



**VŠCHT PRAHA**

Ústřední komise  
Chemické olympiády

Soutěžní číslo:



**63. ROČNÍK**

**2026/2027**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**KATEGORIE A**

**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 <b>H</b> 1 2,20 Vodík																	2 4,0026 <b>He</b> Helium
2 6,941 <b>Li</b> 3 0,97 Lithium	4 9,0122 <b>Be</b> 4 1,50 Beryllium											5 10,811 <b>B</b> 5 2,00 Bor	6 12,011 <b>C</b> 6 2,50 Uhlík	7 14,007 <b>N</b> 7 3,10 Dusík	8 15,999 <b>O</b> 8 3,50 Kyslík	9 18,998 <b>F</b> 9 4,10 Fluor	10 20,179 <b>Ne</b> Neon
3 22,990 <b>Na</b> 11 1,00 Sodík	12 24,305 <b>Mg</b> 12 1,20 Hořčík											13 26,982 <b>Al</b> 13 1,50 Hliník	14 28,085 <b>Si</b> 14 1,70 Křemík	15 30,974 <b>P</b> 15 2,10 Fosfor	16 32,06 <b>S</b> 16 2,40 Síra	17 35,453 <b>Cl</b> 17 2,80 Chlor	18 39,948 <b>Ar</b> Argon
4 39,098 <b>K</b> 19 0,91 Draslík	20 40,078 <b>Ca</b> 20 1,00 Vápník	21 44,956 <b>Sc</b> 21 1,30 Skandium	22 47,867 <b>Ti</b> 22 1,30 Titan	23 50,942 <b>V</b> 23 1,50 Vanad	24 51,996 <b>Cr</b> 24 1,60 Chrom	25 54,938 <b>Mn</b> 25 1,60 Mangan	26 55,845 <b>Fe</b> 26 1,60 Železo	27 58,933 <b>Co</b> 27 1,70 Kobalt	28 58,693 <b>Ni</b> 28 1,70 Nikl	29 63,546 <b>Cu</b> 29 1,70 Měď	30 65,38 <b>Zn</b> 30 1,70 Zinek	31 69,723 <b>Ga</b> 31 1,80 Gallium	32 72,61 <b>Ge</b> 32 2,00 Germanium	33 74,922 <b>As</b> 33 2,20 Arzen	34 78,971 <b>Se</b> 34 2,50 Selen	35 79,904 <b>Br</b> 35 2,70 Brom	36 83,798 <b>Kr</b> Krypton
5 85,468 <b>Rb</b> 37 0,89 Rubidium	38 87,62 <b>Sr</b> 38 0,99 Stroncium	39 88,906 <b>Y</b> 39 1,10 Yttrium	40 91,224 <b>Zr</b> 40 1,20 Zirkonium	41 92,906 <b>Nb</b> 41 1,20 Niob	42 95,95 <b>Mo</b> 42 1,30 Molybden	43 -98 <b>Tc</b> 43 1,40 Technecium	44 101,07 <b>Ru</b> 44 1,40 Ruthenium	45 102,91 <b>Rh</b> 45 1,40 Rhodium	46 106,42 <b>Pd</b> 46 1,30 Palladium	47 107,87 <b>Ag</b> 47 1,40 Stříbro	48 112,41 <b>Cd</b> 48 1,50 Kadmium	49 114,82 <b>In</b> 49 1,50 Indium	50 118,71 <b>Sn</b> 50 1,70 Cín	51 121,75 <b>Sb</b> 51 1,80 Antimon	52 127,60 <b>Te</b> 52 2,00 Tellur	53 126,90 <b>I</b> 53 2,20 Jod	54 131,29 <b>Xe</b> Xenon
6 132,91 <b>Cs</b> 55 0,86 Cesium	56 137,33 <b>Ba</b> 56 0,97 Baryum		72 178,49 <b>Hf</b> 72 1,20 Hafnium	73 180,95 <b>Ta</b> 73 1,30 Tantal	74 183,84 <b>W</b> 74 1,30 Wolfram	75 186,21 <b>Re</b> 75 1,50 Rhenium	76 190,23 <b>Os</b> 76 1,50 Osmium	77 192,22 <b>Ir</b> 77 1,50 Iridium	78 195,08 <b>Pt</b> 78 1,40 Platina	79 196,97 <b>Au</b> 79 1,40 Zlato	80 200,59 <b>Hg</b> 80 1,40 Rtuť	81 204,38 <b>Tl</b> 81 1,40 Thallium	82 207,20 <b>Pb</b> 82 1,50 Olovo	83 208,98 <b>Bi</b> 83 1,70 Bismut	84 -209 <b>Po</b> 84 1,80 Polonium	85 -210 <b>At</b> 85 1,90 Astat	86 -222 <b>Rn</b> Radon
7 -223 <b>Fr</b> 87 0,86 Francium	88 226,03 <b>Ra</b> 88 0,97 Radium		104 261,11 <b>Rf</b> 104 1,20 Rutherfordium	105 262,11 <b>Db</b> 105 1,20 Dubnium	106 263,12 <b>Sg</b> 106 1,20 Seaborgium	107 262,12 <b>Bh</b> 107 1,20 Bohrium	108 270 <b>Hs</b> 108 1,20 Hassium	109 268 <b>Mt</b> 109 1,20 Meitnerium	110 281 <b>Ds</b> 110 1,20 Darmstadtium	111 280 <b>Rg</b> 111 1,20 Roentgenium	112 277 <b>Cn</b> 112 1,20 Kopernicium	113 -287 <b>Nh</b> 113 1,20 Nihonium	114 289 <b>Fl</b> 114 1,20 Flerovium	115 -288 <b>Mc</b> 115 1,20 Moskovium	116 -289 <b>Lv</b> 116 1,20 Livermorium	117 -291 <b>Ts</b> 117 1,20 Tennessin	118 293 <b>Og</b> 118 1,20 Oganesson

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

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

6 LANTHANOIDY	57 138,91 <b>La</b> 1,10 Lanthan	58 140,12 <b>Ce</b> 1,10 Cer	59 140,91 <b>Pr</b> 1,10 Praseodym	60 144,24 <b>Nd</b> 1,10 Neodym	61 -145 <b>Pm</b> 1,10 Promethium	62 150,36 <b>Sm</b> 1,10 Samarium	63 151,96 <b>Eu</b> 1,00 Europium	64 157,25 <b>Gd</b> 1,10 Gadolinium	65 158,93 <b>Tb</b> 1,10 Terbium	66 162,50 <b>Dy</b> 1,10 Dysprosium	67 164,93 <b>Ho</b> 1,10 Holmium	68 167,26 <b>Er</b> 1,10 Erbium	69 168,93 <b>Tm</b> 1,10 Thulium	70 173,04 <b>Yb</b> 1,10 Ytterbium	71 174,97 <b>Lu</b> 1,10 Lutecium
7 AKTINOIDY	89 227,03 <b>Ac</b> 1,00 Aktinium	90 232,04 <b>Th</b> 1,10 Thorium	91 231,04 <b>Pa</b> 1,10 Proaktinium	92 238,03 <b>U</b> 1,20 Uran	93 237,05 <b>Np</b> 1,20 Neptunium	94 {244} <b>Pu</b> 1,20 Plutonium	95 -243 <b>Am</b> 1,20 Americium	96 -247 <b>Cm</b> 1,20 Curium	97 -247 <b>Bk</b> 1,20 Berkelium	98 -251 <b>Cf</b> 1,20 Kalifornium	99 -252 <b>Es</b> 1,20 Einsteinium	100 -257 <b>Fm</b> 1,20 Fermium	101 -258 <b>Md</b> 1,20 Mendělevium	102 -259 <b>No</b> 1,20 Nobelium	103 -260 <b>Lr</b> 1,20 Lawrencium

**SOUHRNNÉ BODOVÁNÍ ÚLOH**

(vyplňuje porota)

	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b>
<b>Úloha 1</b>	/ 5,00
<b>Úloha 2</b>	/ 7,00
<b>Úloha 3</b>	/ 8,00
<b>CELKEM</b>	<b>/ 20,00</b>

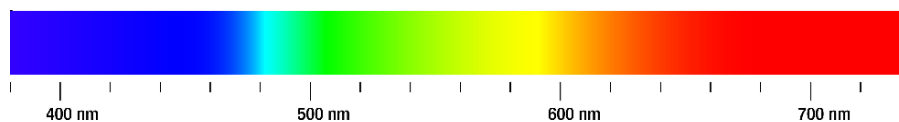
## VZOREČKOVNÍK

Látkové množství $n = \frac{m}{M} \quad n = \frac{V}{V_m}$	Hustota $\rho = \frac{m}{V}$
Stavová rovnice ideálního plynu $pV = nRT$	Molární / hmotnostní koncentrace $c = \frac{n}{V} \quad c_m = \frac{m}{V}$
Rovnice přímky $y = kx + q$	Bougerův–Lambertův–Beerův zákon $A_\lambda = \epsilon_\lambda \cdot \ell \cdot c$

## VYBRANÉ KONSTANTY A PŘEVODNÍ VZTAHY

Avogadrova konstanta $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	Boltzmannova konstanta $k_B = 1,3806 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Atomová hmotnostní konstanta $m_u = 1 \text{ amu} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	Elektronvolt $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Faradayova konstanta $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$	Planckova konstanta $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Rychlost světla ve vakuu $c = 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$	Molární plynová konstanta $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Termodynamická teplota $0 \text{ °C} = 273,15 \text{ K}$	Atmosférický tlak $p_{\text{atm}} = 101\,325 \text{ Pa} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$
Standardní tlak $p^\circ = 100\,000 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$	Standardní teplota $T^\circ = 298,15 \text{ K}$
Standardní koncentrace $c^\circ = 1 \text{ mol dm}^{-3}$	

## KOMPLEMENTARITA BAREV



**ZADÁNÍ****20 bodů****Autor / Autoři****Mgr. Vojtěch Vilím***Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova**Ústav anorganické chemie, Akademie věd ČR, v.v.i.***RNDr. Jakub Hraníček, Ph.D.***Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova***Odborná recenze****Radek Matuška***Střední průmyslová škola chemická a gymnázium Brno, Vranovská, příspěvková organizace***Pedagogická recenze****Radek Matuška***Střední průmyslová škola chemická a gymnázium Brno, Vranovská, příspěvková organizace*

Milí řešitelé chemické olympiády,

v praktické části letošního ročníku chemické olympiády kategorie A hraje významnou roli barevnost látek. V jednotlivých úlohách jednotlivých kol zaměříme pozornost na barevné látky, na interakce viditelné části elektromagnetického záření s těmito látkami a na možné využití těchto interakcí při zjišťování přítomnosti (kvalita) a množství (kvantita) těchto látek ve zkoumaných vzorcích. Celou dobu vás budou provázet dva chemici, Kuba a Václav, a jejich zvědavá kamarádka Tereška. Ve všech třech kolech se setkáte s klasickými volumetrickými stanoveními, při nichž budete používat vizuální způsoby indikace, tedy indikátory. Postupně se objeví i experimenty s průchodem viditelného záření barevnými roztoky a součástí úloh bude i velmi jednoduchá organická syntéza fluorescenční látky.

V rámci teoretické přípravy na praktickou část doporučujeme věnovat pozornost následujícím oblastem:

- absorpce elektromagnetického záření látkami, barevnost látek a fluorescence
- základy kolorimetrie a její vyhodnocení (porovnávací metoda, metoda kalibrační řady)
- Lambertův–Beerův zákon a jeho využití
- volumetrie se zaměřením na chelatometrii (přímé a vytěšňovací titrace) a argentometrii (přímá a zpětná stanovení zejména halogenidů dle Fajanse a dle Volharda)
- stechiometrické výpočty a výpočty týkající se přípravě roztoků

Z praktických dovedností se zaměřte zejména na:

- provedení volumetrických stanovení s vizuální indikací bodu ekvivalence včetně přípravy vzorků
- přípravu kalibračních roztoků pro kolorimetrická stanovení
- provedení kolorimetrického stanovení koncentrace zabarvených látek
- zapojování jednoduchých elektrických obvodů na nepájivém poli s LED diodami
- základní laboratorní techniky (příprava roztoků, měření objemu, zahřívání, prostá filtrace, titrace)

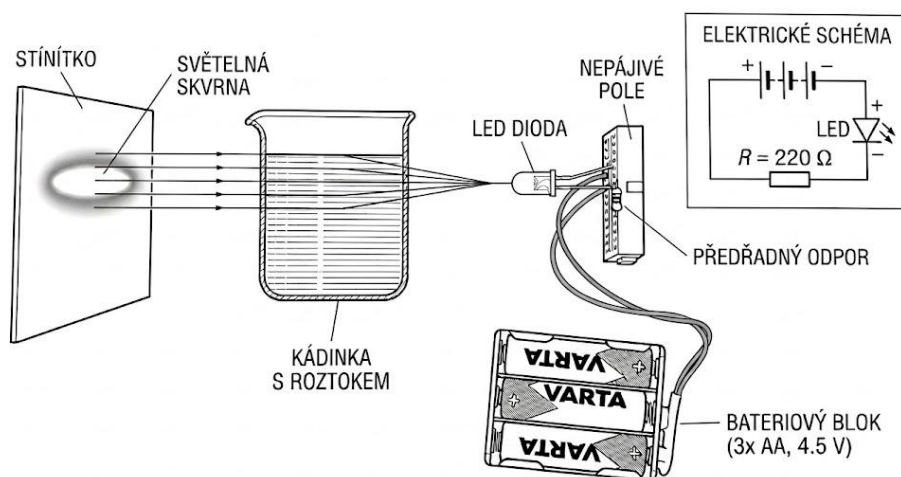
Hodně štěstí při řešení úloh přejí autoři.

**DOPORUČENÁ LITERATURA**

- 1)** SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James; CROUCH, Stanley R. Analytická chemie. Praha: VŠCHT, 2019. ISBN 978-80-7592-043-0.
  - kapitoly: spektrofotometrie, absorpční metody, volumetrická analýza
- 2)** MORAVCOVÁ, Hana. Analytická chemie. Ostrava: Pavko, 2011. ISBN 978-80-86369-14-3.
  - kapitoly: odměrná analýza, výpočty koncentrací, indikátory
- 3)** MELICHAR, Bohumil; HÝSKOVÁ, Marie. Analytická chemie I. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1158-2.
  - kapitoly: rovnováhy v roztocích, acidobazické děje, základy titrací
- 4)** MELICHAR, Bohumil; HÝSKOVÁ, Marie. Analytická chemie II. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1502-8.
  - kapitoly: optické metody analýzy, spektrofotometrie
- 5)** KARPENKO, Vladimír a kol. Fyzikální chemie pro bakalářské studium. Praha: VŠCHT Praha, 2010.
  - kapitoly: interakce záření s látkou, absorpce, fluorescence
- 6)** HARRIS, Daniel C. Quantitative Chemical Analysis. 10th ed. New York: W. H. Freeman, 2020. ISBN 978-1-319-16908-4.
  - chapters: spectrophotometry, calibration methods, titrations
- 7)** ATKINS, Peter; DE PAULA, Julio; KEELER, James. Atkins' Physical Chemistry. Oxford: OUP, 2018. ISBN 978-0-19-876986-6.
  - chapters: electronic spectroscopy, light-matter interaction
- 8)** Studijní materiály a laboratorní návody z analytické a fyzikální chemie dostupné online (např. VŠCHT Praha, UK, MU).
  - spektrofotometrie, kolorimetrie, standardizace roztoků

**Úloha 1 Absorpce a fluorescence molekul****5 bodů**

V první úloze školního kola prozkoumáme, jak roztoky některých barevných látek interagují s viditelnou částí elektromagnetického záření (světlem). Právě tahle schopnost pohlcovat a vyzařovat viditelné záření je klíčem k pochopení jejich vlastností i k jejich identifikaci. Jednoho říjnového dopoledne přicházejí do své malé a nijak zvlášť vybavené laboratoře dva mladí chemici Kuba s Vojtou, kteří se rozhodli trochu si „pohrát“ se světlem a barvami. A právě ve chvíli, kdy začínají sestavovat jednoduchý LED obvod za pár korun (Obrázek 1), se ve dveřích objeví jejich spolužačka Terežka. „Hele kluci, když už tu jste,“ říká, „zkusili byste mi pomoci? Mám tady pár vzorků a potřebuju zjistit, co vlastně obsahují.“ Chemici si vymění pohledy – přesně taková výzva se neodmítá. Rozhodnou se proto využít jednoduchý, ale velmi účinný přístup: budou sledovat, jak jednotlivé roztoky absorbují světlo různých barev – modré, zelené, oranžové i červené. Kromě toho si všimnou i případné fluorescence, tedy schopnosti některých látek vyzařovat světlo po ozáření. Každý vzorek se tak stane malou hádankou, kterou je třeba rozluštit. Pojdme se do toho pustit s nimi.



Obrázek 1: Experimentální schéma pro měření absorpce a fluorescence

**POMŮCKY**

- nepájivé pole
- předřadný odpor
- papírové stínítko (karton, křídový papír)
- plastové kapátko (2×)
- ochranné brýle
- buničina nebo papírové ubrusky
- bateriový blok s 3× AA baterií
- sada LED (modrá, zelená, oranžová, červená)
- kádinka 25 ml nebo vialka (4×)
- skleněná tyčinka
- lihový fix

**CHEMIKÁLIE**

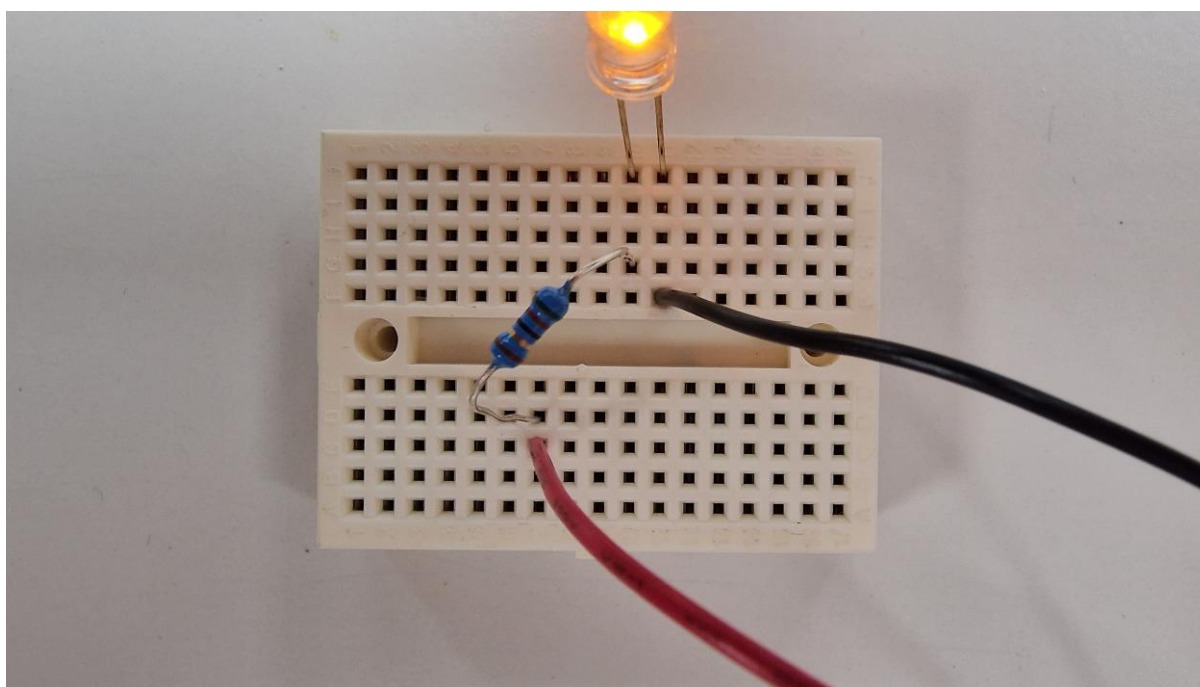
- pevný vzorek **A**
- kapalně vzorky **B–F**
- amoniak  $\text{NH}_3$  10% vodný roztok
- stříčka s destilovanou vodou

Chemikálie	H-věty
síran mědnatý pevný	H302 Zdraví škodlivý při požití. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H400 Vysoce toxický pro vodní organismy. H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
manganistan draselný roztok	-
eosin Y roztok	-
fluorescein roztok	-
azorubin roztok	-
tartrazin roztok	-
amoniak 10% roztok	H315 Dráždí kůži. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.

## PRACOVNÍ POSTUP

### Sestavení obvodu s LED

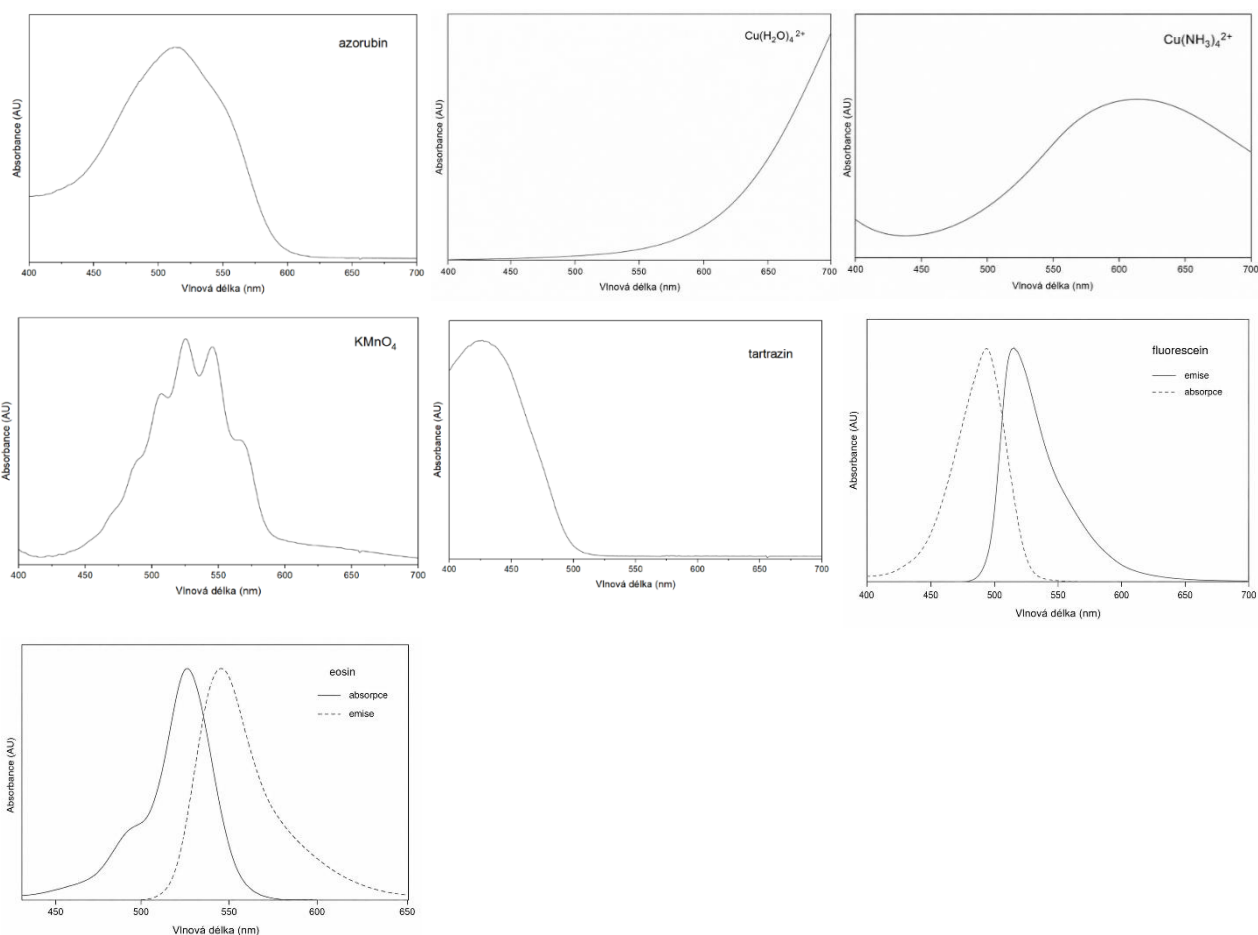
- Najděte delší nožičku (anodu/kladný pól) a kratší nožičku (katodu/záporný pól) LED.
- Zastrčte delší nožičku LED do libovolného řádku v hlavní části pole (např. sloupec J, řádek 10). Kratší nožičku zapíchněte o kus dál do jiného řádku stejného sloupce (např. sloupec J, řádek 11).
- Rezistor zapojte jedním (libovolným) koncem do stejného řádku, kde je kratší nožička LED (např. sloupec G, řádek 10). Druhý konec rezistoru zapíchněte do nového volného řádku na opačném konci pole (např. sloupec D, řádek 7).
- Vezměte černý kabel baterie (-) a vsuňte jej do libovolného sloupce stejného řádku, jako je záporný pól LED (např. sloupec F, řádek 11) na stejné straně pole, jako je umístěna LED. Červený kabel baterie (+) zapojte do stejného řádku, jako je druhý konec rezistoru (např. sloupec C, řádek 7) na opačné straně pole, než je LED.
- Dojde k rozsvícení LED (vizte Obrázek 2).
- Nikdy nezapojte LED bez vloženého předřadného rezistoru, došlo by k jejímu spálení.



Obrázek 2: Zapojení obvodu s LED na nepájivém poli

**Absorpce a fluorescence molekul**

- Veškerý pevný vzorek (vzorek **A**) rozpustte v jedné 25ml kádince v přibližně 20 ml destilované vody (takto připravený roztok označte **A1**).
- Do druhé kádinky přelijte přibližně polovinu právě připraveného roztoku A1.
- Do roztoku v druhé kádince pomalu přikapávejte amoniak a pozorujte probíhající změny (takto připravený roztok označte **A2**).
- Připravte si neznámé kapalné vzorky **B–F**.
- S pomocí obvodů s LED pozorujte absorpci záření o různých vlnových délkách jednotlivými roztoky (**A1**, **A2**, **B–F**), případně odhalte jejich fluorescenci. Vyzkoušejte všechny dostupné barvy, tedy barvu modrou, zelenou, oranžovou a červenou. Ke sledování absorpce, případně fluorescence, využijte roztoky, které buď přelijete do kádinky, nebo ponecháte v původní lahvičce.
- Zaznamenejte si, zda vybraný roztok propouští nebo absorbuje záření dané barvy a zda vzorek fluoreskuje.
- Na základě pozorování přiřaďte jednotlivá absorpční/emisní spektra vašim vzorkům.



---

**VYHODNOCENÍ A OTÁZKY**

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) **Jak vypadal pevný vzorek? Uveďte změny, které jste pozorovali při rozpouštění pevného vzorku a poté při přidávání amoniaku. Vysvětlete pozorované změny slovně i iontovými chemickými rovnicemi.**
- 2) **Přiřaďte absorpční spektra k jednotlivým vzorkům.**
- 3) **V jakém vztahu jsou spolu vlnové délky absorbovaného a emitovaného světla u fluoreskujících vzorků? Vysvětlete tento jev.**
- 4) **Jaký rozdíl bude ve spektru látky, která emituje červené světlo a látky, jejíž roztok je červený?**

**Úloha 2 Kolorimetrické stanovení paracetamolu****7 bodů**

V další úloze se zaměříme na kolorimetrii, tedy metodu, která využívá intenzitu zabarvení roztoku k určení koncentrace přítomné látky. Možná to zní jednoduše – čím intenzivněji zabarvený roztok, tím víc látky – ale ve skutečnosti za tím stojí přesně definované vztahy, konkrétně Lambertův–Beerův zákon.

Do laboratoře se opět vracejí naši dva mladí chemici spolu s Terezkou, která tentokrát přináší vzorek obsahující paracetamol. „Potřebuju zjistit jeho koncentraci. Dočetla jsem se, že by byla vhodná spektrometrie.“ vysvětluje, ale záhy dodává: „Bohužel nemáme k dispozici žádný spektrofotometr.“ Chemici se ale nenechají zaskočit. Rozhodnou se využít jednoduchou chemickou reakci, při které vzniká barevný produkt, a jeho intenzitu porovnají se sérií standardních roztoků, v nichž je koncentrace látky známa. Pomocí srovnávací i zřetovací metody tak dokážou koncentraci určit i bez složitého vybavení. Detektorem se nyní stanou jejich oči. A právě tento postup si nyní vyzkoušíte i vy.

**POMŮCKY**

- dělená pipeta 10 ml
- dělená pipeta 2 ml
- dělená pipeta 1 ml
- odměrná baňka 50,0 ml se zátkou (6×)
- odměrná baňka 100,0 ml se zátkou
- kádinka 50 ml (4×)
- pipetovací balonek
- stojan na zkumavky
- odměrné válce 10 ml stejného průměru (2×)
- ochranné brýle
- lihový popisovač
- ochranné rukavice
- zkumavky nebo vialky stejného průměru (7×)
- filtrační papír

**CHEMIKÁLIE**

- vzorek paracetamolu v odměrné baňce 50,0 ml (označený jako VZOREK PCM)
- paracetamol, standardní vodný roztok o koncentraci 100,0  $\mu\text{mol dm}^{-3}$
- hexakyanidoželezitan draselný  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , vodný roztok o koncentraci 2,00  $\text{mmol dm}^{-3}$
- chlorid železitý hexahydrát  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , vodný roztok o koncentraci 20,0  $\text{mmol dm}^{-3}$
- stříčka s destilovanou vodou

Chemikálie	H-věty
paracetamol 100 $\mu\text{M}$	-
hexakyanidoželezitan draselný 2mM	-
chlorid železitý 20 mM	H315 Dráždí kůži. H319 Působuje vážné podráždění očí.

## PRACOVNÍ POSTUP

### Příprava vzorku a kalibračních roztoků

- Vzorek paracetamolu v 50,0ml odměrné baňce doplňte po rysku destilovanou vodou a řádně homogenizujte.
- V celkem pěti odměrných baňkách o objemu 50,0 ml si připravte vhodným ředěním (použijte dělené pipety) pět kalibračních roztoků, ve kterých bude koncentrace paracetamolu  $10 \mu\text{mol dm}^{-3}$ ,  $20 \mu\text{mol dm}^{-3}$ ,  $30 \mu\text{mol dm}^{-3}$ ,  $40 \mu\text{mol dm}^{-3}$  a  $50 \mu\text{mol dm}^{-3}$ , tak, že do odměrné baňky odpipetujete potřebné vypočítané množství standardního roztoku paracetamolu o koncentraci  $100,0 \mu\text{mol dm}^{-3}$  a baňky doplňte destilovanou vodou po značku a řádně homogenizujete.

### Vybarvovací reakce pro stanovení paracetamolu s hexakyanidoželezitanem draselným

- Připravte si sedm zkumavek stejného průměru a označte si je čísla 0–5 a VZOREK. Zkumavka označená jako 0 bude pro slepý pokus (blank), zkumavky 1–5 pro pět připravených kalibračních roztoků a zkumavka označená jako VZOREK pro stanovení vzorku.
- Do zkumavky 0 napipetujte 2,00 ml destilované vody. Do zkumavek 1–5 napipetujte 2,00 ml kalibračních roztoků paracetamolu podle jejich rostoucí koncentrace. Do zkumavky VZOREK napipetujte 2,00 ml roztoku vzorku.
- Do všech sedmi zkumavek přidejte pomocí dělené pipety 0,40 ml 20,0mM roztoku  $\text{FeCl}_3$  a 0,80 ml 2,00mM roztoku  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .
- Obsah zkumavek dobře promíchejte a ponechte stát 10 minut, aby proběhla vybarvovací reakce.

### Stanovení paracetamolu srovnávací metodou

- Vizualním srovnáním zkumavky s roztokem vzorku se zkumavkami obsahující kalibrační roztoky odhadněte koncentraci paracetamolu v roztoku vzorku.
- Srovnávání provádějte při dobrém osvětlení a ideálně oproti bílému pozadí.

### Stanovení paracetamolu zředovací metodou

- Jeden libovolný kalibrační roztok blízký intenzitou zabarvení přelijte ze zkumavky do jednoho z odměrných válců. Do druhého odměrného válce stejného průměru přelijte ze zkumavky roztok vzorku. Poznamenejte si objem v obou válcích.
- Za válce na pracovním stole umístěte bílý filtrační papír a horizontálním pohledem z boku do válců určete, který roztok je intenzivněji zabarven.
- Intenzivněji zabarvený roztok ředte pomocí destilované vody tak dlouho, dokud se oba roztoky nebudou jevit stejně intenzivně zabarvené.
- Poznamenejte si objem kapaliny v odměrném válci, který jste doplňovali destilovanou vodou.
- Pomocí zjištěného naředění a Lambertova–Beerova zákona vypočítejte koncentraci paracetamolu ve vzorku.

---

**VYHODNOCENÍ A OTÁZKY**

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) **Paracetamol vystupuje vzhledem k hexakyanidoželezitanovému aniontu jako redukční činidlo. Jaký je produkt redukce hexakyanidoželezitanového aniontu?**
- 2) **Zapište chemickou rovnicí reakci mezi chloridem železitým (resp. želežitými kationty) a produktem reakce z předchozí otázky. Jaký je triviální název látky zodpovědné za zabarvení roztoků?**
- 3) **Určete koncentraci paracetamolu ve vzorku srovnávací metodou.**
- 4) **Zapište, jaký z kalibračních roztoků jste zvolili jako referenční pro stanovení zředovací metodou. Zapište počáteční a výsledné objemy roztoků standardu a vzorku v obou odměrných válcích při použití zředovací metody. Vypočítejte koncentraci paracetamolu ve vzorku pomocí zředovací metody.**
- 5) **Porovnejte srovnávací a zředovací metodou kolorimetrie. Uveďte u každé jednu výhodu a jednu nevýhodu oproti druhé.**
- 6) **Jakou barvu diody byste použili pro jednoduché spektrofotometrické stanovení paracetamolu popsanou metodou. Zdůvodněte vaše rozhodnutí.**

**Úloha 3 Chelatometrická titrace****8 bodů**

V poslední úloze školního kola se vrátíme k naprosté klasice analytické chemie – volumetrii. Tahle metoda možná působí *oldschool*, ale nenechte se zmást: pořád patří mezi nejspolehlivější způsoby, jak rychle a přesně zjistit, kolik čeho v roztoku vlastně je. Stačí vhodná reakce, odměrný roztok a pečlivě změřený objem. A přesně na to vsadili i oba chemici, kteří dostali za úkol určit obsah zinečnatých iontů v kapalném vzorku. Terezku to už přestalo bavit a odešla. Nejprve zvažovali, jestli nepoužít kolorimetrické stanovení, když už s tím měli tolik zkušeností. Jenže tady je háček – zinečnaté ionty jsou bezbarvé a hledání vhodné reakce, příprava standardů, kalibrace... zkrátka spousta práce navíc (viz Úloha 2). A času bylo málo. Po chvíli přemýšlení padl jejich zrak na lahev odměrného roztoku Chelatonu 3, který Kuba nedávno pečlivě standardizoval. A v tu chvíli bylo jasno. Chelatometrická komplexační titrace jde do hry a s ní i barevná proměna analyzovaného vzorku.

**POMŮCKY**

- laboratorní stojan
- křížová svorka s klemou na byretu
- byreta 25 ml
- nedělená pipeta 10,00 ml
- odměrný válec 10 ml (2×)
- kádinka 150 ml (3×)
- kádinka 400 ml
- kovová špachtle
- skleněná nálevka na doplňování byrety
- titrační baňka 250 ml (3×)
- buničina nebo papírové ubrousky
- ochranné brýle
- ochranné rukavice
- lihový popisovač
- list papíru pod titrační baňku

**CHEMIKÁLIE**

- vzorek obsahující zinečnaté ionty v zásobní lahvičce (VZOREK  $Zn^{2+}$ )
- Chelaton 3  $Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$ , odměrný roztok o koncentraci  $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$  (přesná koncentrace bude sdělena organizátorem kola)
- amoniakální (Schwarzenbachův) pufr (pH  $\approx 10$ )
- indikátor Eriochromová čern T, 1:100 s NaCl
- destilovaná voda ve stříčce

Chemikálie	H-věty
síran zinečnatý roztok	H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H412 Škodlivý pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
Chelaton 3, 0,05M	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
amoniak (amoniakální pufr)	H315 Dráždí kůži. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.
chlorid amonný (amoniakální pufr)	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
eriochromová čern T, 1:100	H302 Zdraví škodlivý při požití. H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
chlorid sodný	-

**PRACOVNÍ POSTUP**

- Do 250ml titrační baňky si odpipetujte pomocí nedělené pipety 10,00 ml vzorku zinečnatých iontů.
- K roztoku v titrační baňce přidejte 5 ml Schwarzenbachova pufru.
- Dále přidejte indikátor eriochromová čern T (v množství na špičku kovové špachtle), roztok by měl být pouze mírně intenzivně zbarven.
- Vzorek zinečnatých iontů titrujte 0,05M odměrným roztokem Chelatonu 3 z fialovo-růžového do modrého zbarvení.
- Proveďte jednu orientační a tři přesné titrace. Získané objemy odměrného roztoku запиšte do pracovního listu a určete přijatou spotřebu Chelatonu 3.

**VYHODNOCENÍ A OTÁZKY**

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) **Zapište chemickou rovnici reakce mezi Chelatonem 3 (resp. jeho formou  $H_2Y^{2-}$ ) a zinečnatými ionty.**
- 2) **Zapište spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 a udejte jeho přijatou spotřebu.**
- 3) **Vypočítejte molární koncentraci zinečnatých iontů ve vzorku.**
- 4) **Z jakého důvodu se do titrační baňky přidává Schwarzenbachův pufr?**
- 5) **Jaký předpoklad musí platit o komplexech kovů s Chelatonem 3 (EDTA), aby bylo možné je stanovit pomocí přímé chelatometrické titrace. Zdůvodněte vaše tvrzení.**
- 6) **Navrhněte aspoň jednu instrumentální metodu, kterou lze využít pro stanovení zinečnatých iontů.**

## PRACOVNÍ LIST

### Úloha 1 Absorpce a fluorescence molekul

**5 bodů**

- 1) **Jak vypadal pevný vzorek? Uveďte změny, které jste pozorovali při rozpouštění pevného vzorku a poté při přidávání amoniaku. Vysvětlete pozorované změny slovně i iontovými chemickými rovnicemi.**

Vzhled pevného vzorku:

Změny při rozpouštění pevného vzorku:

Změny při přidávání amoniaku:

Popis změn chemickými rovnicemi:

**body:**

- 2) **Přiřaďte absorpční spektra k jednotlivým vzorkům.**

Vzorek **A1**:Vzorek **A2**:Vzorek **B**:Vzorek **C**:Vzorek **D**:Vzorek **E**:Vzorek **F**:**body:**



**Úloha 2 Kolorimetrické stanovení paracetamolu****7 bodů**

- 1) Paracetamol vystupuje vzhledem k hexakyanidoželezitanovému aniontu jako redukční činidlo. Jaký je produkt redukce hexakyanidoželezitanového aniontu?

Produkt redukce:	body:

- 2) Zapište chemickou rovnici reakci mezi chloridem železitým (resp. železitémi kationty) a produktem reakce z předchozí otázky. Jaký je triviální název látky zodpovědné za zabarvení roztoků?

Rovnice:	body:
Triviální název:	

- 3) Určete koncentraci paracetamolu ve vzorku srovnávací metodou.

Koncentrace paracetamolu:	body:

- 4) Zapište, jaký z kalibračních roztoků jste zvolili jako referenční pro stanovení zředovací metodou. Zapište počáteční a výsledné objemy roztoků standardu a vzorku v obou odměrných válcích při použití zředovací metody. Vypočítejte koncentraci paracetamolu ve vzorku pomocí zředovací metody.

Koncentrace zvoleného kalibračního roztoku:	
Počáteční objem standardu:	Počáteční objem vzorku:
Konečný objem standardu:	Konečný objem vzorku:
Výpočty:	
Koncentrace paracetamolu:	
body:	

Soutěžní číslo:
-----------------

**5) Porovnejte srovnávací a zředovací metodu kolorimetrie. Uveďte u každé jednu výhodu a jednu nevýhodu oproti druhé.**

Porovnání metod:
<b>body:</b>

**6) Jakou barvu diody byste použili pro jednoduché spektrofotometrické stanovení paracetamolu popsanou metodou. Zdůvodněte vaše rozhodnutí.**

Barva diody:
Zdůvodnění:
<b>body:</b>

**Úloha 3 Chelatometrická titrace****8 bodů****1) Zapište chemickou rovnici reakce mezi Chelatonem 3 (resp. jeho formou  $H_2Y^{2-}$ ) a zinečnatými ionty.**

Rovnice:	body:

**2) Zapište spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 a udejte jeho přijatou spotřebu.**

Spotřeby:				
$V_1(\text{Ch3}) / \text{ml}$	$V_2(\text{Ch3}) / \text{ml}$	$V_3(\text{Ch3}) / \text{ml}$	$(V_4(\text{Ch3}) / \text{ml})$	$V_{\text{přijata}}(\text{Ch3}) / \text{ml}$
				body:

**3) Vypočítejte molární koncentraci zinečnatých iontů ve vzorku.**

Výpočty:	body:
$c(\text{Zn}^{2+}) =$	

**4) Z jakého důvodu se do titrační baňky přidává Schwarzenbachův pufr?**

Zdůvodnění:	body:

- 5) Jaký předpoklad musí platit o komplexech kovů s Chelatonem 3 (EDTA), aby bylo možné je stanovit pomocí přímé chelatometrické titrace. Zdůvodněte vaše tvrzení.**

Nutný předpoklad:

Zdůvodnění:

**body:**

- 6) Navrhněte aspoň jednu instrumentální metodu, kterou lze využít pro stanovení zinečnatých iontů.**

Navržená metoda:

**body:**