



62. ročník

2025/2026

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie C

Praktická část – Zadání

20 bodů



PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

1 I. A	2 II. A											13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	18 VIII. A
1 H 1,00794 Vodík												5 B 10,811 Bor	6 C 12,011 Uhlík	7 N 14,007 Dusík	8 O 15,999 Kyslík	9 F 18,998 Fluor	10 Ne 20,179 Helium
2 Li 6,941 Lithium	4 Be 9,0122 Beryllium																
3 Na 22,990 Sodík	12 Mg 24,305 Hořčík											13 Al 26,982 Hliník	14 Si 28,085 Křemík	15 P 30,974 Fosfor	16 S 32,06 Síra	17 Cl 35,453 Chlor	18 Ar 39,948 Argon
4 K 39,098 Draslík	20 Ca 40,078 Vápník	21 Sc 44,956 Skandium	22 Ti 47,867 Titan	23 V 50,942 Vanad	24 Cr 51,996 Chrom	25 Mn 54,938 Mangan	26 Fe 55,845 Železo	27 Co 58,933 Kobalt	28 Ni 58,693 Nikl	29 Cu 63,546 Měď	30 Zn 65,38 Zinek	31 Ga 69,723 Galium	32 Ge 72,61 Germanium	33 As 74,922 Arzen	34 Se 78,971 Selen	35 Br 79,904 Brom	36 Kr 83,798 Krypton
5 Rb 85,468 Rubidium	38 Sr 87,62 Stroncium	39 Y 88,906 Yttrium	40 Zr 91,224 Zirkonium	41 Nb 92,906 Niob	42 Mo 95,95 Molybden	43 Tc ~98 Technecium	44 Ru 101,07 Ruthenium	45 Rh 102,91 Rhodium	46 Pd 106,42 Palladium	47 Ag 107,87 Stříbro	48 Cd 112,41 Kadmium	49 In 114,82 Indium	50 Sn 118,71 Cín	51 Sb 121,75 Antimon	52 Te 127,60 Tellur	53 I 126,90 Jod	54 Xe 131,29 Xenon
6 Cs 132,91 Cesium	56 Ba 137,33 Baryum											81 Tl 204,38 Thallium	82 Pb 207,20 Olovo	83 Bi 208,98 Bismut	84 Po ~209 Polonium	85 At ~210 Astat	86 Rn ~222 Radon
7 Fr ~223 Francium	88 Ra 226,03 Radium											113 Nh ~287 Nihonium	114 Fl 289 Flerovium	115 Mc ~288 Moskovium	116 Lv ~289 Livermorium	117 Ts ~291 Tennessin	118 Og 293 Oganesson

Diagram illustrating the structure of an element box (Vanadium, V) and its associated data:

- Relativní atomová hmotnost: 50,942
- Značka: V
- Elektronegativita: 1,50
- Název: Vanad
- Protonové číslo: 23

6 LANTHANOIDY

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

7 AKTINOIDY

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



PRAKTICKÁ ČÁST

20 BODŮ**Autoři****Mgr. Leoš Sáblík**

Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno
Sportovní gymnázium Ludvíka Daňka, Brno, Botanická 70, p.o.

Mgr. Kateřina Buchlovská

Biskupské gymnázium Brno a mateřská škola

Odborná recenze**Ing. Věra Čapková**

První české gymnázium v Karlových Varech, p.o.

PhDr. Martin Čapek Adamec, Ph.D.

Ústav učitelství chemie a humanitních věd,
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Pedagogická recenze**RNDr. Erik Kalla**

Střední průmyslová škola chemická a gymnázium, Brno, Vranovská 65,
příspěvková organizace
Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno

Vážení mladí badatelé a badatelky,

vítejte v praktické části 62. ročníku Chemické olympiády!

Letos se společně podíváme na zoubek stanovení iontů, které běžně potkáváte ve vodě. A možná v laboratoři zjistíte, že i obyčejná voda může skrývat nečekané analytické výzvy.

Vaším úkolem bude využít znalosti i šikovnost, a proto doporučujeme oprášit:

- sestavení a použití aparatury pro filtraci za atmosférického tlaku,
- sestavení a použití aparatury pro zahřívání,
- přesnou přípravu roztoků a práci s byretou při titracích,
- základní výpočty koncentrací, ředění a výpočty z chemických rovnic,
- orientaci v principu chelatometrického stanovení a práci s metalochromními indikátory,
- porozumění významu pufrů při udržování správných podmínek titrace.

Nebojte se – pokud vás některý krok zaskočí, zastavte se, zamyslete, a pak pokračujte s klidnou hlavou. Cílem této části není nachytat vás, ale ukázat, jak úžasně praktická a krásně přesná může analytická chemie být.

Přejeme vám bystré oko, jistou ruku a kapku radosti z každého kápnutí EDTA – a hlavně: ať vás to baví.

Autorský tým



Doporučená literatura:

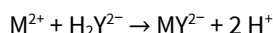
- 1) Příhoda J., Černík M., Janků S., Literák J.: Laboratorní technika. PŘF MU, 2012. Zejména kapitoly týkající se základní laboratorní techniky. Dostupné online:
https://is.muni.cz/el/sci/jaro2012/C1100k/um/Laboratorni_technika-ucebni_text.pdf
- 2) Záruba, K.; et al. Analytická chemie 1.díl, 1st ed.; VŠCHT Praha: Praha, 2016, dostupné on-line:
<https://vydavatelstvi.vscht.cz>
- 3) SUCHOMEL, Petr a OTYEPKA, Michal. Laboratorní technika. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3798-9.
- 4) Bartoš M., Šrámková J.: Analytická chemie I. Univerzita Pardubice, 2004. Dostupné online:
<https://meloun.upce.cz/docs/analchem1/skripta.pdf>
- 5) Skoog D. A., West D. M., Holler F. J., Crouch S. R.: Analytická chemie. VŠCHT Praha, 2019.
- 6) Další internetové zdroje:
<https://edu.uhk.cz/titrace/laborator.html>



Úloha 1 Stanovení tvrdosti vody

20 bodů

Chelatometrická titrace je běžná analytická metoda pro stanovení kovových iontů, zejména vápníku (Ca^{2+}) a hořčíku (Mg^{2+}), ve vodných roztocích. Nejčastěji se používá komplexační činidlo Chelaton 3 (disodná sůl kyseliny ethylendiamintetraoctové, zkráceně EDTA Na_2 , v iontovém zápisu se zdůrazněnými „kyselými“ atomy vodíku také jako H_2Y^{2-}), které s těmito ionty tvoří stabilní cheláty v poměru 1 : 1.



Titrace probíhá za kontrolovaného pH (obvykle kolem 10) za přítomnosti metalochromního indikátoru Eriochromová čerň T, která s Ca^{2+} a Mg^{2+} tvoří vínově červený komplex. Po navázání všech iontů kovů na Chelaton 3 se barva obsahu titrační baňky změní na modrou, což signalizuje dosažení bodu ekvivalence.

Pokud je třeba stanovit pouze Ca^{2+} , titrace probíhá při vyšším pH (cca 12), kdy se Mg^{2+} ionty vysráží jako $\text{Mg}(\text{OH})_2$ a reakce probíhá pouze s Ca^{2+} ionty. V tomto případě se používá indikátor Murexid, který mění barvu z růžové na fialovou.

Chelatometrie si i přes nástup moderních instrumentálních metod stále nachází uplatnění při výuce analytické chemie díky své názornosti a jednoduchému principu.

Pomůcky

- lihový fix
- stříčka s destilovanou vodou
- stojan laboratorní
- křížová svorka
- držák
- odměrný válec 10 ml (2×)
- odměrný válec 50 ml
- kádinka 400 ml
- kádinka 250 ml (2×)
- kádinka 50 ml (2×)
- lžička či kopistka
- titrační baňka (3×)
- byreta 25 ml
- pipeta nedělená 20 ml
- pipetovací balónek nebo nástavec
- malá nálevka na doplnění byrety
- univerzální indikátorový papírek
- bílá podložka

Chemikálie

- vzorek minerální vody
- Chelaton 3, odměrný roztok ($c \approx 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$, přesná koncentrace bude sdělena organizátory)
- Schwarzenbachův pufr (směs amoniaku $\text{NH}_3(\text{aq})$ a chloridu amonného $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$)
- hydroxid sodný NaOH , vodný roztok, $c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$
- Eriochromová čerň T (směs 1 : 100 s NaCl)
- Murexid (směs 1 : 100 s NaCl)
- destilovaná voda

Chemikálie	H-věty	
Chelaton 3, $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$	H290	Může být korozivní pro kovy.
hydroxid sodný, 1 mol dm^{-3}	H290	Může být korozivní pro kovy.
	H314	Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
Schwarzenbachův pufr (směs amoniaku $\text{NH}_3(\text{aq})$ a chloridu amonného $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$)	H314	Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
	H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest.
	H412	Škodlivý pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
Eriochromová čerň T (směs 1:100 s NaCl)	H319	Způsobuje vážné podráždění očí.
	H411	Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
Murexid (směs 1:100 s NaCl)	-	



Úkoly

- 1) Stanovte koncentrace vápníku a hořčíku v předloženém vzorku.
- 2) Odpovězte na otázky v pracovním listu.

Pracovní postup

Stanovení obsahu vápenatých a hořečnatých iontů

- Sestavte si titrační aparaturu a byretu si naplňte odměrným roztokem Chelatonu 3 ($c \approx 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$).
- Ze vzorku minerální vody si odpipetujte 20,00 ml do titrační baňky.
- Pomocí odměrného válce přilijte ke vzorku v titrační baňce 5 ml Schwarzenbachova pufru a přibližně 50 ml destilované vody.
- Do titrační baňky přidávejte na špičku kopistky či lžičky indikátor Eriochromová čern T, dokud zabarvení roztoku nebude zřetelně červené.
- Směs v baňce titrujte odměrným roztokem Chelatonu 3 z vínově červeného do modrého zabarvení.
- Titraci proveďte nejméně 3× a spotřeby si zaznamenejte.
- Pomocí tyčinky a univerzálního indikátorového papírku určete pH roztoku v bodě ekvivalence.
- Odpady ze stanovení můžete likvidovat po řádném naředění do výlevky.



Obrázek 1 Zbarvení roztoku s indikátorem Eriochromová čern T před bodem (vlevo) a v bodu (vpravo) ekvivalence.

Stanovení obsahu vápenatých iontů

- Ze vzorku minerální vody si odpipetujte 20,00 ml do titrační baňky.
- Pomocí odměrného válce přilijte ke vzorku v titrační baňce 10 ml roztoku hydroxidu sodného ($c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$) a přibližně 50 ml destilované vody.
- Do titrační baňky přidávejte na špičku kopistky či lžičky indikátor Murexid, dokud zabarvení roztoku nebude zřetelně růžové.
- Směs v baňce titrujte odměrným roztokem Chelatonu 3 z růžového do fialového zabarvení.
- Titraci proveďte nejméně 3× a spotřeby si zaznamenejte.
- Pomocí tyčinky a univerzálního indikátorového papírku určete pH roztoku v bodě ekvivalence.
- Odpady ze stanovení můžete likvidovat po řádném naředění do výlevky.



Obrázek 2 Zbarvení roztoku s indikátorem Murexid před bodem (vlevo) a v bodu (vpravo) ekvivalence.

Vyhodnocení a otázky (vypracujte do pracovního listu)

- 1) Zapište přesnou koncentraci odměrného roztoku Chelatonu 3.
- 2) Do tabulky uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 pro stanovení obsahu vápenatých a hořečnatých iontů a zapište přijatou hodnotu spotřeby.
- 3) Zapište hodnotu pH roztoku v bodě ekvivalence pro stanovení obsahu vápenatých a hořečnatých iontů.
- 4) Určete celkovou koncentraci vápenatých a hořečnatých iontů v předloženém vzorku vody (v mol dm^{-3}).
- 5) Do tabulky uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 pro stanovení obsahu vápenatých iontů a zapište přijatou hodnotu spotřeby.
- 6) Zapište hodnotu pH roztoku v bodu ekvivalence pro stanovení obsahu vápenatých iontů.
- 7) Určete koncentraci vápenatých iontů v předloženém vzorku vody (v mol dm^{-3}).
- 8) Určete koncentraci hořečnatých iontů v předloženém vzorku vody (v mol dm^{-3}).
- 9) Určete hmotnostní koncentraci vápenatých iontů v předloženém vzorku vody (v mg dm^{-3}).
- 10) Určete hmotnostní koncentraci hořečnatých iontů v předloženém vzorku vody (v mg dm^{-3}).
- 11) Porovnejte hmotnostní koncentraci vápenatých a hořečnatých iontů v předloženém vzorku vody s údaji na její etiketě.



PRACOVNÍ LIST

20 BODŮ

Úloha 1 Stanovení tvrdosti vody

20 bodů

- 1) Zapište přesnou koncentraci odměrného roztoku Chelatonu 3.

Přesná koncentrace Chelatonu 3: mol dm⁻³

- 2) Do tabulky uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 pro stanovení obsahu vápenatých a hořečnatých iontů a zapište přijatou hodnotu spotřeby.

Spotřeby odměrného roztoku Chelaton 3:

$V_{\text{předběžné stanovení}} / \text{ml}$	$V_1 (\text{Chelaton 3}) / \text{ml}$	$V_2 (\text{Chelaton 3}) / \text{ml}$	$V_3 (\text{Chelaton 3}) / \text{ml}$	$V_{\text{přijata}} (\text{Chelaton 3}) / \text{ml}$

body:

- 3) Zapište hodnotu pH roztoku v bodě ekvivalence pro stanovení obsahu vápenatých a hořečnatých iontů.

Odpověď:

body:

- 4) Určete celkovou koncentraci vápenatých a hořečnatých iontů v předloženém vzorku vody (v mol dm
- ⁻³
-).

Výpočty:

 $c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = \text{.....} \text{ mol dm}^{-3}$

body:



- 5) Do tabulky uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 pro stanovení obsahu vápenatých iontů a запиšte přijatou hodnotu spotřeby.

Spotřeby odměrného roztoku Chelaton 3:

$V_{\text{Předběžné stanovení}} / \text{ml}$	$V_1 \text{ (Chelaton 3)} / \text{ml}$	$V_2 \text{ (Chelaton 3)} / \text{ml}$	$V_3 \text{ (Chelaton 3)} / \text{ml}$	$V_{\text{přijátá (Chelaton 3)}} / \text{ml}$

body:

- 6) Zapište hodnotu pH roztoku v bodu ekvivalence pro stanovení obsahu vápenatých iontů.

Odpověď:

body:

- 7) Určete koncentraci vápenatých iontů v předloženém vzorku vody (v mol dm^{-3}).

Výpočty:

$c(\text{Ca}^{2+}) = \text{_____} \text{ mol dm}^{-3}$

body:

- 8) Určete koncentraci hořečnatých iontů v předloženém vzorku vody (v mol dm^{-3}).

Výpočty:

$c(\text{Mg}^{2+}) = \text{_____} \text{ mol dm}^{-3}$

body:

