

PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 55. ročník – školský rok 2018/19
Domáce a školské kolo

Pavol Tarapčík

Maximálne 25 bodov

Doba riešenia: bez časového obmedzenia
--

Cieľom školského kola je získanie a preukázanie hlbokých vedomostí o všeobecných chemických princípoch odmernej analýzy. Kvantitatívna analýza čisto chemickými postupmi sa robí v prevažnej miere prípadov na základe rovnovážnych chemických stavov. Preto je potrebné mať dôkladné vedomosti z oblasti chemických rovnováh. Príslušné chemické javy súvisia s hlavným princípom metód, s reakciami pri indikácii, s reakciami na zabezpečenie selektivity a úplnosti úpravou reakčného prostredia alebo samotného analytu.

Cieľom praktickej činnosti v domácom a školskom kole CHO je nacvičenie laboratórnych operácií typických pre odmernú analýzu, s dôrazom na získavanie správnych výsledkov s malým rozptylom získaných hodnôt. Precvičujú a zdokonaľujú najmä laboratórne činnosti súvisiace s odmernou analýzou – príprava roztokov s približným a presným zložením, práca s meradlami objemu (pipeta, byreta, odmerná banka, odmerný valec). Potrebné sú tiež poznatky z oblasti merania hmotnosti, techniky práce s odmerným sklom, priebehu chemických reakcií využiteľných v tejto oblasti, spôsoboch určovania bodu ekvivalencie.

Prípravná činnosť sa má venovať spôsobom vyhodnotenia analytického experimentu, riešiteľ úloh chemickej olympiády má vedieť riešiť zadania obsahujúce aj zložitejšiu stechiometriu a aj priame a nepriame spôsoby stanovenia.

O laboratórnej práci a jej primárnych výsledkoch treba viesť dôkladný záznam. Tam patria

- prípravné výpočty,
- chemické princípy (rovnice) merania a súvisiacich javov,
- postup pri práci, a záznam pozorovania,
- prehľadne usporiadané namerané hodnoty,
- spracovanie nameraných hodnôt – výpočty,
- závery.

Závery v kvantitatívnej oblasti sa robia na základe výpočtov, ktoré treba mať tiež podrobne a trvale zdokumentované v pracovnom zázname (je nevhodné „mať výpočty len v kalkulačke“ a zaznamenávať len výsledok).

Odporúčaná literatúra:

M. Čakrt a spol.: *Praktikum z analytickej chémie*, Bratislava, Alfa, 1989.

A. Purdešová a kol.: *Praktikum z analytickej chémie*, Bratislava, STU, 2016.

P. Tarapčík a kol.: *Zbierka príkladov z analytickej chémie*, Bratislava, STU, 1995.

S. Kotrlý, L. Šúcha: *Chemické rovnováhy v analytickej chémii*, Praha SNTL, 1988.

Skriptá z Analytickej chémie I a II, Bratislava, STU, 1996, upravené do elektronickej podoby sú k dispozícii na webovej stránke Ústavu analytickej chémie FCHPT STU <http://www.chtf.stuba.sk/kalch/eAC.php>. Na tejto stránke je tiež elektronická forma zbierky príkladov z analytickej chémie.

Úloha 1 Rovnováhy v analytickej chémii – domáce štúdium

V praktických úlohách využijete reakcie za vzniku rozpustných chelátových komplexov. Stretnete sa s využitím tlmivých roztokov na úpravu podmienok pre komplexačnú reakciu. V tomto ročníku CHO sa môžu vyskytovať úlohy, kde základom sú tiež **acidobázické** reakcie a **redoxné** reakcie (manganometria, jodometria) – naštudujte si ich. Stretnete sa tiež s použitím **vymieňačov iónov**.

Úloha 2 Experimentálne určenie zloženia nerozpustného komplexu – túto úlohu vykonajte v laboratóriu

Keď sa pridáva roztok hexakyanoželeznatánu draselného – $K_4[Fe(CN)_6]$ – do roztoku zinočnatej soli, okamžite sa tvorí nerozpustná zrazenina. Zrážacia reakcia prebieha kvantitatívne a rýchlo. Vašou úlohou je zistiť stechiometrické zloženie zrazeniny.

Chemikálie:

$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, H_2SO_4 ($w = 0,34$), Chelatón 3, amoniakálny tlmivý roztok ($c = 3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), kyselina šťaveľová (v kvalite p.a.), manganistan draselný
Indikátor: tuhá indikátorová zmes – Eriochromová čerň T v zmesi s NaCl ($w = 0,01$).

Pomôcky:

Titračné banky (Erlenmayerove banky), byreta, byretový lievik, nedielikované pipety, odmerné banky, kadičky, filtračný lievik, filtračný papier, kvapkadlá, predvažovačky s presnosťou na miligramy alebo analytické váhy.

Poznámky:

- a) pri manganometrických pokusoch používajte deionizovanú/destilovanú vodu, ktorá sa krátko povarila a uzavretá ochladila.
- b) roztok manganistanu draselného sa odporúča pripraviť aspoň 24 hodín pred jeho použitím

1. Príprava štandardného roztoku kyseliny šťaveľovej

Pripravte 250,00 cm³ asi 0,03 mol.dm⁻³ roztoku kyseliny šťaveľovej.

Vypočítajte potrebnú hmotnosť dihydrátu kyseliny šťaveľovej (**základná látka**) na prípravu tohto roztoku. Odvážte presne vypočítané množstvo a rozpustite ho v deionizovanej prevarenej a ochladenej vode. V odmernej banke doplňte roztok po značku deionizovanou vodou. Vypočítajte presnú koncentráciu vami pripraveného odmerného roztoku.

2. Príprava odmerného roztoku KMnO₄

Pripravte 250 cm³ asi 0,03 mol.dm⁻³ roztoku KMnO₄. Odvážte približne vypočítané množstvo a rozpustite ho v deionizovanej prevarenej a ochladenej vode.

3. Štandardizácia odmerného roztoku KMnO₄:

Do titračnej banky pipetujte 50 cm³ štandardného roztoku kyseliny šťaveľovej, pridajte 2 cm³ H₂SO₄ (*w* = 0,34) a zahrejte pod bod varu (teplota nesmie prekročiť 90 °C). Titrujte za horúca manganistanom draselným do prvého postrehnuteľného ružového sfarbenia, ktoré je trvalé (aspoň 30 s). Farebná zmena nastane jednou kvapkou KMnO₄. Pri titrácii sa pridáva prvý mililiter po kvapkách, aby sa stihol roztok odfarbovať. Roztok musí byť počas titrácie horúci. Titráciu zopakujte trikrát, určte reprezentatívnu hodnotu spotreby odmerného roztoku pri titrácii a vypočítajte skutočnú koncentráciu vami pripraveného roztoku manganistanu draselného.

Poznámka: Pred experimentom vypočítajte predpokladanú spotrebu odmerného roztoku.

4. Príprava roztoku $K_4[Fe(CN)_6]$

Rozpustite v deionizovanej prevarenej a ochladenej vode asi 1,267 g tuhého $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ ($M = 422,41$ g/mol), roztok doplňte na objem 250 cm^3 deionizovanou vodou.

5. Stanovenie presnej koncentrácie $K_4[Fe(CN)_6]$

Z pripraveného roztoku hexakyanoželeznatanu draselného odpipetujte 10 cm^3 , pridajte 1 cm^3 zriedenej H_2SO_4 (34%-nej) a asi 25 cm^3 deionizovanej vody. Titrujte štandardným roztokom $KMnO_4$, kým celý obsah kadičky nenadobudne postrehnuteľné bledo-ružové zafarbenie na žltom pozadí železitej komplexnej soli. Titráciu opakujte trikrát, určte reprezentatívnu hodnotu spotreby odmerného roztoku pri titrácii a vypočítajte skutočnú koncentráciu vami pripraveného roztoku $K_4[Fe(CN)_6]$.

6. Reakcia medzi zinočnatými iónmi a hexakyanoželeznatanom draselným

6a. Príprava roztoku zinočnatej soli

Pripravte asi 500 cm^3 asi $0,03\text{ mol.dm}^{-3}$ roztoku zinočnatej soli. Vypočítajte potrebnú hmotnosť $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ na prípravu tohto roztoku. Rozpustite približne odvážené množstvo v deionizovanej vode.

6b. Príprava roztoku Na_2EDTA (Chelatónu 3)

Vypočítajte hmotnosť Chelatónu 3 potrebnú na prípravu $250,00\text{ cm}^3$ roztoku s koncentráciou asi $0,03\text{ mol.dm}^{-3}$. Vypočítanú hmotnosť odvážte s analytickou presnosťou, návažok preneste kvantitatívne do kadičky a rozpustite v deionizovanej vode. Pre rýchlejšie rozpustenie môžete zmes v kadičke zahriať a po rozpustení ochladiť. V odmernej banke doplňte roztok po značku deionizovanou vodou. Vypočítajte presnú koncentráciu vami pripraveného odmerného roztoku.

*Poznámka: chelatón 3 v kvalite p.a. sa považuje za **základnú látku**.*

6c. Titrácia zinočnatej soli chelatónom

Do titračnej banky odpipetujte 25 cm^3 zriedeného roztoku Zn^{2+} , pridajte indikátor Eriochromovú čerň T a 3 cm^3 amoniakálneho tlmivého roztoku a titrujte odmerným roztokom Chelatónu 3 z vínoočerveného do modrého sfarbenia. Tesne pred bodom ekvivalencie pridajte ešte malé množstvo tlmivého roztoku na kompenzáciu uvoľnených H^+ iónov. Titráciu opakujte trikrát. Vypočítajte presnú koncentráciu vami pripraveného roztoku zinočnatej soli.

6d. Reakcia zinočnatej soli s $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ - titrácia

Do kadičky pipetujte 50 cm^3 roztoku zinočnatej soli pridajte $25,00\text{ cm}^3$ roztoku $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Dobre premiešajte, nechajte krátko postáť a zrazeninu odfiltrujte a na filtri premyte deionizovanou vodou (25 ml). Filtrát a premývací roztok zachyťte do titračnej banky a titrujte ako v časti 6c. Experiment zopakujte viackrát.

6e. Reakcia zinočnatej soli s $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – syntéza vážiteľného množstva

Do kadičky pipetujte $50,00\text{ cm}^3$ roztoku zinočnatej soli a pridajte $100,00\text{ cm}^3$ roztoku $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Dobre premiešajte, nechajte krátko postáť a zrazeninu odfiltrujte cez vopred odvážený filtračný papier. Filtračný koláč premyte na filtri deionizovanou vodou a následne ešte acetónom (po 5 až 10 cm^3).

Zrazeninu spolu s filtrom vysušte pri teplote $105\text{ }^\circ\text{C}$ do konštantnej hmotnosti a odvážte s analytickou presnosťou. Opíšte získaný produkt a zistite jeho hmotnosť.

7. Zistenie zloženia pripravenej látky

7a Na základe výsledkov titrácií určte molový pomer Zn/Fe v zrazenine. Uvedte skutočne získanú hodnotu s presnosťou na dve desatinné miesta

7b Na základe predpokladu nábojovej neutrality a hmotnosti zrazeniny určte jej vzorec (pomer molov zložiek v malých celých číslach).

V súvislosti s titráciami odpovedzte na otázky:

1. Napíšte polreakciu priebehu redukcie manganistanu v kyslom prostredí a neutrálnom prostredí.
2. V akej chemickej forme je kyselina šťaveľová ako základná látka?
3. Čo je to základná látka?
4. Prečo sa v postupe v bode 2 nepožaduje príprava roztoku v odmernej banke?
5. Prečo sa titrácia pri štandardizácii manganistanového odmerného roztoku pomocou kyseliny šťaveľovej robí za horúca?
6. Prečo sa roztok kyseliny šťaveľovej nesmie variť?
7. Pri práci s nižšími koncentráciami treba robiť tzv. slepý pokus. Aké sú na to dôvody?
8. Prečo sa reakcia pri titracii pri štandardizácii manganistanového odmerného roztoku pomocou kyseliny šťaveľovej postupne zrýchľuje?
9. Predpokladajte, že ste v postupe 5 použili na okyslenie kyselinu chlorovodíkovú. Ako sa to prejaví na výsledku stanovenia? Ako treba upraviť ďalší postup, aby stanovenie poskytlo korektné výsledky?
10. Vysvetlite, prečo acidita roztoku ovplyvňuje možnosť reakcie katiónov s chelatónom.
11. Aká chemická látka spôsobuje sfarbenie reakčnej zmesi obsahujúcej Zn^{2+} a ECT indikátor pred titráciou s chelatónom 3?
12. Aká chemická látka spôsobuje sfarbenie reakčnej zmesi obsahujúcej Zn^{2+} a ECT indikátor po titracii s chelatónom 3?
13. Ako sa prejaví na výsledku titrácie Zn^{2+} s chelatónom 3 prípadná nadmerná kyslosť titrovaného roztoku?
14. Čo je funkčná oblasť metalochrómneho indikátora?
15. Pri opakovaných experimentoch z viacerých výsledkov získavate jeden reprezentatívny. Ako ho určíte?
16. Opíšte, ako budete konkrétne pracovať, ak bude v postupe text „k 50 cm³ pridajte 25,00 cm³“.
17. Čo sa dosiahne premytím zrazeniny vodou a čo premytím acetónom?

Autori: RNDr. Pavol Tarapčík, CSc., doc. RNDr. Martin Putala, PhD., Samuel Andrejčák

Vedúci autorského kolektívu: doc. Ing. Ján Regulí, CSc.

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

Slovenská komisia chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2018

PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 55. ročník – školský rok 2018/19
Domáce a školské kolo

Samuel Andrejčák, Martin Putala

Maximálne 15 bodov

Doba riešenia: 130 minút + 180 minút zahrievanie

Úvod

Úlohy z organickej syntézy v praktickej časti tohto ročníka chemickej olympiády budú zamerané na reakcie a vlastnosti benzénu a jeho derivátov.

Zvládnutie úloh bude vyžadovať základné teoretické znalosti a praktické zručnosti z izolácie, čistenia (ako sú extrakcia, filtrácia a destilácia pri normálnom tlaku, kryštalizácia), identifikácie a charakterizácie organických zlúčenín (ako sú tenkovrstvová chromatografia, stanovenie teploty topenia, NMR a IČ spektroskopia).

V tomto ročníku CHO bude organická syntéza už povinnou súčasťou krajského kola CHO.

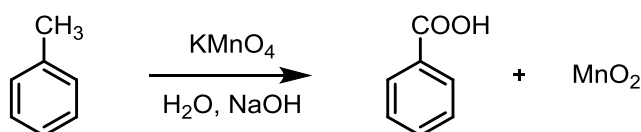
Odporúčaná literatúra:

Ľubovoľná príručka praktickej organickej syntézy, napr.:

- P. Elečko, M. Mečiarová, M. Putala, M. Sališová, J. Šraga: *Laboratórne cvičenie z organickej chémie*, Univerzita Komenského, Bratislava, 1998.
- P. Magdolen, M. Mečiarová, V. Poláčková, E. Veverková: *Praktikum z organickej chémie*, Univerzita Komenského, Bratislava, 2016.

Príprava kyseliny benzoovej (benzénkarboxylovej)

V tomto kole chemickej olympiády bude Vašou úlohou pripraviť kyselinu benzoovú oxidáciou toluénu manganistanom draselným za bázických podmienok.



Materiál a pomôcky:

Miešadlo s ohrevom alebo elektrický varič, 2 x 100 ml banka s okrúhlym dnom, váhy, lyžička, 50 ml odmerný valec, 2 x 1 ml striekačka (alebo delená pipeta a pipetovací balónik), 50 a 25 ml banka s okrúhlym dnom, lapák, stojan, svorka, spätný chladič, Liebigov chladič, olejový kúpeľ, 2 x Pasteurova pipeta, 50 ml kadička, odsávací banka s manžetou, Büchnerov lievnik, filtračný papier, nožnice, fritá, zdroj vaku (membránová alebo vodná výveva), ľadový kúpeľ (miska alebo kadička s ľadovou drťou), magnetické miešadlielko alebo varné kamienky, špachtľa, ochranné okuliare, ochranné rukavice, strička s destilovanou vodou, teplomer (laboratórne sklo je možné použiť aj v iných veľkostiach podľa dostupnosti miestneho vybavenia).

Chemikálie:

chemikálie, obal	H-veta*	P-veta*
Toluén , komerčne dostupný v sklenenej fľaši	225, 304, 315, 336, 361d, 373	210, 260, 280, 301/310, 370/378, 403/235
Manganistan draselný	302, 314, 410	210, 220, 260, 280, 305/351/338, 370/378
Destilovaná voda , v označenej stričke alebo fľaši	-	-
Hydroxid sodný , 5 % vodný roztok	315, 319	302/352, 305/351/338
Kyselina chlorovodíková , 20 % vodný roztok	290, 315, 319, 335	260, 280, 305/351/338
Kyselina benzoová	315, 318, 372	260, 280, 305/351/338/310
Etanol 95%	225, 319	210, 305/351/338, 370/378, 403/235

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

Výstražné upozornenia (H-vety)

H 225	Veľmi horľavá kvapalina a pary.
H 290	Môže byť korozívny pre kovy.
H 302	Škodlivý po požití.
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 318	Spôsobuje vážne poškodenie očí.
H 319	Spôsobuje vážne podráždenie očí.

H 335	Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.
H 336	Môže spôsobiť ospalosť alebo závraty.
H 361d	Podozrenie z poškodzovania nenarodeného dieťaťa.
H 372	Spôsobuje poškodenie orgánov (pľúca) pri dlhšej alebo opakovanej expozícii vdychovaním.
H 373	Môže spôsobiť poškodenie orgánov pri dlhšej alebo opakovanej expozícii.
H 410	Veľmi 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 220	Uchovávajte/skladujte mimo odevov/horľavých materiálov.
P 260	Nevdychujte prach/ dym/ plyn/ hmlu/ výpary/ rozprášenú tekutinu.
P 280	Noste ochranné rukavice/ ochranný odev/ ochranné okuliare/ ochranu tváre.
P 301/310	PO POŽITÍ: Okamžite volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/lekára.
P 302/352	PRI KONTAKTE S POKOŽKOU: Umyte veľkým množstvom vody a mydla.
P 303/361/353	PRI KONTAKTE S POKOŽKOU (alebo vlasmi): Všetky kontaminované časti odevu okamžite vyzlečte. Pokožku opláchnite vodou/sprchou.
P 304/340/310	PO VDÝCHNUTÍ: Presuňte osobu na čerstvý vzduch a umožnite jej pohodlne dýchať. Okamžite volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM alebo 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 305/351/338/310	PO ZASIAHNUTÍ OČÍ: Niekoľko minút ich opatrne vyplachujte vodou. Ak používate kontaktné šošovky a ak je to možné, odstráňte ich. Pokračujte vo vyplachovaní. Okamžite volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/lekára.
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 (toluén, manganistan draselný, roztok hydroxidu sodného a roztok kyseliny chlorovodíkovej) len pod priamym dozorom učiteľa. Po pridaní do reakčnej zmesi ich koncentrácia klesne pod limit dráždivosti.

Postup:

V 100 ml banke s okrúhlym dnom rozpustíte 2,20 g KMnO_4 v 42 ml vody. Následne striekačkou pridajte 0,6 ml 5 % roztoku NaOH a 0,50 g toluénu (0,58 ml) a nakoniec magnetické miešadielko alebo varné kamienky, aby ste zabránili utajenému varu. Banku uchyťte do lapáku na stojan a umiestnite na ňu vzdušný spätný chladič. Pod banku dajte miešadlo s ohrevom a reakčnú zmes refluxujte po dobu 3 hodín na olejovom kúpeli. Po uplynutí tejto doby vypnite ohrev, banku vyberte z kúpeľa a nechajte voľne vychladnúť na laboratórnu teplotu. Následne Pasteurovou pipetou pridávajte za miešania etanol, až kým sa nestratí fialové sfarbenie roztoku. Na odsávaciu banku s manžetou nasadíte fritu alebo Büchnerov lievik s vhodne vystrihnutým filtračným papierom zvlhčeným vodou, zapojte zdroj vákua a odfiltrujte z reakčnej zmesi vzniknutú usadeninu. Zachytený filtrát preneste do čistej 100 ml banky s okrúhlym dnom a uchopíte ju do lapáka na stojan. Na banku nasadíte Liebigov vzdušný chladič s teplomerom a na druhý koniec 50 ml banku ako predlohu na zachytávanie destilátu. Filtrát zahustíte na objem 10 ml (približne 1/2 až 1/3 pôvodného množstva) na olejovom kúpeli. Po zahustení odstavte zahrievanie a filtrát nechajte vychladnúť na laboratórnu teplotu. Banku s filtrátom umiestnite do ľadového kúpeľa a následne do nej pridávajte Pasteurovou pipetou 20 % kyselinu chlorovodíkovú, až pokým sledujete vypadávanie bielych kryštálov kyseliny benzoovej. Pripravený produkt reakcie odfiltrujte na Büchnerovom lieviku alebo frite za zníženého tlaku a nechajte produkt 10 minút sušiť prúdom vzduchu.

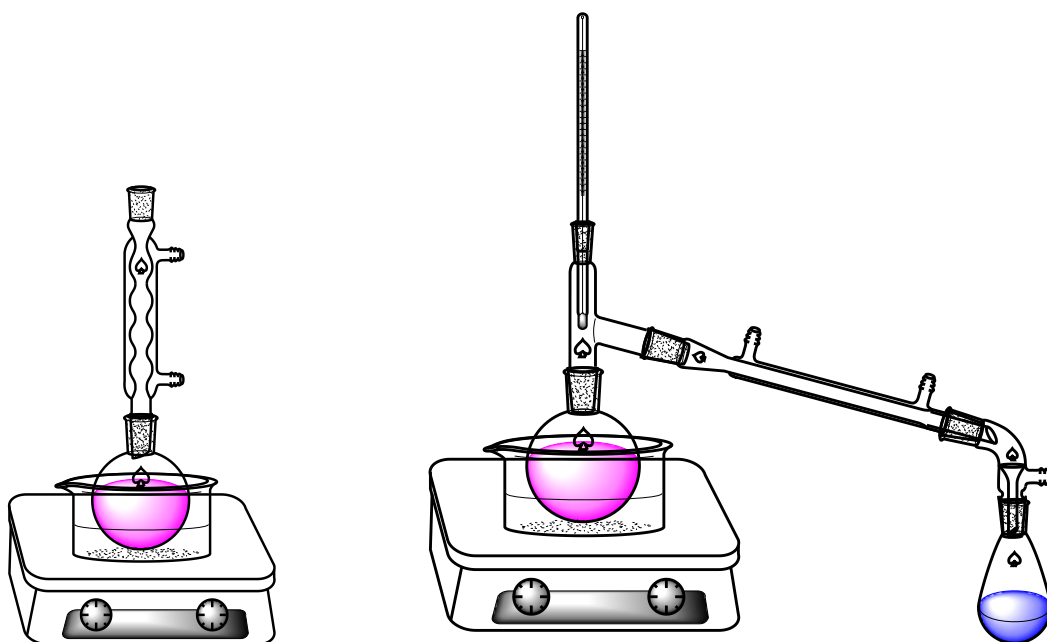
Rekryštalizácia produktu:

Izolovaný produkt preneste do 25 ml banky s okrúhlym dnom spolu s magnetickým miešadlom alebo varnými kamienkami a pridajte 5 ml vody. Banku uchopíte do lapáka na stojan a umiestnite do vodného kúpeľa na miešadlo s ohrevom, nasadíte vzdušný spätný chladič. Banku zahrievajte až kým rozpúšťadlo zovrie. V prípade, že sa tuhá látka celá nerozpustila, pridajte menšie množstvo vody Pasteurovou pipetou a znova nechajte zovrieť. Takto pokračujte až do úplného rozpustenia tuhej látky a následne

refluxujte 10 minút. Po tomto čase odstavte ohrev, aparatúru nechajte vychladnúť na laboratórnu teplotu a banku preneste do ľadového kúpeľa. Keď už nebudete pozorovať vypadávanie kryštálov, odsajte váš produkt na Büchnerovom lieviku alebo frite pod zníženým tlakom. Produkt nechajte pár minút sušiť presávaním vzduchu, preneste na vopred odvážený filtračný papier a nechajte vysušiť státím na vzduchu.

Poznámky

Počas celej práce používajte ochranné okuliare! Ak nosíte vlastné okuliare, tie na ochranu Vašich očí postačia. Nie však dioptrické šošovky! Pri práci používajte tiež ochranné rukavice. Pri výpočtoch používajte nasledovné relatívne atómové hmotnosti: $A_r(\text{C}) = 12$, $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{O}) = 16$. Výsledky uvádzajte na primeraný počet platných číslíc.



Úloha 1 (7 b)

Uveďte hmotnosť získaného suchého produktu v mg.

Úloha 2 (0,5 b)

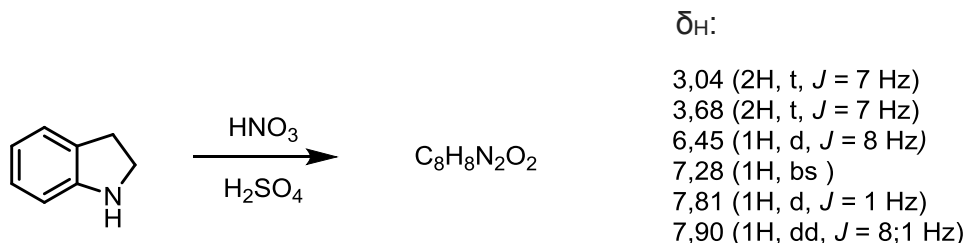
Vypočítajte teoretický výťažok produktu v gramoch a Váš výťažok v percentách.

Úloha 3 (1 b)

Vysvetlite, z akého dôvodu sme po reakcii pridali do reakčnej sústavy etanol, ktorý spôsobil odfarbenie/vymiznutie fialovej farby.

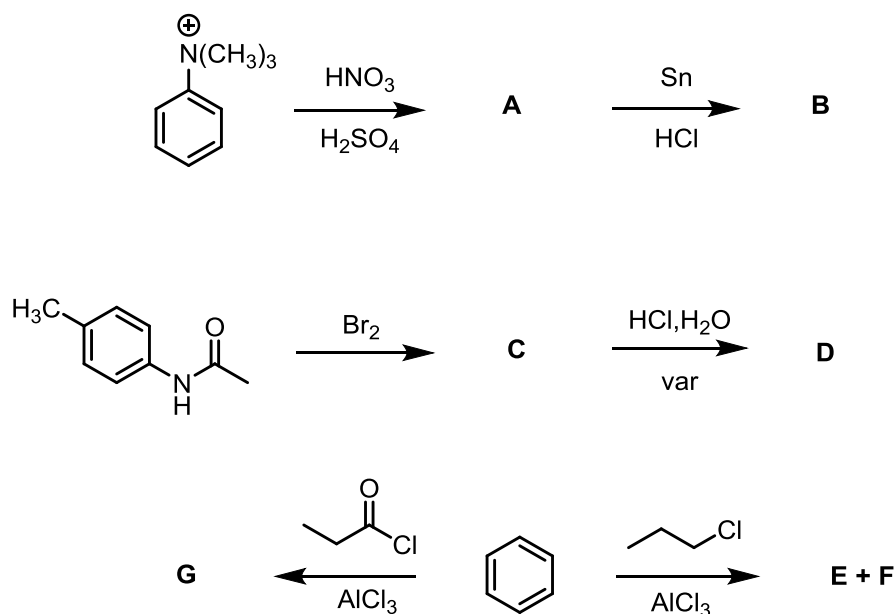
Úloha 4 (1 b)

Navrhните produkt danej reakcie a určte, v ktorej polohe na aromatickom jadre bude substitúcia prebiehať. Ako pomôcku použite výpis ^1H NMR spektra produktu. Priradte signály jednotlivým aromatickým protónom a tiež interakčné konštanty.



Úloha 5 (4 b)

Najčastejšie prebiehajúce reakcie benzénu a jeho derivátov sú práve elektrofilné aromatické substitúcie. Vyriešte štruktúry **A-G**. V prípade zlúčenín **E** a **F** rozhodnite, ktorý produkt bude vznikať vo väčšom zastúpení a prečo.



Úloha 6 (1,5 b)

Menej typické reakcie benzénových derivátov sú nukleofilné aromatické substitúcie, pre ktoré je nutné, aby sa v *orto*- alebo *para*- polohe od miesta substitúcie nachádzala elektrónakceptorná skupina, vďaka ktorej môže táto reakcia prebiehať adično-eliminačným mechanizmom. Navrhните produkt reakcie a znázornite stabilizáciu medziproduktu po adícii nukleofilu.

