

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/26

Kategória A

Celoštátne kolo

PRAKTICKÉ ÚLOHY



PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Celoštátne kolo

Rastislav Serbin

Maximálne 25 bodov (46 pomocných bodov), 1 pb = 0,5435 b
Doba riešenia: 150 minút

Stanovenie chrómu a zinku v galvanických roztokoch

Moderné galvanizačné prevádzky dnes neplnia len technickú funkciu ochrany kovov pred koróziou, ale súčasne zohrávajú významnú úlohu v architektúre a dizajne, kde sa kladie dôraz na dlhodobú stabilitu povrchov, jednotnosť vrstiev a vysoké estetické nároky.

Vo veľkých podnikoch sa často paralelne vykonáva pozinkovanie oceľových konštrukčných prvkov aj pochrómovanie dielov určených pre reprezentatívne architektonické projekty, ako sú fasádne a interiérové prvky moderných budov. Takéto prevádzky pracujú s viacerými technologickými kúpeľmi, ktorých zloženie musí byť priebežne kontrolované.

Pri intenzívnej prevádzke môže dôjsť k nežiaducej kontaminácii technologických roztokov, napríklad prenosom kovových iónov medzi jednotlivými linkami, pri regenerácii kúpeľov alebo pri manipulácii s technologickými koncentrátmi. Spoľahlivá analytická kontrola je preto nevyhnutná nielen pre zachovanie kvality povrchových úprav, ale aj z ekonomických a environmentálnych dôvodov.

V tejto úlohe budete pracovať so vzorkou koncentráту galvanického roztoku obsahujúceho ióny Cr^{3+} a Zn^{2+} , ktorá je pre Vás pripravená v odmernej banke s objemom 250 cm³.

Pomôcky:

byreta 25 cm³, lievik na byretu, držiak na byretu, laboratórny stojan, nedelená pipeta 25 cm³, odmerné banky 2 × 100 cm³ a 250 cm³ so zátkami, titračné banky 3 × 250 cm³, kadičky 100, 150 a 250 cm³, 2 × odmerný valec 25 cm³, sklenená tyčinka, kolónka pre katex, vata, striekačka s destilovanou vodou, univerzálny pH papierik, varič

Chemikálie a roztoky:

Každý súťažiaci:

vzorka koncentráty Cr^{3+} a Zn^{2+} s označením *vzorka*

katex v H^+ forme v kadičke

Spoločné pre všetkých súťažiach:

roztok hydroxidu sodného $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$

roztok Na_2EDTA ; komplexón 3 (K3) $0,1784 \text{ mol dm}^{-3}$

Tashirov indikátor s kvapkadlom

amoniakálny tlmivý roztok $\text{pH} = 10$

roztok MgSO_4 $0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

indikátor eriochróm čerň T (EBt) – tuhá zmes 1 : 100 s NaCl

acetátový pufor $\text{pH} = 5,5$

destilovaná voda

GHS údaje:

Chemikália	H-vety	P-vety
vzorka – vodný roztok iónov Zn^{2+} a Cr^{3+}	H315, H319, H335	P210, P220, P261, P280, P302+P352, P305+P351+P338
roztok hydroxidu sodného $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$	neklasifikované podľa GHS (pri $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$)	P264, P280
roztok EDTA (chelátón III) $0,1784 \text{ mol dm}^{-3}$	neklasifikované podľa GHS	P264, P280
Amoniakálny tlmivý roztok ($\text{pH} 10$)	H290, H314, H319, H335	P260, P264, P273, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
acetátový pufor $\text{pH} = 5,5$ (vodný)	neklasifikované podľa GHS	—
Tashirov indikátor (indikátorový roztok v etanole)	H225, H319	P210, P233, P280, P305+P351+P338
roztok MgSO_4 $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$	neklasifikované podľa GHS	—
katex v H^+ forme (vlhký)	neklasifikované podľa GHS	—
Tuhý indikátor Eriochróm čerň T 1:100 s NaCl	neklasifikované podľa GHS (zmes vysoko zriedená)	P264, P280

Pracovný postup

Príprava kolóny s katexom

Opláchnite destilovanou vodou pripravenú kolónku na katex a pomocou sklenenej tyčinky vysteľte jej dno kúskom vaty (zabránenie úniku katexu). Dbajte na to, aby vo vate neostali veľké medzery. Pomôžte si tyčinkou a destilovanou vodou.

V odmernom valci si odmerajte medzi 10 – 12 cm³ katexu a opatrne ho prelejte (pomocou vyplachovania destilovanou vodou striekačkou) do takto pripravenej kolónky. Katex nechajte usadiť a prípadné medzery či kavity odstráňte pomocou tyčinky. Na vrch vrstvy katexu opatrne umiestnite kúsok vaty tak, aby hladina katexu zostala pod ňou (zabránenie víreniu katexu pri prilievaní kvapalín). Počas prelievania roztokov musí byť vata vždy mierne pod hladinou.

a) Príprava vzorky

V odmernej banke 250 cm³ s označením “**vzorka**“ je presne 25,00 cm³ roztoku jej koncentráta Cr³⁺ a Zn²⁺(V₀). Doplňte ju destilovanou vodou presne po značku 250 cm³ (V_{0zr.}) a dôkladne premiešajte.

b) Neutralizačná titrácia (katexová vetva)

Zo vzorky (V_{0zr.}) odoberte presne 25,00 cm³ a prelejte ich primeranou rýchlosťou (najviac 2 kvapky za sekundu) cez pripravenú kolónku s katexom priamo do čistej 100 cm³ odmernej banky. Potom kolónku premyte dostatočným množstvom destilovanej vody až do neutrálnej reakcie, ale dbajte pritom na to, aby ste v súčte cez kolónku nepreliali objem väčší ako 100 cm³. Prípadný nedostatok objemu roztoku doplňte po značku destilovanou vodou a premiešajte.

Z takto pripraveného roztoku pipetujte 25,00 cm³ do titračnej banky, pridajte 2 – 3 kvapky Tashiro indikátora a titrujte roztokom NaOH s koncentráciou $c_1 = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ do prvej stabilnej zelenej farby.

Celý postup (len v prípade preukázateľnej hrubej chyby), resp. titráciu, podľa potreby opakujte (V₁₁, V₁₂, V₁₃ ... V_{1x}) a určte hodnotu akceptovanej spotreby (V_{1akc.}). Výsledky zaznamenajte do odpovedového hárku.

c) Komplexometrické stanovenie

Zo vzorky ($V_{0zr.}$) pipetujte $25,00\text{ cm}^3$ do kadičky. Odmerným valcom pridajte cca $20,0\text{ cm}^3$ acetátového pufru, presne 25 cm^3 $0,1784\text{ mol dm}^{-3}$ komplexónu III, zmes premiešajte a zahrievajte na variči (**vyhnite sa varu**) 10 – 15 min. Vzniknutý intenzívne fialovo sfarbený roztok nechajte vychladnúť a kvantitatívne preneste do 100 cm^3 odmernej banky, po značku doplňte destilovanou vodou a premiešajte. Z takto pripraveného roztoku pipetujte $25,00\text{ cm}^3$ do titračnej banky, odmerným valcom pridajte cca $10,0\text{ cm}^3$ amoniakálneho tlmivého roztoku (roztok sa sfarbí do modra), pridajte cca “na hrot špachtle” indikátora erionchróm čerň T, zmes dôkladne premiešajte a titrujte roztokom $0,05\text{ mol dm}^{-3}$ MgSO_4 až do fialového sfarbenia, stabilného aspoň 15 sekúnd.

Titraciu, podľa potreby opakujte ($V_{21}, V_{22}, V_{23} \dots V_{2x}$) a určte hodnotu akceptovanej spotreby ($V_{2akc.}$). Výsledky zaznamenajte do odpovedového hárku.

Úlohy, výpočty a otázky (vyplňte v odpovedovom hárku)

1. Vypočítajte látkové množstvo a hmotnosť chrómu a zinku v celej vzorke.
2. Vypočítajte obsah zinku a chromu v pôvodnom koncentráte vzorky (V_0) v hmotnostných %. Hustota koncentrátu je $\rho = 1,10\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.
3. Na základe pracovného postupu stručne opíšte všeobecný princíp tejto praktickej úlohy.
4. Pomocou chemických rovníc a schém vyjadrite všetky chemické deje, ktoré prebiehajú pri tejto praktickej úlohe.
5. Načo bolo potrebné v kroku c) roztok vzorky s komplexónom 3 zohrievať, a načo pri tom bol potrebný acetátový pufr?
6. Prečo po pridaní amoniakálneho pufru v bode c) ešte pred pridaním indikátora EBt roztok zmenil farbu z fialovej do modrej?

PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Celoštátne kolo

Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Martin Puffler, Martin Putala

Maximálne 15 bodov
Doba riešenia: 60 minút + 90 minút zahrievanie

Vašou úlohou je uskutočniť nukleofilnú substitúciu na karbonylovom uhlíku 4-metylbenzoylchloridu s 4-nitrofenolom v prítomnosti pyridínu (schéma 1). Produktom je biela kryštalická látka, ktorá sa izoluje oddestilovaním rozpúšťadla s následnou rekryštalizáciou. Čistotu produktu budete dokazovať pomocou tenkovrstvovej chromatografie (TLC).

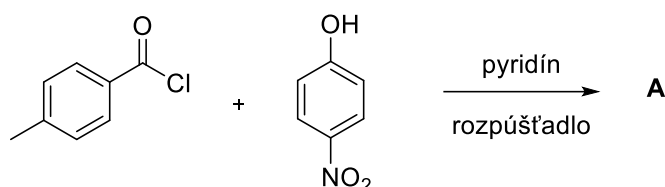


Schéma 1: Reakcia 4-metylbenzoylchloridu s 4-nitrofenolom.

Materiál a pomôcky:

kategória	pomôcka	počet	kategória	pomôcka	počet
sklo	banka s okrúhlym dnom 50 ml	1	prístroje	miešadlo s ohrevom	1
	banka s okrúhlym dnom 100 ml	1		váhy	1
	odmerný valec 20 ml	4		UV lampa	1
	spätný chladič	1		zdroj zníženého tlaku	1
	Liebigov chladič	1	kancelárske pomôcky	ceruzka	1
	Pasteurova pipeta	5		pravítko	1
	oddeľovací lievik so zátkou 100 ml	1		kancelárska spinka	1
	Erlenmeyerova banka 100 ml	2	ochranné pomôcky	laboratórny plášť	1
	filtračný lievik	1		ochranné okuliare	1
	kadička na TLC 50 ml	1		laboratórne rukavice	1
	nádoba na vodný kúpeľ	1	iné	magnetické miešadielko	1
	nádoba na ľadový kúpeľ	1		filtračný papier	2
	frita S3	1		kapilára na TLC	2
	odsávací banka s manžetou	1		TLC platnička	1
	liekovka	5		hadica	2
	Petriho miska	1		savička na Pasteurovu pipetu	1
	teplomer so zábrusom	1			
kov	stojan	2			
	lapák	2			
	svorka	3			
	kovový kruh	1			
	pinzeta	1			
	špachtla	1			
	lyžička	1			

Chemikálie:

chemikália, obal	H-veta*	P-veta*
4-nitrofenol , 0,7 g v označenej liekovke (do reakcie) a 0,05 g v označenej liekovke (pre TLC)	302/312/332, 373	280, 301/312/330, 302/352/312, 304/340/312, 314
4-metylbenzoylchlorid , 0.65 ml v označenej liekovke (do reakcie) a 0,05 g v označenej liekovke (pre TLC)	314	280, 305/351/338, 310
etanol 95% , v spoločnej označenej fľaši	225, 319	-
destilovaná alebo deionizovaná voda , v označenej stričke alebo fľaši	-	-
benzín lekárenský , ďalej uvádzaný ako hexán , v spoločnej označenej fľaši ako zložka eluentu pre TLC	225, 304, 315, 336, 373, 411	210, 261, 273, 301/310, 305/351/338
etyl-acetát , v spoločnej označenej fľaši ako zložka eluentu pre TLC	225, 319, 336	210, 305/351/338, 370/378, 403/235
terc-butyl(metyl)éter , v spoločnej označenej fľaši	225, 315	210, 302/352
pyridín , 0,4 ml v označenej liekovke	225, 302/312/332, 315, 319	210, 280, 301/312, 303/361/353, 304/340/312, 305/351/338
uhličitan sodný , nasýtený roztok	319	264, 280, 305/351/338, 337/313
síran sodný bezvodý	-	-

* zdroj: karty bezpečnostných údajov na <http://www.sigmaaldrich.com> pre koncentrované látky

Výstražné upozornenia (H-vety)

H 225	Veľmi horľavá kvapalina a pary.
H 302/312/332	Zdraviu škodlivý pri požití, styku s kožou alebo pri vdýchnutí.
H 304	Môže byť smrteľný po požití a vniknutí do dýchacích ciest.
H 314	Spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí.
H 315	Dráždi kožu.
H 319	Spôsobuje vážne podráždenie očí.
H 336	Môže spôsobiť ospalosť alebo závraty.
H 373	Môže spôsobiť poškodenie orgánov pri dlhšej alebo opakovanej expozícii.
H 411	Toxický pre vodné organizmy, s dlhodobými účinkami.

Bezpečnostné upozornenia (P-vety a ich kombinácie)

P 210	Uchovávajte mimo dosahu tepla, horúcich povrchov, iskier, otvoreného ohňa a iných zdrojov zapálenia. Nefajčite.
P 261	Zabráňte vdychovaniu prachu/dymu/plynu/hmly/pár/aerosólov.
P 264	Po manipulácii starostlivo umyte pokožku.
P 273	Zabráňte uvoľneniu do životného prostredia.
P 280	Noste ochranné okuliare/ ochranu tváre.
P 301/310	PO POŽITÍ: Okamžite volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/lekára.
P 301/312	PO POŽITÍ: Pri zdravotných problémoch volajte NÁRODNÉ TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/ lekára.
P 301/312/330	PO POŽITÍ: Pri zdravotných problémoch volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/ lekára. Vypláchnite ústa.
P 302/352	PRI KONTAKTE S POKOŽKOU: Umyte veľkým množstvom vody.
P 302/352/312	PRI KONTAKTE S POKOŽKOU: Umyte veľkým množstvom vody. Pri zdravotných problémoch volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/ lekára.
P 303/361/353	PRI KONTAKTE S POKOŽKOU (alebo vlasmi): Všetky kontaminované časti odevu okamžite vyzlečte. Pokožku opláchnite vodou/sprchou.
P 304/340/312	PO VDÝCHNUTÍ: Presuňte osobu na čerstvý vzduch a umožnite jej pohodlne dýchať. Pri zdravotných problémoch volajte NÁRODNÉ TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/lekára.
P 305/351/338	PO ZASIAHNUTÍ OČÍ: Niekoľko minút ich opatrne vyplachujte vodou. Ak používate kontaktné šošovky a ak je to možné, odstráňte ich. Pokračujte vo vyplachovaní.
P 304/340/312	PO VDÝCHNUTÍ: Presuňte osobu na čerstvý vzduch a umožnite jej pohodlne dýchať. Pri zdravotných problémoch volajte NÁRODNÉ TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/lekára.
P 305/351/338	PO ZASIAHNUTÍ OČÍ: Niekoľko minút ich opatrne vyplachujte vodou. Ak používate kontaktné šošovky a je to možné, odstráňte ich. Pokračujte vo vyplachovaní.
P 314	Ak pociťujete zdravotné problémy, vyhľadajte lekársku pomoc/starostlivosť.
P 337/313	Ak podráždenie očí pretrváva: vyhľadajte lekársku pomoc/starostlivosť.
P 370/378	V prípade požiaru: Na hasenie použite suchú chemikáliu alebo piesok.
P 403/235	Uchovávajte na dobre vetranom mieste. Uchovávajte v chlade.

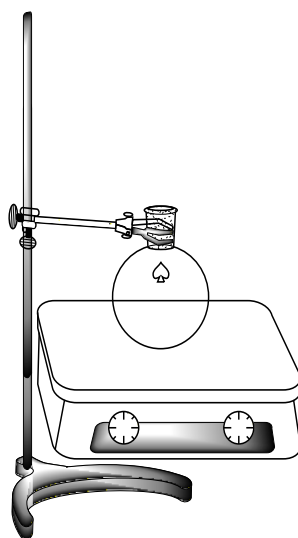
Poznámka k bezpečnosti práce:

Mladiství žiaci môžu manipulovať s dráždivými látkami len pod priamym dozorom učiteľa. Po pridaní do reakčnej zmesi ich koncentrácia klesne pod limit dráždivosti.

Pracovný postup

I. Uskutočnenie reakcie

Do 50 ml banky s okrúhlym dnom uchytenej do lapáka na stojane dajte 0,7 g 4-nitrofenolu z označenej liekovky, odmerným valcom prilejte 20 ml *terc*-butyl(metyl)éteru a Pasteurovou pipetou pridajte naraz 0,4 ml pyridínu z označenej liekovky, čím sa reakčná zmes samovoľne zahreje (pôvodnú liekovku a Pasteurovu pipetu vypláchnite s 1 ml *terc*-butyl(metyl)éteru, ktorý pridáte do reakcie). Pod banku umiestnite miešadlo s ohrevom a do banky vložte magnetické miešadielko. Takto pripravenú reakčnú zmes nechajte miešať pri laboratórnej teplote 5 minút do jej vychladnutia. Následne počas stáleho miešania pomaly (po kvapkách počas 2 minút) pridávajte 0,65 ml 4-metylbenzoylchloridu z označenej liekovky pomocou Pasteurovej pipety (pozorujete vznik bielej tuhej látky) (pôvodnú liekovku a Pasteurovu pipetu vypláchnite s 1 ml *terc*-butyl(metyl)éteru, ktorý pridáte do reakcie). Takto pripravenú reakčnú zmes nechajte miešať pri laboratórnej teplote 20 minút (rýchlosť miešania nastavte na 700 rpm). Po uplynutí tejto doby pridajte 20 ml *terc*-butyl(metyl)éteru a nechajte miešať pokiaľ sa zrazenina nerozpustí.

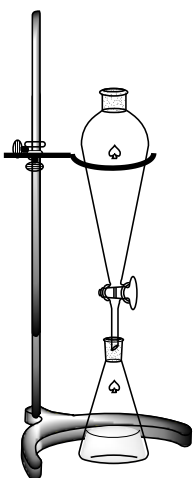


Obrázok 1: Aparatúra pre reakciu (bez chladiča).

II. Extrakcia

Reakčnú zmes prelejte do oddel'ovacieho lievika. Lievik umiestnite do kruhu na stojane a podložte ho 100 ml Erlenmeyerovou bankou (**Obrázok 2**). Pridajte 20 ml nasýteného roztoku Na_2CO_3 . Lievik uzavrite, obráťte ústím dohora, pretrepte a potom otvorte kohút na uvoľnenie tlaku (pri otváraní smeruje spodný otvor lievika nahor, počas

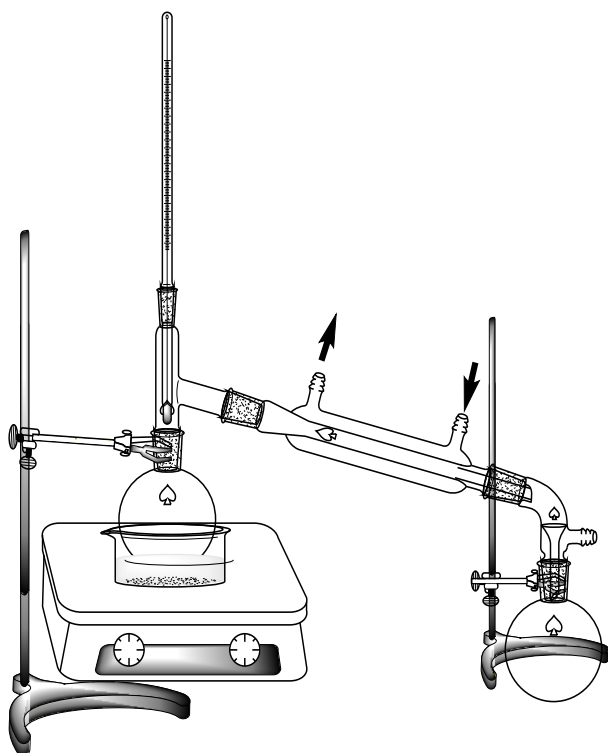
pretrepávania lievikom na nikoho nemierte!). Lievik umiestnite späť do kruhu, odzátkujte ho a počkajte, pokiaľ sa nevytvorí jasné rozhranie medzi vodnou (spodná vrstva) a organickou fázou (horná vrstva). Následne vodnú vrstvu vypustíte do 100 ml Erlenmeyerovej banky. Organickú vrstvu premyte podobným postupom ešte dvakrát po 20 ml nasýteným roztokom Na_2CO_3 . Následne organickú vrstvu vylejte cez vrchný otvor lievika do čistej 100 ml Erlenmeyerovej banky. Pridajte lyžičku bezvodého Na_2SO_4 , zmes premiešajte krúživým pohybom a nechajte stáť do vyčistenia roztoku. Roztok prefiltrujte cez filtračný lievik so skladaným filtračným papierom do čistej 100 ml banky s okrúhlym dnom.



Obrázok 2: Aparatúra pre extrakciu.

III. Destilácia

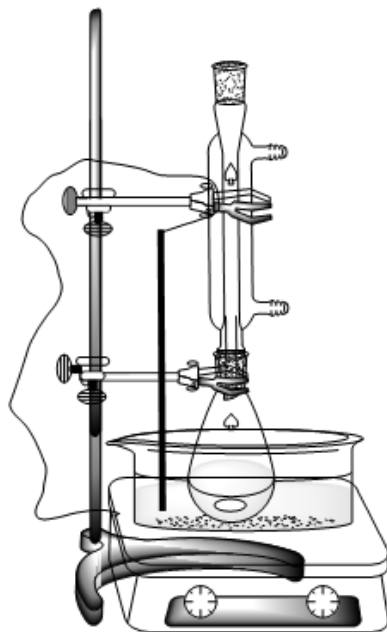
Do 100 ml banky s okrúhlym dnom s prefiltrovanou organickou fázou pridajte miešadielko a banku upevníte do lapáka na stojane nad magnetické miešadlo tak, aby bola čiastočne ponorená vo vodnom kúpeli (hladina filtrátu by mala byť približne vo výške hladiny vodného kúpeľa). Na druhý stojan upevníte do lapáka 50 ml banku s okrúhlym dnom tak, aby bola vo výške a vzdialenosti vhodnej na zapojenie Liebigovho chladiča do oboch baniek. Zapojte chladič, nasadíte teplomer a zapojte prúd vody vzostupne. Zapnite miešanie a ohrev nastavte na 70 °C, pričom destilácia začína, keď teplota na teplomere v Liebigovom chladiči dosiahne teplotu 55 °C (teplota varu *terc*-butyl(metyl)éteru). Destilujte, až kým teplota na teplomere výrazne klesne pod túto hodnotu, čo indikuje že bolo oddestilované všetko rozpúšťadlo. Následne odpojte chladič, banku s destilačným zvyškom vyberte z kúpeľa a nechajte voľne vychladnúť na laboratórnu teplotu, pričom destilačný zvyšok začne postupne kryštalizovať.



Obrázok 3: Aparatúra pre destiláciu so zapojením vody vzostupne.

IV. Rekryštalizácia

Stuhnutú zmes spolu s miešadielkom uchyťte do lapáka na stojan a umiestnite pod ňu miešadlo s vodným kúpeľom. Pridajte 15 ml zmesi etanol:voda 4:1 a na banku nasadíte spätný chladič bez zapojenia vody. Zapnite miešanie a ohrev nastavte na 100 °C. Keď roztok začne vriť a produkt sa nerozpustí, pridajte Pasteurovou pipetou cez spätný chladič ďalšiu zmes etanol:voda 4:1 (objem jednej Pasteurovej pipety predstavuje zhruba 2 ml) a nechajte opäť zovrieť. Tento postup opakujte, pokiaľ sa kryštály produktu nerozpustia. Následne vypnite ohrev, odpojte chladič, banku vyberte z kúpeľa a nechajte voľne vychladnúť na laboratórnu teplotu. Ďalej banku vložte na 10 minút do ľadového kúpeľa. Vzniknuté kryštály odsajte filtráciou cez fritu za zníženého tlaku na odsávacej banke a na fritu ich premyte 2 x 15 ml vody. Premývanie uskutočnite tak, že najprv odpojte zdroj podtlaku (vodná alebo membránová výveva), nalejte do frity nad kryštály rozpúšťadlo, špachtľou obsah premiešajte, zapojte vývevu a odsajte. Premývanie ešte raz opakujte. Získaný produkt preneste na vopred odvážený filtračný papier označený štartovným číslom, odoberte si malé množstvo na TLC analýzu a odovzdajte dozoru.

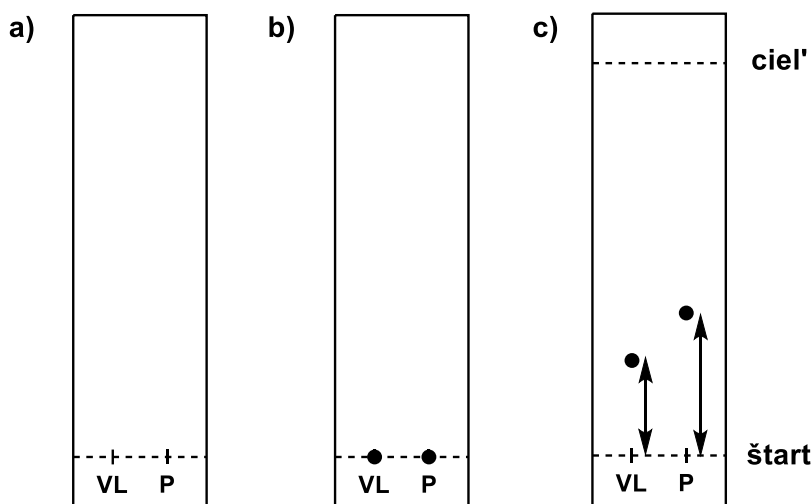


Obrázok 3: Aparatúra pre rekryštalizáciu so zapojením vody vzostupne.

V. TLC analýza

Vzorky východiskovej látky (4-nitrofenol) a produktu v liekovke zvlášť rozpustíte v malom množstve acetónu (približne 1 ml, čo zodpovedá polovičnej dávke Pasteurovou pipetou). Na TLC platničku narysujete ceruzkou opatrne čiaru (aby sa nepoškodil jej povrch) 1 cm od spodného okraja (obr. 2a). Kapilármi naneste vzorku roztoku východiskovej látky (označený VL) a Vášho produktu (označený P) (obr. 2b). Pri nanášaní nechajte látku vsiaknuť na povrch platničky a po odparení rozpúšťadla zopakujte nanášanie ešte dvakrát na to isté miesto pre jednu látku.

Ako vyvíjaciú nádobu použite 50 ml kadičku a preneste do nej pripravenú elučnú zmes hexán:etyl acetát 3:1 tak, aby výška hladiny bola 0,5 cm nad dnom. Zakryte Petriho miskou a nechajte postáť 2 min pre nasýtenie vzduchu nad eluentom jeho parami. Platničku opatrne vložte pinzetou do kadičky a kadičku opäť zakryte Petriho miskou. Keď rozpúšťadlo vystúpi na vzdialenosť asi 1 cm pod horný okraj, platničku vyberte z kadičky pinzetou a čiarou označte cieľ, t. j. líniu pokiaľ vystúpilo rozpúšťadlo (obr. 2c). Platničku nechajte samovoľne vyschnúť. Zaznačte škvrny viditeľné pod UV lampou. Nad čiaru cieľa napíšte ceruzkou Vaše štartové číslo v krúžku a platničku odovzdajte dozoru.



Obrázok 2: Tenkovrstvová chromatografia (TLC).

$$R_F = \frac{\text{vzdialenosť (štart – stred škvrny) v cm}}{\text{vzdialenosť (štart – cieľ) v cm}}$$

Poznámky

Počas celej práce používajte ochranné okuliare! Ak nosíte vlastné okuliare, tie na ochranu Vašich očí postačia. Pri práci používajte tiež ochranné rukavice. Pri výpočtoch používajte nasledovné relatívne atómové hmotnosti: $A_r(\text{C}) = 12$, $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{N}) = 14$, $A_r(\text{Cl}) = 35$. Hustota 4-metylbenzoylchloridu je $1,185 \text{ g.cm}^{-3}$. Výsledky uvádzajte na primeraný počet platných číslic.

Úloha 1 (11 b)

Produkt na filtračnom papieri označenom Vaším štartovým číslom a rovnako označenú TLC platničku odovzdajte doзору. Body Vám budú pridelené podľa hmotnosti vysušeného produktu, jeho čistoty na základe teploty topenia a podľa vyhodnotenia TLC.

Úloha 2 (0,6 b)

Pomocou údajov z elementárnej analýzy uvedených nižšie vypočítajte sumárny vzorec ($\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_p$) produktu **A**. Následne vypočítajte jeho molárnu hmotnosť.

produkt **A**: 65,37 % uhlík; 4,31 % vodík; 24,88 % kyslík; 5,45 % dusík

Úloha 3 (1,7 b)

Do tabuľky zapíšte údaje, ktoré sú známe z textu pracovného postupu. Nasledovne vypočítajte všetky chýbajúce údaje. Potrebné hustoty sú vopred uvedené. Dodržujte jednotky uvedené v hlavičke tabuľky. Pri výpočte ekvivalentov priradte hodnotu 1,0 pre zlúčeninu s najnižším látkovým množstvom. Taktiež zapíšte hmotnosť Vami izolovaného produktu a vypočítajte percentuálny výťažok.

	ekvivalent	n (mol)	M (g/mol)	m (g)	V (ml)	ρ (g/ml)
4-metylbenzoylchlorid						1,185
4-nitrofenol					–	–
pyridín						0,982
produkt A (teor. výťažok)					–	–
izolované množstvo produktu (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu:						

Úloha 4 (0,5 b)

Vypočítajte R_F hodnoty pre škvrny východiskovej látky a produktu na Vami vyvolanej TLC platničke.

Úloha 5 (1,2 b)

Pomocou ^1H NMR spektra (na nasledujúcej strane) určte štruktúru produktu **A**. Po určení štruktúry priradte jednotlivé signály príslušným vodíkom pričom viete, že pomery hodnôt integrálov pre jednotlivé signály zodpovedajú pomerom počtu ekvivalentných vodíkov. Tieto hodnoty zaokrúhľujte na celé čísla. Zapíšte výpis z ^1H NMR spektra vo forme δ_{H} : chemický posun (multiplicita, počet vodíkov) pre všetky signály produktu (vzorka bola meraná v deuterovanom chloroforme). Posun udávajte na dve desatinné miesta. Napíšte pri akej hodnote v cm^{-1} by ste očakávali absorpčné maximá v infračervenom spektre pre $-\text{NO}_2$ a $-\text{COO}-$ skupinu.

Autori: Mgr. Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Martin Puffler, doc. RNDr. Martin Putala, CSc.,
RNDr. Rastislav Serbin, PhD.

Recenzenti: doc. RNDr. Peter Magdolen, PhD., RNDr. Peter Troška, PhD., doc. Ing. Ján Reguli, CSc.
(vedúci autorského kolektívu)

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2026

