



**VŠCHT PRAHA**

Ústřední komise  
Chemické olympiády

Soutěžní číslo:



**63. ROČNÍK**

**2026/2027**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**KATEGORIE B**

**PRAKTICKÁ ČÁST**

**ZADÁNÍ**

**20 BODŮ**



# PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

|                                                    |                                                     |                                                     |                                                      |                                                   |                                                    |                                                    |                                                      |                                                    |                                                      |                                                    |                                                    |                                                     |                                                     |                                                    |                                                   |                                                 |                                             |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1<br>I. A                                          | 2<br>II. A                                          |                                                     |                                                      |                                                   |                                                    |                                                    |                                                      |                                                    |                                                      |                                                    |                                                    |                                                     |                                                     |                                                    |                                                   |                                                 | 18<br>VIII. A                               |
| 1<br>1,00794<br><b>H</b><br>1<br>2,20<br>Vodík     |                                                     |                                                     |                                                      |                                                   |                                                    |                                                    |                                                      |                                                    |                                                      |                                                    |                                                    |                                                     |                                                     |                                                    |                                                   |                                                 | 2<br>4,0026<br><b>He</b><br>Helium          |
| 2<br>6,941<br><b>Li</b><br>3<br>0,97<br>Lithium    | 4<br>9,0122<br><b>Be</b><br>4<br>1,50<br>Beryllium  |                                                     |                                                      |                                                   |                                                    |                                                    |                                                      |                                                    |                                                      |                                                    |                                                    |                                                     |                                                     |                                                    |                                                   |                                                 |                                             |
| 3<br>22,990<br><b>Na</b><br>11<br>1,00<br>Sodík    | 12<br>24,305<br><b>Mg</b><br>12<br>1,20<br>Hořčík   |                                                     |                                                      |                                                   |                                                    |                                                    |                                                      |                                                    |                                                      |                                                    |                                                    |                                                     |                                                     |                                                    |                                                   |                                                 |                                             |
|                                                    |                                                     | 3<br>III. B                                         | 4<br>IV. B                                           | 5<br>V. B                                         | 6<br>VI. B                                         | 7<br>VII. B                                        | 8<br>VIII. B                                         | 9<br>VIII. B                                       | 10<br>VIII. B                                        | 11<br>I. B                                         | 12<br>II. B                                        |                                                     |                                                     |                                                    |                                                   |                                                 |                                             |
| 4<br>39,098<br><b>K</b><br>19<br>0,91<br>Draslík   | 20<br>40,078<br><b>Ca</b><br>20<br>1,00<br>Vápník   | 21<br>44,956<br><b>Sc</b><br>21<br>1,30<br>Skandium | 22<br>47,867<br><b>Ti</b><br>22<br>1,30<br>Titan     | 23<br>50,942<br><b>V</b><br>23<br>1,50<br>Vanad   | 24<br>51,996<br><b>Cr</b><br>24<br>1,60<br>Chrom   | 25<br>54,938<br><b>Mn</b><br>25<br>1,60<br>Mangan  | 26<br>55,845<br><b>Fe</b><br>26<br>1,60<br>Železo    | 27<br>58,933<br><b>Co</b><br>27<br>1,70<br>Kobalt  | 28<br>58,693<br><b>Ni</b><br>28<br>1,70<br>Nikl      | 29<br>63,546<br><b>Cu</b><br>29<br>1,70<br>Měď     | 30<br>65,38<br><b>Zn</b><br>30<br>1,70<br>Zinek    | 31<br>69,723<br><b>Ga</b><br>31<br>1,80<br>Galium   | 32<br>72,61<br><b>Ge</b><br>32<br>2,00<br>Germanium | 33<br>74,922<br><b>As</b><br>33<br>2,20<br>Arzen   | 34<br>78,971<br><b>Se</b><br>34<br>2,50<br>Selen  | 35<br>79,904<br><b>Br</b><br>35<br>2,70<br>Brom | 36<br>83,798<br><b>Kr</b><br>36<br>Krypton  |
| 5<br>85,468<br><b>Rb</b><br>37<br>0,89<br>Rubidium | 38<br>87,62<br><b>Sr</b><br>38<br>0,99<br>Stroncium | 39<br>88,906<br><b>Y</b><br>39<br>1,70<br>Yttrium   | 40<br>91,224<br><b>Zr</b><br>40<br>1,20<br>Zirkonium | 41<br>92,906<br><b>Nb</b><br>41<br>1,20<br>Niob   | 42<br>95,95<br><b>Mo</b><br>42<br>1,30<br>Molybden | 43<br>~98<br><b>Tc</b><br>43<br>1,40<br>Technecium | 44<br>101,07<br><b>Ru</b><br>44<br>1,40<br>Ruthenium | 45<br>102,91<br><b>Rh</b><br>45<br>1,40<br>Rhodium | 46<br>106,42<br><b>Pd</b><br>46<br>1,30<br>Palladium | 47<br>107,87<br><b>Ag</b><br>47<br>1,40<br>Stříbro | 48<br>112,41<br><b>Cd</b><br>48<br>1,50<br>Kadmium | 49<br>114,82<br><b>In</b><br>49<br>1,50<br>Indium   | 50<br>118,71<br><b>Sn</b><br>50<br>1,70<br>Cín      | 51<br>121,75<br><b>Sb</b><br>51<br>1,80<br>Antimon | 52<br>127,60<br><b>Te</b><br>52<br>2,00<br>Tellur | 53<br>126,90<br><b>I</b><br>53<br>2,20<br>Jod   | 54<br>131,29<br><b>Xe</b><br>54<br>Xenon    |
| 6<br>132,91<br><b>Cs</b><br>55<br>0,86<br>Cesium   | 56<br>137,33<br><b>Ba</b><br>56<br>0,97<br>Baryum   |                                                     | 72<br>178,49<br><b>Hf</b><br>72<br>1,20<br>Hafnium   | 73<br>180,95<br><b>Ta</b><br>73<br>1,30<br>Tantal | 74<br>183,84<br><b>W</b><br>74<br>1,30<br>Wolfram  | 75<br>186,21<br><b>Re</b><br>75<br>1,50<br>Rhenium | 76<br>190,23<br><b>Os</b><br>76<br>1,50<br>Osmium    | 77<br>192,22<br><b>Ir</b><br>77<br>1,50<br>Iridium | 78<br>195,08<br><b>Pt</b><br>78<br>1,40<br>Platina   | 79<br>196,97<br><b>Au</b><br>79<br>1,40<br>Zlato   | 80<br>200,59<br><b>Hg</b><br>80<br>1,40<br>Rtuť    | 81<br>204,38<br><b>Tl</b><br>81<br>1,40<br>Thallium | 82<br>207,20<br><b>Pb</b><br>82<br>1,50<br>Olovo    | 83<br>208,98<br><b>Bi</b><br>83<br>1,70<br>Bismut  | 84<br>~209<br><b>Po</b><br>84<br>1,80<br>Polonium | 85<br>~210<br><b>At</b><br>85<br>1,90<br>Astat  | 86<br>~222<br><b>Rn</b><br>86<br>Radon      |
| 7<br>~223<br><b>Fr</b><br>87<br>0,86<br>Francium   | 88<br>226,03<br><b>Ra</b><br>88<br>0,97<br>Radium   |                                                     | 104<br>261,11<br><b>Rf</b><br>104<br>Rutherfordium   | 105<br>262,11<br><b>Db</b><br>105<br>Dubnium      | 106<br>263,12<br><b>Sg</b><br>106<br>Seaborgium    | 107<br>262,12<br><b>Bh</b><br>107<br>Bohrium       | 108<br>270<br><b>Hs</b><br>108<br>Hassium            | 109<br>268<br><b>Mt</b><br>109<br>Meitnerium       | 110<br>281<br><b>Ds</b><br>110<br>Darmstadtium       | 111<br>280<br><b>Rg</b><br>111<br>Roentgenium      | 112<br>277<br><b>Cn</b><br>112<br>Kopernicium      | 113<br>~287<br><b>Nh</b><br>113<br>Nihonium         | 114<br>289<br><b>Fl</b><br>114<br>Flerovium         | 115<br>~288<br><b>Mc</b><br>115<br>Moskovium       | 116<br>~289<br><b>Lv</b><br>116<br>Livermorium    | 117<br>~291<br><b>Ts</b><br>117<br>Tennessin    | 118<br>293<br><b>Og</b><br>118<br>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<br>138,91<br><b>La</b><br>1,70<br>Lanthan | 58<br>140,12<br><b>Ce</b><br>1,70<br>Cer | 59<br>140,91<br><b>Pr</b><br>1,70<br>Praseodym | 60<br>144,24<br><b>Nd</b><br>1,70<br>Neodym | 61<br>~145<br><b>Pm</b><br>1,70<br>Promethium | 62<br>150,36<br><b>Sm</b><br>1,70<br>Samarium | 63<br>151,96<br><b>Eu</b><br>1,00<br>Europium | 64<br>157,25<br><b>Gd</b><br>1,70<br>Gadolinium | 65<br>158,93<br><b>Tb</b><br>1,70<br>Terbium | 66<br>162,50<br><b>Dy</b><br>1,70<br>Dysprosium | 67<br>164,93<br><b>Ho</b><br>1,70<br>Holmium | 68<br>167,26<br><b>Er</b><br>1,70<br>Erbium | 69<br>168,93<br><b>Tm</b><br>1,70<br>Thulium | 70<br>173,04<br><b>Yb</b><br>1,70<br>Ytterbium | 71<br>174,97<br><b>Lu</b><br>1,70<br>Lutecium |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|

## 7 AKTINOIDY

|                                               |                                              |                                                  |                                          |                                                |                                               |                                              |                                           |                                              |                                                |                                                |                                             |                                                 |                                              |                                                |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 89<br>227,03<br><b>Ac</b><br>1,00<br>Aktinium | 90<br>232,04<br><b>Th</b><br>1,70<br>Thorium | 91<br>231,04<br><b>Pa</b><br>1,70<br>Proaktinium | 92<br>238,03<br><b>U</b><br>1,20<br>Uran | 93<br>237,05<br><b>Np</b><br>1,20<br>Neptunium | 94<br>{244}<br><b>Pu</b><br>1,20<br>Plutonium | 95<br>~243<br><b>Am</b><br>1,20<br>Americium | 96<br>~247<br><b>Cm</b><br>1,20<br>Curium | 97<br>~247<br><b>Bk</b><br>1,20<br>Berkelium | 98<br>~251<br><b>Cf</b><br>1,20<br>Kalifornium | 99<br>~252<br><b>Es</b><br>1,20<br>Einsteinium | 100<br>~257<br><b>Fm</b><br>1,20<br>Fermium | 101<br>~258<br><b>Md</b><br>1,20<br>Mendělevium | 102<br>~259<br><b>No</b><br>1,20<br>Nobelium | 103<br>~260<br><b>Lr</b><br>1,20<br>Lawrencium |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|

**SOUHRNNÉ BODOVÁNÍ ÚLOH**

(vyplňuje porota)

|                | <b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> |
|----------------|-----------------------|
| <b>Úloha 1</b> | / 7,00                |
| <b>Úloha 2</b> | / 13,00               |
| <b>CELKEM</b>  | <b>/ 20,00</b>        |

## ZADÁNÍ

20 bodů

## Autor / Autoři

## Radek Matuška

*Střední průmyslová škola chemická a gymnázium Brno, Vranovská,  
příspěvková organizace*

## Odborná recenze

## Erik Kalla

*Střední průmyslová škola chemická a gymnázium Brno, Vranovská,  
příspěvková organizace*

## Pedagogická recenze

## Ing. Ondřej Šimůnek, Ph.D.

*Ústav učitelství chemie a humanitních věd, VŠCHT Praha  
Gymnázium, Praha 2, Botičská 1*

Milé soutěžící, milí soutěžící,

praktická část Chemické olympiády kategorie B ve svém 63. ročníku naváže na anorganickou část teorie a jejím ústředním tématem bude kvantitativní analýza solí kyslíkatých kyselin halogenů.

Alespoň jednu sůl kyslíkaté kyseliny halogenu jste dnes ráno nejspíš měli v ruce, aniž byste o tom věděli. Chlornan sodný v lahvi s bělicím prostředkem, chloritan sodný pro bělení papíru a na pití pro některé praštěné ezojedince, jodičnan draselný v kuchyňské soli, chlorečnan draselný v hlavičce zápalky, chloristan amonný v palivu raketových motorů — jedna skupina sloučenin, a přitom rozpětí od dezinfekce pitné vody po start nosné rakety.

Ta rozmanitost není náhoda. Halogeny tvoří v kyslíkatých aniontech řadu oxidačních stavů od +I do +VII a s rostoucím oxidačním číslem centrálního atomu se systematicky mění dvě vlastnosti, které jsou pro praxi klíčové: oxidační síla a kinetická stabilita. Chlornany a chloritany oxidují rychle a ochotně, a proto se používají tam, kde je potřeba zabít mikroorganismus nebo odbarvit pigment během několika minut. Chloristany jsou naproti tomu termodynamicky velmi silná oxidovadla, která ale při laboratorní teplotě reagují líně — díky tomu je lze bezpečně skladovat a energii z nich uvolnit až ve chvíli, kdy je potřeba. Bromičnany a jodičnany leží někde mezi tím a analytickému chemikovi slouží jako spolehlivé základní látky, protože je lze připravit v čistém stavu, dobře se váží a koncentrace jejich roztoků se v čase nemění.

Právě posledně jmenovaná vlastnost dělá z těchto solí nejen předmět analýzy, ale i její nástroj. Bromičnan draselný je klasická základní látka pro standardizaci odměrných roztoků thiosíranu; jodičnan slouží k těmto účelům. Stanovení chlornanu v bělicím prostředku patří mezi úlohy, které se v analytických laboratořích dělají rutinně, protože obsah aktivního chloru v přípravku klesá skladováním a údaj na etiketě po několika měsících nemusí odpovídat skutečnosti. Podobně se kontroluje obsah jodičnanu v jodované soli.

Většina těchto stanovení má společný princip: sloučeninu halogenu v kladném oxidačním stavu necháme v kyselém prostředí zreagovat s nadbytkem jodidu, čímž se vyloučí ekvivalentní množství jodu, a teprve ten titrujeme. Analyt tedy nestanovujeme přímo, ale přes zástupnou látku — a právě proto je nutné rozumět stechiometrii každého kroku zvlášť. Jeden špatně vyčíslený přenos elektronů znamená výsledek chybný o celý násobek.

V následujících úlohách si tento postup vyzkoušíte na reálných vzorcích. Nebude to jen cvičení v obratnosti s byretou; budete muset promyslet, proč se pracuje v kyselém prostředí, kdy se přidává škrobový indikátor a co se stane, když vzorek necháte stát na světle.

Při přípravě na praktickou část letošního ročníku věnujte proto pozornost následujícím teoretickým i praktickým dovednostem:

- Příprava roztoků vzorků a ředění roztoků (práce s odměrnou baňkou a pipetou).
- Správné provádění zkumavkových reakcí.

- Práce s indikátorovými papírky.
- Správná provedení titračního stanovení s vizuální indikací bodu ekvivalence.
- Teorie nepřímých jodometrických stanovení solí kyslíkatých kyselin halogenů (chlornany, chloritany, chlorečnany, chloristany, bromičnany a jodičnany) včetně stanovení bodu ekvivalence.
- Jednoduché acidobazické titrace (stanovení silné zásady pomocí silné kyseliny).
- Chemické vlastnosti a chování chlornanů, chloritanů, chlorečnanů, chloristanů, bromičnanů a jodičnanů (hlavně acidobazické a oxidačně-redukční vlastnosti) a jejich využití při jejich orientačním odlišení kvalitativními metodami.
- Stechiometrické výpočty související s volumetrickým stanovením a rovněž výpočty týkající se ředění roztoků a složení směsí.

V rámci školního kola si velmi dobře osvojte postupy a metody, se kterými se setkáte, protože **v krajském kole budete experimenty sami designovat a provádět bez podrobného pracovního postupu.**

Přeji vám pevnou ruku a trpělivost s barevnými přechody, které nejsou vždycky tak ostré, jak by si člověk přál.

autor

### **DOPORUČENÁ LITERATURA**

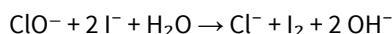
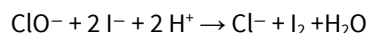
- 1) Skoog D. A., West D. M., Holler F. J., Crouch S. R.: Analytická chemie. VŠCHT Praha, 2019. Kapitoly 2, 4, 13, 20,
- 2) Záruba K., Král V., Mestek O. a kol.: Analytická chemie, 1. a 2. díl. VŠCHT Praha, 2016. Kapitola 5.5.10.
- 3) Holzbecher Z. a kol.: Analytická chemie. SNTL/Alfa, 1974. Kapitola 4.7.5.
- 4) 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](https://is.muni.cz/el/sci/jaro2012/C1100k/um/Laboratorni_technika-ucebni_text.pdf)
- 5) Kapitoly v jiných středoškolských učebnicích, odpovídající tématům ročníku.
- 6) Vhodným pomocníkem při přípravě mohou být i některé důvěryhodné webové stránky (např. materiály z vysokých škol).

**Úloha 1    Řekni mi, Savo<sup>®</sup>, co skrýváš?****7 bodů**

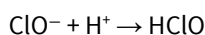
Savo<sup>®</sup> je jedním z nejrozšířenějších čisticích, bělicích a biocidních prostředků. A zároveň je to je jeden z mála přípravků, u kterého má běžný spotřebitel reálnou šanci, že údaj na etiketě neodpovídá vůbec tomu, co drží v ruce. Proč? Na to odpoví následující úlohy, kterým se budete věnovat.

Historie chemie tohoto „zázraku“ sahá do roku 1789, kdy Claude Louis Berthollet začal v pařížské čtvrti Javel vyrábět bělicí roztok zaváděním chloru do louhu. Tzv. Javelská voda se používala k bělení textilu ale to, že jde také o mimořádně účinný biocid, se ukázalo až později. V roce 1847 Ignaz Semmelweis ve vídeňské porodnici nařídil lékařům mýt si ruce v roztoku chlorového vápna a srazil tím úmrtnost rodiček na horečku omladnic z řádu procent na desetiny promile. Neuměl tehdy vysvětlit proč – bakteriální teorie infekce vznikla o dvě dekády později. Chlornan tedy zachraňoval životy dřív, než kdokoli tušil, co vlastně dělá.

Chemie alkalických roztoků chlornanu je vskutku zajímavá. Chlornanový anion je silným oxidačním činidlem a je schopen oxidovat jodidové anionty na jod, a to jak v kyselém, tak v neutrálním/bazickém prostředí:

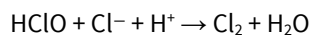


V kyselém prostředí ale zároveň dochází v Savu k posunu rovnováhy za vzniku kyseliny chlorné, která s přítomnými chloridy poskytuje chlor:

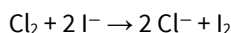


Volná kyselina chlorná, která vzniká při mírném okyselení chlornanu, je hlavní účinnou biocidní složkou přípravků obsahujících chlornan. Je to malá a nenabitá molekula, a proto velmi snadno prochází buněčnými stěnami a uvnitř oxiduje, co se dá (nejčastěji a nejsnadněji thiolové skupiny enzymů).

Pozor je však třeba dávat na výrazné okyselení přípravků obsahujících chlornan. Myslete na to i doma. Smísíte-li Savo<sup>®</sup> s kyselým čisticím prostředkem, proběhne tatáž kaskáda reakcí a uvolní se chlor. Ročně kvůli téhle banální neznalosti (a neschopnosti si přečíst etiketu) v Evropě skončí v nemocnici stovky lidí.



Vznikající chlor má schopnost oxidovat jodidové ionty na jod:

**POMŮCKY**

- kádinka 50 ml
- zkumavka (4×)
- plastové kapátko (5×)
- skleněná tyčinka
- papírové utěrky
- ochranné brýle
- stojan na zkumavky
- univerzální indikátorové papírky
- filtrační papír
- nůžky
- lihový popisovač
- ochranné rukavice
- pinzeta
- stříčka s destilovanou vodou

## CHEMIKÁLIE

- Savo® Original
- kyselina sírová  $\text{H}_2\text{SO}_4$  cca 2,0M roztok
- jodid draselný KI, cca 10% vodný roztok
- peroxid vodíku  $\text{H}_2\text{O}_2$ , cca 10% vodný roztok
- škrobový maz 1%

| Chemikálie                | H-věty                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Savo® original            | H290 – Může být korozivní pro kovy.<br>H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.<br>H400 – Vysoce toxický pro vodní organismy.<br>H411 – Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky. |
| kyselina sírová, cca 2,0M | H290 – Může být korozivní pro kovy.<br>H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.                                                                                                             |
| jodid draselný, cca 10%   | H372 – Způsobuje poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici.                                                                                                                                |
| peroxid vodíku, cca 10%   | H318 – Způsobuje vážné poškození očí.                                                                                                                                                                     |
| škrobový maz              | -                                                                                                                                                                                                         |

## PRACOVNÍ POSTUP

- Do malé kádinky si odlijte cca 10 ml roztoku přípravku Savo® Original.
- Připravte si čtyři zkumavky a do každé zkumavky vpravte pomocí kapátka cca 1 ml přípravku Savo® Original. Zkumavky si označte čísly **1–4**.
- Do zkumavky **1** přidejte cca 1 ml 10% roztoku jodidu draselného a pozorujte změny, a to ihned po přidání a také po třech minutách stání.
- Do zkumavky **2** přidejte 1–2 kapky cca 2,0M roztoku kyseliny sírové a přidejte cca 1 ml 10% roztoku jodidu draselného. Ihned pozorujte změny a porovnejte je se změnami v předchozí zkumavce bez okyselení.
- U roztoku ve zkumavce **3** nejprve proveďte zkoušku pH indikátorovým papírkem. (Pozn.: Správně se zkouška indikátorovým papírkem provádí tak, že do testované kapaliny ponoříte špičku skleněné tyčinky a ulpělou kapku testované kapaliny přenesete na indikátorový papírek.) Pozorujte změny na indikátorovém papírku ihned po nanesení roztoku a také po několika sekundách stání.
- Do zkumavky **3** následně velmi opatrně (**Pozor, reakce je velmi bouřlivá!**) přikapejte cca 1 ml 10% roztoku peroxidu vodíku. (Pro práci s takto koncentrovaným roztokem peroxidu vodíku použijte rukavice!). Po skončení bouřlivé reakce znovu proveďte zkoušku pH pomocí indikátorového papírku.
- Pro zkoušku v poslední zkumavce si nejprve připravte improvizovaný jodidoškrobový papírek. Ustříhněte si proužek filtračního papíru o rozměrech cca 5 × 50 mm (dostatečně dlouhý, aby dosáhl do poloviny výšky zkumavky a dostatečně úzký, aby se do ústí zkumavky vešel) a pomocí kapátka naneste na polovinu plochy papírku 10% roztok jodidu draselného a také škrobový maz (obě látky na tutéž jednu polovinu plochy tak, aby se na papírku smíchaly, druhá polovina slouží pro manipulaci s papírkem rukou).
- Do zkumavky **4** přidejte cca 1 ml 2,0M roztoku kyseliny sírové a pozorujte změny. Co nejdříve po provedení okyselení vložte do zkumavky nad hladinu roztoku jodidoškrobový papírek a pozorujte změny na papírku.
- Veškeré kapalně odpady můžete likvidovat po jejich naředění vylitím do výlevky.

**VYHODNOCENÍ A OTÁZKY**

(vypracujte do pracovního listu)

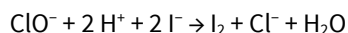
- 1) Vyhledejte na štítku nebo v bezpečnostním listu, jaké složení má přípravek Savo® Original a také najděte, jak se tento přípravek reálně vyrábí.
- 2) Popište pozorování změn ve zkumavce 1 ihned po přidání roztoku KI a po třech minutách stání. Proběhnuvší děje popište vyčíslenými chemickými rovnicemi.
- 3) Popište pozorování změn ve zkumavce 2 a porovnejte je s pozorováním děje ve zkumavce 1 bez okyselení. Vysvětlete rozdíly v chování roztoku v obou zkumavkách.
- 4) Popište výsledek zkoušky pH indikátorovým papírkem ve zkumavce 3 před přidavkem peroxidu vodíku a po přidavku peroxidu vodíku. Vysvětlete, proč se obě zkoušky liší.
- 5) Popište děj, který proběhl ve zkumavce 3 po přidavku peroxidu vodíku pomocí vyčíslené chemické rovnice.
- 6) Jakou složku přípravku Savo® Original jste dokázali pomocí indikátorového papírku před přidavkem peroxidu vodíku a po přidavku peroxidu vodíku?
- 7) Popište pozorování změn ve zkumavce 4 po okyselení kyselinou sírovou a po vložení jodidoškrobového papírku. Proběhnuvší děje popište vyčíslenými chemickými rovnicemi.
- 8) Na jakém principu je založena indikace přítomnosti jodu škrobem? Popište jej na molekulární úrovni.
- 9) Diskutujte, jaký vliv má stabilizace přípravku Savo® Original alkalickým prostředím na jeho biocidní účinnost.

**Úloha 2 A řekni mi, Savo®, kolik toho je?****13 bodů**

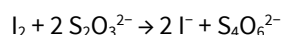
V předchozí úloze jsme se dověděli, jaké složení má Savo®, nicméně, ještě nemáme odpověď na to, zda se skutečně pod víčkem našeho přípravku nachází to, co tam má být. Důvodů, proč tomu tak nemusí být, je hned několik. Chlornan je vůči disproportionaci nestálý a při skladování se rozkládá dvěma cestami – na chlorid a chlorečnan, nebo za katalýzy světlem a stopami přechodných kovů na chlorid a kyslík. Obsah chlornanu, resp. aktivního chloru proto v otevřené lahvi postupem času klesá. Právě proto se stanovení chlornanu v bělicích prostředcích dělá v kontrolních laboratořích rutinně.

Počkat, a co je to ten obsah aktivního chloru? Jako aktivní chlor se označuje chlor, který se uvolní po okyselení daného přípravku a udává se v jednotkách g Cl<sub>2</sub> na 1 litr přípravku nebo v % hm. vztaženého na původní přípravek.

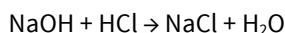
A jak se jde na samotné stanovení? Samozřejmě, že využijeme toho, co jsme se dověděli v předchozí úloze! Nejprve se podíváme na obsah chlornanu. O tom přece víme, že po okyselení účinně oxiduje jodid draselný na jod a tedy, pokud do roztoku chlornanu přidáme nadbytek roztoku jodidu draselného, dojde k uvolnění takového množství jodu, které odpovídá původnímu obsahu chlornanu:



Uvolněné množství jodu se dá stanovit tak, že jej budeme titrovat odměrným roztokem thiosíranu sodného. Při tomto ději dochází ke spotřebování (redukci) přítomného jodu za současné oxidace thiosíranu na tetrathionan, a tím i k odbarvování roztoku. Pro ostřejší barevný přechod se však ke konci titrace přidává škrob, který umožní indikaci bodu ekvivalence.



A jak na ten hydroxid? To je jednoduché, nejprve „zneškodníme“ chlornan naší známou reakcí – totiž peroxidem vodíku. A zbylý hydroxid v roztoku stanovíme jednoduše pomocí acidobazické titrace silnou kyselinou (chlorovodíkovou):

**POMŮCKY**

- kádinka 100/150 ml (4×)
- kádinka 400 ml (2×)
- odměrný válec 10/25 ml (2×)
- odměrný válec 25/50 ml
- odměrná baňka 200,0 ml se zátkou
- pipeta nedělená 10,00 ml
- pipetovací balonek
- plastové kapátko
- papírové utěrky
- stříčka s destilovanou vodou
- alobal
- lihový fix
- stojan
- křížová svorka
- držák na byretu
- byreta 25,00 ml včetně bílé podložky
- nálevka na doplňování byrety
- titrační baňka 250 ml (3×)
- ochranné rukavice
- ochranné brýle
- Petriho miska / hodinové sklo na přikrytí kádinky
- nůžky

## CHEMIKÁLIE

- Savo® Original v původní lahvi
- thiosíran sodný pentahydrát  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , odměrný roztok o koncentraci  $c = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$  (přesná koncentrace je uvedena na zásobní láhvi a bude sdělena organizátorem školního kola)
- kyselina chlorovodíková  $\text{HCl}$ , odměrný roztok o koncentraci  $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  (přesná koncentrace je uvedena na zásobní láhvi a bude sdělena organizátorem školního kola)
- kyselina sírová  $\text{H}_2\text{SO}_4$  cca 2,0M roztok
- jodid draselný  $\text{KI}$ , cca 10% vodný roztok
- peroxid vodíku  $\text{H}_2\text{O}_2$ , cca 10% vodný roztok
- škrobový maz 1%
- indikátor bromthymolová modř, cca 0,1% roztok ve 20% (v/v) ethanolu

| Chemikálie                                        | H-věty                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Savo® original                                    | H290 – Může být korozivní pro kovy.<br>H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.<br>H400 – Vysoce toxický pro vodní organismy.<br>H411 – Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky. |
| thiosíran sodný pentahydrát, 0,05M odměrný roztok | -                                                                                                                                                                                                         |
| kyselina chlorovodíková, 0,1M odměrný roztok      | H290 – Může být korozivní pro kovy.                                                                                                                                                                       |
| kyselina sírová, cca 2,0M                         | H290 – Může být korozivní pro kovy.<br>H314 – Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.                                                                                                             |
| jodid draselný, cca 10%                           | H372 – Způsobuje poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici.                                                                                                                                |
| peroxid vodíku, cca 10%                           | H318 – Způsobuje vážné poškození očí.                                                                                                                                                                     |
| škrobový maz                                      | -                                                                                                                                                                                                         |
| bromthymolová modř, 0,1% ve 20% ethanolu          | H226 – Hořlavá kapalina a páry.                                                                                                                                                                           |

## PRACOVNÍ POSTUP

## Stanovení obsahu chlornanu v přípravku Savo® Original

- Sestavte si titrační aparaturu a byretu si naplňte 0,05M odměrným roztokem thiosíranu sodného.
- Odeberte si ze zásobní lahve cca 60 ml přípravku Savo® Original do malé kádinky. Ten pro vás bude sloužit jako zásobní roztok. Kádinku uchovávejte přikrytou hodinovým sklem nebo Petriho miskou a zabalenou alobalem, aby nedocházelo k rozkladu přípravku světlem.
- Do odměrné baňky o objemu 200,0 ml si odpipetujte 10,00 ml koncentrovaného přípravku Savo® Original, odměrnou baňku doplňte destilovanou vodou po rysku, uzátkujte a řádně homogenizujte. Tento zředěný roztok vzorku bude sloužit pro stanovení obsahu chlornanu.
- Ze zředěného roztoku vzorku si do titrační baňky si napipetujte 10,00 ml a přidejte cca 50 ml destilované vody.
- K roztoku v titrační baňce přidejte 15 ml 10% roztoku jodidu draselného a směs následně okamžitě okyselte 10 ml 2M roztoku kyseliny sírové.
- Roztok okamžitě titrujte odměrným roztokem thiosíranu sodného z byrety z hnědého do světle žlutého zabarvení.

- Ve chvíli, kdy má titrovaná směs světle žluté zbarvení, přidejte do titrační baňky 5 ml 1% škrobového mazu. Směs v titrační baňce zmodrá (někdy je vidět i hnědý nebo zelený nádech, podle „nálady“ škrobu).
- Obsah titrační baňky pomalu a za stálého míchání dotitrujte odměrným roztokem thiosíranu sodného z byrety do momentu, kdy zmizí původně modré zbarvení škrobu s přítomným jodem.
- Zaznamenejte si finální spotřebu odměrného roztoku thiosíranu sodného.
- Titraci proveďte nejméně 3× a spotřeby odměrného roztoku si zaznamenejte.
- Veškeré kapalně odpady můžete likvidovat po jejich naředění vylitím do výlevky.

#### Stanovení obsahu hydroxidu v přípravku Savo® Original

- Sestavte si titrační aparaturu a byretu si naplňte 0,1M odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové.
- Z původního koncentrovaného vzorku přípravku Savo® Original v kádince si do titrační baňky si napipetujte 10,00 ml a přidejte cca 50 ml destilované vody.
- K roztoku v titrační baňce přidejte velmi opatrně a po malých dávkách (použijte kapátko a přidávejte peroxid po dávkách cca 1-2 ml) 10 ml 10% roztoku peroxidu vodíku. **Pozor, reakce je velmi bouřlivá!** Používejte bezpodmínečně ochranné brýle a rukavice!
- Ke směsi v titrační baňce přidejte 5 kapek roztoku bromthymolové modři.
- Obsah titrační baňky titrujte odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové z byrety z blankytně modrého do světle limetkově žlutozeleného zbarvení bez nádechu modré.
- Zaznamenejte si finální spotřebu odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové.
- Titraci proveďte nejméně 3× a spotřeby odměrného roztoku si zaznamenejte.
- Veškeré kapalně odpady můžete likvidovat po jejich naředění vylitím do výlevky.

#### VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) Uveďte přesnou koncentraci odměrných roztoků, které byly pro titrace využity.
- 2) Uveďte spotřeby odměrného roztoku thiosíranu sodného pro stanovení chlornanu a rovněž stanovte přijatou spotřebu.
- 3) Vypočítejte obsah chlornanu sodného ve vzorku přípravku Savo® Original v jednotkách  $\text{g dm}^{-3}$ .
- 4) Určete obsah aktivního chloru v přípravku Savo® Original v jednotkách  $\text{g dm}^{-3}$  a také v % hm. Hustota přípravku Savo® Original je  $1,08 \text{ g cm}^{-3}$ .
- 5) Zdůvodněte, proč se musí vzorek při titraci okyselovat kyselinou sírovou.
- 6) Uveďte spotřeby odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové pro stanovení hydroxidu a rovněž stanovte přijatou spotřebu.
- 7) Vypočítejte obsah hydroxidu sodného v přípravku Savo® Original v jednotkách  $\text{g dm}^{-3}$ .
- 8) Uveďte tři důvody, proč je potřeba při titraci nejprve zneškodnit přítomný chlornan sodný peroxidem vodíku.
- 9) Vysvětlete, proč případný nadbytek peroxidu vodíku nevádí při stanovení hydroxidu sodného.

## PRACOVNÍ LIST

### Úloha 1 Řekni mi, Savo®, co skrýváš?

**7 bodů**

- 1) Vyhledejte na štítku nebo v bezpečnostním listu, jaké složení má přípravek Savo® Original a také najděte, jak se tento přípravek reálně vyrábí.

Složení:

Postup výroby:

**body:**

- 2) Popište pozorování změn ve zkumavce 1 ihned po přidání roztoku KI a po třech minutách stání. Proběhnoucí děje popište vyčíslenými chemickými rovnicemi.

Změny ihned po přidání roztoku KI:

Chemická rovnice:

Změny po několika minutách stání:

Chemická rovnice:

**body:**

- 3) **Popište pozorování změn ve zkumavce 2 a porovnejte je s pozorováním děje ve zkumavce 1 bez okyselení. Vysvětlete rozdíly v chování roztoku v obou zkumavkách.**

Popis změn:

Porovnání s dějem bez okyselení:

Vysvětlení:

body:

- 4) **Popište výsledek zkoušky pH indikátorovým papírkem ve zkumavce 3 před přidavkem peroxidu vodíku a po přidavku peroxidu vodíku. Vysvětlete, proč se obě zkoušky liší.**

Výsledek zkoušky pH před přidavkem  $\text{H}_2\text{O}_2$ :

Výsledek zkoušky pH po přidavku  $\text{H}_2\text{O}_2$ :

Vysvětlení:

body:

- 5) **Popište děj, který proběhl ve zkumavce 3 po přidavku peroxidu vodíku pomocí vyčíslené chemické rovnice.**

Chemická rovnice:

body:

- 6) Jakou složku přípravku Savo® Original jste dokázali pomocí indikátorového papírku před přidavkem peroxidu vodíku a po přidavku peroxidu vodíku?

Složka dokázaná před přidavkem  $\text{H}_2\text{O}_2$ :

Složka dokázaná po přidavku  $\text{H}_2\text{O}_2$ :

body:

- 7) Popište pozorování změn ve zkumavce 4 po okyselení kyselinou sírovou a po vložení jodidoškrobového papírku. Proběhnuvší děje popište vyčíslenými chemickými rovnicemi.

Pozorování změn po okyselení:

Pozorování změn po vložení jodidoškrobového papírku:

Chemické rovnice:

body:

- 8) Na jakém principu je založena indikace přítomnosti jodu škrobem? Popište jej na molekulární úrovni.

Vysvětlení principu:

body:

- 9) Diskutujte, jaký vliv má stabilizace přípravku Savo® Original alkalickým prostředím na jeho biocidní účinnost.

Diskuse:

body:

**Úloha 2 A řekni mi, Savo®, kolik toho je?****13 bodů****1) Uveďte přesnou koncentraci odměrných roztoků, které byly pro titrace využity.** $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) =$  \_\_\_\_\_  $\text{mol dm}^{-3}$  $c(\text{HCl}) =$  \_\_\_\_\_  $\text{mol dm}^{-3}$ **2) Uveďte spotřeby odměrného roztoku thiosíranu sodného pro stanovení chlornanu a rovněž stanovte přijatou spotřebu.**

Spotřeby:

| $V_1(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / \text{ml}$ | $V_2(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / \text{ml}$ | $V_3(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / \text{ml}$ | $(V_4(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / \text{ml})$ | $V_{\text{přijata}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / \text{ml}$ |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                    |                                                    |                                                    |                                                      |                                                                   |

body:

**3) Vypočítejte obsah chlornanu sodného ve vzorku přípravku Savo® Original v jednotkách  $\text{g dm}^{-3}$ .**

Výpočty:

 $c_m(\text{NaClO}) =$ 

body:

- 4) Určete obsah aktivního chloru v přípravku Savo® Original v jednotkách  $\text{g dm}^{-3}$  a také v % hm. Hustota přípravku Savo® Original je  $1,08 \text{ g cm}^{-3}$ .

Výpočty:

Obsah aktivního chloru v  $\text{g dm}^{-3}$ :

Obsah aktivního chloru v % hm.:

body:

- 5) Zdůvodněte, proč se musí vzorek při titraci okyselovat kyselinou sírovou.

Zdůvodnění:

body:

- 6) Uveďte spotřeby odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové pro stanovení hydroxidu a rovněž stanovte přijatou spotřebu.

Spotřeby:

| $V_1(\text{HCl}) / \text{ml}$ | $V_2(\text{HCl}) / \text{ml}$ | $V_3(\text{HCl}) / \text{ml}$ | $(V_4(\text{HCl}) / \text{ml})$ | $V_{\text{přijátá}}(\text{HCl}) / \text{ml}$ |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|
|                               |                               |                               |                                 |                                              |

body:

- 7) Vypočítejte obsah hydroxidu sodného v přípravku Savo® Original v jednotkách  $\text{g dm}^{-3}$ .

Výpočty:

$c_m(\text{NaOH}) =$

body:

- 8) Uveďte tři důvody, proč je potřeba při titraci nejprve zneškodnit přítomný chlornan sodný peroxidem vodíku.

Důvody:

body:

**9) Vysvětlete, proč případný nadbytek peroxidu vodíku nevadí při stanovení hydroxidu sodného.**

Vysvětlení:

**body:**