



62. ročník

2025/2026

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie B

Praktická část – Zadání

20 bodů



PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

1 I. A	2 II. A	3 III. B	4 IV. B	5 V. B	6 VI. B	7 VII. B	8 VIII. B	9 VIII. B	10 VIII. B	11 I. B	12 II. B	13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	18 VIII. A
1 1,00794 H 2,20 Vodík																	2 4,0026 He Helium
2 6,941 Li 0,97 Lithium	4 9,0122 Be 1,50 Beryllium											5 10,811 B 2,00 Bor	6 12,011 C 2,50 Uhlík	7 14,007 N 3,10 Dusík	8 15,999 O 3,50 Kyslík	9 18,998 F 4,10 Fluor	10 20,179 Ne Neon
3 22,990 Na 1,00 Sodík	12 24,305 Mg 1,20 Hořčík											13 26,982 Al 1,50 Hliník	14 28,085 Si 1,70 Křemík	15 30,974 P 2,10 Fosfor	16 32,06 S 2,40 Síra	17 35,453 Cl 2,80 Chlor	18 39,948 Ar Argon
4 39,098 K 0,91 Draslík	20 40,078 Ca 1,00 Vápník	21 44,956 Sc 1,30 Skandium	22 47,867 Ti 1,30 Titan	23 50,942 V 1,50 Vanad	24 51,996 Cr 1,60 Chrom	25 54,938 Mn 1,60 Mangan	26 55,845 Fe 1,60 Železo	27 58,933 Co 1,70 Kobalt	28 58,693 Ni 1,70 Nikl	29 63,546 Cu 1,70 Měď	30 65,38 Zn 1,70 Zinek	31 69,723 Ga 1,80 Galium	32 72,61 Ge 2,00 Germanium	33 74,922 As 2,20 Arzen	34 78,971 Se 2,50 Selen	35 79,904 Br 2,70 Brom	36 83,798 Kr Krypton
5 85,468 Rb 0,89 Rubidium	38 87,62 Sr 0,99 Stroncium	39 88,906 Y 1,10 Yttrium	40 91,224 Zr 1,20 Zirkonium	41 92,906 Nb 1,20 Niob	42 95,95 Mo 1,30 Molybden	43 ~98 Tc 1,40 Technecium	44 101,07 Ru 1,40 Ruthenium	45 102,91 Rh 1,40 Rhodium	46 106,42 Pd 1,30 Palladium	47 107,87 Ag 1,40 Stříbro	48 112,41 Cd 1,50 Kadmium	49 114,82 In 1,50 Indium	50 118,71 Sn 1,70 Cín	51 121,75 Sb 1,80 Antimon	52 127,60 Te 2,00 Tellur	53 126,90 I 2,20 Jod	54 131,29 Xe Xenon
6 132,91 Cs 0,86 Cesium	56 137,33 Ba 0,97 Baryum		72 178,49 Hf 1,20 Hafnium	73 180,95 Ta 1,30 Tantal	74 183,84 W 1,30 Wolfram	75 186,21 Re 1,50 Rhenium	76 190,23 Os 1,50 Osmium	77 192,22 Ir 1,50 Iridium	78 195,08 Pt 1,40 Platina	79 196,97 Au 1,40 Zlato	80 200,59 Hg 1,40 Rtuť	81 204,38 Tl 1,40 Thallium	82 207,20 Pb 1,50 Olovo	83 208,98 Bi 1,70 Bismut	84 ~209 Po 1,80 Polonium	85 ~210 At 1,90 Astat	86 ~222 Rn Radon
7 ~223 Fr 0,86 Francium	88 226,03 Ra 0,97 Radium		104 261,11 Rf Rutherfordium	105 262,11 Db Dubnium	106 263,12 Sg Seaborgium	107 262,12 Bh Bohrium	108 270 Hs Hassium	109 268 Mt Meitnerium	110 281 Ds Darmstadtium	111 280 Rg Roentgenium	112 277 Cn Kopernicium	113 ~287 Nh Nihonium	114 289 Fl Flerovium	115 ~288 Mc Moskovium	116 ~289 Lv Livermorium	117 ~291 Ts Tennessin	118 293 Og Oganesson

6 LANTHANOIDY

57 138,91 La 1,10 Lanthan	58 140,12 Ce 1,10 Cer	59 140,91 Pr 1,10 Praseodym	60 144,24 Nd 1,10 Neodym	61 ~145 Pm 1,10 Promethium	62 150,36 Sm 1,10 Samarium	63 151,96 Eu 1,00 Europium	64 157,25 Gd 1,10 Gadolinium	65 158,93 Tb 1,10 Terbium	66 162,50 Dy 1,10 Dysprosium	67 164,93 Ho 1,10 Holmium	68 167,26 Er 1,10 Erbium	69 168,93 Tm 1,10 Thulium	70 173,04 Yb 1,10 Ytterbium	71 174,97 Lu 1,10 Lutecium
--	--	--	---	---	---	---	---	--	---	--	---	--	--	---

7 AKTINOIDY

89 227,03 Ac 1,00 Aktinium	90 232,04 Th 1,10 Thorium	91 231,04 Pa 1,10 Proaktinium	92 238,03 U 1,20 Uran	93 237,05 Np 1,20 Neptunium	94 {244} Pu 1,20 Plutonium	95 ~243 Am 1,20 Americium	96 ~247 Cm 1,20 Curium	97 ~247 Bk 1,20 Berkelium	98 ~251 Cf 1,20 Kalifornium	99 ~252 Es 1,20 Einsteinium	100 ~257 Fm 1,20 Fermium	101 ~258 Md 1,20 Mendělevium	102 ~259 No 1,20 Nobelium	103 ~260 Lr 1,20 Lawrencium
---	--	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---	---	--	--

**PRAKTICKÁ ČÁST****20 BODŮ****Autor****RNDr. Luděk Míka, Ph.D.***Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha
Gymnázium Dr. A. Hrdličky, Humpolec***Andrea Slívová***VŠCHT Praha
Ústav organické chemie a biochemie, AV ČR, v.v.i., Praha***Odborná recenze****RNDr. Jakub Hraníček, Ph.D.***Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha***Pedagogická recenze****Ing. Jakub Štěpánek***Ústav anorganické technologie, VŠCHT Praha,
Středisko volného času Radovánek, Mikulášské gymnázium, Plzeň*

Vážení nadšenci v oboru chemie,

jsme rádi, že jste se s námi pustili do řešení Chemické olympiády. Co by to ale bylo za chemii, kdybyste celé své mládí strávili pouze vyplňováním papírů a vůbec jste se nedostali do chemické laboroky?

Stejně jako v anorganické polovině teoretické části se i praxe letos bude točit kolem komplexních sloučenin a koordinační chemie. A proč ne, vždyť komplexy jsou všude kolem nás a komplexotvorné reakce se využívají v laboratoři dennodenně. Bude vás čekat především nácvik správné přípravy vzorku a přesné provedení a výpočty spojené s chelatometrií. Nevyhnete se ani zkoumání funkce metalochromních indikátorů a hodnocení barev částic o něco objektivněji než „okometricky.“

Doufáme, že se vám připravené úlohy budou líbit, a přejeme hodně štěstí při jejich řešení!

Autoři

Doporučená literatura:

Obecné principy volumetrické analýzy:

https://web.natur.cuni.cz/~suchan/odmerna_analyza_2024.pdf

Principy chelatometrie a používané indikátory:

https://olympiada.vscht.cz/media/filer_public/6e/ab/6eaba22a-d260-4d50-8d26-b24a2f3cc38e/chelatometrie.pdf

<https://web.natur.cuni.cz/~analchem/bosakova/komplexo.pdf>

Úvod do koordinační chemie:

https://olympiada.vscht.cz/media/filer_public/5f/10/5f10dcc0-2110-4381-9002-cef0e5d4c72b/skriptum_ke_koordinacni_chemii.pdf

Principy spektroskopie ve viditelné části spektra:

<https://cs.khanacademy.org/science/organic-chemistry/spectroscopy-jay/uv-vis-spectroscopy/v/absorption-in-the-visible-region>



STANDARDNÍ VĚTY O NEBEZPEČNOSTI

H302 – Zdraví škodlivý při požití.

H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.

H315 – Dráždí kůži.

H318 – Způsobuje vážné poškození očí.

H319 – Způsobuje vážné podráždění očí.

H332 – Zdraví škodlivý při vdechování.

H335 – Může způsobit podráždění dýchacích cest.

H373 – Může způsobit poškození orgánů (dýchací cesty) při prodloužené nebo opakované expozici (vdechováním).

H410 – Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

**Úloha 1 Barevná chelatace****6 bodů**

V rámci první úlohy si na kůži různých iontů (snad ne na svou vlastní kůži) vyzkoušíte základní principy chelatometrie, budete pozorovat změnu jejich barvy po přidání chelatačního činidla nebo komplexometrického indikátoru.

Pomůcky

- kádinka 25 ml nebo vialka (20×)
- velká kádinka na odpad (400 – 600 ml)
- skleněná tyčinka
- plastové kapátko s ryskami objemu (2×)
- odměrný válec (25 ml)
- lihový fix na popisování skla
- stříčka s destilovanou vodou

Chemikálie

- 5% roztok Chelatonu III – **H332, H373**
- nasycený roztok murexidu ve vodě – **NDA**
- 5% roztok Zn^{2+} iontů – **H302, H318, H410**
- 5% roztok Cu^{2+} iontů – **H302, H318, H410**
- 5% roztok Ca^{2+} iontů – **H319**
- zředěný roztok NH_3 – **H314, H335, H410**
- destilovaná voda
- pH indikátorové papírky

Úkol

- 1) **Smíchejte roztoky iontů s jednotlivými činidly a svá pozorování zaznamenejte do pracovního listu.**
- 2) **Zodpovězte doplňující otázky uvedené v pracovním listu.**

Pracovní postup

- Malé kádinky/vialky na pracovním stole vyskládejte do mřížky o 3 sloupcích a 4 řádcích tak, aby pořadím odpovídaly tabulce v pracovním listu. V prvním řádku budete používat destilovanou vodu a v každém dalším postupně ionty Cu^{2+} , Zn^{2+} a Ca^{2+} . Kádinky/vialky pro přehlednost průběžně popisujte.
- Do všech kádinek/vialek odměřte kapátkem **1 ml roztoku příslušných iontů nebo destilované vody**. Pro každou látku používejte čisté kapátko (promyté destilovanou vodou), abyste zabránili vzájemné kontaminaci vzorků.
- Do jednotlivých sloupců budete postupně přidávat různá činidla – do prvního sloupce murexid a destilovanou vodu, do druhého sloupce Chelaton III a do třetího sloupce Chelaton III a murexid.

Postup pro první tři řádky tabulky

- Do kádinek/vialek prvního sloupce pomocí kapátka přidejte **2 kapky roztoku murexidu**, roztoky zředte 10 ml destilované vody, zamíchejte skleněnou tyčinkou a pozorujte změnu barvy. Vždy používejte čistou (opláchnutou) skleněnou tyčinku.
- Do kádinek/vialek druhého sloupce odměřte **10 ml Chelatonu III**, opět zamíchejte tyčinkou a pozorujte změny.
- Do kádinek/vialek třetího sloupce pomocí kapátka přidejte nejprve **2 kapky roztoku murexidu** a následně **10 ml Chelatonu III**, opět zamíchejte tyčinkou a pozorujte změny.



Postup pro Ca^{2+} ionty

- Roztok Ca^{2+} iontů v prvním sloupci nejprve zřed'te 10 ml destilované vody.
- K roztokům Ca^{2+} iontů ve druhém a třetím sloupci přidejte **10 ml Chelatonu III**.
- Ve všech třech kádinkách/vialkách s Ca^{2+} ionty upravte pH na hodnotu 7-8 přidáním několika kapek **roztoku amoniaku**, pH kontrolujte pH indikátorovým papírkem, vzorek na papírek převádějte pomocí skleněné tyčinky. Pozorujte změny barvy.
- Do kádinek/vialek prvního a třetího sloupce pomocí kapátka přidejte **2 kapky roztoku murexidu**, zamíchejte skleněnou tyčinkou a pozorujte změnu barvy.

Výsledné barvy a pozorování zaznamenejte do tabulky v pracovním listu a odpovězte na doplňující otázky.

**Úloha 2 Jak reaguje chelaton s ionty?****14 bodů**

Ve druhé úloze se zaměříme na chelatometrii jako takovou. Nejprve si namícháte roztok měďnatých iontů o známé koncentraci, tento roztok připravíte k titraci úpravou jeho pH a přidáním indikátoru a následně ztitrujete odměrným roztokem chelatonu. Vaším hlavním úkolem pak bude určit stechiometrický poměr, ve kterém chelaton s dvojmocnými ionty reaguje.

Pomůcky

- kádinka 150 ml
- odměrná baňka 100 ml se zátkou (2×)
- malá kádinka (3×)
- velká kádinka na odpad (400 – 600 ml)
- titrační baňka 250 ml (3×)
- odměrný válec 50-100 ml
- byreta 25 ml
- pipeta 10 ml
- pipetík / pipetovací nástavec / pipetovací balonek
- větší nálevka
- malá nálevka na plnění byrety
- kapátko / Pasteurova pipeta
- navažovací lodička
- laboratorní lžička
- skleněná tyčinka
- stojan, držák na byretu
- lihový fix na popisování skla
- stříčka s destilovanou vodou

Chemikálie

- modrá skalice přesně asi 2 g ($M = 249,686 \text{ g/mol}$) - **H302, H318, H410**
- nasycený roztok murexidu ve vodě – **NDA**
- pevný NH_4Cl – **H302, H319**
- zředěný roztok NH_3 – **H314, H335, H410**
- 0,01 M Chelaton III – **H332, H373**
- pH indikátorové papírky
- destilovaná voda

Úkol

- 1) **Stanovte stechiometrický poměr reakce Cu^{2+} iontů s Chelatonem III pomocí chelatometrické titrace.**
- 2) **Odpovězte na doplňující otázky uvedené v pracovním listu.**



Pracovní postup

Příprava roztoku Cu^{2+} o přesné koncentraci

- Na vahách odvažte přesně asi 2 g modré skalice, přesnou navážku запиšte do pracovního listu. Využijte všechna desetinná místa, která je vaše váha schopna zobrazit.
- Navážku kvantitativně převed'te do 150ml kádinky a přidejte 50 ml destilované vody.
- Roztok míchejte skleněnou tyčinkou, aby se modrá skalice úplně rozpustila. Poté opláchněte tyčinku pomocí stříčky s destilovanou vodou zpět do kádinky.
- Roztok kvantitativně převed'te do 100ml odměrné baňky. Tyčinku, kádinku i nálevku důkladně opláchněte do baňky pomocí stříčky s destilovanou vodou.
- Nejprve pomocí stříčky, následně pomocí kapátka, doplňte obsah odměrné baňky po rysku destilovanou vodou. Množství kapaliny v odměrném skle vždy odečítejte pomocí spodního okraje menisku (prohnutí hladiny kapaliny ve tvaru písmene U), který je dobře viditelný v úzké části odměrné baňky.
- Baňku zazátkujte a její obsah promíchejte opakovaným otáčením dnem vzhůru, zátku během promíchávání přidržujte palcem.
- Baňku s výsledným roztokem označte „roztok Cu^{2+} původní“.

Příprava zředěného roztoku Cu^{2+}

- Roztok Cu^{2+} iontů připravený v předchozím kroku je příliš koncentrovaný a jeho použití by vedlo k neúměrně vysoké spotřebě roztoku chelatonu. Je proto potřeba připravit roztok 10× zředěnější.
- Do malé kádinky si odlijte roztok Cu^{2+} iontů připravený v předchozí části.
- Z kádinky odeberte pipetou opatřenou pipetovacím balonkem 10 ml roztoku a převed'te je do druhé 100ml odměrné baňky. Ideální převedení obsahu pipety je prováděno sejmutím pipetovacího balónku při vypouštění kapaliny z pipety. Pipeta je kalibrovaná tzv. „na vylití“ (značka Ex), nesnažte se tedy z její špičky poslední kapku vyfouknout násilím, v odměřeném objemu je již započítaná.
- Pomocí kádinky, stříčky a kapátka obsah odměrné baňky opět doplňte po rysku destilovanou vodou, baňku zazátkujte a promíchejte roztok otáčením dnem vzhůru stejně jako při přípravě předchozího roztoku.
- Tímto máte připravený roztok Cu^{2+} iontů určený k titraci, baňku si označte „roztok Cu^{2+} zředěný“.

Příprava vzorku na titraci

- Zředěný roztok Cu^{2+} si nejprve odlijte do malé kádinky a do titrační baňky z ní odpipetujte 10 ml roztoku.
- Pomocí odměrného válce přidejte k roztoku v baňce 40 ml destilované vody.
- K roztoku vzorku dále přidejte 1 lžičku pevného NH_4Cl a pomocí kapátka přikapávejte vodný roztok amoniaku tak dlouho, dokud se zprvu vzniklá sraženina znovu nerozpustí a dokud nezískáte modrý roztok.
- Pomocí pH papírku průběžně kontrolujte, že pH vzorku je v rozmezí 7-8 (papírek by měl být zelenomodrý) – na papírek převádějte vzorek z baňky dotykem skleněné tyčinky. Pokud je pH roztoku nižší, přidávejte další amoniak, dokud nedosáhnete požadované hodnoty pH.
- Nakonec ke vzorku přidejte 10 kapek nasyceného roztoku murexidu, výsledná barva roztoku by měla být žlutá až žlutozelená.



Stanovení stechiometrického poměru reakce Cu^{2+} iontů a chelatonu pomocí titrace

- Sestavte si správně aparaturu na titraci.
- Byretu naplňte 0,01M roztokem Chelatonu III a propláchněte všechny její části. Dbejte na to, aby v byretě nezůstaly žádné vzduchové bubliny. Nezapomeňte z ní následně vyndat nálevku. Upuštěním srovnejte hladinu roztoku chelatonu s počáteční ryskou byrety.
- Roztok vzorku připravený v titrační baňce titrujte odměrným roztokem chelatonu. Během titrace nejprve dojde k pozvolnému projasnění titrovaného roztoku do žluté barvy. V okamžiku, kdy poslední kapka chelatonu definitivně přebarví roztok na čistě růžovo-fialovou, jste dosáhli bodu ekvivalence a titraci byste měli ukončit.
- Titraci si vyzkoušejte poprvé rychle pro hrubý odhad, kolik chelatonu je třeba k dosažení bodu ekvivalence a abyste se seznámili s barevnými změnami. Následně proveďte alespoň 3 titrace na přesnost a odečtené spotřeby zaznamenejte do pracovního listu.

Po ukončení práce zodpovězte doplňující otázky v pracovním listu.

**PRACOVNÍ LIST****20 BODŮ****Úloha 1 Barevná chelatace****6 bodů****1) Vyplňte do tabulky výsledné barvy jednotlivých roztoků.**

-	murexid	Chelaton III	murexid + Chelaton III
destilovaná voda			
Cu^{2+}			
Zn^{2+}			
Ca^{2+}			

body:

2) Na základě svého pozorování určete, s jakým komplexačním činidlem jsou ionty kovů komplexovány v případě třetího sloupce tzn. směsi murexidu a chelatonu.

body:

3) Pod názvem Chelaton III se skrývá jistá organická látka – disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové (EDTA). Nakreslete její strukturní vzorec a vysvětlete, z jakého důvodu se běžněji používá ve formě soli.

Vzorec:

Vysvětlení:

body:

--

- 4) Vymyslete dvě oblasti kromě analytické chemie, kde by se princip zachytávání iontů pomocí chelatačního činidla dal využít. (Nebojte, neočekáváme nic příliš konkrétního, stačí přemýšlet obecně.)

	body:
--	--------------

**Úloha 2 Jak reaguje chelaton s ionty?****14 bodů****1) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu III (CH 3) a запиšte přijatou hodnotu spotřeby.**

Spotřeby odměrného roztoku Chelatonu III:

V_1 (CH III) / ml	V_2 (CH III) / ml	V_3 (CH III) / ml	$(V_4$ (CH III) / ml)	$V_{\text{přijata}}$ (CH III) / ml

body:

2) Spočítejte látkovou koncentraci Cu^{2+} iontů v první odměrné baňce po doplnění po rysku.

Výpočet:

Látková koncentrace Cu^{2+} iontů v první odměrné baňce je:

body:

3) Spočítejte látkovou koncentraci Cu^{2+} iontů po zředění v druhé odměrné baňce po doplnění po rysku.

Výpočet:

Látková koncentrace Cu^{2+} iontů v druhé odměrné baňce je:

body:



- 4) Z přijaté spotřeby odměrného roztoku vypočtete látkové množství Chelatonu III, který jste přidali k roztoku Cu^{2+} iontů při titraci.

Výpočet:

Látkové množství spotřebovaného Chelatonu III je:

body:

- 5) Chelaton III a Cu^{2+} ionty spolu reagují v celočíselném poměru. Určete na základě svého měření tento poměr a запиšte vyčíslenou rovnici prováděné reakce, měďnaté ionty považujte ve výchozím roztoku za nezakomplexované a pro Chelaton III použijte zkratku $\text{H}_2\text{EDTA}^{2-}$.

Výpočet:

Rovnice:

body:



6) Určete, jakým směrem se změní spotřeba chelatonu (zmenší se / zvětší se / nezmění se), pokud během laboratorní práce:

- a) část navážené modré skalice rozsypete při převádění do kádinky
zmenší se zvětší se nezmění se
- b) při přípravě vzorku k titraci do titrační baňky přidáte méně než 40 ml destilované vody
zmenší se zvětší se nezmění se
- c) přelijete rysku v odměrné baňce
zmenší se zvětší se nezmění se
- d) při kvantitativním převádění roztoku z kádinky do baňky špatně vypláchnete kádinku
zmenší se zvětší se nezmění se

body:

7) Směs chloridu amonného a amoniaku plní při titraci funkci pufru. Vysvětlete, co pojem pufr znamená.

Odpověď:

body:

8) Možná vás napadlo, proč si tolik komplikujete práci při přípravě roztoků, kdy roztok Cu^{2+} iontů dvakrát po sobě ředíte. Úplně nejjednodušší by přeci bylo navážit modrou skalici rovnou do titrační baňky. Vypočtete kolik modré skalice byste museli do titrační baňky navážit, aby bylo látkové množství Cu^{2+} iontů v baňce stejné jako v původním návodu. Vysvětlete, proč zjednodušená příprava není dobrý nápad.

Výpočet:

Do titrační baňky bychom museli navážit:

Vysvětlení:

body: