



VŠCHT PRAHA

Ústřední komise
Chemické olympiády



62. ROČNÍK

2025/2026

ŠKOLNÍ KOLO

KATEGORIE E

PRAKTICKÁ ČÁST

ZADÁNÍ

PRAKTICKÁ ČÁST**40 bodů****Autor / Autoři****Michal Golas***Střední průmyslová škola chemická akademika Heyrovského, Ostrava, p. o.***Odborná recenze****Radek Matuška***Střední průmyslová škola chemická a gymnázium Brno, Vranovská, p.o.***Zuzana Schmidtová***Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno***Matěj Osička***Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno***Pedagogická recenze****Radek Matuška***Střední průmyslová škola chemická a gymnázium Brno, Vranovská, p.o.*

Milé soutěžící, milí soutěžící,

Praktická část 62. ročníku Chemické olympiády kategorie E bude orientována do oblasti kovů a jejich sloučenin. Analytická část praxe bude zaměřena na stanovení iontů kovů a jejich směsí. V syntetické části praxe se setkáte s přípravou komplexních sloučenin a s využitím sloučenin kovů v organické syntéze.

Z hlediska praktické části byste měli při přípravě věnovat pozornost následujícím aspektům základní laboratorní techniky:

- Provádění běžných operací – vážení, měření objemů, zahřívání, filtrace, příprava a ředění roztoků, rekrystalizace
- Laboratorní výpočty – ředění roztoků, stechiometrické výpočty, výtěžky reakcí, vyhodnocení titrací
- Charakterizace produktů syntéz – stanovení bodu tání
- Správné techniky titrace s vizuálním způsobem indikace bodu ekvivalence
- UV-VIS spektrofotometrie – výběr správné vlnové délky pro měření absorbance roztoků, spektrofotometrická analýza vícesložkových vzorků, Lambertův–Beerův zákon

Z hlediska tematických celků doporučujeme prostudovat následující oblasti:

- Vybrané volumetrické metody stanovení kovů s vizuální indikací bodu ekvivalence – chelatometrické titrace, srážecí titrace, redoxní titrace
- UV-VIS spektrofotometrie – sestavení kalibrační křivky, určení koncentrace neznámého vzorku metodou kalibrační křivky, práce s MS Excel
- Příprava koordinačních sloučenin kobaltu, zinku a manganu
- Soli kovů v organické syntéze – katalýza, vznik vazeb C-C, redoxní reakce

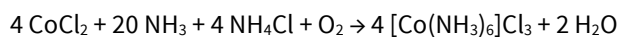
Přejeme vám při řešení letošního ročníku Chemické olympiády hodně zdaru a příjemných chvil strávených v laboratořích.

DOPORUČENÁ LITERATURA

- 1) Příhoda J., Černík M. Janků S., Literák J.: Laboratorní technika. PřF MU, 2012. Dostupné online:
https://is.muni.cz/el/sci/jaro2012/C1100k/um/Laboratorni_technika-ucebni_text.pdf
- 2) Skoog D. A., West D. M., Holler F. J, Crouch S.R.: Analytická chemie. VŠCHT Praha, 2019. (Kapitola 17, kapitola 26, kapitola 18.4.1)
- 3) Klouda P.: Moderní analytické metody. Nakladatelství Pavel Klouda, 2016. (Kapitola 16)
- 4) Přibíl R.: Komplexometrie. SNTL-Nakladatelství technické literatury, Praha, 1977.
- 5) Literák J., Janků S., Pinkas J.: Chemická syntéza – návody k praktiku. PřF MU, Brno, 2012.

Úloha 1 Příprava chloridu hexaaminkobaltitého**16 bodů**

Chlorid hexaaminkobaltitý $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ($M = 267,47 \text{ g mol}^{-1}$) je jedna z nejstarších koordinačních sloučenin. Byl objeven už v roce 1798 a jedná se o první připravený komplex kobaltu. Příprava je založena na reakci chloridu kobaltnatého s amoniakem za přítomnosti chloridu amonného, za současné oxidace Co^{2+} na Co^{3+} vzdušným kyslíkem. K reakční směsi je přidáno aktivní uhlí jako katalyzátor.



V následující úloze provedete:

- Přípravu chloridu hexaaminkobaltitého a stanovení teploty tání produktu.

POMŮCKY

- Promývací lahev 250 ml dle Drechslera
- Hadice pro připojení promývací lahve ke zdroji vakua
- Sušárna
- Zdroj vakua
- Zásobník ledu
- Odsávací baňka
- Büchnerova nálevka
- Předvážky
- Těsnění pod Büchnerovu nálevku
- Kádinka 50 ml (2×)
- Kádinka 250 ml (4×)
- Filtrační kruh
- Filtrační papír
- Analytická nálevka
- Magnetická míchačka s ohřevem
- Magnetické míchadlo
- Stojan (2×)
- Držák na NZ 29/32 (2×)
- Křížová svorka (2×)
- Hodinové sklo nebo Petriho miska
- Šroubovací nebo mechanická tlačka pro regulaci průtoku vzduchu v hadici

CHEMIKÁLIE

- Chlorid kobaltnatý hexahydrát $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, čistý ($M = 237,93 \text{ g mol}^{-1}$)
- Kyselina chlorovodíková HCl, 1% vodný roztok
- Chlorid amonný NH_4Cl , čistý ($M = 53,49 \text{ g mol}^{-1}$)
- Amoniak NH_3 , koncentrovaný vodný roztok ($w = 25 \text{ \% hm.}$, $\rho = 0,90 \text{ g cm}^{-3}$, $M = 17,03 \text{ g mol}^{-1}$)
- Kyselina chlorovodíková HCl, koncentrovaný vodný roztok ($w = 35\text{--}37 \text{ \% hm.}$)
- Ethanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, technický
- Aktivní uhlí

PRACOVNÍ POSTUP

Příprava chloridu hexaamminkobaltitého

- Navažte si do vhodné nádoby 6,00 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a 4,00 g NH_4Cl .
- Obě látky převedte do promývací láhve a přidejte 15 ml destilované vody.
- Poté přidejte 0,30 g aktivního uhlí a 15 ml koncentrovaného roztoku amoniaku.
- Promývací lahev připojte k vodní vývěvě a reakční směs prosávejte mírným proudem vzduchu. K regulaci průtoku vzduchu v hadici vedoucí do promývačky použijte tlačku.
- Vznikající žlutohnědý chlorid hexaamminkobaltitý se bude částečně vylučovat z reakční směsi. Prosávání ukončete při vymizení červeného zabarvení roztoku, nejdříve však po 30 minutách reakce.
- Po ukončení reakce vzniklý produkt s aktivním uhlím odsajte na Büchnerově nálevce. Filtrát vylijte a odsávací baňku vypláchněte destilovanou vodou.
- Produkt na filtru rozpustíte postupným přidáváním horkého 1% roztoku kyseliny chlorovodíkové, tak, že směs na filtru převrstvíte malým množstvím 1% roztoku HCl a vzniklý roztok odsajete. Tento postup opakujte do rozpuštění produktu.
- Je-li roztok v odsávací baňce znečištěn aktivním uhlím, proveďte filtraci roztoku přes hladký filtr.
- K čirému filtrátu (rozpuštěný produkt) přidejte 30 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové.
- Reakční směs ochlaďte v ledové lázni na teplotu 1-2 °C.
- Vyloučené krystaly odsajte na Büchnerově nálevce a promyjte 20 ml ethanolu.
- Produkt vysušte v sušárně při 100 °C.
- Produkt zvažte a stanovte výtěžek.

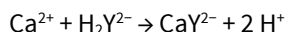
VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) Do pracovního listu uveďte přesnou navážku $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
- 2) Vypočítejte teoretický výtěžek produktu.
- 3) Zapište praktický výtěžek produktu a stanovte procentuální výtěžek produktu.
- 4) Popište vlastnosti produktu (skupenství, barva).
- 5) Hodnocena je i správná laboratorní technika a bezpečnost práce v laboratoři.

Úloha 2 Chelatometrické stanovení Ca^{2+} v mléce**12 bodů**

Stanovení vápníku v mléce lze provést chelatometrickou titrací s vizuální indikací bodu ekvivalence podle provozní metody ČSN 57 0530. Podstatou stanovení je zalkalizování roztoku 4M roztokem hydroxidu sodného a následně přímá titrace Chelatonem 3 za použití vhodného indikátoru, v našem případě murexidu:



V následující úloze provedete:

- Chelatometrické stanovení Ca^{2+} s vizuální indikací bodu ekvivalence

POMŮCKY

- Odměrná baňka 250 ml
- Odměrný válec 50 ml
- Odměrný válec 10 ml
- Byreta s teflonovým kohoutem 25 ml
- Špachtle
- Stojan
- Křížová svorka a držák na byretu
- Malá nálevka na doplnění byrety
- Kádinka 200 ml
- Kádinka 100 ml
- Předvážky
- Nedělená pipeta 50 ml
- Analytické váhy
- Stříčka s destilovanou vodou

CHEMIKÁLIE

- Chelaton 3 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,01M odměrný roztok (přesná koncentrace bude uvedena organizátory)
- Vzorek mléka
- Murexid, indikátor, 1:100 s NaCl
- Hydroxid sodný NaOH, cca 4M vodný roztok

PRACOVNÍ POSTUP**Chelatometrické stanovení Ca^{2+} v mléce s vizuální indikací bodu ekvivalence**

- Na analytických vahách navažte přesně asi 10,0 g vzorku mléka.
- Navážku převedte kvantitativně do 250,0ml odměrné baňky, doplňte po rysku destilovanou vodou a řádně homogenizujte.
- Sestavte titrační aparaturu a byretu naplňte odměrným roztokem 0,01M Chelatonu 3.
- Do titrační baňky napipetujte 50,0 ml připraveného vzorku mléka, zředte destilovanou vodou na výsledný objem 100 ml a přidejte 5 ml 4M roztoku NaOH.
- Následně přidejte tolik pevného murexidu, aby vzniklo růžově-fialové zabarvení.
- Vzorek rychle titrujte odměrným roztokem 0,01M Chelatonu 3 do vzniku fialovomodrého zabarvení.
- Titraci proveďte nejméně třikrát a jednotlivé spotřeby zaznamenejte.

VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

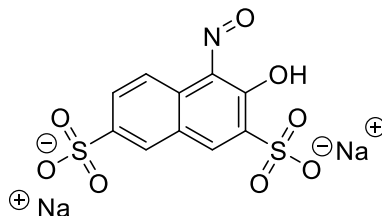
(vypracujte do pracovního listu)

- 1) Do pracovního listu uveďte přesnou navážku vzorku a přesnou koncentraci Chelatonu 3.
- 2) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 a hodnotu přijaté spotřeby.
- 3) Ze získaných hodnot vypočítejte obsah Ca^{2+} ve vzorku mléka.
- 4) Hodnocena je i správná laboratorní technika a bezpečnost práce v laboratoři.

Úloha 3 Spektrofotometrické stanovení kobaltu**12 bodů**

Stanovení kobaltu má velký význam pro sledování jeho obsahu ve vitaminových preparátech, ale i v ekotoxikologii. Spektrofotometrické stanovení má oproti jiným metodám značnou výhodu, protože citlivost této metody je vysoká.

Jednou z možných metod stanovení Co^{2+} ($M = 58,93 \text{ g mol}^{-1}$) ve stopových množstvích je právě spektrofotometrické stanovení pomocí komplexu kobaltnatých iontů s tzn. nitroso-R-solí (1-nitroso-2-hydroxynaftalen-3,6-disulfonát disodný).



nitroso-R-sůl

Vzniklý komplex má intenzivní oranžovohnědé zbarvení a dá se využít ke stanovení kobaltu v koncentracích až do $0,2 \mu\text{g ml}^{-1}$.

V následující úloze provedete:

- Přípravu kalibračních roztoků kobaltnatých iontů s nitroso-R-solí.
- Stanovení koncentrace kobaltnatých iontů v neznámém vzorku.

POMŮCKY

- Odměrná baňka 200 ml
- Odměrná baňka 100 ml (2×)
- Odměrná baňka 50 ml (8×)
- Pipeta nedělená 10 ml
- Pipeta dělená 1 ml
- Pipeta dělená 2 ml
- Pipeta dělená 5 ml
- Plastové kapátko
- Kádinka 25 ml (2×)
- Kádinka 50 ml (2×)
- Odměrný válec 5/10 ml
- Spektrofotometr
- Kyvety pro spektrofotometr o optické délce 1 cm, postačí plastové (2×)
- Stříčka s destilovanou vodou
- Lodička
- Analytické váhy
- Předvážky
- Lžička
- Špachtle
- Skleněná tyčinka

CHEMIKÁLIE

- Chlorid kobaltnatý hexahydrát $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, p. a. ($M = 237,93 \text{ g mol}^{-1}$)
- Vzorek obsahující kobaltnaté ionty v zásobní lahvičce
- Kyselina sírová H_2SO_4 , koncentrovaná ($w > 95 \%$ hm.)
- Octan sodný trihydrát $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 30% vodný roztok
- Nitroso-R-sůl $\text{C}_{10}\text{H}_5\text{NNa}_2\text{O}_8\text{S}$, 0,50% vodný roztok

PRACOVNÍ POSTUP**Příprava kalibračních roztoků a vzorku**

- Připravte si zásobní roztok hexahydrátu chloridu kobaltnatého o objemu 200,0 ml, který bude obsahovat kobaltnaté ionty o koncentraci 100 mg dm^{-3} .
- Z tohoto zásobního roztoku si vhodným ředěním připravte zředěný zásobní roztok, který bude obsahovat kobaltnaté ionty o koncentraci 10 mg dm^{-3} .
- Do odměrných baněk o objemu 50,0 ml si odpipetujte takové množství zředěného zásobního roztoku kobaltnatých iontů tak, abyste v nich níže uvedeným postupem připravili kalibrační roztoky obsahující kobaltnaté ionty o koncentraci $0,00 \text{ mg dm}^{-3}$ (blank), $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$, $0,40 \text{ mg dm}^{-3}$, $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$, $0,80 \text{ mg dm}^{-3}$, $1,00 \text{ mg dm}^{-3}$ a $1,20 \text{ mg dm}^{-3}$.
- Do odměrných baněk s odpipetovaným množstvím kobaltnatých iontů přidejte cca 5 ml destilované vody, 2 kapky koncentrované kyseliny sírové, 2 ml cca 30% roztoku octanu sodného a připipetujte 1,00 ml 0,5% roztoku nitroso-R-soli.
- Kalibrační roztoky v bankách doplňte destilovanou vodou po rysku a důkladně homogenizujte.
- Ze zásobního roztoku vzorku si odpipetujte 10,00 ml tohoto vzorku do 100,0ml odměrné banky a doplňte destilovanou vodou po rysku. Z tohoto zředěného roztoku vzorku dále odpipetujte 10,00 ml do odměrné banky o objemu 50,0 ml a vzorek ošetřete stejně jako kalibrační roztoky.

Měření kalibračních roztoků a vzorku

- Spektrofotometr vynulujte na roztok blanku.
- Nejprve na spektrofotometru proměřte absorpční spektrum vhodně zvoleného kalibračního roztoku v intervalu vlnových délek 400–700 nm v 10nm rozlišení. Pro následující měření zvolte vhodnou vlnovou délku. Data zaznamenejte do tabulkového editoru.
- Změřte absorbanci kalibračních roztoků při zvolené vlnové délce a data zaznamenejte do tabulkového editoru.
- Při stejné vlnové délce změřte i absorbanci připraveného vzorku a hodnotu této absorbance запиšte.
- V případě potřeby měření opakujte. Data z tabulkového editoru včetně grafů a dalších hodnot přiložte k řešení v tištěné nebo elektronické podobě.

VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) Vypočítejte navážku hexahydrátu chloridu kobaltnatého, kterou je potřeba rozpustit ve 200,0 ml roztoku, aby vznikl zásobní roztok obsahující kobaltnaté ionty o hmotnostní koncentraci 100 mg dm^{-3} .
- 2) Do tabulkového editoru запиšte naměřené hodnoty absorbance při zjišťování absorpčního spektra a zkonstruujte graf absorpčního spektra komplexu nitroso-R-soli s kobaltnatými ionty. Napište, který z kalibračních roztoků jste pro měření použili a rovněž запиšte vlnovou délku zvolenou pro další měření.
- 3) Do tabulkového editoru uveďte napipetované objemy zředěného zásobního roztoku a odpovídající absorbance těchto roztoků. Zkonstruujte kalibrační přímkou a uveďte její rovnici a koeficient determinace (R^2).
- 4) Na základě naměřených dat vypočítejte koncentraci kobaltnatých iontů v původním vzorku v jednotkách mg dm^{-3} .
- 5) Z jakého důvodu se jako blank používá vzorek obsahující nitroso-R-sůl a nikoliv destilovaná voda?
- 6) Hodnocena je i správná laboratorní technika a bezpečnost práce v laboratoři.

PRACOVNÍ LIST

40 bodů

Úloha 1 Příprava chloridu hexaaminkobaltitého

16 bodů

1) Uveďte přesnou navážku $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.Přesná navážka $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:

2) Vypočítejte teoretický výtěžek produktu.

Výpočet:

Teoretický výtěžek:

body:

3) Zapište praktický výtěžek produktu a stanovte procentuální výtěžek produktu.

Praktický výtěžek:

Výpočet:

Procentuální výtěžek:

body:

4) Popište vlastnosti produktu (skupenství, barva).

Popis produktu:

body:

5) Hodnocení laboratorní techniky a bezpečnosti práce v laboratoři.

body:

Úloha 2 Chelatometrické stanovení Ca^{2+} v mléce**12 bodů****1) Do pracovního listu uveďte přesnou navážku vzorku a přesnou koncentraci Chelatonu 3.**

Přesná navážka vzorku mléka: _____

Přesná koncentrace 0,01M Chelatonu 3: _____

2) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 a hodnotu přijaté spotřeby.

$V_1(\text{Ch3}) / \text{ml}$	$V_2(\text{Ch3}) / \text{ml}$	$V_3(\text{Ch3}) / \text{ml}$	$V_{\text{přijátá}}(\text{Ch3}) / \text{ml}$
			body:

3) Ze získaných hodnot vypočítejte obsah Ca^{2+} ve vzorku mléka.

Výpočty:

 $m(\text{Ca}) =$ $w(\text{Ca}) =$

body:

4) Hodnocení laboratorní techniky a bezpečnosti práce v laboratoři.

body:

Úloha 3 Spektrofotometrické stanovení kobaltu**12 bodů**

- 1) Vypočítejte navážku hexahydrátu chloridu kobaltnatého, kterou je potřeba rozpustit ve 200,0 ml roztoku, aby vznikl zásobní roztok obsahující kobaltnaté ionty o hmotnostní koncentraci 100 mg dm^{-3} .

Výpočet:

Potřebná navážka:

body:

- 2) Do tabulkového editoru запиšte naměřené hodnoty absorbance při zjišťování absorpčního spektra a zkonstruuje graf absorpčního spektra komplexu nitroso-R-soli s kobaltnatými ionty. Napište, který z kalibračních roztoků jste pro měření použili a rovněž запиšte vlnovou délku zvolenou pro další měření.

Použitý kalibrační roztok (zapište použitou koncentraci kobaltnatých iontů):

Zvolená vlnová délka:

body:

- 3) Do tabulkového editoru uveďte napipetované objemy zředěného zásobního roztoku a odpovídající absorbance těchto roztoků. Zkonstruuje kalibrační přímku a uveďte její rovnici a koeficient determinace (R^2).

Pipetované objemy a naměřené absorbance:

Roztok	$c_m(\text{Co}^{2+}) / \text{mg dm}^{-3}$	$V_{\text{pip}} / \text{ml}$	$A / 1$
0	0,00 (blank)		
1	0,20		
2	0,40		
3	0,60		
4	0,80		
5	1,00		
6	1,20		

Rovnice regrese:

Koeficient determinace:

body:

- 4) Na základě naměřených dat vypočítejte koncentraci kobaltnatých iontů v původním vzorku v jednotkách mg dm^{-3} .

Výpočty:

Koncentrace kobaltnatých iontů:

body:

- 5) Z jakého důvodu se jako blank používá vzorek obsahující nitroso-R-sůl a nikoliv destilovaná voda?

Zdůvodnění:

body:

- 6) Hodnocení správné laboratorní techniky a bezpečnosti práce v laboratoři.

body:

PŘEHLED NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK VČETNĚ PŘÍSLUŠNÝCH H-VĚT

Látka	H-věty
Chlorid kobaltnatý hexahydrát	H302 – Zdraví škodlivý při požití. H317 – Může vyvolat alergickou kožní reakci. H334 – Při vdechování může vyvolat příznaky alergie nebo astmatu nebo dýchací potíže. H341 – Podezření na genetické poškození. H350i – Může vyvolat rakovinu při vdechování. H360F – Může poškodit reprodukční schopnost. H410 – Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
Kyselina chlorovodíková 1 % vodný roztok	H290 – Může být korozivní pro kovy.
Kyselina chlorovodíková 35–37 %	H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. H335 – Může způsobit podráždění dýchacích cest. H290 – Může být korozivní pro kovy.
Chlorid amonný	H302 – Zdraví škodlivý při požití. H319 – Způsobuje vážné podráždění očí.
Amoniak 25 %	H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. H332 – Zdraví škodlivý při vdechování. H335 – Může způsobit podráždění dýchacích cest. H400 – Vysoce toxický pro vodní organismy.
Ethanol, technický	H225 – Vysoce hořlavá kapalina a páry. H319 – Způsobuje vážné podráždění očí. H412 – Škodlivý pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
Aktivní uhlí	-
Chelaton III	H332 – Zdraví škodlivý při vdechování. H373 – Může vyvolat poškození orgánů při dlouhodobé nebo opakované expozici.
Murexid, indikátor 1:100 s NaCl	-
Hydroxid sodný cca 4 M roztok	H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. H335 – Může způsobit podráždění dýchacích cest.
Kyselina sírová koncentrovaná	H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. H335 – Může způsobit podráždění dýchacích cest. H290 – Může být korozivní pro kovy.
Octan sodný trihydrát 30 % roztok	-
Nitroso-R-sůl 0,50 % roztok	H302 – Zdraví škodlivý při požití. H312 – Zdraví škodlivý při styku s kůží. H332 – Zdraví škodlivý při vdechování. H315 – Způsobuje podráždění kůže. H319 – Způsobuje vážné podráždění očí. H335 – Může způsobit podráždění dýchacích cest.