



KEMIJA U NASTAVI

Uređuje: Nenad Raos

Polarimetar kao nastavno pomagalo

DOI: 10.15255/KUI.2016.003
 KUI-21/2016
 Stručni rad
 Prispjelo 3. veljače 2016.
 Prihvaćeno 15. ožujka 2016.

T. Portada^{a*} i T. Klačić^b^a Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10 002 Zagreb^b Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvátovac 102a, 10 000 Zagreb

|| Sažetak

U hrvatskim školama postoji problem nedovoljne zastupljenosti pokusâ u nastavi kemije. Uzevši u obzir činjenicu da su pojedine srednje škole opremljene polarimetrom, načinjen je pregled nastavnih aktivnosti koje se mogu ostvariti s polarimetrom. Te su aktivnosti prikazane počevši od najjednostavnijih, koje su prikladne za sve učenike u okviru redovne nastave, preko nešto složenijih, koje se mogu izvoditi u okviru školske kemijske grupe, pa sve do najzahtjevnijih, primjerenih za rad s učenicima koji se pripremaju za natjecanja iz kemije u kategoriji samostalnih učeničkih radova.

|| Ključne riječi

Polarimetar, polarimetrija, optička aktivnost, kemijska kinetika, nastava kemije

Uvod

Kemija je eksperimentalna znanost.^{1,2} Stoga bi u nastavi kemije na svim razinama izobrazbe kao središnja aktivnost trebalo biti zastupljeno učenje otkrivanjem. Unatoč tome, zastupljenost pokusa u nastavi, barem što se Hrvatske tiče, daleko je od tog ideala. Na taj problem upozoravaju, među ostalima, *Judaš* (“...a conventional lecture approach prevailed, with very few demonstrations and experiments offered”),³ te *Cvitaš i Zorc* (“Najslabija točka našeg gimnazijskog obrazovanja je gotovo potpun izostanak eksperimentalnog rada, što je katastrofalno za prirodne znanosti”).⁴

Brojni su razlozi takvom stanju. Kao opravdanje za neizvođenje eksperimenata pojedini nastavnici navode opasnosti od ozljeda i trovanja, koje prate svaki eksperiment. No taj argument ne stoji jer uz promišljen odabir eksperimenta, strogo provođenje mjera zaštite na radu te iskusnog i spretnog eksperimentatora, vjerojatnost da dođe do nezgode ili nesreće nije veća od vjerojatnosti da se unesrećimo pri bilo kojoj drugoj uobičajenoj i svakodnevnoj aktivnosti (primjerice, pri radu u kućanstvu).

Drugi razlog nedovoljnoj zastupljenosti eksperimenta u nastavi vezan je uz kronično nedostatno financiranje obrazovnog sustava.⁵ Eksperimentalna nastava općenito je skuplja od teorijske, pa se u uvjetima lošeg financiranja omjer između eksperimentalnih i teorijskih sadržaja mijenja u korist potonjih. No treba reći da je nedostatak novca, kao uostalom i prethodno spomenute opasnosti od ozljeda i trovanja, često tek izgovor za neizvođenje eksperimenata. Postoji čitav niz jednostavnih, poučnih i korisnih pokusa koji se mogu izvesti s posve jednostavnim i svima dostupnim priborom kakav su, primjerice, škare, papir, ljepilo, konac, školska kreda, staklene i plastične čaše, voda, mlijeko, ocat, svijeća, šibice, upaljač, plastelin, čačkalice...⁶

Unatoč problemima s financiranjem, događa se ipak povremeno da pojedina škola ili više njih donacijom ili na druge načine dođe do nekog skupljeg instrumenta ili pribora koji bi se mogao dobro iskoristiti u nastavi. Nažalost, ponekad takav pribor leži odbačen i zaboravljen na nekoj polici te od njega nema nikakve koristi. Problem može biti u tome da nastavnik nema jasnu ideju što bi i kako s tim priborom mogao napraviti.

Jedna takva donacija u kojoj je više škola u Hrvatskoj dobilo instrumente i pribor koji se može upotrijebiti za eksperimente u kemiji dogodila se početkom 2007. godine.^{7,8}

* Autor za dopisivanje: Dr. sc. Tomislav Portada
 e-pošta: tomislav.portada@irb.hr

Tada je Ministarstvo znanosti i obrazovanja školama raspodijelilo opremu veće vrijednosti, a među tom opremom nalazio se i školski polarimetar (Sun Instruments Corporation, Disc polarimeter, slika 1).



Slika 1 – Polarimetar, dio opreme donirane školama 2007. godine

Fig. 1 – Polarimeter, part of a donation to schools in 2007

Činjenica da određeni broj škola u Hrvatskoj posjeduje polarimetar potakla nas je da napišemo ovaj članak. Cilj je i svrha ovoga članka načiniti kratki pregled nastavnih aktivnosti, temeljen većinom na vlastitom iskustvu, koje se mogu izvesti s tim polarimetrom. Aktivnosti će biti poredane po težini i zahtjevnosti, počevši od najjednostavnijih, u kojima mogu sudjelovati svi učenici, pa sve do onih naj-složenijih namijenjenih za rad s posebno zainteresiranim i nadarenim učenicima.

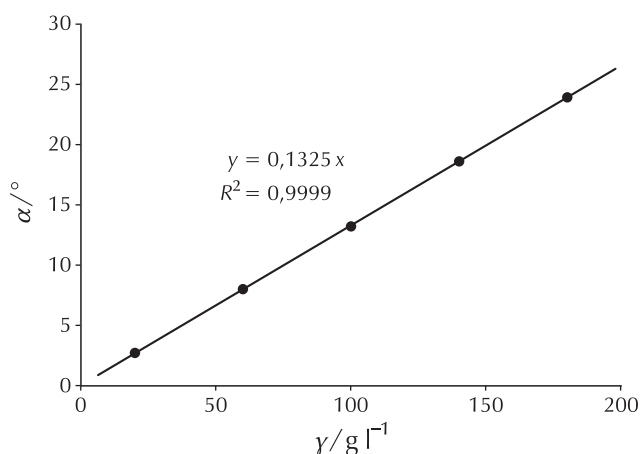
Upoznavanje s polarimetrom

U četvrtom razredu srednje škole obrađuje se tema stereoisomerije i optičke aktivnosti.⁹ U školama koje raspolažu polarimetrom obradu te teme treba nadopuniti pokazivanjem shematskog prikaza polarimetra kao i samog uređaja te objašnjavanjem principa njegova rada. Takav će pristup izazvati povećano zanimanje čak i kod onih učenika koji su inače slabije zainteresirani za kemiju i pomoći im da bolje shvate i vladaju taj nastavni sadržaj. (O teorijskim osnovama polarimetrije u ovom članku neće biti govora. Ta je tema općenito dosta dobro obrađena u kemijskim udžbenicima, enciklopedijama, uključujući *Wikipediju*, a također i u uvodnim dijelovima naputaka za izvođenje vježbi iz polarimetrije spomenutima u idućem ulomku, pa zainteresirane čitatelje upućujemo na te izvore.)

Demonstraciju rada s polarimetrom treba povezati s temom pripreme otopine zadanog sastava (npr. priprema otopine saharoze zadane masene koncentracije), zatim treba pokazati tehniku prenošenja otopine u čeliju polarimetra i očitavanja kuta zakretanja. Učenike treba potaknuti na

razmišljanje i planiranje pokusa tako da ih se pita što misle o tome kako će kut zakretanja ovisiti o sastavu otopine, temperaturi, otapalu, duljini puta zrake svjetlosti, valnoj duljini svjetlosti, vremenu stajanja otopine i slično.

Konačno, u sklopu ove aktivnosti može se uvesti pojam baždarnog dijagrama. Učenicima treba zadati da samostalno pripreme nekoliko otopina različitih zadanih koncentracija, polarimetrom izmjere kutove zakretanja, izrade baždarni dijagram ovisnosti kuta zakretanja o masenoj koncentraciji otopljenog tvari (slika 2), te da na temelju baždarnog dijagrama odrede koncentraciju otopine nepoznate koncentracije.



Slika 2 – Baždarni dijagram: ovisnost kuta zakretanja ravnine polarizirane svjetlosti o masenoj koncentraciji saharoze u vodenoj otopini pri $\vartheta = 24\text{ °C}$ i $l = 20\text{ cm}$

Fig. 2 – Calibration curve: the rotation angle of the plane of polarized light vs. mass concentration of sucrose in water solution at $\vartheta = 24\text{ °C}$ and $l = 20\text{ cm}$

Podatke je poželjno obraditi na dva načina. Stariji, klasični način je ručna grafička obrada podataka crtanjem baždarnog dijagrama na milimetarskom papiru. Iz dijagrama se zatim određuju parametri koji opisuju linearnu ovisnost kuta zakretanja o masenoj koncentraciji otopljenog tvari. Suvremeniji pristup je računalna obrada podataka u nekom od tabličnih kalkulatora s mogućnošću vizualizacije (Microsoftov Excel, Kingsoftov Spreadsheet, zatim Origin od tvrtke OriginLab Corporation i sl.).

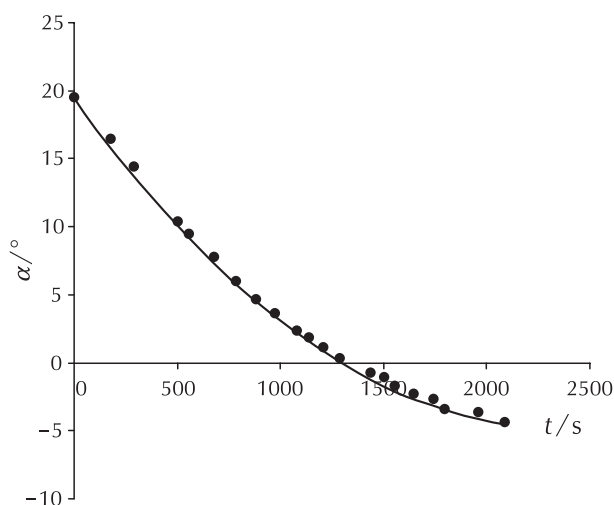
Kinetika hidrolize saharoze

S učenicima koji žele naučiti više može se u sklopu praktične nastave iz kemije, primjerice na školskoj kemijskoj grupi, napraviti vježba iz kemijske kinetike u kojoj se s pomoću polarimetra određuje brzina kiselinom katalizirane hidrolize saharoze. Ta se vježba standardno izvodi u sklopu nastave kemije na mnogim fakultetima, kao i u nekim strukovnim kemijskim školama, pa postoji mnogo naputaka (propisa) za njezino izvođenje. Mi smo se odlučili za naputak po kojemu rade studenti Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.¹⁰ Prema tom se naputku

već više godina radi u okviru pripremanja učenika za sudjelovanja na Međunarodnim kemijskim olimpijadama i on se u praksi potvrdio kao dobar. Prema našem iskustvu, za izvođenje vježbe potrebna su barem tri školska sata, a i to pod uvjetom da se sve aktivnosti unaprijed dobro isplaniraju i dogovore s učenicima. Posebno je važno isplanirati vrijeme potrebno za pripremanje otopina, i poslije za čišćenje radnih površina i pospremanje pribora.

U vježbi učenici iz komercijalno dostupne klorovodične kiseline ("solne kiseline" u kojoj je maseni udjel $w(\text{HCl}) = 19\%$) pripravljaaju otopine manjih koncentracija. Uočili smo da većina učenika nije upoznata s empirijskim pravilom za izračunavanje gustoće klorovodične kiseline iz masenog udjela i obrnuto,* pa je izvođenje ove vježbe prilika da i to nauče.

U vježbi se mjeri kut zakretanja u ovisnosti o vremenu nakon dodatka klorovodične kiseline odgovarajuće koncentracije, a izmjerene vrijednosti prikazuju se tablično i grafički (slike 3 i 4). Obradom podataka učenici izračunavaju koeficijent brzine hidrolize saharoze** prema izrazu za brzinu kemijske reakcije 1. reda.

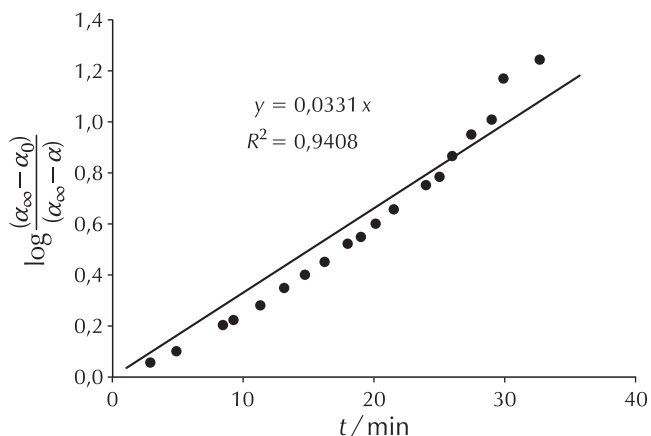


Slika 3 – Brzina hidrolize saharoze: ovisnost kuta zakretanja α o vremenu t za reakciju hidrolize saharoze ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) pri $c(\text{HCl}) = 2,00 \text{ mol l}^{-1}$, $l = 20 \text{ cm}$ i $\vartheta = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

Fig. 3 – Rate of hydrolysis of succrose: the rotation angle α vs. time t for the reaction of hydrolysis of succrose ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) at $c(\text{HCl}) = 2,00 \text{ mol l}^{-1}$, $l = 20 \text{ cm}$, and $\vartheta = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

* Za klorovodičnu kiselinu postoji jednostavno empirijsko pravilo koje nam omogućuje da iz poznate gustoće otopine izračunamo približni maseni udjel HCl i obrnuto, da iz poznatoga masenog udjela izračunamo približnu gustoću otopine. Da bismo iz gustoće izražene u g cm^{-3} izračunali maseni udjel, sve što treba učiniti jest iz brojne vrijednosti gustoće uzeti prve dvije znamenke nakon decimalnog zarez a i pomnožiti ih s dva; tako dobiveni broj predstavlja maseni udjel izražen u postotcima. Primjerice, maseni udjel HCl u klorovodičnoj kiselini gustoće $\rho(\text{HCl}(\text{aq})) = 1,06 \text{ g cm}^{-3}$ iznosi $w(\text{HCl}) \approx 12\%$, jer je $2 \cdot 6 = 12$. Želimo li pak iz poznatoga masenog udjela HCl izraženoga u postotcima izračunati gustoću otopine, postupak je obrnut, pa će tako, primjerice, gustoća klorovodične kiseline u kojoj je maseni udjel $w(\text{HCl}) = 34\%$ biti $\rho(\text{HCl}(\text{aq})) \approx 1,17 \text{ g cm}^{-3}$, jer je $34 : 2 = 17$.

** Koeficijent brzine kemijske reakcije je noviji naziv za konstantu brzine kemijske reakcije.



Slika 4 – Kinetika hidrolize saharoze prema zakonu brzine 1. reda: ovisnost $\log[(\alpha_\infty - \alpha_0)/(\alpha_\infty - \alpha)]$ o vremenu t ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) pri $c(\text{HCl}) = 2,00 \text{ mol l}^{-1}$ i $\vartheta = 22 \text{ }^\circ\text{C}$. Podatci su obrađeni uz $\alpha_\infty = -5,4^\circ$.

Fig. 4 – Kinetics of succrose hydrolysis: dependence of $\log[(\alpha_\infty - \alpha_0)/(\alpha_\infty - \alpha)]$ on time t ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) at $c(\text{HCl}) = 2,00 \text{ mol l}^{-1}$ and $\vartheta = 22 \text{ }^\circ\text{C}$. The data were processed according to the 1st order rate law with $\alpha_\infty = -5,4^\circ$.

Vrijednost ove vježbe je u tome što povezuje dva područja kemije: kemijsku kinetiku, koja je dio fizikalne kemije, te kemiju ugljikohidrata, koja je dio organske kemije. Tema je zanimljiva jer proces hidrolize saharoze ima važnu ulogu u prehrambenoj industriji, na što učenicima svakako treba ukazati. Dodatno, vježba se izvodi s jeftinim, lako dostupnim i relativno bezopasnim kemikalijama.

Ovisnost brzine hidrolize saharoze o koncentraciji kiseline

Izvođenjem vježbe spomenute u prethodnom odlomku nisu ni izdaleka iscrpljene sve mogućnosti upotrebe polarimetra u nastavi kemije. Polarimetar može poslužiti kao glavno pomagalo u izvođenju samostalnog učeničkog rada za natjecanje iz kemije. Primjer takvog rada jest rad naslovljen *Ovisnost brzine hidrolize saharoze o koncentraciji klorovodične kiseline* što smo ga predstavili na natjecanju iz kemije u školskoj godini 2011./2012.,¹¹ a zatim i na 23. hrvatskom skupu kemičara i kemijskih inženjera u sekciji *Obrazovanje*.¹² Podatci prikazani u ovome članku rezultat su toga rada.

Rad je zamišljen kao modifikacija i proširenje vježbe opisane u prethodnom odlomku. Vježba je modificirana dvojako. S jedne strane, tijekom rada eksperimentalno su provjerene pretpostavke na kojima se temelji vježba, a obično se ne provjeravaju, nego se podrazumijevaju. Konkretno, provjerena je i potvrđena linearna ovisnost između kuta zakretanja i masene koncentracije otopljenog tvari za vodene otopine saharoze, glukoze i fruktoze. Nadalje, provjerena je i potvrđena aditivnost kutova zakretanja, potvrđeno je da su utjecaji otapala (destilirana voda, vodovodna voda) i razrijeđena klorovodična kiselina) i temperature (unutar nekoliko Celsiusovih stupnjeva) dovoljno mali da ih mo-

žemo zanemariti te je potvrđeno da su otopine dovoljno stabilne da im se kut zakretanja tijekom prvih nekoliko sati značajnije ne mijenja.

S druge strane, ovisnost kuta zakretanja o vremenu pri sobnoj temperaturi za vodene otopine saharoze nije mjerena samo pri jednoj, nego pri pet koncentracija klorovodične kiseline, te su pri svakoj od tih koncentracija određeni koeficijenti brzine reakcije (tablica 1 i slika 5).

Tablica 1 – Ovisnost koeficijenta brzine hidrolize saharoze ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) o koncentraciji klorovodične kiseline pri $\vartheta = (23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$.

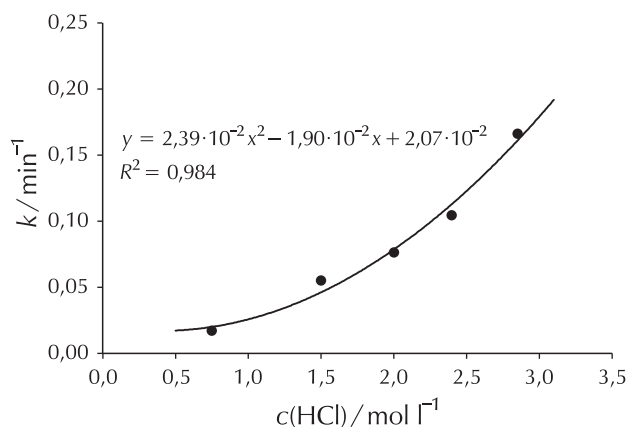
Table 1 – Rate coefficient of succrose hydrolysis ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) vs. concentration of hydrochloric acid at $\vartheta = (23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$.

$c(\text{HCl})/\text{mol l}^{-1}$	k/min^{-1}
0,75	0,017
1,50	0,054
2,00	0,076
2,40	0,104
2,85	0,166

U zaključku rada navedeno je da se ovisnost koeficijenta brzine hidrolize saharoze ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) o koncentraciji klorovodične kiseline pri $(23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ može opisati empirijskom jednadžbom dobivenom nelinearnom (polinomnom) regresijom eksperimentalnih podataka:

$$\frac{k}{\text{min}^{-1}} = 0,0239 \left(\frac{c(\text{HCl})}{\text{mol l}^{-1}} \right)^2 - 0,0190 \frac{c(\text{HCl})}{\text{mol l}^{-1}} + 0,0207$$

Eksperimentalni dio rada u cijelosti je izrađen u kemijskom kabinetu zagrebačke V. gimnazije. Na državnom natje-



Slika 5 – Ovisnost koeficijenta brzine hidrolize saharoze ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) o koncentraciji klorovodične kiseline pri $\vartheta = (23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ prema podacima iz tablice 1. Podatci su obrađeni nelinearnom regresijom.

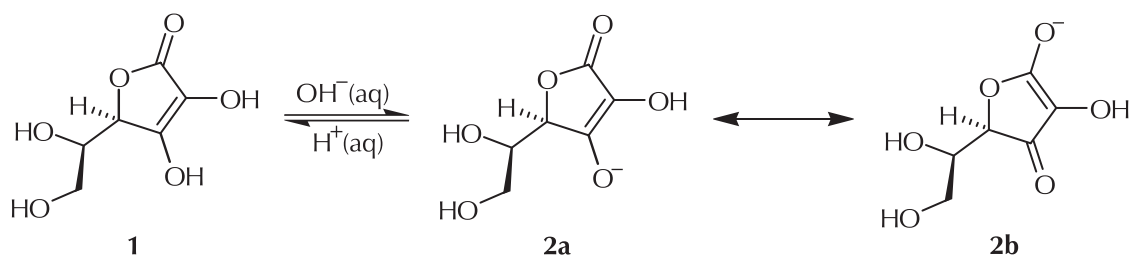
Fig. 5 – Rate coefficient of succrose hydrolysis ($\gamma_0 = 145 \text{ g l}^{-1}$) vs. concentration of hydrochloric acid at $\vartheta = (23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ based on the data from Table 1. The data were processed by non-linear regression.

canju iz kemije u školskoj godini 2011./2012. osvojio je drugo mjesto u kategoriji samostalnih učeničkih radova u konkurenciji od šest radova.

Utjecaj pH na kut zakretanja vodene otopine askorbinske kiseline

Još jedan primjer napredne uporabe polarimetra u nastavi kemije nalazimo u članku što su ga napisali *Linthorst i van der Wal-veuger*.¹³ Autori opisuju vježbu u kojoj učenici mjere ovisnost kuta zakretanja ravnine polarizirane svjetlosti kroz vodene otopine askorbinske kiseline (vitamina C) o pH otopine. Promjenom pH utječe se na zastupljenost neutralnog i anionskog oblika molekule askorbinske kiseline u otopini (shema 1).

Molekula askorbinske kiseline sadržava dva neidentična asimetrično supstituirana ugljikova atoma, te je stoga ki-



Shema 1 – Deprotonacijom askorbinske kiseline **1** u vodi nastaje askorbatni anion prikazan dvjema rezonantnim strukturama **2a** i **2b** ($\text{pK}_a = 4,10$)

Scheme 1 – Deprotonation of ascorbic acid **1** in water gives ascorbate anion shown as two resonant structures **2a** and **2b** ($\text{pK}_a = 4.10$)

ralna i optički aktivna. Struktura askorbatnog aniona stabilizirana je delokalizacijom elektrona, pa se opisani eksperiment može iskoristiti i za tumačenje utjecaja elektronske strukture na zakretanje ravnine polariziranog svjetla.

Kao i u prethodno opisanim primjerima, i u ovoj se vježbi radi s jeftinom, lako dostupnom i bezopasnom tvari – askorbinskom kiselinom.

Daljnje mogućnosti uporabe polarimetra u nastavi

Vježba u kojoj se polarimetrom određuje brzina hidrolize saharoze ili brzina bilo koje druge kemijske reakcije koja se može pratiti polarimetrom mogla bi se modificirati tako da se reakcija izvodi pri različitim temperaturama.¹⁴ Na taj bi se način mogla odrediti ovisnost koeficijenta brzine reakcije o temperaturi, a iz te bi se ovisnosti zatim – iz Arrheniusove jednadžbe – mogli izračunati kinetički parametri reakcije – Arrheniusova energija aktivacije E_a i predeksponencijalni faktor A . Za izvođenje takvog pokusa bilo bi potrebno nabaviti ili izraditi polarimetarsku ćeliju (kivetu) u kojoj će se reakcija zbivati pri točno određenoj i kontroliranoj temperaturi. To bi se moglo izvesti u termostiranoj ćeliji.

Ovu ideju namjerno iznosimo samo u osnovnim crtama, kao skicu bez detalja, te je ovdje nudimo kao izazov i poticaj nastavnicima i učenicima za daljnji samostalni rad. (Nažalost, neke škole nemaju polarimetar. Ipak, i u tim se školama može, barem na kvalitativnoj razini, pokazati pokus zakretanja ravnine polarizirane svjetlosti s pomoću priručnih sredstava kao što su grafoprojektor, crveni filtar, sunčane naočale s polariziranim lećama, menzura i otopina saharoze (ili kojega drugog optički aktivnog spoja).⁹ Kao izvor polarizirane svjetlosti može se, u nedostatku druge opreme, upotrijebiti zaslon mobilnog telefona.)¹⁵

Zaključak

Mnoge škole u Hrvatskoj opremljene su polarimetrom i to je činjenica koju bi trebalo više iskoristiti u nastavi kemije. U ovom smo članku iznijeli kratki pregled nastavnih aktivnosti koje se mogu izvesti s polarimetrom. Posebno smo naglasili činjenicu da se te aktivnosti mogu izvoditi s jednostavnim, jeftinim, lako dostupnim i bezopasnim kemikalijama (saharoza, askorbinska kiselina i sl.).

Nadamo se da će naš članak potaknuti nastavnike kemije koji to do sada još nisu učinili da uključe rad s polarimetrom u nastavu kemije – onu redovnu, za sve učenike, a također i dodatnu, za učenike koji žele naučiti više.

ZAHVALA

Zahvaljujemo izv. prof. dr. sc. Tajani Preočanin s Kemijskog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na pažljivom čitanju radne verzije ovoga članka te na mnogim korisnim savjetima i sugestijama koje nam je dala.

Popis simbola

List of symbols

c	– množinska koncentracija, mol l ⁻¹ – amount of substance concentration, mol l ⁻¹
k	– koeficijent brzine reakcije, min ⁻¹ – rate coefficient, min ⁻¹
l	– duljina kivete, cm – length of sample cell, cm
t	– vrijeme, s, min – time, s, min
w	– maseni udjel, % – mass fraction, %
α	– kut optičkog zakretanja, ° – angle of optical rotation, °
γ	– masena koncentracija, g l ⁻¹ – mass concentration, g l ⁻¹
ϑ	– temperatura, °C – temperature, °C
ρ	– gustoća, g cm ⁻³ – density, g cm ⁻³

Literatura

References

1. H. Vančik, Opus magnum: An outline for the philosophy of chemistry, Found. Chem. **1** (3) (1999) 239–254, doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009989903921>.
2. M. Lukšič, Teorije in modeli narave v kemiji, Modeli sveta, Poligrafi **16** (63-64) (2011) 33–66.
3. N. Judaš, A postcard from Croatia: Where would we like to proceed in chemical education?, J. Chem. Educ. **87** (3) (2010) 250–251, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed8001013>.
4. T. Cvitaš, B. Zorc, Hrvatsko sudjelovanje na Međunarodnim olimpijadama iz kemije, Kem. Ind. **63** (1-2) 55–59 (2014).
5. Z. Babić, Participacija i ulaganje u obrazovanje u Hrvatskoj, Privredna kretanja i ekonomska politika, **14** (101) (2005) 29–53.
6. M. Sikirica, 77 kuhinjskih pokusa za djecu i mlade od 7 do 77 godina, Školska knjiga, Zagreb, 2014., str. 11.
7. D. Turčinović, osobno priopćenje.
8. N. Judaš, osobno priopćenje.
9. M. Sikirica, Metodika nastave kemije, Školska knjiga, Zagreb, 2003., str. 448.

10. M. Gabričević, Praktikum iz fizikalne kemije, interna skripta za studente farmacije i medicinske biokemije, Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1998., str. 18–23.
11. T. Klačić, Ovisnost brzine hidrolize saharoze o koncentraciji klorovodične kiseline, Samostalni rad na natjecanju iz kemije 2012., Zagreb, 2012.
12. T. Klačić, T. Portada, M. Žgela, M. Štetić, Ovisnost brzine hidrolize saharoze o koncentraciji klorovodične kiseline, Knjiga sažetaka 23. hrvatskoga skupa kemičara i kemijskih inženjera, 21.–24. travnja 2013., Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, 2013., str. 265.
13. J. A. Linthorst, J. van der Wal-Veuger, Polarimetry and stereochemistry: the optical rotation of Vitamin C as a function of pH, *Educ. Quím.* **25** (2) (2014) 135–138, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70536-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70536-1).
14. E-škola kemije, Vi pitate – e-škola odgovara. URL: <http://eskola.chem.pmf.hr/odgovori/odgovor.php3?sif=8080> (2. 2. 2016.).
15. M. Sikirica, e-Kemija. Pojmovnik, Invertni šećer. URL: http://eskola.chem.pmf.hr/udzbenik/web_Sikirica/e-pojmovnik.html#invertni (10. 3. 2016.).

SUMMARY

Polarimeter as a Teaching Tool

Tomislav Portada^{a*} and Tin Klačić^b

Croatian schools have a problem with insufficient representation of the experiments in chemistry education. Given the fact that many high schools are equipped with a polarimeter, we made an overview of the learning activities that can be accomplished with a polarimeter. These activities are presented starting from the simplest that are appropriate for all students within regular classes, to more complex, which can be run in the school chemistry groups, to the most demanding, suitable for work with students who are preparing for chemistry competitions in the category of individual students works.

Keywords

Polarimeter, polarimetry, optical activity, chemical kinetics, chemical education

^a Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54,
HR-10 002 Zagreb, Croatia

^b Faculty of Science, University of Zagreb,
Horvatovac 102a, HR-10 000 Zagreb,
Croatia

Professional paper

Received February 3, 2016

Accepted March 15, 2016