

Actividad óptica

GIRO DEL PLANO DE POLARIZACIÓN POR SOLUCIONES DE AZÚCAR

- Medición del ángulo de giro en dependencia con la longitud de la muestra.
- Medición del ángulo de giro en dependencia con la concentración de masa.
- Determinación del ángulo de giro específico en dependencia con la longitud de onda.
- Comparación de las direcciones y de los ángulos de giro de la fructosa, la glucosa y la sacarosa.
- Medición del ángulo de giro durante la inversión de la sacarosa hacia una mezcla equimolar de glucosa y fructosa.

UE4040300

02/25 JS/UD

FUNDAMENTOS GENERALES

Como actividad óptica se denomina el giro del plano de polarización de la luz polarizada linealmente al paso a través de determinadas sustancias. Este giro tiene lugar en soluciones de moléculas quirales, como por ejemplo, en soluciones de azúcar y en determinados cuerpos sólidos, por ejemplo, en cuarzos. Se habla de sustancias de giro a la derecha cuando observando el plano de polarización en sentido contrario a la propagación de la luz, éste gira hacia la derecha, de lo contrario se habla de sustancias de giro a la izquierda. Las soluciones de glucosa y de sacarosa son de giro a la derecha, por otro lado la de fructosa es de giro a la izquierda.

El ángulo α , en el cual se gira el plano de polarización depende de la sustancia diluida y es proporcional a la concentración de masa c y a la longitud d de la muestra; se escribe:

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

y $[\alpha]$ designa al ángulo de giro específico de la sustancia.

El ángulo de giro específico depende en la siguiente forma

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

de la longitud de onda de la luz λ y de la temperatura T de la muestra. Éste se indica en tablas bibliográficas, por lo general para luz amarilla del sodio y una temperatura de 25°C. Si se conoce, se puede determinar la concentración de una solución midiendo el ángulo de giro en un polarímetro.

En el experimento se estudian diferentes soluciones en un polarímetro y se comparan entre sí sus ángulos de giro. Aquí se puede seleccionar la luz de cuatro LEDs de diferentes colores. Además se disocia una solución de azúcar de caña del comercio (sacarosa) en su estructura anular doble, agregándole ácido clorhídrico en una reacción de desarrollo lento, para convertirla en una mezcla equimolar de glucosa y fructosa. En este proceso se "invierte" la dirección del giro de derecha a izquierda, porque después del desarrollo de la reacción el

ángulo de giro resultante es la suma de los ángulos de giro de la glucosa de giro a la derecha y de la fructosa de giro fuerte a la izquierda.



Fig. 1: Montaje de medición

LISTA DE EQUIPOS

1	Polarímetro con 4 LED	1001057
1	Probeta graduada de 100 ml	1002870
1	Vaso de precipitados de forma baja 500 ml	1025691
1	Balanza electrónica 220 g	1022627

Adicionalmente se requiere:

Fructosa, 500g
Glucosa, 500 g
Sacarosa, 500 g
Ácido clorhídrico, técnico

ADVERTENCIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE GIRO

Con la cámara de medida vacía se observa, con todos los colores, una claridad mínima por la apertura de observación del analizador, cuando el índice se encuentra en la posición 360°

Una sustancia de giro a la derecha en la cámara de medida gira el plano de polarización en sentido de las manecillas del reloj, si se observa desde arriba. Si partiendo de 360° el disco del analizador se gira a su vez en sentido de las manecillas del reloj, para volver a lograr una claridad mínima, el índice muestra un ángulo $\alpha_p < 360^\circ$. El ángulo de giro buscado será:

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

Correspondientemente, en caso de una sustancia de giro a la izquierda, el disco del analizador se deberá girar en sentido contrario a las manecillas del reloj, para lograr claridad mínima. El ángulo de giro buscado será:

$$\alpha = -\alpha_p$$

La claridad mínima que se puede lograr girando el disco del analizador no está claramente definida, porque la luz del LED del polarizador no es de pureza espectral y para cada longitud de onda del espectro del LED corresponde un ángulo de giro levemente diferente. Por lo tanto en lugar de una claridad mínima, si se observa exactamente se detecta un leve cambio de color si el disco del analizador se gira levemente en vaivén alrededor de la posición óptima.

MONTAJE

- Se conecta el polarizador a la red, por medio de la fuente de alimentación enchufable.

EJECUCIÓN

Ángulo de giro en dependencia con la longitud de la muestra

- Agitando se disuelven 50 g fructosa en 100 ml de agua destilada.
- Se saca el cilindro de la cámara de medida se llenan en él 10 ml de la solución de fructosa (10 ml de solución corresponden a una longitud de muestra de $d = 19$ mm).
- Se seca con un trapo la pared externa del cilindro de medida y se coloca nuevamente en la cámara de medida evitando derramar líquido en la cámara de medida.
- Corriendo la posición del conmutador se selecciona el LED rojo.
- Se coloca encima el disco del analizador, se observa el punto luminoso del LED a través del orificio de observación del analizador y este último se gira hasta que la claridad haya llegado a un mínimo
- En la Tab. 1 se anota el ángulo de giro α junto con su signo.
- Secuencialmente se conecta luz amarilla, verde y azul se determina cada vez el ángulo de giro α con su signo y se anota en la Tab. 1.
- En cada paso se vuelve a sacar el cilindro de medida de la cámara, se agregan otros 10 ml de solución de fructosa y se retorna el cilindro a la cámara de medida, teniendo en cuenta de no derramar líquido en la cámara.
- Cada vez se determina y se anota el ángulo de giro α para los cuatro colores, con su signo.

Ángulo de giro en dependencia con la concentración de masa:

- Agitando en un vaso de precipitados se disuelven 10 g de fructosa en 200 ml de agua destilada.
- Se saca el cilindro de la cámara de medida, y se vierten en el mismo 100 ml de solución de fructosa y se retorna a la cámara, teniendo cuidado de no derramar líquido en la cámara.
- Cada vez se determina y se anota en la Tab. 2 el ángulo de giro α para los cuatro colores, con su signo.
- En cada paso se vuelve a sacar el cilindro de medida de la cámara, se agregan otros 10 ml de solución de fructosa y se retorna el cilindro a la cámara de medida, teniendo en cuenta de no derramar líquido en la cámara.
- 100 ml de la nueva solución de fructosa se llenan en el cilindro de medida y se coloca este último en la cámara, teniendo cuidado de no derramar líquido en la misma.
- Cada vez se determina y se anota en la Tab. 2 el ángulo de giro α para los cuatro colores, con su signo.

Comparación de los ángulos y las direcciones de giro de la fructosa, de la glucosa y de la sacarosa:

- Se selecciona el LED amarillo.
- Agitando se disuelven 35 g glucosa en 100 ml de agua destilada.
- Se saca el cilindro de la cámara de medida, se llenan 50 ml de la solución de glucosa y se retorna el cilindro de medida a la cámara, sin derramar líquido en la misma (50 ml corresponden a una longitud de muestra de $d = 95$ mm)
- Se coloca encima el disco del analizador, se observa el punto luminoso del LED a través del orificio de observación del analizador y este último se gira hasta que la claridad haya llegado a un mínimo.
- Se determina el ángulo de giro α junto con su signo y se anota en la Tab. 3.
- Agitando se disuelven 30 g de sacarosa en 100 ml de agua destilada.
- Se vierte la solución en el cilindro de medida.
- Se determina el ángulo de giro α junto con su signo y se anota en la Tab. 3.
- Los valores de medida determinados para la fructosa se anotan también en la Tab. 3.

Medición del ángulo de giro durante la inversión de la sacarosa.

- Se selecciona el LED amarillo.
- El cilindro de medida con la solución de sacarosa se saca de la cámara.
- Se le agrega un poco de ácido clorhídrico, se agita y se calienta la solución en un baño María hasta una temperatura de unos 50°C.
- Se vuelve a colocar el cilindro en la cámara de medida, teniendo cuidado de no derramar líquido en la cámara
- Se determina el ángulo de giro α junto con su signo y se anota en la Tab. 4.
- Determinación del ángulo de giro junto con su signo en intervalos de 2 a 3 minutos y luego se repite en intervalos más largos, el resultado se anota en la Tab. 4.

EJEMPLO DE MEDICIÓN

Ángulo de giro en dependencia con la longitud de la muestra

Tab. 1: Ángulo de giro α de la fructosa en dependencia con la longitud de la muestra d para cuatro longitudes de onda diferentes. Concentración de masa $c = 0,48 \text{ g/cm}^3$ (50 g fructosa en 105 ml de agua)

d / mm	α			
	Rojo (630 nm)	Amarillo (580 nm)	Verde (525 nm)	Azul (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°

Observación: Las series de medidas de las Tab. 1 y Tab. 2 se han registrado con azúcares de purzas diferentes.

Ángulo de giro en dependencia con la concentración de masa:

Tab. 2: Ángulo de giro α de la fructosa en dependencia con la concentración de masa para cuatro diferentes longitudes de onda. Longitud de la muestra $d = 190 \text{ mm}$, Volumen $V = 100 \text{ ml}$

m / g	$c / \text{mg/cm}^3$	α			
		Rojo (630 nm)	Amarillo (580 nm)	Verde (525 nm)	Azul (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°

Comparación de los ángulos y las direcciones de giro de la fructosa, de la glucosa y de la sacarosa:

Tab. 3: Ángulo de giro α de la fructosa, la glucosa y la sacarosa (LED amarillo)

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

Medición del ángulo de giro durante la inversión de la sacarosa:

Tab. 4: Ángulo de giro α en dependencia con el tiempo t , durante la inversión de la sacarosa (LED amarillo)

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°		

EVALUACIÓN

Ángulo de giro en dependencia con la longitud de la muestra

La Fig. 2 muestra un diagrama con los valores de medida de la Tab. 1. Estos concuerdan, dentro del marco de la exactitud de medida, con las rectas dibujadas que pasan por el origen de coordenadas. La concordancia comprueba la proporcionalidad entre el ángulo de giro α y la longitud de la muestra d de una solución de actividad óptica, como se indica en la ecuación 1.

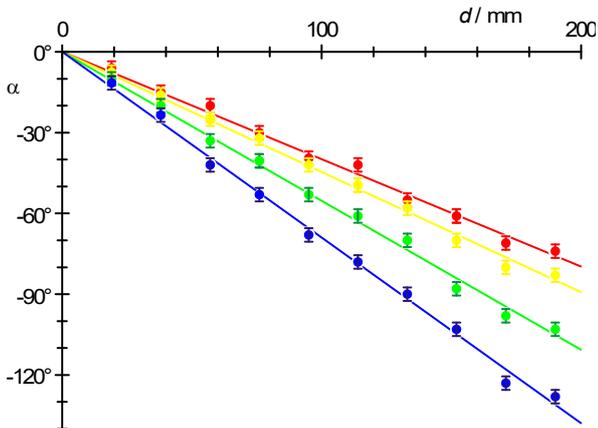


Fig. 2: Ángulo de giro de una solución de fructosa ($c = 0,48 \text{ g/cm}^3$) en dependencia con la longitud de la muestra para cuatro longitudes de onda

Ángulo de giro específico en dependencia con la longitud de onda:

Como la concentración de la masa de la muestra es conocida se puede determinar el ángulo giro específico $[\alpha]$ para las cuatro longitudes de onda del polarímetro, con las pendientes de las rectas que pasan por el origen en la Fig. 2, de acuerdo con la Ec. 1.

El resultado se tiene representado tanto en la Tab. 5 así como en la Fig. 3. Las curvas dibujadas allí se calcularon de acuerdo con la Ec. 2.

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

Tab. 5: Ángulo de giro específico en dependencia con la longitud de onda

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

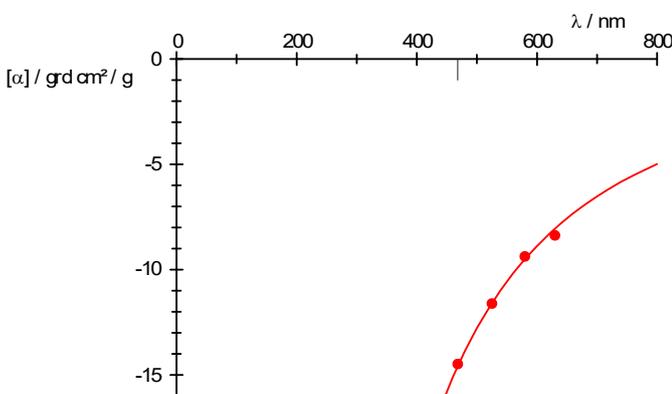


Fig. 3: Ángulo de giro específico en dependencia con la longitud de onda

Ángulo de giro en dependencia con la concentración de masa:

La Fig. 4 muestra un diagrama con los valores de medida de la Tab. 2. Dentro del marco de la exactitud de medida, concuerdan con las rectas dibujadas que pasan por el origen de coordenadas. La concordancia comprueba la proporcionalidad descrita en la Ec. 1, entre el ángulo de giro α y la concentración de masa c de una solución de actividad óptica.

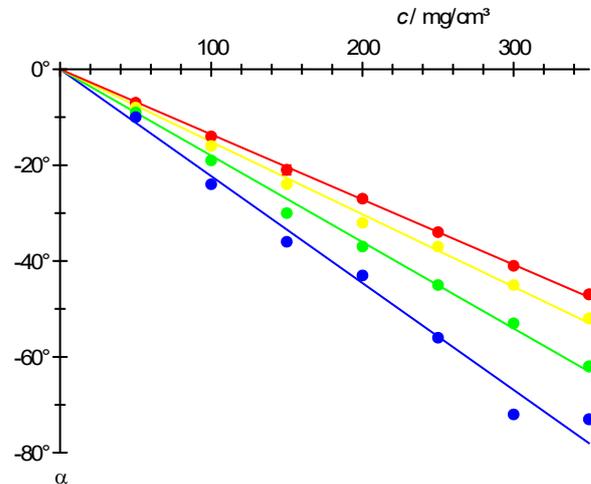


Fig. 4: Ángulo de giro de una solución de fructosa en dependencia con la concentración de masa para cuatro diferentes longitudes de onda de la luz

Comparación de los ángulos y las direcciones de giro de la fructosa, la glucosa y la sacarosa:

Aplicando la ecuación 1 se calcula en la Tab. 3 el ángulo de giro específico de las tres soluciones de azúcar estudiadas. Se muestra que las diferentes soluciones de azúcar se diferencian en el ángulo de giro, tanto en valor absoluto como en signo.

Medición del ángulo de giro durante la inversión de la sacarosa.

La Fig. 5 muestra una representación gráfica de los valores de medida de la Tab. 4. La inversión de la dirección de giro de la derecha hacia la izquierda tiene lugar después de unos 15 min.

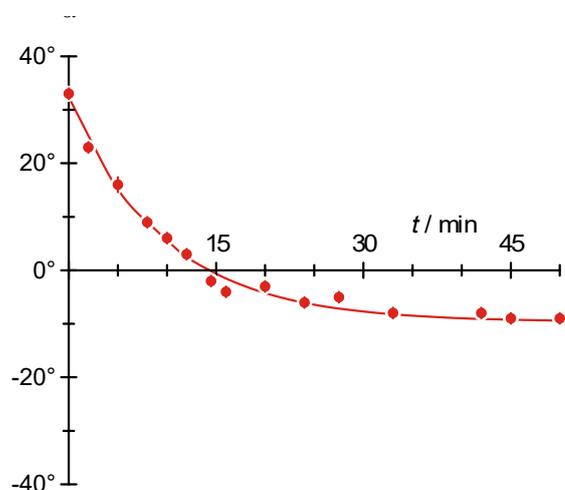


Fig. 5: Ángulo de giro para la luz amarilla de una solución de sacarosa ($c = 0,3 \text{ g/cm}^3$, $d = 190 \text{ mm}$) en dependencia con el tiempo durante la inversión