

reaktor 8

ideja vol. 8

službeno glasilo Studentske sekcije HDKI-ja



„Molekulska zamka“ kao spas pri predoziranju

Razgovor sa stručnjacima –
Kristina Grgić, mag.
ing. techn. aliment.



Kemija i inženjerstvo u razvoju lijekova – KIRL

Žene koje su revolucionizirale znanost



5

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247



Studentska sekcija HDKI-ja

www.hdki.hr/hdki/casopisi/reaktor_ideja

ožujak 2024.

Sadržaj

vol. 8, br. 5, ožujak 2024.

KEMIJSKA POSLA

<i>Kemija i inženjerstvo u razvoju lijekova</i> – KIRL	1
Biosenzor za brzo određivanje raka dojke	4
Održivo dobivanje hitina iz morskih plodova	6
Laboratoriji vođeni umjetnom inteligencijom	8
<i>15. susret mladih kemijskih inženjera (SMLKI)</i>	10
Upoznajmo uredništvo – Iva Turkalj	12

ZNANSTVENIK

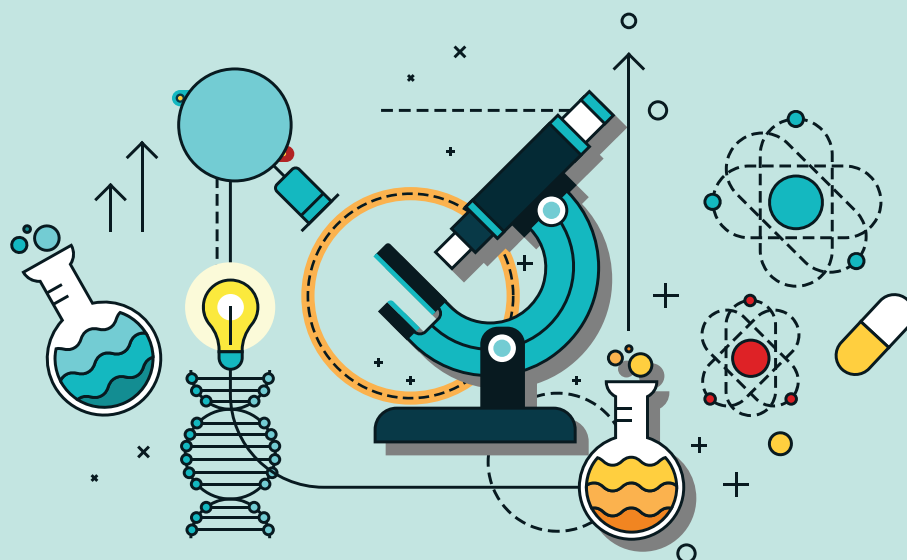
Umjetna fotosinteza	13
Fazna memorija za računala	15
Organoidi – nova generacija umjetne inteligencije?	17
„Molekulska zamka“ kao spas pri predoziranju	19

BOJE INŽENJERSTVA

Na kavi sa znanstvenicima – prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	21
Senzori koje napaja zvuk	25
Litijeve baterije s recikliranim dijelovima	26
Razgovor sa stručnjacima – Kristina Grgić, mag. ing. techn. aliment	28
Drveće teže „diše“ u toplijim krajevima	30
Od plastičnog otpada do vrijednih proizvoda	32

SCINFLUENCER

Žene koje su revolucionizirale znanost	35
Misterij tamne tvari	48
<i>Coperni Air Swipe Bag</i> – Revolucija u svijetu mode i tehnologije	50
Psi grada Černobila	51
Znanost u farbanju uskršnjih jaja	53





reaktor ideja



IMPRESSUM

Reaktor ideja

Uredništvo:

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

Izdavač:

Hrvatsko društvo kemijskih
inženjera i tehnologa

Glavna urednica:

Dora Ljubičić
(dljubicic@fkit.unizg.hr)

Urednici rubrika:

Jurja Vukovinski
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Iva Turkalj

Grafička priprema:

Dora Ljubičić
Jurja Vukovinski
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Iva Turkalj
Zdenko Blažeković

Lektura:

Dora Felber
Karla Radak

Grafički dizajn:

Iva Žderić

Izlazi mjesečno

(kroz akademsku godinu)
Časopis sufinancira Ministarstvo
znanosti i obrazovanja Republike
Hrvatske, Zagreb

Vol. 8 Br. 6, Str. 1–55
Zagreb, ožujak 2024.

ISSN 2584-6884
e-ISSN 2459-9247



Uredništvo *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

izdali smo već pola ovogodišnjih brojeva, a ispred
vas je 5. broj.

Ovo je najveći broj do sada, s više od 50 stranica
zanimljivosti, inovacija i novosti iz svijeta znanosti i
inženjerstva.

Nadam se da ćete uživati u čitanju i želim svima
ugodne praznike.

Uživajte u čitanju!

Dora Ljubičić,
glavna urednica

Dora Ljubičić



KEMIJSKA POSLA

Kemija i inženjerstvo u razvoju lijekova – KIRL

Paula Šimunić (FKIT)

Prve subote u ožujku 2024. godine, održan je prvi ovogodišnji projekt Studentske sekcije HDKI-ja, kongres naziva „Kemija i inženjerstvo u razvoju lijekova“ ili skraćeno KIRL. Kongres je održan na samome Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije te se sastojao od mnogobrojnih zanimljivih aktivnosti kao što su predavanja, panel rasprava te poster sekcija uz pauze za odmor i druženje.



Slika 1 – Članovi organizacijskog odbora KIRL-a



Slika 2 – Okupljeni sudionici na kongresu

Predavanja na KIRL-u održali su znanstvenici i profesori, odnosno stručnjaci iz područja kemije, kemijskog inženjerstva te farmacije. Na svojim predavanjima predstavili su te objasnili procese proizvodnje lijekova sve od mikroskopskih do makroskopskih razina. Objasnili su i opisali razvoj lijeka počevši od selekcije, sinteze i analize same aktivne tvari, do njezinog oblikovanja u lijek i optimizacije industrijskih procesa u pogonima proizvodnje, te prodaje samog lijeka na tržištu.



Na predavanjima okupili su se studenti, alumni te ostali sudionici u velikome broju, čime su iskazali veliku zainteresiranost i potvrdili aktualnost tema zastupljenih na kongresu. Svaki je predavač iskazao pristupačnost sudionicima odgovarajući na postavljena pitanja te tako potaknuo svakog na razgovor i razmišljanje.

Osim predavanja, sudionici su imali priliku sudjelovati u panel raspravi izravnom komunikacijom s panelistima, postavljajući pitanja uživo ili preko interaktivnih anonimnih pitanja za koje je bio predstavljen kod, za sramežljivije sudionike. Gosti panela bili su alumni Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije te srodnih fakulteta koji su zaposleni u kemijskoj industriji. Panel rasprava pratila je temu „Vremeplov lijeka: od ideje do tablete“ te je obratila pozornost na pitanja vezana uz osobna iskustva pronalaženja posla u industriji proizvodnje lijekova, dojmova uvjeta na radnome mjestu te socijalnih i ekonomskih faktora u proizvodnji i prodaji farmaceutika.



Slika 3 – Panel rasprava

Tijekom pauza između predavanja, svi sudionici imali su priliku družiti se, razgovarati te stvoriti nova poznanstva. Također, imali su mogućnost razgovora i postavljanja pitanja samim predavačima i panelistima tijekom i nakon predavanja. Na taj način svatko je dobio priliku osobno se upoznati s industrijom te opcijama koje će im biti otvorene po završetku fakulteta.

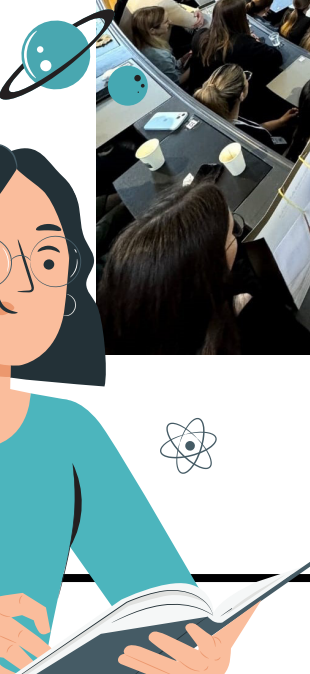
Kongres je okončan poster sekcijom koju je činilo jedanaest studenata s posterima s raznih fakulteta. Tročlani žiri koji su činile prof. dr. sc. Zrinka Rajić, prof. dr. sc. Irena Škorić i dr. sc. Ana Petračić, ocijenio je postere, ispitao njihove autore te su proglašeni osvajači prvog i drugog mjesta, koji su za svoj trud bili nagrađeni.



Slika 4 – Predavanje prof. dr. sc. Krunoslava Žižeka



Slika 5 – Predavanje Zvonimira Mlinarića, mag. pharm.





Slika 6 – Predavanje dr. sc. Sanje Koštrun



Slika 8 – Predavanje dr. sc. Franje Jovića



Slika 7 – Predavanje prof. dr. sc. Nenada Bolfa



Slika 9 – Predavanje dr. sc. Matije Gredičaka



Biosenzor za brzo određivanje raka dojke

Karla Radak (FKIT)

Rak dojke predstavlja najčešći oblik maligne bolesti kod žena, dok je incidencija kod muškaraca vrlo rijetka. Ova bolest obično se manifestira pojavom novih formacija, a tumorske stanice mogu se odvojiti od primarnog tumora u dojci te se proširiti kroz krvotok ili limfnim sustavom na udaljene dijelove tijela, poput jetre, pluća, kostiju, mozga ili limfnih čvorova.¹

Gotovo polovica žena koje obolijevaju od raka dojke razvijaju metastatsku bolest, dok rak dojke čini oko trećinu svih malignih tumora kod žena. Statistički gledano, svaka deseta žena će tijekom svog života biti dijagnosticirana s rakom dojke. U Hrvatskoj se godišnje dijagnosticira oko 2.500 novih slučajeva, a oko 800 žena izgubi bitku s ovom bolešću.² Stoga, rak dojke predstavlja jedan od glavnih javnozdravstvenih problema u zemljama zapadnog svijeta, a Hrvatska se ističe kao zemlja s visokom incidencijom ove bolesti.

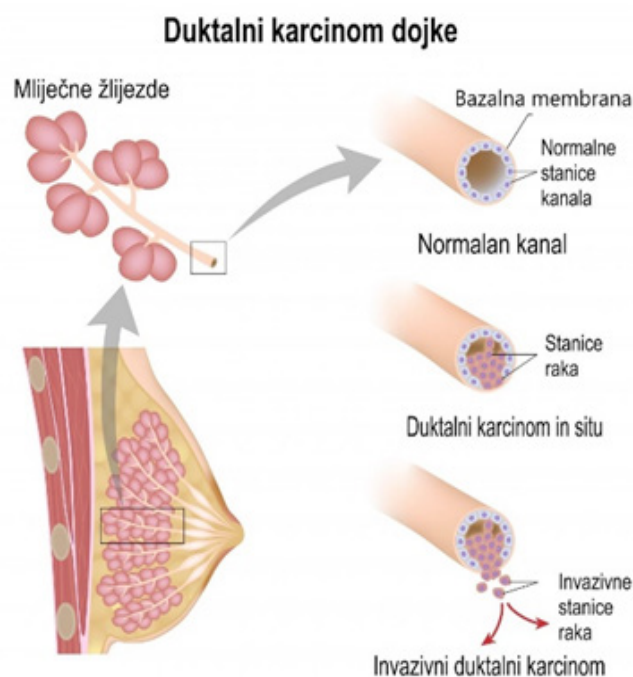
Rak dojke je kompleksna bolest koja ovisi o brojnim vanjskim i unutarnjim čimbenicima. Vanjski čimbenici uključuju prehranu, životne navike, stil života i izloženost ionizirajućem zračenju, dok su reproduktivna povijest, obiteljska predispozicija i dob unutarnji čimbenici.

Dijagnostika raka dojke obuhvaća redovite samopreglede dojki te provođenje standardnih dijagnostičkih postupaka. Rano otkrivanje raka dojke ključno je za uspješno liječenje i preživljavanje, budući da uvelike ovisi o stadiju bolesti u trenutku dijagnoze. Unatoč porastu incidencije raka dojke, smrtnost ostaje relativno konstantna, što sugerira poboljšanje u terapiji. Stoga je izuzetno važno rano otkrivanje kako bi se poboljšala učinkovitost liječenja i šanse za potpunim ozdravljenjem.

Biosenzor je uređaj koja može pretvoriti biološku reakciju u električni signal. Širok raspon primjena biosenzora posljednjih deset godina

gurnuo je dizajn biosenzora u prvi plan istraživanja.³

U *Journal of Vacuum Science & Technology B* istraživači sa Sveučilišta Florida i Nacionalnog sveučilišta Yang Ming Chiao Tung u Tajvanu izvijestili su o uspješnim rezultatima biosenzora za određivanje raka dojke temeljenog na uzorku sline. Njihov dizajn biosenzora koristi uobičajene komponente, kao što su široko dostupne trake za mjerenje glukoze i integrirana hardversko-sofverska platforma otvorenog koda, *Arduino*.



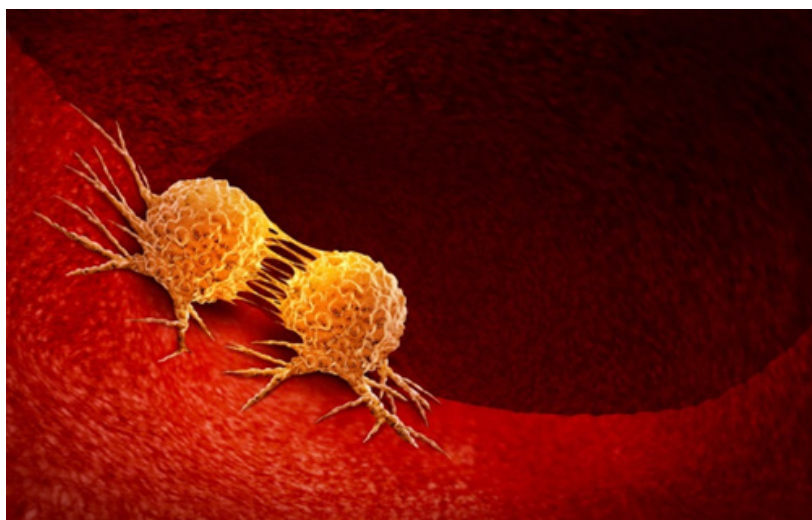
Slika 1 – Duktalni karcinom dojke

„Naša tehnologija je isplativija, s testnom trakom koja košta samo nekoliko centi, a višekratna tiskana ploča s cijenom od 5 američkih dolara. Uzbuđeni smo zbog potencijala značajnog utjecaja u područjima gdje ljudi možda nisu imali resursa za dojku prije testova probira raka.“, rekao je jedan od istraživača.⁴

Navedeni biosenzor izvrstan je izbor zbog svoje lake i višestruke primjene. Vrijeme testiranja manje je od pet sekundi po uzorku, što ga čini vrlo učinkovitim. Dizajn je revolucionaran u usporedbi s ostalim alternativama. Mamografija, ultrazvuk i magnetska rezonanca su skupi i zahtijevaju veliku, specijaliziranu opremu, izloženi su niskim dozama zračenja i mogu proći dani ili tjedni da se vrate rezultati testa.

Uređaj koristi papirnate test trake tretirane specifičnim antitijelima koja stupaju u interakciju s HER2 i CA15-3 biomarkerima.⁵ Uzorak sline stavlja se na traku, a impulsi električne energije šalju se na električne kontaktne točke na biosenzorskom uređaju. Ti impulsi uzrokuju da se biomarkeri vežu za antitijela i mijenjaju naboj te kapacitet preko elektrode. To proizvodi promjenu u izlaznom signalu, koji se može izmjeriti i prevesti u digitalnu informaciju o tome koliko je biomarkera prisutno.

Za biosenzor potrebna je samo kap sline, a može dati točne rezultate testa čak i ako je koncentracija biomarkera raka u uzorku samo jedan kvadrilijunti dio (1×10^{-24}) grama, ili 1 fg/mL.⁴ Jednostavnost rada i potencijal za široku javnu upotrebu u budućnosti pozicioniraju ovaj pristup kao transformacijski alat u ranoj detekciji raka dojke. Ovo istraživanje ne samo da pruža ključni napredak u dijagnostičkim metodama, već također obećava poboljšanje u praksi javnog zdravstva.



Slika 2 – Prikaz stanica raka

Literatura

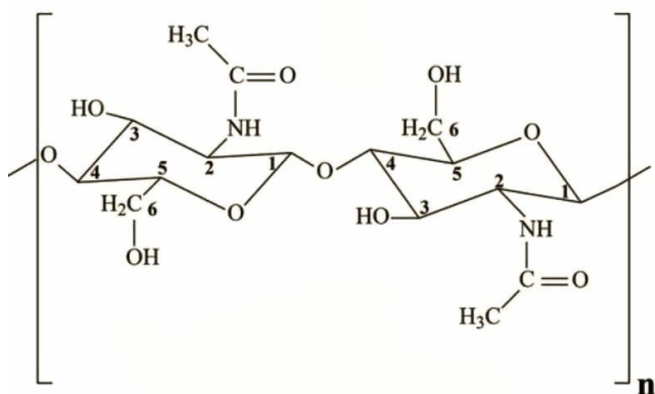
1. S. A. Soper, K. Brown, A. Ellington, B. Frazier, G. Garcia-Manero, V. Gau, S. I. Gutman, D. F. Hayes, B. Korte, J. L. Landers, D. Larson, F. Ligler, A. Majumdar, M. Mascini, D. Nolte, Z. Rosenzweig, J. Wang, D. Wilson, Point-of-care biosensor systems for cancer diagnostics/prognostics, *Biosensors and Bioelectronics*, 21 (2006) 1932–1942.
2. hzjz.hr (11.3.2024.)
3. K. S. Gudadur, A. Manammal, P. Veluswamy, *Biosensor Nanotechnology*, 2nd Edition, Wiley-Scrivener, Boca Raton, str. 215 – 244
4. M. Rahaman A. Wahab, T. Palaniyandi, S. Viswanathan, G. Baskar, H. Surendran, S. G. D. Gangadharan, A. Sugumaran, A. Sivaji, S. Kaliamoorthy, S. Kumarasamy, Biomarker-specific biosensors revolutionise breast cancer diagnosis, *Clinica Chimica Acta*, 55 (2024) 117792.
5. H.-H. Wan, H- Zhu, C.-C. Chiang, J.-S. Li, F. Ren, C.-T. Tsai, Y.-T. Liao, D. Neal, J. F. Esquivel-Upshaw, S. J. Pearton, High sensitivity saliva-based biosensor in detection of breast cancer biomarkers: HER2 and CA15-3, *Journal of Vacuum Science & Technology B*, 42 (2024) 023202.

Održivo dobivanje hitina iz morskih plodova

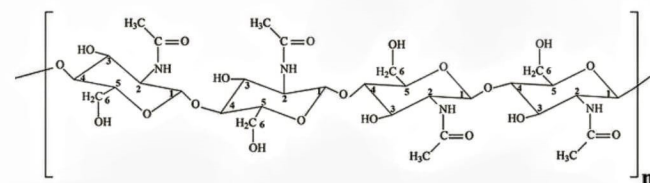
Tajana Rubilović (FKIT)

Svatko od nas barem je jednom u životu konzumirao morske plodove, no većina nas nije svjesna da se u morskim plodovima poput kozica, rakova i jastoga nalazi biopolimer hitin. Što je zapravo hitin?

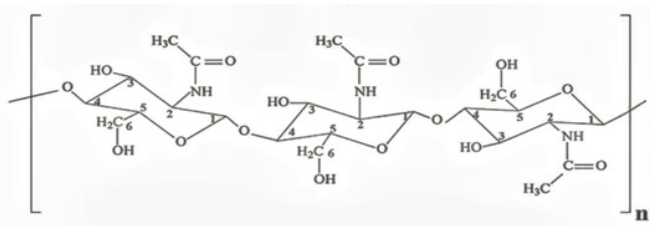
Hitin je, iza celuloze, drugi najrasprostranjeniji biopolimer na Zemlji s godišnje proizvedenih 100 milijardi tona od strane gljiva, insekata rakova, itd. U prirodi se može pojavljivati u tri različite kristalne strukture: alfa(α), beta(β) i gama(γ). Hitin ima različite temperature taljenja, ovisno o njegovoj strukturi, tj. o broju vodikovih veza u tim strukturama. Alfa struktura ima najveći broj vodikovih veza te najveću temperaturu taljenja od 330 °C, za razliku od beta i gama strukture koje imaju manji broj ostvarenih vodikovih veza te samim tim i manju temperaturu taljenja. Beta struktura hitina ima najnižu temperaturu taljenja od 230 °C. Alfa struktura je najčvršća i najizdržljivija te se nalazi u oklopima člankonožaca poput jastoga i rakova. Beta i gama struktura nemaju toliku čvrstoću i izdržljivost kao prethodna alfa struktura. Štoviše, poprilično su mekane i savitljive te ih iz tih razloga ne nalazimo u oklopima člankonožaca, već u kokonima kukuljica, tkivima mekušaca, gljivama... Hitin se ne nalazi u višim biljkama, ali zato mnoge od njih, radi vlastite obrane, sintetiziraju proteine s mogućnošću vezanja za hitin.



Slika 1 – Alfa struktura hitina



Slika 2 – Beta struktura hitina



Slika 3 – Gama struktura hitina

Hitin nalazi značajnu upotrebu u razne svrhe. Od upotrebe u ambalaži za hranu do upotrebe u kozmetici, medicini i farmaciji. Hitin i njegovi derivati također mogu naći značajnu primjenu i kod detoksikacije okoliša svojom mogućnosti apsorpcije bakrenih, olovnih, željeznih i kromovih iona u vodenim medijima. Negativna strana hitina je to što proces njegovog recikliranja može biti kemijski intenzivan. Zbog prethodno navedene razne primjene, hitin je jedan od najzastupljenijih materijala na svijetu te je samim tim bitno da njegovo recikliranje ima što manji negativni utjecaj na okoliš.

Uobičajeni postupci zbrinjavanja otpada od morskih plodova doprinose eutrofikaciji, budući da se pod tim postupcima smatra bacanje navedenog otpada na odlagališta ili u oceane. Kao rezultat dolazi do prekomjernog rasta algi koje potom troše ogromne količine dostupnog kisika, što dovodi do takozvanih mrtvih zona u kojima mnogi organizmi ne mogu preživjeti. Yangchao Luo i njegov tim pronašli su način za ekološki održivo dobivanje hitina iz otpada morskih plodova. S ovim projektom započeli su na zamolbu kompanije koja se željela bolje nositi s ogromnim količinama morskog otpada kojeg proizvode.

Kemikalije koje su Y. Luo i tim odlučili koristiti su kemikalije koje možemo naći u hrani, tj. prirodi, poput jabučne kiseline koju nalazimo u jabukama, mliječne kiseline koje nalazimo u fermentiranim proizvodima, glicerol koji može biti korišten kao zamjena za šećer, ali i kolin klorid koji se može koristiti kao dodatak hrani.

Kolin klorid djeluje kao akceptor, a glicerol kao donor vodika. U kombinaciji od tri komponente, u slučaju da je treća komponenta jabučna ili mliječna kiselina, dolazi do nastajanja viskoznihi otopina nazvanihi ternarna duboka eutekhička otapala (TDES).

Hitin je, kao i mnoge osnovne vrste biomase, netopljiv u vodi zbog postojanja jakih vodikovih veza. Podešavanjem udjela kolin klorida, glicerola i jabučne ili mliječne kiseline mogu se promijeniti interakcije vodikovih veza unutar hitina. Također se može kontrolirati stupanj obrade hitina, kao i prilagoditi njegova molekularna težina. Korištenjem slabije jabučne ili mliječne kiseline možemo proizvesti hitin molekularne težine od 300 do 100 000 kilodaltona, za razliku od uobičajeno korištenih kemijskih procesa koji upotrebljavaju mnogo kiseline i baza za ekstrakciju uz dobivanje hitina male molekularne težine. TDES imaju sposobnost prekinuti jake vodikove veze u spomenutoj molekularnoj strukturi hitina te omogućavati pojednostavljeno odvajanje hitina od neželjenih komponentni poput proteina i kalcijevih karbonata, tj. minerala. Rezultat je dobivanje pročišćenog oblika hitina selektivnom ekstrakcijom, tj. mogućnošću dizajniranja TDES-a da otapaju prethodno spomenute neželjene komponente.

Y. Luo i njegov tim također rade i na procesu ultrazvučne obrade koji bi se integrirao u prethodno spomenut proces ekstrakcije s ciljem da se hitin pretvori u nano- hitin, rastavljajući hitinska vlakna na nano razini.

Još jedna prednost ovog postupka ekstrakcije je što TDES, budući da potječu iz hrane, ne zahtijevaju opsežnu neutralizaciju vodom prije odlaganja. Mogu se ponovno koristiti više puta, smanjujući i troškove i negativan utjecaj na okoliš. Y. Luo i tim, u partnerstvu s poljoprivrednom tvrtkom, testiraju hitin i nano-hitin za proizvodnju usjeva jer pretpostavljaju da bi ova nano- hitinska vlakna mogla biti apsorbirana od strane biljaka, potencijalno poboljšavajući njihov rast ili djelujući kao biostimulans ili gnojivo u tlu. Navedena tehnologija ima privremeni patent uz UConn-ovu službu za komercijalizaciju tehnologije.

Razvijanje ovog ekološki održivog pristupa dobivanja hitina definitivno je kretanje u pravom smjeru kao tretiranja morskog otpada kao otpada, a ne kao smeća. Otpad nije smeće te se radi naše dobrobiti te radi dobrobiti okoliša s njim tako ne bi ni trebalo postupati.



Slika 4 – Morski plodovi

Literatura

1. Yi Wang, Honglin Zhu, Mingyu Qiao, Yangchao Luo. Glycerol/organic acid-based ternary deep eutectic solvents as a green approach to recover chitin with different molecular weight from seafood waste. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2024; 257: 128714
2. Bošnjak, L. (2021.) Hitin. Završni rad. Split: Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno- matematički fakultet

Laboratoriji vođeni umjetnom inteligencijom

Karla Čulo (FKIT)

U današnje doba zasigurno više ne postoji osoba koja se nije na neki način upoznala s pojmom umjetne inteligencije. Postavlja se pitanje koja je uloga umjetne inteligencije u kemijskim laboratorijima i što nam to u budućnosti donosi.

Svakim danom traže se novi načini kako omogućiti lakše i brže obavljanje poslova bez obzira na njihovu prirodu. Tako je započelo stvaranje umjetne inteligencije i njezino korištenje za obavljanje različitih poslova. Uvidjevši uspješnost korištenja ovoga alata u različitim poslovnim sektorima, kemičari su se isto tako odlučili okušati u korištenju njegovih sposobnosti i vidjeti kako njima ono može pomoći.

Kakvi su to laboratoriji vođeni umjetnom inteligencijom?

Kemijski laboratoriji vođeni tehnologijom umjetne inteligencije laboratoriji su za automatizaciju i optimizaciju raznih procesa unutar područja kemije. Oni se često koriste algoritmima umjetne inteligencije i robotikom za obavljanje zadataka poput kemijske sinteze, analize, te pripreme samih uzoraka. Cilj njihova korištenja jest povećanje učinkovitosti, produktivnosti, točnosti u kemijskom istraživanju i razvoju.

U svijetu ovakvi laboratoriji postaju sve popularniji, a neki od poznatijima nalaze se u Japanu, Njemačkoj, Kini, SAD-u i Velikoj Britaniji. Iako ih koriste prestižne zemlje i dalje se postavljaju pitanja vezana uz kvalitetu i točnost podataka koja dolaze od strane umjetne inteligencije.

Za što se ovakve vrste laboratorija mogu koristiti?

Laboratoriji vođeni umjetnom inteligencijom pokazali su se izuzetno korisni u područjima analitičke kemije, otkrivanja i razvoja lijekova.

Korištenje algoritama umjetne inteligencije omogućuje analizu velike količine podataka kako bi se identificirali potencijalni kandidati za lijekove, ali i predvidjela njihova svojstva. Primjerice, kompanija *Atomwise Inc.* korištenjem tih algoritama predviđa afinitet vezanja malih molekula na specifične proteine, ubrzavajući tako otkrivanje lijekova.

Optimizacija kemijske sinteze gdje umjetna inteligencija optimizira puteve kemijske sinteze predviđanjem njezinih ishoda i predlaganjem alternativnih puteva, te korištenjem algoritama za ubrzano otkrivanje novih materijala željenih svojstava i kompozicija samo su neke u nizu mogućnosti korištenja umjetne inteligencije u kemijskim laboratorijima.

Ovime se može uvidjeti širok spektar mogućnosti uporabe umjetne inteligencije, te na koji način ona revolucionira različite aspekte u kemiji.

Na kakve prepreke nailaze ovakvi laboratoriji?

Kako u životu ništa nije, savršeno tako nisu ni laboratoriji vođeni umjetnom inteligencijom, iako nam se na prvi pogled čine takvi.

Jedna od značajnijih prepreka jest dostupnost i kvaliteta podataka. Algoritmi umjetne inteligencije zahtijevaju velike količine podataka visoke kvalitete kako bi mogli steći znanje potrebno za optimizacije procesa i predviđanje samih ishoda reakcija. Dolaženje do tolike količine podataka, njihovo upravljanje i pohrana može vrlo brzo postati izuzetno skupa. Sustave umjetne inteligencije također je potrebno kontinuirano ažurirati i osposobljavati za rad s novim podacima i zadacima.

Etnička razmatranja također se nalaze na popisu prepreka umjetne inteligencije. Od izuzetne je važnosti osigurati da su sustavi umjetne inteligencije dizajnirani i korišteni na način koji poštuje privatnost podataka, promiče pravednost i izbjegava subjektivnost.

Nezanemariva prepreka su tehnički izazovi poput rješavanja složenih podataka, optimizacija performansi, rješavanje odlučivanja u stvarnom vremenu.

Što nam donosi budućnost?

Umjetna inteligencija vrlo je moćan alat koji je zapravo tek nedavno stupio na tržište i velikom brzinom se razvija. Iako nisu svi oduševljeni idejom laboratorija vođenih umjetnom inteligencijom i imaju mnogo predrasuda, ovi laboratoriji pokazali su se uistinu kao „eureka”, kako bi rekao Arhimed. Na samom smo početku izgradnje laboratorija vođenih umjetnom inteligencijom, a jedan od takvih prikazan je na slici 1. Naravno, postoji još mnogo prostora za napredak u opremanju tih laboratorija, a na slici 2 prikazano je predviđanje umjetne inteligencije kako bi jedan dobro opremljen laboratorij vođen umjetnom inteligencijom uistinu trebao izgledati.



Slika 1 – Današnji izgled laboratorija vođenog umjetnom inteligencijom



Slika 2 – Predviđanje umjetne inteligencije izgleda kemijskog laboratorija vođenog umjetnom inteligencijom

Literatura

1. ScienceDaily, North Carolina State University, Do AI-driven chemistry labs actually work? New metrics promise answers, (2024.), <https://www.sciencedaily.com/releases/2024/02/240215113607.htm> (10.3.2024.)
2. M. Abolhasani, E. Kamacheva, Nature Synthesis, The rise of self-driving labs in chemical and materials science, (2023.), <https://www.nature.com/articles/s44160-022-00231-0> (13.3. 2024.)
3. World Economic forum, Chemical And Advanced Materials, What are self-driving labs and how are they transforming the chemical industry?, (2024.), <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/self-driving-labs-transforming-chemical-industry/> (4.3.2024.)
4. <https://www.atomwise.com> (5.3.2024.)
5. C.Yang, H. Tomoshige, Center For Strategic & International Studies, Self-Driving Labs: AI and Robotics Accelerating Materials Innovation, (2024.), <https://www.csis.org/blogs/perspectives-innovation/self-driving-labs-ai-and-robotics-accelerating-materials-innovation>, (12.3.2024.)

15. susret mladih kemijskih inženjera (SMLKI)

Lara Štorga (FKIT)

22. i 23. veljače održao se XV. Međunarodni Skup mladih kemijskih inženjera u organizaciji Znanstveno-organizacijskog odbora čija je ovogodišnja predsjednica doc. dr. sc. Željka Ujević Andrijić, tajnica odbora Andreja Žužić, mag.ing.cheming. te ostali članovi Odbora: doc. dr. sc. Marin Kovačić, izv. prof. dr. sc. Dajana Kučić Grgić, dr. sc. Ana Petračić, Marko Sejdić, mag. ing. cheming., dr. sc. Monika Šabić Runjavec, doc. dr. sc. Anita Šalić, Lara Štorga, univ. bacc. ing. cheming., doc. dr. sc. Andrej Vidak, prof. dr. sc. Krunoslav Žižek te međunarodni članovi Stevo Lavrnić (*University of Bologna, Bologna, Italy*), Albin Pintar (*National Institute of Chemistry, Ljubljana, Slovenia*) i Elena Simone (*Polytechnic University of Turin, Turin, Italija*).



Slika 1 – Znanstveno-organizacijski odbor

Skupu su pridonijeli vrsni pozvani i plenarni predavači koji su pričali o raznim temama. Prvi dan nakon otvaranja Skupa plenarno predavanje održao je Akademik Bojan Jerbić s temom „Umjetna inteligencija-izazov digitalne budućnosti“, nakon čega su slijedila tri pozvana predavanja, mag. ing. cheming. Maša Safundžić Kučuk s temom „Kako fakultetsko gradivo postaje lijek: Pustolovina od knjige do ljekarne“, dr. sc. Ivan Güttler s temom „Klimatske promjene: sažetak najnovijeg Zbirnog izvješća Međuvladinog panela o klimatskim promjenama (IPCC)“ te dr. sc. Primož Jovanovič „En route to Sustainable Oxygen Electrocatalysis: Employment of Advanced Electrochemical Methods“.

Nakon predavača na redu su bila usmena izlaganja: *Biokemijsko inženjerstvo, Razvoj materijala i proizvoda, Kemijsko inženjerstvo i Primjenjena kemija*. Na kraju dana bio je prvi dio posterske sekcije. Drugi dan Skupa započeo je plenarnim predavanjem koji je održala prof.dr.sc. Sanja Martinez na temu *The Challenges of Technology Transfer in Corrosion Engineering*, nakon čega su bila četiri predavanja pozvanih predavača izvr. prof. dr. sc. Igor Dejanović s temom „Može li destilacija biti zeleni proces?“, dr. sc. Ivana Šoljić Jerbić „Izazovi u razvoju inovativnih kompleksnih lijekova s produljenim oslobađanjem“, dr.sc. Arijana Filipić *Novel Technology for Clean Water* te dr.sc. Katarina Mužina „Makro uspjesi na nano razini-čari znanstvenog istraživanja“. Također, kao i prvoga dana, održana su usmena izlaganja po područjima i drugi dio izlaganja putem postera. Na kraju su održana i izlaganja sponzora - Selvita d.o.o., NEUCHEMIE d.o.o, SHIMADZU d.o.o. te Altium International d.o.o. Na zatvaranju skupa, predsjednica je proglasila pobjednike. Želim ovim putem čestitati svim pobjednicima, zahvaliti svim sudionicima te izraziti zadovoljstvo što sam bila dio takvog Međunarodnog Znanstveno-organizacijskog odbora.





S+M(L)=KI¹⁵

International Conference XV Meeting of Young Chemical Engineers

Upoznajmo uredništvo – Iva Turkalj

Jurja Vukovinski (FKIT)

Kada i kako se javila želja za aktivnim pisanjem u Reaktoru ideja?

Moja želja za aktivnim pisanjem za Reaktor ideja započela je odmah nakon što sam upisala ovaj fakultet. Svoj interes za znanost i inovacije u tehnološkom području intenzivno sam razvijala prateći vijesti iz tog područja. Željela sam proširiti svoje znanje i istražiti što rade svjetske institucije i znanstvenici. Dok sam istraživala različite teme, uvijek sam razmišljala o tome kako bih mogla podijeliti svoje spoznaje s drugima. Kada sam zakoračila u drugu godinu studija, osjetila sam da je pravo vrijeme da svoje spoznaje i misli pretočim u članke za Reaktor ideja. Želja za doprinosom zajednici i dijeljenjem korisnih informacija potaknula me da se aktivno uključim u pisanje i podijelim svoje zanimljive članke s drugima.

Kako pronalaziš teme za svoju rubriku?

Teme za svoju rubriku pronalazim na različitim portalima kao što su *Science Daily*, *Bloomberg Green*, *Science News* te ponekad i *Scientific American*, također tu su i *Facebook*, *Instagram* i *LinkedIn*. Svi ti portali izvještavaju o raznovrsnim novostima u svijetu znanosti. Osim toga, ideje za članke često proizlaze i iz svakodnevnog života. Scinfluencer je rubrika u kojoj se mogu pronaći raznovrsne teme, pa često novinari predlažu i svoje teme.

Koje teme najradije čitaš?

Volim čitati o raznim temama jer vjerujem da je važno biti informiran o novostima iz različitih područja. No, s obzirom da sam student ekoinženjerstva, posebno me zanimaju inovacije u području zaštite okoliša. Ta područja me nadahnjuju i potiču na daljnje istraživanje kako bismo stvorili održivije okruženje za buduće generacije.

Što voliš raditi u slobodno vrijeme?

Slobodno vrijeme najčešće provodim uz bliske prijatelje, obitelj i svog psa. Veoma sam otvorena osoba, tako da kada nisam uz knjigu, najčešće s prijateljima istražujem nove restorane i kafiće u Zagrebu, putujem i često volim gledati razne serije i filmove.



Slika 1 – Iva Turkalj

Gdje se vidiš za pet godina?

Za 5 godina, nadam se da ću biti na doktoratu u inozemstvu, istražujući područja koja me strastveno zanimaju. Istovremeno, planiram putovati svijetom, otkrivati nove kulture i iskusiti različite načine života. Nakon završetka doktorata, željela bih ostati u istraživačkom području, možda na nekom institutu za istraživanje, gdje bih mogla nastaviti doprinositi zajednici i raditi na rješavanju globalnih problema.

Tri najdraže serije?

Homeland (Domovina), *Queen of the South* (Kraljica juga) i *How to get away with murder*.

Destinacija koju želiš posjetiti?

Ima ih više definitivno, od Meksika i Argentine sve do Islanda, ali posebno mjesto u mom srcu ima New York, uskoro se spremam i otputovati u SAD.

Tri najdraža jela?

Bakini faširanci naravno, sve vrste sira i rižoto od kozica.



ZNANSTVENIK

Umjetna fotosinteza

Lucija Vlahović (FKIT)

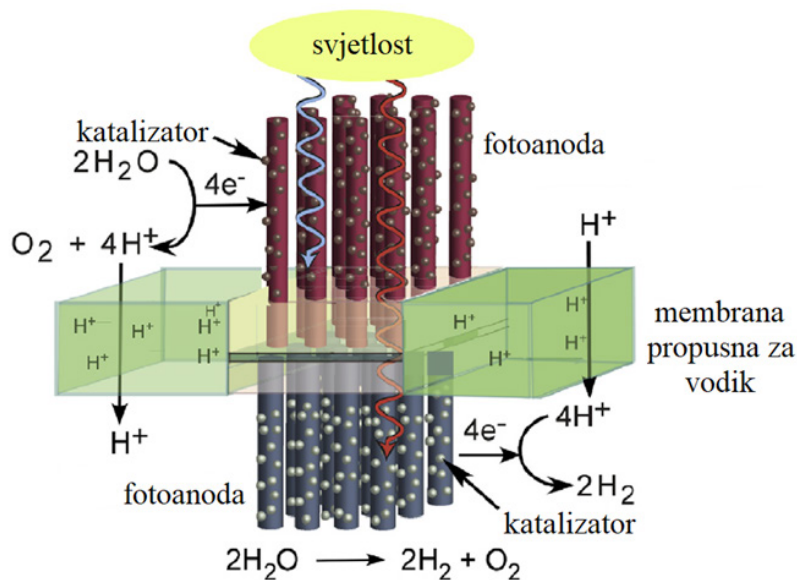
Biljke, alge i određene vrste bakterija koriste proces fotosinteze kako bi pretvorile svjetlosnu energiju u kemijsku, stvarajući pritom glukozu. Taj se proces odvija u kloroplastima, staničnim organelima koji apsorbirajući svjetlost potiču prijenos elektrona i nastanak ATP i NADPH. U Calvinovom ciklusu na te se molekule veže ugljikov dioksid i nastaje glukoza. Možemo li oponašati taj proces?

Po uzoru na prirodnu, umjetna fotosinteza razvija se kao proces koji bi svjetlost pretvarao u lako pohranjive, obnovljive izvore energije poput vodika. Takav proces ima potencijal smanjiti koncentracije ugljikova dioksida u atmosferi jer koristi CO₂ iz zraka te smanjiti ovisnost društva o nafti i plinu, jer se pomoću njega dobiva vodik, koji se može koristiti kao gorivo, ili organski spojevi poput fumarne kiseline iz koje se dobivaju polimerni ambalažni materijali.² Općenito, to se postiže razvojem fotoelektrokemijskih ćelija koje apsorbiraju svjetlost i cijepaju molekule vode na vodik i kisik ili reduciraju ugljikov dioksid iz zraka na organske molekule poput metanola.¹

Proces započinje u fotoelektrokemijskim ćelijama koje se sastoje od fotoosjetljivog materijala, katalizatora i medijatora redoks-reakcija. Fotoosjetljivi materijali, primjerice kvantne točke ili perovskiti, apsorbiraju svjetlost što uzrokuje pobuđivanje elektrona i razdvajanje pozitivnih i negativnih naboja. Nastali pozitivni naboj uzrok je oksidacije vode, a negativni redukcije ugljikovog dioksida iz zraka. Razdvajanje naboja pospješuje prisutnost medijatora redoks-reakcije (metalnih kompleksa kobalta, mangana i željeza ili organskih spojeva) koji umanjuju gubitak energije. Konačno, pod utjecajem katalizatora dolazi do kemijske reakcije i nastanka vodika, vode ili organskih molekula poput metanola ili mravlje kiseline.

Kako bi se postigla viša efikasnost procesa umjetne fotosinteze, razvijaju se fotokemijske ćelije koje apsorbiraju širi spektar elektromagnetskog zračenja, primjerice korištenjem kvantnih točaka. Efikasnost se može poboljšati i primjenom kokatalizatora ili modifikacijom površine. Kokatalizatori, poput NiO, primjenjuju se uz organske katalizatore, a modifikacijom površine na katalizatore se uvode funkcijske skupine koje potiču željene reakcije.^{1,3}





Slika 1 – Shematski prikaz cijepanja vode

Glavni problem procesa umjetne fotosinteze, *scale up*, proizlazi iz poteškoća u razvoju efikasnih i ekonomski isplativih procesa proizvodnje fotokemijskih ćelija, njihove integracije u postojeću infrastrukturu te razvoja sustava koji može zadržati stabilnost i efikasnost u duljim vremenskim periodima. Gubitak stabilnosti fotoelektrokemijskih ćelija događa se uslijed degradacije postojećih katalizatora i medijatora redoks-reakcija kojima je uzrok mehaničko opterećenje, intenzivna svjetlost, povišene temperature i korozivni elektroliti.¹

Literatura

1. Machín, A., Cotto, M., Ducongé, J., Márquez, F., Artificial Photosynthesis: Current Advancements and Future Prospects, *Biomimetics* 8(2023) 298.
2. Takeuchi, M., Amao, Y., An effective visible-light driven fumarate production from gaseous CO_2 and pyruvate by the cationic zinc porphyrin-based photocatalytic system with dual biocatalysts. *Dalton Transactions*, (2024) 418.
3. Abas, N., Kalair, E., Kalair, A., Hasan, Q., Khan, N., Nature inspired artificial photosynthesis technologies for hydrogen production: Barriers and challenges, *Int. J. Hydrogen Energy*, 45(2020) 20787-20799.



Fazna memorija za računala

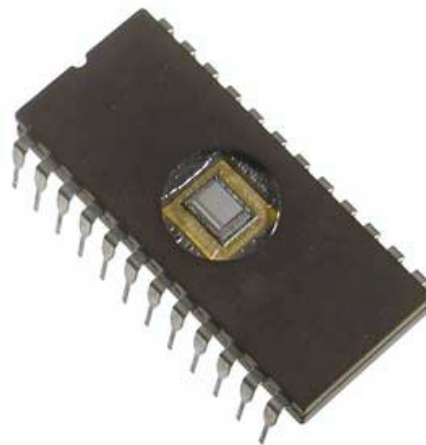
Emma Beriša (FKIT)

Svako računalo u današnje vrijeme obrađuje znatno više podataka, nego ikad prije. Računala moraju biti brža radi brojnih novih i budućih istraživanja: otkrivanje lijekova, poboljšanje vremenskih i klimatskih predviđanja, treniranje umjetne inteligencije te brojna ostala znanstvena dostignuća. Znanstvenici su zaključili kako je za takve pothvate potrebna brža i energetske učinkovitija računala memorija, te je u tu svrhu predstavljena memorija s promjenom faza.



Slika 1 – Klasična memorija računala

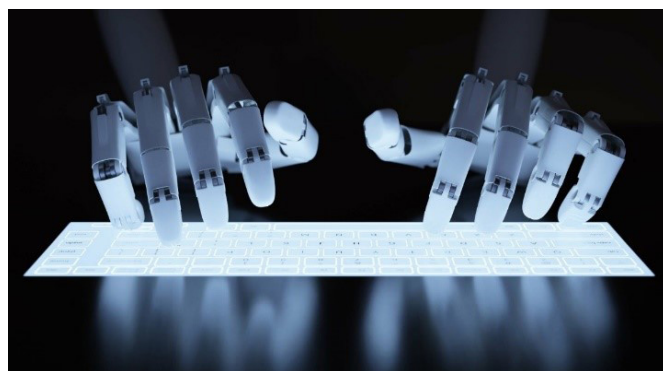
Računalna memorija koristi se za neposrednu pohranu i dobavu podataka tijekom rada računala. Organizirana je u ćelije tipične dužine od 8 bita, nazvane bajtovi. Svaki bajt ima svoju adresu, a bitovi unutar bajta imaju točan redoslijed prema važnosti. Ova organizacija omogućava pristup podacima pojedinačno, čineći radnu memoriju RAM (engl. *random access memory*). Uz RAM, glavnu memoriju čine i ROM (engl. *read-only memory*). Kapacitet memorije izražava se brojem bajtova, a današnja računala imaju kapacitet od 128 GB do 256 GB.



Slika 2 – Read-only memorija

Današnja računala na odvojenim mjestima obrađuju i pohranjuju podatke. Memorija računala sadrži podatke i upute potrebne za obradu neoobrađenih podataka i proizvodnju izlaza. Ponaša se kao ljudski um, pohranjuje podatke, informacije i upute. Računala sadrže hlapljivu i trajnu memoriju, a prebacivanje podataka između te dvije memorije može uzrokovati *bottleneck* – odnosi se na komponentu koja ograničava potencijal drugog hardvera zbog razlika u maksimalnim mogućnostima dviju komponenti, dok procesor čeka da se dohvate velike količine podataka.

Istraživači sa Stanforda otkrili su da bi se s pomoću novog materijala mogla napraviti memorija s promjenom faza koja se oslanja na prebacivanje između stanja visokog i niskog otpora za stvaranje jedinica i nula. Takva inovacija pridonijela bi poboljšanim opcijama za AI (engl. *Artificial intelligence*) sustave usmjerene na podatke.

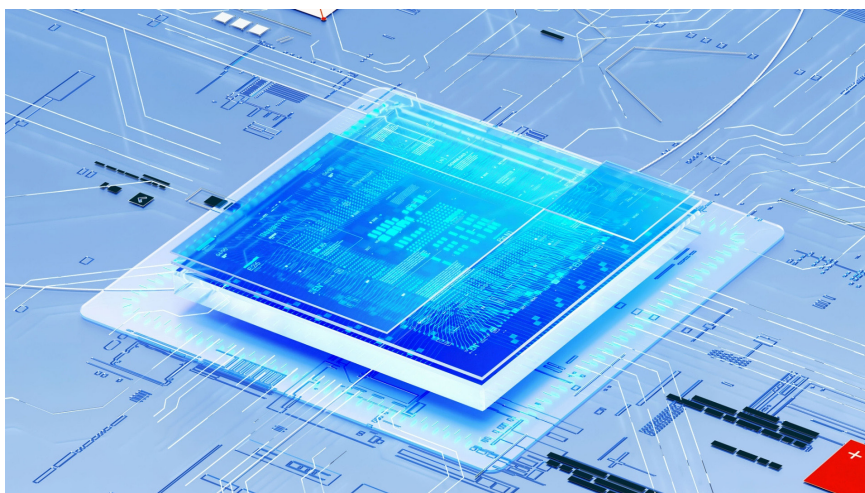


Slika 3 – Intepretacija AI (engl. *Artificial intelligence*) sustava

Nova memorija, koja koristi manje energije i vremena s promjenom faze razvijena u laboratoriju Erica Popa, najbliže je tome koliko je itko do sada došao s novom tehnologijom. Legura od četiri dijela germanija, šest dijelova antimona i sedam dijelova telura materijal je na koji se memorija budućnosti oslanja. Memorija s takvom fascinantnom legurom razvijena je na Sveučilištu Maryland. Eric Pop i suradnici otkrili su inovaciju spajanja legura između nekoliko drugih nanometarski tankih materijala u slojevitoj strukturi koju su prije koristili za postizanje dobrih rezultata postojeće memorije, drugim riječima - superrešetki.

Rezultati istraživanja pokazuju da je memorija promjene faza izrazito stabilna, unatoč malom povlačenju tijekom vremena. Eric Pop izjavio je: „Nekoliko drugih vrsta trajne memorije može biti malo brže, ali rade na višem naponu ili većoj snazi.”¹

Znanstvenici danas istražuju načine kako kompenzirati gustoću memorije u superrešetki koja pakira dobru količinu memorijskih ćelija u malom prostoru. Smanjili su memorijske stanice na samo 40 nm u promjeru (što je manje od polovine veličine koronavirusa). Iako to nije tako gusto kao što bi moglo biti, moguće je složiti memoriju u okomite slojeve zahvaljujući niskoj temperaturi izrade superrešetke i inovativnim tehnikama korištenim za njezino stvaranje.



Slika 4 – Legura novog materijala, još nazvanog GST467

Literatura

1. <https://news.stanford.edu/2024/01/22/closing-universal-memory-large-data-processing/> (pristup 12.3.2024.)
2. <https://www.britannica.com/science/fossil> (pristup 12.3.2024.)
3. <https://www.javatpoint.com/computer-memory> (pristup 12.3.2024.)
4. <https://interestingengineering.com/energy/data-storage-phase-change-memory> (pristup 12.3.2024.)

Organoidi – nova generacija umjetne inteligencije?

Lana Grlić (FKIT)

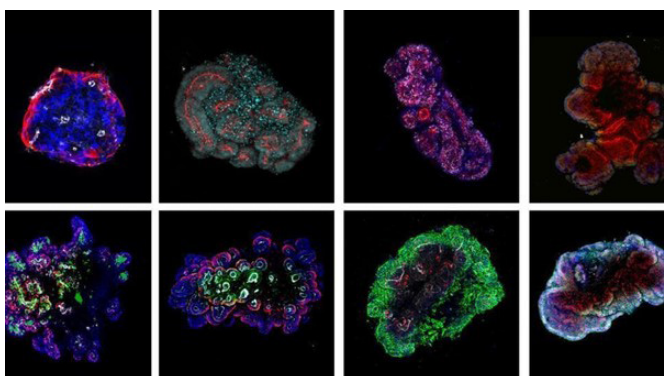
Više od jednog stoljeća znanstvenici uzgajaju žive stanice u laboratorijskim uvjetima kako bi istraživali biološke fenomene. Osiguravajući esencijalne hranjive tvari i kontrolirano okruženje, znanstvenici su olakšavali diobu stanica, produžujući preživljavanje nedjeljivih stanica tjednima. James Thomson i njegov tim prvi su put koristili matične stanice u istraživanju izolacijom matičnih stanica ljudskih embrija 1998. godine. Od tada je istraživanje matičnih stanica brzo napredovalo, fokusirajući se na razumijevanje njihove biologije i terapeutskog potencijala za liječenje različitih medicinskih stanja. Matične stanice služe kao temeljni građevni blokovi organizma. Često se nazivaju „djevličanskim” stanicama, a posjeduju izvanredan potencijal da se razviju u različite specijalizirane tipove stanica. Ova sposobnost, poznata kao pluripotencija, omogućuje im transformaciju u bilo koju vrstu stanice unutar tijela. Pod odgovarajućim uvjetima, bilo unutar tijela ili u laboratorijskim postavkama, matične se stanice dijele i daju specijalizirane stanice kćeri. Ove stanice kćeri mogu se zatim diferencirati u specifične tipove stanica kao što su stanice vezivnog tkiva, mišića ili živčanih stanica. U laboratorijskim okruženjima, tkiva razvijena iz matičnih stanica mogu se kombinirati u organoide. Organoidi su trodimenzionalne kulture tkiva dobivene iz matičnih stanica, sposobne za samoorganizaciju. Oni blisko oponašaju složenost stvarnih organa ili pokazuju specifične funkcije, poput proizvodnje inzulina ili neuronske aktivnosti karakteristične za moždano tkivo. Znanstvenici i inženjeri koriste organoide za proučavanje razvoja organizma i bolesti u laboratoriju, otkrivanje lijekova, personaliziranu dijagnostiku i medicinu, genske i stanične terapije i regenerativnu medicinu.

Moždani organoid zbirka je laboratorijski uzgojenih neurona i drugog moždanog tkiva koje znanstvenici mogu koristiti za bolje učenje ljudskog mozga, a može se uzgojiti iz uzorka stanica vaše kože. Zašto bi nam tako nešto trebalo? Neuroznanstvenici suočavaju se s izazovom: ljudski je mozak iznimno teško promatrati na djelu. Stoljećima su ih znanstvenici pokušavali razumjeti koristeći autopsije, životinjske modele, a posljednjih

godina i tehnike snimanja. Puno se naučilo kroz ove metode, ali one imaju ograničenja. Kombiniranje različitih tipova stanica u organoide, bolje oponaša složenost organa, nudeći značajne prednosti u odnosu na studije pojedinačnih stanica. Ovaj napredak omogućuje proučavanje sinaptičkih veza i mijelinizacije, ključnih za razumijevanje neuronske funkcije. Kao što je prethodno napomenuto, znanstvenici mogu napraviti nediferencirane matične stanice iz stanica kože. To znači da mogu uzeti uzorak kože od osobe s određenim stanjem i generirati moždane organoide te osobe.

Najteži dio uzgoja moždanog organoida, koji je godinama bio izazov za znanstvenike, bio je pronaći savršenu kombinaciju šećera, proteina, vitamina i minerala koja bi potaknula matičnu stanicu da razvije neuralni identitet. To je otkriveno tek nedavno, 2013. godine kada su i proizvedeni prvi moždani organoidi za istraživanje mikrocefalije, stanja u kojem je glava dojenčeta mnogo manja od prosjeka. Dosad su korišteni za proučavanje Alzheimerove i Parkinsonove bolesti i Zika virusa te za liječenje ozlijeđenih mozgova štakora. Ostatak procesa iznenađujuće je jednostavan. Neuralna matična stanica u biti sama raste, slično kao što sjeme izraste u biljku. Sve što joj treba ekvivalenti su zemlji, vodi i sunčevoj svjetlosti za mozak, a to su poseban gel za simulaciju embrionalnog tkiva, topli inkubator postavljen na tjelesnu temperaturu i kretanje koje oponaša protok krvi. Ta matična stanica izrasta u vrlo malu verziju ljudskog mozga u ranom razvoju, zajedno s neuronima koji se mogu međusobno povezivati i stvarati pojednostavljene neuronske mreže. Kako mali mozgovi rastu, prate sve korake razvoja fetalnog mozga. Promatrajući ovaj proces, možemo saznati kako se naši neuroni razvijaju, kao i kako završimo s toliko više njih u našem korteksu, dijelu koji je odgovoran za višu kogniciju poput logike i rasuđivanja, u odnosu na druge vrste.

Nedavni rad Smirnov et al. ističe izvanredan napredak u istraživanju moždanih organoida, potičući kritičko ispitivanje novog koncepta nazvanog „organoidna inteligencija” (OI). Ti organoidi pružaju jedinstvenu priliku za istraživanje razvojnih procesa u zdravlju i bolestima, što je prije bio nedostižan pothvat. U revolucionarnom postignuću, znanstvenici su uspješno uzgojili zamršene modele ljudskih organa koristeći žive fetalne stanice, dajući značajan uvid u razvoj i potencijalne intervencije za prenatalne malformacije. Ovi organoidi, iako nisu točne replike, jako nalikuju pravim



Slika 1 – Organoidi

organima, omogućujući proučavanje bolesti i složenih aspekata ljudske biologije koje je izazovno istražiti na živim pojedincima. Znanstvenici su u tom smislu istraživali kongenitalnu dijafragmalnu herniju (CDH), stanje s potencijalnim respiratornim komplikacijama. Proučavajući organoide iz fetusa s i bez CDH, identificirali su gene povezane s tim stanjem, utirući put budućim tretmanima. Ta novootkrivena sposobnost procjene kongenitalnih stanja prije rođenja otvara puteve za preventivno liječenje.

Krajem veljače, časopis *Frontiers in Science* objavio je rezultate tima istraživača koji sugeriraju pretvorbu moždanih organoida u biološki hardver sposoban za obavljanje naprednih računalnih funkcija. Oni su osmislili koncept „organoidne inteligencije”. Smatra se kako su organoidi prikladni za računalne zadatke koji zahtijevaju brzo učenje bez velikog utroška energije. Znanstvenici uočavaju mogućnost kako bi jednog dana mogao nastati ljudski neuralni organoid koji bi djelovao poput mozga te posjedovao određenu količinu inteligencije. Doduše, činjenica da trenutno imamo ograničeno znanje o tome kako nastaje svijest ili inteligencija. Međutim, kako moždani organoidi postaju sofisticiraniji, postavljaju se pitanja o njihovoj potencijalnoj inteligenciji. Analogno razvoju umjetne inteligencije (engl. *Artificial intelligence*, AI), postoje nagađanja o tome mogu li ti kultivirani sustavi pokazivati inteligenciju sličnu biološkim sustavima. To pokreće etička razmatranja i potiče potrebu za pažljivim ispitivanjem društvenih implikacija takvog napretka. Etička razmatranja moraju ići u korak sa znanstvenim napretkom kako bi se osigurao odgovoran razvoj i primjena ove tehnologije. Mogućnost uzgoja mozgova u laboratoriju, čak i onih sićušnih, postavlja etička pitanja.

Mogu li ti mozgovi sami razmišljati ili razviti svijest? Odgovor je na ova pitanja ne, iz nekoliko razloga. Moždani organoid ima iste vrste tkiva kao i mozak pune veličine, ali nije organiziran na isti način. Čak i da su mini mozgovi organizirani poput pravog mozga, još uvijek ne bi mogli razmišljati ili razviti svijest. Velik dio onoga što naš mozak čini tako pametnim je njegova veličina, a mini mozgovi imaju samo 100 000 neurona u usporedbi s 86 milijardi u mozgu pune veličine.

Pojava moždanih organoida označava transformativni napredak u znanosti, nudeći neviđene uvide u razvoj mozga te time potencijalne terapijske puteve. Kako istraživači zadiru dublje u područje organoidne inteligencije, etička pitanja postaju sve veća. Iako je potencijal moždanih organoida golem, njihov razvoj i primjena ovise o ravnoteži između znanstvenog napretka i etičkih načela. Imperativ je ostati na oprezu, osiguravajući da je naša potraga za znanjem vođena etičkom pažnjom i društvenom odgovornošću.

Literatura

1. <https://www.lastampa.it/tuttosalute/2019/07/09/news/specchiarsi-nel-piccolo-me-gli-organoidi-in-3d-rivelano-le-malattie-di-ogni-individuo-1.37438823/> [pristup: 13.3.2024.]
2. Miller GW. Organoid intelligence: smarter than the average cell culture. *Front Sci* (2023) 1:1150594. doi: 10.3389/fsci.2023.1150594
3. TED-Ed (2018): What are mini brains? - Madeline Lancaster [Youtube video, 16.1.] URL: https://youtu.be/s_LxZx42sIk?si=vkgroCdmIb8xeANY [pristup: 13.3.2024.]
4. <https://www.bug.hr/znanost/mini-mozgovi-iz-maticnih-stanica-kao-biološki-hardver-za-bioracunala-32039> [pristup: 13.3.2024.]

„Molekulska zamka“ kao spas pri predoziranju

Marko Bochniček (FKIT)

Droga je jedan od vodećih svjetskih problema, bilo to u pogledu zdravstva i zdravlja ili pak ekonomije. Sve započne dobrim ugođajem tijekom zabava, a ubrzo prijeđe u ovisnost te često dolazi do predoziranja i smrti. Pojedina predoziranja mogu se spriječiti liječenjem s naloksonom, ali ponekad nema te mogućnosti. Zbog toga se sve više provode istraživanja u području supramolekularne kemije.¹

Supramolekularna kemija novija je grana znanosti koja se bavi dizajnom i razvojem novih funkcionalnih skupina spajanjem više kemijskih komponenti kroz nekovalentne interakcije. Supramolekule su skupina tvari cikličkih struktura koje podsjećaju na oblike cilindara. Za njih se kaže da su u interakciji kao „domaćin“ i „gost“ sa supstancom. Dobili su sve veću pažnju jer imaju mogućnost deaktivacije molekula droge. U doslovnom su smislu riječi zamka ili zatvor za pojedine supstance. Kako je deaktiviraju? Zaključavaju je u sebi tako da otvaraju i zatvaraju prsten u prisutnosti supstance zbog visokog elektronskog afiniteta i selektivnosti prema njoj. Razlog tome je što većina supstanci sadrži barem jedan kvarteni amonijev ion u svojoj strukturi koji je jaki elektrofil. Vežu supstancu u unutrašnjosti prstena i tvore stabilni kompleks koji sprječava njezin efekt. Neki od tih supstanci droge su heroin, fentanil, metamfetamin i morfij.^{2,3}

Najveću pažnju dobili su sulfati pilararena. Njihove su velike prednosti što imaju netoksično i biokompatibilno svojstvo te visoku topljivost u vodi. To omogućuje oralnu konzumaciju supramolekule kao lijek u slučaju predoziranja. Sugammadex ili Bridion je lijek derivata pilar[n]arena koji je prvi put dopušten i dostupan u prodaji od 2008. godine unutar Europske unije. Pokazalo se da je doza od 1 mg/kg lijeka na ispitnim majmunima dovoljna za smanjenje 90 % efekata droge.

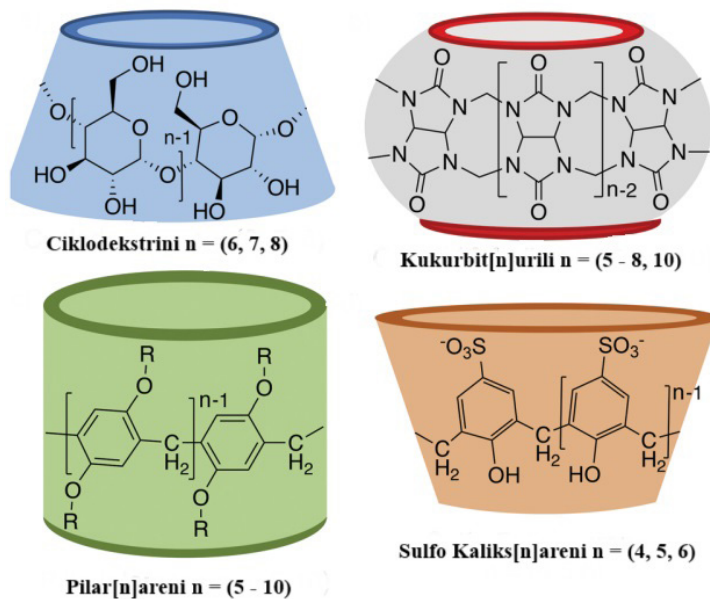


P6AS•Fentanil $K_a = 1.02 \times 10^8 \text{ M}^{-1}$

Slika 1 – Shematski prikaz P6AS supramolekule sa zarobljenim fentanilom (K_a – stabilnost kompleksa)¹

Problem može nastati ako se daje prevelika doza lijeka koja može izazvati slabljenje ili otkazivanje jetre i bubrega. U posljednje vrijeme preporučuje se korištenje Pilar[6]arena (P6AS) u polaganim dozama od 35,7 mg/kg za predoziranje metamfetaminom unutar 5 min i 5 mg/kg za fentanil unutar 15 minuta.^{1,3}

Dakle, supramolekularna kemija mogla bi promijeniti načine liječenja slučajeva predoziranja i povećavati šanse za preživljavanje u takvim situacijama. Osim što bi mogla razviti medicinu, mogla bi razviti i kemiju općenito, pogotovo katalizu. Kako bi se moglo više utvrditi više o svojstvima supramolekula, potrebna su daljnja i detaljnija ispitivanja.

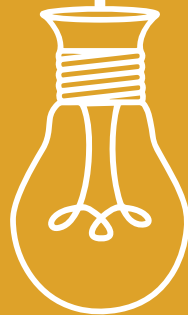


Slika 2 – Neke od vrsta supramolekula³



Literatura

1. A. T. Brockett, W. Xue, C. Deng, C. Zhai, M. Shuster, D. King, S. Rastogi, V. Briken, M. R. Roesch, L. Isaacs, Pillar[6] MaxQ: A Potent Supramolecular Host for In Vivo Sequestration of Methamphetamine and Fentanyl, Chem 9 (2023) 881-900.
2. <https://www.bbau.ac.in/dept/Chemistry/TM/MCH%20301%20Superamolecular%20Chemistry%20DoC.pdf> (Pristup 9.3.2024.)
3. C. Deng, S. L. Murkli, L. D. Isaacs, Supramolecular hosts as in vivo sequestration agents for pharmaceuticals and toxins, Chem. Soc. Rev. 2020.



BOJE INŽENJERSTVA

Na kavi sa znanstvenicima – prof. dr. sc. Vernesa Smolčić

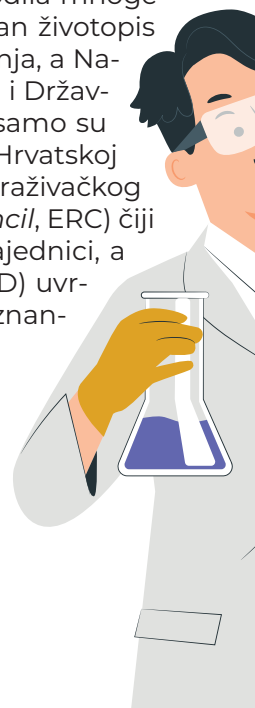
Laura Glavinić (FKIT)

Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić svestrana je i izrazito uspješna astrofizičarka zaposlena kao redovita profesorica na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Njezin istraživački rad temelji se na proučavanju stvaranja i razvoja galaksija, aktivnih galaktičkih jezgara, radiogalaksije i izvangalaktičkog stvaranja zvijezda. Svoje obrazovanje započela je na studiju Fizike PMF-a, iza čega je 2007. godine doktorirala na Max Planckovom Institutu za astronomiju u Heidelbergu (Njemačka). Nakon doktorata deset godina je provela usavršavajući se u inozemstvu, na raznim znanstvenim institucijama u Kaliforniji (SAD), Njemačkoj i Australiji. Svemir je Vernesina najveća strast, no zanimaju ju i druge teme, posebice znanstveno financiranje, vođenje projekata i timova te popularizacija znanosti. Uz rad na fakultetu, vlasnica je obrta za kreativne usluge *VS Creative*, a vodi i platformu za popularizaciju znanosti pod nazivom *Astroučionica*. Koautorica je više od stotinu znanstvenih radova, mentorica velikog broja diplomskih radova, bila je članica Referentne skupine za svemir (Ministarstvo znano-



Slika 1 – prof. dr. sc. Vernesa Smolčić

sti i obrazovanja), a kroz karijeru je vodila mnoge istraživačke projekte. U svoj impresivan životopis može navesti brojne nagrade i priznanja, a Nagrada za Zagrepčanku godine u 2014. i Državna nagrada za znanost 2017. godine samo su neke od njih. Prva je znanstvenica u Hrvatskoj koja je dobila sredstva Europskog istraživačkog vijeća (engl. *European Research Council*, ERC) čiji su projekti prestižni u znanstvenoj zajednici, a 2022. godine Sveučilište Stanford (SAD) uvrstilo ju je među 2 % najutjecajnijih znanstvenika na svijetu.



Prije svega, od srca Vam hvala što ste pristali na intervju. Recite nam nešto o sebi te Vašem akademskom putu. Kada ste odlučili da želite biti znanstvenica? Zašto astrofizika?

Iako sam već u srednjoj školi jako voljela Matematiku i Fiziku, velikim dijelom zbog odlične profesorce iz tih predmeta, za astrofiziku sam se odlučila tek na fakultetu. Studirala sam Fiziku i za vrijeme studija imala prilike otići u Višnjansku zvezdarnicu, kasnije raditi na istraživanju o galaksijama na Sveučilištu u Princetonu (gdje sam napravila i svoju diplomsku radnju sa profesorom Željkom Ivezićem) te sudjelovati u Vatikanskoj ljetnoj školi astronomije. Navedeno su bili prijelomni trenutci nakon kojih za mene više nije bilo drugog puta, osim postati astrofizičarka.

Jedno od najistaknutijih postignuća Vaše karijere je financiranje za projekt koje Vam je 2014. godine dodijelilo Europsko istraživačko vijeće. Prema Vašem mišljenju, što je bio ključan faktor koji Vam je omogućio dobivanje navedenih sredstava?

Mislim da je ključan faktor koji mi je omogućio dobivanje tih sredstava bila uspješna prijava za vrijeme opažanja na teleskopu *Vrlo veliki antenski niz* (engl., *Very Large Array*, VLA) u Novome Meksiku u SAD-u. Prijava (koju sam vodila za kolaboraciju imena COSMOS) je tek iz drugog pokušaja bila uspješna, a obuhvaćala je gotovo 400 sati opažanja dijela neba koje nazivamo COSMOS. Taj radiovalni teleskop, *Vrlo veliki antenski niz*, bio je tada tek unaprijeđen, s 10 puta većim kapacitetom nego prethodno, a odobrena prijava bila je najveća te vrste. S podacima od tih opažanja, koje je trebalo tek detaljno obraditi moglo se usredotočiti na znanost puno dublje i detaljnije nego do tada. Čim mi je odobrena ta velika količina teleskopskog vremena na jednom od najboljih, nedavno

znatno unaprijeđenih svjetskih teleskopa, znala sam da postoji neka realna mogućnost da uistinu osvojim ERC. To se na moju sreću, pokazalo točnim.

Vaše istraživanje nedavno je svrstano među 15 projekata financiranih od strane ERC-a koji su revolucionarizirali znanost, a u njemu ste uspjeli rasvijetliti razvoj galaksija i stvaranje zvijezda kroz kozmičku povijest. Recite nam nešto o početnim ciljevima tog projekta, samom istraživanju i dobivenim rezultatima.

Ciljevi projekta bili su istražiti rast zvjezdane masa galaksija te masa njihovih supermasivnih crnih rupa kroz svemirsku povijest koristeći najsuvremenije podatke s radiovalnih teleskopa VLA (engl. *Very Large Array*), ATCA (engl. *Australia Telescope Compact Array*) i ALMA (engl. *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*), u sklopu međunarodnih projekata COSMOS i XXL. Konkretno, ciljevi su bili istražiti omjere raznih tipova galaksija u najdubljim radiovalnim pregledima neba, svemirsku povijest stvaranja zvijezda u galaksijama bez pristranosti vezane uz prašinu, ulogu tzv. podmilimetarskih galaksija u stvaranju masivnih galaksija i ulogu aktivnih galaktičkih jezgri u evoluciji galaksija. U tu svrhu pod mojim je vodstvom uspostavljena međunarodna grupa mladih znanstvenika (doktoranada i postdoktorskih istraživača) na Fizičkom odsjeku PMF-a. U suradnji s našim međunarodnim suradnicima iz kolaboracija COSMOS i XXL osvojili smo više od 850 sati opažanja na raznim radiovalnim teleskopima (VLA, ATCA, ALMA, engl. *Giant Metrewave Radio Telescope* – GMRT i engl. *Plateau de Bure Interferometer* – PdBI/NOEMA), koja su reducirana, oslikana, testirana i analizirana te iz kojih je javnosti ustupljeno osam testiranih i verificiranih skupova podataka. Koristeći te podatke u projektu smo nizom radova istražili kako kroz svemirsko vrijeme raste zvjezdana masa galaksija te masa njihovih središnjih supermasivnih crnih rupa. Ukupno smo objavili 61 recenziran rad uz mnogo diseminacije na znanstvenim konferencijama, skupovima, institucijama i prema javnosti. Jedan od ishoda ovoga projekta bio je i internetski portal *Astroučionica*.



Što biste naveli kao ključne izazove i neodgovorena pitanja u astrofizici danas? Koje smjerove aktualnih istraživanja na području astrofizike smatrate posebno obećavajućima? Prema kojim pitanjima i temama biste voljeli usmjeriti svoj budući istraživački rad?

Ključna neodgovorena pitanja u suvremenoj astrofizici usmjerena su prema tamnoj tvari i tamnoj energiji. To su glavni sastojci svemira, no ne razumijemo što su oni točno. Aktualna istraživanja u astrofizici usmjerena su prema ranome svemiru, posebice opažanjima relativno novoga svemirskog teleskopa *James Webb* te prema egzoplanetima – planetima izvan našeg Sunčeva sustava, njihovim atmosferama i mogućnošću života na nekome od njih.

Svoj rad usmjeravam prema istraživanju veze između radiovalnih mlazova u galaksijama koji se stvaraju u blizini središnje supermasivne crne rupe u galaksiji i brzini stvaranja zvijezda u galaksiji, odnosno zvjezdanoj masi galaksija. Naime, u simulacijama je pretpostavljen proces u kojem mlazovi sprečavaju stvaranja novih zvijezda u masivnim galaksijama. Međutim, iz opažanja nije jasno zbiva li se taj proces uistinu i u tolikoj mjeri koliko je pretpostavljen u simulacijama.

Koje su najizazovnije, a koje najbolje strane znanosti kao karijernog puta?

Sporost kojim znanost napreduje zna biti vrlo izazovna, kao i dugi radni sati koji se ulažu u istraživanja te česta seljenja po svijetu (obično svakih dvije do tri godine prije stalne pozicije). S druge strane vrlo je obogaćujuće živjeti na raznim mjestima na svijetu, upoznavati nove kulture i time širiti svoje vidike. Za mene nema ljepšega od kreativnosti i stvaranja novih znanja, što je zapravo u samoj suštini znanosti (i popularizacije znanosti).



U 2022. godini Sveučilište u Stanfordu uvrstilo Vas je među 2 % najutjecajnijih znanstvenika na svijetu. Čestitamo! Što biste istaknuli kao Vaš ključan doprinos znanosti i znanstvenoj literaturi?

Radovi na kojima nosim glavno autorstvo oni su na koje sam najponosnija. Mislim da su znatan doprinos široj astrofizičkoj zajednici donijeli radovi u kojima smo podatke o galaksijama učinili javno dostupnima svima (što je odraženo i u broju citata tih radova).

Mentori za studente vrlo često imaju ključnu ulogu u usmjeravanju i oblikovanju njihovog akademskog puta. Kao mentorica mnogih diplomskih radova, koji je Vaš pogled na važnost kvalitetnog mentorstva te mentorstvo općenito?

Slažem se u potpunosti. Mentori su izrazito bitni i nose ogromnu odgovornost i prema studentu/ici i prema njihovom radu. Stoga je vrlo bitno da studenti izaberu dobre mentore koji će imati volje, vremena i kapaciteta kvalitetno ih provesti kroz istraživanje i pisanje rada.

Uz redovito profesorsko zvanje vlasnica ste vlastitog obrta za kreativne usluge VS Creative i voditeljica platforme za popularizaciju znanosti Astroučionica, a sudjelujete u mnogim drugim projektima i udrugama. Kako uspijevate balansirati sve te uloge?

Uvijek ima više posla (i želje za novim projektima) nego što ima vremena. Mislim da je pomiriti se s time jedan od mojih najvećih izazova.

Kada se javila ideja za otvorenje VS Creative obrta? Što Vas je potaklo na taj pothvat?

Neko sam vrijeme razmišljala o otvaranju svog oblika poslovanja, a mislim da me tome najviše privukla činjenica da mi otvara nove mogućnosti za kreativno izražavanje. Kroz obrt vodim edukacijske tečajeve za djecu i odrasle, izrađujem in-

ternetske stranice te razne sadržaje za društvene mreže i edukacije. U svakom od tih procesa uživam. Ispunjava me i čini me sretnom, primjerice, napraviti neki edukativni video, crtić ili 3D projektor za hologramsku projekciju Sunčeva sustava. Još je ljepše vidjeti i male i velike kako u tome uživaju te nauče nešto novo.

Izrazito ste aktivni u polju popularizacije znanosti. Možete li nam reći nešto o Vašem projektu Astroučionica? Što Vas je dovelo do odluke da pokrenete ovu inicijativu? Kako činite kompleksne koncepte astrofizike dostupnima i razumljivima općoj populaciji i djeci?

Astroučionica je jedan od mojih najdražih (vjerojatno i najdraži) projekt. ERC projekt koji sam vodila bio je poprilično javno popraćen, zbog čega sam povremeno dobivala pitanja vezana uz astronomske pojave. Tako se razvila ideja da odgovore zabilježim u obliku članaka na internetskoj stranici na hrvatskom jeziku. Htjela sam da tekstovi budu razumljivi široj publici, kako djeci tako i odraslim entuzijastima za svemir. To sam popratila video sadržajima i primijetila da mi njihova izrada zaista odgovara. Proces uređivanja vizualnih materijala te smišljanja kratkih obrazovnih sadržaja u tom formatu izrazito je kreativan i zabavan. Zato se *Astroučionica* može naći na Facebooku, YouTubeu i TikToku.

Bitno mi je da kompleksni koncepti budu što jasniji široj publici i djeci pa dosta vremena ulažem u pronalaženje "pravog jezika", primjerice usporedbi kojima bismo si intuitivno mogli približiti neki kompleksni koncept, i strukturiranja određene teme u priču koja je zabavna i laka za zapamtiti.

Mislite li da Hrvatska treba više raditi na popularizaciji znanosti, posebice među djecom i mladima?

Mislim da je popularizacija znanosti izrazito bitna te da je čak obaveza znanstvenika da zajednici vrate naučeno. Uvijek ima prostora za više ulaganja. Danas mislim da ima mnogo odličnih udruga i institucija koje ulažu u popularizaciju STEM područja, što mi je izrazito drago vidjeti.

Koja je, prema Vašem mišljenju, najfascinantnija činjenica vezana za svemir?

To da je svemir nastao Velikim praskom.

Pored posla, koje su Vam strasti i hobiji?

Jako volim biti u prirodi, planinariti i baviti se drvom, odnosno izradom predmeta od drva, lampica, namještaja i slično. Kod kuće imam pravu malu radionicu za tu svrhu.

Kino ili kazalište? Film ili knjiga? Koji Vam je najdraži film, a koja najdraža knjiga?

Kino i vizualni sadržaji su mi općenito najprimamljiviji. Ima mnogo odličnih filmova koje bih istaknula, ali prvi koji mi pada na pamet je *Iskupljenje u Shawshanku*. Od knjiga mi je možda najdraža *Siddhartha* Hermana Hessea.

Za kraj, koju biste poruku ostavili čitateljima te budućim znanstvenicima i znanstvenicima?

Poručila bih im da je znanost poziv za koji je potrebno mnogo strpljenja i da uvijek vrijedi ustrajati u ostvarivanju svojih snova.



Slika 2 – prof. dr. sc. Vernesa Smolčić

Senzori koje napaja zvuk

Sanda Kekšić (FKIT)

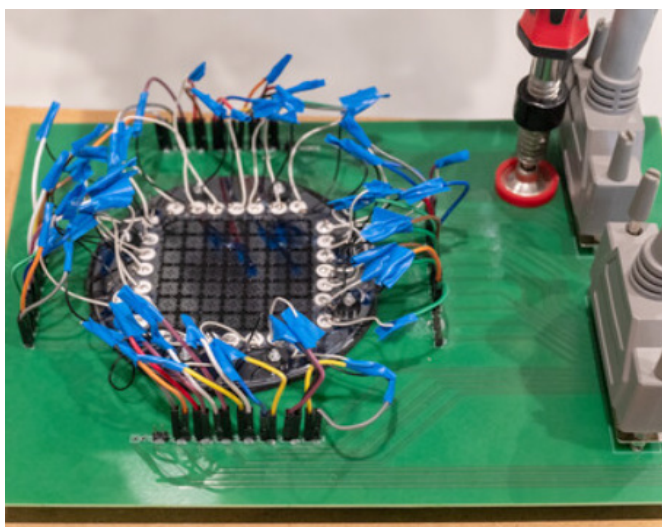
Senzori su postali nezamjenjivi u mnogim područjima i industrijama. Od alarma koji nas budi ujutro, do senzora koji prilagođava svjetlinu naših mobilnih uređaja, senzori igraju vitalnu ulogu u svakodnevnom životu ljudi. Što su točno senzori i kako rade? Senzor detektira fizički ulaz neke veličine, koji pretvara u električni signal, nakon čega ga uvjetuje i digitalizira za daljnju obradu. Obrada tada može pokrenuti izlaz ili određenu radnju na temelju unaprijed postavljenih parametara. Senzori se klasificiraju u dvije grupe: aktivni i pasivni senzori te analogni i digitalni senzori. Aktivni senzori su senzori koji proizvode izlazni signal uz pomoć vanjskog izvora pobude, a pasivni senzori proizvode izlazni signal bez pomoći vanjskog izvora pobude. Ne trebaju im dodatni poticaji ili napon. U analognim senzora, reakcija ili izlaz senzora kontinuirana je funkcija jednog ili više ulaznih parametara. Digitalni senzori imaju binaran odgovor. Senzori su dostupni u mnogim varijantama za industrijsku primjenu, neki od njih uključuju senzore temperature, blizine, kvalitete vode, kemijske i plinske senzore, infracrvene senzore i mnoge druge.^{1,2}



Istraživači razvijaju novu vrstu senzora koji reagira na određene zvučne valove koji uzrokuju vibraciju, a ne koriste izvor napajanja. Ti senzori spadaju u grupu pasivnih senzora, a imaju potencijal koristiti se pri nadzoru zgrada, potresa ili određenih medicinskih uređaja. Ova nova tehnologija mogla bi eliminirati potrebu za milijunima baterija, a istovremeno se pozabaviti rastućim ekološkim problemima povezanim sa zbrinjavanjem otpadnih baterija. Tradicionalni senzori u nadzoru infrastrukture ili medicinskih uređaja oslanjaju se na konstantno napajanje putem baterija, što dovodi do značajnog problema s otpadom. Istraživanje Europske unije (EU) pokazalo je da će se do 2025. dnevno odložiti čak 78 milijuna baterija. Nova vrsta mehaničkih senzora, koju su razvili istraživači na Saveznom institutu za tehnologiju u Zürichu (njem. *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich*, ETH Zürich) predvođeni Marcom Serra-Garciom i profesorom geofizike Johanom Robertssonom, može riješiti ovaj problem.⁵ Nedavni napreci u senzorskoj tehnologiji omogućuju mjerenje različitih signala putem njihovih fotonjskih potpisa: od tlaka, magnetskih polja i rotacija, do patogena kao što je iznenadni akutni respiratorni sindrom uzrokovan COVID-19 virusom.

Metamaterijali su možda najfascinantniji aspekt ovog senzora. Umjesto oslanjanja na klasične materijale, jedinstvena svojstva senzora na zvuk proizlaze iz njegovog strukturnog dizajna. Senzor se sastoji od međusobno povezanih ploča sa spojnim polugama poput opruge, koje određuju njegov odziv na izvore zvuka.¹ Prototip koji je patentiran može razlikovati izgovorene riječi, na primjer *drei* (hrv. tri) i *vier* (hrv. četiri). Budući da riječ *vier* ima više zvučne energije koja rezonira sa senzorom u usporedbi s riječi *drei*, ona uzrokuje vibraciju senzora, a *drei* ne uzrokuje. Dakle, riječ *vier* može uključiti uređaj ili pokrenuti daljnje procese, dok se s riječi *drei* ništa ne bi dogodilo.⁵

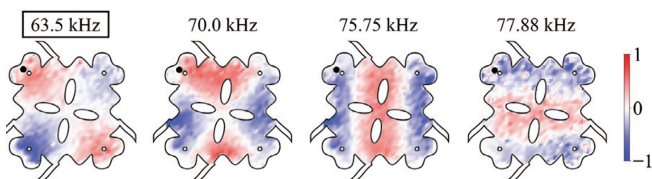
Novije varijante senzora trebale bi moći razlikovati do dvanaest različitih riječi, kao što su standardne strojne naredbe poput „uključeno“, „isključeno“, „gore“ i „dolje“.⁵ Računalno modeliranje i algoritmi bili su ključni u dizajniranju ovih mikrostrukturiranih ploča i razumijevanju njihovih mehanizama pričvršćivanja. Ovi senzori bi mogli, na primjer, registrirati kada se u zgradi pojavi pukotina koja izaziva odgovarajuću energiju zvuka ili valova. Postoji interes za korištenje senzora bez baterija u nadzoru naftnih bušotina koje se ne koriste, jer u takvim bušotinama može doći do curenja plina koji će posljedično proizvesti karakteri-



Slika 1 – Prototip zvučnog senzora³

stičan zvuk šištanja i aktivirati senzor. Mehanički senzori koji funkcioniraju na naveden način mogu otkriti zvuk i pokrenuti alarm bez stalne potrošnje električne energije, što ih čini daleko jeftinijima i mnogo jednostavnijima za održavanje.¹⁻⁴

Nova tehnologija koja podrazumijeva razvoj senzora bez baterija koji reagira na zvučne valove, proizvodeći vibracijsku energiju za napajanje elektroničkog uređaja predstavlja vrlo zanimljivu inovaciju koju vrijedi proučiti i nastaviti istraživati. Navedena tehnologija ne bi samo smanjila potrošnju baterija, već bi korišteni senzori mogli napajati medicinske uređaje poput kohlearnih implantata ili nadzirati sigurnost građevina, definitivno predstavlja vrlo zanimljivu inovaciju koju vrijedi proučiti i nastaviti istraživati.



Slika 2 – Mjerene vibracije ploče pod harmonijskom pobudom na različitim frekvencijama³



Literatura

- <https://www.openaccessgovernment.org/battery-free-sensor-uses-sound-waves-for-energy/173046/> (pristup 12.03.2024.)
- U. Waheed, C. W. Myant, S. N. Dobson, Boolean AND/OR mechanical logic using multi-plane mechanical metamaterials. *Extreme Mechanics Letters*, 40 (2020), 100865.
- T. Dubček, D. Moreno-Garcia, T. Haag, P. Omidvar, H. R. Thomsen, T. S. Becker, M. Serra-Garcia, In-Sensor Passive Speech Classification with Phononic Metamaterials. *Advanced Functional Materials*, 34 (2024) 2311877.
- K. Gillmann, G. E. Bravetti, L. J. Niegowski, K. Mansouri, Using sensors to estimate intraocular pressure: a review of intraocular pressure telemetry in clinical practice. *Expert Review of Ophthalmology*, 14 (2019), 263-276.
- <https://www.vidi.hr/Sci-Tech/Znanost/Napajanje-senzora-zvucnim-valovima-izgovorenih-rijeci>

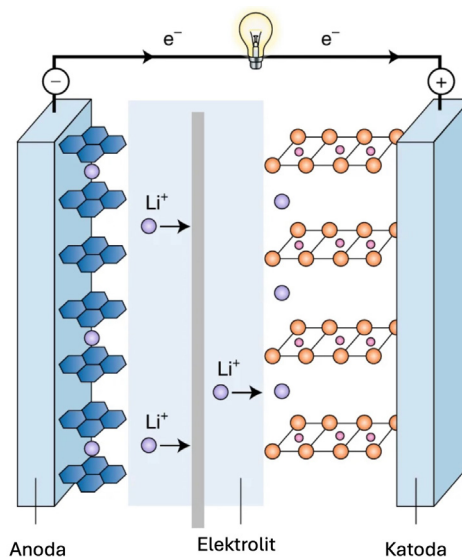


Litijeve baterije s recikliranim dijelovima

Lea Raos (FKIT)

U borbi za očuvanje okoliša i smanjenje emisija stakleničkih plinova, traga se za održivim alternativama u sektoru energetike. U tom kontekstu, istraživanje objavljeno u časopisu *Joule* nudi uvid u važnost recikliranja litij-ionskih baterija te potencijalne prednosti i izazove koje donosi.

Litij-ionske baterije ključni su elementi u električnim vozilima, prijenosnim uređajima i energet-



Slika 1 – Komponente punjive litij-ionske baterije¹

skim pohranama. Međutim, njihovo povećano korištenje dovodi do pitanja o dugoročnoj održivosti, budući da se baterije troše i zahtijevaju zamjenu. Upravo zbog toga recikliranje postaje ključno za smanjenje negativnih ekoloških utjecaja i optimalno iskorištavanje resursa.

Eksperimentalnom analizom i modeliranjem, dokazano je da reciklirani materijali imaju optimiziranu mikrostrukturu veće površine, većeg kumulativnog volumena pora i veće unutarnje šupljine, što osigurava viši koeficijent kemijske difuzije litija i ublažava naprezanje tijekom ciklusa.² Navedeno dovodi do manje faze transformacija i prednosti vrhunske izvedbe. U testovima koliko dobro baterije održavaju svoj kapacitet pohranjivanja energije nakon višekratne uporabe i ponovnog punjenja, baterije s recikliranim katodama nadmašile su one izrađene od potpuno novih komercijalnih materijala istog sastava. Bilo je potrebno 11600 ciklusa punjenja da baterije s recikliranim katodama izgube 30 posto svog početnog kapaciteta. To je oko 50 posto bolje od respektabilnih 7600 ciklusa za baterije s novim katodama.²

Otkriveno je da postojeće prakse recikliranja litij-ionskih baterija nisu dovoljno efikasne i često rezultiraju gubitkom vrijednih resursa.³ Kroz analizu procesa recikliranja, identificirani su ključni izazovi, uključujući složenost procesa, potrebu za kemijskim tretmanima i visoki troškovi.

Unatoč izazovima, istaknut je niz prednosti koje recikliranje litij-ionskih baterija može donijeti. To uključuje smanjenje potrebe za eksploatacijom novih sirovina, smanjenje negativnih utjecaja na okoliš povezanih s odlaganjem starih baterija te potencijalno smanjenje troškova proizvodnje novih baterija.³ Također, predviđa se da bi reciklirani katodni materijali mogli biti potencijalno održiv i konkurentan proizvod koji bi se mogao

usvojiti u trenutnom procesu proizvodnje baterija, što bi dovelo do održivog ekosustava proizvodnje litij-ionskih baterija.

Nadalje, istraživanje je pokazalo da efikasno recikliranje litij-ionskih baterija može dovesti do značajnog smanjenja emisija CO₂ i drugih stakleničkih plinova, čime se pridonosi globalnim naporima za borbu protiv klimatskih promjena.² Osim toga, recikliranje može pomoći u smanjenju ovisnosti o uvozu sirovina te stvoriti nova radna mjesta u sektoru recikliranja i obnovljivih izvora energije.

Važno je napomenuti da postoji potreba za daljnjim istraživanjem i inovacijama kako bi se prevladali izazovi povezani s recikliranjem litij-ionskih baterija. To uključuje razvoj efikasnijih procesa recikliranja, smanjenje upotrebe toksičnih kemikalija i pronalaženje ekonomski održivih modela za recikliranje. Recikliranje litij-ionskih baterija predstavlja ključni korak prema održivoj budućnosti energetike. Kroz daljnja istraživanja i inovacije, može se stvoriti infrastruktura koja ne samo da smanjuje negativne ekološke utjecaje, već i osigurava dugoročnu održivost i prosperitet za buduće generacije.



Literatura

1. J. M. Gonçalves, A. L. Hennemann, J. G. Ruiz-Montoya, P. R. Martins, K. Araki, L. Angnes, R. Shahbazian-Yassar, Metal-glycerolates and their derivatives as electrode materials: A review on recent developments, challenges, and future perspectives. *Coordination Chemistry Reviews*, 477 (2023) 214954.
2. X. Ma, M. Chen, Z. Zheng, P. Karlson, N. Simon, Y. Wang, Recycled cathode materials enabled superior performance for lithium-ion batteries, *Joule*, 5 (2021) 2955-2970.
3. Z. Shang, W. Yu, J. Zhou, X. Zhou, Z. Zeng, R. Tursun, X. Liu, S. Xu, Recycling of spent lithium-ion batteries in view of graphite recovery: A review, *eTransportation*, 20 (2024) 100320.

Razgovor sa stručnjacima – Kristina Grgić, mag. ing. techn. aliment.

Laura Glavinić (FKIT)

Kristina Grgić mlada je poduzetnica i vlasnica linije sapuna *Rhapsodos*. Diplomirala je na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, gdje je stekla znanje koje joj je omogućilo da se upusti u izradu ovih potpuno prirodnih, *cruelty-free* i ekološki prihvatljivih sapuna. Svoje domaće glicerinske sapune radi ručno, *melt&pour* tehnikom, koristeći aktivne sastojke isključivo biljnog podrijetla, a izrađuje obične i piling sapune koji dolaze u 16 različitih vrsta. Sapuni ove kreativne Nuštarke oduševljavaju korisnike diljem Hrvatske, kako kvalitetom, tako i izgledom, a osim sapuna sama je osmislila i njihovo biorazgradivo pakiranje. *Rhapsodos* proizvode imali smo priliku vidjeti i dobiti na kongresu u organizaciji Studentske sekcije HDKI-ja pod nazivom *Kemija i inženjerstvo u razvoju lijekova*, koji je održan 2. ožujka 2024. godine na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije.



Slika 1 – Rhapsodos sapuni



Slika 2 – Kristina Grgić, mag. ing. techn. aliment.

Prije svega, puno Vam hvala na pristanku za intervju. Kako se pojavila ideja koja je dovela do razvoja Rhapsodos linije sapuna? Što Vam je bila motivacija za njezino pokretanje, a što inspiracija za naziv?

Hvala Vama na pozivu, cijenim priliku i radujem se podijeliti s Vama svoje iskustvo i ambicije. Ideja se pojavila kada sam jednom prilikom dobila na poklon prirodni sapun s mirisom grožđa. U tom predivnom mirisu sam našla inspiraciju. Počela sam eksperimentirati i uvidjela koliko uživam u izradi sapuna te sam se odlučila posvetiti tome. Spojila sam vlastitu kreativnost izrade *handmade* proizvoda s ljubavlju prema prirodi. Također, značajnu ulogu igrao je i moj studij na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu tijekom kojeg sam se zainteresirala za područje bioaktivnih tvari.

Svoju liniju sapuna sam objedinila pod nazivom *Rhapsodos*. Ovaj naziv ima poseban značaj za mene jer su tu riječ koristili moji roditelji. Naime, u ljetnim danima djetinjstva, svaki dan sam

morala pojesti malu *kotaricu* zdravog raznovrsnog voća iz našeg voćnjaka. Roditelji su je nazivali "rapsodijom okusa". Pojam rapsodija sveden je na zajednički nazivnik: ekspresivno, emocionalno, raznoliko, dinamično, osobno, šaroliko... To nije samo naziv, već i podsjetnik na vrijednosti koje su mi prenesene i koje sam odlučila prenijeti dalje kroz svoj posao.

Recite nam nešto o melt&pour tehnici i procesu izrade Vaših proizvoda. Koliko traje izrada jednog sapuna?

Melt&Pour tehnika izrade sapuna koristi već pripremljenu krutu bazu, koja je prošla proces saponifikacije. Ova baza se nježno zagrijava i topi u vodenoj kupelji. Nakon toga, dodajem sve ostale bioaktivne sastojke: mineralne pigmente, začine, gline, vitamine, ekstrakte, hladno prešana biljna ulja te eterična ulja.

Proces izrade jednog sapuna može potrajati nekoliko sati, ali to ovisi o vrsti sapuna. Sapuni s jednim slojem su jednostavniji za izradu, dok se kod sapuna s više slojeva svaki sloj ili uzorak izrađuje pojedinačno. Nakon izlijevanja, potrebno je određeno vrijeme za hlađenje, a zatim slijedi pakiranje sapuna.

Na koji način birate sastojke koji se nalaze u Rhapsodos sapunima?

Pri odabiru sastojaka za *Rhapsodos* sapune, temeljimo se na visokim standardima kvalitete i održivosti. Naša filozofija temelji se na osiguravanju da svaki sastojak ima precizno određenu svrhu u poboljšanju zdravlja kože. Istovremeno, naglašavamo važnost sinergije između sastojaka, što znači da se međusobno nadopunjuju radi postizanja optimalnih rezultata, uzimajući u obzir individualne potrebe različitih tipova kože.

Što biste izdvojili kao najveće prednosti Vaših sapuna nad onima koji su komercijalno dostupni? Kako bioaktivne tvari koje se u njima nalaze pozitivno utječu na kožu i zdravlje?

Najveće prednosti naših sapuna nad komercijalno dostupnima su njihova visoka kvaliteta sastojaka, održiva ambalaža te estetski privlačan izgled koji dodatno oplemenjuje korisničko iskustvo. Naši

sapuni sadrže hladno prešana ulja koja održavaju vlažnost kože, glicerini koji daju efekt hidratacije i omekšava kožu, eterična ulja koja pružaju aromaterapijske prednosti i razne začine koji dodatno njeguju kožu. Bioaktivne tvari u našim sapunima djeluju pozitivno na kožu i zdravlje na različite načine. Hladno prešana ulja pružaju hranjive sastojke i antioksidante koji pomažu u obnavljanju kože. Glicerini zadržavaju vlagu, eterična ulja imaju antiseptička, antibakterijska i umirujuća svojstva, dok razni začini mogu imati antiupalne i antioksidativne učinke. Dodatno, gline u našim sapunima djeluju detoksikacijski, čiste kožu i upijaju višak sebuma, dok vitamini pružaju dodatnu potporu u obnovi i zaštiti kože. Kombinacija ovih sastojaka rezultira zdravom, nahranjenom i blistavom kožom.

Sami ste osmislili biorazgradivo pakiranje u kojem Vaši sapuni dolaze. Kako ga izradujete?

Kada sam pristupila razvoju pakiranja za *Rhapsodos* glicerinske sapune, primijetila sam nedostatak pristupačnih opcija na tržištu koje su istovremeno biorazgradive i funkcionalne. Odlučila sam izbjeći plastiku kako bih smanjila ekološki utjecaj te sam uvela dvostruko papirnato pakiranje koje je potpuno od papira i može se reciklirati. Sama sam osmislila i dizajnirala omotnicu koristeći vještine odgovarajućeg softvera, koje sam stekla na fakultetu, na što sam iznimno ponosna. Kroz ovaj proces, cilj mi je bio ne samo pružiti estetski privlačno pakiranje, već i promicati održivost te odgovornost prema okolišu.

Uz izradu Rhapsodos sapuna, čime se još bavite?

Osim što se bavim izradom *Rhapsodos* glicerinskih sapuna, posvećena sam istraživanju i primjeni aktivnih tvari u medicinskoj estetici. Kao stručnjak u ovom području, ističem se i kao brend specijalist za *Mesostetic* proizvode te sam i prodajni predstavnik istih. Jedan od ključnih aspekata moje profesije obuhvaća edukaciju klijenata, pružajući znanje i vještine koje su od bitnog značaja za profesionalce medicinske i kozmetičke struke. Uvijek težim povezivanju znanosti i ljepote kako bih osigurala najbolje moguće rezultate za svoje klijente.

Drveće teže „diše” u toplijim krajevima

Nikolina Karačić (FKIT)

Klimatske promjene su velik problem današnjice, a u najnovijim istraživanjima znanstvenici upozoravaju da će, između ostalog, negativno utjecati na drveće. Procijeniti koliko su zdrave šume ključne za ekosustave diljem svijeta i utvrditi koje će šume u narednim desetljećima proći bolje, a koje lošije, nije lak posao. Upravo šume podupiru cikluse vode i hranjivih tvari, upijaju veliku količinu ugljika te osiguravaju prostor i hranu za ogroman broj biljnih i životinjskih vrsta. Posljedično, ono što ima potencijal uništiti drveće je loša vijest za gotovo sve ostalo na planeti. Nažalost, rastuće temperature i sve češće suše povezane s klimatskim promjenama bez sumnje će negativno utjecati na šume.

Specifičan način na koji klimatske promjene utječu na drveće i biljni ekosustav predstavlja velik problem. Niska količina oborina nanosi veliku štetu, posebice tijekom vegetacijske sezone. Nedavna istraživanja došla su do zabrinjavajućih otkrića – zbog većih prosječnih temperatura, sve je manja sposobnost drveća da “diše” i skladišti ugljikov dioksid, CO₂.¹ Suprotno prijašnjim vjerovanjima, pokazalo se da drveće u toplijim i sušnijim klimama teže apsorbira CO₂, što predstavlja ozbiljnu prijetnju ulozi šuma u ublažavanju posljedica globalnog zatopljenja.²



Slika 1 – Amazonaska prašuma³

Kako bi procijenili na koji način klimatske promjene utječu na sposobnost stabala da apsorbiraju CO₂, tim znanstvenika sa Sveučilišta Duke (SAD) razvio je model koji pokazuje učinak koji imaju klimatske promjene u različitim scenarijima. Predvođen doktorandom Yanlanom Liu-om, tim je procijenio da će klimatske promjene imati negativan utjecaj na 13 šuma u tropskim i umjerenim područjima diljem svijeta. U analizu su bile uključene širokolisne šume (poput onih u Amazoniji) i igličaste šume (poput onih u Kanadi). Predviđanja su napravljena koristeći široki raspon mogućih budućih promjena u temperaturi i razini padalina. Navedeni podatci kombinirani su s modelima koji opisuju kako stabla apsorbiraju vodu i CO₂ u različitim uvjetima, u svrhu procjene načina na koji scenarij utječe na smrt šume.¹ Max Lloyd, pomoćni profesor geoznanosti na Sveučilištu Penn State (SAD) i vodeći autor istraživanja o fotorespiraciji, objasnio je ovaj zabrinjavajući trend: „Drveće u toplijoj i sušoj klimi zapravo kašlje umjesto da diše. Šalju CO₂ natrag u atmosferu daleko više nego drveće u hladnijim i vlažnijim uvjetima”. Drveće uklanja CO₂ iz zraka u procesu fotosinteze, koristeći ga za rast. Međutim, stresni uvjeti poput visokih temperatura i ograničene opskrbe vodom pokreću obrnuti proces koji se naziva fotorespiracija, gdje drveće ispušta ugljikov dioksid natrag u atmosferu. Opsežna analiza globalnih podataka o tkivu drveća ustvrdila je da su stope fotorespiracije čak dvostruko veće u toplijim klimama, osobito kada je prisutan nedostatak opskrbe vodom. Fotorespiracija počinje se događati kada prosječne dnevne temperature prelaze 20 °C i izraženija je s porastom temperature.⁴

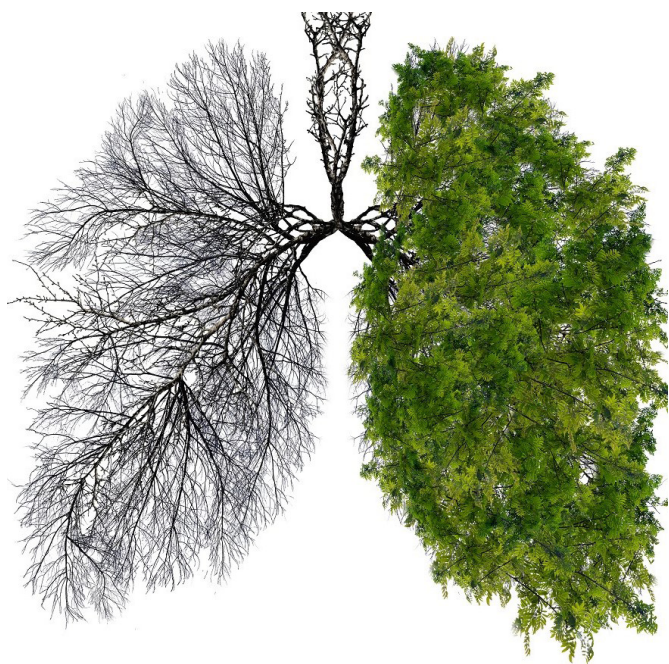
Znanstvenici objašnjavaju da čimbenici koje su modelirali nisu jedini učinci koji igraju ulogu u zdravlju šuma. Drugi fenomeni povezani s klimom, poput učestalosti šumskih požara ili poremećaja u broju insekata također će uzeti svoj danak, zbog čega procijenjeni rizik treba pažljivo tumačiti.¹ Prethodno istraživanje iz 2021. godine pokazalo je da godišnje emisije ugljika, nastale raspadanjem trulog drveta iznose 10,9 gigatona, što pokazuje koja se ogromna količina ugljika nalazi u stablima koja beživotno leže u šumama.⁵ Dodatno, istraživanje nedavno objavljeno u uglednom časopisu *Science*, upućuje na činjenicu da zbog termita dolazi do bržeg i količinski većeg ispuštanja ugljika iz “mrtvog” drveća.⁶

Insektima se pripisuje čak 29 % emisija CO₂ koje dolaze iz trulog drveta, a ugljik oslobađaju kada se hrane odumrlim stablima. Znanstvenici

predviđaju da je zbog globalnog zatopljenja moguće i proširenje staništa insekata drvomoraca u narednim desetljećima. Povećanje populacije ovih insekata može dovesti do povećanja njihove uloge u emisijama ugljikovih spojeva te posljedično do porasta temperature, što bez sumnje predstavlja prijetnju za kvalitetniji život u budućnosti.^{4,6}

Kada se u prethodno spomenute modele uračuna porast vlažnosti i razine CO₂ u atmosferi, rezultati se značajno mijenjaju. U gotovo svakom scenariju, od onih vrlo blagih do stvarno dramatičnih, kod zimzelenih biljaka povećava se rizik od relativnog odumiranja.⁴ S druge strane, velike negativne posljedice na džunglu vidljive su samo u ekstremnijim scenarijima klimatskih promjena.⁴ Blagi scenariji klimatskih promjena uglavnom ne utječu na listopadne šume za koje se pokazalo da imaju niži relativni rizik od odumiranja, čak i u ekstremnijim scenarijima.⁴

Prema podacima koje je objavilo američko Ministarstvo energetike, biljni ekosustav trenutno na godišnjoj razini apsorbira oko 25 % emisija CO₂ koje su uzrokovane ljudskim aktivnostima. Međutim, Lloyd upozorava da će se taj postotak vjerojatno smanjivati kako se klima bude zagrijavala, pogotovo u slučaju smanjenja padalina.² Uvijek moramo imati na umu da su šume pluća našeg planeta, apstraktno prikazano na slici 2.



Slika 2 – Apstraktan prikaz pluća Zemlje⁷

Razvijeni modeli koji promatraju stopu fotorespiracije drveća znanstvenicima mogu ponuditi metodu za predviđanje koliko će šume „disati” u budućnosti.⁴ Količina CO₂ u atmosferi brzo raste, a prema podacima Nacionalne uprave za oceane i atmosferu, ima ga više nego bilo kojem trenutku u posljednjih 3,6 milijuna godina. Tim sa Sveučilišta *Penn State* će dalje pokušati rasvijetliti koje su bile stope respiracije u davnoj prošlosti, proučavanjem fosiliziranog drva.⁴ Te metode omogućit će istraživačima eksplicitno testiranje postojećih hipoteza o promjenjivom utjecaju fotorespiracije biljaka na klimu tijekom geološkog vremena.⁴

Istraživanje koje je vodio Max Lloyd, potkrijepljeno inovativnim metodama za analizu stopa fotorespiracije u drveću, naglašava hitnost preispitivanja naših strategija u borbi protiv globalnog zatopljenja. Uz to, naglašava i potrebu za nijansiranim pristupom razumijevanju složenog odnosa između biljaka i atmosfere te usmjerava buduće napore prema učinkovitijem klimatskom djelovanju.²

Literatura

1. Y. Liu, A. J. Parolari, M. Kumar, C. W. Huang, G. G. Katul, A. Porporato, Increasing atmospheric humidity and CO₂ concentration alleviate forest mortality risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (2017) 9918-9923.
2. <https://www.earth.com/news/trees-struggling-to-breathe-store-co2-hotter-climate/> (pristup 14.3.2024.)
3. <https://www.theguardian.com/environment/2022/dec/20/seven-reasons-to-be-cheerful-about-the-amazon-in-2023-and-three-to-be-terrified> (pristup 15.3.2024.)
4. M. K. Lloyd, R. A. Stein, D. E. Ibarra, R. S. Barclay, S. L. Wing, D. W. Stahle, T. E. Dawson, D. A. Stolper, Isotopic clumping in wood as a proxy for photorespiration in trees, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120 (2023) 2306736120.
5. S. Seibold i sur., The contribution of insects to global forest deadwood decomposition, *Nature* 597 (2021) 77-81.
6. A. E. Zanne i sur., Termite sensitivity to temperature affects global wood decay rates, *Science* 377 (2022) 1440-1444.
7. <https://www.oecd-forum.org/rooms/climate-health/conversations/56465> (pristup 15.3.2024.)

Od plastičnog otpada do vrijednih proizvoda

Vilim Boroša (FKIT)

Kako bi izgledao svijet bez plastike? Pitanje na koje je iznenađujuće teško odgovoriti. U zadnjih sto godina plastika je postala integralan dio svačije svakodnevnice, s nezamjenjivom ulogom u funkcioniranju današnjeg svijeta. Izum i razvoj plastike zaista je jedno od većih postignuća kemijskog inženjerstva, ali kao i svi drugi sintetički materijali, zahtijeva odgovorno i pravilno korištenje te odlaganje.



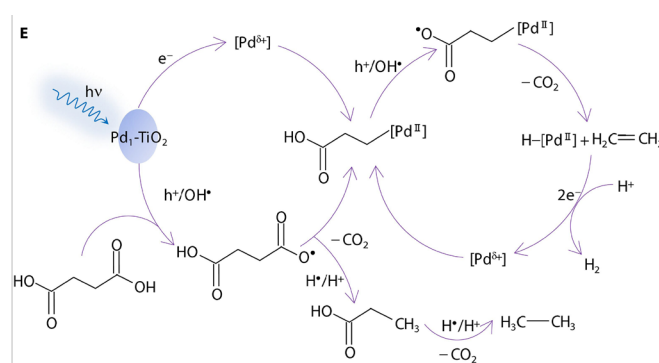
Slika 1 – PET plastična boca u perspektivi¹

Spektar primjene polietilenske (PE) plastike je širok i vrlo raznolik, od plastičnih boca i vrećica pa sve do medicinskih implantata. Proizvodnja plastike predstavlja čak 3,4 % emisija stakleničkih plinova, a u 2019. godini iznosila je 460 milijuna tona što je dvostruko više nego 2000. godine. U isto vrijeme, potrošnja plastike 2019. godine iznosila je 353 milijuna tona. Dvije trećine tog otpada dolazi od vrsta plastike sa životnim vijekom manjim od 5 godina: 40 % takve plastike iskorišteno je kao ambalaža, 12 % kao roba široke potrošnje te 11 % u industriji tekstila i robe.² Iako je oko 15 % ukupnog plastičnog otpada prikupljeno u svrhu recikliranja, samo je 9 % ukupne količine zapravo reciklirano (40 % prikupljenog je izgubljeno kao talog).² Nadalje, 19 % tog ukupnog plastičnog otpada je spaljeno, 50 % zbrinuto je na odlagališta otpada, a 22 % izbjeglo je regulirane mreže upravljanja otpadom te tako završilo na nekontroliranim divljim odlagalištima, spaljeno pod otvorenim nebom ili u ma-

ritimnim ekosustavima.² Dugoročnost polietilena predstavlja velik problem jer proizvodi izrađeni od tog materijala mogu imati životni vijek i do 450 godina. Glavna strategija rješavanja problematike polietilenskog otpada je povećavanje kružnosti plastike - ako uspijemo razviti efektivne procese reciklaže uz umjerene uvjete, mogli bismo plastiku umjesto da je odlažemo, iskoristiti kao resurs.

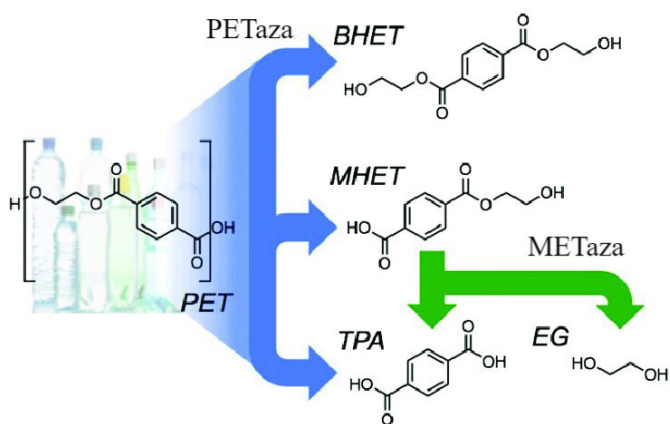
Trenutni industrijski procesi reciklaže plastike imaju nekoliko problema, od kojih su glavni potreba za visokim temperaturama i tlakovima te stvaranje kompleksne smjese produkata. Kako bismo uspostavili održive procese reciklaže, vrlo je važno razviti procese visoke efikasnosti koji se provode pri umjerenim uvjetima.²

Reciklaža PE-a pod umjerenim uvjetima ostaje praktičan izazov. U tom kontekstu, tim znanstvenika sa Sveučilišta u Adelaidi (Australija) demonstrirao je strategiju atomskog inženjerstva za modifikaciju titanijeva dioksida (TiO_2) kao fotokatalizatora s reverzibilnim vrstama paladija (Pd), za selektivnu konverziju PE u etilen (C_2H_4) i propansku kiselinu. Proces se provodi pri umjerenim uvjetima, uz dikarboksilnu kiselinu kao intermedijer. Kao tekući proizvod dobiva se propanska kiselina s 98,8 % selektivnosti. Plastična pretvorba s prinosom C_2 ugljikovodika od 0,9 % i prinosom propanske kiseline od 6,3 % postignuta je oksidacijom nakon 3 sata fotoreakcije. Spektroskopska istraživanja, predstavljena *in situ*, potvrdila su da atomske vrste Pd imaju dvostruku ulogu: djeluju kao akceptor elektrona za poticanje odvajanja/prijenosa naboja za učinkovitu reakciju i kao posrednici za stabilizaciju intermedijera reakcije za selektivnu dekarboksilaciju.³



Slika 2 – Shema fotoreakcije pretvorbe PE u propansku kiselinu i C_2H_4 ³

Druga potencijalna ruta koja vodi prema optimalnom procesu reciklaže plastike je korištenje bioloških sustava. Uz napredak genetskog inženjstva mogućnosti industrijske primjene biotehnologije iz dana u dan drastično rastu. Jedna od tih primjena je i razgradnja PET plastike. Pojedini enzimi PETaza i MHETaza izolirani iz bakterije *Ideonella sakaiensis* 201-F6 otvaraju vrata potpunoj konverziji PET otpada u CO₂.⁴ Iako je razgradnja plastike putem enzima i mikroorganizama moguća, susreće s poznatom problematikom primjene kompleksnih bioloških sustava u industriji. Za uspješnu primjenu takvih sustava treba ih moći uvećati, a kompleksni biološki sustavi su generalno nestabilni te teški za održavanje zbog vlastite biološke kompleksnosti koja smanjuje efikasnost i dugoročnost takvih sustava povećavajući cijenu procesa. Valja napomenuti da mogućnosti primjene bioloških sustava rastu iz dana u dan i pojavljuju se mogućnosti razvoja modela primjene takvih sustava u svim granama industrije uz jako niske cijene procesa.⁵ Navedeno ima potencijal pridonijeti kružnosti i optimizaciji brojnih proizvodnih procesa.⁵



Slika 3 – Shema razgradnje plastike uz enzim PETaza⁵

Rezultati pokazuju da je korištenjem TiO₂ kao fotokatalizatora uz Pd moguće PE pretvoriti u etilen i propionsku kiselinu, što u reciklaži plastike otvara nova vrata. Propionska kiselina je sama po sebi vrijedan proizvod, a ovaj proces otvara posve nov i u potpunosti održiv način njezine proizvodnje.³ Uz to, javlja se i mogućnost primjene biotehnologije u razgradnji plastike. Naravno, navedeno ne znači da možemo očekivati nova inovativna postrojenja za reciklažu bazirana na optimalnim i jeftinim procesima u skorijoj budućnosti jer je najprije potrebno usavršiti predstavljene tehnike kako bi se one mogle implementirati u industriju.⁵

Ograničenost resursa i akumulacija negativnih posljedica neodgovornih proizvodnih procesa na svjetske ekosustave sve više dolazi do izražaja. Upravo zbog toga je “kako pretvoriti pravac u krug” tema najveće industrijske utrke današnjice.

Znanstvena zajednica je ključ u razvoju novih procesa i guranju granica čovječanstva naprijed. Plastika je neizostavan dio naše civilizacije i vrijedan resurs, koji istovremeno zbog svoje izdržljivosti stvara velik problem. Trenutni procesi reciklaže obuhvaćaju tek 15 % ukupnog otpada. Sve je više mogućnosti efikasnije reciklaže koja omogućava ne samo eliminaciju plastike iz okoliša, nego i pretvorbu u vrijednu propionsku kiselinu. Odavno smo identificirali ciljeve i strategije u problematici reciklaže plastike, a sada je potrebno gurati te ideje naprijed, testirati nove tehnike i usavršiti već dobivene rezultate!



Slika 4 – Problem plastičnog otpada u moru

Literatura

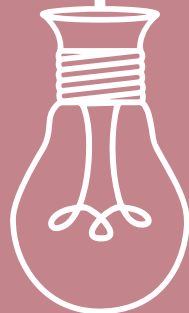
- <https://positivelypet.org/myths-and-facts/> (pristup 12.3.2024.)
- <https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.htm> (pristup 12.3.2024.)
- S. Zhang, B. Xia, Y. Qu, L. Jing, M. Jaroniec, J. Ran, S. Z. Qiao, Photocatalytic production of ethylene and propionic acid from plastic waste by titania-supported atomically dispersed Pd species, *Science Advances*, 9 (2023) 2407.
- Y. V. Soong, M. J. Sobkowicz, D. Xie, Recent Advances in Biological Recycling of Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Wastes, *Bioengineering (Basel)*, 9 (2022) 98.
- H. P. Austin i sur., Characterization and engineering of a plastic-degrading aromatic polyesterase, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 (2018) 4350-4357.



***Studentska sekcija
HDKI-ja slavi
7. rođendan!***

 9. travnja 2024.





SCIENCE INFLUENCER

Žene koje su revolucionizirale znanost

Laura Glavinić (FKIT)

Povijest je nanijela veliku nepravdu mnogim skupinama ljudi iz vrlo različitih razloga – posljedice u svijetu odjekuju i dan danas. Jeku ne čuju svi, nekada jer njihovu kožu vibracije ne dodiruju, češće zbog generacijama duboko kondicioniranih misli i ponašanja koje su nam iskrivile sliku „normalnog“. Nejednakost spolova do dan danas prisutna, samo je jedan od problema koji ne prestaju tinjati, a koje je povijest za sobom ostavila. Postoji citat nepoznatog autora, ovdje prikladan i glasi: Pravda se neće ostvariti dok god nepogođeni nepravdom ne postanu bijesni kao oni pogođeni.

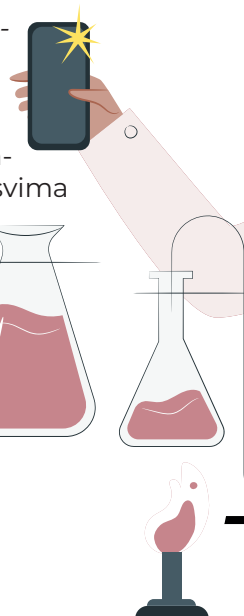
Velik je broj žena čiji je rad doprinio najvećim otkrićima u povijesti čovječanstva, a za koje je rijetko tko čuo. Svi smo čuli za Watsona i Cricka kojima udžbenici i dalje pripisuju otkriće dvostruke zavojnice u strukturi DNK, no rijetko tko čuo je za Rosalind Franklin bez koje to ne bi bilo moguće. Bill Gates i Steve Jobs vjerojatno su najistaknutiji ljudi kada se govori o računarskim i informatičkim postignućima posljednjih desetljeća, dok Grace Hopper, kreatorica modernog programiranja ostaje previđena u pozadini. Uskraćivanje prava na visoko obrazovanje bilo je normalno, što zbog patrijarhalnih rodno uvjetovanih uloga, što zbog činjenice da su se muškarci smatrali pametnijima od žena. Akademska zajednica nije bila iznimka pa je

svoja vrata za žene držala čvrsto zatvorenima. Vođene čistom ljubavi prema znanju, kršile su pravila, objavljivale pod pseudonimima, eksperimente provodile u skrivenim podrumima jer im pristup laboratorijima nije bio dozvoljen, trpjele izostanak priznanja, a mnoge su u konačnici za svoj rad platile životom. Nisu se predale, njihovo nasljeđe još živi i dokaz su da bez obzira na spol i rasu, svatko može ostaviti neizbrisiv trag u povijesti.

Hvala, riječ koja se u ovom kontekstu čini toliko nedovoljnom, ostaje jedino što im možemo reći. **Hvala tim neustrašivima pionirkama, onima koje su ovdje spomenute, tisućama onih koje nisu i za koje nitko nikada neće znati, hvala Sufražetkinjama, hvala Zagorki. Hvala im za mogućnost da danas napišem ovaj članak kao studentica kemijskog inženjerstva** i da im za Dan žena 2024. godine na ovaj skroman način odam počast.

Sve niže navedene informacije preuzete su iz opsežnog istraživanja švicarskog autora Larsa Jagera čiji su rezultati sklopljeni u knjigu naziva

Women of Genius in Science: Whose Frequently Overlooked Contributions Changed the World (Springer, 2023). Naravno, život i rad ovih snažnih i neustrašivih ratnica puno su više od nekoliko ulomaka u ovom članku. Upravo bih iz tog razloga od srca svima preporučila ovo lijepo napisano i vrlo informativno štivo koje iscrpno opisuje život i rad osamnaest žena čija su postignuća za znanost neizmjereno važna i često previđena.



Vrijeme, da se sve one uvedu u udžbenike iz povijesti, odavno je prošlo.

Hipatija iz Aleksandrije (355.-415.) – antička ikona matematike

Hipatija je jedna od prvih matematičarki čije je ime ostalo zabilježeno. Rođena je oko 355. godine, a gotovo svi povijesni izvori u kojima se spominje potvrđuju da je bila izvanredna matematičarka i filozofkinja. Njezin otac, poznati antički znanstvenik Teon pobrinuo se da stekne najbolje moguće obrazovanje te zadrži duboko poštovanje prema svome grčkom podrijetlu i kulturnom nasljeđu. Bila je stručnjakinja u matematici i astronomiji, postigla je vrijedne rezultate u geometriji i teoriji brojeva, a bavila se i platonskom filozofijom te je bila jedna od prvih predavačica u Aleksandriji. Svoje znanje voljela je dijeliti predajući na ulicama Aleksandrije, zbog čega je stekla mnoge neprijatelje među kolegama filozofima koji su se smatrali intelektualnom elitom.

Kada je kršćanstvo uzelo maha u Rimskom Carstvu i proširilo se na ostale dijelove, gotovo sva pisana riječ, spisi i knjige koji nisu bili vjerskog sadržaja morali su biti spaljeni. Val vatre zahvatio je i Aleksandriju gdje je progutao većinu antičkih znanja, čemu se Hipatija grčevito opirala. Nasilno je ubijena 415. ili 416. godine, ovisno o izvoru, zbog svog "poganskog" učenja.

Sokrat Skolastik je u svom glavnom dijelu pod nazivom *Historia ecclesiastica* napisao¹: „U Aleksandriji živjela je žena pod imenom Hipatija (...) Svojim obrazovanjem zasjenila je sve filozofe svoga vremena. Njezina učenja dovela su je na sam vrh Platonske škole (...) Pred vlastima je bila vrlo otvorena i puna samopouzdanja koje joj je obrazovanje dalo i nije pokazivala sram u prisustvu muškaraca. Zahvaljujući iznimnoj inteligenciji i snažnom karakteru, svi su je dočekivali s divljenjem i strahopoštovanjem.”

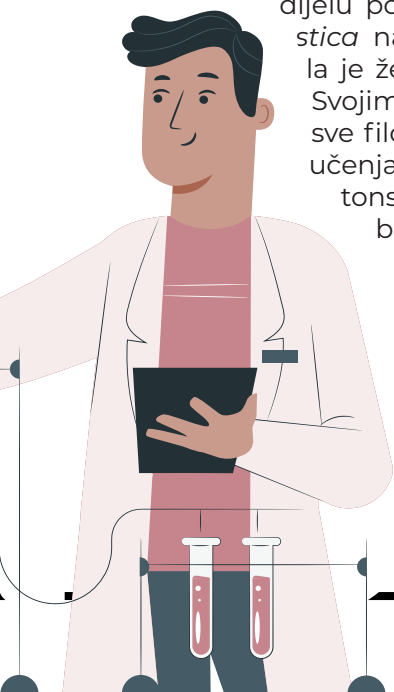


Slika 1 – Hipatija iz Aleksandrije; matematičarka, astronomkinja i filozofkinja²

Laura Bassi (1711.-1778.) – prva sveučilišna profesorica

Četrnaest stoljeća je prošlo nakon Hipatijine smrti prije nego što se ponovno pojavila žena prepoznata u akademskim krugovima, usprkos akumulaciji znanja i sve većem broju sveučilišta u svijetu. Rođena 1711. godine u Bologni, Laura Bassi bila je talentirana fizičarka izrazito napredna u polju eksperimentalne fizike te jedna od prvih ljudi koji su ponudili objašnjenje za elektricitet i magnetizam.

U doba kada je znanstvena zajednica bila podijeljena u dva smjera, Descaratesov i Newtonov, opredijelila se za Newtonov smjer i 1732. godine objavila 43 teze o logici, metafizici, fizici i ljudskoj prirodi u radu pod nazivom *Philosophica Studia*. Njezin intelekt privukao je pažnju tadašnjeg nadbiskupa Prospera Lorenzinija Lambertinija koji je 17. travnja 1732. godine organizirao debatu između Laure i četiri profesora. Debata je postala obrana njezina doktorata, spektakl koji je okupio mnogo ljudi i tijekom kojeg je impresionirala kako profesore, tako i publiku.



Niti mjesec dana nakon toga, sa samo 21 godinom, postala je član Akademije znanosti u Bologni, a Sveučilište u Bologni dodijelilo joj je doktorat iz filozofije čime je postala prva žena u svijetu kojoj je dodijeljen ovaj naslov. Bassi ovdje nije stala, kandidirala se za profesorsko mjesto na Sveučilištu u Bologni. Senat joj je odobrio zahtjev 29. listopada 1732. godine te je u prosincu **1732. godine postala je profesorica filozofije, prva žena na svijetu zaposlena na toj visokoj sveučilišnoj poziciji.**



Slika 2 – Laura Bassi; fizičarka, profesorica filozofije i eksperimentalne fizike³

Caroline Herschel (1750. – 1848.) – superzvijezda astronomije

Caroline Herschel bila je neustrašiva pionirka, izabrala je hodati kada joj je život put popločio trnjem i postala je **prva žena zaposlena u Kraljevskom opservatoriju u Greenwichu, prva žena kojoj je Kraljevsko astronomsko društvo dodijelilo zlatnu medalju i prva žena s titulom počasnog člana tog istog društva.** Rođena je u Hannoveru (Njemačka), gdje je kao dijete dobila tada vrlo opasne vodene kozice koje su je ostavile s ožiljcima, učinile nepoželjnom za brak i time joj predodredile sudbinu kućne pomoćnice za svoju obitelj.

Okolnosti su se promijenile kada je njezin brat, poznati astronom Wilhelm Herschel pozvan u engleski gradić Bath. Poveo je Caroline sa sobom kako bi pjevanjem zarađivala i odrađivala sve kućanske poslove za njega. Dopuštenje majke da je odvede dobio je tek kada je obećao slati novac u svrhu nadoknade njezina odsustva u kućanstvu.

Nedugo nakon preseljenja, Wilhelm je počeo opsesivno promatrati zvijezde i otkrio planet Uran što mu je donijelo veliku slavu, a zbog čega se počeo baviti isključivo astronomijom. Caroline je uz njega učila te se u konačnici i sama počela baviti astronomijom.

Kada je Wilhelm bio na putu, imala je priliku koristiti njegov teleskop i 1. kolovoza 1786. godine otkrila je novi komet, nešto što se među astronomima smatra svetim gralom. Pismo koje je o svom otkriću poslala Kraljevskom astronomskom društvu godinu dana kasnije objavljeno je u časopisu Filozofske transakcije (engl. *Philosophical Transactions*), tada najutjecajnijem časopisu Londonskog kraljevskog društva (engl. *Royal Society of London*). Caroline je tako postala prva žena u Engleskoj čiji je znanstveni rad objavljen pod njezinim vlastitim imenom.

Polako, ali sigurno, izgradila je reputaciju i učvrstila svoje mjesto znanstvenice. Kralj George III. 1787. godine dodijelio joj je doživotnu poziciju u Kraljevskom opservatoriju u Greenwichu s godišnjom plaćom u iznosu od 50 funti. Caroline Herschel time je postala prva astronomkinja u Engleskoj koja za svoj rad prima plaću. Smatra se da je mnoga otkrića koja se vežu za ime njezina brata zapravo otkrila Caroline, a gore navedena postignuća samo su jedna od brojnih koje je ostvarila tijekom svog dugog života.



Slika 3 – Caroline Herschel; prva prepoznata astronomkinja⁴

Ada Lovelace (1815.–1852.) – proročica računalnog doba

Ada Lovelace rođena je u disfunkcionalnoj londonskoj obitelji, a kada je imala četiri godine majka ju je dala u bakinu skrb s ciljem sprječavanja svakog kontakta između nje i oca. Njezina majka, Anne Isabella Milbanke, imala je (za ženu) zavidno obrazovanje koje je htjela prenijeti na kćer, prvenstveno u područjima matematike i logike.

Adin život u potpunosti se promijenio kada je 1834. godine upoznala Škotkinju Mary Somerville, jednu od najvažnijih znanstvenica devetnaestog stoljeća, koja joj je uskoro postala vrlo dobra prijateljica i uzor.

Mary ju je upoznala s engleskim matematičarom Charlesom Babbageom, izumiteljem prvog mehaničkog stroja za računanje. Adin intelekt oduševio je Charlesa – bila je jedna od rijetkih osoba koje su odmah shvatile način na koji njegov mehanički stroj radi. Vrlo su brzo započeli suradnju i Charlesov rad usmjeren prema izumu odnosno usavršavanju stroja za računanje pretvorio se u njihov zajednički projekt. Ada Lovelace prozvao je „čarobnicom brojeva“.

Babbage je smatrao da korisnost takve vrste stroja leži isključivo u numeričkom računanju, dok je Ada smatrala da takav analitički stroj može puno više od pukog računanja – može raditi sa slovima, notama i slikama. Bila je mišljenja da će analitički stroj moći procesuirati bilo kakvu vrstu informacija i riješiti bilo kakav nametnuti program, dok se god algoritmi prevode u matematičko znakovlje. Prepoznala je i ograničenja takvog stroja: nikada neće moći „misliti“ i moći će raditi samo ono što ljudi od njega zahtijevaju. Stotinu godina prije nego je njemački inženjer Konrad Zuse izradio prvo računalo, Ada Lovelace je tom vizijom predvidjela koncept današnjeg računarstva.

Ideje Ade Lovelace bile su vizionarske – tek danas nam je jasno koliko, a njezin dizajn automatskog računanja Bernoullijevih brojeva smatra se prvim računalnim programom u povijesti. Njezin rad bio je zaboravljen nedugo nakon što je prerano preminula 1852. godine. Ponovno objavljivanje bilješki Ade Lovelace 1953. godine pokrenulo je val redefiniranja uloge koju je imala u razvoju modernog računarstva i zacementiralo njezino mjesto među najvećim umovima istog.

Važan programski jezik ADA razvijen je 1970-ih godina i nazvan upravo u njezinu čast. **Nema nikakve sumnje da je Ada Lovelace bila žena ispred svog vremena, a možemo samo nagađati gdje bi računarstvo bilo danas da je duže poživila i imala priliku nastaviti svoj rad.**



Slika 4 – Ada Lovelace; izumiteljica računalnih algoritama⁵

Marie Curie (1867.–1934.) – pionirka nuklearne fizike

Marie Curie rođena je u Varšavi pod imenom Maria Salomea Skłodowska 1867. godine. U dogovoru sa sestrom Bronjom, Maria je ostala raditi kako bi joj pružila financijsku pomoć da završi studij medicine u Francuskoj, a Bronya je kada završi studij na isti način njoj trebala omogućiti obrazovanje. Ipak, čak i kada je Bronya završila svoje studije, okolnosti to nisu dozvoljavale.

Maria je s 24 godine konačno otišla u Francusku, gdje se susrela s mnogim teškoćama: tadašnje obrazovanje koje je stekla u Poljskoj nije joj omogućilo da shvati osnove fizike koju je pohađala na sveučilištu, francuski joj je bio izrazito težak za naučiti, a uvjeti u kojima je živjela bili su vrlo loši i morala je dodatno raditi kako bi financijski opstala.

Želja za obrazovanjem bila je jača od nedaća koje su je pratile. Njezina volja i robusnost su se isplatile, dobila je stipendiju koja joj je omogućila da uz studij fizike pohađa matematiku te je 1893. godine diplomirala s najvišom ocjenom iz fizike. Zahvaljujući svom izvanrednom uspjehu na studijima, dodijeljeno joj je plaćeno istraživanje čija je tema bila proučavanje magnetskih svojstava različitih vrsta čelika. Svog budućeg muža upoznala je

u potrazi za laboratorijem, no nažalost, Pierre Curie joj niti uz najbolje namjere nije uspio osigurati laboratorij za rad. Dodijeljena joj je mala soba u Gradskoj školi industrijske fizike i kemije u Parizu.

Marie je bila veliki domoljub, zbog čega je svoj rad željela nastaviti u Poljskoj. Njezini snovi su bili izbrisani kada je po povratku u svoj rodni kraj shvatila da, kao žena, ondje ne može raditi u znanosti. Curie ju je uvjerio da upiše doktorat na Sveučilištu u Parizu, gdje je svoje doktorsko istraživanje provodila kao Becquerelov doktorand istražujući radijaciju. Danas se vjeruje da Becquerel nije shvaćao koliko je njegovo otkriće radijacije važno, s obzirom na to da je svoje rezultate povjerio ženi i dozvolio joj da dalje proučava tu temu.

Marie Curie bila je jedina koja je ispitivala spojeve koji sadrže uranij iz prirodnih izvora - znanstvenici su u to vrijeme bili fokusirani na umjetnu radijaciju. Tada već njezin muž, Pierre Curie, uz pomoć svog brata razvio je piezoelektrični elektrometar koji je mogao vrlo precizno mjeriti promjene u električnoj vodljivosti zraka uzrokovane radijacijom. Taj uređaj bio je od neprocjenjive važnosti za njezino istraživanje. 1903. godine Marie je uspješno obranila svoju doktorsku tezu o radioaktivnim materijalima.

U studenome iste godine, bračni par Curie nagrađen je Nobelovom nagradom za fiziku zahvaljujući radu na Becquerelovoj radijaciji. Valja spomenuti da je jedini razlog zbog kojeg je i Marie Curie nagrađena borba njezina supruga koji je bio dio Odbora za Nobelovu nagradu. Ostatak Odbora ju nije htio uključiti na listu potencijalnih dobitnika, a kako bi to postigli planirali su isključiti otkriće radija i polonija iz objašnjenja razloga za dodjelu nagrade.

Marie Curie bila je osoba koja je kada je bilo najteže, cijelo svoje biće posvećivala radu i znanosti. Nakon Pierrove smrti, ponuđeno joj je da zauzme njegovo mjesto te je 1906. godine postala prva žena zaposlena kao profesorica na francuskim sveučilištima.

U narednim godinama došla je do mnogih otkrića: uspjela je izolirati čisti radij i time pobila tvrdnje Lorda Kelvina da radij nije element već komponenta sastavljena od žive i pet atoma helija, objavila je udžbenik pod nazivom *Tretman*

za radioaktivnost i definirala količinu zračenja 1 g Ra226 kao interni standard za emisije tog elementa. Iako znanstvena zajednica nije ostala ravnodušna na njezine uspjehe, nije prihvaćala da žena može raditi kao profesorica na sveučilištu i postizati tako izvanredne stvari u znanosti. 1910. godine otvorilo se člansko mjesto u francuskoj Akademiji znanosti (fr. *Académie des Sciences*). Mnogi nisu željeli da Marie zauzme to mjesto te tako dobije visoko priznanje i status koji nitko ne bi mogao pobiti.

Počele su brojne kampanje čiji je cilj bio ocrniti obraz Marie Curie i umanjiti važnost njezinih otkrića, a sve kako bi se spriječilo njezino članstvo. Tek je nekolicina ljudi zauzela Marienu stranu, a jedan od njih bio je svima poznati Albert Einstein, koji joj je u pismu rekao⁶: „No, razbjesnio me način na koji se javnost trenutno usuđuje baviti vama (...) Prisiljen sam vam reći koliko se divim vašem intelektu, vašem porivu i vašoj iskrenosti te da se smatram sretnim da smo se osobno upoznali u Bruxsellesu (...) Ako se rulja nastavi baviti vama, onda jednostavno nemojte čitati te splećine, već ih ostavite reptilu za kojeg su i napisane.”

Francuska matematičarka i fizičarka Yvonne Choquet-Bruhat 1979. godine postala je prva žena primljena kao punopravni član francuske Akademije znanosti.

10. prosinca 1911. Marie Curie je, nauštrb svemu nagrađena Nobelovom nagradom za kemiju zahvaljujući otkriću radija i polonija. Dodjeli je prisustvovala osobno, makar joj je savjetovano od strane samog Odbora da ne dolazi. Nastavila je svoj rad na Institutu za radij u Francuskoj (danas Institut Curie) te ga učinila vrhunskim centrom za radiološka istraživanja koji je do dan danas prepoznat i izrazito cijenjen u cijelom svijetu. U periodu od 1919. do 1934. godine znanstvenici Instituta objavili su 483 rada. Marie Curie bila je njegovo samo srce, bez kojeg Institut ne bi bio niti sjena onoga što je postao.

Marie Skłodowska Curie preminula je 4. srpnja 1934. godine od leukemije. **Ova nevjerovatna žena s intelektom koji nije ostavljao mjesta raspravi, živjela je za znanost i uspjela u vremenu kada je svijet doslovce bio protiv nje.** Izgledno je najpoznatija znanstvenica na svijetu, inspirirala je desetke generacija, a bez dvojbe će inspirirati stotine novih.



Slika 5 – Marie Skłodowska Curie; prava začetnica nuklearne fizike⁷

Lise Meitner (1878.–1968.) – žena koja je otkrila nuklearnu fisiju

Lise Meitner od malenih je nogu bila fascinirana prirodnim fenomenima, a sa samo osam godina spavala je s udžbenikom iz matematike ispod jastuka. Njezin san o visokom obrazovanju postao je moguć tek 1897. godine kada je Beč, rodni grad Lise Meitner dopustio ženama da nakon osnovne škole pohađaju visoko obrazovanje. U veljači 1906. godine obranila je doktorat na temu *Provođenje topline u nehomogenim tijelima* na Sveučilištu u Beču, nakon čega ju je jedan od mentora, austrijski fizičar Franz Exner upoznao s temom radijacije u fizici.

Fizika i radijacija su je fascinirale. Svoj eksperimentalni rad započela je na Institutu za teorijsku fiziku u Beču gdje je došla do otkrića koje je 1906. i 1907. godine bilo objavljeno pod njezinim vlastitim imenom u jednom od tada vodećih časopisa za fiziku, *Physikalische Zeitschrift*. Puštala je paralelne alfa zrake da se sudare s folijama različitih metala i otkrila da je kod folija metala veće atomske mase, veće raspršenje. Upravo je njezin rad inspirirao svima poznatog Ernesta Rutherforda da provodi svoje eksperimente koji su doveli do modela atoma s jezgrom i elektronima u orbitalama. To otkriće potaklo ju je da dođe na Sveučilište Friedricha Wil-

helma u Beču 1907. godine, prestižan centar za teorijsku fiziku gdje ženama ulaz nije bio dozvoljen. Ipak, njezin rad i intelekt pridobio je mnoge, čak i oca kvantne fizike, Maxa Plancka. Max Planck vrlo se žestoko borio protiv puštanja žena u bilo koje polje znanosti, no zbog postignuća Lise Meitner nije imao izbora nego joj dozvoliti da sluša njegova predavanja. Kasnije ju čak pozvao i u svoj dom.

Lise Meitner svoj je rad usmjerila prema radioaktivnosti kada je upoznala njemačkog kemičara Otta Hahna, koji je provodio eksperimente upravo na tu temu. Postala je njegova asistentica, a njihovo poznanstvo, kasnije se ispostavilo, bila je velika sreća za samu znanost. Radili su na Fizičko-tehničkom institutu Sveučilišta u Berlinu. Savršeno su nadopunjavali jedno drugoga, Hahn se bavio otkrićem novih elemenata i izotopa, dok je Lise objašnjavala opažene fenomene načelima fizike, nešto što Hahnu nikako nije išlo. Jednom prilikom, kada je Otto sam pokušao osmisлити teoriju koja bi objasnila jedno od njegovih eksperimentalnih opažanja, Meitner je anegdotalno izjavila: "Hähnen, pusti mene, ne znaš ništa o fizici".

Usprkos brojnim otkrićima do kojih su zajedno došli, a koja ne bi bila moguća bez Lise, na Institutu je bila žestoko osuđivana i podcjenjivana. Do 1908. godine u svoj laboratorij je mogla ulaziti isključivo kroz podrum koristeći bočni ulični ulaz jer joj nije bilo dopušteno da se približi niti jednoj drugoj prostoriji. Čak i nakon 1908. godine, kada je ženama postalo dopušteno da slobodno hodaju sveučilišnim prostorima, mnogi kolege su u prolazu pozdravljali isključivo Hahna, u potpunosti ignorirajući njezinu prisutnost. Otto Hahn je postao profesor, dok je Lise Meitner radila bez plaće i službenog zvanja. Tek 1914. godine, Max Planck našao joj je plaćenu gostujuću poziciju na njegovom Institutu za teorijsku fiziku (Sveučilište Friedricha Wilhelma, danas Sveučilište u Berlinu) kako se nakon smrti njezina oca zbog financijske situacije ne bi iz Berlina morala vratiti u Beč. Nedugo nakon toga, plaća joj se poduprla u svrhu sprječavanja njezina odlaska na poziciju predavačice u Pragu. 1926. postala je prva žena u Njemačkoj zaposlena kao docentica. Predavala je eksperimentalnu nuklearnu fiziku na Sveučilištu u Berlinu.

Prijetnja Drugog svjetskog rata počela je bjesnjeti, a društvo je postajalo sve više neprijateljski nastrojeno prema Židovima. Život Lise Meitner bio je u opasnosti i 12. srpnja 1938. godine prebjegla je u Nizozemsku. Usprkos velikom riziku, inzistirala je da ostane u kontaktu s Hahnom i njegovim su-

radnikom, njemačkim kemičarom Fritzom Straßmannom, koji su u Berlinu istraživanja intenzivno nastavili. Tijekom svojih eksperimenata primijetili su da se navodni izotopi radija kemijski ponašaju kao barij, zbog čega je Otto Hahn u pismu tražio Meitnerin uvid: „Možda možete predložiti neko fantastično objašnjenje. Sami znamo da se uranij ne može raspasti i dati Ba (...) Je li moguće da se uranij 239 raspadne na Ba i Ma? Naravno, jako me zanima vaše mišljenje. Možda biste mogli nešto izračunati i objaviti rezultate.“ U navedenom odlomku Hahnovog pisma pod Ba se misli na kemijski element barij, a pod Ma na tehnecij koji se tada još nazivao mazurij.

Lise Meitner i njezin nećak, također fizičar, Otto Frisch u narednim danima razvili su teorijski model nuklearne fisije. Meitner je došla do zaključka da se atomska jezgra može podijeliti, što prema Einsteinovoj slavnoj formuli $E=mc^2$ dovodi do deficita mase koji se ispušta u obliku energije. Taj deficit je u eksperimentima koji su proveli Meitner i Frisch iznosio točno 200 eV. Ne samo da je navedeno predstavljalo prvi eksperimentalni dokaz najslavnije jednadžbe na svijetu, nego i službeno otkriće nuklearne fisije, za koju je Lise tada predložila ime „atomska fisija“.

Nažalost, Hahn i Straßmann nisu je mogli navesti kao koautoricu rada⁹ zbog njezine židovske pozadine. Kada su objavili dokaze nuklearne fisije, rad je nosio samo njihovo ime. Nekoliko tjedana kasnije, Meitner i Frisch objavili su svoj rad⁹ u kojem objašnjavaju teorijsku pozadinu iza nuklearne fisije. Nakon Drugog svjetskog rata, Hahn je napravio veliki preokret tvrdeći da nije trebao uvide Lise Meitner i njezinu suradnju kako bi svojim eksperimentima objasnio nuklearnu fisiju, iako ju je 1938. godine pokušao uključiti kao autoricu rada. 1944. godine osvojio je Nobelovu nagradu za otkriće nuklearne fisije, koja ne samo da nije uključivala Meitner, nego nije uključivala niti Frischa i Straßmanna.

Lise Meitner nedvojbeno je imala integralnu ulogu u otkriću nuklearne fisije, koje tada bez njezinih znanja i objašnjenja te teorijskih računa sigurno ne bi bilo moguće. Kao netko tko je iz prve ruke osjetio destruktivne posljedice rata, mrzila je činjenicu da se njezina otkrića dijelom koriste u razvoju atomske bombe.¹⁰ 1942. godine pozvana je da radi na američkom *Projektu Manhattan*, što je bez razmišljanja odbila uz rečenicu: *Ne želim imati veze s bombom!*¹⁰ **Nominirana je za Nobelovu nagradu ukupno 48 puta i iako je**

niti jednom nije osvojila, ne postoji zrno sumnje da je upravo ona utabanala put korištenju nuklearne energije i time zauvijek promijenila svijet te istu tu nagradu zaslužila.



Slika 6 – Lise Meitner; žena koja je omogućila otkriće nuklearne fisije¹¹

Emmy Noether (1882.–1935.) – najvažniji matematički um svih vremena

Emmy Noether rođena je u njemačkoj pokrajini Frankoniji 1882. godine. Djelovala je u doba ponovnog ispisivanja zakona fizike – uranjanjem u svijet kvantne fizike postajalo je jasno da se Newtonovi zakoni ne mogu primijeniti na mikroskopskim skalama. Paralelno, promjene su se događale i u matematici, a Noetherin um igrao je važnu ulogu u obje grane znanosti. **Njezina razmišljanja i uvidi su besprimjerno genijalni te su doveli do inovacija koje su oblikovale kvantnu teorijsku fiziku i matematiku u znanosti kakve danas poznajemo.**

Njezin otac, Max Noether, bio je poznati matematičar koji je radio kao profesor na Sveučilištu u Erlangenu, gdje joj je bilo dopušteno da sluša predavanja kao gost. U to vrijeme, žene su do diploma mogle doći samo uz nezanemarive osobne i financijske žrtve, a čak i kada su uspjele ostvariti stupnjeve visokog obrazovanja bilo je jednostavno nezamislivo da se zaposle na plaćenim pozicijama na znanstvenim institutima. 1907. godine Emmy je u Erlangenu doktorirala s najvišom ocjenom, ali bez obzira na to nije imala izbora nego raditi kao asistent svom ocu na Institutu za matematiku u Erlangenu. Postala je dio tada tipičnog paradoksa – u svijetu prepoznata kao inovativni matematički genije, a na Institutu su joj nevoljko dopuštali besplatni rad. 1908. godine ponuđeno joj je mjesto članice talijanskog Matematičkog kruga Palermo

(tal. *Circolo Matematico di Palermo*), a 1909. godine prestižno Njemačko matematičko društvo primilo ju je kao članicu i postala je prva žena koja je držala predavanje na njihovoj godišnjoj konferenciji.

Emmy Noether ostvarila se kao stručnjak u teoriji invarijanti, zbog čega su je tada najveći matematički umovi, njemački znanstvenici David Hilbert i Felix Klein, 1915. godine pozvali da im se pridruži u Göttingenu, prestižnom centru za matematička istraživanja. Tadašnja Pruska zabranila je ženama pristup sveučilištima, međutim gotovo svi bitni matematičari željeli su da se, iako bez plaće, Emmy ondje zaposli. To nije značilo da su se istovremeno slagali s idejom da žena treba imati pristup obrazovanju i sveučilištu općenito, vidljivo u riječima njemačkog matematičara Edmunda Landaua¹²: „Bilo bi nam puno lakše da je to muškarac s istim radom, predavačkim vještinama i težnjama. Volio bih kada bi se ovo proširenje našeg nastavnog programa moglo dogoditi bez habilitacije dame. (...) Do sada sam imao najgora iskustva sa ženskim studentima što se tiče postignuća i smatram da je ženski mozak neprikladan za matematičku produkciju: Gospođicu N. smatram jednom od rijetkih iznimaka.”

Nauštrb svim preprekama, reputacija Emmy Noether eksponencijalno je rasla. Pronašla je vezu između zakona simetrije i zakona očuvanja, danas poznatu pod kolektivnim nazivom *Noetherini teoremi*. Njezini teoremi rasvijetlili su sljedeće fenomene: činjenica da se jednadžbe fizike primjenjuju neovisno o vremenskim pomacima izravno je povezana s zakonom očuvanja energije; činjenica da se jednadžbe fizike primjenjuju neovisno o prostornim pomacima izravno je povezana s zakonom očuvanja količine gibanja; činjenica da se jednadžbe fizike primjenjuju neovisno o orijentaciji sustava u prostoru izravno je povezana s zakonom očuvanja kutne količine gibanja; a činjenica da se jednadžbe fizike primjenjuju neovisno o fazi električki nabijene čestice izravno je povezana s zakonom očuvanja električnog naboja. Kao žena, predavanja o vlastitim saznanjima nije mogla održavati pa ih je umjesto nje držao Felix Klein.

Brzina i način na koji je Emmy Noether odgovorila na razna pitanja iz fizike te omogućila konačan trijumf teorije relativnosti doista je nevjerojatna. Uz znanstvenu zajednicu općenito, oduševila

je i Alberta Einsteina koji je jednom prilikom rekao¹³: „Jučer sam primio vrlo zanimljiv rad gospođice Noether o invarijantama. Impresioniran sam činjenicom da se tako nešto može razumjeti iz tako općenitog stajališta. Staroj gardi u Göttingenu ne bi bilo na odmet da su izvukli neke pouke iz škole gospođice Noether!”

Tad se njezino otkriće da za svaku simetriju u prirodi mora postojati točno određena očuvana varijabla koja je s njom povezana nije činilo važnim. Ipak, desetljećima nakon njezine smrti postalo je jasno da bez toga današnji model elementarnih čestica ne bi postojao, a objašnjenje postojanja najvažnijih čestica kvantne fizike, bozona i fermiona, ne bi bilo moguće. **Teorijski fizičar i dobitnik Nobelove nagrade 2004. godine, Frank Wilczek sabrao je važnost Noetherinog teorema u jednu rečenicu¹⁴: „Ovaj teorem je zvijezda vodilja fizike 20. i 21. stoljeća.”** Veza koju je Emmy Noether pronašla između simetrija u osnovnim matematičkim jednadžbama fizike i očuvanih varijabli u prirodi vjerojatno je najljepši i najuzvišeniji princip fizike, jer pruža sveobuhvatan prikaz načina na koji svijet funkcionira.



Slika 7 – Emmy Noether; majka moderne matematike¹⁵

Rosalind Franklin (1920.–1958.) – žena koja je zaslužila Nobelovu nagradu

Rosalind Franklin zauzima glavnu ulogu u jednoj od najskandaloznijih rasprava oko Nobelove nagrade u povijesti. Watson i Crick dva su glavna imena koja se povezuju s otkrićem molekularne strukture deoksiribonukleinske kiseline (DNK), za koju su s Mauricem Wilkinsom dobili ovu najprestižniju nagradu u znanosti za navedeno otkriće.

Rođena u jednoj od najbogatijih obitelji u Engleskoj, Rosalind Franklin imala je pristup najboljem mogućem obrazovanju. Pohađala je jednu od rijetkih škola za djevojke u kojoj se predavala fizika i kemija te je s 15 godina odlučila da želi biti znanstvenica, da se nikada neće udati i imati djecu – nešto što njezini roditelji nisu podržavali. Rosalind to nije previše zabrinjavalo, a tijekom svog galopa prema cilju postala je stručnjak u svakoj temi koje se dotakla.

Prva istraživanja provodila je na Britanskom udruženju istraživanja upotrebe ugljena (engl. *British Coal Utilisation Research Association*), gdje je postala stručnjak za svojstva ugljena i između ostalog, poboljšala učinkovitost plinskih maski koje su se koristile tijekom Drugog svjetskog rata. 1945. godine doktorirala je na Cambridgeu, nakon čega je 1947. godine počela raditi u Nacionalnom centru za znanstvena istraživanja (fr. *Centre national de la recherche scientifique*) u Parizu gdje se bavila rendgenskom kristalografijom. Postala je stručnjak za rendgensku strukturnu analizu kristaliziranih makromolekula. Kada se 1951. godine vratila u Englesku, engleski fizičar John Randall, vođa odjela za biofiziku na Kraljevom fakultetu u Londonu (engl. *King's College London, KCL*) ponudio joj je trogodišnju istraživačku stipendiju za proučavanje difrakcije rendgenskih zraka na proteinima i lipidima.

Znanstvenici su desetljećima pokušavali identificirati genetički materijal živih bića i otkriti što je zapravo gen. Iako se pretpostavljalo da je DNK supstanca koja nosi gene, isto nije bilo dokazano jer se 1950-ih vrlo malo znalo o toj molekuli i njezinoj strukturi. 1950. godine, švedski kemičar Rudolf Singer prvi je uspio ekstrahirati čistu DNK. Uzorke je poslao mnogim znanstvenicima, među kojima je bio Maurice Wilkins. Rosalind je stigla na KCL kada i spomenuti uzorci, što je oduševilo Johna Randalla koji je odlučio da će ona ipak raditi na strukturnoj analizi DNK molekule rendgenskim zrakama, znajući da će uspjeti generirati najbolje moguće slike. Wilkins je očekivao je da će Fran-

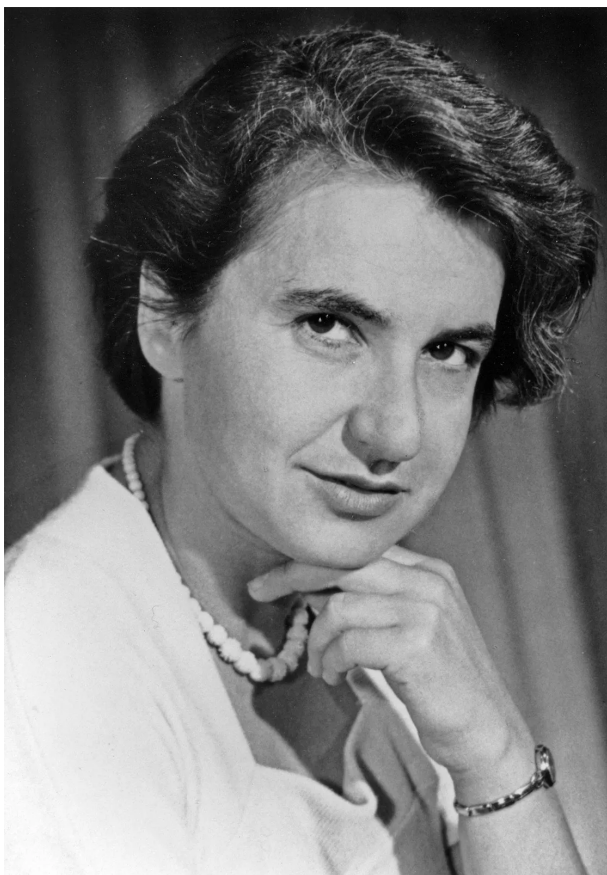
klin doći na mjesto njegove asistentice, a kada je Randall dodijelio doktoranda Raymonda Goslinga kao asistenta Franklin, Maurice je bio bijesan. Maurice Wilkins to nikada nije prestao zamjerati zbog čega Rosalind i on nisu uspjeli ostvariti niti prividno kolegijalan i pristojan odnos.

Rosalind je dizajnirala komoru u kojoj može kontrolirati vlažnost i s tim eksperimentalnim postavkama uspjela dobiti tada najbolje moguće slike strukture DNK molekule. Iako su se dobivene slike na prvu činile zavaravajuće jer je DNK izgledala kao dvostruka zavojnica, Franklin je vjerovala svojim otkrićima i predstavila ih tijekom predavanja u Londonu u studenom 1952. godine. Članovi publike bili su upravo James Watson i Francis Crick, znanstvenici koji su dugo pokušavali dekodirati strukturu te važne molekule. Do tada, molekulu DNK opisivali su kao polimer oblika trostruke zavojnice, a nedugo nakon predavanja pozvali su Franklin da dođe pogledati njihove teorije. Uvidjevši da nisu dovoljno dobro upoznati s njezinim radom, Franklin je uvrijeđeno odbila daljnju suradnju s njima.

Linus Pauling također je radio na dekodiranju strukture DNK i njezine uloge u genetičkom istraživanju te je u prvom tromjesečju 1953. godine planirao objaviti rad u kojem opisuje DNK kao polimer oblika dvostruke zavojnice. Svjesni Paulingove genijalnosti, Watson i Crick nisu htjeli dopustiti da on u povijest uđe kao prva osoba koja je dešifrirala strukturu molekule DNK. S ciljem da uvjeri Franklin na suradnju s njima, Watson je doputovao na KCL. Franklin je suradnju ponovno odbila, ali Watson nije otišao praznih ruku, već s asom u rukavu – moralno upitnim udruženjem s Mauricem Wilkinsom. Wilkins je u tom udruženju vidio priliku da se osveti Franklin, bez ičijeg odobrenja uzeo je spise iz njezina laboratorija i predao ih Watsonu. Tandem je zahvaljujući prikupljenim informacijama u roku od pet tjedana razvio model strukture DNK koji ih je proslavio.

Rosalind je svoj rad 1953. godine nastavila na Birkbecku (Sveučilište u Londonu), proučavajući ribonukleinsku kiselinu (RNK) i polioviruse odgovorne za dječju paralizu. Nažalost, vrlo brzo je preminula od raka jajnika, 16. travnja 1958. godine. Jedan od njezinih kolega, britanski biofizičar i kemičar Aaron Klug, dobio je Nobelovu nagradu za kemiju 1982. godine. U svom govoru se s velikom zahvalnošću prisjetio Rosalind Franklin i utjecaja koji su njezin rad i prijateljstvo imali na njegov život i daljnja istraživanja.¹⁶

Više ne postoji zrno sumnje da je Franklin imala nezamjenjivu ulogu u otkriću strukture DNA i da je Wilkinsova krađa još neobjavljenih istraživačkih rezultata grubo prekršila pravila dobre znanstvene prakse. Bila je izvanredna znanstvenica, timski igrač i svjetski prepoznat stručnjak u svim područjima kojih se dotakla. U njezinom arsenalu osobina nije bilo mjesta osvetoljubivosti, rado je priznala Watsonov i Crickov model strukture DNK kao njihovo postignuće, a nekoliko godina prije smrti se sprijateljila s Franci- som Crickom i njegovom ženom. S druge strane, James Watson je ranih 2000-tih godina zauzeo centar pozornosti iz vrlo negativnih razloga, a nje- gove rasističke i antifeminističke izjave rezultirale su opozivom nemalog broja njegovih počasnih di- ploma.



Slika 8 – Rosalind Franklin; virtuozna rendgenske kristalografije iza otkrića strukture DNK¹⁷

Jane Goodall (1934.–) – prva dama primatologije

Život Jane Goodall vrlo je zanimljiva pripovi- jest, koja je inspirirala mnoge filmove, knjige i do- kumentarne emisije. Svi kao dijete imaju svoj san, viziju onoga što žele biti kada odrastu, a ta vizija uvijek ima uporište u nečemu. Uporište su za Jane Goodall bili plišani majmunčić Jubile, priča o dok- toru Dolittleu i knjiga o dječaku koji je odrastao među gorilama, Tarzanu. Iako je rođena u Lon- donu, sanjala je da će se kada odraste odseliti u Afriku, živjeti s divljim životinjama i o njima pisa- ti knjige. Nakon srednjoškolskog obrazovanja taj san činio se daleko izvan njezina dohvata jer zbog financijske situacije nije mogla nastaviti školova- nje.

Zrno sreće dovelo je do spleta okolnosti koji su Goodall omogućili da krene putem kojim je oduvi- jek željela ići – u Afriku. S prijateljicom je 1957. godi- ne otišla u tadašnju britansku koloniju Kenyu, gdje je odlučila ostati i zaposlila se kao tajnica u Nairo- biju. Uskoro je upoznala arheologa i paleontologa Louisa Leakeyja, koji je već neko vrijeme htio pro- učavati primata u njihovom prirodnom okruženju kako bi stekao uvid u ponašanje praljudi. Leakey je od 1946. godine bio u potrazi za obrazovanim pri- matologom koji bi bio voljan samostalno provesti višegodišnje istraživanje u divljini, među velikim čovjekolikim majmunima. Entuzijazam, intelligen- cija, volja i predznanje Jane Goodall uvjerali su ga da usprkos otporu stručnjaka i njezinom manjku obrazovanja, to istraživanje povjeri upravo njoj. Tako je postala jedna od tri “Leakeyjeva anđela”, uz Amerikanku Dian Fossey koja je u Ruandi pro- učavala gorile i Kanađanku Birutė Galdikas koja je u Borneu proučavala orangutane.

1926. godine Jane Goodall otišla je u šume re- zervata Combo u današnjoj Tanzaniji i ondje pro- vela gotovo tri desetljeća proučavajući čimpanze u njihovom prirodnom okruženju. Nakon dvije godine svakodnevnog promatranja, čimpanze su je prihvatile i došla je do sljedećih, tada izrazito fascinantnih zaključaka: ovi primati dovoljno su inteligentni da sami izrađuju i upotrebljavaju ala- te, nisu vegetarijanci i imaju organizirane grupe za lov. Svaka čimpanza ima jedinstvenu osobnost, a sposobne su za ono što se do tada smatralo is- ključivo ljudskim emocijama i osobinama: strah, suosjećanje, mržnju, tugu, radost, ljubav, briž- nost, agresiju, ljubomoru, osvetoljubivost... Jane Goodall dokazala je da su ljudi i životinje mnogo sličniji nego što je bio konsenzus, prije nego što je

otkriveno da s čimpanzama dijelimo 98,5 % genetičkog materijala. 1965. na Cambridgeu obranila je doktorat u području biheviorizma, naslova *Ponašanje slobodnoživućih čimpanzi* (engl. *Behaviour of the Free-Ranging Chimpanzee*).

Krčenje šuma zbog ekonomskog interesa opasno se približilo rezervatu Gombo, zbog čega se Jane intenzivno posvetila borbi za očuvanje prirodnih staništa čimpanzi i njihovu općenitu dobrobit. 1986. godine sudjelovala je na međunarodnoj konferenciji u Chicagu, gdje su se skupili brojni znanstvenici i istraživači svijeta kako bi podijelili svoja iskustva i otkrića proizašla iz rada s velikim čovjekolikim majmunima. Jane je bila zaprepastena i u potpunosti zgrožena brutalnim načinima na koje se ljudi odnose prema svojim najbližim rođacima.

Šokantna saznanja do kojih je došla na konferenciji preusmjerila su njezin život. Obustavila je svoj direktan rad s čimpanzama i počela putovati po svijetu, držati predavanja, skupljati sredstva i otvarati razne institucije s ciljem zaštite čimpanzi. Samo neke od njih su: međunarodni istraživački program *ChimpanZoo* (1984), Centar za rehabilitaciju čimpanzi Tchimpounga u Republici Kongo (1992), pilot projekt *Reforestacija i obrazovanje o slivu jezera Tanganyika* (1994) te organizacija *Etolozji za etičko postupanje prema životinjama* (2000).

Jane Goodall od 1986. godine nije si dozvolila sekundu odmora i svaki budan trenutak posvetila je borbi za dobrobit velikih čovjekolikih majmuna. Ova nevjerojatna žena, vođena čistom snagom volje i ljubavi prema životinjama je i s više od 80 godina nastavila neumorno putovati svijetom da široj javnosti približi svoje ciljeve i nastavi skupljati financijska sredstva za mnoge projekte i institucije koje je pokrenula. U jednom od intervjua osvrnula se na konferenciju koja je naglo promijenila njezin životni put: „ (...) od tog dana nisam provela više od tri tjedna na jednom mjestu, osim jednom kada sam poderala ligamente na oba gležnja i trebala sam tjedan duže da se oporavim.“¹⁸ Pandemija korona virusa bila je jedino što ju je uspjelo zaustaviti.



Slika 9 – Jane Goodall; nepokolebljiva borkinja u borbi za očuvanje okoliša i prava životinja¹⁹

Maryam Mirzakhani (1977.–2017.) – prva dobitnica Fieldsve medalje

Fieldsova medalja neslužbena je Nobelova nagrada među matematičarima – predstavlja najveću čast i priznanje koje se može dobiti u tom području znanosti. Osnovana je 1936. godine, dodjeljuje se mlađima od 40 godina, a do 2014. godine nikada ju nije dobila žena.

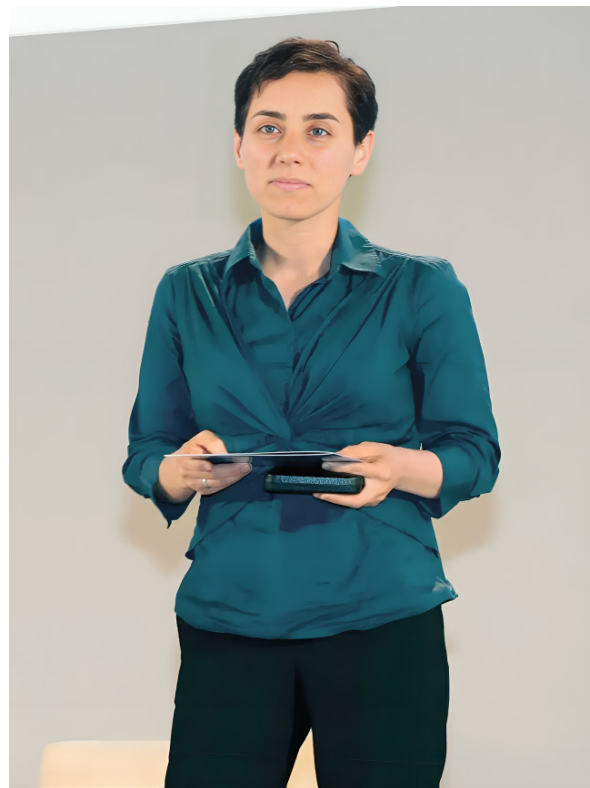
Rođena u Teheranu, imala je sreće da joj je nakon Iranske revolucije bilo dopušteno ići u školu, a njezini roditelji nikada nisu niti pomislili da joj ograniče pristup obrazovanju. Profesor Ebad Mahmoodian prepoznao je njezin potencijal i uvjerio ju da sudjeluje na Međunarodnoj matematičkoj olimpijadi gdje je 1994. i 1995. godine osvojila zlatnu medalju. Akademsko obrazovanje nastavila je na Sveučilištu Sharif, s impresivnim postignućima. Već tijekom preddiplomskog studija razvila je dokaz za Schurov teorem iz 1916. godine te dobila nagradu Američkog matematičkog društva.²⁰

Doktorski studij upisala je na Harvardu (SAD), pod mentorstvom dobitnika Fieldsve medalje Curtisa McMullena, gdje se počela baviti Riemannovim teoremom. Riemannove površine predstavljaju složene apstraktne višedimenzionalne konstrukcije koje u najjednostavnijem slučaju, imaju lokalnu strukturu kompleksne ravnine. Vrlo pojednostavljeno, navedene površine mogu se zamisliti kao objekti koji sadrže nekoliko rupa, a Mirzakhani je pokušavala izračunati koliko različitih zavojnica trake određene duljine može biti omotano oko takve površine bez da

se traka preklapa sama sa sobom. Shvatila je da problem može obrnuti pa umjesto da fiksira lik i broj zavojnica, izračunala je prosjek svih brojeva koji odgovaraju točkama u modularnom prostoru Riemannovih površina. Modularni prostor je skup točaka koji predstavlja jedan od oblika koji površina može zauzeti u tri dimenzije. Da bi izračunala ovaj prosjek, morala je izračunati veličinu, odnosno „volumen“, određenih potprostora Riemannovih površina. Mirzakhani je pronašla pametnu formulu za volumene, riješila problem i 2004. ovim radom obranila doktorat.²¹

Sa samo 31. godinom postala je profesorica na Stanfordu (Sveučilište u Kaliforniji, SAD), jedna od najvažnijih matematičara na svijetu i najbolji međunarodni stručnjak za hiperboličku geometriju, topologiju i dinamiku. Nastavila je istraživati dinamiku točkastog tijela (može se zamisliti kao biljarska kugla) koje se kreće unutar mnogokuta, a ona i njezin kolega, američki matematičar Alex Eskin, razvili su metodu koja ugrađuje prostor mnogokutnog bilijarskog stola u prostor s više dimenzija čiji se matematički dokaz prostire na čak 200 stranica.²² Njihov teorem matematičari nerijetko nazivaju “čarobnim štapićem” jer daje rješenje na do tada nerješive probleme u matematici, kao što je disperzija plinova.

Uz mnoge nagrade, priznanja i zavidne pozicije, zlatna kruna njezine karijere bio je primitak Fieldsove medalje 2014. godine, koja joj je dodijeljena za izvanredne doprinose dinamici i geometriji Riemannovih površina i njihovih modularnih prostora. Usprkos svojoj apsolutnoj genijalnosti, Maryam je bila vrlo skromna osoba koja je smatrala da su mnogi drugi umjesto nje zaslužili ovu počast. Naravno, nitko nije dijelio njezino mišljenje. **Baš kao i Emmy Noether, Maryam Mirzakhani razvila je apstraktne strukture izrazito važne za svačiju svakodnevnicu, a shvatljive samo matematičarima i uklesala svoje mjesto među najvećim umovima u povijesti matematike.**



Slika 10 – Maryam Mirzakhani; jedan od najvećih matematičkih umova 21. stoljeća²³

Literatura

1. G. C. Hansen (ed.), Sokrates Kirchengeschichte-Band I: Die griechischen christlichen Schriftsteller der ersten Jahrhunderte, Berlin: Akademie-Verlag (1995).
2. E. Hubbard, Little Journeys to the Homes of Great Teachers, The Roycrofters Vol. 22 (1908)
3. <https://www.meisterdrucke.ie/fine-art-prints/Carlo-Vandi/771741/Portrait-of-Laura-Bassi-1711-1778-%2C-Mid-of-the-18th-cen...-html> (pristup 19.2.2024.)
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Caroline_Herschel#/media/File:1829_Melchior_Gommar_Tieleman,_%C3%96lgem%C3%A4lde_Caroline_Herschel_Hannover.tif (pristup 22.2.2024.)
5. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Ada_Lovelace_portrait.jpg (pristup 22.2.2024.)
6. Albert Einstein za Marie Curie 23. studenog 1911, iz: Walter Isaacson, Einstein: Njegov život, njegov svemir, Simon & Schuster (2008).

Literatura

7. <https://www.britannica.com/biography/Marie-Curie> (pristup 2.3.2024.)
 8. Otto Hahn i Fritz Straßmann, Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle, Die Naturwissenschaften, 27 (1939), 11–15.
 9. Lise Meitner i Otto Frisch, Products of the Fission of the Uranium Nucleus, Nature, 143 (1939), 471–472.
 10. <https://www.nps.gov/people/women-of-the-manhattan-project-lise-meitner.htm> (pristup 2.3.2024.)
 11. <https://www.newscientist.com/people/lise-meitner/> (pristup 2.3.2024.)
 12. Landauovo stručno mišljenje 1.8.1915, Mathematical and Scientific Examinations Office, dokument "Prof. Noether"; dostupno na: <https://www.cordula-tollmien.de/noethertollmien1990Seite176.html>
 13. Albert Einstein, Collected Papers, 9B, n. 548., Princeton University Press (1987), pp. 774–775.
 14. Emily Conover: In Her Short Life, Mathematician Emmy Noether Changed the Face of Physics, objavljeno na www.sciencenews.org dana 12. lipnja 2018.
 15. https://en.wikipedia.org/wiki/Emmy_Noether (pristup 7.3.2024.)
 16. www.nobelprize.org/uploads/2018/06/klug-lecture.pdf (pristup 8.3.2024.)
 17. <https://www.britannica.com/biography/Rosalind-Franklin> (pristup 9.3.2024.)
 18. Intervju s Alice Winkler za podcast "What it takes" Američke akademije postignuća, 18. svibanj 2018., dostupno na: <https://learningenglish.voanews.com/a/what-it-takes-jane-goodall/4364308.html>
 19. <https://www.livescience.com/44469-jane-goodall.html> (pristup 10.3.2024.)
 20. Maryam Mirzakhani, A Simple Proof of a Theorem of Schur, The American Mathematical Monthly, 105 (1998)
 21. Miryam Mirzakhani, Simple Geodesics on Hyperbolic Surfaces and the Volume of the Moduli Space of Curves
 22. Alex Eskin i Marjam Mirzakhani, Invariant and Stationary Measures for the $SL(2, \mathbb{R})$ Action on Moduli Space, (2013) <https://arxiv.org/abs/1302.3320>
 23. <https://www.gleichstellung-im-blick.de/personlichkeit-des-monats/maryam-mirzakhani/> (pristup 11.3.2024.)
- Izvor: L. Jaeger, Women of Genius in Science: Whose Frequently Overlooked Contributions Changed the World, Springer Nature 2023

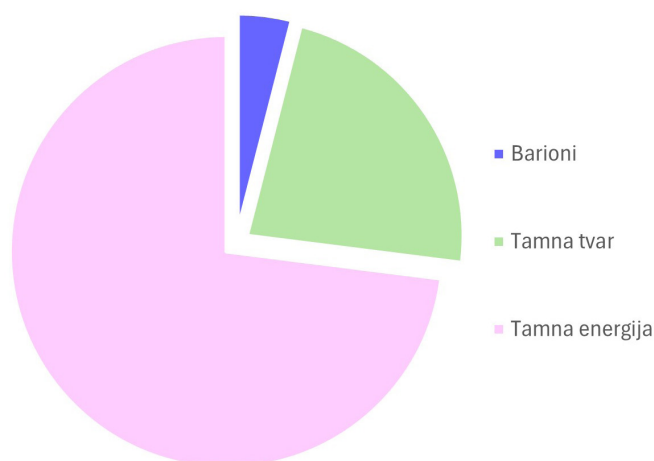
Misterij tamne tvari

Lina Šepić (FKIT)

Ljudska znatiželja o otkrivanju nastanka svijeta dovela je do istraživanja svemira. Među mnogim njegovim tajnama skriva se i misterij tamne tvari (engl. *dark matter*).

Proučavajući gibanje galaksija, znanstvenici su ranih godina 20-og stoljeća godina naišli na neuobičajena opažanja. Primijetili su da je gibanje galaksija znatno brže nego što bi trebalo biti. Još jedna anomalija u istraživanju su bile ravne rotacijske putanje unutar tih galaksija.¹ Kako bi objasnili neočekivane rezultate pretpostavili su postojanje nove sastavnice svemira, tamne tvari. Neki ju opisuju kao negativan pritisak koji djeluje na svemir, gurajući ga prema van.² Iako se mnoge teorije svemira baziraju na njezinom postojanju, još uvijek nitko nije otkrio što je ona zapravo.

Znanstvenici su u jednu stvar sigurni, a to je činjenica da tamna tvar zauzima veliki udio svemira. Ako gledamo na sveukupni svemir kao cjelinu, oko 4 % sastoji se od bariona, subatomske čestice polucijelog spina, 73 % zauzima tamna energija i čak 23 % svemira zauzima tamna tvar.³



Slika 1 – Grafikon koji prikazuje sastav svemira

Razlikujemo lokalnu i globalnu tamnu tvar. Lokalna tamna tvar nalazi se u blizini naše galaksije te je njezina količina mala. S druge strane, globalna tamna tvar okružuje lokalne galaksije i dominira prostorom svemira ispunjavajući njegove praznine.⁴

Nije otkriveno od čega se ona zapravo sastoji. Na početku je smatrano kako je tamna tvar mnoštvo crnih rupa malih dimenzija ili zvijezda, no ubrzo je to opovrgnuto.⁵ Hipoteza da je tamna tvar sastavljena od bariona odbačena je već početkom 1980-ih godina zbog nepodudaranja s dosadašnjim znanjima o svemiru.⁴ Ako bi barioni sačinjavali tamnu tvar, cijela struktura svemira bila bi kompletno drugačija nego što je sada.³ Također tamna tvar se ne sastoji od svjetlosnih čestica, što je jedan od razloga zašto je njezina detekcija komplicirana. Ona ne emitira niti reflektira dovoljnu količinu zračenja kako bi ju opazili.

Vodeća pretpostavka za sastav tamne tvari tvrdi kako je ona sastavljena od slabih interaktivnih masivnih čestica (engl. *weakly interacting massive particles*, WIMP). WIMP nisu zapravo dokazane, to su hipotetske čestice koje imaju interakciju s gravitacijom i posjeduju vrlo slabo elektromagnetsko zračenje.⁴

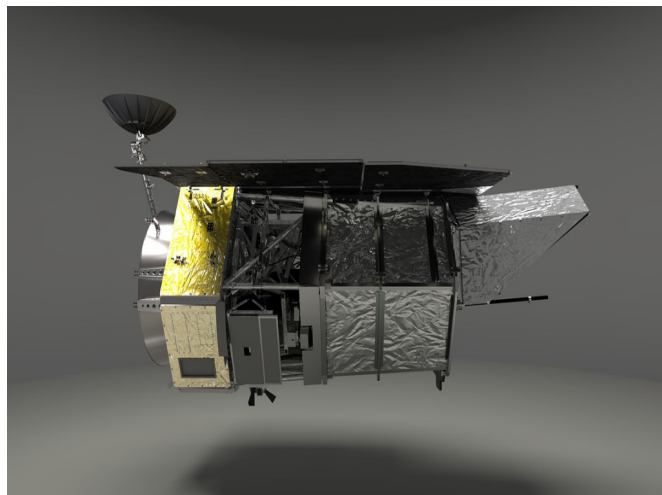
Nadovezujući se na teoriju da tamnu tvar čine WIMP, postavljena je premisa kako tamna tvar zapravo nema nikakvo elektromagnetsko zračenje.³ Ako bi imala ikakav dipolni moment, stanje svemira bi ponovno bilo kompletno različito pa se takvo promatranje odbacuje i ona se smatra neutralnom. Pretpostavlja se da tamna tvar ima svoje osobno gravitacijsko polje koje utječe na galaksije. Ima snažne gravitacijske sile što ju čini najdominantnijom gravitacijskom silom u svemiru.



Slika 2 – Slikoviti prikaz galaksije

U konačnici, znamo da tamna tvar postoji i da je zaslužna za ravnotežu u svemiru, no ne znaju se njezina svojstva niti njezin sadržaj. Njezina nedorečenost mnogima je motivacija za daljnja istraživanja. Vodeća svemirska agencija, NASA (engl. *National Aeronautics and Space Administration*), kontinuirano radi na njezinom otkrivanju. S Europskom svemirskom agencijom (ESA) rade na projektu s pomoću kojeg će izraditi 3D mapu svemira. Cilj im je promatrati kako tamna tvar utječe na sastavnice svemira kroz vrijeme. Projekt je pokrenut 2023. godine, a sadržavat će slike milijarde galaksija koje su i do 10 milijardi svjetlosnih godina udaljene od planeta Zemlje. Nadalje, 2027. godine planira se plasiranje novog teleskopa koji je specijalno dizajniran kako bi detektirao tamnu tvar. Radi se o projektu NASA-e, a teleskop će biti plasiran pod imenom značajne astronomkinje Nancy Grace Roman.⁵ Sva planirana istraživanja i

misije daju nam nadu o rješavanju velikog misterija našeg svemira.



Slika 3 – Nancy Grace Roman teleskop

Literatura

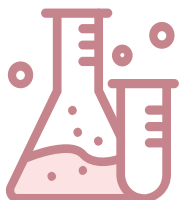
1. J. G. de Swart, G. Bertone, J. van Dongen, How dark matter came to matter, *Nature Astronomy* 1 (2017) 0059.
2. A. H. G. Peter, *Dark Matter: A Brief Review* (2012)
3. Peter, A. H. (2012). Dark matter: a brief review. arXiv preprint arXiv:1201.3942.
4. J. Einasto, Dark matter, *Baltic Astronomy*, 20 (2011) 231-240.
5. <https://www.livescience.com/64113-dark-matter-mysteries.html> (pristup 8.3.2024)

Coperni Air Swipe Bag – Revolucija u svijetu mode i tehnologije

Jurja Vukovinski (FKIT)

U svijetu mode uvijek tražimo nešto novo, nešto što će nas osvojiti i očarati svojom jedinstvenošću i inovacijom. Upravo to donosi *Coperni Air Swipe Bag* - revolucionarni komad koji spaja elegantan dizajn s naprednom tehnologijom, osvajajući srca modnih entuzijasta širom svijeta od samog trenutka svog predstavljanja na pariškom Tjednu mode.

Ova mistična torbica, s oblikom koji podsjeća na oblik oblaka, donosi novu dimenziju elegancije i luksuza. Inspirirana magičnim svijetom neba, *Coperni Air Swipe* torba nije samo modni dodatak, već i umjetničko djelo koje je prkosilo konvencijama i izazvalo divljenje svih koji su je vidjeli na reviji.



Slika 1 – Coperni Air Swipe torba

Torba je izrađena od komercijalno dostupnog aerogela, inovativnog materijala koji je moguće nabaviti putem interneta. Aerogel, poznat i kao „gel zraka”, sastoji se od sitnih kuglica silicijevog dioksida i pijeska. Proces stvaranja aerogela uključuje kombiniranje tih kuglica s otapalom kako bi se formirao gel. Zatim se taj gel može oblikovati u kalupu po želji. Ovaj jedinstveni proces rezultira materijalom koji je izuzetno lagan i prozračan, ali istovremeno i vrlo čvrst i izdržljiv.

Zbog izdržljivosti aerogela, koji može podnijeti 4.000 puta svoju težinu i odoljeti temperaturama do 2.200 stupnjeva Fahrenheita, ovaj materijal se koristio u brojnim NASA-inim misijama nakon Stardusta, kao i u stotinama komercijalnih tehnologija ovdje na Zemlji. Od izoliranja Marsovih vozila od ekstremnih hladnoća i vrućina do visokotehnoloških senzora koji mogu otkriti plinove, popis primjena gotovo je beskrajan.

Međutim, Copernijeva torba uopće nije toliko korisna. Zapravo, prilično je beskorisna. Jedva ima mjesta za držanje ključeva vašeg automobila i ruža za usne. Još jedan nedostatak je njezina visoka cijena. Iako Coperni još nije otkrio cijenu ove torbe, možete biti sigurni da će biti visoka petoroznamenkasta cifra ako je uopće stave na tržište. Prijašnji marketinški trik francuskog dizajnera, predstavljen na Tjednu mode u Parizu 2023. godine, bio je vrlo sličan dizajn napravljen od prašine meteorita i smole koji se prodavao po cijeni od 44.000 dolara. Godinu prije toga, to je bila torba napravljena od kristala, iako je ta koštala samo 2.800 dolara.



Slika 2 – Coperni kristalna torba

Literatura

1. <https://www.thecut.com/article/coperni-air-swipe-bag.html> (pristup 11.03.2024.)
2. <https://www.harpersbazaar.com/fashion/fashion-week/a60082453/coperni-air-swipe-bag-paris-fashion-week/> (pristup 11.03.2024.)

Psi grada Černobila

Ivana Holetić (FKIT)

U proljeće 1986. godine, nekoliko sati nakon eksplozije reaktora 4 u Černobilu, krenuo je evakuacijski konvoj dug 2,5 km s više od 1.200 autobusa sa stanovnicima grada Pripjata. Većina stanovnika su bili radnici nuklearne elektrane. Znanstvenici, inženjeri, administratori i njihove obitelji spakirali su samo nužne stvari jer je bilo obećano da će se vratiti u svoje domove za dan-dva, ali nitko se nije vratio. U kategoriju nebitnih stvari su, nažalost, spadale kućne životinje, kao što su psi i mačke. Nakon evakuacije, vojnici Sovjetske armije su bili poslani da ubiju sve životinje, ali je to bilo nemoguće. Njihovi potomci su danas psi koji žive tamo.



Slika 1 – Evakuacijski konvoj¹

Prvo što uočite kada vidite jednog od tih pasa, jest da oni izgledaju posve normalno, nemaju dvije glave i ne svijetle u mraku, kao što neke zablude o posljedicama radijacije govore. Psi imaju velike šape i tijelo im je prekriveno crnim, bijelim i smeđim šarama. Izgledaju mršavo, ali ne izgledaju kao jedinstvene vrste koje su ljudi ostavili 1986. godine. Nakon mnogo generacija križanja vrsta, ova skupina izoliranih pasa postala je grupa mješanaca koja većinski izgleda homogeno sa jedinstvenim genetskim kodom, uz nekoliko malih iznimaka. Istraživanjem na njima se može saznati kako su se psi adaptirali na sveprisutnu radijaciju i kontaminaciju. Činjenica, da psi izgledaju zdravo i da su toliko dugo preživjeli, nam treba ukazati na svakodnevne opasnosti kroz koje prolaze.

Radioaktivne čestice se i dalje kreću kroz ukrajinsku šumu. Dugo živuće čestice i produkti fisije upijaju se u drveća i mahovinu, kreću se kroz okoliš uz pomoć vjetrova i kiše te se akumuliraju u kostima i tijelima svih organizama u ovom jedinstvenom ekosustavu. Izvan žarućih točaka, gdje su ovi psi rođeni, pozadinska radijacija nije ništa veća od

radijacije u našim domovima te se i dalje nažalost ne zna imaju li psi isto genetsko oštećenje koje je bilo pronađeno u svakoj drugoj životinji koja je bila testirana.



Slika 2 – Psi u Černobilu²

Oni psi koji su naučili kada i gdje dobiti hranu od ljudi su više druželjubivi, dok se većina drži sa strane. Imaju jedinstveni čoporski mentalitet te su vrlo inteligentni. Zapamtili su uniforme radnika Fonda čiste budućnosti (engl. *Clean Futures Fund*, CFF) koji ih cijepi, čipiraju i steriliziraju. Toliko su dobri u pamćenju ljudi da CFF svake godine mora mijenjati boje uniformi kako bi uspjeli uloviti pse. Kada je CFF prvi puta došao u Ukrajinu pretpostavili su da je prosječni životni vijek pasa 4-5 godina. To nije povezano s ambijentalnom radijacijom koja se nalazi tamo, nego je povezano s problemima kao što su predatori, manjak hrane i vode te manjak utočišta od jakih zima. Psi imaju unutarnju radijaciju, ali nije poznato uzrokuje li ona rak i tumor kod navedene životinjske vrste.

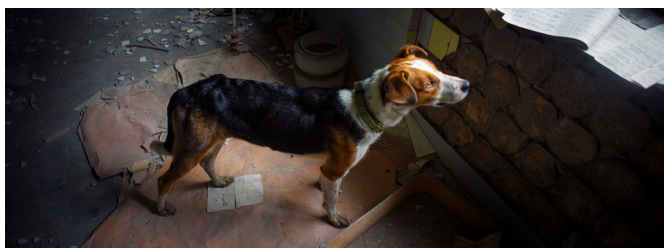


Slika 3 – Volonteri u Černobilu²

CFF je u prve 3 godine postojanja sterilizirao i cijepio preko 1000 životinja. To je smanjilo njihovu populaciju, ali značajno je podiglo kvalitetu života. Nakon par godina rada zaključili su da postoji održiva populacija od nekoliko stotina pasa koji žive

u zoni. CFF pokušava pratiti i nadzirati populaciju uz pomoć ugrađenih čipova. Fond uvelike pomaže životu pasa jer im nude hranu, vodu i utočište te cijepjenje što pomaže ublažiti štetne mutacije koje se razvijaju kao posljedica parenja u uskom genetskom okruženju.

Psi iz Černobilu ne dobivaju standardnu veterinarsku skrb, osim ako nije pružena od strane CFF-a. Kada se za vrijeme ruskog napada CFF ponovo vratio u Ukrajinu, pse su pronašli izgladnjele, jer je hrana koju donose nužna za preživljavanje ove izrazito jedinstvene populacije, kao i svake druge.^{1,3,4}



Slika 4 – Napušteni psi²

Ako želite pripomoći psima, *Clean Futures Fund* je otvoren za donacije. Sve donacije idu prema kupovini medicinskih potrepština i hrane za pse iz okolice Černobila.



Slika 5 – Napušteni psi²

Literatura

1. <https://www.cbsnews.com/pictures/horrifying-photos-of-chernobyl-and-its-aftermath/20/> (pristup: 03.03.2024.)
2. https://www.facebook.com/DogsofChernobyl/photos_by?_rdc=1&_rdr (pristup: 01.03.2024.)
3. <https://www.cleanfutures.org/about-cff/> (pristup: 01.03.2024.)
4. https://www.youtube.com/watch?v=bmVGwOP_zi8&t=5s&ab_channel=KyleHill (pristup: 02.03.2024.)

Za donaciju posjetite:



cleanfutures.org



Znanost u farbanju uskršnjih jaja

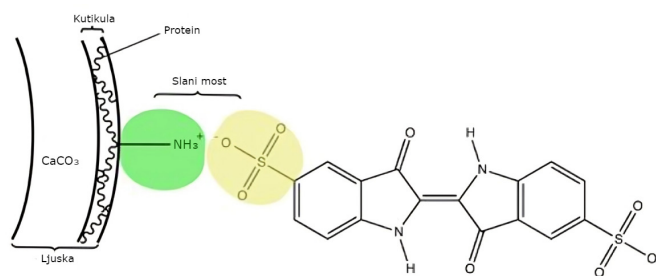
Veronika Biljan (FKIT)

Bliži nam se Uskrs pa tako i vrijeme bojanja uskršnjih jaja. Opće je poznato da se jaja uranjaju u vodenu otopinu s octom i umjetnim bojilom po izboru. Automatski se postavlja pitanje zašto se dodaje ocat? Koju on ulogu igra u kemijskim reakcijama prilikom obojenja ljuske jajeta?

Apsorpcija boje na ljusku jajeta ovisna je o pH-vrijednosti otopine. Octenom kiselinom možemo mijenjati pH i time utjecati na apsorpciju boje na ljusku odnosno intenzivnost obojenja ljuske jajeta. Zasićenje boje ovisi o tome koliko su jake veze između ljuske i molekula boje, gdje u cijelu priču ulazi ocat. Ocat koji je dostupan na policama dućana, obično je 5%-tna otopina octene kiseline u vodi. Razmatrat će se utjecaj dodatka više ili manje količine octa od one propisane na vrećici. Objašnjenje različitog zasićenja obojenja dano je gledajući samu strukturu ljuske jajeta. Većim ju dijelom čine proteini (85-90%) i kalcijev karbonat, CaCO_3 . Upravo se u proteinima, točnije amino funkcionalnim skupinama ($-\text{NH}_2$) u sastavu proteina, krije odgovor.

U kiselim se uvjetima amino skupine protoniraju i postaju pozitivno nabijene (NH_3^+) skupine koje privlače negativno nabijene dijelove molekule boje u otopini. Protoniranje amino skupine odvija se tako da se prvo protonira octena kiselina u otopini, čime se dobivaju H^+ kationi. Takve pozitivno nabijene katione bez elektrona (protone) privlači slobodni elektronski par na atomu dušika u amino skupini te s njime stvaraju vezu.

Amino skupina dobiva dodatni proton, odnosno protonira se. Proces bojenja podrazumijeva stvaranje vodikovih veza tj. slanih mostova između pozitivno nabijenih dijelova aminokiselinskog lanca, NH_3^+ i negativno nabijenih dijelova molekule boje, kao što su sulfonatni ($\text{R-SO}_2\text{O}^-$) ili karboksilatni anioni (R-COO^-) iz žute boje.



Slika 1 – Mehanizam apsorpcije boje na kutikulu jajeta

Testiranjem različitih pH otopina, došlo se do različitih ishoda eksperimenta. Uzeto je 6 različitih slučajeva. Prvi je uzorak bio vodovodna voda (pH = 7), zatim čaša vode s 1/8 žličice octa (pH = 6), čaša vode s 1/2 žličice octa (pH=5), čaša vode s 2 žličice octa (pH = 4), pola čaše vode i pola octa (pH = 3) te 1 čaša octa (pH = 3).

Jaja su ostavljena da se namaču u otopinama s bojom 5 minuta. Prvo jaje koje je bilo samo u vodi, vrlo je slabo bilo obojeno jer se boja nije mogla dobro apsorbirati. Jaje koje je bojano samo u octu imalo je dobro zasićenje obojenja, ali su neki dijelovi ljuske bili oštećeni s obzirom na to da je octena kiselina reagirala s CaCO_3 iz ljuske pri čemu su se oslobodio ugljikov(IV) oksid u obliku mjehurića. Ostale čaše s različitim volumenom dodanog octa dale su zadovoljavajuće rezultate. One s više dodanog octa i nižim pH dale su intenzivniju boju odnosno veće zasićenje boje na ljusci jajeta. Treba imati na umu da sve otopine s pH manjim od 4 uzrokuju sitna oštećenja na ljusci jajeta pa je boja neravnomjerno raspoređena.



Slika 2– Različito zasićenje boje ljuske



Slika 3 – Tradicionalno bojanje jaja za Uskrs

Literatura

1. <https://www.wired.com/2015/04/science-behind-perfectly-dyed-easter-egg/> (pristup 10.3.2024.)
2. <https://www.carolina.com/teacher-resources/Interactive/egg-cellent-chemistry-part-1/tr33413.tr> (pristup 13.3.2024.)
3. <https://www.britannica.com/video/187054/chemistry-egg-dyeing> (pristup 14.3.2024.)



Sretan i blagoslovljen Uskrs

želi Vam uredništvo Reaktora
ideja!



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!

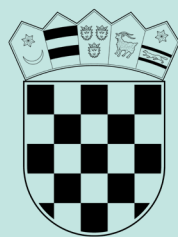
Podržite rad Studentske sekcije donacijom

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
mzo.hr



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 različite prirodne pojave kako bi ljudska vrsta mogla napredovati. Današnji svijet kakvog ga znamo, postoji zbog uspjeha genijalnih umova znanstvenika koji su od djetinjstva gorljivo proučavali svaku pojavu koja je privukla njihovu pozornost u raznim područjima njihova interesa. Oduševljenje, strast, predanost i trud koji su uložili u svoj posao, pomogli su im da otkriju nešto novo o svijetu u kojem živimo, a svojim radom za dobrobit čovječanstva, zajedno s različitim izumima, učinili su moderni život lakšim. Ovom listom odajemo počast najvećim umovima koji su promijenili svijet. Aristotel je bio genijalan starogrčki filozof i prirodoslovac. Bio je Platonov učenik, a sam je poučavao Aleksandra Velikog. Bavio se biologijom, zoologijom, etikom, politikom te je bio vrstan retoričar i logičar. Bavio se i teorijom fizike i metafizike. Stekao je znanje u različitim područjima svojim ekspanzivnim umom i radom na opsežnim tekstovima. Ipak, samo je mali dio njegovih tekstova sačuvan do danas. Njegova kolekcija biljnih i životinjskih uzoraka koje je klasificirao po njihovim obilježjima, predstavlja normu za daljnji rad na tom području. Tvrdio je da je čovjek po prirodi političko biće (zoon politikon) i da svoju suštinu izražava tek u zajednici. Arhimed je bio grčki fizičar, astronom i jedan od najvećih matematičara starog vijeka. Jedan je od najboljih znanstvenika koji su se probili u teoriji i u praksi. Bavio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim mjestima, od polja do rudnika. Najveću slavu stekao je svojim raspravama o zaobljenim geometrijskim tijelima, čiju je površinu i obujam izračunavao složenom metodom bliskom današnjem infinitezimalnom računu. Također je pronašao zakone poluge, položio osnove hidrostatici i odredio

