



**61. ročník**  
2024/2025

**ŠKOLNÍ KOLO**  
Kategorie B

---

**Praktická část – Zadání**  
20 bodů



# PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

1 I. A											13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	18 VIII. A											
1 <b>H</b> 1 1,00794 Vodík											5 <b>B</b> 10,811 2,00 Bor	6 <b>C</b> 12,011 2,50 Uhlík	7 <b>N</b> 14,007 3,10 Dusík	8 <b>O</b> 15,999 3,50 Kyslík	9 <b>F</b> 18,998 4,10 Fluor	10 <b>Ne</b> 20,179 Helium											
2 II. A	3 <b>Li</b> 6,941 0,97 Lithium	4 <b>Be</b> 9,0122 1,50 Beryllium											13 <b>Al</b> 26,982 1,50 Hliník	14 <b>Si</b> 28,085 1,70 Křemík	15 <b>P</b> 30,974 2,10 Fosfor	16 <b>S</b> 32,06 2,40 Síra	17 <b>Cl</b> 35,453 2,80 Chlor	18 <b>Ar</b> 39,948 Argon									
3	11 <b>Na</b> 22,990 1,00 Sodík	12 <b>Mg</b> 24,305 1,20 Hořčík	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 <b>Al</b> 26,982 1,50 Hliník	14 <b>Si</b> 28,085 1,70 Křemík	15 <b>P</b> 30,974 2,10 Fosfor	16 <b>S</b> 32,06 2,40 Síra	17 <b>Cl</b> 35,453 2,80 Chlor	18 <b>Ar</b> 39,948 Argon									
4	19 <b>K</b> 39,098 0,91 Draslík	20 <b>Ca</b> 40,078 1,00 Vápník	21 <b>Sc</b> 44,956 1,30 Skandium	22 <b>Ti</b> 47,867 1,30 Titan	23 <b>V</b> 50,942 1,50 Vanad	24 <b>Cr</b> 51,996 1,60 Chrom	25 <b>Mn</b> 54,938 1,60 Mangan	26 <b>Fe</b> 55,845 1,60 Železo	27 <b>Co</b> 58,933 1,70 Kobalt	28 <b>Ni</b> 58,693 1,70 Nikl	29 <b>Cu</b> 63,546 1,70 Měď	30 <b>Zn</b> 65,38 1,70 Zinek	31 <b>Ga</b> 69,723 1,80 Gallium	32 <b>Ge</b> 72,61 2,00 Germanium	33 <b>As</b> 74,922 2,20 Arzen	34 <b>Se</b> 78,971 2,50 Selen	35 <b>Br</b> 79,904 2,70 Brom	36 <b>Kr</b> 83,798 Krypton									
5	37 <b>Rb</b> 85,468 0,89 Rubidium	38 <b>Sr</b> 87,62 0,99 Stroncium	39 <b>Y</b> 88,906 1,10 Yttrium	40 <b>Zr</b> 91,224 1,20 Zirkonium	41 <b>Nb</b> 92,906 1,20 Niob	42 <b>Mo</b> 95,95 1,30 Molybden	43 <b>Tc</b> -98 1,40 Technecium	44 <b>Ru</b> 101,07 1,40 Ruthenium	45 <b>Rh</b> 102,91 1,40 Rhodium	46 <b>Pd</b> 106,42 1,30 Palladium	47 <b>Ag</b> 107,87 1,40 Stříbro	48 <b>Cd</b> 112,41 1,50 Kadmium	49 <b>In</b> 114,82 1,50 Indium	50 <b>Sn</b> 118,71 1,70 Cín	51 <b>Sb</b> 121,75 1,80 Antimon	52 <b>Te</b> 127,60 2,00 Tellur	53 <b>I</b> 126,90 2,20 Jod	54 <b>Xe</b> 131,29 Xenon									
6	55 <b>Cs</b> 132,91 0,86 Cesium	56 <b>Ba</b> 137,33 0,97 Baryum											72 <b>Hf</b> 178,49 1,20 Hafnium	73 <b>Ta</b> 180,95 1,30 Tantal	74 <b>W</b> 183,84 1,30 Wolfram	75 <b>Re</b> 186,21 1,50 Rhenium	76 <b>Os</b> 190,23 1,50 Osmium	77 <b>Ir</b> 192,22 1,50 Iridium	78 <b>Pt</b> 195,08 1,40 Platina	79 <b>Au</b> 196,97 1,40 Zlato	80 <b>Hg</b> 200,59 1,40 Rtuť	81 <b>Tl</b> 204,38 1,40 Thallium	82 <b>Pb</b> 207,20 1,50 Olovo	83 <b>Bi</b> 208,98 1,70 Bismut	84 <b>Po</b> -209 1,80 Polonium	85 <b>At</b> -210 1,90 Astat	86 <b>Rn</b> -222 Radon
7	87 <b>Fr</b> -223 0,86 Francium	88 <b>Ra</b> 226,03 0,97 Radium											104 <b>Rf</b> 261,11 Rutherfordium	105 <b>Db</b> 262,11 Dubnium	106 <b>Sg</b> 263,12 Seaborgium	107 <b>Bh</b> 262,12 Bohrium	108 <b>Hs</b> 270 Hassium	109 <b>Mt</b> 268 Meitnerium	110 <b>Ds</b> 281 Darmstadtium	111 <b>Rg</b> 280 Roentgenium	112 <b>Cn</b> 277 Kopernicium	113 <b>Nh</b> -287 Nihonium	114 <b>Fl</b> 289 Flerovium	115 <b>Mc</b> -288 Moskovium	116 <b>Lv</b> -289 Livermorium	117 <b>Ts</b> -291 Tennessin	118 <b>Og</b> 293 Oganesson

Diagram illustrating the structure of an element box for Vanadium (V):

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

## 6 LANTHANOIDY

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

## 7 AKTINOIDY

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

**PRAKTICKÁ ČÁST****20 BODŮ****Autor****Vojtěch Laitl**

Faculty of Science, University of Antwerp

**Recenze****RNDr. Alan Liška, Ph.D.**

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.

**Ing. Ondřej Šimůnek, Ph.D.**Ústav učitelství chemie a humanitních věd, VŠCHT Praha  
Gymnázium, Praha 2, Botičská 1**Garant****Ing. Ivana Gergelitsová, Ph.D.**

Ústav učitelství chemie a humanitních věd, VŠCHT Praha

Milí soutěžící,

v letošním ročníku Chemické olympiády se opět podíváme na jednu z metod analytického stanovení iontů kovů, konkrétně na odměrné stanovení a chelatometrickou (komplexometrickou) titraci.

Naším cílem nicméně není nechat Vás pouze opakovat předložené postupy. Rádi bychom, abyste využili svoji chemickou kreativitu, a Vaším úkolem tedy bude navrhnout vhodný postup komplexometrické analýzy na základě dat, která o daných kovových iontech získáte. Pokusíme se Vám tak ukázat přístup chemika – výzkumníka, který i dnes může mít za úkol navrhnout standardizaci (nových) analytických metod pomocí odměrné analýzy. Doufáme také, že touto cestou lépe porozumíte některým typickým postupům, které se při odměrné analýze používají, a jejich principu.

Nemusíte se ale bát složitých otázek. Budeme se snažit Vás řešením provést pomocí navazujících úkolů v pracovních listech a nejuspěšnější z Vás si budou moci v krajském kole podobný postup vyzkoušet na analýze reálného vzorku.

Pro úspěšné řešení letošní olympiády proto není potřeba dopředu studovat konkrétní komplexometrické metody. Naopak vhodné je si připomenout správný laboratorní postup pro odměrnou analýzu obecně (správné použití pipet, práci s odměrnými a titračními baňkami, ředění vzorků...). Protože nejznámější komplexometrické činidlo je současně slabá organická kyselina, hodí se si také připomenout princip acidobazických rovnováh. Pokud máte zájem a rádi byste znali bližší zdůvodnění závěrů, které v úlohách učiníte, doporučujeme *volitelně* k nahlédnutí fyzikálněchemickou literaturu věnující se chemickým rovnováhám.

Těšíme se s Vámi na letošní ročník a přejeme Vám úspěšné bádání a hodně štěstí při experimentech!

**Doporučená literatura:**

- 1)** ZÁRUBA, Kamil. *Analytická chemie 1. díl*. [https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid\\_isbn-978-80-7080-950-1](https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-950-1); VŠCHT Praha, 2016. ISBN 978-80-7080-950-1. Kapitoly 4.2, 5.5 (zejména 5.5.8, rozšiřující 5.5.3, 5.5.6); pro obecné postupy viz kapitoly 1–2; pro acidobazické rovnováhy viz kapitolu 4.1 (výpočetní část *ignorujte*). *Skripta lze číst on-line*.
- 2)** *volitelně*: ATKINS, Peter a de PAULA, Julio. *Fyzikální chemie*. [https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid\\_isbn-978-80-7080-830-6](https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-830-6); VŠCHT Praha, 2013. ISBN 978-80-7080-830-6. Kapitola 6 (6.1–6.2.2; výpočetní část lze ignorovat). *Učebnici je v případě zájmu nutné zakoupit* – lze doporučit (vážným) zájemcům o fyzikální chemii, pro letošní olympiádu ale *není nutná*.
- 3)** *volitelně jako alternativa k 2)*: NOVÁK, Jaroslav. *Fyzikální chemie: bakalářský a magisterský kurz*. <https://old.vscht.cz/fch/cz/pomucky/FCH4Mgr.view.pdf>; VŠCHT Praha, 2016. Kapitola 7 (7.1–7.6; výpočetní část lze ignorovat). *Skripta lze číst on-line*.
- 4)** *příprava na krajské kolo*: autorské řešení školního kola, zejména *úkolů 10*, včetně výpočtů

**Úloha 1 Jak a proč funguje chelatometrie?****20 bodů**

Chelatometrie je praktická metoda odměrné analýzy, která se i dnes využívá pro standardizaci instrumentálních metod stanovení různých iontů (jakými jsou například plamenová absorpční spektroskopie, hmotnostní spektrometrie nebo elektrochemické metody). Prototypovým příkladem takovéto standardizace je stanovení tvrdosti vody, ke které v reálných vzorcích přispívají hořečnaté a vápenaté ionty. V této úloze nám ale nepůjde jen o mechanickou titraci! Roztok vápenatých a hořečnatých iontů totiž tvoří směsný vzorek, a jeho analýzu je tak třeba pečlivě naplánovat. Zde si proto vyzkoušíte tento postup sami navrhnout na základě dat změřených v jednodušších systémech, tedy roztocích pouze vápenatých a pouze hořečnatých iontů. Výsledkem Vaší práce bude samostatný návrh analytického protokolu.

**V žádne z části této úlohy nebude nijak penalizována odborná pomoc, o kterou byste případně museli poprosit svého pedagoga. Snažte se pracovat soustředěně a samostatně, ale jakékoliv problémy nebo nejasnosti prosím včas hlase.**

**Pomůcky:**

- odměrná baňka (100 ml, 4 ks)
- pipeta (10 ml, nedělená), včetně balonku nebo pipetovacího nástavce
- titrační baňka
- byreta (25 ml), včetně stojanu, klem a malé nálevky/tulipánku
- odměrný válec (50 nebo 100 ml)
- skleněná tyčinka
- lodička
- analytické váhy
- stříčka s destilovanou vodou
- filtrační papír
- kádinka (150 ml a větší, 2 ks)
- nálevka pro filtraci
- filtrační kruh a stojan
- univerzální pH papírky
- kopistka

**Chemikálie:**

- pevný oxid hořečnatý
- pevný uhličitan vápenatý
- odměrný roztok chelatonu 3 ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ , ethylendiamintetraacetát disodný,  $c \approx 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$ ; přesnou koncentraci uvede vedoucí laboratoře)
- eriochromová čerň T (organický indikátor pro  $\text{pH} = 10$ , v bodě ekvivalence přechází z vínové na modrou)
- pufr (bude určen v pracovním listě)
- zásobní roztok  $\text{NaOH}$  (cca  $2 \text{ mol dm}^{-3}$ )
- zásobní roztok  $\text{HCl}$  (cca 35 hmot. %)

**Úkol:**

- 1) Stanovte stechiometrii titrace  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Ca}^{2+}$  iontů chelatonem 3.
- 2) Proveďte dodatečné srážecí experimenty s roztoky obou iontů.
- 3) Využijte svá experimentální data k návrhu chelatometrické titrace směsi obou iontů.
- 4) Zdokumentujte svůj postup v pracovním listu. K úkolu 3) vedou dílčí otázky, na které v něm odpovíte.

**Pracovní postup:**

- 1) Navažte *přibližně přesně* taková množství MgO a CaCO<sub>3</sub>, abyste ve 100ml odměrných baňkách připravili *po řadě (zvlášť)* roztok hořečnatých (vzorek 1) a vápenatých (vzorek 2) iontů o koncentraci 0,5 mol dm<sup>-3</sup>. Vážení proveďte na analytických vahách, do pracovního listu uveďte výpočet teoretické navážky a vyvážku (skutečně navážené množství).

*Poznámka: Přibližně přesným vážením máme na mysli odvážení hodnoty, která se ideálně co nejvíce blíží vypočítané navážce (tedy například 0,503 g nebo 0,498 g pro hypotetickou navážku 0,500 g). Vzhledem k nejistotě analytických vah není nutné s teoretickou navážkou zcela souhlasit, zásadní ale je si přesně poznamenat skutečně vyvážené množství.*

- 2) Vyvážky kvantitativně převedte do 100ml odměrných baněk, suspendujte v malém množství destilované vody a *opatrně* přidávejte malá množství kyseliny chlorovodíkové do rozpuštění pevné fáze. Roztok v titrační baňce doplňte po rysku destilovanou vodou. **Zejména v případě CaCO<sub>3</sub> postupujte pomalu;** chemickým rozpuštěním dochází k vývoji CO<sub>2</sub> a prudké vzkypění vzorku jej může znehodnotit.
- 3) Pro měření titrační křivky odeberte *po řadě (zvlášť)* 10,0 ml každého vzorku do čisté 100ml odměrné baňky a tento přídatek zředte doplněním po rysku destilovanou vodou. Připravíte tak 10× zředěné vzorky hořečnatých (vzorek 3) a vápenatých (vzorek 4) iontů.
- 4) Do titrační baňky převedte 10,0 ml vzorku 3 a přidejte přibližně 5 ml z roztoku pufru připraveného na Vašem pracovním místě. Roztok doplňte destilovanou vodou na přibližně 100 ml. Jako poslední přidejte do směsi na špičku kopistky indikátor – eriochromovou čern T.
- 5) Roztok ztitrujte připraveným činidlem – chelatonem 3,  $c = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$  – z vínově červeného do modrého zbarvení. Proveďte 2 stanovení spotřeby chelatonu 3. Pokud by se od sebe stanovení lišila o více než 0,30 ml, proveďte jedno kontrolní stanovení navíc a odlehlý bod vyřadte. Ze 2 přesných stanovení vypočítejte průměrnou hodnotu.

*Poznámka: Barevný přechod v oblasti ekvivalence se může objevovat pomalu. Z tohoto důvodu je vhodné kolem bodu ekvivalence titrovat pomaleji, případně si jeho přibližnou polohu určit pomocí jednoho rychlého stanovení nanečisto (tuto případnou hodnotu do pracovního listu nezapisujte).*

- 6) Zopakujte body 4–5 pro vzorek 4. Získané spotřeby vyhodnoťte podle pokynů v pracovním listě.
- 7) Zbývající množství vzorků 1–2 převedte *po řadě (zvlášť)* do kádinky s roztokem hydroxidu sodného,  $c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$ , upravte pH směsi na hodnotu přibližně 13 (ověřte pH papírky) a promíchejte. Roztoky nechte několik minut odstát, následně směsi přefiltrujte a v pracovním listu popište svá pozorování během experimentu.

**PRACOVNÍ LIST****20 BODŮ****Úloha 1 Jak a proč funguje chelatometrie?****20 bodů**

OZNAČENÍ VÝSLEDKŮ (SOUTĚŽNÍ ČÍSLO):

1) Příprava zásobních roztoků ( $c = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ )**Výpočet hmotnosti MgO (VZOREK 1):**

Výsledek:

body:

**Výpočet hmotnosti CaCO<sub>3</sub> (VZOREK 2):**

Výsledek:

body:

Teoretická navážka (g MgO)	Vyvážka (g MgO)	Teoretická navážka (g CaCO <sub>3</sub> )	Vyvážka (g CaCO <sub>3</sub> )

body:

2) Titrace

**VZOREK 3**

1. stanovení (ml)	2. stanovení (ml)	kontrolní stanovení (pokud je třeba) (ml)	kontrolní stanovení (pokud je třeba) (ml)	PRŮMĚRNÁ HODNOTA (ml)

**body:****VZOREK 4**

1. stanovení (ml)	2. stanovení (ml)	kontrolní stanovení (pokud je třeba) (ml)	kontrolní stanovení (pokud je třeba) (ml)	PRŮMĚRNÁ HODNOTA (ml)

**body:**

- 3) Na základě známé koncentrace titračního činidla i zásobních roztoků vzorků 3 a 4 vypočítejte, s jakou stechiometrií reaguje chelaton 3 s  $Mg^{2+}$  (vzorek 3) a  $Ca^{2+}$  ionty (vzorek 4). Použijte přesné vyvážky z úkolu 1 a stechiometrický poměr uveďte jako poměr vhodně zaokrouhlených celých čísel.

**Výpočet 1 (MgO):****Výsledek:****body:****Výpočet 2 (CaCO<sub>3</sub>):****Výsledek:****body:**

- 4) Chelaton 3 je disodná sůl kyseliny ethylendiamintetraoctové; pro naše potřeby jej označíme vzorcem  $Na_2H_2Y$ . Zapište vyčíslené chemické rovnice reakcí  $Na_2H_2Y$  s  $Mg^{2+}$  a  $Ca^{2+}$  ionty tak, jak by probíhaly v neutrálním pH. Hlavním produktem reakce je chelatonát, komplex složený pouze z iontů  $Mg^{2+}/Ca^{2+}$  a  $Y^{4-}$  v poměru daném stechiometrií z úkolu 3. Reakce nejsou redoxní.

**Vyčíslená rovnice 1 (Mg<sup>2+</sup>):****Vyčíslená rovnice 2 (Ca<sup>2+</sup>):****body:**



Chelatační reakce se ve skutečnosti v neutrálním pH typicky neprovádějí, hodnota pH se namísto toho upravuje pufrům, který jste použili při experimentu. Smyslem tohoto kroku je posunout rovnováhu reakcí z úkolu 4 směrem k cíleným produktům tak, aby reakce proběhla kvantitativně.

- 5) Vyberte z následujících možností, jak by rovnováhu chemických reakcí z úkolu 4 ovlivnilo *zvýšení* pH oproti neutrální hodnotě. Své rozhodnutí stručně zdůvodněte.

Zvýšení pH posune rovnováhu k <b>REAKTANTŮM</b> dané reakce.	Zvýšení pH polohu rovnováhy <b>NEZMĚNÍ</b> .	Zvýšení pH posune rovnováhu k <b>PRODUKTŮM</b> dané reakce.
<b>SPRÁVNĚ/CHYBNĚ</b>	<b>SPRÁVNĚ/CHYBNĚ</b>	<b>SPRÁVNĚ/CHYBNĚ</b>

**Zdůvodnění:**

**body:**

Metalochromní indikátor, který jste použili, je ligand tvořící s kovovými ionty v roztoku komplex s menší termodynamickou stabilitou, než jakou má chelatonát z otázky 4. Během titrace je indikátor z komplexu vytěšňován chelatonem 3, což v bodě ekvivalence způsobí barevnou změnu.

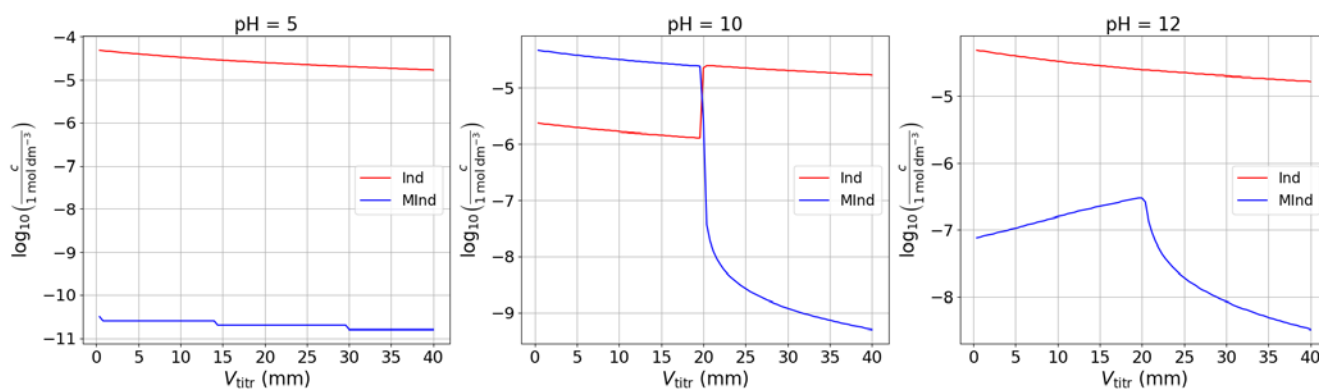
Bod ekvivalence lze nicméně identifikovat i jinými způsoby. Pokud bychom byli například schopni změřit koncentrace volných iontů v roztoku nebo koncentraci jejich komplexu s indikátorem, pozorovali bychom ekvivalenci jako skočnou změnu (takzvaný inflexní bod) na jejich titračních křivkách.

- 6) Na obrázku níže jsou vyneseny grafy koncentrací koordinovaného a volného indikátoru, které bychom získali titračním experimentem provedeným ve 3 různých pufrch:

kyselina octová + octan sodný 1:1	Schwarzenbachův pufr ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ )	fosforečnan sodný + hydrogenfosforečnan sodný 1:1
pH = 5	pH = 10	pH = 12

Pro experiment bylo do titrační baňky předloženo **20 ml** roztoku  $\text{MgCl}_2$ ,  $c_{\text{Mg}} = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$ , upraveno stejně jako během Vašich experimentů a ztitrováno chelatonem 3,  $c = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$ , na barevný přechod. Výsledkem jsou následující křivky koncentrací; „Ind“ označuje volný indikátor a „MInd“ komplex indikátoru s  $\text{Mg}^{2+}$  iontem.





Jaký pufr jste během svého experimentu nejspíš použili? Svou odpověď stručně zdůvodněte.

<b>Pufr:</b>
<b>Zdůvodnění:</b>
<b>body:</b>

7) Odečtěte z vhodně pufrované křivky v úkolu 7 stechiometrii reakce (pozor na odlišné množství vzorku!). Shoduje se s Vaším závěrem pro  $Mg^{2+}$  ion v otázce 3?

<b>Stechiometrie</b> (včetně výpočtu nebo úvahy):
<b>Shoda: ANO/NE</b>
<b>body:</b>

8) Proč je v případě Vašich experimentů výhodnější vizuální určení bodu ekvivalence než snaha změřit koncentrace volných iontů nebo komplexu „MInd”?

<b>Zdůvodnění:</b>
<b>body:</b>

Pokud chelatační činidlo navíc dobře reaguje s oběma analyty, jako v našem případě s  $Mg^{2+}$  a  $Ca^{2+}$  ionty, nemůžeme tyto částice rozlišit při analýze směsí. Abychom se této překážce vyhnuli, musíme navrhnout další, takzvaný maskovací experiment.

Výhodou kovů alkalických zemin je, že maskování pro chelatometrickou titraci můžeme jednoduše provést opět změnou pH. Jaké informace takto získáme, Vám napoví srážecí experimenty (*bod 7 v pracovním postupu, vzorky 1–2*).



- 9) Popište svá pozorování ze srážecích experimentů (bod 7 pracovního postupu, vzorky 1–2). Všímejte si konzistence obou vzorků, vzniku zákalu nebo sraženiny, případně barevných změn. Zdokumentované změny se pokuste zapsat chemickými rovnicemi.

vzorek 1 (pH ≈ 13)	vzorek 2 (pH ≈ 13)
<b>konzistence vzorku:</b>	<b>konzistence vzorku:</b>
<b>zákal (ANO/NE):</b>	<b>zákal (ANO/NE):</b>
<b>filtrovatelná sraženina (ANO/NE):</b>	<b>filtrovatelná sraženina (ANO/NE):</b>
<b>barevné změny (ANO/NE):</b>	<b>barevné změny (ANO/NE):</b>
<b>chemické rovnice (pokud dávají smysl):</b>	<b>chemické rovnice (pokud dávají smysl):</b>

**body:**

Pokud je některý z kovových iontů za daného pH vyvázan do pevného hydroxidu, komplexy s chelatačním činidlem dále netvoří. Tímto způsobem tedy můžeme zamaskovat některý z analytů, zatímco při jiném, optimálně pufovaném pH (otázka 7) stanovíme chelatometrickou titrací oba ionty současně.



- 10) Pokuste se na základě svých odpovědí na předešlé otázky navrhnout postup, jakým byste stanovili koncentraci vápenatých iontů  $c_{Ca}$ , koncentraci hořečnatých iontů  $c_{Mg}$  a jejich součet (takzvanou celkovou tvrdost,  $c_{Ca+Mg}$ ) v reálném vzorku neznámé tvrdé vody.

Předpokládejte, že máte k dispozici daný vzorek, odměrný roztok chelatonátu 3 o známé koncentraci  $c$ , Vámi zvolený pufr (otázka 7) a roztok NaOH ( $c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$ ). Z pomůcek pro tuto úlohu můžete využít libovolné laboratorní sklo a jeho použití stačí popsat obecně (odpipetujeme, ztitrujeme, ...). Indikátor(y) označte pouze obecně, pro reálný experiment byste měli možnost si vhodnou látku vybrat z tabulek.

Výsledný postup запиšte tak, aby na jeho základě mohl provést analytické stanovení Váš kolega v laboratoři. Předpokládejte, že perfektně ovládá správný postup titrace, ale nezná princip chelatometrie a nemá k dispozici tento pracovní list ani Vaše závěry. Využijte nejvýše rozsah omezený rámečkem a snažte se o maximální srozumitelnost (vhodným formátem je například číslovaný nebo odrážkový seznam). Nezapomeňte, že pro stanovení budete pravděpodobně potřebovat 2 experimenty, ze kterých získáte 2 různé spotřeby. U každého experimentu přehledně uveďte, jaký/jaké ze zkoumaných iontů jím stanovíte. Experimenty probíhají odděleně, sdílejí pouze vzorek. Na závěr popište, rovnicí nebo výstižnými slovy, jak z těchto dvou spotřeb vypočítáte všechny hledané údaje,  $c_{Ca}$ ,  $c_{Mg}$  i  $c_{Ca+Mg}$ . Hodnoty můžete stanovit v libovolném pořadí; vyberte si to nejvýhodnější z nich! Pro jednoduchost uvažujte, že vzorek není nutné ředit – v praxi byste si ředění buď optimalizovali, nebo jeho schéma znali ze standardizovaného postupu.

**Popis experimentu:**

**body:**

**Popis experimentu** (navazuje v případě potřeby):

**body:**