

# PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – šk. rok 2022/23  
Celoštátne kolo

**Pavol Tarapčík**

---

Maximálne: 25 bodov
Doba riešenia: 210 minút

## Úvod

Na Slovensku sa vyskytuje veľké množstvo zdrojov minerálnych vôd. Nachádzajú sa tu takmer všetky známe typy minerálnych vôd. Môžu sa používať ako liečivé alebo ich pijeme bežne ako stolovú vodu. Voda z vodovodu, neobsahuje vždy pre náš organizmus životne dôležité makro- a mikro- elementy a navyše v protiklade s minerálnymi vodami je aj chlórovaná. Vo všeobecnosti sú minerálne vody chutnejšie a prospešné pre zdravie.

Minerálne vody sú v podstate veľmi zriedené roztoky rozličných solí a v širšom zmysle ich chápeme ako vody, ktoré sa od obyčajných vôd odlišujú svojim chemickým zložením a fyzikálnymi vlastnosťami. Prírodné minerálne vody sú vody v prírodných prameňoch, ktoré majú v mieste vyvierania obsah rozpustených pevných látok viac ako  $1 \text{ g dm}^{-3}$  vody.

V nasledujúcej tabuľke je uvedené zloženie v  $\text{mg dm}^{-3}$  hlavných súčastí jednej zo slovenských minerálnych vôd – Ľubovnianska

$\text{Na}^+$	174,5	$\text{Cl}^-$	9,5
$\text{K}^+$	4,7	$\text{SO}_4^{2-}$	20,4
$\text{Ca}^{2+}$	152,5	$\text{HCO}_3^-$	1739
$\text{Mg}^{2+}$	173,6		

Tieto hodnoty nie sú konštantné, rôzne výsledky analýzy súvisia s variabilitou zloženia v rôznom čase odberu vody z prameňa.

Vašou úlohou je určiť kvantitatívne kationové zloženie dodanej minerálky. Na otázky v texte odpovedajte písomne v odpovedovom hárku.

## Stanovenie $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ a $\text{Na}^+$ v minerálnej vode

### Chemikálie:

Indikátory: Tashiro , eriochrómová čerň T, murexid, indikátorový pH papierik

Roztoky: NaOH ( $c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$ ), amoniakový tlmivý roztok ( $\text{pH} = 10,4$ ), chelatón 3, presný roztok cca  $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$  ( $250 \text{ cm}^3$ ), NaOH, presný roztok cca  $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$  ( $100 \text{ cm}^3$ ), ionex – silne kyslý katex v  $\text{H}^+$  cykle, premytý destilovanou vodou na neutrálnu reakciu

### Pomôcky:

byreta  $25 \text{ cm}^3$ , pipeta nedelená:  $10, 20$  a  $50 \text{ cm}^3$ , pipeta delená:  $5 \text{ cm}^3$ , kadička  $100 - 150 \text{ cm}^3$ , 4 ks, kadička  $250$  a  $400 \text{ cm}^3$ , titračná banka  $250 \text{ cm}^3$ , 2 ks, kužeľová banka (Erlenmayerova)  $250 \text{ cm}^3$ , odmerná banka  $100, 250$  2 ks a  $500 \text{ cm}^3$ ; nuč s rovnou fritou S1, odmerný valec  $10$  a  $25 \text{ cm}^3$ , byretový lievnik, strička, sklenená tyčinka, laboratórny stojan, svorky, lapák, špachtľa, lyžička, papierové pozadie biele A5, univerzálny pH papierik, filtračný papier

### 1. Úprava vzorky:

V kadičke  $400 \text{ cm}^3$  sa k presne  $200,0 \text{ cm}^3$  vzorky pridali 2 až 3 kvapky acido-bázického indikátora (metylovej červene) a acidita roztoku sa opatrne upravila pridávaním (pipetou po kvapkách) roztokom  $2 \text{ mol dm}^{-3}$  HCl do farebného odtieňa rovnakého ako má roztok  $1 \text{ g}$  hydrogénftalanu draselného v  $100 \text{ cm}^3$  vody. Roztok sa potom povaril. Po jeho ochladení vznikol roztok R0. Doplnil sa v  $250 \text{ cm}^3$  odmernej banke po značku (V1) destilovanou vodou, čím vznikne roztok R1.

Potrebný objem ( $V_1$ ) upravenej vzorky vody na analýzu, roztok R1, je v  $500 \text{ cm}^3$  odmernej banke, ktorá sa už nedoplňuje destilovanou vodou.

### Otázka 1: Prečo sa robí táto úprava zloženia vzorky?

Na oboznámenie sa s farebnými prechodmi indikátorov, opísanými nižšie, sa v laboratóriu nachádzajú ukážky farebnej zmeny jednotlivých indikátorov.

- *Acidobázický indikátor:*

Do titračnej banky odmerajte  $50 \text{ cm}^3$  destilovanej vody, 1 kvapku roztoku HCl ( $2 \text{ mol dm}^{-3}$ ), acidobázický indikátor a titrujte odmerným roztokom NaOH. Všímajte si farebnú zmenu roztoku.

- *Eriochromová čerň:*

Do titračnej banky odmerajte 50 cm<sup>3</sup> destilovanej vody, pridajte 1 kvapku „modelového roztoku katiónov“, 5 cm<sup>3</sup> amoniakálneho tlmivého roztoku a chelatometrický indikátor. Získaný roztok titrujte odmerným roztokom chelatónu. Všímajte si farebnú zmenu roztoku.

- *Murexid:*

Do titračnej banky odmerajte 50 cm<sup>3</sup> destilovanej vody, 1 kvapku „modelového roztoku katiónov“, pridajte chelatometrický indikátor. Pridaním asi 5 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH (2 mol dm<sup>-3</sup>) upravte sfarbenie roztoku na čisto ružové a titrujte odmerným roztokom chelatónu. Všímajte si farebnú zmenu roztoku.

**Otázka 2. Opíšte chemickými reakciami princíp funkcie farebného vizuálneho indikátora pri komplexometrickom stanovení.**

## **2. Chelatometrické stanovenie horčíka a vápnika**

### **Princíp:**

Chelatometricky sa stanoví množstvo oboch katiónov spolu titráciou chelatónom 3 na eriochrómovú čerň T v amoniakálnom tlmivom roztoku. V inom podiele vzorky sa potom alkalizovaním s NaOH vyvráža horčík a vápnik v roztoku sa titruje chelatónom 3 na murexid bez oddelenia horčíka.

### **Postup:**

Stanovenie horčíka a vápnika spolu: Na stanovenie pipetujte 20 cm<sup>3</sup> roztoku R1, pridajte 25 cm<sup>3</sup> vody, 5 cm<sup>3</sup> amoniakálneho tlmivého roztoku a indikátor eriochrómová čerň tak, aby vzniklo vínovočervené zafarbenie. Titrujte chelatónom do čisto modrého sfarbenia.

**Otázka 3. Prečo je pri tejto titrácii potrebné použiť prídavok tlmivého roztoku?**

Stanovenie vápnika: Na stanovenie pipetujte 50 cm<sup>3</sup> roztoku R1. Pridajte indikátor murexid. Pridaním asi 5 cm<sup>3</sup> roztoku 2 mol dm<sup>-3</sup> NaOH upravte farbu roztoku na čisto ružovú. Výsledné pH má byť asi 12. Titrujte odmerným roztokom chelatónu do fialového zafarbenia.

**Otázka 4. Prečo za podmienok titrácie nereaguje horčík s chelatónom?**

***V odpoved'ovom hárku uved'te výsledky titrácie a vypočítajte obsah horčička a vápnika vo vzorke.***

### **3. Stanovenie celkového obsahu katiónov a výpočet obsahu sodíka**

#### **Princíp:**

Pomocou silne kyslého iónomeniča sa katióny vo vzorke vymenia za ekvivalentné množstvo  $H^+$  iónov, ktoré sa stanoví alkalimetricky.

#### **Otázka 5. Opíšte zloženie silne kyslého iónomeniča katiónov.**

Celkové množstvo iónov  $H^+$  má teda pôvod v neznámom množstve všetkých katiónov vo vzorke. Množstvá vápnika a horčička sú známe z výsledkov chelatometrickej titrácie.

#### **Postup:**

Odmerným valcom odmerajte do 100  $cm^3$  kadičky približne 10  $cm^3$  napučaného katexu v  $H^+$  cykle premytého destilovanou vodou do neutrálnej reakcie a pipetou odmerajte 50,00  $cm^3$  vzorky (roztok R1). Sklenenou tyčinkou premiešavajte zmes asi 10 minút, potom odfiltrujte katex pomocou filtračného lievika s fritou (hustota/porozita S1) a premyte ho deionizovanou vodou do neutrálnej reakcie filtrátu (kontrola pH papierikom).

Ako stojan pre filtračný lievik a na zber filtrátu použite Erlenmayerovu banku. Filtrát kvantitatívne preneste do 250  $cm^3$  odmernej banky a doplňte po značku destilovanou vodou (roztok R2).

K 50,00  $cm^3$  tohto roztoku (R2) pridajte 2 kvapky Tashiro indikátora a titrujte roztokom NaOH s presnou koncentráciou (asi 0,01  $mol\ dm^{-3}$ ) z fialového zafarbenia roztoku do zeleného sfarbenia.

***Poznámka:*** Použitý katex z filtračného lievika vylejte do spoločnej odpadovej nádoby!

***V odpoved'ovom hárku uved'te výsledky titrácie a vypočítajte obsah sodíka v minerálke.***

***Otázka 6. Vzorka v skutočnosti obsahuje aj draslík. Aký to má vplyv na získané výsledky (zdôvodnite svoju odpoveď)?***

# PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

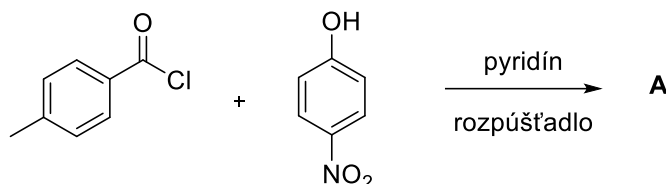
Chemická olympiáda – kategória A – 59. ročník – školský rok 2022/23  
Celoštátne kolo

**Samuel Andrejčák, Martin Puffler, Peter Dudáš, Martin Putala**

---

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

Vašou úlohou je uskutočniť nukleofilnú substitúciu na karbonylovom uhlíku 4-metylbenzoylchloridu s 4-nitrofenolom v prítomnosti pyridínu (schéma 1). Produkt predstavuje bielu kryštalickú látku, 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:

1 x 50 ml a 1 x 100 ml banka s okrúhlym dnom, 4 x 20 ml odmerný valec, magnetické miešadlo s ohrevom, magnetické miešadielko, 2 x stojan, 2 x lapák, 3 x svorka, spätný chladič, Liebigov chladič, 3 x Pasteurova pipeta, 100 ml oddeľovací lievnik so zátkou, 2 x 100 ml Erlenmeyerova banka, filtračný lievnik, kovový kruh, 50 ml kadička na TLC, nádoba na vodný kúpeľ, nádoba na ľadový kúpeľ + ľad, kancelárska spinka, frita S3, odsávací banka s manžetou, zdroj zníženého tlaku (membránová pumpa alebo vodná výveva), 5 x liekovka, Petriho miska, teplomer so zábrusom, filtračný papier, ceruzka, pravítko, pinzeta, 2 x kapiláry na TLC, 2 x TLC platnička, 2 x hadica, lyžička, UV lampa, špachtľa, ochranné okuliare, laboratórny plášť, rukavice.

## Chemikálie:

chemikálie, obal	H-veta*	P-veta*
<b>4-nitrofenol</b> , 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
<b>4-metylbenzoylchlorid</b> , 0.65 ml v označenej liekovke (do reakcie) a 0,05 g v označenej liekovke (pre TLC)	314	280, 305/351/338, 310
<b>etanol 95 %</b> , v spoločnej označenej fľaši	225, 319	
<b>destilovaná alebo deionizovaná voda</b> , v označenej stričke alebo fľaši	-	-
<b>benzín lekárenský</b> , ďalej uvádzaný ako <b>hexán</b> , v spoločnej označenej fľaši ako zložka eluentu pre TLC	225, 304, 315, 336, 373, 411	210, 261, 273, 301/310, 305/351/338
<b>etyl-acetát</b> , v spoločnej označenej fľaši ako zložka eluentu pre TLC	225, 319, 336	210,305/351/338, 370/378, 403/235
<b>terc-butyl(metyl)éter</b> , v spoločnej označenej fľaši	225, 315	210, 302/352
<b>pyridín</b> , 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
<b>Uhličitan sodný – nasýtený vodný roztok</b> , v označenej spoločnej nádobe	-	-
<b>Síran sodný bezvodý</b> , v spoločnej označenej fľaši	-	-

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

### Výstražné upozornenia (H-vety)

<b>H 225</b>	Veľmi horľavá kvapalina a pary.
<b>H 302/312/332</b>	Zdraviu škodlivý pri požití, styku s kožou alebo pri vdýchnutí.
<b>H 304</b>	Môže byť smrteľný po požití a vniknutí do dýchacích ciest.
<b>H 314</b>	Spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí.
<b>H 315</b>	Dráždi kožu.
<b>H 319</b>	Spôsobuje vážne podráždenie očí.
<b>H 336</b>	Môže spôsobiť ospalosť alebo závraty.
<b>H 373</b>	Môže spôsobiť poškodenie orgánov pri dlhšej alebo opakovanej expozícii.
<b>H 411</b>	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 273** Zabráňte uvoľneniu do životného prostredia.
- P 280** Noste ochranné okuliare/ ochranu tváre.
- P 301/310** PO POŽITÍ: Okamžite volajte NÁRODNÉ 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 NÁRODNÉ 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 NÁRODNÉ 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 370/378** V prípade požiaru: Na hasenie použite suchú chemikáliu alebo piesok.
- P 403/235** Uchovávajte na dobre vetranom mieste. Uchovávajte v chlade.

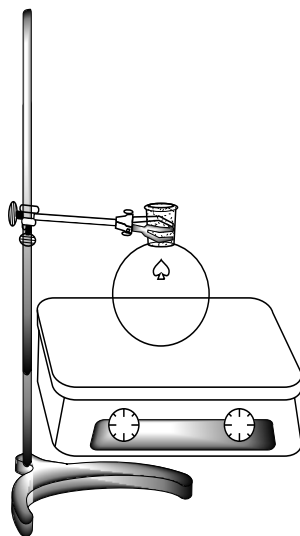
### Poznámka k bezpečnosti práce:

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. Príprava

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 *tert*-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 *tert*-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 *tert*-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 *tert*-butyl(metyl)éteru a nechajte miešať pokiaľ sa zrazenina nerozpuští.



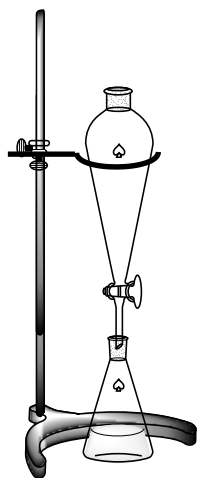
Obrázok 1: Aparatúra pre reakciu (bez chladiča).

### II. Extrakcia

Roztok reakčnej zmesi prelejte do oddeľovacieho lievika, ktorý umiestnite do kruhu na stojane a podložte ho 100 ml Erlenmeyerovou bankou (Obrázok 2). Pridajte 20 ml nasýteného roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . 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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Následne organickú vrstvu vylejte cez vrchný otvor lievika do čistej 100 ml Erlenmeyerovej banky. Pridajte lyžičku bezvodého  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , zmes premiešajte a nechajte stáť do vyčírenia roztoku. Roztok prefiltrujte cez filtračný lievik so skladaným filtračným papierom do čistej 100 ml banky s okrúhlym dnom.



**Obrázok 2:** Aparatúra pre extrakciu.

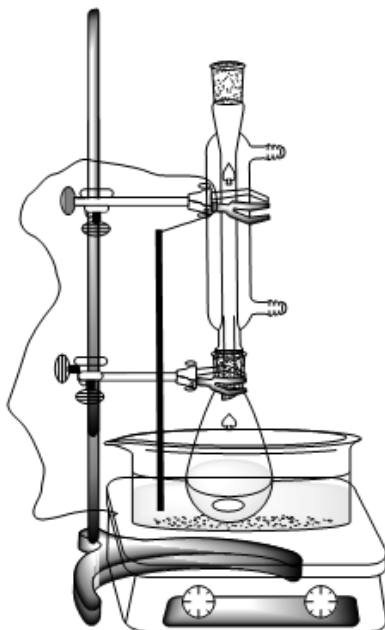
### **III. Destilácia**

Banku s filtrátom odovzdajte dozoru, ktorý Vám rozpúšťadlo odparí na rotačnej vákuovej odparke.

### **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 vriieť 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. Vznikuté kryštály odsajte filtráciou cez fritu za zníženého tlaku na odsávacej banke a na frite ich premyte 2 x 15 ml vody. Premývanie uskutočnite tak, že najprv odpojte zdroj podtlaku (vodná výveva, pumpa), nalejte do frity rozpúšťadlo, špachtľou premiešajte, odsajte a zopakujte. Získaný produkt preneste na vopred odvážený filtračný papier označený štartovným číslom, odoberte si malé množstvo na TLC analýzu a odovzdajte doзору.



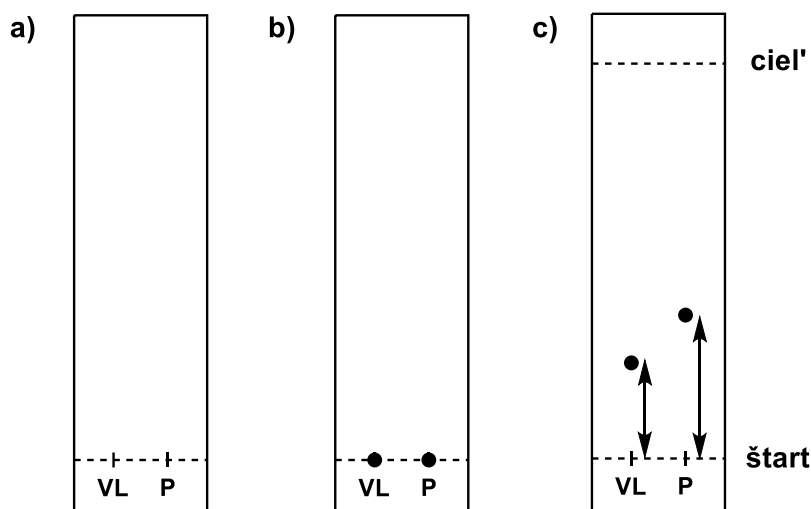
**Obrázok 3:** Aparatúra pre rekryštalizáciu so vzdušným chladičom.

## V. TLC analýza

Vzorky východiskovej látky (4-nitrofenol) a produktu zvlášť rozpustite v malom množstve acetónu (približne 0,5 ml, čo zodpovedá polovičnej dávke Pasteurovou pipetou). Na TLC platničku narysujte ceruzkou opatrne čiaru (aby sa nepoškodil jej povrch) 1 cm od spodného okraja (obr. 4a). Kapilármi naneste vzorku roztoku východiskovej látky (označený VL) a Vášho produktu (označený P) (obr. 4b). 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. 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. 4c). Platničku nechajte samovoľne usušiť. Zaznačte viditeľné škvrny pod UV lampou. Nad čiaru cieľa napíšte ceruzkou Vaše štartové číslo v krúžku a platničku odovzdajte dozoru.



**Obrázok 4:** 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  $1,185 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Výsledky uvádzajte na primeraný počet platných čísiel.

### Úloha 1 (11 b)

**Produkt na filtračnom papieri označenom Vaším štartovým číslom odovzdajte dozoru.** Body Vám budú pridelené podľa hmotnosti vysušeného produktu a jeho čistoty na základe teploty topenia.

### 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 zapíšete údaje, ktoré sú známe z textu pracovného postupu. Následne vypočítajte všetky chýbajúce údaje. Potrebné hustoty sú vopred uvedené. Dodržujte jednotky uvedené v hlavičke tabuľky. Pri výpočte ekvivalentov priradíte hodnotu 1,0 pre zlúčeninu s najnižším látkovým množstvom. Zapíšete aj hmotnosť Vami izolovaného produktu a vypočítajte percentuálny výťažok.

	ekvivalent	$n$ (mmol)	$M$ (g/mol)	$m$ (g)	$V$ (ml)	$\rho$ (g/ml)
4-metylbenzoylchlorid						1,185
4-nitrofenol					-	-
pyridín						0,982
produkt <b>A</b> (teor. výťažok)					-	-
izolované množstvo produktu (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu:						

### Úloha 4 (0,5 b)

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

### Úloha 5 (1,2 b)

Pomocou  $^1\text{H}$  NMR spektra určte štruktúru produktu **A**. Po určení štruktúry priradíte jednotlivé signály príslušným vodíkom, pričom viete, že pomery hodnôt integrálov pre jednotlivé signály zodpovedajú počtu ekvivalentných vodíkov. Tieto hodnoty zaokrúhľujte na celé čísla. Zapíšete výpis z  $^1\text{H}$  NMR spektra vo forme  $\delta_{\text{H}}$ : chemický posun (multiplicita, počet vodíkov) pre všetky signály produktu (vzorka bola meraná v deuterovanom chloroforme). Napíšte, pri akej hodnote 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, PhD., RNDr. Pavol Tarapčík, PhD.

**Vedúci autorského kolektívu:** doc. Ing. Ján Reguli, CSc.

**Recenzenti:** Ing. Elena Kulichová, doc. RNDr. Peter Magdolen PhD.

**Slovenská komisia Chemickej olympiády**

**Vydal:** NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2023

