

Optina rotacija raztopine saharoze

Matija Zanjкови^a, Mesarec Tilen^a in Petauer Maja^a

^aUniverza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

Povzetek—V tej nalogi smo merili optino rotacijo polarizirane svetlobe v raztopinah saharoze razlinih koncentracij pri dveh valovnih dolinah (rdea in zelena). Iz podatkov smo izraunali specifino rotacijo, ocenili napake in analizirali odvisnost od valovne doline z Drudejevo enabo.

Kljune besede—specifina rotacija, saharoza, Drudejeva enaba, med

1. Uvod

Optina rotacija je pojav, kjer kiralne molekule, kot je saharoza, zavrtijo ravnino polarizirane svetlobe. Ta pojav je odvisen od koncentracije snovi c , doline poti svetlobe l in valovne doline λ . Namen vaje je določiti specifino rotacijo pri razlinih koncentracijah in valovnih dolinah ter preveriti Drudejev model disperzije.

2. Teorija

Kot rotacije α je povezan s specifino rotacijo $[\alpha]_\lambda$ preko:

$$\alpha(\lambda) = [\alpha]_\lambda \cdot c \cdot l$$

Specifina rotacija je funkcija valovne doline in jo lahko pribliamo z Drudejevim modelom:

$$[\alpha](\lambda) = \frac{k\lambda^2}{\lambda^2 - A^2}$$

kjer sta k in A parametra, ki ju določimo iz eksperimentalnih podatkov.

3. Merjene koliine

- Koncentracija saharoze** c (g/mL)
- Valovna dolina** λ (nm),
- Kot rotacije** α (°),
- Dolina cevi** l (dm)

4. Meritve

Dolina cevi:

$$L = (11.5 \pm 0.5) \text{ dm}$$

$$L = 11.5 (1 \pm 0.043) \text{ dm}$$

Volumen raztopine je bil:

$$V = (3000 \pm 60) \text{ mL}$$

$$V = 3000 (1 \pm 0.02) \text{ mL}$$

To smo poeli pri konstantni temperaturi $T = 22 \pm 1$ °C, saj na specifino rotacijo vpliva tudi temperatura.

Masa saharoze je bila izmerjena z napako 3 g. Relativna napaka koncentracije:

c [g/mL]	σc
0.030	0.033
0.050	0.020
0.070	0.014
0.090	0.011
0.100	0.010

Tabela 1. Relativna napaka koncentracije raztopine saharoze.

c [g/mL]	α_r [°]	α_z [°]	$\Delta\alpha$ [°]	$\sigma\alpha_r$	$\sigma\alpha_z$
0.030	22	23	2	0,09	0,09
0.050	34	37	2	0,06	0,05
0.070	47	53	2	0,04	0,04
0.090	63	63	2	0,03	0,03
0.100	69	70	2	0,03	0,03

Tabela 2. Koti rotacije za rdeo (α_r) in zeleno (α_z) svetlobo.

5. Izraun specifine rotacije

Specifina rotacija $[\alpha]$ za vsako meritev:

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{c \cdot L}$$

Rdea:

$[\alpha]_{c=0.030} = 64 (1 \pm 0,19) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.030} = (64 \pm 12) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.050} = 59 (1 \pm 0,14) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.050} = (59 \pm 8) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.070} = 58 (1 \pm 0,12) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.070} = (58 \pm 7) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.090} = 61 (1 \pm 0,11) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.090} = (61 \pm 7) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.100} = 60 (1 \pm 0,10) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.100} = (60 \pm 6) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$

$$\overline{[\alpha]}_r = (60 \pm 9) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$\overline{[\alpha]}_r = 60 (1 \pm 0,15) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

Zelena:

$[\alpha]_{c=0.030} = (67 \pm 12) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.030} = 67 (1 \pm 0,18) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.050} = (64 \pm 9) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.050} = 64 (1 \pm 0,14) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.070} = (66 \pm 8) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.070} = 66 (1 \pm 0,12) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.090} = (61 \pm 7) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.090} = 61 (1 \pm 0,11) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
$[\alpha]_{c=0.100} = (61 \pm 6) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$	$[\alpha]_{c=0.100} = 61 (1 \pm 0,10) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$

$$\overline{[\alpha]}_z = (64 \pm 10) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$\overline{[\alpha]}_z = 64 (1 \pm 0,16) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

6. Analiza: Drudejev model

Ker smo specifno rotacijo $[\alpha](\lambda)$ merili pri dveh razlinih valovnih dolinah, smo podatkom prilegli Drudejevo enabo, ki opisuje odvisnost specifne rotacije od valovne doline λ :

$$[\alpha](\lambda) = \frac{k\lambda^2}{\lambda^2 - A^2}$$

Parametra k in A smo določili numerino.

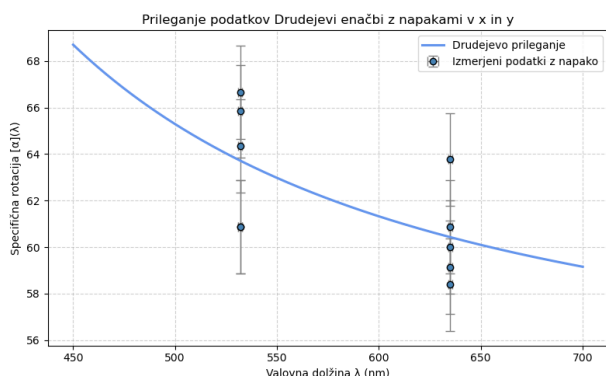
Rezultati prileganja:

$$k = (53,88 \pm 2,82)$$

$$k = 55,88 (1 \pm 0,05)$$

$$A = (209,00 \pm 35)$$

$$A = 209,00 (1 \pm 0,17)$$



Slika 1. Prileganje Drudejeve enabe eksperimentalnim podatkom specifne rotacije.

6.1. Napake in rezultati

Rdeči laser (635 nm):

$$[\alpha]_{635 \text{ nm}} = (60 \pm 10) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$[\alpha]_{635 \text{ nm}} = 60 (1 \pm 0,17) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

Zeleni laser (532 nm):

$$[\alpha]_{532 \text{ nm}} = (64 \pm 10) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$[\alpha]_{532 \text{ nm}} = 64 (1 \pm 0,16) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

Modri laser (450 nm):

$$[\alpha]_{450 \text{ nm}} = (69 \pm 10) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$[\alpha]_{450 \text{ nm}} = 62 (1 \pm 0,14) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

Med

S pomojo znanja o specifni rotaciji glukoze in fruktoze smo se odločili, da bomo primerjali dva meda in poskušali ugotoviti, ali sta naravna ali z dodatki.

Naravni med je sestavljen predvsem iz glukoze in fruktoze in sicer v razmerju 36 : 41. Specifne rotacije glukoze in fruktoze pri $T = 20^\circ \text{C}$ in $\lambda = 589 \text{ nm}$ sta:

$$[\alpha]_{\text{glukoza}} = 53 \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$[\alpha]_{\text{fruktoza}} = -92 \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

Kar pomeni, da je specifična rotacija medu:

$$[\alpha]_{\text{med}_1} = \frac{36 \cdot [\alpha]_{\text{glukoza}} + 41 \cdot [\alpha]_{\text{fruktoza}}}{36 + 41} = -24 \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

Glede na raziskavo pa naj bi bila specifična rotacija sintetičnega medu bila zaradi dodanih sladkorjev s pozitivno kiralnostjo v rangu: $7 - 89 \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$ [1]

Merili smo dva cvetlina meda, en je bil doma, drugi pa kupljen.

$$[\alpha]_{\text{med}_1} = \frac{\alpha}{c \cdot L} = \frac{-4}{0,010 \cdot 11,5} = -35 \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$\sigma[\alpha]_{\text{med}_1} = 0,1 + 0,5 + 0,04 = 0,64$$

Rezultat za specifično rotacijo medu:

$$[\alpha]_{\text{med}_1} = (-35 \pm 22) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$[\alpha]_{\text{med}_1} = -35 (1 \pm 0,64) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

Vidimo, da je specifična rotacija medu precej niza od priakovane vrednosti za naravni med, ampak je tudi napaka ogromna. Vendar je na med bil cvetlini med, ki ima glede na raziskavo specifično rotacijo manjšo kot ostali med.

Pri drugem medu (iz trgovine) pa smo dobili rezultat:

$$[\alpha]_{\text{med}_2} = \frac{\alpha}{c \cdot L} = \frac{3}{0,005 \cdot 11,5} = 52 \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$\sigma[\alpha]_{\text{med}_2} = 0,2 + 0,5 + 0,04 = 0,74$$

Rezultat za specifično rotacijo drugega medu:

$$[\alpha]_{\text{med}_2} = (52 \pm 38) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$[\alpha]_{\text{med}_2} = 52 (1 \pm 0,74) \frac{^\circ \cdot \text{mL}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

7. Zaključek

Eksperiment je pokazal, da se optina rotacija saharoze v vodi spremeni s razlinimi koncentracijami in valovnimi dolinami. Izračunana specifična rotacija potrjuje teorijo o optini aktivnosti, ki smo jo nato opisali z Drudejevim modelom. Primerjali smo tudi dva razlina meda v grobem je med z negativno specifično rotacijo naraven, med s pozitivno pa z dodatki.

Literatura

- [1] D. Gerginova, V. Kurteva, S. Simova, *Optical Rotation A Reliable Parameter for Authentication of Honey?*, *Molecules*, 27(24), 8916, 2022.
- [2] Advanced Organic Chemistry Part A: Structure and Mechanisms Part B: Reactions and Synthesis, Chemistry International, vol. 24, no. 5, pp. 28-29, Sep. 2002, doi: 10.1515/ci.2002.24.5.28b.
- [3] Y. Lei, H. Jia, X. Xu, and S. Jiang, "An Optimized Drude's Equation For Polarization Measurement in the Visible Region and Concentrations Estimation," *IEEE Photonics Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 1-9, Feb. 2018, Art no. 6100209, doi: 10.1109/JPHOT.2017.2787576.