



KEMIJA U NASTAVI

Uređuje: Nenad Raos

Molekulski modeli: izrada modela s magnetima

DOI: 10.15255/KUI.2015.023
KUI-25/2015
Stručni rad
Prispjelo 11. svibnja 2015.
Prihvaćeno 19. svibnja 2015.

P. Kalinovčić*

Braće Domany 6
10 000 Zagreb

|| Sažetak

Molekulski modeli neizostavni su dio nastave kemije. Komercijalno dostupni modeli, osim što su skupi, uglavnom su premaleni za upotrebu u demonstracijske svrhe. U radu je dan prijedlog izrade kalotnih molekulskih modela od stiropora s magnetnim kuglicama u ulozi spojnice te pločastim magnetima za prikazivanje polarosti molekula.

|| Ključne riječi

Nastava kemije, molekulski modeli

Uvod

Kad mi je profesor pružio kutiju komercijalnih modela Molymod¹ radi pripreme za ispit, obradovala sam se kao da ih prvi put vidim. Nisam ih prvi put vidjela, ali sam ih tada prvi put stavila u ruke, što se ne može napraviti s crtežom na računalnom ekranu. Jesu li ispravni? Izlišno pitanje, jer molekule ne odgovaraju ničemu što je neposredno dostupno našim osjetilima.²

Stoga ne čudi da postoji mnogo raznih vrsta modela, već prema tome što se njima želi opisati, tj. koju ideju se želi njima predstaviti. Za sedmaše je to prije svega ideja o molekulama kao trodimenzijskim tijelima. Tu ideju najbolje možemo upiti u 3D svijetu s 3D modelima u našim 3D rukama. Iako današnji računalni programi imaju vrlo dobre mogućnosti dočaravanja realnosti prostora kroz dobro odabranu perspektivu i rasvjetu, ipak ne mogu nadomjestiti gledanje objekta pred sobom s oba oka i iskustvo stečeno u vlastitim rukama. Također, nije isto biti samo sлагаč modela i njihov arhitekt, pa savjetujem nastavnicima da zajedno s učenicima izrade vlastite modele molekula.

Modeli s magnetima

Modeli s magnetima vrlo se brzo i jednostavno slažu i postavljaju. Magneti mogu imati ulogu spojnice,^{3,4} a mogu se njima prikazati i međumolekulske interakcije. Tada je ma-

gnetsko polje u modelu analogija električnom polju molekula.^{5,6} Mogu se upotrebljavati i za prikazivanje unutarnje barijere rotacije oko veze.⁶

Trenutačno postoji nekoliko komercijalno dostupnih modela s magnetima. Jedni su modifikacija molekulskih modela Molymod.⁴ U rupice kuglica ugrađeni su mali pločasti magneti koji imaju ulogu spojnice. Naručuju se setovi prikladni za prikaz određenih svojstava molekula: *cikloheksan* – za konformacije; *alkani* – za strukturnu izomeriju; *glukoza*, *stereokemija* i $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ – za proces otapanja soli.

Još je jedan zanimljiv set modela s magnetima, WaterKit.⁷ Uz te modele dostupna su i online metodička uputstva⁸ kako magnetima predstaviti pojmove kao što su: polarnost, vodikove veze, adhezija, kohezija, kapilarnost, površinska napetost, agregacijska stanja vode, isparavanje i kondenzacija, topljivost, te prikazati kubičnu i heksagonsku strukturu leda.

Izrada modela

U ovom opisu riječ je o kalotnom modelu u kojem su atomi predstavljeni stiropornim kuglicama. Stiroporne kuglice međusobno se povezuju još manjim magnetnim kuglicama. Njihova je prednost u odnosu na pločaste magnete što mogu slobodno rotirati u ležištu, pa se pri svakom spajanju trenutno povoljno orijentiraju. Tako se svako vezno mjesto na stiropornoj kuglici može spojiti na bilo koje mjesto druge kuglice. Dodatno se mogu ugraditi pločasti magneti za predočavanje polarosti molekula. Ta dodatna mogućnost

* Petra Kalinovčić
e-pošta: petra.kalinovic@gmail.com

pruža uvid u neke međumolekulske interakcije. Učenici mogu osjetom predočiti koji dio molekule se privlači ili odbija kojim dijelom druge molekule. Ovako načinjeni modeli tada se mogu između ostalog iskoristiti za prikaz prije navedenih pojmova.

Modeli su dovoljno veliki da se mogu upotrijebiti u nastavi kao demonstracijski. Dovoljno su lagani da mogu visjeti na koncu sa stropa kao edukativna dekoracija učionice. Njihova se izrada jednako dobro može uklopiti i u nastavu tehničke kulture ili likovne umjetnosti.

Pribor i materijali: stiroporne kuglice, magnetne kuglice NeoCube,⁹ pločasti magneti, elastične ljepljive trake, akrilne boje, ravnalo, šestar, nož (pilica), papir, selotejp, drveni štapić.

Stiroporne kuglice, pločasti magneti i akrilne boje mogu se kupiti u dućanima *hobby art*. Magnetne kuglice NeoCube mogu se naručiti preko interneta. Elastične ljepljive trake upotrebljavaju se za omatanje palica za hokej na ledu, pa ih je lako nabaviti u dućanima sportske opreme.

Mjere u modelu

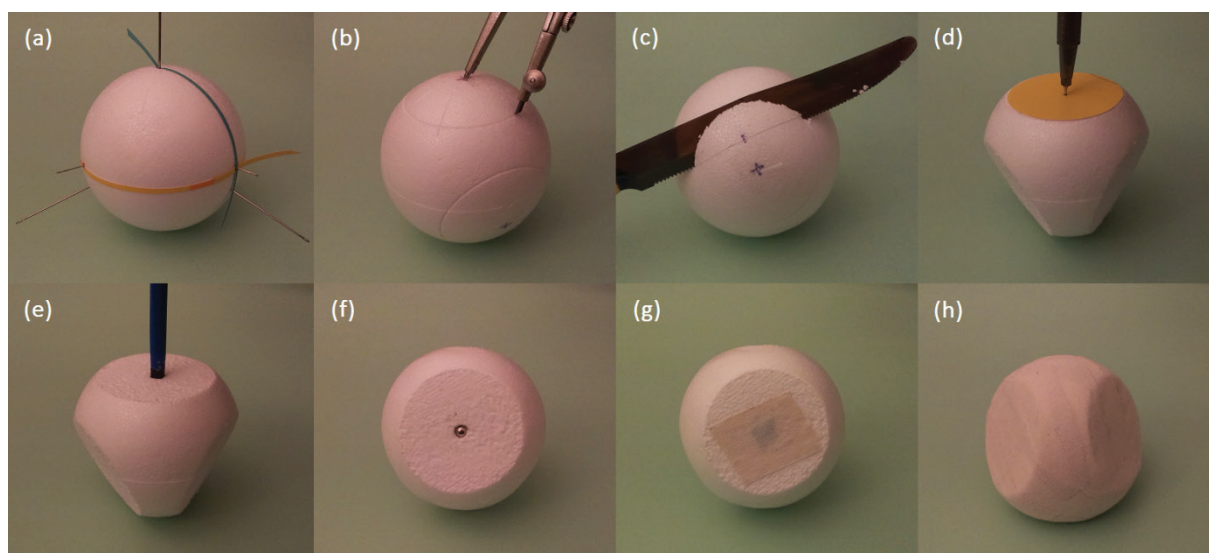
Odaberite veličine stiropornih kuglica za prikaz određenih atoma tako da omjeri njihovih veličina približno odgovaraju omjerima pripadajućih Van der Waalsovih polumjera (H: 120 (25), O: 152 (30), N: 155 (30), C: 170 (35), Cl: 175 (35), S: 180 (35) (prvi broj je Van der Waalsov polumjer¹⁰ u pikometrima, drugi polumjer kuglice u milimetrima).

Odaberite željeni promjer kuglinog odsječka, npr. 4,5 cm. Uz takav izbor pogreške omjera duljina jednostrukih veza i udaljenosti kuglica nisu veće od 10 %. Veza C–C odabrana je kao referentna i određuje mjerilo modela: duljina veze C–C iznosi 154 pm, a udaljenost odgovarajućih stiropornih kuglica u modelu 5,36 cm, odnosno 100 pm u stvarnosti odgovara približno 3,5 cm u modelu.

Izrada tetraedarski koordinirane kuglice

Slova ispred koraka izrade odgovaraju slovima na slici 1.

- Na stiropornoj kuglici vidljive su oznake ekvatora i polova kuglice. Papirnatom trakom koja služi kao krojački metar izmjerite opseg ekvatora. Tu mjeru na traci podijelite na tri dijela i obilježite te tri točke na ekvatoru kuglice. Označite gornji pol kuglice kao jedan od vrhova tetraedra. Najkraći put po kuglici od jednog do drugog vrha tetraedra iznosi $l = O \cdot \alpha/360^\circ$, gdje je O opseg kružnice, a α željeni kut, npr. $109,5^\circ$ – tetraedarski kut. Tu udaljenost označite na drugu traku koja mjeri po meridijanu od vrha kuglice, u smjeru oznaka na ekvatoru. Nije potrebno upotrebljavati igle, na slici su radi zornijeg prikaza položaja oznaka.
- Da bi polumjer kuglinog odsječka bio 2,25 cm (odnosno promjer 4,5 cm), u šestar trebate uzeti nešto veći polumjer, oko 2,4 mm. Na mjesto oznake stavite komadić selotejpa koji će spriječiti širenje rupice zbog okretanja šestara.
- Pažljivo odrežite kalote.
- Od papira izrežite krug površine jednake površini kuglinog odsječka. U sredini papira načinite rupicu kroz koju ćete obilježiti središte plohe.
- Na mjestima oznake izdubite rupicu. Prvo napravite manju i postupno je širite. Završni oblik rupice definirajte rotirajućim pokretom štapićem nešto većeg promjera od magnetne kuglice.
- U rupicu stavite magnetnu kuglicu.
- Rupicu prekriti komadom ljepljive trake. Prethodno na dijelu ljepljive trake koji prekriva rupicu nalijepite komadić selotejpa da se kuglica ne bi zalijepila za traku. (Na slici je umjesto selotejpa tamnija ljepljiva traka da se jasnije vidi koliki je.)



Slika 1 – Izrada modela tetraedarski koordiniranog atoma

Fig. 1 – Construction of model for tetrahedrally coordinated atom

(h) Stiropornu kuglicu omotajte ljepljivom trakom. Ljepljiva traka je od tkanine, prilično je elastična, pa se lijepo može omatati po površini kugle. Preko mjesta gdje se nalazi magnetna kuglica neka uvijek budu samo dva sloja trake, pri čemu jedan već postoji iz prethodnog koraka. Tako zamotana kuglica štiti stiropor od ljuštenja i ogrebotina, a magneti su sigurni od ispadanja. Ukoliko s vremenom magneti probiju na površinu kroz sve zaštitne slojeve, tada zakrpajte taj dio na jednak način.

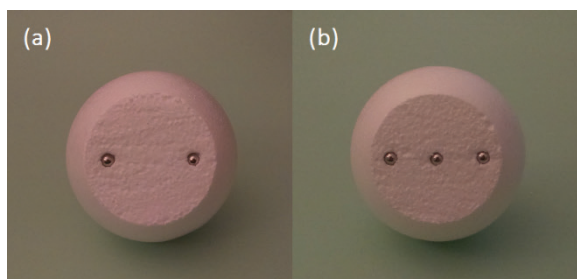
Napomena 1: Moguće je i na druge načine odrediti vrhove tetraedra na kuglici uz izradu dodatnih pomagala.^{11–14} Također se mogu izraditi sprave za preciznije rezanje kuglinih odsječaka.^{14–17}

Napomena 2: Model hidroksilnog atoma kisika te aminskeg atoma dušika također se mogu prikazati tetraedarski koordiniranom kuglicom od stiropora. U tom slučaju prazno mjesto kuglinog odsječka predstavlja položaj nepodijeljenog elektronskog para.

Napomena 3: Kod izrade modela hidroksilnog atoma kisika i aminskeg atoma dušika, umjesto tetraedarskog kuta, mogu se napraviti kutovi od 105° i 107° .

Prikazivanje višestrukih veza

Dvostruka veza prikazuje se dvjema, a trostruka trima magnetnim kuglicama na kuglinom odsječku (slika 2). Stiroporne kuglice vezane s više parova magneta teže je rastaviti, pa kvalitativno prikazuju odnos jakosti veza (jednostruka < dvostruka < trostruka).



Slika 2 – Izrada modela za prikaz višestrukih veza
Fig. 2 – Construction of models for multiple bonds

Izrada planarno koordinirane kuglice

Kod planarno koordiniranog atoma ugljika ($>C=$) dva kuglina odsječka imaju po jednu rupicu, dok se na trećem nalaze dvije. Te dvije rupice postavite tako da sve četiri rupice na kuglici leže u istoj ravnini (ili okomito na taj položaj). U protivnom model molekule etena ne bi bio planaran.

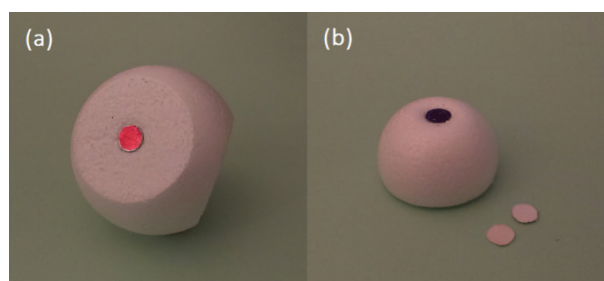
Izrada linearno koordinirane kuglice

Kod modela linearno koordiniranog atoma ugljika ($-C\equiv$) na jednom kuglinom odsječku je jedna rupica, a na drugoj tri rupice. Za modele spojeva alena ($=C=$) na obje plohe izdubite po dvije rupice, tako da sve četiri rupice leže u istoj ravnini.

Prikazivanje polarnosti

Za prikaz polarnosti dijelova molekula upotrebljavaju se pločasti magneti. Jednu stranu magneta obojite plavo (+), a drugu crveno (-). Bitno je da istoimeni polovi svih magneta budu obojani istom bojom.

Uzmimo za primjer model molekule vode. Na dva kuglina odsječka modela atoma kisika vezani su modeli atoma vodika. Na središta preostala dva kuglina odsječka možete položiti pločaste magnete okrenute crvenom (-) stranom prema vani. Ti pločasti magneti čvrsto su vezani za površinu jer su privučeni magnetnim kuglicama koje se nalaze tik ispod trake. Umjesto toga možete u samoj izradi modela atoma kisika na dva kuglina odsječka umjesto magnetnih kuglica ugraditi pločaste magnete i oblijepiti stiropornu kuglicu trakom (slika 3a).



Slika 3 – Modeli za prikaz polarnosti
Fig. 3 – Models for showing polarity

Model atoma vodika ima jednu magnetnu kuglicu na središtu kuglinog odsječka kojom se spaja s ostalim modelima atoma. Ako želite prikazati djelomični pozitivan naboj na atomu vodika, tada dodatno u vrh stiroporne kuglice utisnite pločasti magnet okrenut plavom (+) stranom prema vani (slika 3b). Od kartona izrežite krugove površine jednake površini pločastog magneta. Njih postavite preko pločastog magneta i zatim oblijepite stiropornu kuglicu trakom. Svrha kartona je udaljiti magnet od površine kuglice. Broj slojeva kartona odaberite prema tome koliko želite da je jaka veza između (+) dijela modela atoma vodika i (-) dijela na modelu atoma kisika. Taj spoj treba biti znatno slabiji od spoja magnetnih kuglica da bi otprilike odgovarao odnosu jakosti vodikove veze i kovalentne veze. Spoj treba biti dovoljno jak da možete složiti model kristala leda od 12 modela molekula vode. Protresite složeni model leda što odgovara dovođenju topline. On će se raspasti na klastere modela molekule vode, ali se model molekule vode neće raspasti na modele atoma kisika i vodika, čime ste prikazali da je kovalentna veza mnogo jača od vodikovih veza.

Bojanje

Ljepljive trake dostupne su u svim bojama koje su nam potrebne za modele. Trake u boji su skuplje, pa je jeftinija inačica sve kuglice omotati bijelom trakom i zatim ih spužvicom ili kistom premazati akrilnim bojama ili temperama. (Stiropor se ne smije bojati bojama koje sadrže organska otapala. Još jeftinija inačica je ne omatati stiroporne kuglice ljepljivom trakom, nego ih izravno bojati.)

Stabilnost modela

Modeli s magnetima prilično su čvrsti, posebice za slaganje modela manjih molekula. Rastavljaju se tek jačim protresanjem ili ako padnu. Stoga su prikladni za prenošenje iz ruke u ruku.

Ako se modeli oboje akrilnim bojama, postaju krutiji, ljepljiva traka gubi elastičnost, a time i spoj postaje osjetljiviji na trzaje i udarce. Iako za modele manjih molekula to nije problem, modeli molekula s duljim lancima ili modeli prstenastih molekula nisu prikladni za prenošenje iz ruke u ruku, ali se mogu složiti da stabilno stoje na stolu.

Primjerice, model molekule cikloheksana, u izvedbi bez bojanja, može se lagano tresti u rukama a da se ne raspadne. Njime se može bez poteškoća pokazati izmjena konformacija stolica-kolijevka. Kod modela obojanih akrilom teško je načiniti izmjenu konformacija a da se model ne raspadne. Taj problem može se izbjeći ako se dio trake koji prelazi preko magneta ostavi neobojanim tako da traka ostane elastična na tom dijelu. Drugo rješenje je dodati po jedan pločasti magnet između stiropornih kuglica koje čine prsten. Tada je spoj između stiropornih kuglica mnogo jači i vrlo se lagano mogu načiniti izmjene konformacija.

Modelima se mogu pokazati i molekulske vibracije. To omogućuje elastična traka koja dopušta da se stiroporne kuglice malo razmaknu, pri čemu su magnetne kuglice još uvijek spojene. Koliko će se stiroporne kuglice moći razmaknuti ovisi o veličini komadića selotejpa iz koraka (g) izrade modela.

Cijena

Cijena ukupnog materijala za izradu modela jednog ugljikovog atoma iznosi oko 7, a za model vodikovog atoma oko 3 kune (u inačici izrade gdje se kuglice boje akrilnim bojama).

Mjere opreza

Upoznajte se s mjerama opreza pri radu s neodimijским magnetima.¹⁸ Nikako ne dopustite da netko proguta magnet.

Literatura

References

1. Molymod modeli, URL: <http://www.molymod.com/sets.html> (10. svibnja 2015.)
2. N. Raos, Pojam materije u grčkoj filozofiji (II): atomizam, u: Nove Slike iz kemije, priručnik kemije u nastavi (ur. N. Raos), Školska knjiga i Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2004., str. 25–35.
3. M. E. Kenney, Lecture-size molecular models with magnetic couplings, *J. Chem. Educ.* **39** (1962) 129–130, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed039p129>.
4. URL: http://www.indigo.com/molecular_models/atomag/ (10. svibnja 2015.)
5. J. L. H. Johnson, S. H. Yalkowsky, A three-dimensional model for water, *J. Chem. Educ.* **79** (2002) 1088–1091, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed079p1088>.
6. J. S. Meek, Models for demonstrating overlap and intermolecular repulsions, *J. Chem. Educ.* **48** (1971) 112–113, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed048p112>.
7. URL: <http://www.3dmoleculardesigns.com/Education-Products/Water-Kit.htm> (10. svibnja 2015.)
8. URL: <http://www.3dmoleculardesigns.com/Teacher-Resources/Water-Kit/Basic-Lesson-Plans.htm> (10. svibnja 2015.)
9. URL: <http://neocubes.com/> (10. svibnja 2015.)
10. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Waals_radius (10. svibnja 2015.)
11. W. F. Head Jr., Inexpensive molecular models, *J. Chem. Educ.* **39** (1962) 568, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed039p568>.
12. J. P. Birk, J. Foster, Molecular models for the do-it-yourself, *J. Chem. Educ.* **66** (1989) 1015–1018, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed066p1015>.
13. B. Mattson, A device for making classroom molecular models, *J. Chem. Educ.* **71** (1994) 977–980, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed071p977>.
14. R. L. Barrett, A simplified procedure for making structural models, *J. Chem. Educ.* **39** (1962) 472, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed039p472>.
15. F. L. Lambert, Molecular models for lecture demonstrations in organic chemistry, *J. Chem. Educ.* **30** (1953) 503–507, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed030p503>.
16. C. R. Conard, H. E. Bent, A jig for making styrofoam molecular models, *J. Chem. Educ.* **46** (1969) 492, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed046p492>.
17. R. A. Walker, L. F. Davis, Jig for removing accurate spherical segments, *J. Chem. Educ.* **42** (1965) 417, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ed042p417>.
18. URL: http://www.supermagnete.de/eng/safety_neodymium.php (18. svibnja 2015.).

SUMMARY

Molecular Models: Construction of Models with Magnets

Petra Kalinović

Molecular models are indispensable tools in teaching chemistry. Beside their high price, commercially available models are generally too small for classroom demonstration. This paper suggests how to make space-filling (callote) models from Styrofoam with magnetic balls as connectors and disc magnets for showing molecular polarity.

Keywords

Chemistry education, molecular models

Braće Domany 6
10 000 Zagreb, Croatia

Professional paper
Received May 11, 2015
Accepted May 19, 2015