividade ótica de tal substância utiliza-se o símbolo (-). A curva de uma substância que gira para a esquerda é lido diretamente.

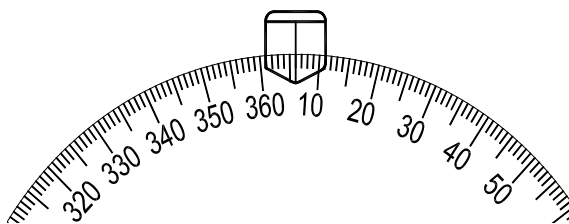


Fig.2 Exemplo para uma substância que gira para a esquerda (-6°)

### 6. Exemplos de teste

#### 6.1 Medição de uma atividade ótica de uma solução sacarosa dependente de da sua concentração, espessura e cor da luz

- Compor uma solução de açúcar (10 gr em 100 ml). Medir 10 gr de açúcar e dissolver em aprox. 60 cm<sup>3</sup> de água destilada e colocar 100 cm<sup>3</sup> no cilindro de medição.
- Medir a espessura e colocar o cilindro de medição na câmara de medição.

#### Observação:

100 ml de líquido no cilindro medidor correspondem a uma espessura de 1,9 dm, 75 ml – 1,43 dm, 50 ml – 0,96 dm e 25 ml – 0,44 dm.

- Medir a curva angular para os diversos LEDs.

- Na próxima etapa, para a mesma concentração de espessura, diminuir para 1,43 dm (75 ml) e repetir a medição.
- Proceder com a medição para espessuras de 0,96 dm (50 ml) e 0,44 dm (25 ml).
- Em seguida produzir uma solução de açúcar (20 g, 30 g e 40 g em 100 ml) e medir o ângulo de curvatura conforme a primeira fileira medida.
- Registrar os valores em uma tabela e representa graficamente o ângulo de curvatura dependente da concentração e espessura.

## 6.2 Determinação do ângulo de curvatura específico da sacarose

O ângulo de curvatura específico  $[\alpha]$  é uma constante e resulta da seguinte fórmula, em comprimento de onda de luz  $\lambda$  conhecido e temperatura  $T$ :

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{c \cdot l} \quad (1)$$

$\alpha$  = ângulo de curvatura medido

$c$  = concentração  $c$  da substância dissolvida

$l$  = Espessura da solução

Dados da literatura referem-se na sua maioria a linha-D amarela do Sódio ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) e uma temperatura de  $20^\circ \text{C}$ .

- Compor uma solução de açúcar (50 gr em 100 ml). Medir 10 gr de açúcar e dissolver em aprox.  $60 \text{ cm}^3$  de água destilada e colocar  $100 \text{ cm}^3$  no cilindro de medição.
- Medir a espessura e colocar o cilindro de medição na câmara de medição.
- Determinar o ângulo de curvatura na luz amarela.
- Calcular o ângulo de curvatura específico conforme a equação 1 e comparar com dados da literatura.

Dados da literatura para ângulo de curvatura específico  $[\alpha]_D^{20}$

Sacarose  $+66,5^\circ$ , Glucose-D  $+52,7^\circ$ , Frutose-D

$-92,4^\circ$ . (Valores de Aebi, Introdução na bioquímica básica, Karger 1982)

## 6.3 Inversão da sacarose

A sacarose pode ser dividida em Glicose-D e Frutose-D através ácido, liberando assim os elementos na mesma proporção. A rotação para a direita vai ficando menor até que o ângulo de curvatura se torne negativo. Este procedimento chamamos de inversão. A mistura de Glucose-Frutose é denominada de açúcar invertido e é, por exemplo, um componente do mel artificial.

- Compor uma solução de açúcar (30 gr em 100 ml). Medir 30 gr de açúcar e dissolver em aprox.  $60 \text{ cm}^3$  de água destilada ( $50^\circ \text{C}$ ).
- Acrescentar com cuidado (Óculos protetores) 15 ml 25 % de ácido clorídrico.
- Encher com a solução o cilindro de medição até  $100 \text{ cm}^3$  e colocar na câmara de medição.
- Acionar imediatamente o cronometro e determinar o ângulo de curvatura.
- Medir o ângulo de curvatura a cada 5 minutos e registrar todas as medidas em uma tabela.
- Finalizar a linha de medição após 30 minutos e desenhar a curva de inversão.

## 6.4 Medida de concentração para ângulos de curvaturas específicos e conhecidos como, por exemplo, açúcar de cana na Cola

- Encher o cilindro de medição com 100 ml de Cola.
- Determinar o ângulo de curvatura e a direção da rotação com ajuda do diodo amarelo.
- Determinar a quantidade de açúcar através da alteração na equação 1.

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l} \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right] \quad (2)$$

