

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za kemijo in kemijsko tehnologijo*



Poletna šola kemijskih znanosti 2024

25.6. - 28.6.2024

Ljubljana, 2024



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Urednik: Andrej Godec

Avtorice in avtorji: Gabriela Kalčikova, Marija Kisilak, Berta Košmrlj, Marta Počkaj, Ula Rozman, Tina Skalar, Andrej Godec, Jernej Imperl, Marko Krivec.

Fotografije: Andrej Godec in Andrej Križ.

Založba: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Pri organizaciji poletne šole sodelujejo Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo in Zveza za tehnično kulturo Slovenije.

Gradivo je dostopno v spletni učilnici Kemljub na spletnem naslovu:

<https://skupnost.sio.si/course/view.php?id=150>

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
[COBISS.SI](#)-ID [211133443](#)
ISBN 978-961-7078-50-3 (PDF)



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

KAZALO

1. Adsorpcija onesnaževal na mikroplastiko (Gabriela Kalčíkova, Ula Rozman)
2. Kristalizacija beljakovin (Marija Kisilak)
3. Tankoplastna kromatografija listnih barvil (Berta Košmrlj)
4. Sinteza koordinacijskih spojin (Marta Počkaj)
5. Prašni materiali – karakterizacija in nevarnosti (Tina Skalar, Marko Krivec)
6. Gravimetrična in titrimetrična analiza (Jernej Imperl)
7. Poročilo o Poletni šoli kemijskih znanosti 2024 (Andrej Godec)
8. Fotografije poletne šole (Andrej Godec, Andrej Križ)
9. Mednarodna kemijska olimpijada 2024 (Andrej Godec)



1. Adsorpcija onesnaževal na mikroplastiko

(Gabriela Kalčikova, Ula Rozman)

1. Naloga

V okviru delavnice se bomo spoznali z mikroplastiko in njeno problematiko v okolju. Na primeru barvila metilen modro bomo ovrednotili proces adsorpcije onesnaževal na mikroplastiko in določili količino vezanega barvila, hitrost vezave in potencialno desorpcijo.

2. Teoretične osnove

Plastika je material, brez katerega si sodobnega življenja ne predstavljamo. Poimenovanje izvira iz grške besede *platikos*, ki pomeni 'primeren za oblikovanje' in se običajno uporablja za opis različnih sintetičnih in polsintetičnih materialov, narejenih iz polimerov. Prvi zametki plastičnih materialov segajo že v 60. leta 19. stoletja, šele med in po 2. svetovni vojni pa se je začel množični razvoj novih sintetičnih materialov, med katerimi je bil eden izmed prvih razvitih bakelit (formaldehidna smola), sledili pa so mu tudi polietilen (PE), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET), polipropilen (PP), itd., ki so tekom let dobivali zaradi svojih odličnih lastnosti (poceni proizvodnja, nizka masa, možnost enostavnega oblikovanja) številne nove aplikacije, med katerimi je še danes ena najpomembnejših industrija embalaže.

Glavni problem te uspešne zgodbe o iznajdbi novih materialov pa je pomanjkanje organiziranosti ravnanja z njihovimi odpadki. V preteklosti, predvsem v času industrijske revolucije, so bili razviti številni novi procesi, materiali in produkti, nastajale pa so hkrati tudi velike količine odpadkov, ki jih s takratnimi postopki ravnanja z odpadki niso bili kos. Sčasoma so se raziskave sicer usmerile tudi v razvoj novih tehnologij za ravnanje z odpadki, vendar pa je okolje že bila precej onesnaženo s plastičnimi odpadki, globalna proizvodnja plastika pa še vedno narašča in je v letu 2022 že presegla 400 milijonov ton.

2.1 Mikroplastika

Mikroplastika je definirana kot delci plastike v velikosti od 1 do 1000 μm . V okolju se nahaja v različnih oblikah (fragmenti, oblika pelet ali kroglic, folije, vlakna, pene), v različnih velikostih in tudi z različno kemijsko sestavo. Po vstopu v okolje se te lastnosti zaradi različnih okoljskih dejavnikov lahko še spremenijo. Poleg mikroplastike pa lahko definiramo tudi nanoplastiko (velikost od 1 do 1000 nm), mezoplastiko (velikost od 1 do 10 mm) in makroplastiko (vsi delci večji od 10 mm).

Zaradi velikih količin proizvedene plastike in posledično tudi ogromnih količin plastičnih odpadkov, so do danes potrdili prisotnost mikroplastiko že praktično vsepovsod na svetu; najdemo jo v oceanih in obmorskih delih, v površinskih vodah, na kopnem, v zraku in v različnih organizmih. Najdena pa je bila tudi na najbolj oddaljenih lokacijah, ko so sedimenti oceanov, globoko morje in Antarktika. Predvideva se, da največ mikroplastike prihaja iz



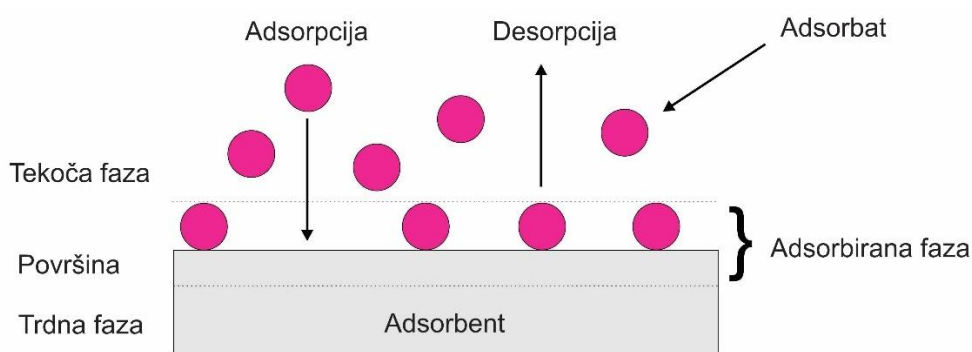
kopnega, od koder z vetrnim prenosom ali s spiranjem prihaja v potoke in reke, ter lahko nadaljuje svojo pot vse do oceanov.

2.2 Mikroplastika v vodnih ekosistemih

Večina mikroplastike zaradi nizke gostote in/ali površinske napetosti po prihodu v vodno okolje plava na površini. Sčasoma se na mikroplastiko začnejo vezati različne organske snovi in mikroorganizmi, ki na površini mikroplastiko ustvarijo biofilm, zaradi katerega se mikroplastiki poveča gostota in postopoma začne toniti v nižje globine. V vodnem stolpcu je nato na voljo tudi drugim organizmom (na primer tudi živali), ki lahko mikroplastiko z biofilmom zamenjajo za hrano in jo tudi zaužijejo. Po drugi strani pa lahko mikroplastika postopoma potone do sedimenta, od koder je njen nadaljnji transport omejen, v sedimentu pa vpliva na fizikalno-kemijske karakteristike sedimenta ter njegovo mikrobnno združbo, posledično pa tudi na kroženje hranil. Po drugi strani pa lahko pri povečanem rečnem pretoku mikroplastika potuje po vodnem okolju na zelo dolge razdalje, zaradi afinitete za vezavo pa lahko v novo okolje odnese tudi vezane mikroorganizme oziroma druge organske in anorganske snovi. Pri slednjem je še posebno problematična vezava (ki jo strokovno poimenujemo adsorpcija) različnih onesnaževal.

2.3 Adsorpcija

Adsorpcija je proces, kjer se snovi, ki so prisotne v obliki plina ali kapljevine, in jih imenujemo adsorbat, vežejo na površino trdne snovi, ki jo imenujemo adsorbent. Vezava lahko poteka preko šibkejših elektrostatskih interakcij ali preko močnejših kemijskih vezi. V primeru šibkejših interakcij pa se lahko zaradi različnih okoljskih dejavnikov, kot so pH, ionska moč (slanost), ali prisotnosti drugih snovi adsorbat sprost s površine nazaj v okolje, čemur pravimo desorpcija (Slika 1).



Slika 1: Proces adsorpcije in desorpcije.

Adsorpcija različnih snovi na mikroplastiko je poleg staranja mikroplastike eden izmed pomembnejših procesov, ki vpliva na njene lastnosti in obnašanje v okolju. Onesnaževala se lahko na mikroplastiki kopičijo v koncentracijah, ki so precej višje kot tiste, ki jih najdemo v okolju. Na splošno se na mikroplastiko adsorbirajo najrazličnejša organska in anorganska onesnaževala, kot so na primer kovine, kovinski nanodelci, obstojna organska onesnaževala in farmacevtske učinkovine. Na sam proces adsorpcije pa vplivajo tako okoljski dejavniki (pH, prisotnost drugih organskih in anorganskih snovi), kot tudi lastnosti mikroplastike (kemijska

sestava, staranje, kristaliničnost, naboj, morfologija, velikost, specifična površina) in lastnosti adsorbata (molska masa, naboj).

Adsorbirano onesnaževalo lahko tako z mikroplastiko potuje po okolju na izredno dolge razdalje ter vpliva na številne organizme. Raziskovalci so večinoma ugotovili, da se zaradi adsorbiranega onesnaževala strupenost mikroplastike poveča, saj poleg samih delcev na organizem vpliva tudi onesnaževalo, ki se lahko zaradi spremenjenih fizikalno-kemijskih dejavnikov začne sčasoma desorbirati. Kljub temu pa je zaradi izredne heterogenosti mikroplastike (različne oblike, velikosti, kemijske sestave) te interakcije zelo težko predvideti, zato so številne študije adsorpcije različnih tipov onesnaževal na različne tipe mikroplastike nujna.

3. Eksperimentalni del

V okviru delavnice bomo preučevali adsorpcijo (vezavo) modelnega onesnaževala, barvila metilen modro, na različne tipe mikroplastike. Količino adsorbiranega barvila bomo določali sprektrofotometrično, zato bomo najprej pripravili umeritveno krivuljo za metilen modro ter se nato lotili poskusa adsorpcije.

3.1 Priprava umeritvene krivulje

Koncentracijo barvila metilen modro bomo med procesom adsorpcije spremljali spektrofotometrično, zato si moramo najprej pripraviti umeritveno krivuljo. To pomeni, da izmerimo absorbanco barvilom z znano koncentracijo ter nato v Excelu izrišemo graf absorbance v odvisnosti od koncentracije in na podlagi linearne funkcije vzorcu neznane koncentracije na podlagi izmerjene absorbance izračunamo koncentracijo.

Umeritveno krivuljo pripravimo iz osnovne raztopine barvila metilen modra s koncentracijo 100 mg/L, in sicer jo bomo pripravili v steklenih epruvetah z volumni raztopine 10 mL in koncentracijami barvila 5,00 mg/L, 2,50 mg/L, 1,25 mg/L in 0,63 mg/L. Ko imamo pripravljene raztopine, spektrofotometer nastavimo na valovno dolžino 665 nm, umerimo na ničlo (z deionizirano vodo) in izmerimo absorbanco pri vsaki koncentraciji.

Tabela 1: Umeritvena krivulja za metilen modro.

Koncentracija (mg/L)	Absorbanca (/)
0	
0,63	
1,25	
2,50	
5,00	



S pomočjo program Excel narišemo točke na graf (absorbanca v odvisnosti od koncentracije) ter s funkcijo »Dodaj trendno črto« pridobimo funkcijsko odvisnost absorbance (y os) in koncentracije (x os). S pridobljeno funkcijo bomo nato lahko z merjenjem absorbance določali koncentracijo barvila tekom poskusa adsorpcije.

Funkcija: _____

3.2 Poskus adsorpcije

Adsorpcijo barvila metilen modro bomo ovrednotili na različne tipe mikroplastike (vsaka skupina si bo izbrala en tip). V 250 mL bučki pripravimo raztopino barvila metilen modro s koncentracijo 5 mg/L. Najprej bučko do približno polovice napolnimo z deionizirano vodo, odpipetiramo 12,5 mL osnovne raztopine barvila (100 mg/L) ter bučko napolnimo z deionizirano vodo do oznake. Tako pripravljeni raztopini izmerimo absorbanco ter iz funkcije izračunamo koncentracijo (koncentracija barvila pri času $t = 0$ min).

V 250 mL erlenmajerico zatehtamo 1 g mikroplastike (končna koncentracija bo tako 10 g/L), ter ji z merilnim valjem dodamo 100 mL predhodno pripravljene raztopine barvila metilen modro. Takoj ko dodamo barvilo začnemo z merjenjem časa. Erlenmajerico postavimo na stresalnik, s hitrostjo stresanja 160 rpm. Raztopino barvila metilen modro vzorčimo po 1 min, 3 min, 10 min, 20 min, 30 min in 60 min. Pri vsakem vzorčenju erlenmajerico vzamemo dol iz stresalnika, s pipeto odpipetiramo 1 mL vzorca v stekleno kiveto, ter erlenmajerico postavimo nazaj na stresalnik. Vzorcju takoj izmerimo absorbanco, ter na podlagi umeritvene krivulje izračunamo koncentracijo barvila v raztopini (mg/L). Količino adsorbiranega barvila (mg/g) izračunamo kot razmerje med določeno koncentracijo barvila v raztopini pri času $t = 0$ min ter pri času $t = t$, pri čemer upoštevamo še maso mikroplastiko, ki smo jo dodali ob začetku poskusa (enačba 1). Nato izračunamo še odstotek adsorbiranega barvila (enačba 2).

$$\gamma = \frac{(c_0 - c_t) \cdot V}{m} \quad (1)$$

$$\% \text{ adsorpcije} = \frac{c_0 - c_t}{c_0} \cdot 100 \% \quad (2)$$

Kjer je γ količina adsorbiranega barvila (mg/g), c_0 je začetna koncentracija barvila v raztopini (mg/L), c_t je koncentracija barvila v raztopini pri času t (mg/L), V je volumen raztopine (L), m je masa mikroplastike (g).



Tabela 2: Podatki poskusa adsorpcije barvila metilen modro na izbrano mikroplastiko.

Čas (min)	Absorbanca (I)	Koncentracija (mg/L)	Količina adsobiranega barvila (mg/g)	% adsorpcije (%)
0				
1				
3				
10				
20				
30				
60				

Na podlagi podatkov v Excelu narišite graf količine adsorbiranega barvila v odvisnosti od časa ter % adsorpcije v odvisnosti od časa. Pri tem ne pozabite ustrezno označiti x in y osi.

4. Zaključek

Vsaka skupina predstavi rezultate adsorpcije na mikroplastiko, pogovorili se bomo zakaj prihaja do adsorpcij na različne tipe mikroplastike in kakšne so posledice za vodne ekosisteme in organizme, če se onesnaževala vežejo na mikroplastiko.

5. Reference

Hartmann NB, Hüffer T, Thompson RC, Hassellöv M, Verschoor A, Daugaard AE, Rist S, Karlsson T, Brennholt N, Cole M, Herrling MP, Hess MC, Ivleva NP, Lusher AL, Wagner M (2019). *Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris*. Environmental Science & Technology 53: 1039-1047. doi: 10.1021/acs.est.8b05297.

Kalčíková G, Žgajnar Gotvajn A (2019). *Plastic Pollution in Slovenia: From Plastic Waste Management to Research on Microplastics*. In: Stock, F, Reifferscheid, G, Brennholt, N, Kostianaia, E (eds.) *Plastics in the Aquatic Environment - Part I: Current Status and Challenges*. Springer International Publishing, Cham, pp. 307-322.

PlasticsEurope (2023). *Plastics – the fast Facts 2023*. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/> (dostop: 20.6.2024).



Plastics Industry Association (2021). *History of Plastics*. <https://plasticseurope.org/plastics-explained/history-of-plastics/> (dostop: 20.6.2024).

Rozman U (2023). *Interakcije modelne plavajoče rastline z okoljsko relevantno mikroplastiko ter možnost njenega odstranjevanja s fitoremediacijo: doktorska disertacija*.

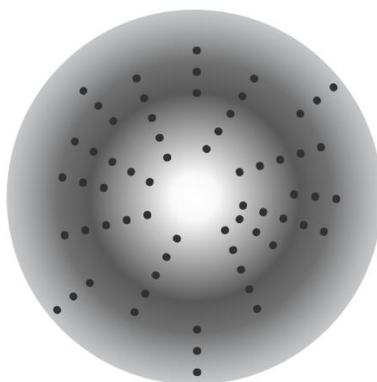
Rozman U, Klun B, Kuljanin AD, Skalar T, Kalčíková G (2023). *Insights into the shape-dependent effects of polyethylene microplastics on interactions with organisms, environmental aging, and adsorption properties*. Scientific reports 13: 22147. doi: 10.1038/s41598-023-49175-1.



2. Kristalizacija beljakovin (Marija Kisilak)

Uvod

Kristalizacija je proces urejanja atomov ali molekul v zelo urejeno in ponavljajočo se tridimenzionalno mrežo v trdni snovi. Veliko spojin, ki jih poznamo, lahko kristalizira, vam je gotovo najbolj znan primer natrijevega klorida, ki je anorganska sol. Poleg anorganski spojin pa lahko kristalizirajo tudi številne organske spojine (npr. saharoza), tudi take, ki so zelo kompleksne in velike – na primer beljakovine. Urejeno ponavljanje molekule v vseh treh dimenzijah v kristalu nam omogoča, da kristale analiziramo z uporabo posebne metode – rentgenske difrakcije – kjer kristal obsevamo z rentgenskimi žarki, zaradi njihove interakcije s kristalom pa potem dobimo “sliko” kristala oziroma difrakcijski vzorec. S posebnimi matematičnimi pristopi potem to “sliko” lahko pretvorimo v dejansko strukturo preučevane spojine. Kristalizacija beljakovin in rentgenska difrakcija nam torej omogočata, da ugotovimo zgradbo beljakovine, običajno na nivoju posameznih aminokislin – torej poznamo lego vsake aminokislinske v beljakovini, tako pa si potem tudi lažje pojasnimo opažene lastnosti beljakovine.

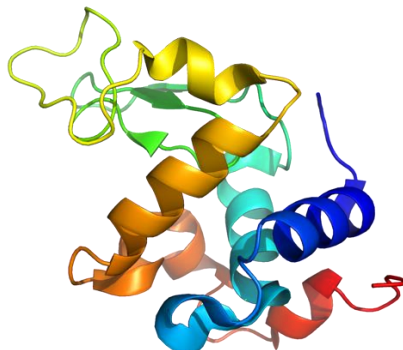


Slika 1: Difrakcijski vzorec kristala - "slika" kristala v eni orientaciji, narejena z rentgenskimi žarki. Lege pik lahko z matematičnimi pristopi na koncu pretvorimo do strukture spojine.

Kristale beljakovin vedno tvorimo v neki raztopini. Pogoji, da kristali začnejo nastajati, je prenasíčenje raztopine – gre za nestabilno stanje raztopine – ob vračanju v stabilno stanje pa se lahko zgodita dva procesa – kristalizacija (nastane urejena struktura) ali pa obarjanje (nastane neurejena struktura; ta proces ni zaželen). Izid je odvisen od številnih dejavnikov – temperature, pH pufra, dodanih topljencev (soli itn.) in njihove koncentracije, viskoznosti raztopine, prisotnosti percipitantov, vibracij itn. Ker ne vemo točno, kateri pogoji bodo ugodni za kristalizacijo, poskušamo ponavadi testirati čim več različnih pogojev – predvsem spreminjamo pH, topljence in izbrane percipitante (obarjalna sredstva, ki znižajo topnost beljakovin).

Na delavnici se boste preizkusili v kristalizaciji kokošjega lizocima. Gre za majhno beljakovino, ki kokošja jajca ščiti pred bakterijskimi okužbami, saj lizocim razgrajuje steno bakterij

(predvsem grampozitivnih). Podobno beljakovino imate tudi v svojih solzah, lizocime pa najdemo tudi drugje. Poskusili boste doseči tvorbo kristalov, tako da boste spreminjali količino NaCl, variirali izbrani pufer ali pa spreminjali vrsto in količino precipitanta. Če boste imeli srečo, bomo drobne kristale lahko videli že ob koncu delavnice.



Slika 2: Struktura kokošjega lizocima, določena z rentgensko difrakcijo na kristalu.

Potek dela

Založne raztopine:

- 4 M NaCl,
- 60 % (w/v) PEG 3350,
- 60 % (w/v) PEG 4000,
- 60 % (w/v) PEG 6000;
- 1 M natrijev acetat, pH 4,5,
- 1,5 M TRIS/HCl, pH 8,0.

Priprava presejalnega kristalizacijskega testa

1. Na voljo imate zgornje založne raztopine in ploščo z 48-jamicami, kar pomeni, da lahko pripravite 48 različnih pogojev za morebitno kristalizacijo. Načrt za izvedbo boste pripravili skupaj kot skupina, potem pa bo vsak pripravil 3 mešanice glede na izbrane pogoje in jih nanese na ploščo.
2. Vsak kristalizacijski pogoj mora nujno vsebovati pufer (lahko je natrijev acetat, Tris ali pa mešanica obeh, le da točne vrednosti pH ne boste poznali), volumen pufru v mešanici naj bo **vsaj 30 μ l**.
3. Poleg pufru lahko poljubno dodate različne koncentracije NaCl, po želji pa lahko dodate tudi različne količine in vrste precipitantov (PEG).
4. Končni volumen vsakega kristalizacijskega pogoja naj bo **500 μ l**, pripravili ga boste v mikrocentrifugirke. Če volumen posameznih komponent ne bo dosegel 500 μ l, v mikrocentrifugirko dodajte vodo. Ne pozabite si označiti mikrocentrifugirk.
5. Če boste imeli težave pri pipetiranju majhnih volumnov, prosite asistenta ali tehnika, da vam pomaga.

6. Za pipetiranje založnih raztopin PEG morate nujno odrezati konico nastavka s škarijami, saj je raztopina PEG zelo viskozna. Prosite asistenta ali tehnika za demonstracijo ali pomoč.
7. Ko bodo pripravljene vsi kristalizacijski pogoji, boste v jamico plošče odpipetirali po 250 μ l mešanice. Na vdolbinico za kristalizacijo boste nato odpipetirali še 2 μ l pripravljene mešanice, tehnik ali asistent pa bo nato vsem pogojem dodal 2 μ l raztopine kokošnjega lizocima.
8. Ploščo bomo zatesnili s samolepilno prozorno folijo in jo pustili na pultu ter se lotili izvajanja drugega dela delavnice. Na koncu bomo preverili, če so se pri katerem od pogojev že pojavili kristali in jih slikali.

Rezultati

Spodaj imate pripravljeno shemo plošče, v katero si zapišete načrt kristalizacijskih pogojev. Zapišite, pri katerih pogojih so se pojavili kristali in dodajte fotografijo z mikroskopa.

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

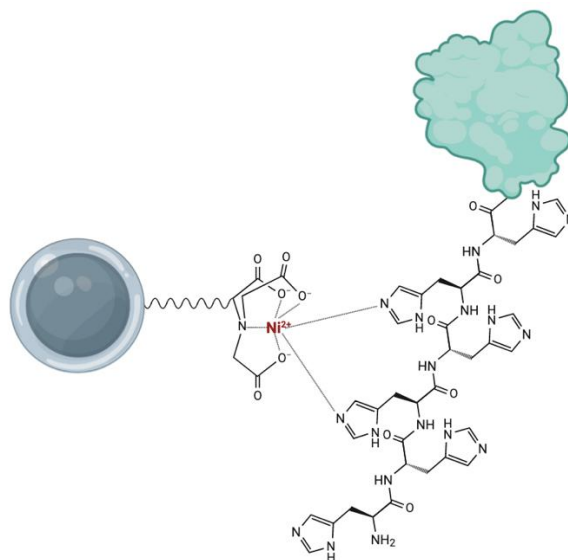


Izolacija zelenega fluorescenčnega proteina

Uvod

V biokemiji pogosto želimo preučevati različne beljakovine, da bi določili njihove lastnosti, stabilnost, interakcije z drugimi beljakovinami ali drugimi molekulami itn. Nekatere beljakovine lahko dovolj enostavno izoliramo iz njihovega naravnega vira (tak primer je tudi lizocim iz kokošjih jajc, s katerimi ste delali pri prejšnjem delu delavnice), še posebej kadar je te beljakovine v viru zelo veliko v primerjavi z ostalimi. Pogosto pa se zgodi, da je izolacija iz naravnega vira prezahteva, ker je iskane beljakovine zelo malo, ker ne dobimo dovolj čistega vzorca ali ker preprosto ne moremo pridobiti dovolj materiala, iz katerega bi beljakovino izolirali.

Danes beljakovine veliko pogosteje pridobimo z uporabo t. i. ekspresijskih sistemov – torej izbranih organizmov, ki jih uporabimo za sintezo zelene beljakovine. Najpogosteje za ekspresijo (izražanje) beljakovin uporabimo bakterije (mi smo uporabili *E. coli*), v katere predhodno vnesemo DNK zapis za sintezo zelenega proteina. Delo z bakterijami je enostavno, poceni, izkoristek izolacije je ponavadi zelo dober, poleg tega pa si s preudarnim načrtovanjem tudi poenostavimo delo. DNK zapisu beljakovine namreč običajno dodamo še zapis za neko oznako, ki nam omogoča enostavno in predvidljivo izolacijo te beljakovine – najpogosteje je to heksahistidinska oznaka. Gre za zaporedje 6 aminokislin – histidinov – ker imajo ti zelo veliko afiniteto do dvovalentnih ionov, še posebej niklja in kobalta. Tako lahko potem poljubno beljakovino izoliramo z uporabo afinitetne kromatografije, saj imajo vse dodano oznako. Tudi mi bomo danes spoznali nikljevo afinitetno kromatografijo, kjer imamo na polimernem nosilcu v koloni močno vezane nikljeve ione, na katere se tekom izolacije s prehodnimi interakcijami veže naša oznaka (in s tem cela beljakovina). Te prehodne interakcije običajno prekinemo z dodatkom velike količine spojine, ki prav tako dobro veže nikljeve ione, s tem pa izpodrine našo beljakovino – v našem primeru bomo uporabili imidazol.



Slika 3: Shematski prikaz nikljeve afinitetne kromatografije. Kroglica predstavlja polimerni nosilec, na katerega je vezan nikljev ion (rdeč). Nanj se nato prehodno vežejo

histidini iz beljakovinske heksahistidinske oznake, kakor je prikazano na sliki. Zelenkasta "gmota" predstavlja v beljakovino.

Izolirali bomo zeleni fluorescenčni protein (GFP). Gre za beljakovino, ki je bila prvotno izolirana iz meduze *Aequorea victoria*. Če jo obsijemo z modro ali UV-svetlobo, bo fluorescirala zeleno (od tod tudi ime in angleška kratica GFP). Izkazalo se je, da je beljakovina zelo uporabna za različne aplikacije v biokemiji, zato so jo naknadno nekoliko "popravili" in tako izboljšali njene lastnosti. Ker je beljakovina relativno preprosta, jo je mogoče brez večjih težav izražati v bakterijah, kar smo naredili tudi mi. Da beljakovino lahko izoliramo, moramo bakterije predhodno razbiti, da se njihova vsebina sprosti v pufer.



Slika 4: Struktura zelenega fluorescenčnega proteina.

Potek dela

Nikljeva afinitetna kromatografija

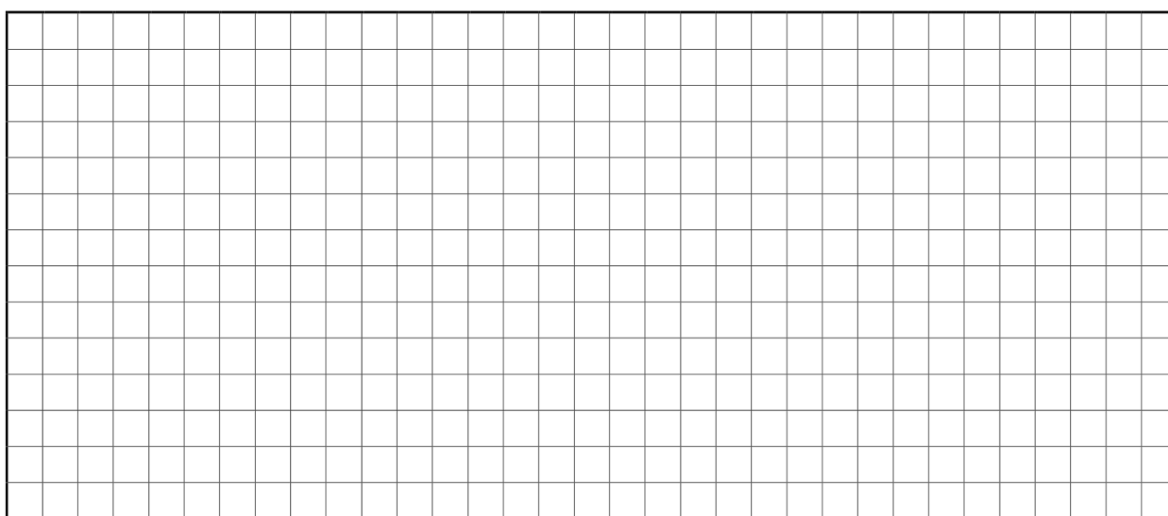
1. Nosilec ekvilibrirajte s spiranjem z začetnim pufrom WA (20 mM Tris pH 7,4, 500 mM NaCl) ali WB (20 mM Tris pH 7,4, 100 mM NaCl). Uporabite približno 10 mL začetnega pufra.
2. Za spiranje sem uporabil pufer _____ (isti pufer uporabljate tudi v nadaljevanju vaje).
3. Označite epruvete s številkami 1–5. V te epruvete boste v nadaljevanju zbirali nevezan material (frakcije po 5 mL).
4. Pod kolono postavite prvo epruveto. Vzorec z GFP vam bo na kolono nanesel tehnik, previdno, ob steni in tik nad ravnino gela.
5. Postopoma dodajajte začetni pufer (WA ali WB) in zbirajte frakcije po približno 5 mL. Najprej dodajte 1 mL pufra in počakajte, da ponikne v nosilec, nato še 1 mL, ponovno počakajte, nato pa lahko nad nosilec dodate večji volumen pufra. Vsekakor pazite, da pufer dodajate počasi in previdno, da ne resuspendirate nosilca (*po nanosu ne dodajte takoj velike količine pufra za spiranje, da ne pride do razredčenja nanešenega in še ne vezanega vzorca v zgornjem delu gela*).
6. Izmerite absorbanco pri valovni dolžini 280 nm vsem nevezanim frakcijam (1–5) in vrednosti vpišite v tabelo.
7. Pričakovana vrednost A_{280} v frakciji 5 je (skoraj) 0 – če ste izmeril bistveno višjo vrednost, se pred nadaljevanjem vaje posvetujte z asistentom.

8. Označite epruvete s številkami 6–10. Vanje boste zbiral proteine, ki so se na nosilec vezali in jih boste z njega eluirali (frakcije po 2 mL).
9. Pod kolono postavite prvo epruveto in na nosilec postopoma dodajajte elucijski pufer E (20 mM Tris pH 7,4, 100 mM NaCl, 500 mM imidazol). Spet, pufer v začetku dodajajte v majhnih alikvotih po 1 mL, nato pa lahko več. Skupno zberite 5 frakcij po približno 2 mL.
10. Vsem eluatom izmerite A_{280} in vrednosti vpišite v tabelo. Preverite tudi barvo vezanih frakcij in opažanja zabeležite v tabeli (npr. ++ močna, + šibka, – odsotna).
11. Vezano frakcijo z najvišjo A_{280} shranite za nadaljnjo analizo.
12. Narišite elucijski diagram (bodite pozorni, da ustrezno preračunate elucijske volumne glede na volumen zbranih frakcij).

Rezultati

V spodnjo tabelo si zapišite absorbance posameznih vzorcev, potem pa narišite elucijski diagram.

št. frakcije	volumen	A_{280}	obarvanost



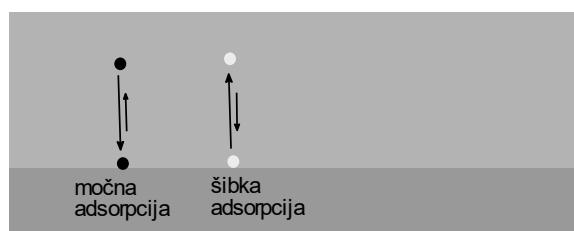
3. Tankoplastna kromatografija listnih barvil

(Berta Košmrlj)

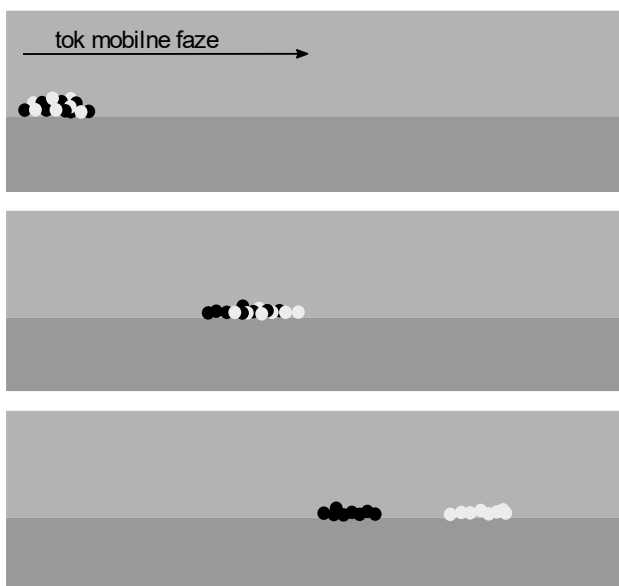
Kromatografijo je leta 1903 uporabil ruski botanik M. Cvet za ločevanje zmesi barvil v zelenih rastlinah. Ker je ločeval obarvane spojine je tehniko temu primerno poimenoval. Beseda kromatografija je izpeljana iz grških besed — *chromos* (barva), *grafein* (pisati).

Danes je kromatografija ena najpomembnejših tehnik analiz. Omogoča ločevanje različnih snovi (trdnih, tekočih in plinastih). Pri kromatografiji vedno nastopata dve fazi, ki se med seboj ne mešata. Ena je stacionarna (mirujoča) druga pa mobilna (gibljiva) faza. Kromatografijo je kot pojem zelo težko razložiti zaradi raznolikosti sistemov. Raztopljen vzorec potuje z mobilno fazo po stacionarni fazi. Posamezne komponente se ločujejo na podlagi različnih kemijskih in fizikalnih interakcij. Tako delimo kromatografijo na adsorpcijsko, porazdelitveno, ionsko izmenjevalno ter izključitveno kromatografijo.

Ogledali si bomo adsorpcijsko kromatografijo, kjer se topeljenec adsorbira na površino trdnega adsorbenta. Na sliki desno je med snovjo (●) in stacionarno fazo močnejši privlak kot med snovjo (○) in stacionarno fazo



Sestavine zmesi se različno porazdelijo med obe fazi glede na jakost adsorpcije. Ko mobilna faza potuje po stacionarni fazi se posamezne sestavine zmesi ločujejo, snov z močnejšo adsorpcijo bo zaostajala za tisto, ki se manj adsorbira na stacionarno fazo.



Kromatografijo uporabljamo za različne namene: ugotavljanje čistosti in identifikacije spojin, zasledovanje poteka reakcij, preverjanje uspešnosti postopkov izolacije in čiščenja spojin, ločevanje zmesi, ki jih ni mogoče ločiti z drugimi metodami, ...



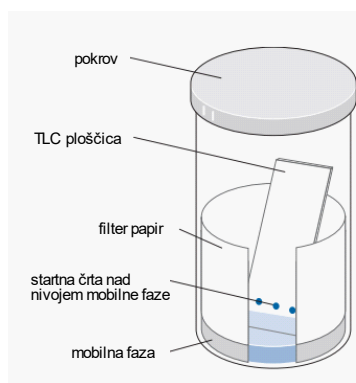
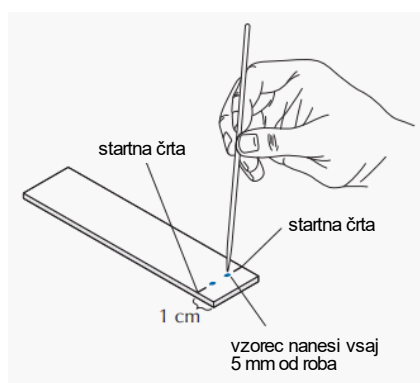
FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Priprava in razvijanje kromatograma:

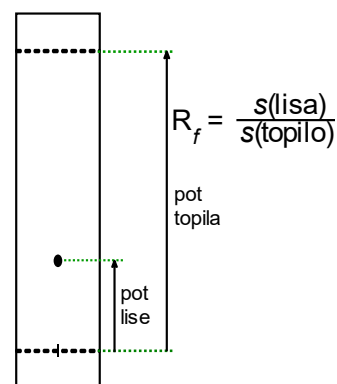
Pri tankoplastni kromatografiji uporabljamo različna kromatografska sredstva (stacionarne faze) nanešene na plošče iz stekla, plastične mase ali aluminija. Kot stacionarne faze se uporabljajo silikagel, aluminijev oksid, celuloza, poliamid, modificirana celuloza ali modificiran silikagel. Primerno stacionarno in mobilno fazo dobimo s poskušanjem. Najpogosteje se uporablja silikagel, ki je zelo polarna, rahlo kisla faza, primerna za ločevanje manj polarnih organskih spojin.

Vzorec raztopimo v primernem topilu in s kapilaro nanesemo na startno črto, ki jo zarišemo približno 1 cm od spodnjega roba ploščice. Startna črta mora biti nad nivojem topila v komori. Liso posušimo (pustimo 1-2 minuti na zraku ali rahlo popihamo s fenom) in vložimo v komoro s topilom. Komora ima ob steni kos filtrirnega papirja, ki sega do dna do zgornjega roba komore. Ta papir se omoči s topilom po celi površini in nam omogoči da je atmosfera v komori nasičena s parami topila, s čimer preprečimo izhlapevanje topila s ploščice med razvijanjem kromatograma. Počakamo, da topilo pripotuje skoraj do zgornjega roba ploščice, nato vzamemo ploščico iz komore ter s svinčnikom označimo, do kod je pripotovala mobilna faza.



Razvit kromatogram analiziramo. Če so spojine obarvane, je detekcija enostavna, saj so komponente zmesi vidne. Če so neobarvane je detekcija težja. V stacionarno fazo je pogosto dodan fluorescentni indikator, zaradi katerega TLC ploščica pod UV svetlobo fluorescira. Če analiziramo spojine, ki v UV območju absorbirajo, so le te na ploščici vidne kot temne lise. Če spojine v UV področju ne absorbirajo, pa jih lahko vizualiziramo z reagenti, ki s spojinami dajejo obarvane produkte. Tako lahko npr. amino kisline obarvamo z ninhidrinskim reagentom.

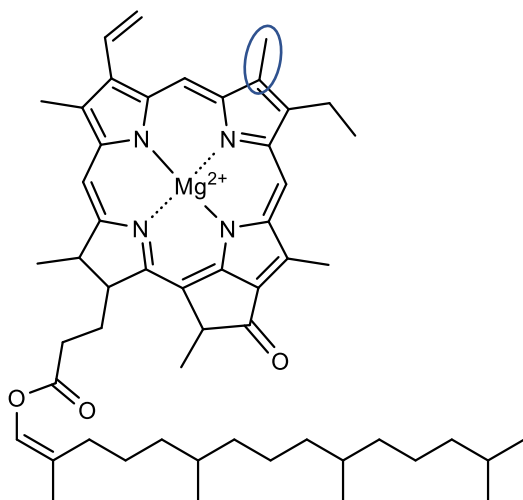
Pri uspešni kromatografski ločbi so se komponente zmesi ločile in jih na kromatogramu vidimo kot posamezne ločene lise. Njihovo potovanje izrazimo z retencijskim faktorjem, ki je definiran kot količnik poti spojin in poti topila ter je za določeno kombinacijo topljenec – mobilna faza – stacionarna faza konstanten.



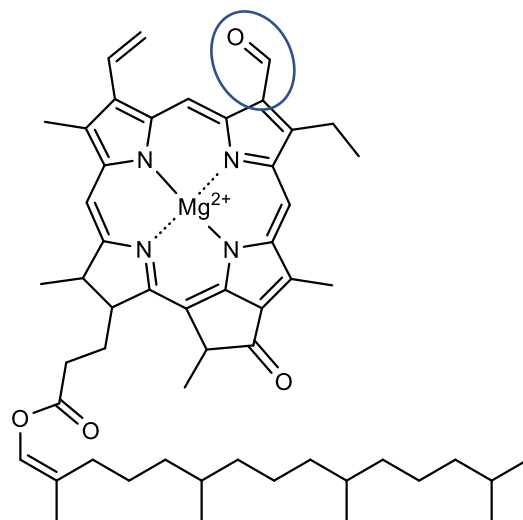
Rastlinska barvila

Zelene rastline si iz ogljikovega dioksida in vode same proizvedejo hrano v procesu fotosinteze. Za to potrebuje barvila, ki absorbirajo sončno svetlobo. Zeleno barvo dajejo rastlinam klorofili. Znanih je več klorofilov, ki jih označujemo s črkami in imajo podobno strukturo. V rastlinah sta pomembna klorofil a (modrozelen) in klorofil b (rumenzelen). Pri fotosintezi pa sodelujejo tudi pomožna barvila iz skupine karotenoidov: karoteni in ksantofili.

Molekuli klorofila a in b se razlikujeta samo po skupinah na obroču. Klorofil a ima metilno skupino, klorofil b pa aldehydno skupino.

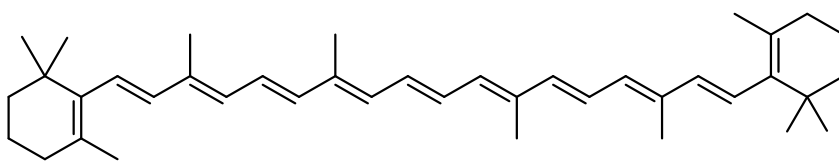


klorofil a

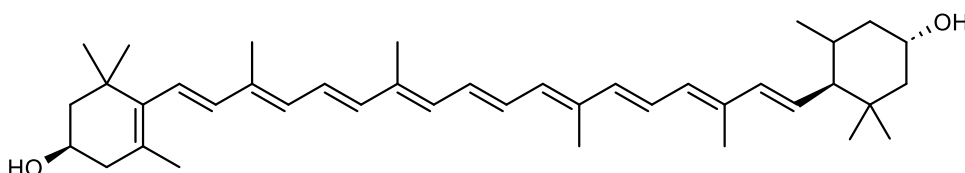


klorofil b

Karotenoidi so derivati izoprena, imajo dolge molekule s konjugiranimi dvojnimi vezmi. Delimo jih na karotene in ksantofile. Molekule karotenov vsebujejo samo atome ogljika in vodika, molekule ksantofilov pa tudi atome kisika, najpogosteje v obliki hidroksilne skupine na obroču.



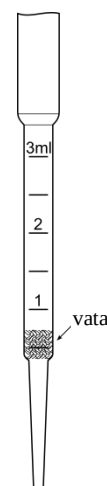
β -karoten



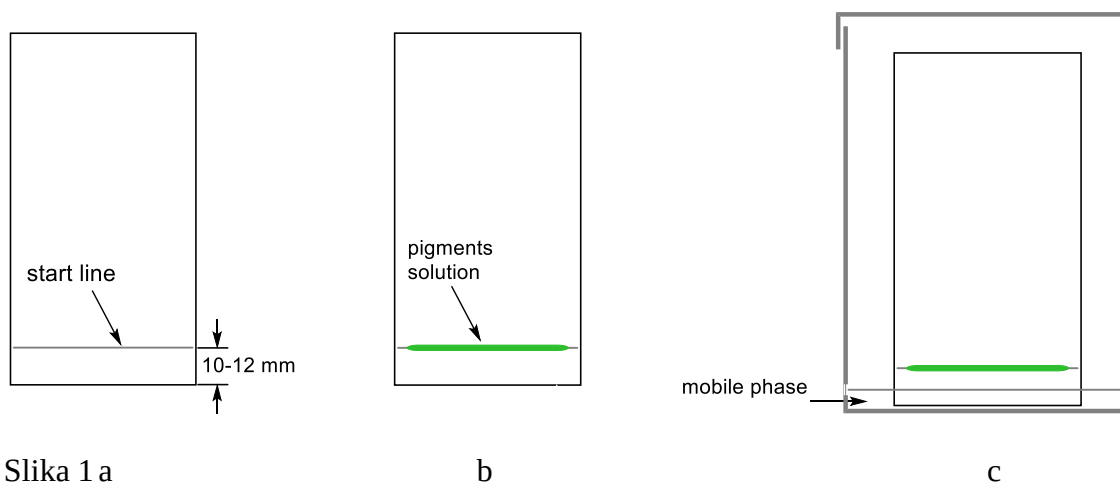
ksantofil

Tankoplastna kromatografija listnih barvil

1 g špinacnih listov natrgaj na 1-2 cm velike koščke v terilnico, dodaj 1,5 g natrijevega sulfata in tri na suho, dokler ne nastane homogena masa. S kapalko dodaj 6 mL acetona in tri še ca 2 minuti. V odrezano plastično kapalko vstavi majhen kosmič vate in ga z vrha narahlo potlači s stekleno palčko, da nasede na spodnji del (glej sliko na desni). Kapalko vpni v prižemo in podnjo postavi 10 mL čašo. V tako pripravljeno napravo za filtriranje s kapalko prenašaj ekstrakt listnih barvil, tako da prenašaš v glavni tekočino. Počakaj, da se tekočina prefiltrira, toliko časa, da neha kapljati iz kolonice. Na čaši s filtratom označi s flomastrom nivo tekočine ter svojo oznako in jo postavi na ogreto ploščo (v digestoriju). Pusti jo na grelniku toliko časa, da se raven tekočine zniža na 1/2 do 1/3 (približno 5-10 min).



V času, ko uparevaš raztopino, pripravi ploščico za tankoplastno kromatografijo. S svinčnikom in ravnilom nariši nanjo startno črto 10-12 mm od enega od krajših robov (Slika 1a). Svinčnik potegni zelo narahlo, da ne poškoduješ plasti silikagela.



Slika 1 a

b

c

Raztopino listnih barvil nanesi na startno črto na ploščici. To opravi s kapilaro, ki jo rahlo potegneš po startni črti, od enega do drugega roba. Na vsaki strani pusti približno 0,3-0,5 cm prostora (slika 1b). Nanos malo popihaj, da odstraniš odvečno topilo. Nato ponovi nanašanje. Postopek opravi štirikrat. Ploščico pusti še 1-2 minuti na zraku, da se nanos posuši.

Če so težave pri nanosu poskusi na naslednji način: kapilaro s tekočino nastavi na začetek startne linije, malo počakaj da tekočina steče na silikagel in potegni po zarisani črti, pri tem drži kapilaro čimbolj pokonci. Pri naslednjem nanosu nadaljuj tam, kjer si prejšnjič končal.

Nanašanje barvil lahko treniraš na koščku filter papirja. S svinčnikom nariši več črt in poskusi nanje s kapilaro nanesti raztopino barvil.

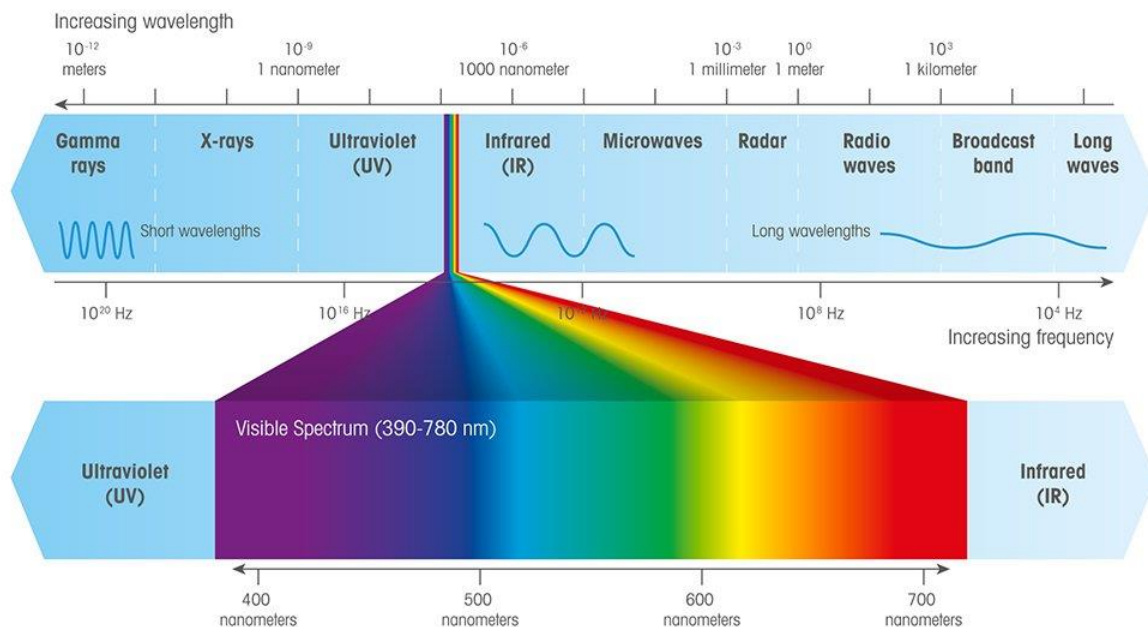
V kadičko, opremljeno s kosom filter papirja vlij toliko mobilne faze (petrol eter : aceton = 7 : 3), da je nivo visok cca 0,5 cm. Komoro zapri s pokrovom in jo rahlo potresi (pogugaj), da se tekočina razlije po filter papirju. Nato jo približno 1 minuto pusti na pultu. Po tem času jo

odpri in vanjo vstavi ploščico z nanosom barvil (slika 1c) ter pusti na pultu. Kadičke ne premikaj. Počakaj, da fronta topila prileze skoraj do vrha (1-2 cm pod vrhom) in ploščico vzemi iz kadičke. S svinčnikom **takoj!** označi, do kod je prilezla fronta topila. Komoro ponovno zapri s pokrovom.

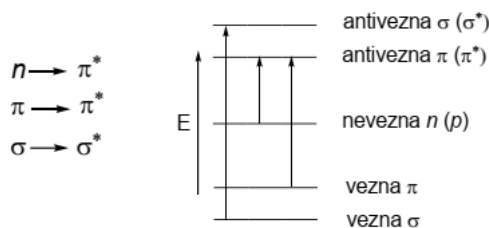
Pripravi si dve kapalki z vato za filtracijo. S spatulo spraskaj najvišjo rumeno liso na tehtalni papir ter zdrobi s spatulo. Dobljen prah stresi v pripravljeno kapalko, ki jo vpni v prižemo, podnjo postavi kiveto za UV meritev. S kapalko odmeri 1 mL acetona in ga počasi po kapljah dodaj v pripravljeno kolonico. Pazi da nivo raztopine v kiveti ni čez oznako na kiveti. Zamaši z zamaškom, na katerega napišeš svojo oznako. Postopek ponoviš s naslednjo, temno zeleno liso, ki jo spraskaš s ploščice, preneseš v pripravljeno kolonico in eluiras z 1 mL acetona v drugo UV kiveto. Tudi to označiš ter predaš nadzornemu za UV meritev.

UV Vis spektroskopija

UV Vis spektroskopija je vrsta absorpcijske spektroskopije, pri kateri vzorec osvetlimo z elektromagnetnimi žarki različnih valovnih dolžin v ultravijoličnem (UV) in vidnem (Vis) območju. Odvisno od snovi vzorec delno absorbira ultravijolične ali vidne svetlobne žarke. Preostalo svetlobo, tj. prepuščeno svetlobo, zabeleži detektor v odvisnosti od valovne dolžine in ustvari edinstven UV Vis spekter vzorca (absorpcijski spekter).



Absorpcija UV-svetlobe povzroči elektronske prehode iz nižjih energijskih nivojev na višje energijske nivoje. V osnovnih stanjih se elektroni v molekulah nahajajo v σ , π , in n orbitalah, nezasedene pa so razvezne σ^* in π^* orbitale. Ločimo več tipov prehodov, ki se med seboj razlikujejo po energiji (λ) in verjetnosti prehoda (intenziteti absorpcije).

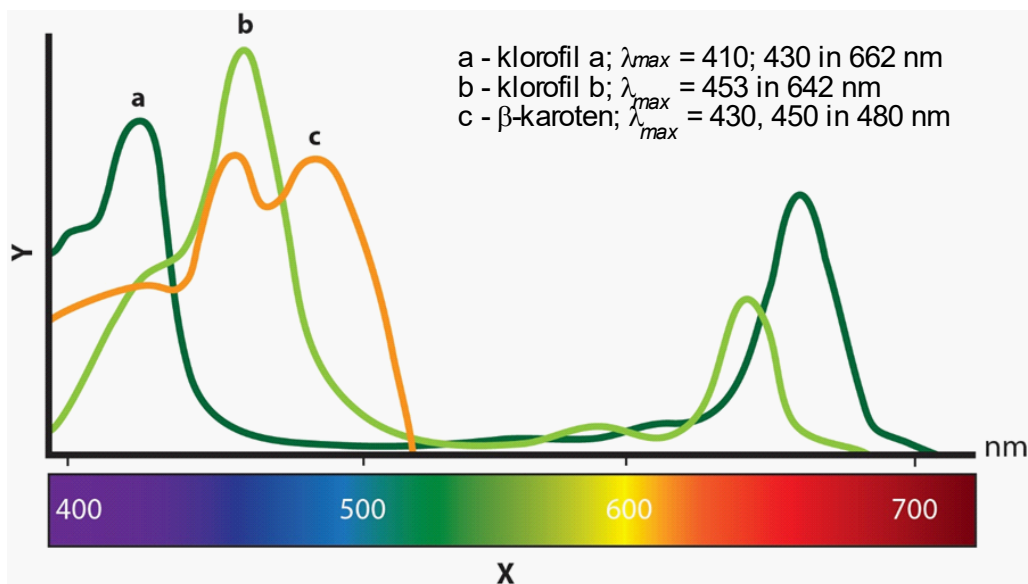


Prehodi $\sigma \rightarrow \sigma^*$ zahtevajo večjo energijo, zato jih ni mogoče zaznati z UV Vis spektroskopijo. Tak primer so nasičeni ogljikovodiki, ki imajo $\lambda_{max} < 140$ nm. Molekule, ki vsebujejo π elektrone (alkeni in alkini), absorbirajo pod 200 nm, vendar je vrh močno odvisen od substituentov, prehod $\pi \rightarrow \pi^*$ je geometrijsko ugoden, zato so absorptivnosti velike ($\epsilon > 10000$). Molekule, ki vsebujejo n in π elektrone (npr. karbonilne skupine), potrebujejo relativno nizko enegijo za prehod $n \rightarrow \pi^*$ in absorbirajo pri cca 280 nm, vendar je večina teh prehodov zaradi geometrijskih razlogov malo verjetna, zato so absorptivnosti nizke ($\epsilon < 100$).

S konjugacijo dvojnih vez se energetske nivoje med posameznimi molekulskimi orbitalami zblížujejo, kar privede do absorpcije svetlobe pri daljših valovnih dolžinah. Dovolj dolga konjugacija povzroči, da so spojine obarvane in absorbirajo v vidnem delu spektra.

Tudi topilo, v katerem snemamo UV/Vis spekter, ima lahko vpliv na položaj in obliko spektra. Bolj polarno topilo lahko tvori npr. vodikove vezi s topljencem, kar vpliva na fino strukturo spektra in položaj maksimuma. To je pomembno pri primerjavi dobljenih spektrov z literaturnimi podatki, saj lahko pride do manjših odstopanj.

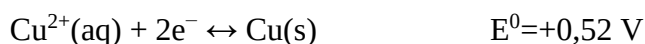
UV-Vis spektri klorofila a, klorofila b in β -karotena:



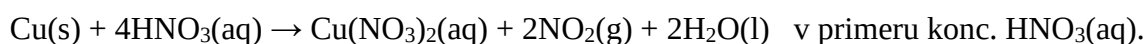
4. Sinteza koordinacijskih spojin (Marta Počkaj)

Uvod

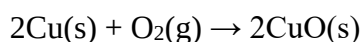
Baker je najmanj reaktiven element prve vrste kovin prehoda. Ima pozitiven redoks potencial:



in zato ne reagira z neoksidirajočimi kislinami, kot je npr. HCl. Reagira pa npr. z vročo raztopino H_2SO_4 in z HNO_3 (ne glede na njeno koncentracijo):

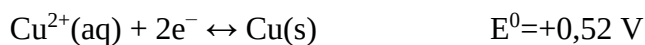


V prisotnosti zraka baker reagira z mnogimi razredčenimi kislinami, kar privede med drugim do nastanka t.i. zelenega volka, tj. patine na kovinskih baker vsebujočih predmetih (gre za bazični bakrov sulfat). Elementarni baker se raztaplja tudi v koncentrirani raztopini NH_3 , pri čemer nastane kompleksni ion $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, ki obarva raztopino značilno modro. Ob segrevanju s kisikom tvori različne okside:



Če baker segrevamo z elementarnimi halogenimi elementi, nastanejo ustrezni bakrovi dihalogenidi.

Baker je edini element prve vrste kovin prehoda, ki tvori stabilne spojine, v katerih je v oksidacijskem stanju +1. V vodnih raztopinah je Cu(I) nestabilen, saj sta standardna redoks potenciala za redukcijo Cu(II) in Cu(I) do elementarnega bakra relativno podobna:



zato se bakrove(I) spojine v vodi zlahka oksidirajo do oksidacijskega stanja +2 ali pa disproporcionirajo.

Baker(I) običajno stabiliziramo tako, da tvorimo netopno spojino, kot je npr. CuCl, ali pa kompleksno zvrst, npr. $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$.

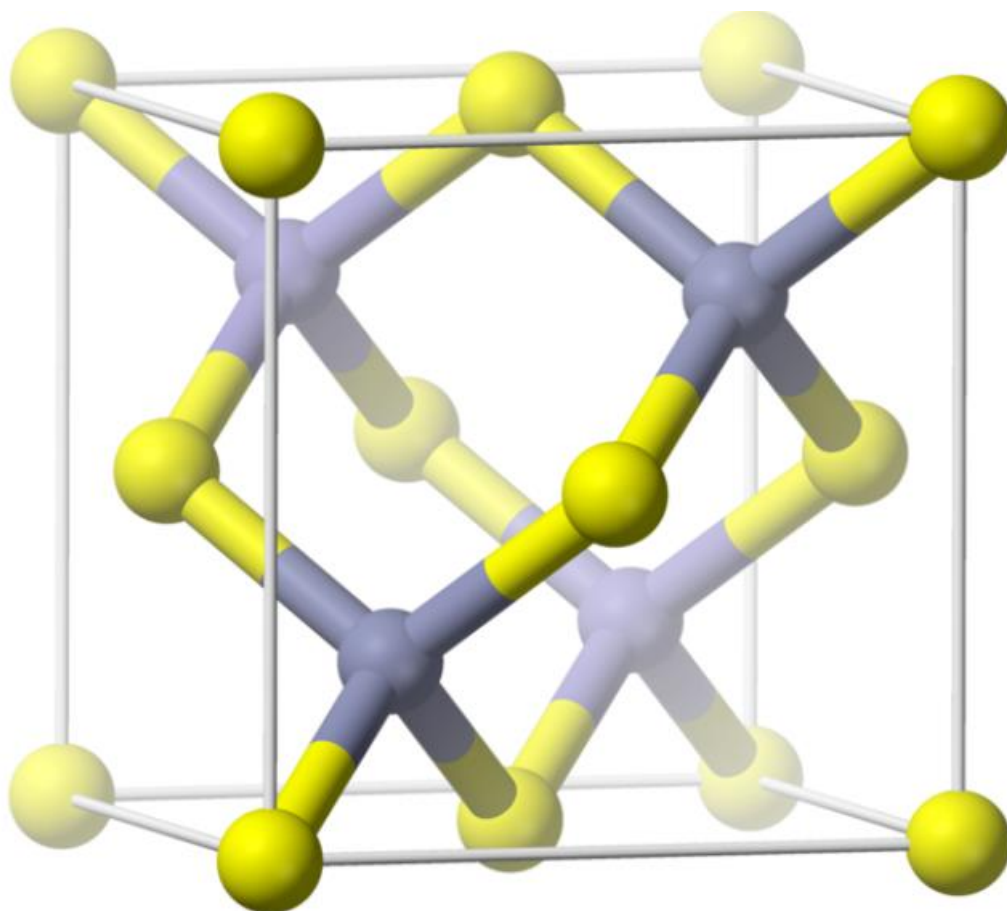
Vsekakor se baker v spojinah običajno nahaja v oksidacijskem stanju +2, manj pogosto v oksidacijskem stanju +1, medtem ko sta oksidacijski stanji +3 in +4 zelo redki (priprava pri visokih temperaturah in/ali tlakih).



Spojine bakra(I)

Za bakrov(I) ion je značilna d^{10} elektronska konfiguracija, zaradi katere je vseh pet d -orbital zapolnjenih. Zato so spojine brezbarvne in diamagnetne, razen v primeru, ko jim barvo daje anion ali pa pride do absorpcije v vidnem področju (t.i. charge transfer; tako primer je npr. Cu_2O).

Bakrov(I) fluorid ni znan. Bakrovi(I) klorid, bromid in jodid so bele trdnine, ki jih običajno pripravijo z redukcijo bakrove(II) soli v prisotnosti halogenidnega iona. Vsi trije so tudi zelo slabo topni. Kristalna struktura bakrovega(I) klorida je prikazana na spodnji sliki (rumene kroglice predstavljajo kloridne, sive pa bakrove(I) ione):



Gre za t.i. strukturni tip cinkove svetlice, v katerem sta oba iona obdana s štirimi protiioni, razporejenih v obliki tetradra. To je tudi najbolj običajna geometrija Cu(I) iona, možne pa so tudi drugačne (npr. trikotno-planarna in linearna).

Več o pripravi, stabilnosti in ostalih lastnostih izbranih bakrovih(I) binarnih in koordinacijskih spojin si lahko preberete v literaturi, navedeni na koncu navodil.

Navodila za eksperimentalno delo – sinteza koordinacijskih spojin

Naloga: Pripravi bakrov(I) klorid, CuCl.

Reagenti: kovinski baker, konc. $\text{HNO}_3(\text{aq})$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{s})$, konc. $\text{HCl}(\text{aq})$, konc. $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, aceton.

Potrebščine in inventar: tehtnica, merilni valji, čaše, urno steklo, Buchnerjev lij in presesalna erlenmajerica, gorilnik, trinožno stojalo z mrežico, spatula, pinceta, filtrirni papir, inertni plin za prepihovanje, posodica z zamaškom za shranjevanje produkta.

Sintezo bomo izvedli v več stopnjah:

1. Reakcija med elementarnim bakrom in konc. dušikovo(V) kislino

Zatehtajte kos bakra z maso približno 1 g in ga narežite na tanke trakove v 150 mL čašo. V digestoriju prilijte 5 mL konc. HNO_3 . Ko zreagira ves baker, k nastali modri raztopini dodajte 50 mL destilirane vode in počakajte, da se raztopina ohladi.

Meritve:

$m(\text{Cu}) = \dots\dots\dots \text{g}$

$V(\text{HNO}_3) = \dots\dots\dots \text{mL}$

$V(\text{H}_2\text{O}) = \dots\dots\dots \text{mL}$

Vprašanja:

-Zakaj moramo kos bakra narezati na manjše koščke?

-Zapišite in uredite reakcijo med elementarnim bakrom in koncentrirano raztopino HNO_3 .

-Kako vemo, kdaj je reakcija končana?

-Zakaj reakcijo izvajamo v digestoriju?

-Koliko mL konc. HNO_3 (65%, gostota raztopine 1,385 g/mL) bi potrebovali, da zreagira ves baker?

-Kolikšna je prostornina nastalega plina pri 25 °C in tlaku 98,0 kPa?

-Zakaj je raztopina po reakciji obarvana modro?



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

2.Reakcija med prebitno dušikovo(V) kislino in natrijevim karbonatom

Na urno steklo zatehtajte 16 g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. V modro raztopino $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, dobljeno pri prejšnji reakciji, počasi med mešanjem dodajajte trden $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Ko je prebitek kisline nevtraliziran, se preostanek $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ lahko doda hkrati. Takrat začne tudi nastajati oborina, ki jo odfiltrirajte s pomočjo Buchnerjevega lija in presesalne erlenmajerice. Oborino skupaj s filter papirjem prenesite v 150 mL čašo, v katero dolijte 100 mL destilirane vode. Vsebinsko čašo premešajte, filter papir odstranite, ter oborino ponovno odfiltrirajte pod znižanim tlakom.

Meritve:

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \dots\dots\dots \text{g}$

$V(\text{H}_2\text{O}) = \dots\dots\dots \text{mL}$

Vprašanja:

-Zapišite reakcijo med prebitno HNO_3 in $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

-Kako ugotovimo, da zreagira vsa prebitna kislina?

-Katera oborina se tvori ob nadaljnjem dodatku $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$? Zapišite reakcijo, ki poteče.

-Kolikšna masa oborine bi morala nastati, če pri poskusu ne bi bilo izgub?

-Kakšno je oksidacijsko stanje bakra v nastali oborini?



3. Raztapljanje bakrovega(II) karbonata v klorovodikovi kislini

Pripravljeno oborino bakrovega karbonata prenesite v 150 mL čašo, prilijte 25 mL destilirane vode in med mešanjem, počasi, dodajte še 10 mL koncentrirane HCl.

Vprašanja:

-Ali je bakrov(II) karbonat topen v vodi?

-Kakšne spremembe opazite ob dodajanju HCl k oborini?

-Zapišite in uredite enačbo kemijske reakcije, ki pri tem poteče?

-Zakaj in kako je obarvana reakcijska raztopina? Katere ione vsebuje? Kakšno je oksidacijsko stanje bakra v zvrsti, ki ga vsebuje?

4. Reakcija z elementarnim bakrom

V zeleno raztopino, nastalo pri prejšnji reakciji, dodajte 1,5 g bakra, narezanega na tanke trakove. Čašo z raztopino pokrijte z urnim steklom in jo v digestoriju segrejte do vrenja. Raztopina naj nato zmerno vre vsaj 30 minut, pri čemer pazite, da ne odpari večji del vode. S segrevanjem prenehajte, ko se barva raztopine postane zelo svetla.

Meritve:

$m(\text{Cu}) = \dots\dots\dots \text{g}$

Vprašanja:

-Zapišite in uredite reakcijo med zeleno raztopino in elementarnim bakrom.

Bodite pozorni na spreminjanje oksidacijskih stanj bakra v zvrsteh, v katerih nastopa.

-Katero zvrst vsebuje nastala svetla raztopina?



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

5. Nastanek, izolacija in shranjevanje CuCl

V 400 mL čašo odmerite 150 mL destilirane vode in jo postavite v ledeno kopel. Nato vanjo previdno odlijte vročo raztopino. Pazite, da z raztopino ne prelijete tudi nezreagiranih kosov bakra. Čašo pokrijte z urnim steklom in pustite nekaj minut na ledeni kopeli, da se izloči trdni bakrov(I) klorid.

V dveh merilnih valjih si pripravite po 10 mL koncentrirane očetne kisline in acetona. Bakrov(I) klorid odfiltrirajte s pomočjo presesalne erlenmajerice in Buchnerjevega lija. Takoj, ko v liju ni več tekočine, na trdno snov nalijte očetno kislino in jo odsesajte. Enako ponovite z acetonom. Produkt še nekaj minut sušite na Buchnerjevem liju, nato ga stehtajte. Suh produkt nato shranite v zaprti posodi, ki jo prepahate z inertnim plinom.

Meritve:

$m(\text{urno steklo}) = \dots\dots\dots \text{ g}$

$m(\text{urno steklo} + \text{CuCl}) = \dots\dots\dots \text{ g}$

Vprašanja:

-Zapišite in uredite reakcijo nastanka CuCl.

-Zakaj pri filtraciji uporabimo očetno kislino in zakaj aceton?

-Koliko CuCl bi teoretično nastalo, če pri postopkih ne bi bilo izgub?

-Izračunajte izkoristek.

-Zakaj produkt shranimo v zaprti posodi, prepahani z inertnim plinom?

Literatura

F. Lazarini, J. Brenčič: Splošna in anorganska kemija. Visokošolski učbenik. 3. izd., 2. natis. Ljubljana : Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2014.

C. E. Housecroft, A. G. Sharpe: Inorganic Chemistry. 5th edition. Harlow : Pearson, 2018.



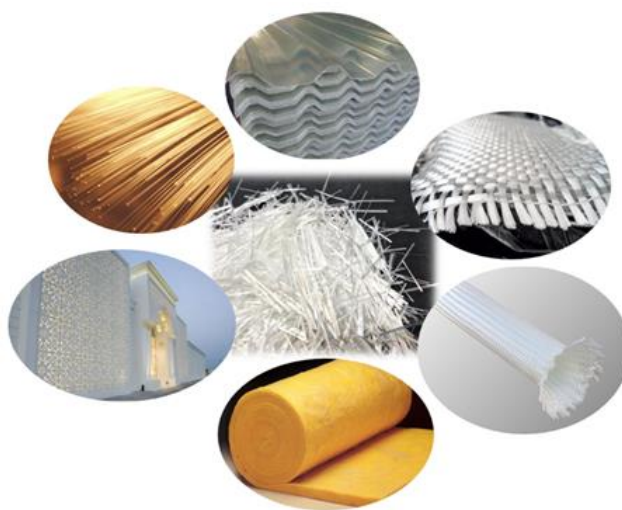
FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

5. Prašni materiali – karakterizacija in nevarnosti (Tina Skalar, Marko Krivec)

O VZORCU

Steklena vlakna se večinoma uporabljajo kot ojačevalno sredstvo. S polimerom (npr. poliestrom) tvorijo kompozit, ki se ponaša z dobrim razmerjem med debelino, težo in trdnostjo. Takšne materiale odlikuje tudi možnost enostavnega preoblikovanja, kar še dodatno razširi uporabnost in s tem poveča uporabo v številnih industrijah.



Steklena vlakna odlikuje visoka natezna trdnost (večja kot pri jekleni žici enakega premera, material ob tem tehta manj), zadovoljiva dimenzijska obstojnost (majhen vpliv temperature in vlažnosti na dolžino in premer), visoka termična obstojnost (temperatura mehčanja pri 845 °C in tališče pri 1135 °C), dobra požarna odpornost (negorljiv mineralni material, ki pri visoki temperaturi ne razpada ali oddaja strupenih produktov), dobra kemijska odpornost (pri stiku z večino kemikalij) in odpornost na sončno svetlobo, obenem pa so v primerjavi z drugimi s podobnimi lastnostmi cenovno zelo ugoden material.

Poliester, z drugim imenom tudi polietilen tereftalat (PET), je najpogosteje uporabljeni polimer iz vrst termoplastov na svetu. V svetovnem merilu dosega 18 % proizvodnje na področju proizvodnje polimerov. Večinoma se uporablja v tekstilni industriji in proizvodnji PET plastenk. Poliester je delno kristaliničen polimer, ki ima prav tako ugodno razmerje med trdnostjo in težo, ne reagira s hrano in pijačo ter je neprepusten za tekočino in paro.

V okviru delavnice boste spoznali vzorec, ki je zmes poliestra in steklenih vlaken. T. i. *fibreglass reinforced polyester* (FRP) je kompozitni material steklenih vlaken in poliestra, v katerem je polimerna matrica ojačana s steklenimi vlakni. Pogosto se uporablja v prevozni industriji (letalski, pomorski), kjer sta pomembni predvsem visoka trdnost in nizka teža.



1. del: KARAKTERIZACIJA PRAHU

1.1 Optični mikroskop

Optični ali svetlobni mikroskop sestoji iz treh osnovnih delov: iluminatorja za osvetljevanje površine vzorca, objektiva za razločevanje detajlov in okularja za povečanje slike, ki jo ustvari objektiv. Slika objektiva nastane skozi oba sistema leč objektiva in okularja.

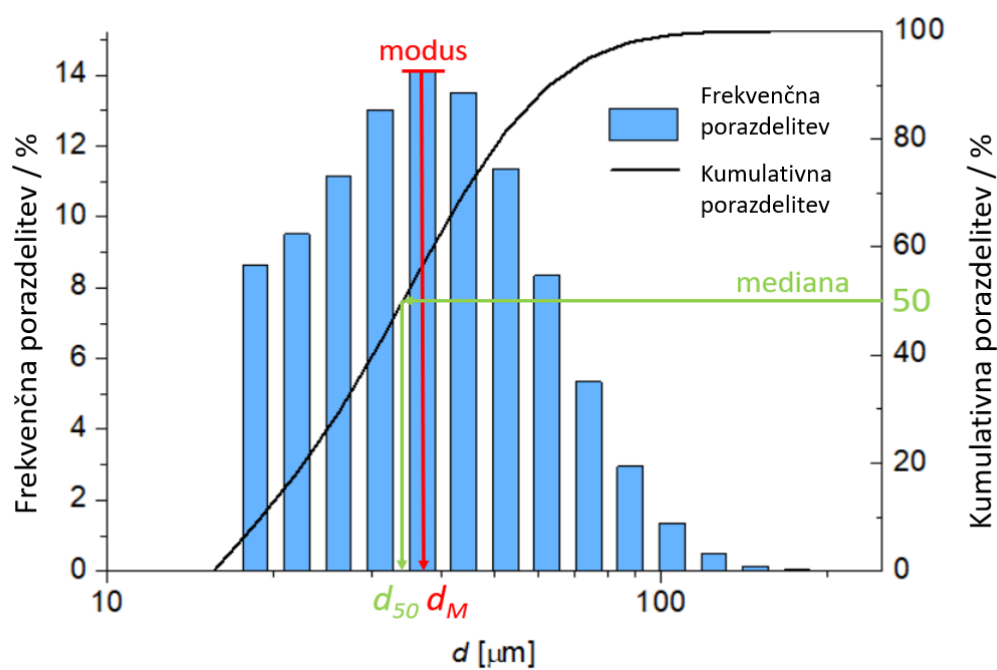
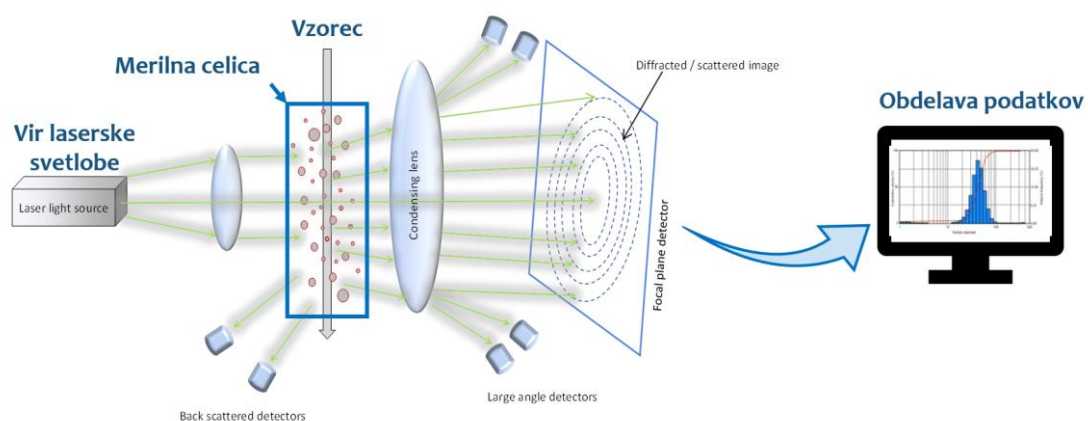
Za raziskave z optičnim mikroskopom je potrebna zadostna osvetljenost objekta, ki jo ustvarimo z virom svetlobe, kondenzatorjem in nastavitvijo zaslonk. Na opazovani objekt vodimo toliko svetlobe, da ne pride do pretiranega segrevanja površine vzorca. Za nemoteno delo z optičnim mikroskopom je pomembna tudi optimalna nastavitvev aperturne in poljske zaslonke. Z odpiranjem in zapiranjem aperturne zaslonke določimo količino svetlobe, ki jo uvajamo v optični sistem za osvetljevanje. Poljska zaslonka pa služi za povečanje in zmanjševanje vidnega polja. Ločljivost optičnega mikroskopa je definirana kot najmanjša razdalja med dvema točkama na vzorcu, ki ju še ločimo med seboj.



→ **Naloga:** Slikajte vzorec na različnih mestih in pri različnih povečavah. S pomočjo merila na sliki komentirajte obliko in velikost delcev.

1.2 Laserski analizator porazdelitve velikosti delcev

V zadnjem času se zaradi svoje preprostosti pri pripravi vzorca, rokovanju z instrumentom in hitri izvedbi analize še posebej uveljavljajo instrumenti, ki temeljijo na sipanju laserske svetlobe na delcih disperznega sistema. Določevanje porazdelitve velikosti delcev s sipanjem laserske svetlobe temelji na dejstvu, da majhni delci, na katere posvetimo s svetlobo relativno majhne valovne dolžine, delujejo kot ovira na poti svetlobe, zaradi česar se svetloba na njih sipa. Sipanje svetlobe na majhnih delcih vključuje tri različne pojave: lom, odboj in uklon. Način sipanja svetlobe na delcih je odvisen od velikosti delca in od valovne dolžine svetlobe. Razpršeni laserski žarek se zazna s fotodetektorji (zaslon), ki so postavljeni za merilno celico, v kateri je vzorec (v obliki suspenzije ali prahu v toku plina). Difrakcijski vzorec razpršenega laserskega žarka je osnova za izračun porazdelitve velikosti delcev v suspenziji. Vrednotenje meritev intenzitete sipane laserske svetlobe poteka z uporabo računalniških algoritmov. Kot rezultat meritve instrument navadno poda številčni ali pa volumski delež frakcije v nekem velikostnem razredu.



→ **Naloga:** Vzorcju izmerite porazdelitev velikosti delcev z opisanim instrumentom. S pomočjo asistenta komentirajte dobljene rezultate.

2. del: PRAŠNE EKSPLOZIJE

Prašna eksplozija je fenomen, ki se sicer zgodi redko, a ima takrat pogosto katastrofalne posledice. Za nastanek prašne eksplozije mora biti sočasno izpolnjena vrsta pogojev, ki jih najlepše ponazori t. i. peterokotnik prašne eksplozije:



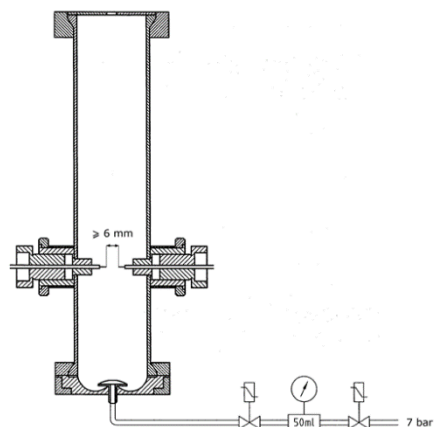
Prvi trije elementi tvorijo t. i. trikotnik gorenja; če katerega od njih odvezemo, gorenje ni mogoče ali bo prenehalo. Kadar je gorljiv prah razpršen v omejenem prostoru, napolnjenem z zrakom, ki vsebuje ustrezno količino kisika, lahko pride do prašne eksplozije. Če prostor ni omejen in/ali gorljiv prah ni porazdeljen v zraku, se peterokotnik pretvori v trikotnik, s tem pa zmanjša nevarnost in posledično tudi verjetnost, da dana nevarnost povzroči katastrofalne posledice.

Prašne eksplozije se pojavljajo v različnih okoljih pri številnih dejavnostih: lesno-, kovinsko- in živilskopredelovalni, farmacevtski, tekstilni industriji, industriji polimernih materialov, premogovnikih ipd.

Za razumevanje verjetnosti in posledic nastanka prašnih eksplozij obstajajo kriteriji, s katerimi lahko ocenimo nevarnost nastanka prašne eksplozije določenega gorljivega prahu in stopnjo škode, ki jo lahko povzroči. Parametri, s katerimi ovrednotimo nevarnost nastanka prašne eksplozije, so *minimalna vžigna energija*, minimalna eksplozijska koncentracija, minimalna vžigna temperatura in mejna koncentracija kisika v atmosferi.

Glede na naravo prahov je minimalna vžigna energija (MVE), ki se podaja v obliki območja (npr. < 1 mJ, 1–3 mJ, 30–100 mJ), najbolj razširjen podatek za oceno nevarnosti pojava prašne eksplozije. Minimalna vžigna energija je definirana kot najnižja energija, ki je potrebna za vžig

gorljivih prašnih delcev, porazdeljenih v atmosferi, z zadostno količino oksidanta. V splošnem velja, da nižja kot je energija vžiga, bolj nevaren je prah. Na minimalno vžigno energijo vplivajo številni dejavniki (mdr. koncentracija prahu, velikost delcev, temperatura in vlaga vzorca in okolice, koncentracija kisika, material elektrod in razdalja med njima, volumen komore).



→ **Naloga:** Vzorcu določite minimalno vžigno energijo po standardnem postopku za določanje MVE s Hartmannovo cevjo.

6. Gravimetrična in titrimetrična analiza (Jernej Imperl)

1. Gravimetrična analiza

Osnove

Gravimetrija je ena od osnovnih in klasičnih laboratorijskih metod analize, kjer bomo iskano snov oziroma analit iz vzorca izločili v trdno obliko, ki jo bomo na koncu stehtali. Tako bomo določili, koliko analita je v vzorcu – njegovo vsebnost.

Laboratorijska vaja

Naš vzorec bo prehransko dopolnilo v obliki šumeče tablete, ki naj bi zagotavljajo ustrezen dnevni vnos elementa kalcija, ki ga za delovanje potrebuje naše telo. Naš analit bo torej element kalcij s kemijskim simbolom Ca.

Kalcij v vzorcu ni – in tudi v nobenem trenutku pri našem laboratorijskem delu ne bo – v elementarni obliki. Vedno bomo kalcij srečali v ionski obliki kot kalcijev kation Ca^{2+} .

Oglejte si embalažo kalcijevih šumečih tablet in poiščite podatek o vsebnosti kalcija ter jo zapišite:

Izvedba vaje po korakih:

1. V stekleno posodico natehtajte približno 1 g vzorca zdrobljenih kalcijevih šumečih tablet. Zapišite si natančno maso vzorca.

Masa vzorca: $m_{\text{vz}} =$ _____ g

2. Vzorec stresite v čisto 400 mL čašo, v kateri je že steklena palčka. Ostanek praška iz steklene posodice sperite s puhalko, v kateri je deionizirana voda.
3. V čašo z ustreznim merilnim valjem dodajte še 20 mL deionizirane vode in z drugim merilnim valjem 15 mL raztopine klorovodikove kisline HCl (1+1).
4. Prižgite kuhalnik in nanj postavite čašo. Raztopino segrevajte do vretja. Občasno premešajte. V čaši ne sme biti trdnega preostanka.



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

5. Čašo s kuhalnika prestavite na ustrezno podlago (kos kartona) in notranje stene sperite s puhalko z deionizirano vodo.
6. V čašo nato dodajte deionizirano vodo do približno 100 mL (glejte oznake na čaši).
7. V čašo dodajte še 2 kapljici indikatorja metil rdeče. Raztopina se obarva rožnato.
8. Raztopino v čaši ponovno segrejte do vretja, jo odstavite in stene sperete s puhalko z deionizirano vodo. Med segrevanjem občasno premešajte.
9. V še vročo raztopino z merilnim valjem odmerite 50 mL raztopine obarjalnega reagenta – raztopine amonijevega oksalata $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ s koncentracijo 40 g/L.
10. Čašo prestavite v digestorij in med mešanjem počasi s kapalno posodico dodajajte raztopino amoniaka NH_3 (1+1). Amoniak dodajajte dokler se raztopina ne obarva rumeno. Iz raztopine bo začela izpadati bela oborina kalcijevega oksalata.

Zapišite kemijsko reakcijo obarjanja kalcijevega oksalata:

11. Čašo postavimo z zloženo papirnato brisačko tako, da iztok (kljunček) gleda navzdol (tako se bo vsa nastala oborina posedla le na eno stran čaše). Počakajte 1 uro, da se vsa oborina posede na dno čaše.
12. Izberite nučirni lonček, ga označite in stehtajte.

Masa nučirnega lončka: $m_{nl} =$ _____ g

13. Izvedite nučiranje. Pripravite si presesalno bučo in gumijasti nastavek, v katerega sede nučirni lonček. Na presesalno bučo nataknete gumijasto cev vodne črpalke. Prižgite vodno črpalko. V lonček pričnite počasi prelivati (oddekantirati) bistro raztopino iz čaše. Ko prelijete večino raztopine, preostanek v čaši pomešajte in v lonček prelijte nastalo suspenzijo preostanka raztopine in oborine. S spiranjem čaše s puhalko z deionizirano vodo prenesite vso oborino v lonček.
14. V 100 mL čašo si prelijte približno 50 mL 0,2 % raztopino $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. To raztopino postopoma prelivajte v nučirni lonček, da sperete oborino.
15. Oborino približno 5 min sušite z delujočo vodno črpalko. Po preteku 5 minut najprej ločite gumijasto cev in presesalno bučo. Šele nato ugasnete vodno črpalko.
16. S presesalne buče snemite nučirni lonček z oborino in previdno obrišite (le zunanjo stran lončka).
17. Lonček z oborino postavite v sušilnik. Oborino sušimo 1 uro pri 100 °C. S sušenjem iz oborine odstranimo odvečno vodo, tako nam preostane suha oborina kristalohidrata kalcijevega oksalata monohidrata.



Zapišite kemijsko formulo kristalohidrata: _____

18. Še topel nučirni lonček z oborino prestavimo iz sušilnika v stekleno posodo s sušilnim sredstvom – eksikator, da preprečimo ponovno vezavo vode v oborino iz zračne vlage.
19. Ohlajen lonček z oborino ponovno stehtamo.

Masa nučirnega lončka z oborino: $m_{nl+ob} =$ _____ g

Izračun rezultata

Izračunajte maso oborine kalcijevega oksalata monohidrata.

$$m_{ob} = m_{nl+ob} - m_{nl}$$

Izračunajte maso kalcija v oborini.

$$m_{Ca} = \frac{M_{Ca}}{M_{oborina}} \times m_{oborina}$$

Izračunajte masni delež kalcija v kalcijevi šumeči tableti.

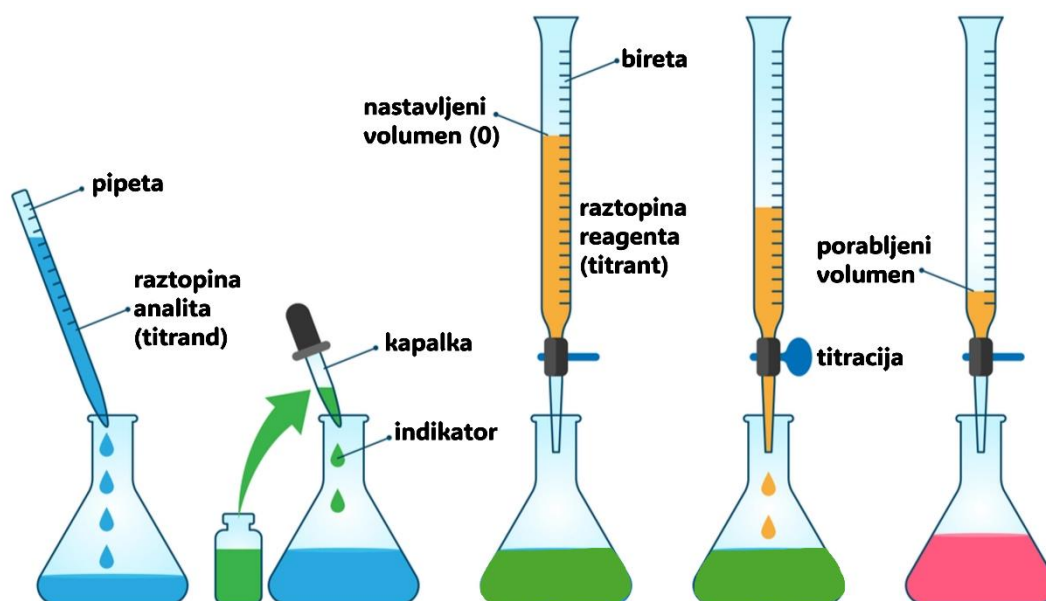
$$w_{Ca} = \frac{m_{Ca}}{m_{vz}}$$

2. Titrimetrična analiza

Osnove

Titrimetrija spada pod večje področje volumetrije, kjer natančno merimo in odmerjamo volumen raztopine. Pri titrimetriji bomo s postopnim dodajanjem znane raztopine titranta (raztopina reagenta) k natančno odmerjenemu volumnu raztopine titranda (raztopine analita) izvajali kemijsko reakcijo med reagentom in analitom in zasledovali končno stehiometrično razmerje. Konec reakcije bomo označili z neko vidno spremembo (npr. spremembo barve) tako, da bomo v raztopino analita dodali indikator.





Laboratorijska vaja

Naš vzorec bo medenina, ki je zlitina bakra in cinka. Določili pa bomo vsebnost bakra – to bo naš analit.

Izvedba vaje po korakih:

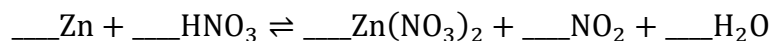
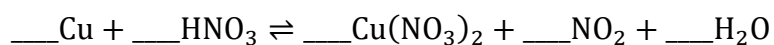
Priprava vzorca - skupaj

1. V 400 mL čašo natehtajte približno 4,2 g opilkov vzorca medenine. Zapišite si natančno maso vzorca.

Masa vzorca: $m_{vz} = \underline{\hspace{2cm}} g$

2. Previdno v čašo prelijte 40 mL 50 % dušikove(V) kisline HNO_3 in raztopite vzorec medenine. Pri raztapljanju bodo iz raztopine izhajale rjave pare dušikovega(IV) oksida NO_2 , zato ta del izvajamo v digestoriju.

Uredite spodnji kemijski reakciji raztapljanja bakra in cinka v dušikovi(V) kislini:



FKKT

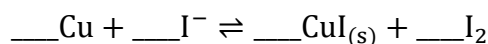
UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

3. Ko je vse raztopljeno, v čašo previdno dolijte 20 mL 20 % žveplove(VI) kisline H_2SO_4 in previdno segrevajte na kuhalniku do pojava belih par in dokler ne izhlapi polovica začetnega volumna.
4. Do približnega volumna 150 mL (oznake na čaši) počasi dodajajte deionizirano vodo.
5. Nastalo raztopino kvantitativno (v celoti) prenesite v 500 mL bučko, ki jo nato do oznake napolnite z deionizirano vodo. Raztopino vzorca v bučki premešajte.

Titracija vzorca – samostojno

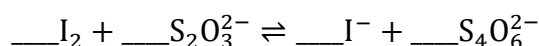
6. 50 mL bireto si napolnite z 0,1 M raztopino natrijevega tiosulfata $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, jo vpnite v stojalo in nastavite volumen na ničto vrednost s spuščanjem raztopine iz birete.
7. V erlenmajerico s širokim vratom z 15 mL polnilno pipeto prenesite raztopino vzorca in dodajte deionizirano vodo do približnega volumna 100 mL (oznake na erlenmajerici).
8. V erlenmajerico nato dodajte še 2 mL koncentrirane fosforjeve(V) kisline H_3PO_4 z uporabo merilne pipete in 4 g kalijevega jodida KI, ki si ga natehtate na tehtalni listek. Raztopino premešajte. Raztopina se bo obarvala rjavo in izpadla bo bela oborina.

Rjava barva raztopine je posledica tvorbe elementarnega joda I_2 , bela oborina pa tvorbe bakrovega(I) jodida CuI , ki v raztopini nastajata po naslednji reakciji (uredite jo):



9. Takoj po dodatku KI in mešanju pričnite s titracijo. Raztopino iz birete spuščate po kapljicah med mešanjem raztopine v erlenmajerici. Rjava barva raztopine bo postopoma začela bledeti.

Med titracijo poteka sledeča reakcija – med seboj reagirata jod in tiosulfatni anion, nastajata pa brezbarvna jodidni anion in tetrationsatni anion (uredite reakcijo):



10. Ko je raztopina obarvana le še svetlo rumeno, prenehajte titrirati in v erlenmajerico dodajte 4 kapljice škrobovice (vodne raztopine škroba). Raztopino v erlenmajerici premešajte. Raztopina se bo obarvala intenzivno modro.¹

¹ Modra barva je posledica tvorbe kompleksne spojine med molekulami škroba in preostalimi molekulami joda I_2 .



11. Nadaljujte s titracijo. Raztopino iz birete počasi spuščajte po kapljicah med mešanjem raztopine v erlenmajerici. Titracijo zaključite, ko se raztopina v erlenmajerici razbarva.
12. Na bireti odčitajte porabljeni volumen.

Porabljeni volumen 0,1M raztopine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ za titracijo: $V_{\text{titr}} = \text{_____ mL}$

Izračun rezultata

Določite molsko razmerje med bakrovimi Cu^{2+} ioni in molekulami joda I_2 (prva reakcija pri titraciji).

$$n_{\text{Cu}^{2+}} : n_{\text{I}_2} = \text{---} : \text{---}$$

Določite molsko razmerje med molekulami joda I_2 in tiosulfatnimi ioni $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (druga reakcija pri titraciji).

$$n_{\text{I}_2} : n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = \text{---} : \text{---}$$

Združite molski razmerji tako, da dobite molsko razmerje med bakrovimi Cu^{2+} ioni in in tiosulfatnimi ioni $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

$$n_{\text{Cu}^{2+}} : n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = \text{---} : \text{---}$$

Izračunajte koncentracijo bakrovih Cu^{2+} ionov v odmerjenih 15 mL raztopine vzorca (X in Y iz zgornjega molskega razmerja).

$$X \times n_{\text{Cu}^{2+}} = Y \times n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$$

$$X \times c_{\text{Cu}^{2+}} \times V_{\text{Cu}^{2+}} = Y \times c_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \times V_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$$

$$c_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{Y \times c_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \times V_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}}{X \times V_{\text{Cu}^{2+}}}$$

Izračunajte koncentracijo bakrovih Cu^{2+} ionov v raztopini vzorca v 500 mL bučki.

Izračunajte masni delež bakra v vzorcu medenine.

$$w_{\text{Cu}} = \frac{m_{\text{Cu}}}{m_{\text{vz}}}$$

$$w_{\text{Cu}} = \frac{n_{\text{Cu}} \times M_{\text{Cu}}}{m_{\text{vz}}}$$

$$w_{\text{Cu}} = \frac{c_{\text{Cu}} \times V_{\text{Cu}} \times M_{\text{Cu}}}{m_{\text{vz}}}$$



7. Poročilo o Poletni šoli kemijskih znanosti 2024 (Andrej Godec)

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za kemijo*
in kemijsko tehnologijo



Poletna šola kemijskih znanosti 2024 – POROČILO

Ljubljana, 2.7.2024

V tednu od 25.6. do vključno 28.6.2024 smo na naši fakulteti gostili 15 slovenskih dijakin in dijakov, ki so se v laboratorijih spoznali z različnimi področji dela na fakulteti. Na vrsti je bila naša že tradicionalna Poletna šola kemijskih znanosti.

Poletno šolo organizirata Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani in Zveza za tehnično kulturo Slovenije.

Posamezne delavnice poletne šole so vodile-i mag. Marija Kisilak, dr. Berta Košmrlj, dr. Marta Počkaj, dr. Ula Rozman, dr. Tina Skalar, in mag. Jernej Imperl.

Pomagale so dr. Gabriela Kalčíkova, Karmen Klančar, Branka Miklavčič, Mojca Žitko, dr. Marko Krivec in Matjaž Malavašič.

Vodja poletne šole je dr. Andrej Godec.

Poletno šolo sta v imenu fakultete otvorila dekanja fakultete prof.dr. Andreja Žgajnar Gotvajn in dr. Andrej Godec.

V imenu Zveze za tehnično kulturo Slovenije pa je udeleženske in udeležence pozdravil njen glavni tajnik Jožef Školč.

Poletno šolo smo začeli na praznik, saj je bilo na voljo toliko različnih delavnic naših sedelavk in sodelavcev, da bi bila dobra dva dneva poletne šole mnogo premalo.



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



Dijakinje in dijaki so po uvodnih dodatnih navodilih v zvezi z varnim delom v laboratoriju takoj pričeli z delom.

Torkovo delavnico iz analizne kemije je pripravil mag. Jernej Imperl, pomagala pa mu je Mojca Žitko. V tej delavnici so se spoznali z dvema klasičnima metodama analize - gravimetrijo in titrimetrijo. Najprej so z gravimetrijo določili vsebnost kalcija v vzorcu kalcijeve šumeče tablete, in enako določitev nato opravili še z moderno instrumentalno metodo. Popoldne pa so z dvema vrstama titracije določili količino bakra v neznanem vzorcu.

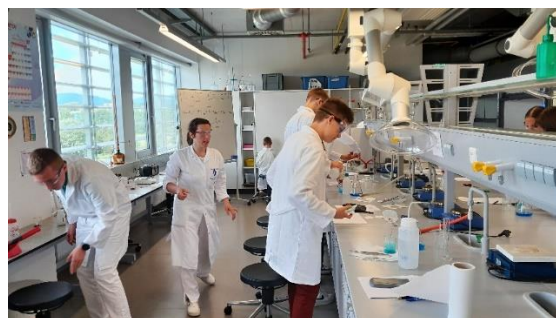


FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



V sredo je bila dopoldne na vrsti delavnica iz anorganske kemije. V tej delavnici so z večstopenjsko sintezo iz elementarnega bakra pripravili bakrov(I) klorid. Pri tem so spoznali osnovne postopke v sintezni kemiji. Ker se spojine, ki vsebujejo baker v oksidacijskem stanju +1, zlahka oksidirajo, pa so se seznanili tudi s postopki, s katerimi takšno oksidacijo preprečimo. Delavnico je vodila dr. Marta Počkaj, pomagala pa je Karmen Klančar.

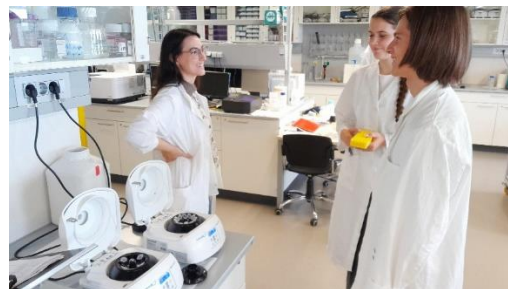


V sredo popoldne, drugi dan poletne šole, je bila na vrsti delavnica iz biokemije. Tudi organske spojine in celo biološke molekule lahko tvorijo kristale. Kristalizirajo lahko proteini in nukleinske kisline, analiza teh kristalov pa nam omogoča določitev strukture bioloških molekul. Na delavnici so se udeleženske in udeleženci preizkusili v uspešnosti kristalizacije kokošnjega lizocima, pogoje za kristalizacijo pa so si izbrali sami. Medtem ko so čakali, da lizocim kristalizira, pa so se spoznali z metodami za izolacijo proteinov. Izolirali so zeleni fluorescirajoči protein (GFP), nato pa preverili, kako različni pogoji (pH in temperatura) vplivajo na stabilnost proteinov. Delavnico sta vodila mag. Marija Kisilak, pomagal pa je Matjaž Malavašič.



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



V četrtek, tretji dan poletne šole, sta bili na vrsti dve delavnici.

V delavnici iz organske kemije so dijaki iz rastlinskih materialov (listov rastlin) ekstrahirali rastlinska barvila, jih kromatografsko ločili in izolirali beta-karoten ter alfa-klorofil. Uspešnost izolacije so nato preverili še z UV-Vis spektroskopijo.

Delavnico je vodila dr. Berta Košmrlj, pomagala pa je Branka Miklavčič.



V drugi četrtkovi delavnici pa so se spoznali s trenutno najbolj razširjenim onesnaževalom – mikroplastiko. Mikroplastika so delci plastike v velikosti od 1 μm do 1 mm, ki so kljub svoji inertnosti v okolju zelo mobilni. Peimer: mikroplastika, ki nastaja na kopnem, se z dežjem velikokrat spira v vodni ekosistem ter nato z rekami potuje vse do oceanov. Tekom svoje poti pa prihaja v kontakt tudi z drugimi (raztopljenimi) onesnaževali, ki jim mikroplastika predstavlja nosilec za vezavo. Ta onesnaževala nato skupaj z mikroplastiko potujejo naprej po okolju in ogrožajo številne organizme. V okviru delavnice so spoznali različne tipe mikroplastike, ki nastajajo tekom vsakdanjih opravil, ter ovrednotili njen potencial za prenos onesnaževal po vodnem okolju. Izvedli so poskus adsorpcije modelnega onesnaževala in ovrednotili hitrost vezave, potencialno desorpcijo in izračunali kinetiko adsorpcije.

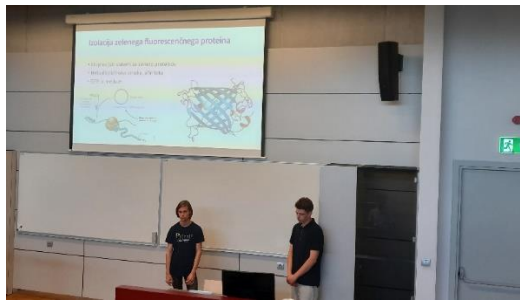
Delavnico sta vodili dr. Ula Rozman in dr. Gabriela Kalčikova.

Petek je bil zadnji dan letošnje poletne šole. V petkovi delavnici so izvedli prašne eksplozije gorljivih prahov v Hartmanovi cevi, ki nam omogoča meritve eksplozijskih parametrov. Vzporedno so opravili karakterizacijo izbranih prahov, kar je omogočilo opisati razlike v eksplozijskih parametrih, in je bilo podlaga za oceno občutljivosti in posledic prašnih eksplozij. Delavnico je vodila dr. Tina Skalar, pomagal pa je dr. Marko Krivec.



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



Ob 13h smo zaključili z letošnjo poletno šolo kemijskih znanosti. Dijaki so predstavili delo v posameznih delavnicah, in na koncu izpolnili še anketo o poletni šoli. Med vtisi so kot pozitivno izkušnjo izpostavili samostojno delo v delavnicah in njihovo raznolikost, med pripombami pa je bila dolžina vsakodnevnih delavnic; delo v laboratoriju je naporno, kar kemiki sicer dobro vemo. Vsem se zahvaljujemo za udeležbo, in se vidimo tudi prihodnje leto.

Letos so našo poletno šolo podprla naslednja podjetja: Analysis Adria d.o.o., Chemass d.o.o., in Mikro+polo d.o.o.

Vsem podjetjem se za pomoč najlepše zahvaljujemo. Brez vaše pomoči bi bila izvedba poletne šole veliko težja.

Tekst je pripravil: Andrej Godec



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

8. Fotografije poletne šole (Andrej Godec, Andrej Križ)



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

9. Mednarodna kemijska olimpijada 2024 (Andrej Godec)

Slovenska šestčlanska ekipa se je konec julija 2024 vrnila iz Rijada v Savdski Arabiji, kjer je potekala 56. mednarodna kemijska olimpijada. Gre za dogodek najvišjega ranga, ki zahteva dobro teoretično in praktično znanje dijakov.

Letos so Slovenijo zastopali Matej Nastran, Luka Gašperlin (oba gimnazija Škofja Loka), Filip Zver (gimnazija Ljutomer) in Gabriel Žnidaršič (Gimnazija Vič Ljubljana). Ekipo sva vodila glavni mentor Andrej Godec in mentor Darko Dolenc, oba iz Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani.

Dijaki so v hudi konkurenci dosegli odličen uspeh: vsi štirje so dobili bronasto medaljo. Iskrene čestitke!

Na priloženi fotografiji smo z leve Darko, Matej, Gabriel, Filip, Luka in Andrej, nahajamo pa se pred stavbo Univerze kralja Sauda v Rijadu.



Mednarodna kemijska olimpijada obstaja od leta 1968. Na samem dogodku imajo dijaki priložnost, da - poleg doseganja čimboljših rezultatov v mednarodni konkurenci - srečajo podobne bistre glave iz celega sveta, in ohranijo stike še dolgo v bodočnost.

Priprave na olimpijado potekajo na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani. Štartamo običajno januarja z okrog 100 dijaki, do konca aprila pa po pripravah in testih izberemo štiri najboljše. Letos je dijak pripravljala strokovna ekipa naše fakultete, ki so jo sestavljale dr. Berta Košmrlj, dr. Marta Počkaj, dr. Darko Dolenc, mag. Jernej Imperl in dr.



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Andrej Godec. Pri prevajanju nalog je pomagal tudi dr. Miha Lukšič, v laboratoriju pa sta bili tehnična pomoč Mojca Žitko in Branka Miklavčič.

Celotni ekipi se za opravljeno delo in požrtvovalnost najlepše zahvaljujemo.

Pri organizaciji udeležbe na olimpijadi plodno sodelujemo z Zvezo za tehnično kulturo Slovenije, in Slovenskim kemijskim društvom. Obema se iskreno zahvaljujemo za dragoceno pomoč.

Letošnje olimpijade se je udeležilo 333 dijakov iz 89 držav. Dijaki tekmujejo dva dni: najprej je na vrsti laboratorij, potem pa še teoretični test. Vsakič imajo na voljo 5 ur časa. Naloge so bile tudi letos zelo zahtevne; dve sta bili praktični, in devet teoretičnih.

Naloge zajemajo sicer vsa področja kemije, in ponekod presegajo fakultetni nivo. Povezava do dogodka je naslednja: IChO 2024, <https://www.icho2024.sa/en/Pages/default.aspx>.

Povejmo še, da lahko temperature v Savdski Arabiji v tem letnem času dosežejo 48 stopinj Celzija, kar je bila za nas, vajenih prijetnega vremena in zelene narave, prav posebna izkušnja.

Rijad (الرياض), glavno mesto kraljevine Savdske Arabije (المَمْلَكَة الْعَرَبِيَّة السُّعُودِيَّة), ima sicer okrog 7 milijonov prebivalcev, cela država pa 37. Veliko je priseljencev, ki so prišli sem na delo; opravljajo namreč večino servisnih dejavnosti. Tudi sicer po nekaterih ocenah izvira skoraj 40% prebivalstva v Savdski Arabiji iz drugih držav, največ iz Indije, Indonezije, Pakistana, Bangladeša in Egipta. Ti imajo manjše trgovince z živili in z oblačili, vozijo taksije, in opravljajo še vrsto drugih del, brez katerih bi se država ustavila. Kolikor lahko rečem iz razgovorov z njimi, živijo skromno ampak solidno, in lahko finančno podpirajo tudi svoje družine doma.

V Rijadu prevladuje nizka gradnja, stavbe pa so večinoma peščene barve. To daje mestu nek poseben čar, še posebej ob sončnem zahodu, ki sem ga šel čakati na vrh 267 m visoke stavbe Al Faisailiah. V mestu je sicer nekaj visokih zgradb, a v primerjavi z drugimi velikimi mesti zelo malo; zaradi visokih temperatur je vzdrževanje takšnih zgradb najbrž predrago tudi za Savdijce.



Sončni zahod v Rijadu.



Gostoljubni Arabci vas pričakajo s kavo in dateljini.

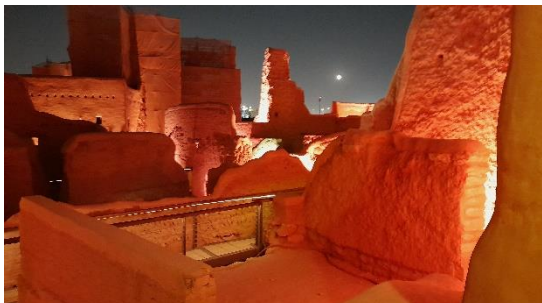
Na sami olimpijadi smo bili, kar se tiče ogleda mesta, bolj ali manj prepuščeni sami sebi. Javnega prometa takorekoč ni, tako da smo se v mesto ob dokaj redkih priložnostih, ko nismo



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

imeli sestankov, vozili s taksiji. Veliko je stvari, vrednih ogleda; naj tukaj omenim samo Diriyah (الديرية), malo mestice – v 18. stoletju dom familije Saud, ki vlada tej državi, ter njihovo rezidenco v Rijadu.



Diriyah.



Rezidenca kraljevske družine v Rijadu.

Mentorji smo na sami olimpijadi polno zaposleni; usklajujemo tekste nalog, pregledamo laboratorijske pulte dijakov, in prevajamo naloge. Na koncu tudi ocenjujemo delo naših dijakov, in ocene primerjamo z organizatorjevimi na arbitraži.



Dijaški delovni pult.



Usklajevanje tekstov in prevajanje.

Dijaki tekmujejo dva dni po pet ur; najprej je na vrsti praktični del, kjer izvajajo poskuse – tokrat dva dolga – v laboratoriju. Dva dni zatem pa je na vrsti teoretični test, kjer so morali reševati devet nalog. Te obsegajo znanje fizikalne kemije, termodinamike in kinetike, pa organske kemije; letos sta bili zraven tudi nalogi iz analizne in anorganske kemije. Naloge sicer najdete na spletnih straneh organizatorja, ali pa v spletni učilnici Kemljub, ki jo urejamo za dijake in kamor vas vabim k obisku (<https://skupnost.sio.si/course/view.php?id=150>). Naloge dostikrat presegajo fakultetni nivo, a navsezadnje gre za najbistrejše glave iz večine držav, tako da je to razumljivo.

Leta 2025 bo olimpijada v Združenih arabskih emiratih.

Zapisal: Andrej Godec, FKKT



FKKT

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo