

# reaktor IDEJA 5

službeno glasilo Studentske Sekcije HDKI-ja | vol 4

ožujak 2020.

Od samoga početka, ljudi su imali razne ideje, filozofije, vjerovanja, provodili su pokuse i istraživanja kako bi mitove približili stvarnosti. Ljudi su kroz znanost proučili kakvog ga znamo, postoji zbog uspijeha koja je privukla njihovu pozornost u svoj posao, pomogli su im različitim izumima, učini Aristotel je bio genijal se biologijom, zoolo znanje u različitim tekstova sačuvar normu za daljn tek u zajedni znanstvenika koji su se pobili u teoriji i u praksi. Batio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim



## KEMIJSKI ORIGAMI

STR. 1

## OPASNI MATERIJALI U UMJETNOSTI

STR. 15



nomopolarni motor i otkrio elektromagnetsku indukciju. Dokazao je da mijenjanjem magnetskog polja dobijemo električno polje (Faradayev zakon). Konstruirao je i električni dinamo, što je preteča modernog generatora. Njemu u čast fizička jedinica za kapacitet nazvan je izumitelj i tehničar. Tesla na usavršavanju telegrafski aparat, kvadratni izum je i žarulja s niti od životnog vijeka američkom bila je poljska kemičarka, p svojom marljivošću i radnim zajedničkom radu sa svojim zvali i majkom atomske bom ratištu tijekom Prvog svjetsko je od trovanja radijacijom. Lo kao znanost i dokazao je da ve riješio problem koji je zbunjivao v vinskome talogu, dolazi do čudnog et



## ENERGIJA VJETRA

STR. 22

Ovo je otkriće impresioniralo utjecajne znanstvenike, a Pasteuru donijelo reputaciju. Na fermentaciji omogućio je Pasteuru da identificira promjene koje se događaju u određenim mikroorganizama. Ovo je bilo kulture pravih organizama za dobro pivo. pretoči u boce. Danas je taj proces poznat kao zarazne infekcije koja pogađa središnji živčani sustav. Isaac Newton je vrlo rano pokazao i vještinu u izradi razno uživa u dječjim nepodopštinama, mali je Isaac koji se sam navijao, mlin kojega je pokretao gravitacije koji upravlja nebeskim tijelima te tako je promatrao Jupiterove satelite. Teleskop je izradio

ISSN 2584-6884  
e-ISSN 2459-9247  
Zagreb



Želite li svaki mjesec znati što se događa  
na području kemijskog inženjerstva i općenito STEM području?

I uz to učiniti našu struku sjajnom?

To i mi želimo, ali smo tek studenti i zato to ne možemo učiniti sami.

Da bismo Vam svaki mjesec približili svježe informacije,  
treba nam velika pomoć!

Podržite rad Studentske sekcije donacijom

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa,  
Berislavićeva 6/I, 10000 Zagreb.  
OIB: 22189855239  
IBAN: HR5323600001101367680,  
Zagrebačka banka

Molimo da u opisu plaćanja navedete da je donacija namijenjena Studentskoj sekciji.  
Hvala!

*Reaktor ideja – više od studentskog časopisa.*



MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA

[www.mzo.hr](http://www.mzo.hr)



Urednici *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

predstavljamo Vam peti broj *Reaktora ideja* u akademskoj godini 2019./2020.

Zbog svih trenutačnih okolnosti, nadamo se da ste dobro, dobrog zdravlja i da Vam motivacija ne jenjava.

Ovaj broj posvećen je kemiji u umjetnosti. Iskoristite ovu priliku da saznate ponešto novo o jednoj iznimno širokoj temi te da barem malo skrenete pozornost sa svakodnevnih briga.

Nadamo se da ćete u ovim stranicama pronaći nešto zanimljivo i korisno.

S poštovanjem,

Mislav Matić,  
glavni urednik.

## IMPRESSUM

### Reaktor ideja

#### Uredništvo:

Berislavićeva ul. 6/I,  
10 001 Zagreb  
Tel: +385 95 827 9310  
Faks: +385 1 487 2490  
e-pošta: studenti@hdki.hr

#### Glavni urednik:

Mislav Matić  
(mmatic@fkit.hr)

#### Urednici rubrika:

Dubravka Tavra  
Karla Ribičić  
Aleksandra Brenko  
Leo Bolješić

#### Grafički dizajn:

Barbara Farkaš

#### Grafička priprema:

Mislav Matić  
Dubravka Tavra  
Karla Ribičić  
Aleksandra Brenko  
Leo Bolješić

#### Lektura:

Helena Bach-Rojecky  
Sofija Kresić

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 4 Br. 5, Str. 1–28

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)

Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja  
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,  
ožujak 2020.

#### SADRŽAJ

Kemijska posla .....	1
Znanstvenik .....	9
Boje inženjerstva .....	18
Stand-up kemičar .....	25





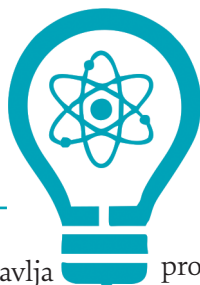
# KEMIJSKA POSLA

## I Kemijski origami

Katarina Sokač (FKIT)

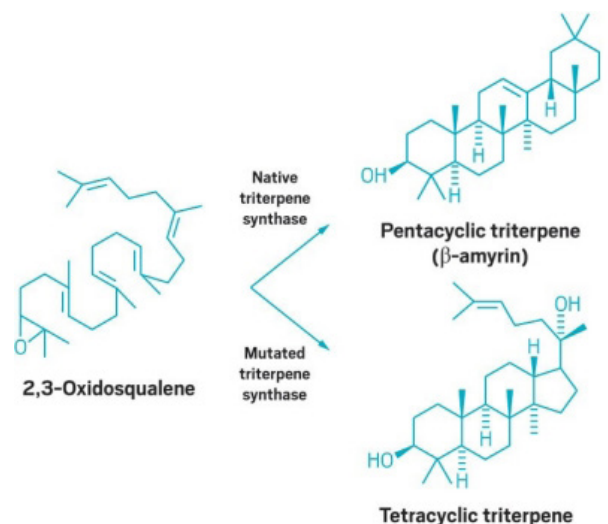
Origami u drevnoj japanskoj umjetnosti predstavlja različite načine savijanja jednog lista papira i njegovu pretvorbu u različite svakodnevne oblike, npr. cvijet ili određene životinje. Biljke također imaju tu mogućnost, međutim ne s papirom, već s kemijskim spojevima. „Kemijski origami“ podrazumijeva korištenje enzima za savijanje pojedinih molekula reaktanata i njihovo modificiranje u svrhu stvaranja mnogo varijacija.<sup>1</sup>

John Innes Centre, istraživački institut u Engleskoj, okuplja niz stručnjaka koji grade „triterpensi stroj“ nakon otkrića novog i vrlo vrijednog enzima koji savija linearne molekule u različite oblike kako bi im omogućio izradu vrijednih kemijskih spojeva triterpena po mjeri, te provođenje njihove proizvodnje u velikim i iznimno ekonomski isplativim količinama.<sup>1</sup> Triterpeni predstavljaju jednu od najbrojnijih i najraznovrsnijih skupina biljnih prirodnih proizvoda, odnosno veoma kompleksne molekule koje su većinom izvan dosega kemijske sinteze, a do danas ih je prijavljeno više od 20000. Jednostavni triterpeni sastojci su površinskih voskova i specijaliziranih membrana te potencijalno mogu djelovati kao signalne molekule, dok složeni glikozilirani triterpeni (saponini) pružaju zaštitu od



patogena i štetoina. Raspon primjene im je veoma širok u raznim sektorima.

Cilj znanstvenika istraživačkog instituta John Innes Centre je u suradnji s farmaceutskom, biotehnoološkom i poljoprivrednom industrijom poboljšati postojeće triterpene u svrhu proizvodnje lijekova s manje nuspojave ili pesticida s poboljšanim specifičnim svojstvima. Nadalje, potpuno novi i po mjeri dizajnirani triterpeni prema određenoj specifikaciji mogli bi dovesti do razvoja novih lijekova protiv tumora, zatim industrijskih kemikalija, agrokemikalija i kozmetike.



Slika 1 – Sinteza triterpenskih struktura katalizirana nativnim i mutiranim triterpenskim sintazama<sup>3</sup>



Profesorica Anne Osbourn već nekoliko godina proučava „kemijski origami“ koji stvara tu veliku skupinu biljnih spojeva. Navodi kako se neki triterpeni koriste u pićima kao sredstva za pjenjenje te kako se svi poznati triterpeni baziraju na skupu sličnih molekularnih „skela“ koje se presavijaju i tvore nove oblike, a poznavanje njihovih svojstava predstavlja mogućnost izrade potpuno novih triterpena u svrhu pripreme novih ili poboljšanja postojećih lijekova i industrijskih kemikalija. Važan dio origami procesa triterpena otkriven je gotovo slučajno. Prilikom analize zobi, čije su biljke bile izložene kemikaliji koja uzrokuje mutacije DNA, znanstvenici su otkrili nekoliko mutiranih verzija enzima pod nazivom SAD1. To je enzim triterpenska sintaza koji u svojem normalnom obliku pretvara linearnu molekulu 2,3-oksidoskvalena u pentacikličku skelu, tj. molekulu s 5 ugljikovih prstena. Daljnjom modifikacijom drugim enzimima dobiveno je na stotine različitih triterpenskih spojeva. Jedan mutirani oblik stvorio je tetracikličke skele s četiri ugljikova prstena. Prilikom pokušaja unošenja mutiranog enzima SAD1 u kvasac u svrhu stvaranja<sup>1</sup> velikih količina terpena, tim znanstvenika otkrio je da SAD1 pogoduje dioksidokvalenu kao supstratu, a ne 2,3-oksidoskvalenu.

Ciklizacija skvalena (odvija se u bakterijama) ili 2,3-oksidoskvalena (odvija se u gljivicama, životinjama i biljkama) do proizvoda sterola ili triterpena, jedna je od najsloženijih enzimskih reakcija poznata u metabolizmu terpena. U biosintezi sterola 2,3-oksidoskvalen ciklizira se u sterole lanosterol (u gljivicama i životinjama) ili cikloartenol (u biljkama) preko konformacije stolice-čamca-stolice. Za razliku od toga, u biosintezi triterpena taj supstrat presavijen je u konformaciju stolica-stolica-stolica prije ciklizacije u ogroman niz triterpena različitih skeletnih tipova. Većina raznolikosti triterpena javlja se u biljnom svijetu, iako i drugi organizmi proizvode triterpene. Primjeri uključuju sintezu iz skvalena u bakterijama i proizvodnju obrambenih triterpenskih glikozida od morskih krastavaca. U biljkama postoji više od 100 različitih triterpenskih skela, a ciklizacija triterpena tako može dovesti do širokog niza različitih triterpenskih struktura, polazeći od jednostavnog i sveprisutnog supstrata 2,3-oksidoskvalena. Ove triterpenske skele mogu tada osigurati temelj za daljnje modifikacije enzimima koji mijenjaju ili prilagođavaju triterpen enzime. Rezultat svega navedenog je ogromna strukturna raznolikost.<sup>2</sup>

Poznato je da se jednostavni triterpeni nakupljaju u epikutikularnom i intrakutikularnom sloju voska na površini stabljike i lišća i mogu imati fiziološku ulogu u zaštiti od dehidracije i biljojeda, lupeol sintaze se također preferiraju u korijenskim čvorovima određenih mahunarki, avenacin triterpenski glikozidi štite korijen zobi od napada gljivičnih patogena koji se prenose u zemlju, što uzrokuje velike prinose na pšenici, a drugi triterpenski glikozidi dobiveni od  $\beta$ -amirina pružaju otpornost na buhe.

Također se pojavljuju dokazi da triterpeni mogu imati ulogu u rastu i razvoju biljaka. Otkrivanje regulatora biosinteze triterpena predstavljat će daljnje važno područje budućih istraživanja jer faktori transkripcije specifični za taj put još nisu zabilježeni.<sup>2</sup>



Slika 2 – Prikaz DNA origamija<sup>4</sup>

Geni za biosintetske puteve triterpena organizirani su u nekim slučajevima u biljnim genomima kao metabolički genski klasteri, a velik napredak u razumijevanju gena, enzima i puteva potrebnih za sintezu ovih molekula predstavlja nove mogućnosti u metaboličkom inženjerstvu triterpena. Razvoj platformi za generaciju baziranu na sintetičkoj biologiji i funkcionalizacija triterpenskih skela omogućit će proizvodnju poznatih i novih triterpena i sustavno uspoređivanje bioloških i kemijskih svojstava tih molekula.<sup>2</sup>

#### Literatura

1. Mrežna stranica  
<https://www.sciencedaily.com/releases/2016/07/16071115523.htm> (pristup 12.03.2020.)
2. R. Thimmappa, K. Geisler, T. Louveau, P. O&#39;Maille, A. Osbourn, Triterpene Biosynthesis in Plants, Annu. Rev. Plant Biol. 65 (2014) 225-257
3. Mrežna stranica  
<https://cen.acs.org/articles/94/i29/Mutant-enzyme-provides-route-novel.html> (pristup 13.03.2020.)
4. Mrežna stranica  
<https://chemistry.berkeley.edu/news/scientists-use-dna-origami-alter-gene-expression-plants> (pristup 15.3.2020.)



Ana Vukovinski (FKIT)

Kroz 19. i 20. stoljeće umjetnost se razvijala u raznim pravcima, posebice slikarstvo. Najznačajniji umjetnički pravci iz tog vremena bili su romantizam, realizam, impresionizam te postimpresionizam, u kojem se ističe nova generacija umjetnika poput Vincent van Gogha, Paula Gauguina, Henria de Toulouse-Lautreca i sl. Svaki od navedenih slikara razlikovao se po svom umjetničkom stilu, a isto tako i po korištenim pigmentima. Kemija u tom kontekstu dolazi do izražaja upravo kada je riječ o pigmentima te na temelju raznim analitičkih postupaka može dati odgovore na davno postavljena pitanja.

Stabilnost pigmenta ovisi o njihovom kemijskom sastavu i kristalnoj strukturi. Kromirani žuti pigment koji je poznati postimpresionistički umjetnik Vincent van Gogh favorizirao u svojim neprocjenjivim remek-djelima poput *Suncokretali* i *Žute kuće* izazvalo je osjetljiv na određene vrste svjetla te bi trebao biti zaštićen, kako bi se spriječilo njegovo tamnjenje. Do tog su zaključka došli znanstvenici Američkog kemijskog društva (ACS) koji su svoja istraživanja iznijeli u časopisu *Analytical Chemistry*. Autor Koen Janssens, zajedno sa svojim kolegama, objašnjava da je kromirani žuti pigment koji su upotrebljavali van Gogh i drugi umjetnici toga vremena, posebice osjetljiv na tamnjenje pod utjecajem određenih valnih duljina svjetlosti.<sup>1</sup>

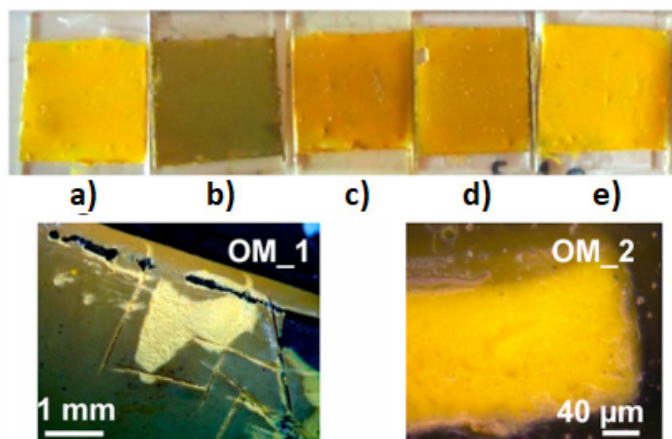


**Slika 1** – Slika Vincenta van Gogha, Suncokreti. Vidljiva je promjena u pigmentima koja je posljedica djelovanja svjetla

U prethodnim istraživanjima, znanstvenici su otkrili da je takva značajna promjena u boji slike djelomično posljedica promjene oksidacijskog stanja kroma u pigmentu. Naime, Cr(VI) prisutan u izvornom pigmentu, s vremenom se reducira u Cr(III). Također, većina pigmenta sadrži sumpor, najčešće u obliku sulfata što jednako tako igra važnu ulogu u kemijskoj pozadini umjetnina.

Primjenom različitih analitičkih metoda, kao što su FTIR, UV-Vis reflektancija i SR  $\mu$ -XANES spektroskopija, omogućena je karakterizacija materijala i definiran

je raspon valnih duljina UV-Vis spektra koje dovode do degradacije različitih vrsta kromiranih žutih pigmenta. Iako se u početku smatralo da samo promjena oksidacijskog stanja kroma utječe na promjenu boje, kroz ova istraživanja je utvrđeno da sulfatni anioni znatno doprinose raspadu pigmenta pod utjecajem svjetla. Analizirane su dvije komponente pigmenta,  $PbCrO_4$  i  $PbCr_{1-x}S_xO_4$ . Odlučeno je da će se ona komponenta koja sadrži sumpor u svojoj kristalnoj strukturi pod utjecajem svjetlosti raspasti, dok je komponenta  $PbCrO_4$  ostala sačuvana nakon djelovanja fotona. Također, koncentracija sumpora u samoj strukturi znatno utječe na proces tamnjenja pigmenta. Prilikom fotokemijskog zračenja na komponentu  $PbCr_{1-x}S_xO_4$  koja sadrži manje od 50 % sulfata, javlja se smanjena tendencija prema tamnjenju. Pigmenti bogatiji sulfatima ( $\geq 50\%$ ) pokazuju relativno visoku osjetljivost prema tamnjenju i prelasku u smeđu boju. Znanstvenici vjeruju da se takvo ponašanje može povezati s topljivošću određenih kristalnih struktura. Veća topljivost primijećena je kod ortorompskih oblika, za razliku od njihovih monoklinskih ekvivalenata. Tako dolazi do veće dostupnosti kromatskih iona koji potom sudjeluju u redoks-reakcijama. Tamnjenje pigmenta nastaje kao konačan rezultat ponašanja takvog kristalnog sustava.



**Slika 2** – a) izvorni pigment ( $PbCr_{0.2}S_{0.8}O_4$ ) podvrgnut zračenju b) UVA-Vis, c) UV, d) HEV (plava svjetlost) i e) IR kako bi se iniciralo starenje

Na temelju dobivenih rezultata, znanstvenici naglašavaju da je umjetnine potrebno zaštititi od izloženosti svjetlu s valnim duljinama kraćim od 525 nm, kako bi se izbjeglo fotoinducirano tamnjenje osjetljivih varijanti pigmenta na bazi olovnog kromata. U daljnjim radovima znanstvenici će se usredotočiti na brzinu razgradnje kroma u prirodnim pigmentima te na njen utjecaj na organska veziva koja su se također upotrebljavala u slikarstvu toga vremena.<sup>2</sup>

## Literatura

- <https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/presspacs/2012/acs-presspac-november-14-2012/preserving-van-goghs-priceless-masterpieces.html> (pristup 14.3.2020.)
- Monico, L., Janssens, K., Miliani, C., Van der Snickt, G., Brunetti, B. G., Cestelli Guidi, M., Cotte, M. (2012). Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Spectromicroscopic Methods. 4. Artificial Aging of Model Samples of Co-Precipitates of Lead Chromate and Lead Sulfate. *Analytical Chemistry*, 85(2), 860–867.



# Kako umjetnost i znanost prelaze sve postavljene granice?

Petra Tomulić (FKIT)

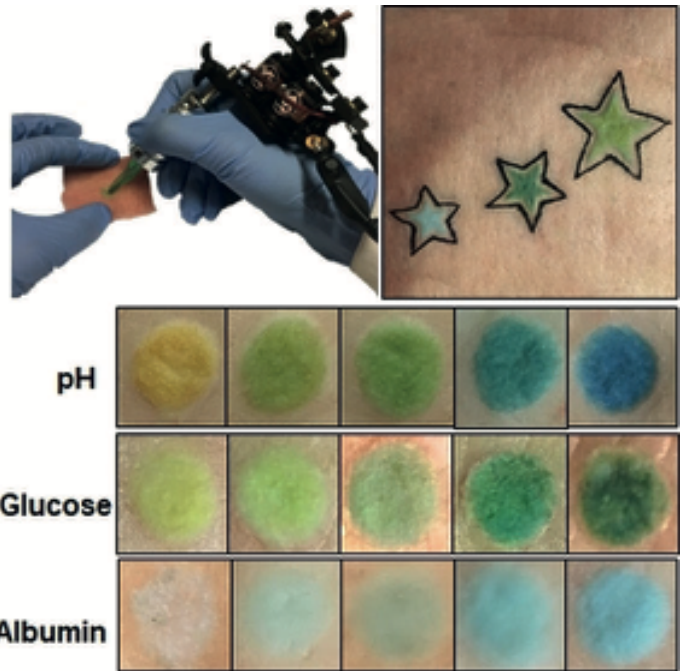
Umjetnost je uvijek bila prisutna u ljudskoj stvarnosti. Ona predstavlja način na koji čovjek izražava upečatljive situacije koje utječu na njegovo psihičko stanje. No, što ako gledamo s druge strane i umjetnost ne bude samo ekspresija stanja ljudskog uma, nego i ekspresija znanstvenih činjenica. Kombinacijom ovih dviju komponenti, koje se nalaze sa suprotne strane palete, moguće je ostvariti u potpunosti novu percepciju znanosti kroz umjetnost. Jedan od predstavnika tog koncepta jest zasigurno tetoviranje s ciljem detekcije raznih poremećaja unutar ljudskog imunološkog sustava.<sup>1</sup>

Tetoviranje je prisutno od 3300 god. pr. Kr, a kasnije su tetovaže nađene i na Egipatskim mumijama koje datiraju iz 2000. god. pr. Kr.<sup>2</sup> Kroz povijest, tetovaže su predstavljale simbole statusa i religijske simbole. Također su se koristile kao kazne, a nerijetko su bile pokazatelj emocija koje je pojedinac proživljavao kroz život.<sup>3</sup> Tetoviranje je postupak unošenja pigmenta iglom u kožu. Optimalna dubina je 2.0 mm, a s obzirom na kut postavljanja igle dobije se drugačiji estetski učinak.<sup>1</sup> Ako se tradicionalno korištene tinte zamijene s kolometrijskim biosenzorima, mogu se stvoriti kvantitativno osjetljive platforme.<sup>3</sup>

Znanstvenici su uspjeli sintetizirati dermalne biosenzore za detekciju pH, glukoze i albumina. Cilj tih biosenzora jest promjena boje te je na temelju toga moguće zamijetiti promjene u sustavu. Ispitivanja su se provodila *ex vivo*. Navedeni biomarkeri su bili odabrani za praćenje zato što su oni jedni od najbitnijih indikatora promjena u organizmu.<sup>1</sup>

Albumin je protein koji se nalazi u krvnoj plazmi te neke od glavnih funkcija su mu održavanje osmotskog tlaka, zadržavanje tekućina unutar krvnih žila te prijenos lijekova i raznih metabolita.<sup>4,5</sup> Ukoliko su prisutne manje koncentracije navedenog proteina, to dovodi do povećanja koncentracije toksičnih radikala u tijelu.<sup>6</sup> Glukoza je monosaharid koji predstavlja jedan od najbitnijih izvora energije u ljudskom sustavu.<sup>7</sup> Posebice je bitan monitoring koncentracija glukoze u krvi kod dijabetičara.<sup>8</sup> Također, potrebno je pratiti i pH krvi zbog mogućnosti previsokih (alkaloza) ili preniskih (acidoza) vrijednosti, što negativno utječe na ljudsko zdravlje.<sup>9</sup>

Koncentraciju svakog od navedenih biomarkera je moguće detektirati različitim unaprijed sintetiziranim tintama koje su tome namijenjene. Nakon injekcije tinte u kožu *ex vivo*, znanstvenici su primijetili da se boja tetovaže mijenja s obzirom na koncentraciju promatranog biomarkera. U prisutnosti veće koncentracije albumina, boja prelazi iz žute u zelenu, a kod velikih koncentracija glukoze boja se mijenja iz žute u tamno zelenu.



Slika 1 – Prikaz promjene boje tetovaže s promjenom koncentracija promatranih biomarkera. Taj postupak je rađen *ex vivo*, na svinjskoj koži.

Kod određivanja pH krvi, upotrijebljene su razne otopine koje se inače upotrebljavaju kao pH indikatori (bromtiol plavo, fenolftalein, metiloranž). Boje su u ovom slučaju varirale od svijetlo žute do plave, dok je pri neutralnim uvjetima bila prisutna zelena boja. Potrebno je naglasiti da su ovi postupci bili primijenjeni samo na uzorcima svinjske kože i da nisu još upotrijebljeni na ljudskoj.<sup>1</sup>

Otkriveno je i da pH senzori funkcioniraju povratno, odnosno moguća je konstantna promjena boje iz žute do plave, s obzirom na stanje u sustavu. Povratne reakcije, kod senzora za albumine i glukozu moguće je postići dodatkom sintetičkih receptora u pigmente koji se injektiraju.<sup>10,11</sup> Približne koncentracije gledanih spojeva se određuju preko kalibracijskih ljestvica. Znanstvenici predviđaju korisnost takve vrste tetovaža u raznim poljima medicine. Iako to nije još u potpunosti istraženo, pretpostavlja se da će promijenjena boja tetovaža omogućiti detekciju koncentraciju elektrolita,<sup>12</sup> proteina,<sup>13</sup> patogenih mikroorganizama,<sup>14</sup> plinova<sup>15</sup> te količinu vode u ljudskom tijelu.<sup>16</sup>

Tetovaže su oduvijek predstavljale čovjeka na neki način okolini. Nisu oduvijek smatrane umjetnošću, no u zadnjih nekoliko desetljeća su postale upravo to. Postale su umjetnost kojom čovjek odabire kako će ga okolina percipirati. Spajanjem znanosti i umjetnosti moguće je stvoriti u potpunosti novi koncept, gdje su naglašene sve bitne karakteristike jednog i drugog polja. To je moguće primijetiti na primjeru opisanog tetoviranja. Ovakav pristup znanosti i umjetnosti moguće je otvoriti vrata ka novim poljima koja mogu postati, svojim zanimljivim i neobičnim načinom, bliži široj javnosti.



## Literatura

1. Ali K. Yetisen, R. Moreddu, S. Seifi, N. Jiang, K. Vega, X. Dong, J. Dong, H. Butt, M. Jakobi, M. Elsner, and A. W. Koch, *Dermal Tattoo Biosensors for Colorimetric Metabolite Detection*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 58 (2019) 2 – 10.
2. <https://www.britannica.com/art/tattoo> (pristup 14.3.2020.)
3. K. Vega, N. Jiang, X. Liu, V. Kan, N. Barry, P. Maes, A. Yetisen, J. Paradiso in *Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, ACM, Maui, Hawaii, 2017, 138 – 145.
4. <https://www.britannica.com/science/serum-albumin> (pristup 14.3.2020.)
5. M. Joshi, M. Nagarsenkar, B. Prabhakar, *Albumin nanocarriers for pulmonary drug delivery: An attractive approach*, *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 56 (2020) 101529.
6. J. L. Throop, M. E. Kerl, L. A. Cohn, *Albumin in Health and Disease: Protein Metabolism and Function*, *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 26 (2004) 932 – 939.
7. <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=22390> (pristup 14.3.2020.)
8. A. Kratz, M. Ferraro, P. M. Sluss, K. B. Lewandrowski, *Laboratory Reference Values*, *N. Engl. J. Med.* 351 (2004) 1548 – 1563.
9. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=290> (pristup 14.3.2020.)
10. N. Jiang, H. Butt, Y. Montelongo, F. Liu, S. Afewerki, G. L. Ying, Q. Dai, S. H. Yun, A. K. Yetisen, *Laser Interference Lithography for the Nanofabrication of Stimuli-Responsive Bragg Stacks*, *Adv. Funct. Mater.* 28 (2017) 1702715.
11. A. K. Yetisen, N. Jiang, A. Fallahi, Y. Mon- telongo, G. U. Ruiz-Esparza, A. Tamayol, Y. S. Zhang, I. Mahmood, S. A. Yang, K. S. Kim, H. Butt, A. Khademhosseini, S. H. Yun, *Glucose-Sensitive Hydrogel Optical Fibers Functionalized with Phenylboronic Acid*, *Adv. Mater.*, 28 (2017) 1606380.
12. A. K. Yetisen, N. Jiang, A. Tamayol, G. U. Ruiz-Esparza, Y. S. Zhang, S. Medina-Pando, A. Gupta, J. S. Wolffsohn, H. Butt, A. Khademhosseini, S.H. Yun, *Paper-based microfluidic system for tear electrolyte analysis*, *Lab Chip*, 17 (2017) 1137–1148.
13. V. S. A. Piriya, P. Joseph, S. C. G. Daniel, S. Lakshmanan, T. Kinoshita, S. Muthusamy, *Colorimetric sensors for rapid detection of various analytes*, *Mater. Sci. Eng.*, 78 (2017) 1231– 1245.
14. S. M. Yoo, S. Y. Lee, *Optical Biosensors for the Detection of Pathogenic Microorganisms*, *Trends Biotechnol.* 45 (2016) 7 – 25.
15. J. Lee, S. Seo, J. Kim, *Colorimetric Detection of Warfare Gases by Polydiacetylenes Toward Equipment-Free Detection*, *Adv. Funct. Mater.*, 22 (2012) 1632 – 1638.
16. H. S. Jung, P. Verwilt, W. Y. Kim, J. S. Kim, *Fluorescent and colorimetric sensors for the detection of humidity or water content*, *Chem. Soc. Rev.*, 45 (2016) 1242 – 1256.



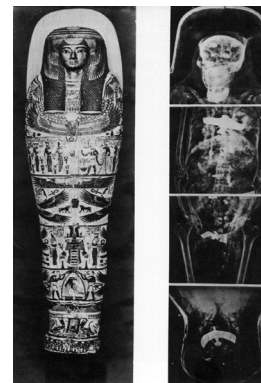
## X-zrake otkrivaju umjetnost

*Samanta Tomičić (FKIT)*

Wilhelm Conrad Röntgen je krajem 19. stoljeća otkrio novu vrstu zraka koje je, obzirom na to da mu je njihova priroda bila nepoznata, odlučio nazvati x-zrakama. Rendgenske ili x-zrake nastaju u vakuumskoj cijevi sudarom jako ubrzanih elektrona s čvrstim tijelom te spadaju u elektromagnetsko zračenje valne duljine od 10 do 0,01 nm. Posebna svojstva ovih zraka su što mogu prolaziti kroz materijale koji onda apsorbiraju ili reflektiraju vidljivu svjetlost, bacaju oštre sjene te u nekim tvarima izazivaju fluorescenciju.<sup>1</sup> Iako je najpoznatija primjena x-zraka u medicini, ova vrsta zračenja nalazi primjenu i u drugim djelatnostima kao što je umjetnost.

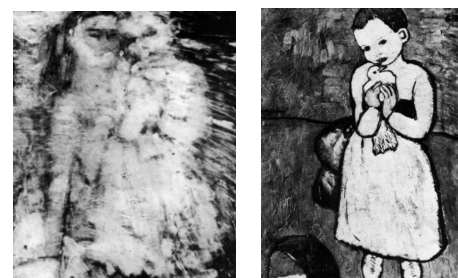
Radiografija je veoma praktična metoda u analizi umjetnina jer se dolazi do relativno mnogo podataka o djelu bez da ga se na ikakav način ošteti. Rendgenske se zrake apsorbiraju prolaskom kroz umjetničko djelo, a sposobnost apsorpcije ovisi o sastavnim dijelovima umjetničkog dijela. Sastavni dijelovi su: baza (platno, drvo), pripravnici, sloj boje te zaštitni sloj. Pod pretpostavkom jednake debljine slikanog sloja i odnosa pigmenta i veziva, boje s pigmentima od elemenata većeg atomskog broja, npr. olovno bijela boja, apsorbiraju zrake mnogo jače nego pigmenti s elementima manjeg atomskog broja, npr. azurna boja.<sup>2</sup>

Pomoću te metode jasno se vide dijelovi sarkofaga te položaj mumije bez potrebe otvaranja i oštećivanja sarkofaga. Navedena tehnika pokazuje pozlatu, stupanj korozije na željeznim i brončanim objektima, premaze, izvorne natpise.



Slika 1 – Sarkofag i radiogram

Rendgenska snimka omogućuje i prikaz slike koja se nalazi ispod one koja je vidljiva oku. Radiogram Picassove slike pokazuje da čak i u moderno vrijeme slikari rabe platna koja su već prije bila upotrebljavana. Za to djelo autor je upotrijebio platno na kojem je već bio nacrtan portret žene. Pomoću radiograma vidi se da oba djela pripadaju istom razdoblju autorova stvaralaštva.<sup>3</sup>



Slika 2 – Pablo Picasso: Slika i radiogram slike *Djevojčica s golubom*

## Literatura

1. <https://geek.hr/znanost/clanak/wilhelm-rontgen-otac-x-zraka/> (pristup: ožujak 2020.)
2. H. Gregorić: *Primjen rendgenskog snimka u analizi drvene skulpture anđela s oltara Sv. Josipa*, 2003.
3. I. Mladinović: „X-zrake u umjetnosti“



# Prevođenje proteina u glazbu

Daniela Vasiljević (FKIT)

Iako prevođenje proteina u glazbu zvuči apstraktno, taj spoj znanosti i umjetnosti je očaravajuć. Znanstvenici na MIT-u razvili su sustav za pretvaranje molekularnih struktura proteina u zvučni zapis koji nalikuje kratkom zapisu glazbene kompozicije. Preokrećući proces, mogu se uvesti neke varijacije u glazbu i pretvoriti je u nove bjelančevine koje nikada u prirodi nisu viđene.

Proteini su velike molekule koje naše stanice trebaju da bi pravilno funkcionirale. Sastoje se od aminokiselina te postoji oko 20 aminokiselina. Ovih 20 aminokiselina može se organizirati na milijune različitih načina kako bi se stvorili milijuni različitih proteina, a svaka ima specifičnu funkciju u tijelu. Strukture se razlikuju prema slijedu u kojem se kombiniraju aminokiseline. Struktura i funkcija našeg tijela ovisi o proteinima. Proteini su potrebni za regulaciju tjelesnih stanica, tkiva i organa, također mišići, koža, kosti i drugi dijelovi ljudskog tijela sadrže značajne količine proteina, uključujući enzime, hormone i antitijela. Proteini također djeluju kao neurotransmiteri. Hemoglobin, nositelj kisika u krvi, je protein.<sup>2</sup> Njihove strukture, uključujući i način na koji se savijaju u oblike, koji često određuju njihove funkcije, su izuzetno komplicirane, kao da imaju svoj jezik, ali mi ga još nismo dešifrirali.<sup>1</sup>

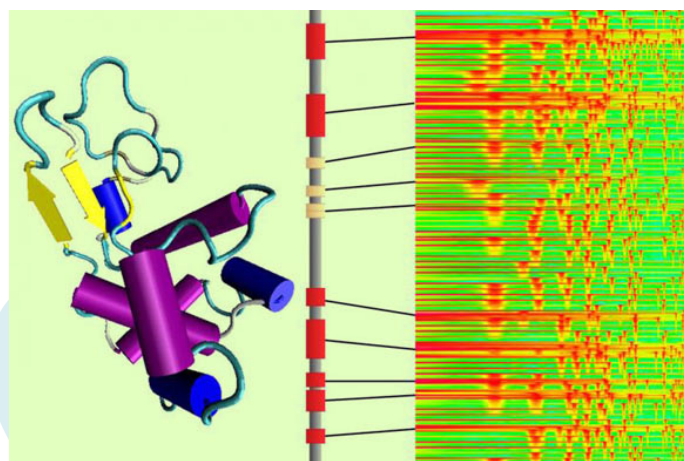
Smisao prevođenja proteina u glazbu je postići bolji uvid u razumijevanje proteina i njihove velike raznolikosti. Prevedeći taj nepoznati jezik u drugi oblik na koji su ljudi posebno dobro naviknuti i koji omogućava da se različiti aspekti informacija kodiraju u različitim dimenzijama - visini, volumenu i trajanju, znanstvenici se nadaju steći nove spoznaje u odnosu i razlikama između različitih skupina proteina i njihovih varijacija.<sup>1</sup> Sustav pretvaranja proteina u glazbu nije nimalo jednostavan. Dosad je pružen način prevođenja niza proteina aminokiselina u glazbeni niz, koristeći fizička svojstva molekula za određivanje zvukova. Tonovi i odnos između tonova se temelji na stvarnim vibracijskim frekvencijama od svake molekule aminokiselina koje su izračunate pomoću teorija iz kvantne kemije.<sup>1</sup>



Slika 1 – Ilustracija prevođenja proteina u glazbu

Taj sustav je razvio Markus Buehler, profesor inženjerstva i voditelj Odjela za građevinsko i okolišno inženjerstvo na MIT-u, zajedno s postdoktorskim istraživačem Chi Hua Yu te još dvojicom drugih znanstvenika. Prenijeli su jedinstvene prirodne vibracijske frekvencije 20 vrsta aminokiselina, građevne blokove koji se spajaju u lance kako bi tvorili sve proteine u zvučne frekvencije koje ljudi mogu čuti. Na taj su način stvorili ljestvicu koja se sastoji od 20 jedinstvenih tonova. Za razliku od glazbenih nota, svaki se ton aminokiseline sastojao od prekrivanja različitih frekvencija, slično kao akord.<sup>3</sup> Iako takva ljestvica zvuči nepoznato ljudima naviknutim na današnju glazbu, slušatelji mogu lako prepoznati odnose i razlike nakon što se upoznaju sa zvukovima. Buehler kaže, da je nakon slušanja rezultirajućih melodija, sada u stanju razlikovati određene aminokiselinske sekvence koje odgovaraju proteinima sa specifičnim strukturnim funkcijama.<sup>1</sup>

Za prevođenje proteina u glazbu koristio se sustav umjetne inteligencije, kako bi proučio sve melodije proizvedenih od širokog spektra različitih proteina. Umjetna inteligencija opisuje područje računalne znanosti koje se bavi razvojem inteligentnih alata (strojeva, aparata, aplikacija) koje reagiraju i uče kao ljudi. Tehnološki dizajn takvog sustava, između ostalog, uključuje razumijevanje i analizu jezika, govora, slike, prema čemu sustav uči kako reagirati, planirati ili rješavati određene zadatke.<sup>4</sup> Znanstvenici su uveli male promjene u glazbeni niz ili stvorili potpuno nove nastavke koje su uveli u sustav umjetne inteligencije, zatim su zvukove pretvorili u bjelančevine koje odgovaraju modificiranim ili novo dizajniranim verzijama.<sup>1</sup> Umjetna inteligencija je naučila jezik kako su dizajnirani proteini, a može ga kodirati kako bi stvorio varijacije postojećih verzija ili potpuno nove dizajne proteina, kaže Buehler.<sup>1</sup>



Slika 2 – Predstavljanje proteina u glazbenom prostoru pomoću umjetne inteligencije

Treniranje sustava umjetne inteligencije s skupom podataka za određeni niz proteina, može potrajati nekoliko dana, ali onda se može proizvesti dizajn nove varijante niza proteina u mikrosekundi.<sup>1</sup> Znanstvenici su preveli nekoliko proteina u audio sekvence, a trajanje svakog tona određeno je različitim 3D strukturama koje čine molekulu.<sup>2</sup>



## KEMIJSKA POSLA

Najteža aminokiselina, triptofan, ima najniži ton, dok najlakša aminokiselina, glicin, ima najviši ton. Proteinska sekundarna struktura se koristi za stvaranje ritma.<sup>5</sup> Među proteinima koje je tim uglazbio su mioglobin kitove sperme, molekula koja veže kisik te omogućuje kitovima da rone čak 2 km duboko, protein svile i antimikrobni enzim lizocim.

Nedostatak je u tome što model ne govori što se zapravo događa unutra. Metoda još ne omogućuje bilo kakve usmjerene preinake, bilo kakve promjene svojstava kao što su mehanička čvrstoća, elastičnost ili kemijska reaktivnost bit će u osnovi slučajne. Kada se stvori nova varijanta proteina, nema načina da se predvidi što će učiniti.

Istraživači smatraju da bi taj pristup mogao pomoći umjetnoj inteligenciji da prepozna skrivene principe dizajna koji svakom proteinu daju funkciju. Tada algoritam može uvesti promjene i pretvoriti glazbu u aminokiselinske sekvence, što bi eventualno moglo omogućiti znanstvenicima da prilagode proteine za posebne aplikacije. Algoritmi prevodenja proteina u glazbu bi mogli riješiti i druge problema, poput nanomaterijalnog dizajna.<sup>5</sup> To istraživanje nam je u neku ruku dokazalo da molekule nisu statične već da se pomiču i vibriraju. Svaka stanica je skup vibracija te taj koncept možemo koristiti kao način opisivanja materije.

Prevodenjem proteina u glazbu smo puno toga otkrili o proteinima i kako oni funkcioniraju u živim bićima.

Napretkom umjetne inteligencije, jednog dana ćemo saznati što se zapravo događa unutar proteina i moći ćemo bolje razumjeti njihove strukture. Znanstvenici koji su radili na tom sustavu su stvorili glazbene skladbe razvijene iz zvukova aminokiselina te su stvorili besplatnu Android aplikaciju za pametne telefone, pod nazivom Amino Acid Synthesizer, za reprodukciju zvukova aminokiselina i snimanje proteinskih nizova kao glazbenih sastava, tako da poslušajte što se događa u svim živim bićima.

### Literatura

1. Massachusetts Institute of Technology, Translating proteins into music, and back: By turning molecular structures into sounds, researchers gain insight into protein structures and create new variations, ScienceDaily, 26 June 2019., <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/06/190626125052.htm> (Pristup 15. ožujka 2020.)
2. Medical News Today, How much protein does a person need?, 2018., <https://www.medicalnewstoday.com/articles/196279> (Pristup 15. ožujka 2020.)
3. Sci News, Researchers Translate Proteins into Musical Compositions, and Back, 2019. <http://www.sci-news.com/biology/protein-music-07362.html> (Pristup 15. ožujka 2020.)
4. Europska komisija - Predstavništvo u Hrvatskoj, Što je to AI (umjetna inteligencija) i trebamo li je se bojati?, 2020., [https://ec.europa.eu/croatia/basic/what\\_is\\_artificial\\_intelligence\\_hr](https://ec.europa.eu/croatia/basic/what_is_artificial_intelligence_hr) (Pristup 15. ožujka 2020.)
5. Chemistry World, Translating molecules into music helps humans and AI understand proteins, 2019., <https://www.chemistryworld.com/news/translating-molecules-into-music-helps-humans-and-ai-understand-proteins/3010680.article> (Pristup 15. ožujka 2020.)

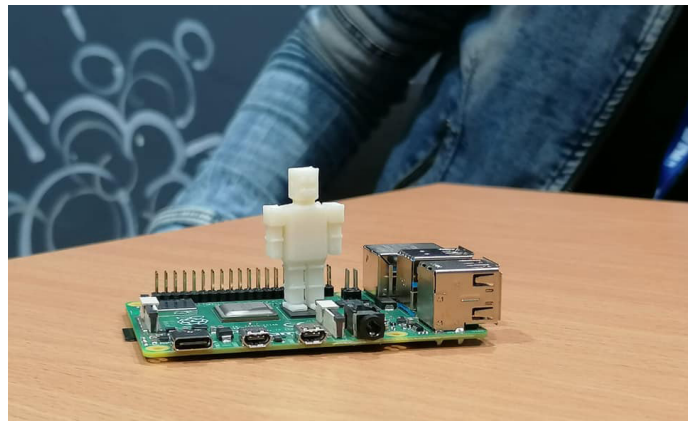


## Zimska škola robotike

*Bruno Palavra (FKIT)*

Zimska škola robotike koja se održavala od 24. 2. do 25. 2. 2020., nastojala je približiti studentima automatiku, te sam izgled industrije i svijeta kakav nas očekuje u skoroj budućnosti. Prvi dan je tema bila 3D printanje, a Udruga FabLab je imala uvod u 3D printanje i izradu računalnih modela za 3D printanje, također su pričali o širokoj primjeni 3D printanja. O razvoju materijala za 3D printanje mikroreaktora je govorio izv. prof. dr. sc. Domagoj Vrsaljko, ističući prednosti i mane mikroreaktora, kao i značaj materijala koji ga gradi. Na kraju prvog dana je bio mag. ing. Alan Divjak, s temom 3D printanja funkcionalno gradiranih materijala, koji imaju primjenu u oponašanju dijelova ljudskog tijela te se njegov rad temelji na konstrukciji ljudske čeljusti.

Drugi dan je otvorila mag. ing. cheming. Marija Lukić, s temom industrije 4.0, tj. industrije automatizma koja će možda jednog dana zamijeniti čovjeka, ali i olakšati mu život. Nastavio je Ante Medić iz tvrtke Pulsar Laboratories, koja se bavi razvojem i optimiranjem tehničke opreme, također podupiru *start-up* tvrtke, tako



su pomogli i sa sljedećom temom, a to je razvoj pametnih gaming tenkova, takozvanih Ironbullova.

Tin Mihaljevski Boltek je bio sljedeći na redu, s temom svojeg završnog rada koja je bila projektiranje quadrotora, odnosno izrada drona. Zadnje predavanje je imao Milan Domazet, s temom pregleda plinovoda bespilotnim letjelicama koje je uvelike olakšalo izvršavanje tog posla.

Poslije predavanja je slijedila radionica koja je bila u suradnji s Hrvatskim Robotičkim Savezom, radionica je naučila sve sudionike automatsko upravljanje malim električnim sklopovima.



# Znanstveni dan u Bunkeru

Ana Vukovinski (FKIT)

U sklopu projekta Boje inženjerstva Studentske sekcije HDKI-ja te u suorganizaciji Centra za mlade Bunker, u Samoboru je 7. ožujka ove godine održan prvi Znanstveni dan u Bunkeru. Cilj tog projekta bio je okupiti 40-ak učenika OŠ Bogumila Tonija i OŠ Samobor kako bi im se kroz niz eksperimenata i interaktivnih radionica približila kemija i znanost općenito.

Na samom početku su naše studentice, Leonarda Vugrin i Ana Vukovinski, održale interaktivno predavanje Kemija od samih početaka do danas, predstavile Studentsku sekciju HDKI-ja te Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije. Nakon uvodnog predavanja okupljeni učenici bili su podijeljeni u timove te uz pomoć svojih mentora krenuli u istraživanje kemije kroz razne eksperimente. Osim što su puno toga naučili od vrijednih studentica koje su detaljno objašnjavale pokuse i ispitivale ih razna pitanja, učenici su imali prilike pokazati svoje znanje i na Znanstvenom kvizu. Na temelju točnih odgovora iz područja kemije, fizike i biologije imali su priliku skupljati bodove koji su ih na kraju dana doveli do vrijednih nagrada.

Osim kroz interaktivno predavanje, djevojke iz Eko Globusa su preko raznih eksperimenata istaknule važnost brige o okolišu. Tako su djeca mogla testirati kiselost i lužnatost svježih i onečišćenih zemalja ili pak naučiti kako se voda iz industrije može pročistiti i manje štetiti prirodi.



Slika 2 – Učenici su mogli testirati pH vrijednost različitih uzoraka zemlje

Nakon zanimljivih predavanja uslijedila je interaktivna igra brzog crtanja, tzv. Pictionary u kojem su učenici podijeljeni u grupe morali u što kraćem vremenu pogoditi što više pojmova iz područja kemije, fizike i biologije. Nakon toga uslijedio je Lov na blago, koji su osmislile naše članice pod vodstvom Tine Zubović. Brzinom i znanjem učenici su prelazili prepreke i davali odgovore na razne zagonetke koje su ih na kraju dovele do nagrada. Za kraj Znanstvenog dana, održane su četiri radionice na kojima su učenici samostalno mogli napraviti prirodni balzam za usne ili ljekoviti melem, kupke za kupanje, molekule od plastelina ili pak prenamijeniti otpadni materijal poput starih plastičnih boca i tkanina.



Slika 1 – Tvrtka Ru-Ve d.o.o., glavni sponzor projekta i suorganizator Centar za mlade Bunker



Slika 3 – Kreativne radionice

Nakon što su se osnovnoškolci upoznali s kemijskim eksperimentima, djevojke iz novog projekta Studentske sekcije HDKI-ja, Eko Globus, održale su predavanje Kako kemijom štitimo okoliš. Cilj tog projekta je osvijestiti učenike o vodećim globalnim problemima, upoznati ih s održivosti ekosustava, potaknuti ih da savjesno recikliraju i da stečena znanja prenose na svoje bližnje kako bi zajedno činili pozitivne promjene u okolišu. Dubravka Tavra i Petra Tomulić istaknule su neke od najvećih problema s kojima se danas susrećemo kada je riječ o zaštiti okoliša te na koji način možemo spriječiti dodatna onečišćenja.

Na kraju Znanstvenog dana u Bunkeru predsjednica projekta Boje inženjerstva, Leonarda Vugrin, svečano je proglasila četiri pobjednika, najaktivnija učenika koji su najbolje pokazali stečeno znanje iz kemije te im dodijelila vrijedne nagrade. Sve to ne bi bilo moguće bez suorganizacije Centra za mlade Bunker te sponzorstva tvrtke Ru-Ve d.o.o. koja prepoznaje naš potencijal već više od godinu dana i s kojom ostvarujemo ugodnu suradnju. Nadamo se da će ovakvih projekata biti što više kako bismo dobili dodatne prilike popularizirati znanost među djecom i mladima.



# ZNANSTVENIK

## Kakva se kemija skriva iza bojanja jaja?

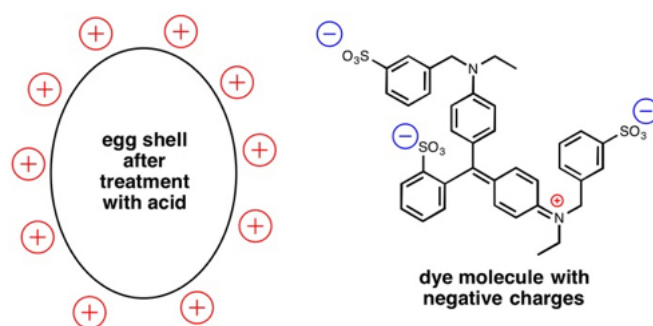
Dubravka Tavra (FKIT)

Bliži nam se Uskrs, a time i tradicionalno bojanje jaja. Svako područje svijeta, pa tako i Hrvatske ima svoje načine i tehnike kako ih boja. Naravno, kemija je prisutna u svakom dijelu tog postupka i upravo ona objašnjava na koji način se boja „prima“ za jaje, o čemu ovisi intenzitet svake boje te mnoga druga pitanja vezana uz taj postupak.

Prije početka bojanja klasičnim praškastim ili kapljevitim bojama iz trgovina dodaje se ocat u vodu kako bi pospješio proces. No, pitanje je zašto? Kada se ocat (razrijeđena vodena otopina octene kiseline) stavi u posudu s jajima događa se više procesa na površini ljuske koji su odgovorni za bolje prianjanje boje. Prvo što je vidljivo je stvaranje mjehurića oko jaja, što je rezultat reakcije octene kiseline s kalcijevim karbonatom,  $\text{CaCO}_3$ , iz ljuske jaja. Time se povećava njihova površina i više su izložena boji. Paralelno s time događa se i drugi proces. Molekule raznih boja zapravo su natrijeve soli derivata fenolne kiseline. Disocirajući u vodi nastaju pozitivni natrijevi ioni,



kao i negativno nabijeni dijelovi organskih molekula. Dodavajući kiselinu, koja je u teoriji proton donor, otpustiti će se vodikovi pozitivni ioni i reagirat će s proteinima u tankom sloju kutikule jajeta. Proteini postaju protonizirani, što znači da se na površini ljuske jajeta stvara više pozitivnih naboja.<sup>1</sup> Ti se pozitivni naboji lako vežu na molekule boje, koje su negativno nabijene, a boja tako prianja i veže se za površinu jaja.

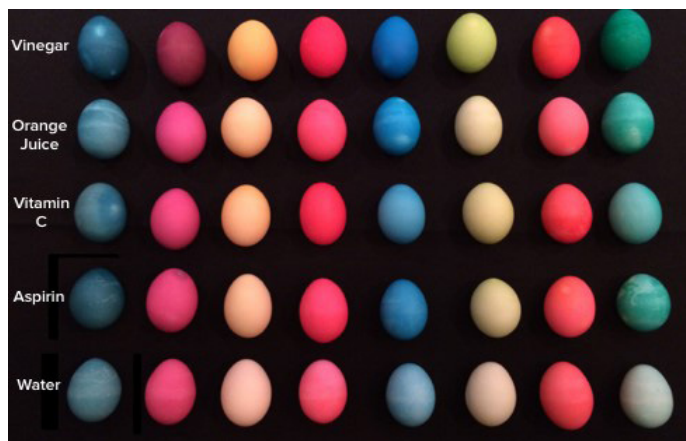


Slika 1 – Pozitivno nabijena ljuska jajeta nakon dodavanja octa (desno) i negativno nabijeni dijelovi molekula boja (lijevo)<sup>2</sup>

Ocat je samo jedan od primjera kiseline u kućanstvu koji pospješuje bojanje jaja. Umjesto octa, mogu se upotrebljavati i druge kisele tvari koje imamo u kućanstvu poput soka agruma, otopine



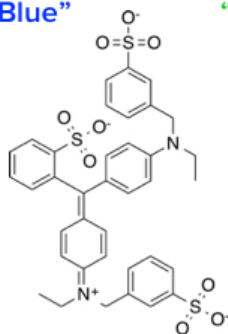
vitamina C i otopine aspirina (acetilsalicilna kiselina).<sup>3</sup> Ovisno o njihovim konstantama kiselosti, obojenje će biti više ili manje intenzivno što se i vidi na slici 2. Što je veća konstanta, kiselina je jača, a obojenje većinom intenzivnije, iako dolazi i do nekih odstupanja.



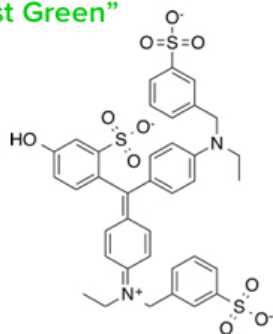
Slika 2 – Različiti intenziteti obojenja jaja u različitim kiselim otopinama, 1. red obojenje u octu, 2. red u soku od naranče, 3. red u otopini vitamina C, 4. red u otopini aspirina i 5. red u čistoj vodi<sup>2</sup>

Nadalje, zanimljivo je i objašnjenje kako vidimo boju na ljuski, odnosno zašto ih vidimo takvima kakve jesu. Kao što je već spomenuto, boje za jaja organske su molekule. Kada bijela (sunčeva) svjetlost pogodi elektrone u tim molekulama, doći će do procesa apsorpcije i refleksije. Točnije, neke valne duljine će se apsorbirati, druge reflektirati, a boja koju vidi ljudsko oko bit će komplementarna apsorbiranim valnim duljinama. Na primjer, tijelo će imati crvenu boju ako obasjano bijelim svjetlom najjače apsorbira modro-zeleni dio spektra pa zato i kažemo da su modro-zelena i crvena komplementarne boje. Tvari koje dodamo mogu modificirati molekule na površini ljuske jaja, a bilo kakva modifikacija, koliko god mala bila, dovodi do toga da će nove molekule različito apsorbirati od prethodnih, tj. reflektirat će drugi dio spektra. Jednostavna supstitucija atoma vodika,  $-H$  s hidroksilnom skupinom,  $-OH$  promijenit će plavo reflektirajuću molekulu u zelenu.<sup>2</sup> (slika 3)

Blue No. 1  
"Brilliant Blue"



Green No. 3  
"Fast Green"

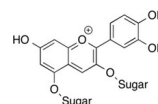


Slika 3 – Molekula desno reflektira plavu svjetlost, a molekula s dodanom  $-OH$  skupinom lijevo reflektira zelenu svjetlost<sup>2</sup>

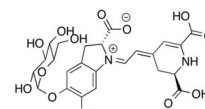
Prije svih sintetičkih boja koje danas kupujemo u trgovinama, jaja su se bojala prirodnim bojama koje često danas upotrebljavaju i naše bake. Iza prirodnih boja također stoji mnoštvo znanstvenih činjenica.

Antocijanini su u vodi topivi biljni pigmenti koji na svijetlu reflektiraju od tamnocrvene do plavo-ljubičaste boje i vrlo često se upotrebljavaju u ukrašavanju jaja.<sup>4,5</sup> Nalaze se u mnogim plodovima poput borovnica i grožđa, a često se u primjeni upotrebljava crveni kupus prilikom uskršnjeg bojanja. Također, antocijanini su prisutni i u kori crvenog luka kojim se jaja često boja u našem podneblju. Za crvenkastu prirodnu boju zaslužni su betanini (E162), a najčešće se dobivaju iz crvene repe, cikle. U prehrambenoj industriji može se upotrebljavati ne samo kao boja, već i kao prirodni i snažni antioksidans što je dodatan poticaj za prirodno bojanje.<sup>4</sup> Prirodna žuta boja potječe od pigmenta kurkumina koji je najvrjedniji dio korjenaste biljke kurkume. Njegova je oznaka na prehrambenim proizvodima E100. Također ima razne prednosti, između ostalog djeluje protuupalno i ima antioksidativna svojstva. Ljudi upotrebljavaju još mnoštvo tvari iz prirode za dobivanje raznih boja pa tako zelenu boju dobiju kuhanjem jaja u špinatu, smeđu kuhanjem u jakoj turskoj kavi ili ljuskama oraha itd.

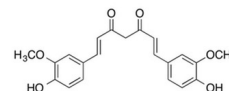
### Anthocyanins from red cabbage



### Betanin from beets



### Curcumin from turmeric



Slika 4 – Molekula antocijanina iz crvenog kupusa, betanina iz crvene repe i kurkumina iz kurkume<sup>2</sup>

Bilo prirodna bilo sintetička bojila, u svakom slučaju kemija stoji iza svih njih. Kako znanost napreduje tako bi se i u bližoj budućnosti mogli pojaviti i inovativniji načini bojanja kao i novi pigmenti i učiniti ovu tradiciju još zanimljivijom.

### Literatura

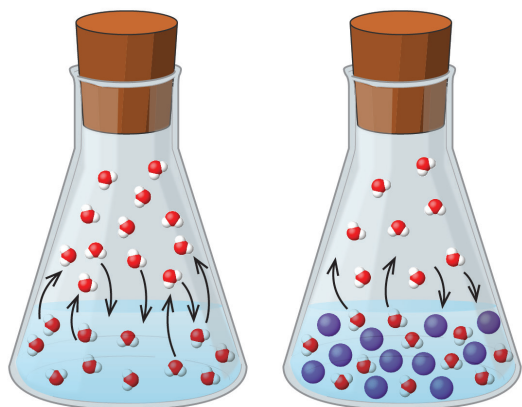
- <https://www.wired.com/2015/04/science-behind-perfectly-dyed-easter-egg/> (pristup 12.3.2020.)
- <https://www.sciencefriday.com/educational-resources/eggs-to-dye-for/> (pristup 12.3.2020.)
- <https://www.education.com/science-fair/article/coloring-colorfastness-art-dyeing/> (pristup 14.3.2020.)
- Mičević, S., Betalaini, Tepić, A., *Bojene materije voća i povrća, Tehnologija hrane*, Novi Sad, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, 2012
- Rimac Brnčić, S., Badanjak Sabolović, M., Vaško, M., Brnčić, M., Knežević, N., *Stabilnost prirodnih prehrambenih bojila*, Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam, 11 (2016) str. 71. - 78.

# Apsolutna nula i Bose-Einsteinov kondenzat

*Hrvoje Tašner (FKIT)*

Kvantna fizika opisuje svijet na najmanjoj i najosnovnijoj razini koji je potpuno različit od makrosvijeta na koji smo navikli. Nadasve je čudesan i kontraintuitivan, na primjer sve tvari imaju dvojni valno-čestičnu prirodu i može se reći da takva tvar može biti "svugdje i nigdje odjednom". Mnogo je takvih neobičnih fenomena, a jedan od njih je i Bose-Einsteinov kondenzat. Priča Bose-Einsteinova kondenzata počinje puno prije istraživanja same kvantne fizike, zapravo je posljedica želje za istraživanjem hladnoće i težnjom za postizanjem najnižih mogućih temperatura.

Jedan od prvih pionira istraživanja hladnoće bio je nizozemski alkemičar Cornelius Drebbel te je otkrio da se dodavanjem raznih soli u led smjesa hladi.<sup>1</sup> Svoje otkriće demonstrirao je engleskom kralju Jamesu I. hladeći dvoranu palače čime je visoke ljetne temperature spustio na ugodnu razinu. Corneliusovom mističnom pristupu protivio se Francis Bacon, koji je zagovarao znanstveni pristup temeljen na eksperimentu, međutim razbolio se tijekom provođenja jednog od eksperimenata o hladnoći i preminuo od upale pluća. Nakon Baconove smrti mnogi naučnici toga doba nastavili su istraživati toplinu i hladnoću, a jedan od najznačajnijih bio je Robert Boyle. Jedna od najraširenijih ideja u 17. stoljeću o hladnoći bila je da je to tvar koja ulazi u tijelo i tako ga hladi. Boyle se nije slagao s tom idejom, stoga je proveo eksperimente kako bi je testirao. Napunio je bačvu vodom te ju izvagao, potom ju je ostavio na niskoj temperaturi da se voda smrzne te je ponovno izvagao. Uočio je da se masa nije promijenila i zaključio da hladnoća nije tvar koja ulazi u tijela, nego da je povezana s gibanjem čestica.



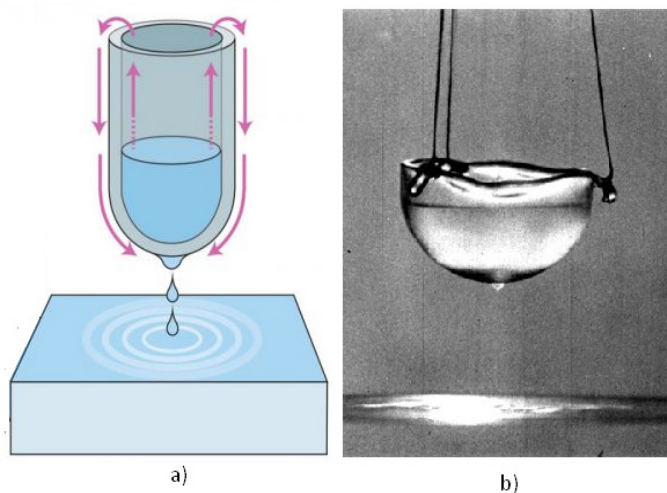
**Slika 1** – Shema tlaka para čistog leda (lijevo) i smjese leda i soli (desno)

Jedan od prvih znanstvenika koji se zapitao postoji li granica koliko hladno nešto može biti bio je francuz Guillaume Amontons.<sup>1</sup> Proučavao je odnos temperature i tlaka plinova, te primijetio kako smanjenjem tlaka plina opada i temperatura. Zaključio je da temperatura ne može

beskonačno padati, već da će pri tlaku jednakom nuli postići minimum te predložio ideju o apsolutnoj nuli.

Unatoč Boyleovim eksperimentima, hipoteze da su toplina i hladnoća tvari nisu zamrle te Antoine Lavoisier postavlja kalorijsku teoriju kako bi ih potvrdio. Prema Lavoisieru kalorika je bestežinska tekućina koja ulazi u tvar kada se griju. Lavoisierovu teoriju opovrgnuo je Sir Benjamin Thompson eksperimentom kojim je utvrdio da se mehanički rad pretvara u toplinu. Kasnije je James Prescott Joule precizno odredio koliko se voda zagrijava s točno određenom količinom uloženog mehaničkog rada. Time su postavljeni temelji prvog zakona termodinamike.

Jedan od najvažnijih iskoraka u postizanju niskih temperatura postigao je Michael Faraday.<sup>1</sup> Otkrio je da se plinovi pri nagloj ekspanziji hlade, a nastavkom rada u tom području uspijeva tehnikom nagle ekspanzije i hlađenja ukapljiti klor i amonijak. Ukapljivanjem amonijaka postigao je do tada najnižu temperaturu od  $-137\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Većina tada poznatih plinova bila je ukapljena Faradayevom tehnikom. Ipak neke plinove, poput kisika, dušika i vodika, nije bilo moguće ukapljiti te su takvi plinovi nazvani "trajnim plinovima".



**Slika 2** – a) Fotografija superfluida koji istječe iz posude; b) Shema tečenja superfluida

Nizozemski fizičar Johannes van der Waals računski pokazuje način kako ukapljiti trajne plinove.<sup>1</sup> Na taj izazov pristaju fizičari James Dewar i Heike Kamerlingh Onnes te počinje utrka za apsolutnom nulom. Ubrzo su svi trajni plinovi osim vodika ukapljeni, a nakon brojnih pokušaja Dewar uspijeva ukapljiti i vodik. No, otkriće helija netom prije Dewarova uspjeha pomaknulo je granicu najniže temperature vrelišta i zasjenilo Dewarovu slavu. Sva pažnja prešla je na ukapljivanje helija. Dewar i Onnes imali su velikih tehničkih poteškoća. Na Dewarovu žalost, sreća ga je napustila te je nakon niza nesreća tijekom eksperimenata bio prisiljen odustati od pokušaja ukapljivanja helija. Onnes je nedugo nakon Dewarova odustajanja uspješno ukaplji helij i time se približio na samo  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  od apsolutne nule. Istraživanjem svojstava tvari na veoma niskim temperaturama Onnes otkriva dva nova fenomena: supravodljivost i supertekućine. Objašnjenje supravodljivosti i ukapljivanje „trajnih plinova“ dolazi



razvojem kvantne fizike, odnosno krajem 19. stoljeća. Kvantna fizika postavit će nove izazove, ali i dati odgovore za ponašanje tvari pri niskim temperaturama.

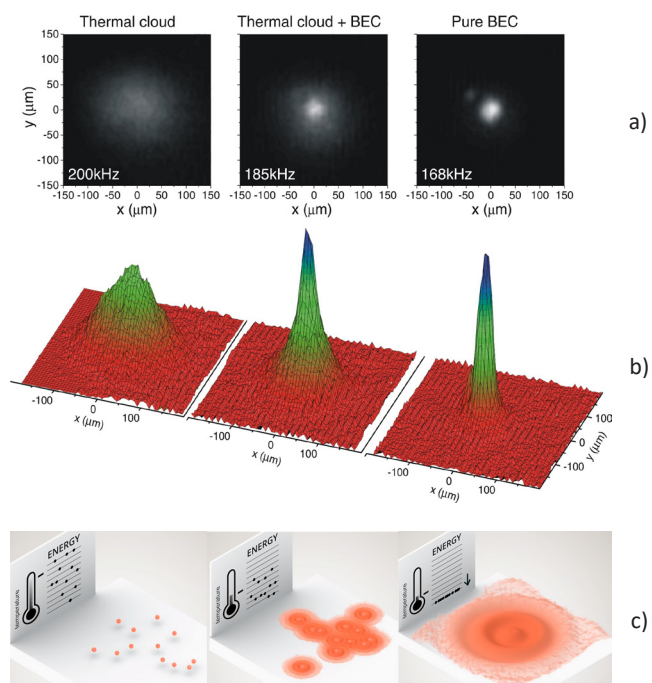
Satyendra Nath Bose je indijski fizičar koji se bavio teorijskim proučavanjem fotona.<sup>2</sup> Otkrio je kako se grupa fotona može ponašati kao jedan foton, tj. pojedini fotoni gube pojedinačni identitet i postaju dio cjeline. Svoj rad Bose je poslao Einsteinu koji je prepoznao značaj Boseova rada te je primijenio Boseov princip na teže čestice poput atoma. Također je predvidio da se za postizanje takvog stanja atomima treba oduzeti gotovo sva energija. Za dobivanje Bose-Einsteinova kondenzata atome je potrebno ohladiti gotovo do apsolutne nule. Hlađenjem čestice padaju u sve niža energetska stanja. Kada se postigne kritična temperatura, sve čestice sustava imaju istu prosječnu energiju i zauzimaju istu valnu funkciju, a takva tvar naziva se Bose-Einsteinov kondenzat. Možemo zamisliti da se njihove valne funkcije stope jedna s drugom i postanu međusobno neprepoznatljive.

kada parovi povezanih elektrona, Cooperovi parovi, kondenziraju te se tada kreću kroz materijal bez otpora.

U stanje Bose-Einsteinova kondenzata mogu doći samo bozoni.<sup>4</sup> Bozoni su elementarne čestice s cjelobrojnim spinom te ne prate Paulijev princip isključenja. To znači da više bozona u istom sustavu može imati istu energiju, odnosno može se nalaziti u istom kvantnom stanju. U bozone spadaju atomi parnog broja masenog broja poput atoma  $^4\text{He}$ .

Put do dobivanja Bose-Einsteinova kondenzata u laboratoriju nije bio jednostavan. Iako je Bose-Einsteinov predviđen još 1924., prvi puta je izravno opažen u oblaku atoma tek 1995. godine. Dva američka istraživačka laboratorija prihvatila su izazov pronalaženja Bose-Einsteinova kondenzata. To su bili laboratoriji Massachusetts Institute of Technology (MIT) i Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA). Tim s MIT-a pokušavao je kondenzirati natrij-23, dok je tim s JILA-a radio s rubidijem-87.<sup>5</sup> Kako bi se atomi mogli ohladiti na temperaturu tek bilijunti dio iznad apsolutne nule, primijenjene su metode hlađenja laserima i magnetsko evaporativno hlađenje. Oblak atoma prvo se hladi pomoću lasera točno određene frekvencije i pogađa atom, on se usporava te se bilježi pad temperature.<sup>6</sup> Iako se laserskim hlađenjem mogu postići temperature od samo nekoliko  $\mu\text{K}$ , ono nije dovoljno jer pri tim temperaturama atomi i dalje pokazuju raspodjelu energija. Oblak atoma se tada zarobljava u magnetskom polju oblikovanom poput čaše i hladi se slično kao kava u šalici. Atomi koji imaju malo više energije od prosjeka iskaču iz magnetske čaše, a rubovi magnetske čaše polako se spuštaju. Time u oblaku ostaju atomi sa sve manje energije do trenutka kada u magnetskoj čaši ostaju samo atomi s minimalnom mogućom energijom. Valne funkcije tim takvih atoma se preklapaju i nastaje kondenzat.

Nakon velikog broja pokušaja, tim s JILA-a uspio je 5. lipnja 1995. u dobivanju čistog Bose-Einsteinova kondenzata iz razrijeđenog atomarnog plina rubidija. To je bilo prvo izravno opažanje Bose-Einsteinova kondenzata. Za svoj uspjeh Eric Cornell, Carl Wieman i Wolfgang Ketterle s JILA-a dobili su 2001. Nobelovu nagradu za fiziku.<sup>7</sup>



Slika 3 – a) Fotografija, b) računalna simulacija i c) shema nastajanja Bose-Einsteinova kondenzata

Jednom kada sve čestice postignu istu valnu funkciju nije ih više moguće pojedinačno pobuditi, što kondenziranim tvarima daje posebna svojstva superfluidnosti poput odsutnosti međumolekulskih interakcija i otpora pri tečenju. Viskoznost superfluida jednaka je nuli zbog čega mogu teći kroz najmanje pore i tvoriti vrtloge koji se nikada ne zaustavljaju.<sup>3</sup> Možda najčudnija pojava je ta da se superfluid može penjati po stijenkama posude i istjeći iz uspravne posude. To se događa zbog nastajanja tankog filma superfluida na stijenkama posude. Za sada jedini poznati superfluid je  $^4\text{He}$  ohlađen na temperaturu nižu od 2,18 K. Osim superfluidnosti Bose-Einsteinov kondenzat objašnjava i pojavu supravodljivosti. Do supravodljivosti dolazi

### Literatura

1. Shachtman, T., *Absolute Zero and the Conquest of Cold*, Mariner Books, First Edition, New York, 2000, str. 3-157
2. <https://www.livescience.com/54667-bose-einstein-condensate.html> (15. ožujka 2020.)
3. <https://www.britannica.com/science/Bose-Einstein-condensate> (pristup 15. ožujka 2020.)
4. <https://www.britannica.com/science/boson> (pristup 15. ožujka 2020.)
5. <https://physicsworld.com/a/bose-einstein-condensation/> (pristup 15. ožujka 2020.)
6. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/optmod/lascool.html> (pristup 17. ožujka 2020.)
7. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2001/summary/> (pristup 17. ožujka 2020.)

# “How to get away with murder”

Petra Medač (MEFOS)

U sklopu Trećeg međunarodnog kongresa translacijske medicine studenata Medicinskog fakulteta u Osijeku, OSCON-a, održanog 13. – 14. veljače 2020., održana je radionica tijekom koje su polaznici molekularnim analizama različitih uzoraka pokušali riješiti slučaj ubojstva.

Na poznatoj osječkoj plaži na lijevoj obali Drave, Kopiki, 14. veljače 2020. u 5:40 h slučajni prolaznik pronašao je mrtvo tijelo ženske osobe dobi 20 – 25 godina. Žrtva je bila odjevena u bijelu majicu i traperice. Nije bila obučena. Na tijelu su pronađene obrambene rane. U žrtvinoj lijevoj šaci pronađene su dlake nepoznatog porijekla. Na udaljenosti od 3 m od mjesta nalaska žrtvina tijela, pronađena je kožna jakna s brojnim oštećenjima, a pokraj nje sažvakana žvakaća guma. Nisu pronađene osobne stvari žrtve. Nakon pretraživanja korita rijeke, pronađena je tenisica veličine 38, slomljena ogrlica i džepni nožić. Vrijeme smrti je između 24 i 48 sati. Uzrok smrti će biti potvrđen nakon obdukcije. Policija je objavila sliku žrtve u nadi da će je lakše identificirati. Vlatku, studentu četvrte godine prava, žrtva je nevjerojatno ličila na prijatelju Marijanu koja studira u Novom Sadu. Marijana mu se nije javila već nekoliko dana i nije odgovarala na pozive.

Odjel za biološke uzorke Forenzičkog laboratorija zaprimio je uzorke dlaka pod brojem U.No.1-hair i uzorak sažvakana žvakaća gume pod brojem U.No.2-gum. Naknadno je dostavljen uzorak brisa bukalne sluznice osumnjičenog, U.No.3-saliva. Forenzički tim je izolirao DNA iz uzoraka prema standardnim protokolima koje koristi CODIS (engl. *Combined DNA Indexing System*) i izradio DNA-profile. Dobiveni rezultati prikazani su elektroferogramima na kojima se nalaze rezultati analize 15 STR (engl. *Short tandem repeats*) lokusa i gena za amelogenin.<sup>1</sup>

STR lokusi su ponavljajuće tandemske sekvence veličine 2-7 parova baza u DNA koje ne sadrže gene već služe kao “pomoćni” genetički materijal. Iako je samo 0,5 % DNA različito u svake osobe, takvi sljedovi su visokopolimorfni, a broj ponavljanja se razlikuje od osobe do osobe. Nasljeđuju se od roditelja zbog čega se upotrebljavaju u dokazivanju roditeljstva i srodstva. Moguće je da dvije osobe koje nisu u srodstvu imaju

iste alelne varijante na određenom STR lokusu. Zbog toga se izvodi analiza na nekoliko STR lokusa i tako se preklapanje DNA profila dviju osoba koje nisu u srodstvu teorijski svodi na minimum. Na primjer, analizom 15 STR lokusa, vjerojatnost da postoje dvije osobe s identičnim alelima iznosi  $1:1.83 \cdot 10^{17}$ .<sup>2</sup>

Gen za amelogenin (AMEL) nalazi se na spolnim kromosomima i njegovom analizom se utvrđuje spol osobe pri DNA profiliranju.<sup>3</sup> Amelogenin je protein odgovoran za stvaranje zubne cakline koji omogućava specifičan rast kristala minerala koji je izgrađuju. Jedna kopija gena se nalazi na X, a druga na Y kromosomu. S obzirom na to da osobe ženskog spola imaju dva X kromosoma, na elektroferogramu će taj biljeg biti prikazan kao jedan pik za alel X. Kod osoba muškog spola, rezultati će biti prikazani pomoću dva pika – alel X i alel Y.<sup>4</sup>

U međuvremenu, Marijana je nazvala Vlatka. Nije razumjela njegovo paniku jer se osjećala dobro. Zbog fenotipske sličnosti između žrtve i Marijane, policija je zahtijevala analizu njihovog srodstva. Njen uzorak krvi je dostavljen u laboratorij pod brojem U.No.4-krv.Mar.

Na osnovi rezultata prikazanih na slikama na desnoj strani, pokušajte zaključiti veze između sudionika u slučaju, a potom pročitajte rješenja u nastavku teksta.

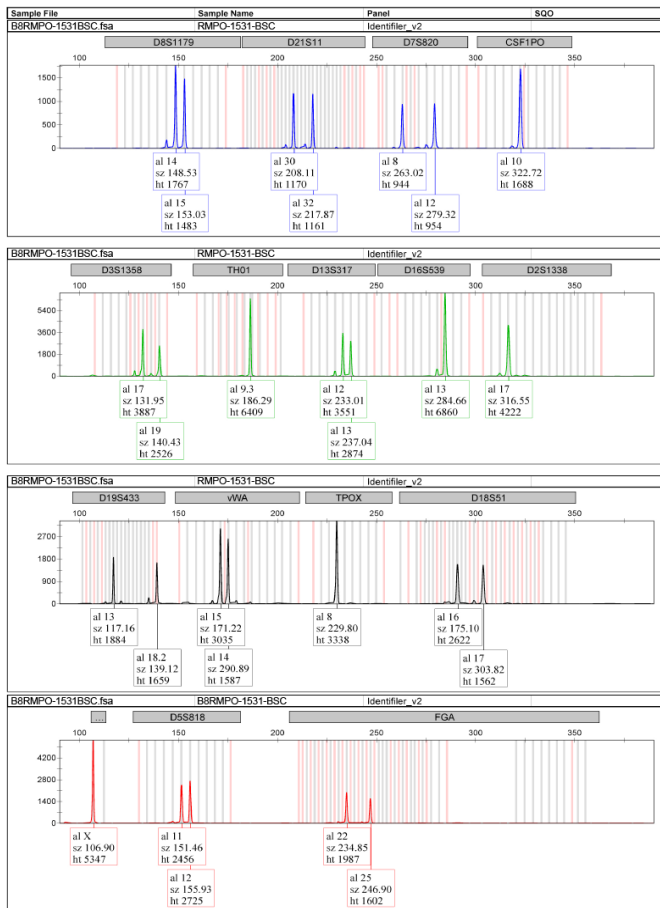
Na slikama 1 i 2 nalaze se isti elektroferogrami te se profili poklapaju u svih 15 lokusa i genu za amelogenin. Veličine pikova elektroferograma su iste jer su analizirani isti uzorci koji potječu od osobe/a s istim DNA profilom. S obzirom na to da je Marijana živa, može se zaključiti da je žrtva njezina sestra blizanka. Na slici 3 nalaze se elektroferogrami koji prikazuju poklapanje u svih 15 STR lokusa i genu za amelogenin. Veličina pikova se razlikuje jer je DNA izolirana iz različitih uzoraka. DNA profili pripadaju istoj osobi. Osumnjičeni je bio u kontaktu sa žrtvom. Na slici 4 prikazan je elektroferogram čiji se STR lokusi ne poklapaju s ostalim rezultatima. Može se zaključiti da je dobiveni DNA profil osobe ženskog spola.

Svi likovi i radnja su izmišljeni, a svaka sličnost sa stvarnim osobama i događajima je slučajna.

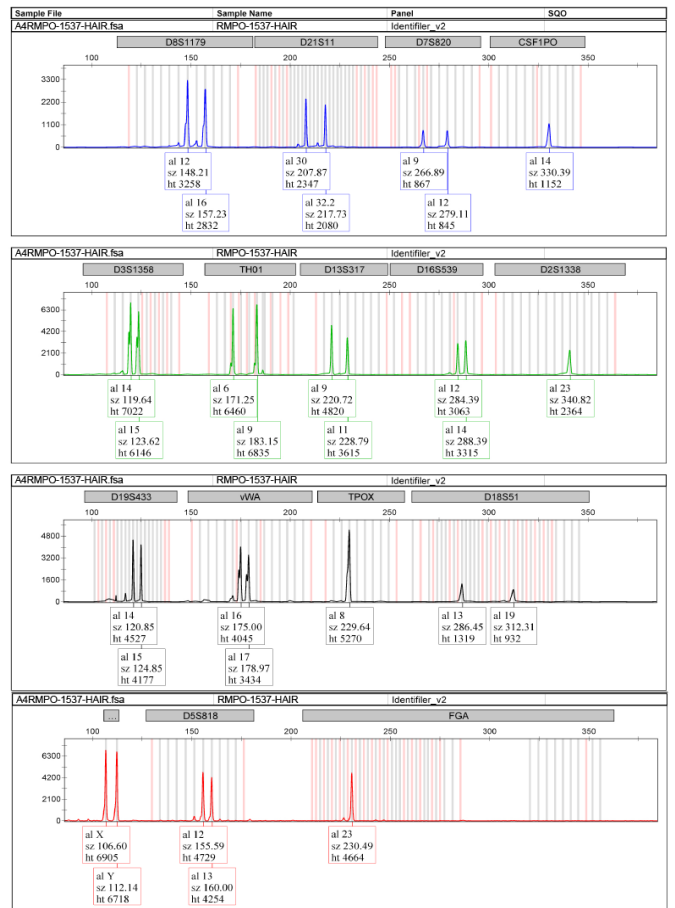
## Literatura

1. Primorac D. i sur., *Analiza DNA u sudskoj medicini i pravosuđu*, Medicinska naklada, Zagreb, 2008
2. <http://dnaproject.co.za/> (pristup 8. ožujka 2020.)
3. <https://strbase.nist.gov/Amelogenin.htm> (pristup 8. ožujka 2020.)
4. <https://ghr.nlm.nih.gov/gene/AMELX#> (pristup 8. ožujka 2020.)

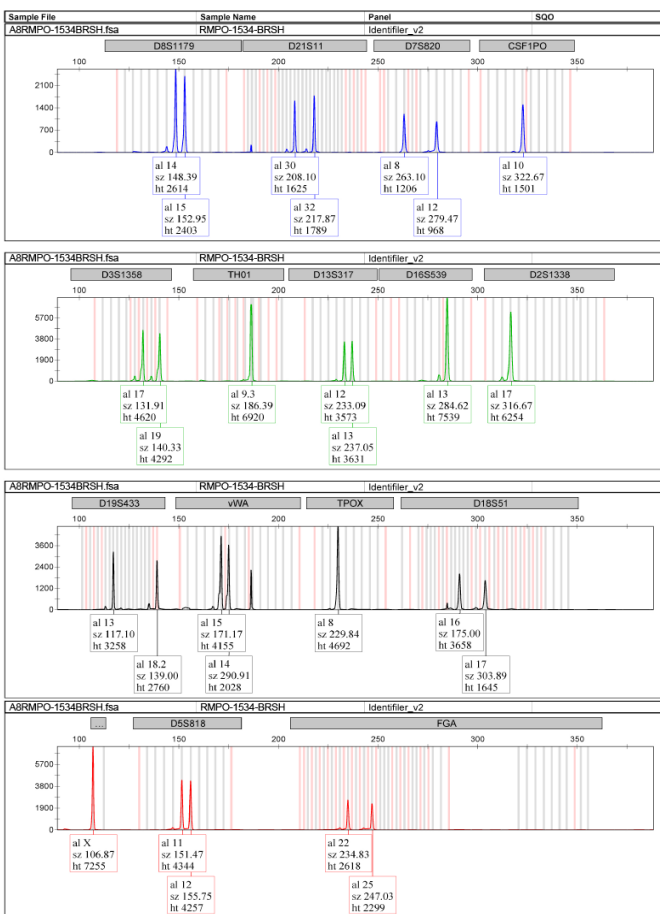




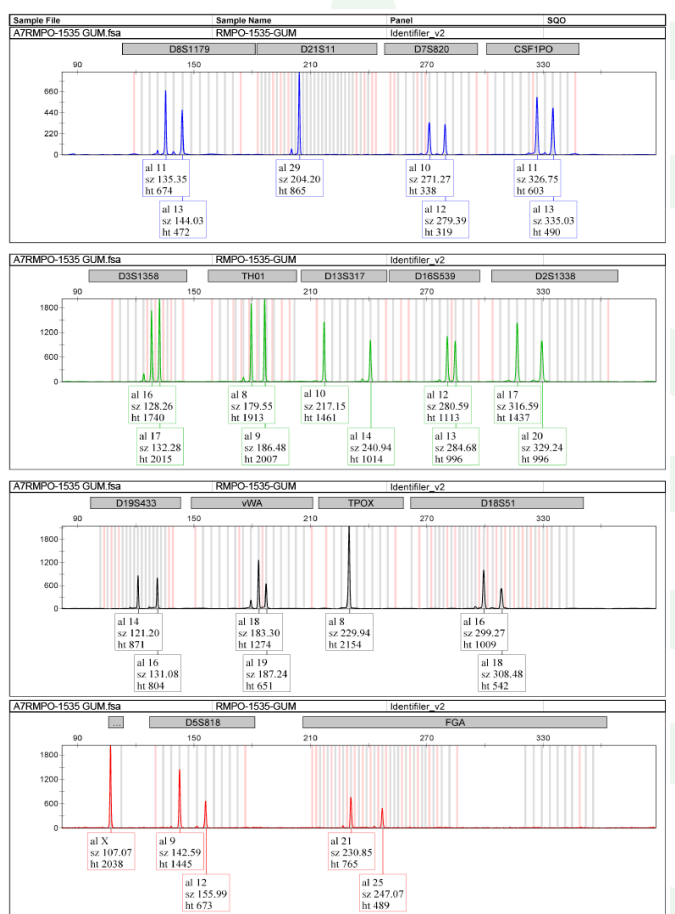
Slika 1 – DNA profil žrtve iz uzorka krvi



Slika 3 – DNA profil iz uzorka dlake pod brojem U.No.1-hair



Slika 2 – DNA profil iz uzorka krvi pod brojem U.No.4-krv.Mar



Slika 4 – DNA profil iz uzorka žvakače pod brojem U.No.2-gum

# Opasni materijali u umjetnosti

*Antonia Škarica (FKIT)*

Štetna tvar je ona koja uzrokuje negativne posljedice za ljudsko zdravlje ili okoliš, s dokazanim akutnim ili kroničnim toksičnim učincima, vrlo nadražujuća, karcinogena, mutagena, nagrizajuća, zapaljiva i eksplozivna, tj. tvar koja u određenoj dozi i/ili koncentraciji ima takva svojstva (NN 69).<sup>1</sup> Uporaba opasnih materijala rezervirana je za stručnjake koji će od planiranja procesa pa do same izrade novih proizvoda biti odgovorni za zamjenu ili adekvatno savjetovanje o štetnosti takvih materijala u bilo kojoj točki procesa, uključujući planiranje novih proizvoda, njihovu uporabu, odlaganje i remedijaciju.<sup>2</sup> Prema definiciji the U.S. Department of Transportation (DOT) postoji devet razreda štetnih materijala: eksplozivi, kompresirani plinovi, zapaljive kapljevine, zapaljive krutine, oksidansi i organski peroksidi, otrovni materijali, radioaktivni materijali, korozivni materijali te ostali koji se ne mogu svrstati pod navedene razrede.<sup>3</sup>

Poznato je da postoje određene struke koje su u izravnom i čestom doticaju s opasnim materijalima. Neke od takvih struka su kiparstvo i slikarstvo u kojima se često prilikom izrade umjetničkog djela na prvo mjesto stavlja umjetnost, a ne zdravlje osoba koje sudjeluju u izradi umjetnina.

Postoji sedam opasnih materijala pri izradi umjetnina.<sup>4</sup> Jedan od njih je kadmij koji se kao kadmijev sulfid upotrebljava kao uljana boja, za bojanje gume i emajla, kao i u proizvodnji crvenog stakla. Međusobnim



Slika 1 – Vincent Van Gogh: Suncokreti

taloženjem kadmijeva sulfida i barijeva sulfida nastaje žuti litopon koji se upotrebljava kao pigment. Boja mu ovisi o omjeru reaktanata, a može se mijenjati od svijetložute do tamnocrvene.<sup>5</sup> Iako je kod mnogih poznatih slikara bio neizostavan na paleti, potrebno je znati da je izloženost kadmiju vodi do respiratornih teškoća, kao i teškoća s bubrežima i jetrom te može imati toksično i karcinogeno djelovanje.<sup>4</sup> Danas se upotrebljava za otkrivanje krivotvorina slikarskih djela koja navodno potječu iz devetnaestog stoljeća.<sup>5</sup>

Vincent van Gogh je uobičavao lizati rabljene kistove koji su bili umočeni u olovne boje. Zbog te je navike imao zdravstvene teškoće poput probavnih te neuroloških tegoba, artritisa i slično jer su olovo i njegove soli su otrovni.<sup>4</sup> Za akutno trovanje potrebne su velike doze, ali glavna opasnost od olovnih soli je njihovo nagomilavanje u ljudskom organizmu, što inhibira biokemijske reakcije koje kataliziraju enzimi.<sup>6</sup>

Poliesterska smola upotrebljava se za izradu kalupa, oblaganje i brtvljenje umjetničkih djela. Taj sintetički materijal toliko je toksičan da za vrijeme kratkog kontakta uzrokuje opekline, alergijske reakcije, ozbiljnu iritaciju očiju te kože, a može uzrokovati i ozbiljnija stanja, poput karcinoma. Zaštitnu opremu potrebno je imati samo prilikom uporabe tog materijala jer poliesterska smola prestaje stvarati otrovne pare nekoliko dana nakon nanošenja čime prestaje i njeno štetno djelovanje.<sup>4</sup>



Slika 2 – William Morris: "The Strawberry Thief"

U opasne materijale također se ubraja arsen koji se upotrebljavao kao pigment u svjetlijim bojama<sup>4</sup> u slikarstvu i izradi srebrnih površina na zrcalima. Tragovi arsena mogli su se naći u dječjim knjigama, igračkama, tepisima, zidnim tapetama, kozmetičkim preparatima koji su uzrokovali masovna otrovanja. Budući da djeluje na DNK, pripisuje mu se mutageno i karcinogeno djelovanje. Prilikom udisanja para tog elementa, dolazi do crvenila sluznice očiju, nosa i ždrijela, kašlja i bolova u prsnom košu. U Republici Hrvatskoj, arsen je potpuno potisnut s tržišta sredinom dvadesetog stoljeća.<sup>7</sup>



Stakloplastika je neizostavna u kiparstvu zbog svoje snage i izdržljivosti usprkos maloj težini. Međutim, može uzrokovati iritacije, opekotine i respiratorne probleme.<sup>4</sup> Formaldehid je poznata karcinogena tvar koja uzrokuje leukemiju i tumor na mozgu ako se dugotrajno upotrebljava. Poznat je kao balzamirajuća tekućina koja se upotrebljava u raznim lakovima i bojama. Nadalje, težina skulpture je bitan faktor na koji se mora obratiti pozornost. Postoje slučajevi u kojem su ljudi stradali prilikom postavljanja skulpture ili prilikom pada skulpture na njih. Kako bi se smanjio utjecaj štetnih tvari na ljudsko zdravlje, potrebno je dobro proučiti materijale s kojima se radi i znakove opreza.

„Što više znaš o rizicima, sigurniji ćeš biti.“<sup>4</sup>

## Literatura

1. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_06\\_80\\_1659.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_80_1659.html) (pristup 10. ožujka 2020.)
2. <https://www.ihmm.org/about-ihmm/what-are-hazardous-materials> (pristup 10. ožujka 2020.)
3. <https://www.northeastern.edu/ehs/ehs-programs/research-material-shipping/hazardous-material-definition/> (pristup 10. ožujka 2020.)
4. <https://news.artnet.com/art-world/7-deadly-art-materials-to-watch-out-for-1081526> (pristup 10. ožujka 2020.)
5. Drčić, D., Pavlović, G., *Ekotoksikologija kadmija*, TEDI, 4 (2014) str. 66 - 67
6. Filipović, I., Lipanović, S., *Opća i anorganska kemija*, Školska knjiga, Zagreb, 1995., str. 855.
7. Petrak, V., Pavlović, G., *Ekotoksikologija arsena*, TEDI, 5 (2015) str. 86 - 98

## Uloga eko-dizajna u očuvanju prirodnih resursa

Zvonimir Jukić (KTF)

Svi proizvodi koje današnje društvo upotrebljava imaju određen utjecaj na okoliš tijekom životnog ciklusa, od korištenja sirovina i energije, preko proizvodnje, pakiranja, transporta, odlaganja i recikliranja. Prvenstveno se taj utjecaj odnosi na energiju potrošenu prilikom proizvodnje, otpadne materijale i otrovne supstance oslobođene tijekom ekstrakcije resursa, prerade i transporta, energiju koju koristi proizvod tijekom svojeg životnog ciklusa, te otpadne proizvode i energije potrebne za zbrinjavanje proizvoda.

Očuvanje okoline, uključujući cijeli životni ciklus nekih proizvoda, traži uvođenje planiranja svih procesa u okolini, smanjivanje negativnih djelovanja tijekom cijelog životnog ciklusa. Stoga se na određene proizvode primjenjuju minimalni zahtjevi povezani s energetsom učinkovitosti. Riječ je o takozvanim zahtjevima za ekološki dizajn, kojima se želi smanjiti negativan učinak određenog proizvoda na okoliš tijekom čitavog ciklusa njegova trajanja. Pojam eko-dizajna definira se kao sustavna integracija ekoloških aspekata u sam dizajn proizvoda s ciljem poboljšanja njegovih ekoloških performansi tijekom cijelog životnog ciklusa.<sup>1</sup>

Prema Europskoj komisiji, 80 % svih utjecaja na okoliš povezanih s nekim proizvodom određeno je već tijekom faze dizajna. Dakle, primjenom načela eko-dizajna u početnim fazama dizajna proizvoda, potrošena ili izgubljena energija tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda trebala bi biti znatno niža. Zajednički okvir za utvrđivanje zahtjeva za ekološki dizajn proizvoda koji koriste energiju određen je Direktivom o eko-dizajnu iz 2009. godine kojom se definiraju posebni i opći zahtjevi.<sup>2</sup>

Posebni zahtjevi uključuju mjerenje točnih vrijednosti i utvrđivanje graničnih vrijednosti, kao što su najveća dopuštena potrošnja energije ili pak najmanja zahtijevana količina recikliranog materijala u proizvodnji. Općim zahtjevima ne utvrđuju se granične vrijednosti, no njima se može zahtijevati da je proizvod “energetski učinkovit” ili da ga je “moguće reciklirati”, da se dostave informacije o uporabi i održavanju proizvoda kako bi se njegov učinak na okoliš sveo na minimum, da se provede analiza ciklusa, i slično. Prema Direktivi, kategorije proizvoda koje moraju ispunjavati zahtjeve za eko-dizajn su rasvjetna tijela za kućanstvo i uslužni sektor, električni uređaji, kućanski uređaji te uređaji za grijanje i rashladni uređaji.<sup>3</sup>



Slika 1 – Eko-dizajn kao ishodište u modelu kružnog gospodarstva

Proizvodi koji koriste energiju veliki su potrošači prirodnih bogatstava i energije u Europskoj uniji.<sup>4</sup> U interesu održivog razvoja treba konstantno poticati poboljšanje cjelokupnog utjecaja tih proizvoda na okoliš jer mnogi proizvodi koji koriste energiju imaju znatan potencijal unaprjeđenjem. Ciljevi su smanjenje štetnih



utjecaja na okoliš i ušteda energije pomoću boljeg dizajna, što također dovodi do gospodarskih ušteda za poduzeća i krajnje korisnike.

Primjer dobrog utjecaja eko-dizajna je uklanjanje žarulja sa žarnom niti s EU tržišta koje je započelo 2009. prema navedenoj Direktivi, pri čemu se do 2020. godine ostvarilo smanjenje godišnje emisije CO<sub>2</sub> za 16 milijuna tona.

Primjer velikog potrošača prirodnih resursa je i industrija mobilnih telefona. Prosječni potrošač u zemljama članicama EU kupuje novi mobitel svake dvije godine. No ono što je profitabilno za tržište nije dobro za očuvanje okoliša jer većina starih mobitela završi kao elektronički otpad. Tu se kao problem ističe činjenica da se svega 5 % komponenti mobitela može reciklirati. Zato je potreban bolji dizajn koji će omogućiti recikliranje rijetkih metala i uklanjanje ili zamjenu baterije.<sup>5</sup>

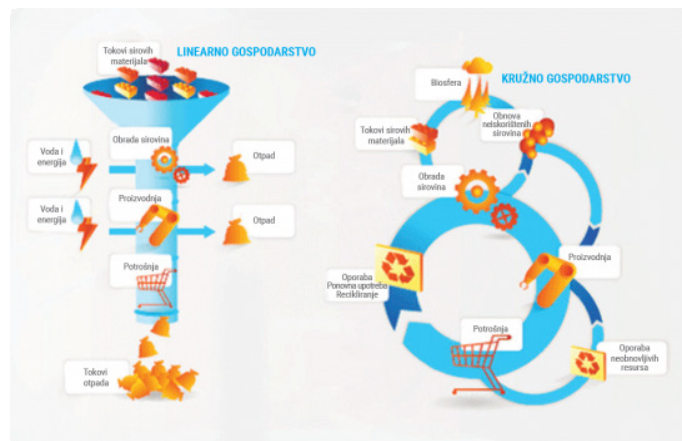


Slika 2 – Elektronički otpad u okolišu

Prirodni resursi neophodni su za zdravlje ljudi, gospodarsku aktivnost i kvalitetu života, ali su njihove zalihe ograničene. Za sadašnji model razvoja u industriji potrebna je velika količina resursa. Da bi se smanjilo iscrpljivanje resursa i uništavanje okoliša kojem ono može pridonijeti, moramo zamijeniti sadašnji model otpornijim i održivijim uzorcima proizvodnje i potrošnje u skladu s načelima “kružnoga gospodarstva”.

Eko-dizajn ima veliku ulogu u kružnom gospodarstvu (cirkularnoj ekonomiji) jer Europa ima velik problem s gomilajućim količinama otpada. Iako zemlje članice EU ostvaruju porast u recikliranju plastičnog otpada, još uvijek se nedovoljno reciklira, a prevelik broj odlagališta predstavlja neodrživ scenarij. Paketom Europske unije za kružno gospodarstvo, trendovi u industriji usmjeravaju se prema ponovnoj uporabi i recikliranju materijala, uz sprječavanje nastajanja otpada boljim načinima dizajniranja (eko-dizajn), kao i boljim životnim stilom i poslovnim odlukama. Tako se vrijednost proizvoda, materijala i resursa zadržava u gospodarstvu što je dulje moguće. To se postiže poticanjem ekoloških inovacija, povećanjem energetske učinkovitosti i povećanjem udjela recikliranog komunalnog otpada.<sup>6</sup>

Danas se u zemljama članicama EU reciklira ili kompostira već više od pola komunalnog otpada, no EU do 2035. želi tu brojku povećati na 65 % i istodobno ograničiti količinu otpada koja dopijeva na odlagališta na svega 10 %. Zanimljiv podatak koji se veže na recikliranje materijala kaže da 10 tisuća tona otpada bacanjem na odlagališta stvara jedno radno mjesto, reciklažom se stvara 36 radnih mjesta, a popravkom ili prenamjenom čak 296 radnih mjesta.<sup>7</sup>



Slika 3 – Usporedba linearnog i kružnog modela

Gospodarstvo postaje učinkovitije u iskorištavanju resursa kada smanji apsolutnu razinu resursa koje iskorištava za proizvodnju svake izlazne jedinice ili kada poveća razinu proizvodnje za svaku jedinicu resursa koju iskoristi. Produktivnost resursa definira se kao odnos bruto domaćeg proizvoda (BDP) i domaće potrošnje materijala kojim se mjeri ukupna količina materijala koju pojedino gospodarstvo izravno iskorištava.<sup>8</sup>

Primjenom eko-dizajna i načela kružnog gospodarstva u EU-u, poslovni sektor može uštedjeti skoro 600 milijardi eura uz ogromno očuvanje prirodnih resursa!

### Literatura

- <http://www.idop.hr/hr/dop-trendovi/zanimljivosti/dop-trendovi/vaznost-eko-dizajna-u-kruznoj-ekonomiji/> (pristup 10. ožujka 2020.)
- [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_05\\_50\\_982.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_50_982.html) (pristup 10. ožujka 2020.)
- Zovko, M., *Ekološki dizajn proizvoda koji koriste energiju*, <https://zastitaokolisa.dashofer.hr/33/ekoloski-dizajn-proizvoda-koji-koriste-energiju-uniqueidRCViWTptZHLgUFL6C8CkmntVgIUKHOY99mbKTrAPMMA/> (pristup 10. ožujka 2020.)
- DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL*, Official Journal of the European Union, 285 (2009) str. 10 - 35
- <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/672/ekoloski-dizajn-eu-se-zalaze-za-zelenija-rjesenja> (pristup 11. ožujka 2020.)
- <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/561/kruzno-gospodarstvo-za-cistiju-europu> (pristup 11. ožujka 2020.)
- <https://hrvatski-fokus.hr/index.php/gospodarstvo/15467-koncept-eko-dizajna> (pristup 11. ožujka 2020.)
- Europska komisija, *Tematski informativni članak o Europskom semsetru: Učinkovito iskorištavanje resursa*, [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file\\_import/european-semester-thematic-factsheet\\_resource-efficiency\\_hr.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/european-semester-thematic-factsheet_resource-efficiency_hr.pdf) (pristup 11. ožujka 2020.)





# BOJE INŽENJERSTVA

## Na kavi s prof. dr. sc. Marijanom Hranjec

*Aleksandra Brenko (FKIT)*

Prof. dr. sc. Marijanu Hranjec studenti Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu upoznaju već u ranim godinama preddiplomskog studija kao voditeljicu kolegija Organska kemija. Također je nositeljica kolegija Biokemija, Kemija prirodnih i sintetskih polimera, Suvremene strategije u organskoj kemiji na preddiplomskom studiju i Medicinska kemija, Kemija heterocikla te mnogih drugih kolegija diplomskog i poslijediplomskog studija. U svojem laboratoriju bavi se organskom sintetskom kemijom, sintezom heterocikličkih spojeva te spektroskopskom karakterizacijom heterocikličkih spojeva.

*Recite nam nešto o sebi, otkuda dolazite, kako ste se odlučili za ovu profesiju i kakav je bio put do pozicije profesora?*

Prije svega, zahvaljujem Vam što ste me pozvali na razgovor. Dolazim iz Međimurja, iz mjesta Goričan gdje sam živjela sve do odlaska na studij u Zagreb 1996. godine. Nakon završene Osnovne škole



**Slika 1** – Prof. dr. sc. Marijana Hranjec na proslavi 100. godišnjice fakulteta

Goričan, u Čakovcu sam pohađala Gimnaziju, opći smjer. Tijekom školovanja oduvijek sam pokazivala više interesa prema predmetima iz prirodnih znanosti, posebice kemiji i biologiji koje sam zavoljela zahvaljujući profesoricama koje su se istinski trudile objasniti nam i približiti gradivo

kroz domišljate i maštovite primjere iz života. Prilikom odabira studija, dvoumila sam se između medicine, što je tada bio moj prvi izbor i kemije, no na kraju sam se odlučila za kemiju i kemijsko inženjerstvo i to baš na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije. Moram priznati da tada nisam znala što me čeka i čime se želim ili ću se baviti u životu. Nisam požalila budući da smo tada smjer birali tek na 4. godini studija pa je bilo vremena za razmišljanje i usmjeravanje. Odabrala sam smjer Procesi i proizvodi, modul Organski procesi i proizvodi, a diplomirala sam 2001. pod mentorstvom prof. dr. sc. Grace Karminski-Zamole na Zavodu za organsku kemiju. Tijekom 4. godine studija i kroz izradu tadašnjih Kemijsko-tehnoloških vježbi i diplomskog rada, završila sam organsku kemiju i sintezu i sve čari vezane uz njih, pa sam nakon završetka studija prihvatila poziv svoje mentorice za izradu doktorskog rada na mjestu tadašnjeg znanstvenog novaka. Od rujna 2001. do danas zaposlena sam na Zavodu za organsku kemiju gdje danas radim kao redovita profesorica. Put do današnje pozicije profesora je bio izazovan, nerijetko sam se susretala s brojnim problemima, nedoumicama ili poteškoćama, ali su se na kraju sav trud i upornost isplatili, pa sam ubrzo nakon obrane doktorata 2007. godine, 2008. postala docentica na istom Zavodu.

*Predstavite nam kratko Vaš zavod i čime se sve tamo bavite.*

Zavod za organsku kemiju Fakulteta osnovan je 1922. godine, a ono čime se posebno ponosimo je činjenica da je djelatnik našeg Zavoda bio i nobelovac Vladimir Prelog kao i brojni organski kemičari koji su imali ili imaju značajan utjecaj na cjelokupnu znanstvenu djelatnost u Hrvatskoj. Od samih početaka, u našem Zavodu se bavimo istraživanjima iz područja organske sintetske kemije, medicinske kemije i fotokemije, obrazuju se brojni organski kemičari i stječu znanstveni stupnjevi, a mnogobrojni naši bivši studenti i djelatnici su danas na važnim i/ili rukovodećim pozicijama u industriji, na institutima te sveučilištima kako u Hrvatskoj, tako i u svijetu. Osim temeljnih istraživanja i inovativnog pristupa sintetskoj organskoj kemiji, jedan od ciljeva Zavoda je i prijenos stečenih znanja na primijenjena istraživanja što se ostvaruje kroz znanstvene i stručne suradnje te znanstveno-istraživačke i stručne projekte. Trenutačno na Zavodu imamo dva znanstvena projekta financirana od strane Hrvatske zaklade za znanost, a djelatnici su suradnici i na nekolicini ostalih znanstvenih projekata. Znanstveno-istraživačka djelatnost odnosi se na dizajniranje, sintezu i strukturnu karakterizaciju različitih vrsta organskih, a posebice heterocikličkih spojeva koji se najčešće priređuju kao biološki aktivni spojevi kojima se ispituju različite biološke aktivnosti uključujući protutumorsku, antiviralnu, antibakterijsku, antiprotazoalnu ili antioksidativnu aktivnost. Dodatno se novopriređenim spojevima proučavaju i spektroskopska i fotofizikalna svojstva s ciljem ispitivanja njihove moguće primjene i u nekim drugim područjima znanosti poput optičkih senzora ili optičkih materijala. Priprava novih spojeva provodi se uz konvencionalne metode i modernim sintetskim postupcima poput reakcija potpomognutih mikrovalnim i UV zračenjem, fotokatalitičkim,

mehanokemijskim i reakcijama unakrsnog spajanja te klik kemijom i protočnim reakcijama u mikroreaktoru. Posebnu pažnju i odgovornost, uz nastavne i obaveze vezane za znanstveno-istraživački rad, posvećujemo i našim mladim asistenticama koji pod našim mentorstvom izrađuju svoje doktorske radove.

*Kako biste komentirali tvrdnju medija da ste na tragu otkrivanja novog lijeka za rak?*

To je davno završena i nadam se zaboravljena priča. Ne bih to previše komentirala osim napomenula, iako je prošlo puno godina, i dalje imam pomalo gorak okus u ustima budući da sam na svojoj koži osjetila novinarski senzacionalizam bez mogućnosti adekvatne pravovremene intervencije i ublažavanja ovakvih tvrdnji koje služe samo za podizanje dnevne naklade i po meni dodatno zbunjivanje javnosti, a ne promociju znanosti kako bi i trebalo biti. Povod svemu je bila nagrada koju sam dobila za jedan znanstveni rad objavljen u prestižnom časopisu medicinske kemije u kojem smo objavili vrlo dobre rezultate ispitivanja antitumorske aktivnosti naših spojeva, i sve su to naravno preliminarni istraživački rezultati koji su miljama daleko od otkrivanja novog lijeka ako znamo koliko je težak i zahtjevan, a nadasve dugotrajan proces razvoja i stavljanja novog lijeka na tržište. Naravno da podupirem objavljivanje vrijednih i obećavajućih znanstvenih rezultata koji možda mogu doprinijeti u nekoj fazi i razvoju novog lijeka u farmaceutskim industrijama, ali s velikom dozom opreza i odgovornosti onih koji pišu takve tekstove.

*Možete li nam objasniti kako ste sintetizirali nove organske spojeve i koji je njihov značaj?*

Novi organski i heterociklički spojevi se sintetiziraju korištenjem uobičajenih konvencionalnih ili modernih sintetskih metoda kao što sam već i ranije napomenula. Svaka istraživačka skupina bavi se odgovarajućom tematikom i klasama organskih spojeva tako da se pri planiranju i dizajniranju novih spojeva vodimo ranijim iskustvima i prethodno objavljenim rezultatima. Najčešće dizajniramo i sintetiziramo spojeve koji bi trebali imati bolja i učinkovitija biološka svojstva ili spektroskopske karakteristike, ovisno o tome za što su namijenjeni, odnosno koja je njihova potencijalna primjena. Mi se u našoj istraživačkoj grupi trenutačno bavimo dizajnom, sintezom i ispitivanjem ponajprije antitumorske i antioksidativne aktivnosti novih derivata benzazola što uključuje derivate benzimidazola, benzotiazola ili imidazo[4,5-b]piridina u sklopu HRZZ projekta Istraživanje antioksidativnog djelovanja benzazolskog skeleta u dizajnu novih antitumorskih agensa s ciljem pronalaženja aktivnijih i učinkovitijih spojeva čiji je mehanizam antitumorske aktivnosti povezan s njihovom antioksidativnom aktivnosti. Glavni cilj projekta je sinteza male biblioteke derivata benzazola, te optimizacija benzazolskog skeleta što bi trebalo osigurati bolju aktivnost i optimirana svojstva odabranih vodećih spojeva kao antioksidativnih i antitumorskih agensa. Na projektu se sintezom i strukturnom karakterizacijom bave asistentica Ida Boček i Anja Beč koja je zaposlena

kao HRZZ doktorandica te ostali suradnici iz područja organske sintetske kemije, računalne kemije ili molekularne biologije.

*Ispričajte nam svoj najbolji/najgori trenutak u karijeri.*

Tijekom svoje znanstvene karijere pamtim svakakve trenutke, i dobre i loše, i one inspirirajuće i manje inspirirajuće, ali ne mogu zaista izdvojiti najbolji ili najgori trenutak. Ono što sam naučila u mojih 18 godina bavljenja znanstveno-istraživačkim radom je da nema odustajanja bez obzira na kakve prepreke naišli, pogotovo ako imate jasne ciljeve i viziju onoga čime se bavite ili se želite baviti. Upornost, trud i ponekad pozitivna tvrdoglavost se svakako isplate, a tu je jako bitno biti okružen ljudima koji imaju slična mišljenja i stavove kao i ciljeve, te su spremni na suradnju i ne odustaju tako lako. Na moju sreću, imam jako puno dobrih suradnika iz različitih područja znanosti i struka s kojima surađujem uspješno dugi niz godina, a posebno bi izdvojila i bivše kolege i suradnike s kojima i dalje uspješno radim na zajedničkim projektima bez obzira što smo se u nekom trenutku fizički razdvojili.

*Imate li neke navike ili mišljenja po kojima se razlikujete od većine svojih suradnika?*

Što se tiče rada i suradnje s mojim suradnicima, svi imamo neke navike ili mišljenja koja se razlikuju jer smo svi individualci pa se to i podrazumijeva. Ono što je bitno za uspješnu i konstruktivnu suradnju je da se previše ne razlikujemo u nekim vizijama, ciljevima i stavovima, a sve ostalo je dobrodošlo, barem u nekoj mjeri. Nisu nužno različite navike i mišljenja negativna, dapače vrlo često dovedu do drugačijeg shvaćanja i gledanja nekih stvari ili boljih rješenja tekućih problema. Možda bih izdvojila da imam naviku sve napraviti na vrijeme, prije isteka nekakvog roka jer nisam tip osobe koji voli nešto odraditi u zadnji trenutak, budući da smatram da to nosi sa sobom nepotrebnii stres i ponekad paniku. Tu se možda razlikujem od nekih svojih suradnika, ali te različitosti za sada uspješno prevladavamo, hahaha.

*Mislite li da su studenti dovoljno zainteresirani za materiju koju predajete i na koje načine se trudite pridobiti njihovu pažnju?*

Na preddiplomski i diplomskim studijima Fakulteta nositeljica sam nekoliko temeljnih i izbornih kolegija koji su više-manje povezani s organskom i medicinskom kemijom, organskom sintezom i biokemijom. U doba razvijene informatičke tehnologije, studenti su poprilično zahtjevni što se tiče izvođenja i praćenja nastave kao i ispunjavanja što njihovih, što mojih obaveza. Vrlo je teško dati jednoznačni odgovor na pitanje jesu li studenti dovoljno zainteresirani jer uvijek ima, kao i u svemu u životu, onih koji su više zainteresirani i onih koji baš i nisu. Nastojim uvoditi neke moderne metode poučavanja kao što je e-učenje pa tako imam nekoliko e-kolegija na sustavu Merlin što se pokazalo dobrim, pogotovo za održavanje kolokvija online, ili zadavanje zadaća te rasprave na forumima koje mogu pratiti svi studenti, a ponekad su zaista konstruktivne. Za one

kolegije za koje je to moguće, nastojim primijeniti rad u grupama te rješavanje zadataka tijekom samog izvođenja nastave što isto tako studenti većinom vole, jer ako to shvate ozbiljno, dosta toga nauče na samom predavanju. Također, ovisno naravno o kolegiju, nastojim objasniti neke stvari na konkretnim primjerima iz života ili povezati samo gradivo s njegovom izravnom primjenom u nekom od aspekata naših života. Studente treba nekako zainteresirati i potaknuti na aktivno sudjelovanje u nastavi preko rasprava, aktivnih debata ili rada u grupama.

*Što biste savjetovali studentima koji imaju poteškoća s razumijevanjem organske kemije?*

Studentima koji imaju poteškoća s razumijevanjem organske kemije bih savjetovala da svakako iskoriste mogućnost odlaska na konzultacije gdje mogu dobiti dodatna objašnjenja vezana uz gradivo. Organska kemija je specifična po tome što se zapravo gradivo konstantno nadovezuje i nadograđuje pa je vrlo važno od početka učiti s razumijevanjem i na pravilan način. Ako se pristupi učenju na takav način, onda svladavanje reakcijskih mehanizama i svih reakcija o kojima učimo na Organskoj kemiji nije toliko zahtjevno i teško. Također, vrlo često su studentima dostupni i različiti primjeri ili u potpunosti i/ili djelomično riješeni zadaci koje nažalost neki uopće ni ne pogledaju, a mogli bi im pomoći kod učenja. Isto tako, danas imamo nebrojene mogućnosti vezane uz sadržaj na internetu pa tako postoje i online predavanja ili seminari koji isto tako uvelike mogu pomoći. Najbolji način je ipak obratiti se svom predmetnom nastavniku i kroz konzultacije pokušati svladati poteškoće s razumijevanjem gradiva.

Ono što vrlo često studenti zaboravljaju je činjenica da na konzultacije treba doći isto tako spreman, u najmanju ruku barem poznavati okvirno gradivo ili znati koji dio gradiva nije jasan i što je potrebno dodatno razjasniti.

*Gdje najčešće provodite slobodno vrijeme? (A da nije kod kuće.)*

Slobodno vrijeme najčešće provodim u neformalnim druženjima s članovima obitelji ili prijateljima. Volim izlaziti, putovati, otići u kazalište, na kavu. Također volim vrijeme provoditi u prirodi pa dosta često idem na planinarenja ili bicikliram po Jarunu ili Bundeku. Svakodnevno pokušavam iskoristiti vrijeme i za šetnju ili jednostavno doći ili otići na posao pješke.

*Kada biste imali 3 milijuna dolara na raspolaganju, kako biste ih iskoristili?*

Uhh, teško pitanje. Vjerojatno bih kao i svi drugi, prvenstveno osigurala financijsku egzistenciju svojim najmilijima, odvojila dio za putovanja koja neizmerno volim, pomogla nekima kojima je prijeko potrebno preko različitih zaklada ili udruga, a dio bi vjerojatno odvojila i za znanost.

*Hvala Vam puno na razgovoru i izdvojenom vremenu! Želimo Vam mnogo uspjeha u daljnjem radu.*

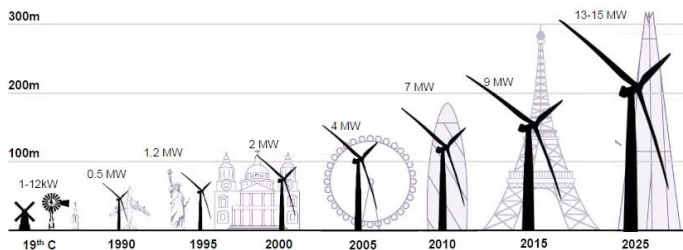


# Održivost i efikasnost obnovljivih izvora energije vol. 5: Energija vjetra

Mrvoje Tašner (FKIT)

Vjetar ima mnogo lica i ponekad se čini kao da ima vlastiti um. Katkad nas proljetni povjetarac miluje, a katkada orkan uništava sve pred sobom. Njegova nepredvidivost izaziva strahopoštovanje te tisućama godina ljudima budi maštu. Ljudi su se klanjali bogovima vjetra ne bi li im udovoljili i obuzdali vjetrove. No dosjetljivost je nadjačala praznovjerje pa su tako izumljene vjetrenjače kojima se, ponekad zastrašujuća, snaga vjetra iskorištava za ljudske potrebe.

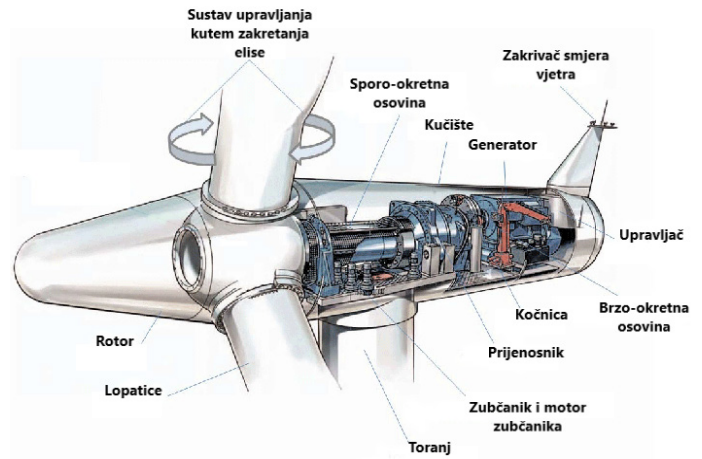
Najranije vjetrenjače pogonile su mlinove i jednostavne pumpe za navodnjavanje. Krajem 19. stoljeća pojavile su se prve vjetroelektrane. U početku su se koristile kao izvor električne energije za rasvjetu i pogon strojeva u manufakturama i malim industrijskim pogonima toga doba. Značajan razvoj počinje u sedamdesetim godinama 20. stoljeća u Sjedinjenim Američkim Državama. Razvoj je potaknut naftnom krizom i potrebom za alternativnim izvorima energije. Današnje vjetrenjače su divovska čuda tehnologije, visoke preko 100 metara s lopaticama dugim nekoliko desetaka metara.



Slika 1 – Usporedba i projekcija veličina vjetrenjača kroz godine

Ulaganjima i povećanjem broja i veličina polja vjetroelektrana raste značaj energije vjetra u ukupnoj količini proizvedene energije. Vjetroelektrane su 2012. godine pridonijele sa 6.4 % ukupne proizvedene električne energije u zemljama europske unije, dok je 2014. 4 % ukupne proizvedene električne energije poteklo iz vjetra.

Za proizvodnju većih količina energije, potrebno je postavljanje nekoliko desetaka vjetrenjača i napraviti polja vjetroelektrana. No takve pothvate mogu si priuštiti samo bogate zemlje poput SAD-a, Kanade, Kine i zemalja zapadne Europe kao što su Njemačka, Velika Britanija i Danska. Razlog visokoj cijeni je veličina i kompleksnost same vjetrenjače. Transport i postavljanje dijelova poput lopatica iznimno su tehnički i vremenski zahtjevni.



Slika 2 – Shema vjetroagregata

Postolje tornja mora biti duboko ukopano i stabilno kako se masivna vjetrenjača ne bi prevrnula. Gondola u kojoj se nalazi generator, lopatice turbine i ostala oprema teški su nekoliko desetaka tona te su za njihovo postavljanje potrebne posebne dizalice. Pristup svim potencijalnim lokacijama nije uvijek moguć. Razlog tomu može biti taj što lokalne ceste i mostovi ne mogu podnijeti masu sastavnih dijelova vjetrenjače ili su pak nadvožnjaci preniski, a tuneli preuski.



Slika 3 – Lopatica vjetrenjače u transportu

Vjetrenjače pomoću lopatica pretvaraju kinetičku energiju strujanja zraka u rotacijsku energiju koja se preko generatora pretvara u električnu energiju. S obzirom na to da vjetrenjače uzimaju kinetičku energiju vjetra, brzina vjetra iza vjetrenjače je manja od naletne brzine. Da bi vjetrenjača iskoristila svu raspoloživu energiju vjetar bi nakon prolaska preko vjetrenjača morao stati. No to nije moguće te je učinkovitost vjetrenjača ograničena. Maksimalna teorijska efikasnost naziva se Betzova granica te iznosi 59.3 %. Iz tog razloga, da bi se povećao kapacitet vjetroelektrana postoje samo dvije mogućnosti. Postavljanje većeg broja vjetrenjača ili izrada većih vjetrenjača. Obje opcije su veoma skupe.

Naravno vjetar ne puše uvijek i svugdje. Zbog toga se vjetroelektrane ne mogu izgraditi bilo gdje. Idealne lokacije su velike otvorene ravnice ili brda s blagim padinama.



Slika 4 – Vjetroelektrana u Njemačkoj

Prednost vjetroelektrana je ta što se polja vjetrenjača mogu nalaziti na poljoprivrednim površinama bez da zauzimaju puno mjesta. Kao savršena lokacija za polja vjetrenjača pokazala su se plitka obalna mora. Velika Britanija, Njemačka i Danska su u Sjevernom moru izgradile polja vjetrenjača.

Velik nedostatak vjetroelektrana je nestabilnost opskrbe. Da bi vjetroelektrane radile treba puhati vjetar. No blagi povjetarac nije dovoljan za pokretanje velikih vjetrenjača. S druge strane, ako je vjetar prejak može doći do oštećenja ili uništenja vjetrenjače. Kada pušu vjetrovi prevelikih brzina vjetrenjače se zaustavljaju. U suprotnom može doći do prebrzog okretanja propelera i cijeli sustav se može raspasti.



Slika 5 – Vjetrenjača u plamenu (Nizozemska)

Takvih slučajeva je bilo, a nastala materijalna šteta je veoma velika. Kada dođe do kvara, najčešće ga je nemoguće sanirati zbog nepristupačnosti opreme koja se nalazi u gondoli na vrhu vjetrenjače te zbog opasnosti od popuštanja konstrukcije. Najčešće je jedino što se može napraviti, osigurati područje oko vjetrenjača i sanirati štetu nakon katastrofalnog popuštanja konstrukcije. Nažalost nekada je tragediju nemoguće izbjeći.

Prilikom rutinskog servisa vjetrenjače, u Nizozemskoj 2009. godine, buknuo je požar te su dvojica servisera ostala zarobljena u gondoli. Vatrogasci su ubrzo stigli, no zbog visine vjetrenjače i opasnosti od kolapsa nisu mogli pristupiti požaru. Dvojica servisera tragično su izgubila živote. Velik problem vjetrenjača je i buka koju proizvode te ih je zbog toga neprikladno postavljati u blizini naseljenih mjesta. Također predstavljaju opasnost za ptice i šišmiše. Lopatice se zbog svoje veličine naizgled okreću polako. No to je varka te se one zapravo okreću veoma brzo. Udarac kojim pogode pticu je silovit te ptice najčešće pogibaju. Tisuće životinja godišnje gube živote zbog vjetrenjača.

Vjetroelektrane su većinom prilično pouzdane, no jednom kad nešto pođe po zlu katastrofa je gotovo neizbježna. Visoka cijena ih čini nedostupnima kao značajan izvor energije za manje i siromašnije države. Iako postoji mnogo potenciranih lokacija za polja vjetrenjača, ona narušavaju krajobraz i odgovorne su za smrt tisuća ptica i šišmiša. Tehnologija je naizgled obećavajuća, no kada se sagleda kompletni utjecaj, u praksi se nije pokazala toliko isplativom koliko se često prikazuje.

#### Izvori

1. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environmental-data-centre-on-natural-resources-old/natural-resources/energy-resources/wind-energy> (pristup 14.3.2020.)
2. <https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy> (pristup 14.3.2020.)
3. <https://www.energy.gov/eere/wind/environmental-impacts-and-siting-wind-projects> (pristup 14.3.2020.)
4. <https://www.wind-watch.org/faq-size.php> (pristup 14.3.2020.)

## Adhezija boja na različite materijale

Antonija Karakaš (FKIT)

Kemija zadire u sve sfere života pa je tako prisutna i u umjetnosti. Primjerice, proces vezanja boje na platno rezultat je brojnih kemijskih procesa i mehanizama. Jedan od njih je adhezija. Adhezija je pojava međusobnog privlačenja dvaju različitih tijela, ili tijela i tekućine, zbog djelovanja elektromagnetskih sila među molekulama. Privlačne sile između molekula kratka su dosega, a jačina im ovisi o vrsti tvari u dodiru. Prianjanje je izraženije ako je jedna od tvari tekućina.

Bojila su dakle uglavnom tekuće, organske smjese koje lako stupaju u interakciju s određenim materijalom tvoreći s njim kemijsku vezu, fizikalnu vezu ili netopljive spojeve. Nositelji su obojenosti u bojilu kromofori, karakteristične nezasićene atomske skupine (npr. azo, nitro, nitrozo, karbonilna), koje su obično vezane na aromatske jezgre, koje pospješuju rezonanciju u konjugiranom sustavu. Osim što tvar treba sadržavati kromofor, neka tvar može biti bojilo u tehničkom smislu ako postoji mogućnost da se veže i ugradi u materijal.<sup>1</sup> Kad je riječ o sustavima vezivanja, adheziju omogućuju tri mehanizma: adsorpcijskog, kemijskog i mehaničkog spajanja.

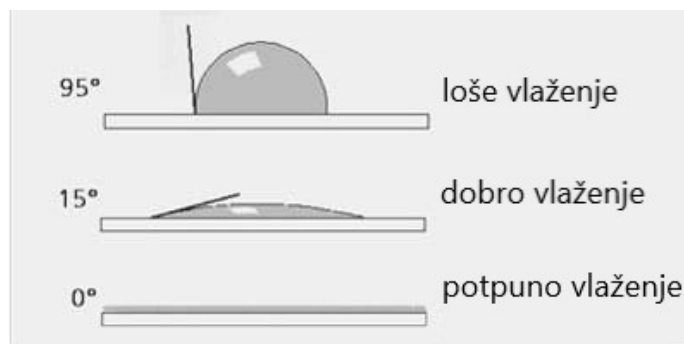
Kohezija i adhezija potrebni su za dugotrajni zaštitni premaz. Prianjanje se odvija filmom boje koji teče i puni pore, rupe, pukotine i mikro praznine na podlozi.



Jedan od najčešćih površinskih tretmana jest abrazija, odnosno grubi mehanički postupci. Da bi film boja pravilno funkcionirao mora prodrijeti u nepravilnosti na površini, istisnuti zarobljeni zrak na površini i mehanički se učvrstiti na podlogu.<sup>2</sup> Kao platno u umjetnosti, upotrebljavaju se drvo, kamen, platno, staklo i plastika.

Sustav boja promatra se kao jednostavan trodijelni sustav koji se sastoji od filma boje, sučelja između filma i podloge i same podloge. Dobri adhezivni rezultati dobivaju se tako da se molekule u filmu boje namoče ili slobodno teku preko supstrata i dodiruju supstrat, tvoreći kemijske veze između boje i podloge. Film boja prodire hrapavost na površini podloge, što rezultira mehaničkim spajanjem nakon što se boja osuši. Sva tri ova mehanizma ne moraju biti prisutna da bi se postiglo dobro prijanjanje, već to ovisi o specifičnom sustavu boje, podloge i načinu nanošenja.

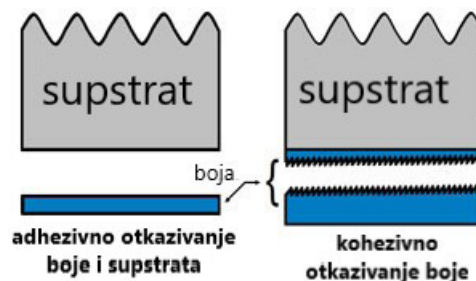
Adsorpcija je sposobnost neke čvrste tvari (adsorbensa) da na svojoj graničnoj površini veže molekule plina ili otopljene tvari iz otopina, formirajući tako molekularni ili atomski film koji nazivamo adsorbat. Veza se razvija adsorpcijom molekula boje na supstratu i rezultirajućim privlačnim silama, obično van der Waalsovima. Da bi se razvijale ove sile, površine ne smiju biti udaljene više od pet angstroma. Stoga film boje mora ostvariti molekularni kontakt s površinom podloge. Postupak uspostavljanja



Slika 1 – Prikaz potpunog i nepotpunog vlaženja

kontinuiranog kontakta između tekućeg filma boje i površine podloge poznat je pod nazivom vlaženje. Dobre rezultate vlaženja dobivamo kada bojilo teče u udubine i pukotine na površini podloge. Loše rezultate dobivamo kada bojilo premosti površinske nepravilnosti. Dobivanje kontakta bojila s površinom osigurava minimalizaciju ili otklanjanje međufaznih nedostataka. U najmanju ruku, slabo vlaženje uzrokuje manje područje dodira između boje i površine i stvaranje mjehurića te zračnih džepova.

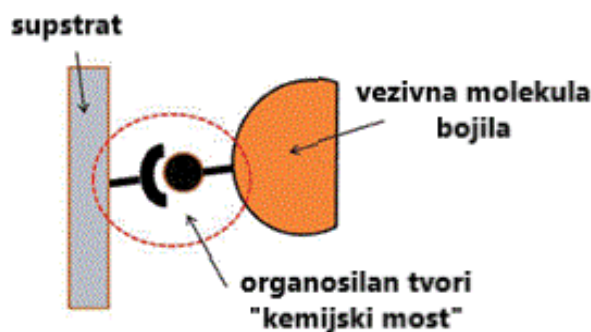
Da bi se došlo do dobrog vlaženja, podloga mora imati veću površinsku energiju od filma tekuće boje. Metali, staklo i određeni polimeri imaju veću površinsku energiju od većine uvezivača boje, stoga vlaženje nije problem. Međutim, ako je podloga kontaminirana materijalom s nižom površinskom energijom, poput ulja, tada će se spriječiti odgovarajuće vlaženje. Također, ako je podloga kontaminirana labavim česticama, onečišćivač



Slika 2 – Shematski prikaz razlike između adhezivnog i kohezivnog otkazivanja

oslabi granični sloj koji lako može kohezivno otkazati. Određene plastične podloge, poput polipropilena, fluoroplastike i silikonske gume, imaju vrlo malu površinsku energiju, pa te podloge zahtijevaju neku vrstu postupka pripreme površine za povećanje površinske energije. Uobičajeni postupci pripreme površine su kemijska obrada, obrada plamenom i tehnika modifikacije površine koja koristi plazmu pri niskoj temperaturi (engl. *corona treatment*).

Bojila koja sadrže reaktivne funkcionalne skupine, poput hidroksila ili karbonila, imaju tendenciju čvrstog prijanjanja za podloge koje sadrže slične skupine. Hidroksilno vezivanje jedan je od razloga zašto se epoksi i poliuretanski bazni polimeri često upotrebljavaju u strukturnim formulacijama boja. U kemijskoj industriji za poboljšanje rezultata bojenja upotrebljavaju se promotori adhezije (engl. *adhesion promoter*) ili sredstva za spajanje. Te višenamjenske kemikalije pružaju "molekulski most" između supstrata i molekula u filmu boja. Jedan kraj molekule promotora adhezije ima funkcionalnu skupinu koja će reagirati s bojom, a drugi kraj ima funkcionalnu skupinu koja će reagirati sa supstratom. Nakon stvrdnjavanja nastaje čvrsta i izdržljiva veza. Organosilan je primjer široko korištenog promotora adhezije. Upotrebljava se kao aditiv u formulacijama boja i kao temeljni premaz na staklenim i metalnim podlogama za promicanje adhezije, poboljšanje otpornosti na vlagu i smanjenje mogućnosti korozije.



Slika 3 – Organosilanski promotori adhezije pružaju snažan "kemijski most" između filma boje i podloge

U osnovi bojilo se sastoji od tri komponente: baze koja drži sve na okupu, otapala koje omogućuje tekuću strukturu te pigmenta koji osigurava neprozirnost i obojanost. Među brojnim tehnikama u umjetnosti, posebno se ističe tehnika ulje na platnu. Ulja koja se upotrebljavaju su: laneno ulje, orahovo ulje, makovo ulje i



ulje šafranke. Uljane boje se suše tako da apsorbiraju kisik iz zraka autooksidacijom, apsorbiraju kisik i stvrdnjavaju se. Kisik se apsorbira kroz površinu boje, što znači da ako je boja vrlo gusta, na filmu se može primijetiti drugačija brzina “sušenja”, nego na prvom sloju koji se nanosi na platno. Podloga može biti tvrda, a ulja ispod nje još ljepljiva.<sup>4</sup> Nerijetko umjetnici dodaju tvari kako bi ubrzali sušenje koje inače teče jako sporo, kao što su na primjer parafin pomiješan s petrolejom (smjesa alifatskih i cikličkih ugljikovodika).<sup>5</sup>

### Izvori

1. <https://www.enciklopedija.hr/> (pristup 14.3.2020)
2. <https://www.materialstoday.com/metal-finishing/features/fundamentals-of-paint-adhesion> (pristup 14.3.2020)
3. <https://blogs.scientificamerican.com/symbiartic/httpblogsscscientificamericancomsymbiartic20110802the-chemistry-of-oil-painting/> (pristup 15.3.2020)
4. <https://prezi.com/ulze-bi4ej-y/chemistry-of-oil-paint> (pristup 15.3.2020)

## Kaleidoskop

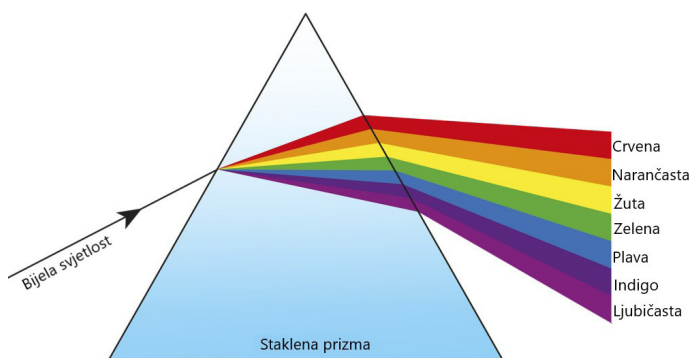
Lucija Volf (FKIT)

Kaleidoskop je optička naprava koja stvara prekrasne slike koristeći obojene, prozirne predmete i reflektirajuće površine unutar duge cijevi. Izumio ga je i patentirao David Brewster 1817. godine. Riječ kaleidoskop dolazi od grčkih riječi *kalos* – lijepo, *eidos* – oblik i *scopeo* – gledati. Ono što ih čini fasciniranim jest činjenica da nikada nećete vidjeti istu sliku dva puta, bez obzira koliko ih često upotrebljavate.

Duž cijevi postavljena su najčešće tri pravokutna zrcala, međusobno nagnuta pod ostrim kutom. Na jednoj je strani cijevi otvor za promatračevo oko, a na drugoj prozirna komorica u kojoj se nalaze šarena stakalca ili neki drugi sitni pomični predmeti. Kako cijev rotira, sitni predmeti na njezinu kraju mijenjaju položaje, a višestrukom refleksijom nastaje niz centralno simetričnih figura koje tvore vrlo lijepe slike.<sup>1</sup>

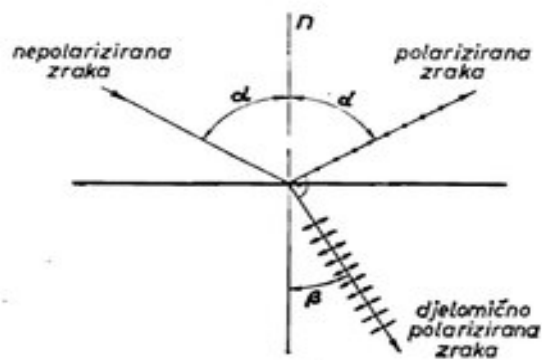
Kaleidoskop djeluje primjenjujući dva principa znanosti. Prvo načelo je zakon refleksije, koji kaže da kada svjetlost pogodi glatku i sjajnu površinu pod kutom, svjetlost se odbija od te površine pod određenim kutom, odnosno u tehničkom smislu upadni kut jednak je kutu refleksije. Drugi princip je poimanje bijele svjetlosti kao kombinacije svih vidljivih boja.

Kada bijela svjetlost prođe kroz obojene predmete koji su prozirni, većinu boja apsorbira objekt, a jednoj boji je dopušteno da prođe te je to i boja tog objekta.<sup>2</sup>



Slika 1 – Prolazak bijele svjetlosti kroz prizmu

Škotski fizičar, David Brewster, istraživao je refrakciju i polarizaciju svjetlosti. Začetnik je Brewsterova pravila prema kojemu je lomljena zraka potpuno linearno polarizirana ako svjetlost pada na ravnu plohu pod takvim kutem da su odbijena i lomljena zraka okomite, te je prvi patentirao kaleidoskop.



Slika 2 – Brewsterovo pravilo

Brewsterov početni dizajn bila je cijev s parovima zrcala na jednom kraju i parom prozirnih diskova na drugom. U početku zamišljeni znanstveni instrument, kasnije je kopiran kao igračka.<sup>3</sup>

Većina kaleidoskopa masovno se proizvodi od jeftinih materijala, a u zemljama poput Indije, Bangladeša, Japana, SAD-a, Rusije i Italije slijedi se duga tradicija izrade stakla te su to zemlje iz kojih potječe većina ručno rađenih kaleidoskopa.

Svistvoreni uzorci kaleidoskopa imaju karakterističnu simetriju i mijenjaju se pri svakom koraku, stoga je fascinirajuće svojstvo tog jednostavnog optičkog uređaja što, upotrebljavamo li ga godinama ili prvi put, nikada nećemo vidjeti sasvim identičan uzorak.

### Izvori

1. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=29889> (pristup 14.3)
2. Kaleidoscopes, 3-5 Physical Science Southern Nevada Regional Professional Development Program [http://rpd.net/admin/images/uploads/1546Kaleidoscopes-U\\_Revised\\_v22.pdf](http://rpd.net/admin/images/uploads/1546Kaleidoscopes-U_Revised_v22.pdf) (pristup 14.3)
3. <http://scihi.org/david-brewster-kaleidoscope/> (pristup 15.3.)



# STAND-UP KEMIČAR

## | Fun facts

*pripremio Leo Bolješić*

---

- Nova istraživanja pokazuju da ljudi mogu reagirati na Zemljino magnetsko polje na nesvjesnoj razini. Za sad nije nađen način da to saznanje bude korisno, ali se vjeruje da je povezano s našom primitivnom prošlošću.
- Kalifornija godišnje izgubi oko 1 milijardu dolara samo na usjevima koji propadaju zbog onečišćenja zraka. Najosjetljiviji su grožđe, jagodi i orasi.
- Riblji izmet je neophodan za rast koralja. Na koraljnim grebenima gdje je ribarstvo najzastupljenije i riba je sve manje, neki ključni spojevi odsutni su iz čitavog ekosustava.
- Znanstvenici su utvrdili porijeklo fosfora na Zemlji. Tvrdi se da je fosfor na zemlju došao prilikom nastanka velikih zvijezda u oblacima plina. U obliku monoksida došao je na Zemlju prilikom slijetanja kometa na njenu površinu.



## | Vicevi

*pripremio Leo Bolješić*

---

What's new? (čitaj nu)  
- c/lamda

Neutrino prođe kroz bar.

Tri statističara su u lovu na patke. Prvi pukne previše u desno, drugi previše u lijevo. Na to treći uzvikne "Dečki, imamo ju!"

Što je jaki teoretičar rekao kad ga je žena ulovila u krevetu s drugom?  
– Čekaj, sve mogu objasniti!

Zašto programeri pomiješaju Božić i Noć vještica?  
Jer je 31. u oktadekadskom (oct.) 25. u dekadskom (dec.)

# Anegdote iz svijeta znanosti: HEISENBERG

pripremio Leo Bolješić

Werner Heisenberg smatra se jednim od najvećih umova fizike. Svojim radom uvelike je doprinio saznanjima o kvantome svijetu, a njegova teorija neodređenosti jedna je od temeljnih teorija kvantne fizike i kemije.

Međutim, ono što je manje poznato je njegova doktorska disertacija. Profesor Willy Wien ponudio mu je četverosatni kurs iz eksperimentalne fizike jer je smatrao da bi svaki fizičar, uz znanje teorije, morao biti spreman na čari koje nosi eksperimentalna fizika.

Dok se Heisenberg mučio da prođe sve Wienove laboratorijske eksperimente, istodobno je spremao disertaciju "O stabilnosti i turbulenciji tekućih tokova". Samu disertaciju je predao, a zbog niza primjedbi poznatih matematičara poput Fritz Noethera, bilo je potrebno određeno vrijeme da se disertacija odobri. Najveći problem svega bio je problem shvaćanja prelaska turbulentnog u laminarni tok, a i sam Sommerfeld (koji je temu predložio) istaknuo je da ni jednom svom učeniku tako težak posao ne bi zadao.

No, da. Heisenberg je doista uspio obraditi temu i disertacija je odobrena. Ono što je slijedilo je bio usmeni iskaz pred komisijom. Ona se sastojala od Sommerfelda, Wiena i još dvoje profesora iz najvažnijih predmeta - matematike i astronomije. Heisenberg je briljirao na svim pitanjima vezanim uz matematiku, na astronomiji je već krenuo štekati, a kada je na red došla eksperimentalna fizika - potpuno se pokopao.

Heisenberg navodno nije znao izvesti neke proračune koje je koristio u svojoj disertaciji, poput onog za moć razlučivanja interferometra (uređaja koji prati interferenciju svjetlosnih zraka) kojem je Wien na svojim predavanjima pridavao poseban značaj. Na svačije čudo, Heisenberg se jako mučio i s moćima razlučivanja osnovnih instrumenata kao što su teleskop i mikroskop. Vrlo razdraženi Wien je već na rubu te kao konačno pitanje Heisenberga upita na koji način funkcionira obična baterija. Heisenberg se izgubio, a Wien je izgubio strpljenje i htio ga srušiti unatoč činjenici da je bio briljantan u svim ostalim područjima fizike. Sommerfeld i Wien raspravljali su i odlučili su da će mu dati minimalnu ocjenu za prolaz!

Sommerfeld u šoku, Heisenberg umire od sramote. Kao najbolji student generacije, bilo mu je teško prihvatiti najnižu moguću ocjenu. Sommerfeld je nakon toga imao zabavu koju je Heisenberg izbjegao, otišao kod Maxa Borna koji ga je već zaposlio kao svojeg asistenta i rekao mu da mu je potpuno jasno ako ga više ne želi.

Born je preispitao situaciju i svejedno odlučio zadržati Heisenberga. Međutim, Heisenbergov zabrinuti otac unajmio je privatnog učitelja da ga nauči eksperimentalnoj fizici. Učitelj je ubrzo odustao i rekao da uopće više nema smisla. I tako je Heisenberg kroz čitavu fiziku prolazio kao - teoretičar. Nekoliko godina nakon na mikroskopu je proučavao teoriju neodređenosti i sve ono što par godina u natrag nije znao - i dalje mu je stvaralo problem!

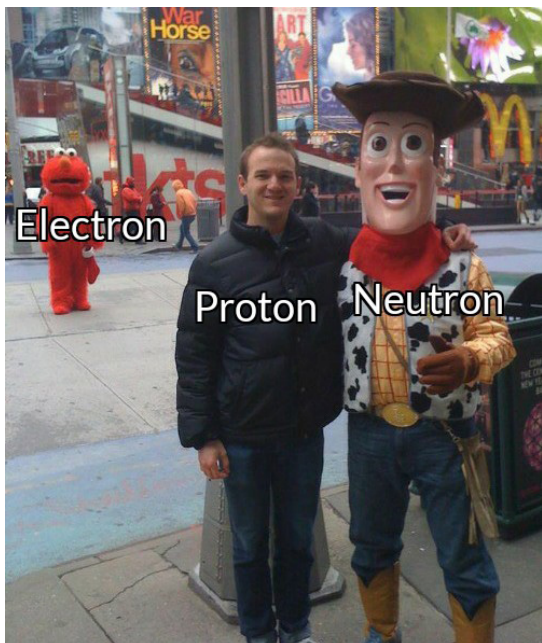
Pouka priče:

Možete biti briljantni iako vam ne ide apsolutno sve. U jednome možete biti stručnjaci, u drugome potpuni laici!



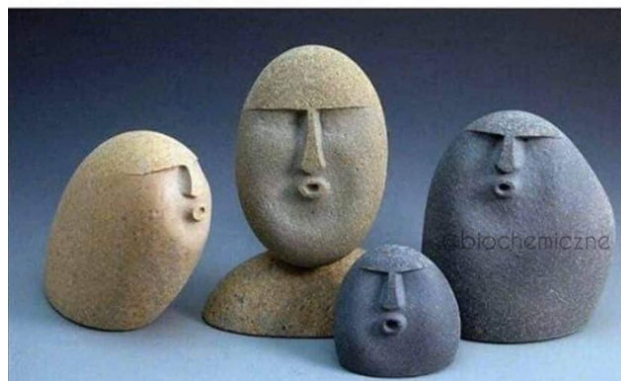
$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$



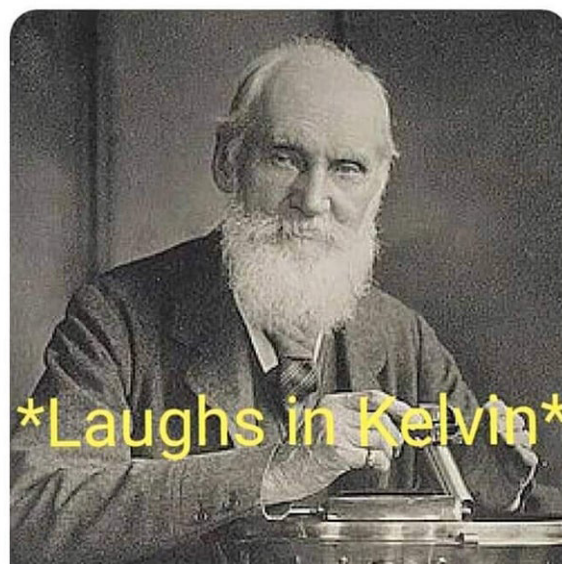


DNA: AAAAAAAAAAAAAA

RNA:



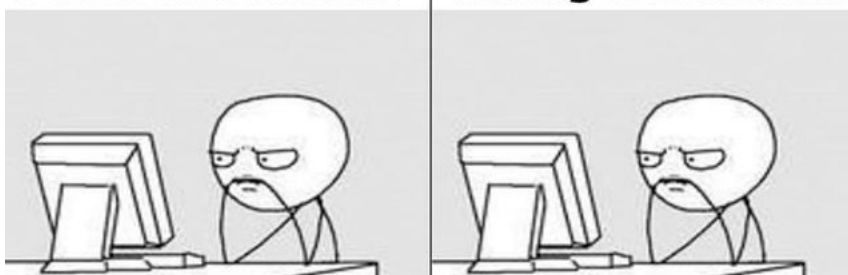
When someone insults you by saying, that you have IQ of room temperature



## Computational/Theoretical Chemists

**before coronacrisis**

**during coronacrisis**





Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa  
 Prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
 European Chemical Society  
 European Hygienic Engineering & Design Group

međunarodni znanstveno-stručni skup  
**18 RUŽIČKINI DANI**  
 ■ DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA  
 16. – 18. rujna 2020. | Vukovar, Hrvatska



*GlaxoSmithKline* – dijamantni sponzor Studentskog kongresa o HIV-u

SADRŽAJ  
vol. 4, br. 5

KEMIJSKA POSLA

Kemijski origami .....	1
Kemija u očuvanju umjetnina .....	3
Kako umjetnost i znanost prelaze sve postavljene granice? .....	4
X-zrake otkrivaju umjetnost .....	5
Prevođenje proteina u glazbu .....	6
Zimska škola robotike .....	7
Znanstveni dan u Bunkeru .....	8

ZNANSTVENIK

Kakva se kemija skriva iza bojanja jaja? .....	9
Apsolutna nula i Bose-Einsteinov kondenzat .....	11
“How to get away with murder” .....	13
Opasni materijali u umjetnosti .....	15
Uloga eko-dizajna u očuvanju prirodnih resursa .....	16

BOJE INŽENJERSTVA

Na kavi s prof. dr. sc. Marijanom Hranjec .....	18
Održivost i efikasnost obnovljivih izvora energije vol. 5: Energija vjetra .....	21
Adhezija boja na različite materijale .....	22
Kaleidoskop .....	24

STAND-UP KEMIČAR

Fun facts .....	25
Vicevi .....	25
Anegdote iz svijeta znanosti: HEISENBERG .....	26

