



**50. ročník**  
2013/2014

**ŠKOLNÍ KOLO**  
kategorie A a E

ZADÁNÍ SOUTĚŽNÍCH ÚLOH

Vydání tohoto textu bylo podpořeno rozvojovým programem MŠMT ČR  
„Podpora soutěží a přehlídek v zájmovém vzdělávání pro školní rok 2013/2014“.

© Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2013

**ISBN 978-80-7080-785-9**

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky  
ve spolupráci s Českou společností chemickou  
a Českou společností průmyslové chemie  
vyhlašují 50. ročník předmětové soutěže

## CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

2013/2014

kategorie A

pro žáky 3. a 4. ročníků středních škol a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

kategorie E

pro žáky 3. a 4. ročníků středních odborných škol s chemickým zaměřením<sup>1</sup>

Chemická olympiáda je předmětová soutěž z chemie, která si klade za cíl podporovat a rozvíjet talentované žáky. Formou zájmové činnosti napomáhá vyvolávat hlubší zájem o chemii a vést žáky k samostatné práci.

Soutěž je jednotná pro celé území České republiky a pořádá se každoročně. Člení se na kategorie a soutěžní kola. Vyvrcholením soutěže pro kategorii A je účast vítězů Národního kola ChO na *Mezinárodní chemické olympiádě* a pro kategorii E na evropské soutěži *Grand Prix Chimique*, která se koná jednou za 2 roky.

*Účastníci Národního kola budou přijati bez přijímacích zkoušek na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy v Praze (všechny obory mimo učitelských kombinací Geografie a hispanistika a Geografie a anglistika – amerikanistika). Úspěšní řešitelé Národního kola Chemické olympiády budou přijati bez přijímacích zkoušek na tyto vysoké školy: VŠCHT Praha, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity v Brně (chemické obory), Fakulta chemická VUT v Brně a Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice.*

*VŠCHT Praha nabízí účastníkům Národního kola ChO Aktivační stipendium. Toto stipendium pro studenty prvního ročníku v celkové výši 30 000 Kč je podmíněno splněním studijních povinností. Stipendium pro nejúspěšnější řešitele nabízí také Nadační fond Emila Votočka při Fakultě chemické technologie VŠCHT Praha. Úspěšní řešitelé Národního kola ChO přijatí ke studiu na této fakultě mohou požádat o stipendium pro první ročník studia. Nadační fond E. Votočka poskytne třem nejúspěšnějším účastníkům kategorie A resp. jednomu kategorie E během 1. ročníku studia stipendium ve výši 10 000 Kč.<sup>2</sup>*

*Účastníci Národního kola Chemické olympiády kategorie A nebo E, kteří se zapíší do prvního ročníku chemických oborů na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, obdrží při splnění studijních povinností umožňujících postup do druhého ročníku mimořádné stipendium ve výši 30 000 Kč.<sup>3</sup>*

Celostátní soutěž řídí Ústřední komise Chemické olympiády v souladu s organizačním řádem. Na území krajů a okresů řídí Chemickou olympiádu krajské a okresní komise ChO. Organizátory krajského kola pro žáky středních škol jsou krajské komise ChO ve spolupráci se školami, krajský-

<sup>1</sup> Kategorie E je určena pro žáky odborných škol, kteří mají alespoň 2 hodiny chemie a 2 hodiny laboratorních cvičení týdně po celou dobu studia (tj. 4 roky).

<sup>2</sup> Stipendium bude vypláceno ve dvou splátkách, po řádném ukončení 1. semestru 4 000 Kč, po ukončení 2. semestru 6 000 Kč. Výplata je vázána na splnění všech studijních povinností. Celkem může nadační fond na stipendia rozdělit až 40 000 Kč v jednom roce.

<sup>3</sup> Podrobnější informace o tomto stipendiu jsou uvedeny na webových stránkách fakulty [www.natur.cuni.cz/faculty/studium/info/mimoradna-stipendia](http://www.natur.cuni.cz/faculty/studium/info/mimoradna-stipendia). Výplata stipendia je vázána na splnění studijních povinností umožňujících postup do druhého ročníku.

mi úřady a pobočkami České chemické společnosti a České společnosti průmyslové chemie. Na školách řídí školní kola ředitel a pověřený učitel.

V souladu se zásadami pro organizování soutěží je pro vedení školy závazné, v případě zájmu studentů o Chemickou olympiádu, uskutečnit její školní kolo, případně zabezpečit účast studentů v této soutěži na jiné škole.

První kolo soutěže (školní) probíhá na školách ve všech kategoriích zpravidla ve třech částech. Jsou to:

- a) studijní část,
- b) praktická laboratorní část,
- c) kontrolní test školního kola.

V tomto souboru jsou obsaženy soutěžní úlohy teoretické a praktické části prvního kola soutěže kategorií A a E. Autorská řešení těchto úloh společně s kontrolním testem a jeho řešením budou obsahem samostatného souboru. Úlohy ostatních kategorií budou vydány v samostatných souborech.

### **Vzor záhlaví vypracovaného úkolu**

Karel VÝBORNÝ	Kat.: A, 2013/2014
Gymnázium, Korunní ul., Praha 2	Úkol č.: 1
3. ročník	Hodnocení:

Školní kolo Chemické olympiády řídí a organizuje učitel chemie (dále jen pověřený učitel), kterého touto funkcí pověří ředitel školy.

Úkolem pověřeného učitele je propagovat Chemickou olympiádu mezi žáky a získávat je k soutěžení, předávat žákům texty soutěžních úkolů a dodržovat pokyny řídicích komisí soutěže. Spolu s pověřeným učitelem se na přípravě soutěžících podílejí učitelé chemie v rámci činnosti předmětové komise. Umožňují soutěžícím práci v laboratořích, pomáhají jim odbornou radou, upozorňují je na vhodnou literaturu, popřípadě jim zajišťují další konzultace, a to i s učiteli škol vyšších stupňů nebo s odborníky z praxe a výzkumných ústavů.

Ředitel školy vytváří příznivé podmínky pro propagaci, úspěšný rozvoj i průběh Chemické olympiády. Podporuje soutěžící při rozvoji jejich talentu a zabezpečuje, aby se práce učitelů hodnotila jako náročný pedagogický proces.

Učitelé chemie spolu s pověřeným učitelem opraví vypracované úkoly soutěžících, zpravidla podle autorského řešení a kritérií hodnocení úkolů předem stanovených ÚK ChO, případně krajskou komisí Chemické olympiády, úkoly zhodnotí a seznámí soutěžící s jejich správným řešením.

Pověřený učitel spolu s ředitelem školy nebo jeho zástupcem:

- a) stanoví pořadí soutěžících,
- b) navrhne na základě zhodnocení výsledků nejlepší soutěžící k účasti ve druhém kole,
- c) provede se soutěžícími rozbor chyb.

Ředitel školy zašle příslušné komisi Chemické olympiády jmenný seznam soutěžících navržených k postupu do dalšího kola, jejich opravená řešení úkolů, pořadí všech soutěžících (s uvedením procenta úspěšnosti) spolu s vyhodnocením prvního kola soutěže.

*Ústřední komise Chemické olympiády děkuje všem učitelům, ředitelům škol a dobrovolným pracovníkům, kteří se na průběhu Chemické olympiády podílejí. Soutěžícím pak přeje mnoho úspěchů při řešení soutěžních úloh.*

## VÝNATEK Z ORGANIZAČNÍHO ŘÁDU CHEMICKÉ OLYMPIÁDY

### Čl. 5

#### Úkoly soutěžících

- (1) Úkolem soutěžících je samostatně vyřešit zadané teoretické a laboratorní úlohy.
- (2) Utajení textů úloh je nezbytnou podmínkou regulérnosti soutěže. Se zněním úloh se soutěžící seznamují bezprostředně před vlastním řešením. Řešení úloh (dále jen „protokoly“) je hodnoceno anonymně.
- (3) Pokud má soutěžící výhrady k regulérnosti průběhu soutěže, má právo se odvolat v případě školního kola k učiteli chemie pověřenému zabezpečením soutěže, v případě vyšších soutěžních kol k příslušné komisi Chemické olympiády, popřípadě ke komisi o stupeň vyšší.

### Čl. 6

#### Organizace a propagace soutěže na škole, školní kolo Chemické olympiády

- (1) Zodpovědným za uskutečnění soutěže na škole je ředitel, který pověřuje učitele chemie zabezpečením soutěže.
- (2) Úkolem učitele chemie pověřeného zabezpečením soutěže je propagovat Chemickou olympiádu mezi žáky, evidovat přihlášky žáků do soutěže, připravit, řídit a vyhodnotit školní kolo, předávat žákům texty soutěžních úloh a dodržovat pokyny příslušných komisí Chemické olympiády, umožňovat soutěžícím práci v laboratořích, pomáhat soutěžícím odbornými radami, doporučovat vhodnou literaturu a případně jim zabezpečit další konzultace, a to i s učiteli škol vyšších stupňů nebo s odborníky z výzkumných ústavů a praxe.
- (3) Spolu s učitelem chemie pověřeného zabezpečením soutěže se na přípravě, řízení a vyhodnocení školního kola mohou podílet další učitelé chemie v rámci činnosti předmětové komise chemie (dále jen „předmětová komise“).
- (4) Školního kola se účastní žáci, kteří se do stanoveného termínu přihlásí u učitele chemie, který celkový počet přihlášených žáků oznámí pověřenému učiteli, pokud jím není sám.
- (5) Školní kolo probíhá ve všech kategoriích v termínech stanovených Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a ústřední komise Chemické olympiády zpravidla ve třech částech (studijní část, laboratorní část a kontrolní test).
- (6) Pověřený učitel spolu s předmětovou komisí chemie, je-li ustavena:
  - a) zajistí organizaci a regulérnost průběhu soutěžního kola podle zadání Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a ústřední komise Chemické olympiády,
  - b) vyhodnotí protokoly podle autorských řešení,
  - c) seznámí soutěžící s autorským řešením úloh a provede rozbor chyb,
  - d) stanoví pořadí soutěžících podle počtu získaných bodů,
  - e) vyhlásí výsledky soutěže.
- (7) Po skončení školního kola zašle ředitel školy nebo pověřený učitel:
  - a) organizátorovi vyššího kola příslušné kategorie Chemické olympiády výsledkovou listinu všech účastníků s počty dosažených bodů, úplnou adresou školy a stručné hodnocení školního kola,
  - b) tajemníkovi příslušné komise Chemické olympiády vyššího stupně stručné hodnocení školního kola včetně počtu soutěžících.
- (8) Protokoly soutěžících se na škole uschovávají po dobu jednoho roku. Komise Chemické olympiády všech stupňů jsou oprávněny vyžádat si je k nahlédnutí.

## HARMONOGRAM 50. ROČNÍKU CHO KATEGORIE A A E

<b>Studijní část školního kola:</b>	červen – říjen 2013
Kontrolní test školního kola:	20. 11. 2013
Škola odešle výsledky školního kola okresní komisi ChO nejpozději do:	29. 11. 2013

Krajská komise je oprávněna na základě dosažených výsledků ve školním kole vybrat omezený počet soutěžících do krajského kola ChO.

Soustředění před krajskými koly:	jednodenní v týdnech 31. 10. – 15. 11. 2013 Praha a Brno
----------------------------------	---

<b>Krajská kola:</b>	6. 12. 2013
----------------------	-------------

Předsedové krajských komisí odešlou výsledkovou listinu krajských kol Ústřední komisi Chemické olympiády, VŠCHT Praha, v kopii na NIDM MŠMT ČR Praha dvojím způsobem:

1. Co nejdříve po uskutečnění krajského kola zapíše výsledky příslušného kraje do *Databáze Chemické olympiády*, která je přístupná na webových stránkách [www.chemicka-olympiada.cz](http://www.chemicka-olympiada.cz) (přes tlačítko **Databáze**). Přístup je chráněn uživatelským jménem a heslem, které obdržíte od UK ChO. Ihned po odeslání bude výsledková listina automaticky zveřejněna na webových stránkách ChO.
2. Soubory, které jste vkládali do internetové databáze, zašlete také e-mailem na adresu tajemnice [zuzana.kotkova@vscht.cz](mailto:zuzana.kotkova@vscht.cz).

Ústřední komise ChO vybere na základě dosažených výsledků v krajských kolech soutěžící do Národního kola ChO.

<b>Národní kolo:</b>	27. – 31. 1. 2014, Praha
----------------------	--------------------------

Ústřední komise ChO vybere na základě dosažených výsledků v Národním kole soutěžící do výběrových soustředění (teoretického a praktického). Na Mezinárodní chemickou olympiádu postupují čtyři soutěžící s nejlepšími výsledky v Národním kole a ve výběrových soustředěních.

<b>Mezinárodní olympiáda pro kategorii A:</b>	červenec 2014, Hanoi, Vietnam
---	-------------------------------

<b>Letní odborné soustředění:</b>	červenec 2014, Běstvína
-----------------------------------	-------------------------

Organizátoři vyberou na základě dosažených výsledků v krajských kolech soutěžící, kteří se mohou zúčastnit letního odborného soustředění Chemické olympiády v Běstvině.

## KONTAKTY NA KRAJSKÉ KOMISE CHO PRO ŠKOLNÍ ROK 2013/2014

Kraj	Předseda	Tajemník
Praha	RNDr. Jan Kratzer, Ph.D. Oddělení stopové prvkové analýzy Ústav analytické chemie AV ČR Vídeňská 1083 142 00 Praha 4 <a href="mailto:jkratzer@biomed.cas.cz">jkratzer@biomed.cas.cz</a> tel.: 241 062 474, 241 062 487	Michal Hrdina Stanice přírodovědců DDM hl.m. Prahy Drtinova 1a 150 00 Praha 5 <a href="mailto:hrdina@ddmpraha.cz">hrdina@ddmpraha.cz</a> tel.: 222 333 863
Středočeský	RNDr. Marie Vasilešková, CSc. katedra chemie PedF UK M. D. Rettigové 4 116 39 Praha 1 tel.: 221 900 256 <a href="mailto:marie.vasileska@seznam.cz">marie.vasileska@seznam.cz</a>	Dr. Martin Adamec katedra chemie PedF UK M. D. Rettigové 4 116 39 Praha 1 tel.: 221 900 256 <a href="mailto:martin.adamec@pedf.cuni.cz">martin.adamec@pedf.cuni.cz</a>
Jihočeský	RNDr. Karel Lichtenberg, CSc. Gymnázium, Jírovцова 8 371 61 České Budějovice tel.: 387 319 358 <a href="mailto:licht@gymji.cz">licht@gymji.cz</a>	Ing. Miroslava Čermáková DDM, U Zimního stadionu 1 370 01 České Budějovice tel.: 386 447 319 <a href="mailto:cermakova@ddmcb.cz">cermakova@ddmcb.cz</a>
Plzeňský	Mgr. Jana Brichtová Masarykovo Gymnázium Petáková 2 301 00 Plzeň tel.: 377 270 874 <a href="mailto:pertlova@mgplzen.cz">pertlova@mgplzen.cz</a>	RNDr. Jiří Cais Krajské centrum vzdělávání a jazyková škola PC Koperníková 26 301 25 Plzeň tel.: 377 350 421 <a href="mailto:cais@kevjs.cz">cais@kevjs.cz</a>
Karlovarský	Ing. Miloš Krejčí Gymnázium Ostrov Studentská 1205 363 01 Ostrov tel.: 353 612 753; 353 433 761 <a href="mailto:milos.krejci@centrum.cz">milos.krejci@centrum.cz</a>	Ing. Pavel Kubeček Krajský úřad Karlovarského kraje Závodní 353/88 360 21 Karlovy Vary tel.: 354 222 184; 736 650 096 <a href="mailto:pavel.kubecek@kr-karlovarsky.cz">pavel.kubecek@kr-karlovarsky.cz</a>
Ústecký	Mgr. Tomáš Sedlák Gymnázium Teplice Čs. dobrovolců 530/11 415 01 Teplice tel.: 417 813 053 <a href="mailto:sedlak@gymtce.cz">sedlak@gymtce.cz</a>	Ing. Zdenka Horecká Velká Hradební 48 400 02 Ústí nad Labem tel.: 475 657 913 <a href="mailto:horecka.z@kr-ustecky.cz">horecka.z@kr-ustecky.cz</a>
Liberecký	PhDr. Bořivoj Jodas, Ph.D. katedra chemie FP TU Hálkova 6 461 17 Liberec tel.: 485 104 412 <a href="mailto:borivoj.jodas@volny.cz">borivoj.jodas@volny.cz</a>	Ing. Anna Sýbová (zást. Ing. Hana Malinová) DDM Větrník Riegrova 16 461 01 Liberec tel.: 485 102 433 <a href="mailto:anna.sybova@ddmliberec.cz">anna.sybova@ddmliberec.cz</a>



Kraj	Předseda	Tajemník
Královéhradecký	PaedDr. Ivan Holý, CSc. Pedagogická fakulta UHK Rokitanského 62 500 03 Hradec Králové tel.: 493 331 161 <a href="mailto:iholy@seznam.cz">iholy@seznam.cz</a>	Mgr. Dana Beráková Školské zařízení pro DVPP KHK Štefánikova 566 500 11 Hradec Králové tel.: 725 059 837 <a href="mailto:berakova@cvkhk.cz">berakova@cvkhk.cz</a>
Pardubický	Ing. Zdeněk Bureš Univerzita Pardubice, FChT Katedra obecné a anorganické chemie Studentská 573 532 10 Pardubice tel.: 466 037 253 <a href="mailto:Bures.Zdenek@seznam.cz">Bures.Zdenek@seznam.cz</a>	Soňa Petridesová DDM Delta Gorkého 2658 530 02 Pardubice tel.: 777 744 954 <a href="mailto:petridesova@ddmdelta.cz">petridesova@ddmdelta.cz</a>
Vysočina	RNDr. Jitka Šedivá Gymnázium Jihlava Jana Masaryka 1 586 01 Jihlava tel.: 567 303 613 <a href="mailto:jitkasediva@gymnaziumjihlava.cz">jitkasediva@gymnaziumjihlava.cz</a>	RNDr. Josef Zlámalík Gymnázium Jihlava Jana Masaryka 1 586 01 Jihlava tel.: 567 303 613 <a href="mailto:josefzlamalik@gymnaziumjihlava.cz">josefzlamalik@gymnaziumjihlava.cz</a>
Jihomoravský	RNDr. Valerie Richterová, Ph.D. Gymnázium Brno Křenová 36 602 00 Brno tel.: 604 937 265 <a href="mailto:valinka@centrum.cz">valinka@centrum.cz</a>	Mgr. Zdeňka Antonovičová Středisko volného času Lužánky Lidická 50 658 12 Brno – Lesná tel.: 549 524 124, 723 368 276 <a href="mailto:zdenka@luzanky.cz">zdenka@luzanky.cz</a>
Zlínský	Ing. Lenka Svobodová ZŠ Zlín Komenského 78 763 02 Zlín – Malenovice tel.: 776 010 493 <a href="mailto:l.svob@seznam.cz">l.svob@seznam.cz</a> kat. D RNDr. Stanislava Ulčíková ZŠ Slovenská 3076 760 01 Zlín tel.: 577 210 284 <a href="mailto:ulcikova@zsslovenska.eu">ulcikova@zsslovenska.eu</a>	Petr Malinka odd. mládeže, sportu a rozvoje lid. zdrojů KÚ Třída T. Bati 21 761 90 Zlín tel.: 577 043 764 <a href="mailto:petr.malinka@kr-zlinsky.cz">petr.malinka@kr-zlinsky.cz</a>
Olomoucký	RNDr. Lukáš Müller, Ph.D. PřF UP Olomouc, katedra analytické chemie tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc tel.: 585 634 419 <a href="mailto:mlluk@post.cz">mlluk@post.cz</a>	RNDr. Karel Berka, Ph.D. Univerzita Palackého v Olomouci Přírodovědecká fakulta Katedra fyzikální chemie tř. 17. listopadu 1192/12 771 46 Olomouc tel.: 585 634 769 e-mail: <a href="mailto:karel.berka@upol.cz">karel.berka@upol.cz</a>
Moravskoslezský	Mgr. Alena Adamková Gymnázium Studentská 11 736 01 Havířov tel.: 731 380 617 <a href="mailto:alena-adamkova@volny.cz">alena-adamkova@volny.cz</a>	Mgr. Marie Kociánová Stanice přírodovědců Čkalova 1881 708 00 Ostrava – Poruba tel.: 599 527 321 <a href="mailto:marie.kocianova@svc-korunka.cz">marie.kocianova@svc-korunka.cz</a>



Další informace získáte na této adrese.

**RNDr. Zuzana Kotková  
VŠCHT Praha  
Technická 5, 116 00 Praha 6 – Dejvice  
tel: 725 139 751  
e-mail: [zuzana.kotkova@vscht.cz](mailto:zuzana.kotkova@vscht.cz)**

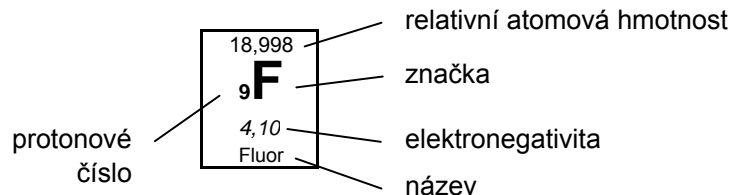
Podrobnější informace o Chemické olympiádě a úlohách minulých ročníků získáte na stránkách <http://www.chemicka-olympiada.cz>

Ústřední komise ChO je členem Asociace českých chemických společností. Informace o Asociaci a o spoluvyhlašovateři ChO České chemické společnosti naleznete na internetových stránkách <http://www.csch.cz>

Významným chemickým odborným časopisem vydávaným v češtině jsou Chemické listy.

Seznámit se s některými články můžete v Bulletinu, který vychází čtyřikrát ročně a naleznete ho i na internetových stránkách na adrese <http://www.uochb.cas.cz/bulletin.html>.

# Periodická soustava prvků



1 I. A	1,00794 <b>1 H</b> 2,20 Vodík	2 II. A											13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	18 VIII. A
2	6,941 <b>3 Li</b> 0,97 Lithium	9,012 <b>4 Be</b> 1,50 Beryllium											10,811 <b>5 B</b> 2,00 Bor	12,011 <b>6 C</b> 2,50 Uhlík	14,007 <b>7 N</b> 3,10 Dusík	15,999 <b>8 O</b> 3,50 Kyslík	18,998 <b>9 F</b> 4,10 Fluor	20,179 <b>10 Ne</b> Neon
3	22,990 <b>11 Na</b> 1,00 Sodík	24,305 <b>12 Mg</b> 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	26,982 <b>13 Al</b> 1,50 Hliník	28,086 <b>14 Si</b> 1,70 Křemík	30,974 <b>15 P</b> 2,10 Fosfor	32,060 <b>16 S</b> 2,40 Síra	35,453 <b>17 Cl</b> 2,80 Chlor	39,948 <b>18 Ar</b> Argon
4	39,10 <b>19 K</b> 0,91 Draslík	40,08 <b>20 Ca</b> 1,00 Vápník	44,96 <b>21 Sc</b> 1,20 Skandium	47,88 <b>22 Ti</b> 1,30 Titan	50,94 <b>23 V</b> 1,50 Vanad	52,00 <b>24 Cr</b> 1,60 Chrom	54,94 <b>25 Mn</b> 1,60 Mangan	55,85 <b>26 Fe</b> 1,60 Železo	58,93 <b>27 Co</b> 1,70 Kobalt	58,69 <b>28 Ni</b> 1,70 Nikl	63,55 <b>29 Cu</b> 1,70 Měď	65,38 <b>30 Zn</b> 1,70 Zinek	69,72 <b>31 Ga</b> 1,80 Gallium	72,61 <b>32 Ge</b> 2,00 Germanium	74,92 <b>33 As</b> 2,20 Arsen	78,96 <b>34 Se</b> 2,50 Selen	79,90 <b>35 Br</b> 2,70 Brom	83,80 <b>36 Kr</b> Krypton
5	85,47 <b>37 Rb</b> 0,89 Rubidium	87,62 <b>38 Sr</b> 0,99 Stroncium	88,91 <b>39 Y</b> 1,10 Yttrium	91,22 <b>40 Zr</b> 1,20 Zirkonium	92,91 <b>41 Nb</b> 1,20 Niob	95,94 <b>42 Mo</b> 1,30 Molybden	~98 <b>43 Tc</b> 1,40 Technecium	101,07 <b>44 Ru</b> 1,40 Ruthenium	102,91 <b>45 Rh</b> 1,40 Rhodium	106,42 <b>46 Pd</b> 1,30 Palladium	107,87 <b>47 Ag</b> 1,40 Stříbro	112,41 <b>48 Cd</b> 1,50 Kadmium	114,82 <b>49 In</b> 1,50 Indium	118,71 <b>50 Sn</b> 1,70 Cín	121,75 <b>51 Sb</b> 1,80 Antimon	127,60 <b>52 Te</b> 2,00 Tellur	126,90 <b>53 I</b> 2,20 Jod	131,29 <b>54 Xe</b> Xenon
6	132,91 <b>55 Cs</b> 0,86 Cesium	137,33 <b>56 Ba</b> 0,97 Barium		178,49 <b>72 Hf</b> 1,20 Hafnium	180,95 <b>73 Ta</b> 1,30 Tantal	183,85 <b>74 W</b> 1,30 Wolfram	186,21 <b>75 Re</b> 1,50 Rhenium	190,20 <b>76 Os</b> 1,50 Osmium	192,22 <b>77 Ir</b> 1,50 Iridium	195,08 <b>78 Pt</b> 1,40 Platina	196,97 <b>79 Au</b> 1,40 Zlato	200,59 <b>80 Hg</b> 1,40 Rtuť	204,38 <b>81 Tl</b> 1,40 Thallium	207,20 <b>82 Pb</b> 1,50 Olovo	208,98 <b>83 Bi</b> 1,70 Bismut	~209 <b>84 Po</b> 1,80 Polonium	~210 <b>85 At</b> 1,90 Astat	~222 <b>86 Rn</b> Radon
7	~223 <b>87 Fr</b> 0,86 Francium	226,03 <b>88 Ra</b> 0,97 Radium		261,11 <b>104 Rf</b>	262,11 <b>105 Db</b>	263,12 <b>106 Sg</b>	262,12 <b>107 Bh</b>	270 <b>108 Hs</b>	268 <b>109 Mt</b>	281 <b>110 Ds</b>	280 <b>111 Rg</b>	277 <b>112 Cn</b>	~287 <b>113 Uut</b>	289 <b>114 Uuq</b>	~288 <b>115 Uup</b>	~289 <b>116 Uuh</b>	~291 <b>117 Uus</b>	293 <b>118 Uuo</b>
				Rutherfordium	Dubnium	Seaborgium	Bohrium	Hassium	Meitnerium	Darmstadtium	Roentgenium	Copernicium	Ununtrium	Ununquadium	Ununpentium	Ununhexium	Ununseptium	Ununoctium

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

## TEORETICKÁ ČÁST (60 BODŮ)

### ANORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

#### Autoři

**RNDr. Petr Holzhauser, Ph.D.**

*Ústav anorganické chemie, VŠCHT Praha*

#### Recenzenti

**doc. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.**

*Katedra anorganické chemie, PřF UK v Praze*

**RNDr. Vladimír Vít** (pedagogická recenze)

*Gymnázium Ostrov*

Milí soutěžící,

Celá kategorie A jubilejního 50. ročníku Chemické olympiády je zaměřená na nejběžnější sloučeninu – vodu. Ani anorganická chemie nebude výjimkou. Jedná se ovšem o natolik široké téma, že ani v anorganické chemii nelze přesně uvést doporučenou literaturu, protože potřebné informace můžete nalézt na různých místech různých knih. Úlohy po vás nebudou žádat detailní znalost faktů (snad malinko s výjimkou domácí části školního kola), naopak budete potřebovat svůj úsudek, schopnost logicky uvažovat, chápat souvislosti a zužitkovat znalosti nabyté v nižších kolech.

Abych vás přeci jenom alespoň trochu nasměroval – v úlohách se setkáte s vodou v kapalném, pevném i plynném skupenství nejenom v čisté vodě, ale i ve sloučeninách. Zjistíte, že krystalová voda není jenom jedna, že existuje hydrátová izomerie a zajímavá třída látek – klatrátů, u kterých je k diskusi, jestli se opravdu jedná o sloučeniny. Voda ovšem není jenom stavební jednotkou, může být také reaktantem. Zajímat nás tedy budou reakce, kdy molekuly vody reagují, ať ve smyslu acidobazickém, nebo redoxním, budou nás zajímat hydrolyzy všeho druhu, iontů, solí, organokovových sloučenin, z nichž mnohé se dají využít např. pro přípravu značených sloučenin. Rozklad vody se dá provést nejenom chemicky, ale také elektrickým proudem. Sušení organických rozpouštědel není nic jiného než šikovné reakce vody, které však mají svá omezení. Chemik musí být také dobrý počtář, proto neopomeňte stechiometrické výpočty ze vzorců, rovnic a stavové rovnice.

Nezbývá než popřát hodně zábavy a poučení při řešení úloh letošní Chemické olympiády a údiv nad všelijakostí nejobyčejnější a zároveň nejúžasnější sloučeniny, kterou známe.

#### Doporučená literatura:

1. N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Chemie prvků I. a II, Informatorium, Praha 1993.
2. F. A. Cotton, G. Willkinson: Anorganická chemie, Academia, Praha 1973.
3. R. B. Heslop, K. Jones: Anorganická chemie, str. 417–425, 764–775, SNTL, Praha 1982
4. J. Klikorka, B. Hájek, J. Votinský: Obecná a anorganická chemie, SNTL, Praha 1989.
5. J. Vacík. Přehled středoškolské chemie. 4., Praha: SPN, 1999.
6. Středoškolské učebnice chemie.
7. Internetové vyhledávače a encyklopedie, klíčová slova uvedená v úvodním textu a vyhledaná v zadání úloh.

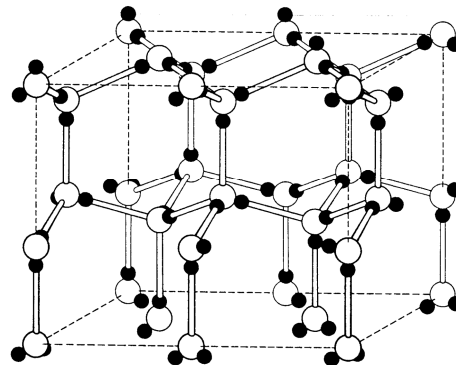
## Úloha 1 Voda

1,75 bodu

Voda je nejběžnější a na první pohled jednoduchá sloučenina. Na ten druhý však vykazuje mnoho zajímavých vlastností a anomálií. Pokud se voda ochladí pod  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  při atmosférickém tlaku, vzniká nejběžnější forma ledu označovaná jako led  $I_h$ .

1. Co znamená index h?

Skutečnost, že led plave na vodě (a má tedy nižší hustotu) je všeobecně známá. Je to způsobeno tzv. *hustotní anomálií vody* – při přechodu do pevného skupenství průměrné mezimolekulární vzdálenosti mírně vzrostou a molekuly jsou v daných polohách fixovány sítí vodíkových vazeb s přesně danou geometrií, čímž ve struktuře vznikají dutiny. Při roztátí se tato síť vodíkových vazeb stává flexibilní, molekuly po sobě začnou klouzat a vzájemně se otáčet, čímž se v průměru přiblíží. To vyústí ve změnu hustoty.



2. Jaká je hustota ledu  $I_h$  při  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

Porovnáme-li hustotu ledu s hustotou vody, zjistíme, že při mrznutí vody dochází k expanzi.

3. Jaký je geologický význam této anomálie?

Menší hustota ledu ve srovnání s kapalnou vodou je důsledkem „prostornějšího“ uspořádání molekul, které vede ke vzniku dutin. Tyto dutiny mohou být v různém počtu obsazeny vhodnými částicemi, jako jsou např. molekuly  $\text{Cl}_2$ , nebo atomy vzácných plynů Ar, Kr a Xe.

4. Jak se nazývá tento netradiční typ sloučenin? Původně se předpokládalo, že takováto „sloučenina“ argonu a vody má stechiometrii  $\text{Ar}\cdot 6\text{ H}_2\text{O}$  („hexahdrát argonu“). Přesnější studie ukázala, že je obsah vody poněkud menší. Jaká je ideální stechiometrie této látky?



Obr. 1 Zamrzlé jezero Bajkal

Další látka tohoto typu byla v podobě obrovských ložisek objevena na mořském dně, na dně Jezera Bajkal a v oblastech permafrostu na Sibiři a v severní Americe.

5. O jakou látku se jedná a jaký je její potenciální průmyslový význam?

## **Úloha 2 Krystalová voda**

**3,5 bodu**

Jako krystalovou vodu zpravidla označujeme vodu stechiometricky vázanou v krystalové struktuře sloučenin, ale způsob vazby molekul vody může být různý.

Dva různé typy krystalové vody nalezneme ve struktuře nejběžnější měďnaté soli – v modré skalici.

1. Jaké je použití modré skalice?
2. Napište vzorec modré skalice a nakreslete krystalovou strukturu tohoto hydrátu.
3. Jaké dva typy krystalové vody zde nacházíme?



Úplná dehydratace modré skalice je provázána změnou barvy.

4. Jakou barvu má bezvodý síran měďnatý?

Změna barvy související s přítomností krystalové vody se využívá v jednom z „tajných inkoustů“ na bázi kobaltnaté soli. Písmo napsané zředěným vodným roztokem chloridu kobaltnatého je neviditelné, po opatrném zahřátí zřetelně zmodrá. Pokud necháme modré písmo na vzduchu, po čase opět samo zmizí.

5. Jaké složení a barvu má sloučenina tvořící „neviditelné písmo“? Co se stane při zahřívání papíru a jaké složení má sloučenina tvořící modré písmo? Proč modré písmo na vzduchu časem samo zmizí?

## **Úloha 3 Voda někdy vadí...**

**4,5 bodu**

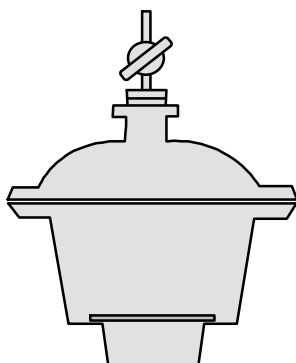
Voda je úžasné rozpouštědlo, ve kterém lze provést většinu reakcí mezi anorganickými sloučeninami. V chemii organické však přítomnost vody často vadí, a proto je někdy nutné organická rozpouštědla zbavit i stopových množství vody, tj. „vysušit“. K tomuto účelu se používají tzv. „sušidla“. Jedná se o látky, které na sebe vážou zbytkovou vodu (např. některé anorganické soli za vzniku svých hydrátů), nebo s ní reagují. Ve druhém případě se často jedná o látky, které, jsou-li smíchány s čistou vodou, s ní reagují velmi bouřlivě až explozivně. Čisté (a bezvodé) rozpouštědlo se pak obvykle ze směsi se sušidlem oddestiluje.

1. Napište alespoň dva důvody, kvůli kterým vadí při průběhu organických reakcí i malý obsah vody v organických rozpouštědlech.

2. Do následující tabulky uveďte (A/N), ze kterých sušidel lze destilovat následující rozpouštědla za účelem sušení:

	K	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaO	P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	LiAlH <sub>4</sub>
benzen					
ethanol					
tetrahydrofuran					
dimethylformamid					
cyklohexan					
acetonitril					
chloroform					

Často je třeba vysušit např. i pevný produkt, odfiltrovaný z reakční směsi. K sušení pevných látek se používá exsikátor – skleněná širokohrdlá nádoba s víkem, na jejíž dno se nasype či nalije sušidlo, a nad něj se na proděravělou vložku umístí nádobka s preparátem. Po uzavření exsikátoru tak sušidlo sdílí společnou atmosféru s mokrým preparátem, a vlhkost z něj postupně odstraní. Rychlost sušení se může dále zvýšit např. evakuací exsikátoru.



Jako náplň exsikátorů se často používá koncentrovaná H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, vyžíhaný silikagel nebo P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>.

3. Při použití P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> jako sušidla v exsikátoru se oxid fosforečný předem smíchává se suchým jemným pískem. Proč?

#### Úloha 4 Voda jako reaktant

6,25 bodu

Alkalický kov **M** reaguje s plynným prvkem **A** za vzniku binární sloučeniny **B** (1). Její hydrolyzou vzniká sloučenina **C** a MOH (2). Sloučenina **C** se chová jako oxidační činidlo – při reakci s jodidem draselným v prostředí kyseliny chlorovodíkové dojde k uvolnění jódu (3). Sloučenina **C** ale zároveň redukuje v prostředí kyseliny sírové manganistan draselný na ionty manganaté (4) a dojde k uvolnění prvku **A**.

Prvek **D** reaguje po iniciaci velmi bouřlivě s halogenem X<sub>2</sub> za vzniku sloučeniny **E**, která je extrémně žíravá. Její reakcí s binární sloučeninou **F** (5), připravenou reakcí alkalického kovu **M** s prvkem **D** (6), vzniká sloučenina **G** a uvolní se prvek **D**. Sloučenina **G** je velmi běžně používána v domácnosti.

Prvky **A** a **D** spolu mohou reagovat explozivní reakcí (7).

1. Identifikujte prvky a sloučeniny **M**, **X** a **A–G**.
2. Napište vyčíslené rovnice všech reakcí (1) – (7).



**Autor****Ing. Petra Ménová***Ústav organické chemie a biochemie AV ČR  
Ústav organické chemie, VŠCHT Praha***Ing. Ivana Jurásková***Katedra organické chemie, PřF UK v Praze***Recenzenti****prof. Ing. František Liška, CSc.** (odborná recenze)*Katedra chemie a didaktiky chemie PedF UK v Praze***RNDr. Vladimír Vít** (pedagogická recenze)*Gymnázium Ostrov*

V letošním ročníku se v úlohách věnovaných organické chemii zaměříme na karbonylové sloučeniny – aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny a jejich deriváty. Pro zvládnutí úloh se seznamte s následujícími tématy:

- aldehydy a ketony, nukleofilní adice, tvorba hydrátů, hemiacetalů, acetalů, kyanhydrinů
- dusíkaté deriváty aldehydů a ketonů – iminy, enaminy, jejich reakce a příprava
- funkční deriváty karboxylových kyselin – jejich reakce, příprava, převedení jednoho derivátu na druhý, hydrolyza
- substituční reakce v  $\alpha$ -poloze karbonylové skupiny, halogenace do  $\alpha$ -polohy – haloformová reakce, Hellova-Volhardova-Zelinského reakce, Favorského přesmyk
- alkylace enolátů – malonesterová syntéza, acetoacetátová syntéza
- aldolizace karbonylových sloučenin, smíšená aldolizace, aldolová kondenzace, Claisenova kondenzace, smíšená Claisenova kondenzace
- zápis mechanismů chemických reakcí
- základy NMR spektroskopie – chemické posuny, počet a multiplicita signálů v  $^1\text{H}$  a  $^{13}\text{C}$  NMR spektrech, ekvivalence atomů

Při přípravě čerpejte z doporučené literatury. Cenným zdrojem informací je také internet, zde se však opírejte pouze o osvědčené zdroje (materiály univerzit, wikipedie...).

**Doporučená literatura:**

1. J. Honza, A. Mareček: Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl, Nakladatelství Olomouc, 1998, str. 44–50 (aldehydy a ketony), 52–58 (karboxylové kyseliny), 69–80 (funkční deriváty karboxylových kyselin).
2. J. McMurry: Organická chemie, český překlad 6. vydání, VUT Brno, VŠCHT Praha, 2007, str. 438–453 ( $^1\text{H}$  NMR-spektroskopie), 688–705 (nukleofilní adiční reakce na aldehydy a ketony), 711–712 (konjugovaná nukleofilní adice aminů na  $\alpha,\beta$ -nenasycené aldehydy a ketony), 737–755 a 771–809 (karboxylové kyseliny a funkční deriváty karboxylových kyselin), 820–834 (substituce v  $\alpha$ -poloze), 834–846 (alkylace enolátů), 854–870 (aldolizace karbonylových sloučenin).
3. J. Vacík a kol.: Přehled středoškolské chemie, 1. vydání.; SPG – pedagogické nakladatelství: Praha, 1999, 254–256 (aldehydy a ketony), 256–252 (karboxylové kyseliny a jejich deriváty), 263–273 (reakční mechanismy).



**Rozšiřující literatura:**

1. J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, P. Wothers: Organic Chemistry first edition, Oxford University Press, 2009, str. 135–150 a 339–356 (nukleofilní adiční reakce na aldehydy a ketony), 244–277 (<sup>1</sup>H NMR spektroskopie), 279–297 (karboxylové kyseliny a jejich deriváty), 521–538 (enoly, enoláty, substituce v α-poloze), 664–669 a 676–680 (alkylace enolátů), 690–695, 702–704, 715–718 (aldolizace karbonylových sloučenin), 724–736 (Claisenova kondenzace), 990–992 (Favorského přesmyk).

**Úloha 1 Acetaly****6 bodů**

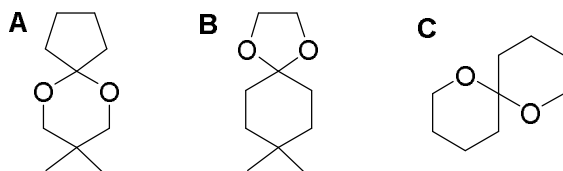
1. Hemiacetaly jsou obvykle značně nestabilní a rozkládají se na výchozí látky. Stabilita hemiacetalů většiny ketonů je ještě nižší než stabilita hemiacetalů aldehydů. Proč tomu tak je?

Nekatalyzovaná reakce aldehydu nebo ketonu s alkoholem téměř neprobíhá. Kyselá či bazická katalýza reakci značně urychlí.

2. Napište mechanismus kysele a bazicky katalyzované tvorby hemiacetalu z butan-2-onu a methanolu. Vysvětlete, jakou roli hraje kyselina/báze přidaná do reakční směsi.

Na rozdíl od acyklických hemiacetalů, jejich cyklické protějšky (laktoly) jsou mnohem stabilnější. Stabilita těchto sloučenin závisí zejména na velikosti cyklu, který reakcí vzniká. Cukry, polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony, jsou svou strukturou téměř předurčeny k tvorbě acetalů.

3. Napište vzorce lineární formy D-glukosy a D-ribosy ve Fischerově projekci. Následně nakreslete vzorce nejstabilnějších cyklických forem těchto sacharidů. Bude glycerinaldehyd také tvořit cyklickou formu? Zakreslete ji a vysvětlete, proč bude či nebude vznikat.
4. Hemiacetal může za určitých podmínek reagovat s dalším ekvivalentem alkoholu za vzniku acetalu. Bude pro tvorbu acetalu potřeba katalýza? Pokud ano, je možná kyselá, bazická nebo oba typy? Proč?
5. Tvorba acetalů je jako mnoho dalších reakcí karbonylových sloučenin vratnou reakcí. Navrhněte dva způsoby, jak posunout rovnováhu ve prospěch produktu.
6. Jaké výchozí látky byly použity pro přípravu těchto acetalů?

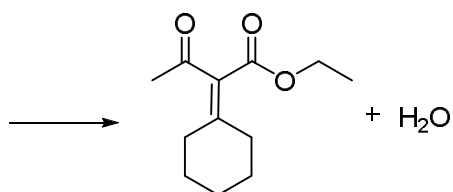
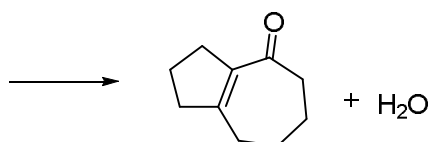
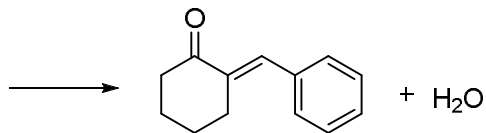
**Úloha 2 Aldolizace karbonylových sloučenin****5 bodů**

Aldolizace je reakce, při které vznikají aldoly ze dvou molekul karbonylových sloučenin, přičemž jedna karbonylová sloučenina vystupuje v reakci jako elektrofil a druhá jako nukleofil. Aldolizace je součástí biosyntézy celé řady přírodních látek.

1. Jakou podmínku musí karbonylové sloučeniny splňovat, aby mohly podléhat aldolizaci?

Aldolová kondenzace je reakce, při které vznikají  $\alpha,\beta$ -nenasycené karbonylové sloučeniny z aldolů působením zředěných kyselin nebo bází.

2. Navrhněte struktury výchozích látek, které za podmínek aldolové kondenzace poskytly tyto produkty. Napište, která výchozí látka vystupuje jako elektrofil a která jako nukleofil.



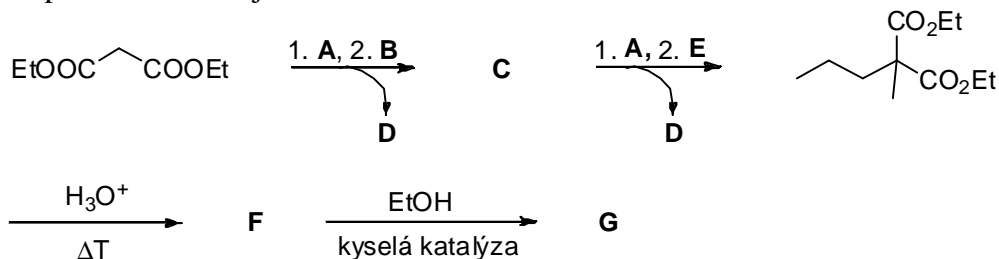
3. Působením hydroxidu sodného vznikne z hexan-2,5-dionu pouze jeden produkt aldolové kondenzace přesto, že v bazickém prostředí vytvoří hexan-2,5-dion dva různé enoláty. Nakreslete oba možné produkty aldolové kondenzace hexan-2,5-dionu. Označte produkt, který skutečně vznikne. Vysvětlete, proč vznikne pouze tento produkt.
4. Estery podléhají v přítomnosti báze kondenzační reakci za vzniku  $\beta$ -oxoesterů. Jak tuto reakci nazýváme?
5. Kondenzační reakce ethyl-acetátu s ethyl-propanoátem účinkem ethoxidu sodného v ethanolu vede ke směsi produktů. Napište vzorce všech produktů, které takto mohou vzniknout. Jaké strukturální rysy by musely estery splňovat, aby jejich kondenzační reakcí vznikl jediný produkt? Napište tři takové estery.

### Úloha 3 Malonesterová syntéza

5 bodů

Alkylace 1,3-dikarbonylových sloučenin probíhá velmi snadno. Příkladem takové reakce je malonesterová syntéza, která umožňuje připravit karboxylové kyseliny z halogenalkanů a diethylmalonátu.

1. Doplňte do následujícího schéma:



2. Je možné připravit cyklopentankarboxylovou, 2,2-dimethylbutanovou a hexanovou kyselinu za podmínek malonesterové syntézy? Pokud ano, napište názvy výchozích halogenalkanů.
3. Pokus připravit 3,3-dimethylbutanovou kyselinu pomocí malonesterové syntézy selhává. Proč?

**Autoři****doc. RNDr. Petr Slavíček, Ph.D.***Ústav fyzikální chemie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze***RNDr. Michal Kolář, Ph.D.***Ústav organické chemie a biochemie, AV ČR, v.v.i.***Recenzenti****Mgr. Radek Matuška** (odborná recenze)*Národní centrum pro výzkum biomolekul, PřF MU, Brno  
Středoevropský technologický institut – Masarykova univerzita (CEITEC-MU), Brno  
Gymnázium, Slovanské nám., Brno***RNDr. Karel Berka, Ph.D.** (odborná recenze)*Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci***RNDr. Vladimír Vít** (pedagogická recenze)*Gymnázium Ostrov*

Také fyzikálně-chemická část chemické olympiády je zaměřena na vodu. Nejde o téma okrajové, vždyť už v prvních deseti větách knihy *Genesis* napočítáme slovo voda hned pětkrát. V úlohách se setkáme s vodou v nejrůznějších skupenstvích a souvislostech. Světa znalí soutěžící, kteří holdují potápění, cestování k zeměpisným pólům nebo paraglidingu nebudou mít s úlohami větší potíž, neboť poznali kapalnou vodu, led, sníh i vodní páru na vlastní kůži.

Roli odrazového můstku zvidavých soutěžících by měl plnit vzorečkovník, jenž obsahuje rovnice a vztahy z oblastí překračujících běžnou středoškolskou výuku. Vzorečkovník vás bude doprovázet do všech kol letošní ChO.

Vzorci bez pochopení jejich významu jsou bezcenné. V rámci přípravy se proto snažte smysl rovnic ve vzorečkovníku pochopit. Vysvětlení lze najít v kterékoliv lepší učebnici fyzikální chemie, doporučili bychom například výbornou, byť již notně letitou učebnici Moorovu [1] či podstatně novější (také výtečnou) knihu Atkinsovu [2]. Pokud se budete chtít tužit ve výpočtech příkladů z fyzikální chemie, můžete použít elektronický příkladník [3]. Doporučujeme zejména pasáže věnované fázovým rovnováhám.

Těm z vás, kteří by se s vodou chtěli seznámit intimněji, doporučujeme populárně-vědecké dílko Philipa Balla [4]. K řešení úloh tato kniha soutěžícím příliš nepomůže, ale o vodě se toho dozví mnoho. A o to by mělo jít především, a to i v těch případech, kdy se vám některou z úloh nepodaří vyřešit.

**Doporučená literatura:**

1. W. J. Moore: Fyzikální chemie, SNTL Praha 1979, str. 35–36, 48–50, 74–78, 226–234, 245–247, 253–271, 276–277, 308–310.
2. P. W. Atkins, J. de Paula: Fyzikální chemie, VŠCHT Praha, 2013, str. 17–22, 59–67, 126–138, 152–174, 206–209, 462–463.
3. <http://www.vscht.cz/fch/prikladnik>
4. P. Ball: H<sub>2</sub>O–Biography of Water. London, Weidenfeld and Nicolson, 1999.

**Vzorečkovník netriviálních vztahů:**

Clausiova-Clapeyronova rovnice

$$\ln \frac{p_2^s}{p_1^s} = \frac{\Delta H_{\text{fp}}}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Clapeyronova rovnice

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} \approx \frac{\Delta H_{\text{fp}}}{T \cdot \Delta V_{\text{m}}}$$

van't Hoffova rovnice

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H_{\text{R}}}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Osmotický tlak

$$p = c \cdot R \cdot T$$

Lambertův-Beerův zákon

$$A = -\log \frac{l}{l_0} = -\log T = e \cdot c \cdot l$$

$$\ln \frac{l_0}{l} = S \cdot N \cdot l$$

Henryho zákon

$$p \cdot y_2 = x_2 \cdot K_{\text{H}}$$

Raoultův zákon

$$p \cdot y_i = x_i \cdot p^s$$

Objem koule

$$V = \frac{4}{3} p \cdot r^3$$

Povrch koule

$$S = 4 \cdot p \cdot r^2$$

Obvod kruhu

$$o = 2 \cdot p \cdot r$$

Obsah kruhu

$$S = p \cdot r^2$$

Hessův zákon

$$\Delta H_R = \sum_{i=1}^k n_i \cdot \Delta H_{m_i}^{\text{sl}}$$

Hydrostatický tlak

$$p = r \cdot g \cdot h$$

Stavová rovnice ideálního plynu R

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Molární objem

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{M}{r}$$

Snížení teploty tání roztoku R

$$\Delta T_t = T_t(\text{rozpuštědlo}) - T_t(\text{roztok}) = K_K \cdot b$$

Kryoskopická konstanta

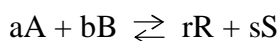
$$K_K = \frac{R \cdot T_{\text{NBT},1}^2 \cdot M_1}{\Delta H_{\text{m1}, \text{tání}}}$$

Antoineova rovnice

$$\log p^s = A - \frac{B}{C + t}$$



Rovnovážná konstanta



$$K = \frac{[R]^r \cdot [S]^s}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Teplu dodané systému při zvýšení teploty za stálého tlaku

$$Q = n \cdot c_{pm} \cdot \Delta T = m \cdot c_{p,spec} \cdot \Delta T$$

Relativní vlhkost vzduchu

$$f = \frac{p_{H_2O}}{p^s}$$

Definice pH

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

**Fyzikální konstanty:**

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$N_{Av} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$p^{st} = 101325 \text{ Pa}$$

$$m_u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

## Úloha 1 Led

5 bodů

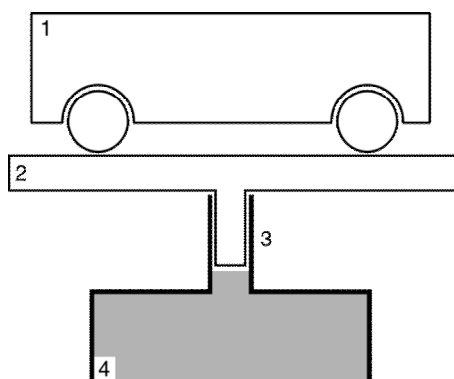
Led je „civilní“ označení pevného skupenství vody. Zkušenost praví, že led obvykle na hladině kapalné vody plave (vzpomeňte např. na oscarový snímek Jamese F. Camerona Titanic).

1. Kolik % objemu  $H_2O$  ledu se nachází nad hladinou kapalné  $H_2O$  při  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

$D_2O$  voda (označovaná jako „těžká“) vře za normálního tlaku při teplotě  $101,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , normální voda při  $100,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Výparná entalpie těžké vody má hodnotu  $45,38 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , oproti  $43,99 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  pro vodu běžnou.

2. Při jaké teplotě bude vřít normální a těžká voda na vrcholku hory Huascarán (nadmožská výška  $6768 \text{ m}$ )? Na jakém kontinentu se tato hora nachází? Uvažujte tlak vzduchu na vrcholu  $43,26 \text{ kPa}$ .

Objemové změny vody lze využít k různým mechanickým úkonům. Příroda takto láme skály (eroze), člověk může např. zvedat předměty (autoservis). Schéma ledového heveru<sup>4</sup> je na Obrázku 1.



Obrázek 1: Ledový hever: 1) kolové vozidlo (např. automobil), 2) zvedací plošina o zadané hmotnosti (samozřejmě s otvorem pro přístup mechanika), 3) píst o zadaném průřezu a 4) nádrž s vodou o zadaném objemu. Jednotlivé části obrázku nejsou v měřítku!

3. Jaká je maximální hmotnost automobilu, který lze zvednout zmrazením vody v nádrži na  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , je-li hmotnost zvedací plošiny  $1500\text{ kg}$  a průřez zvedacího pístu  $50\text{ cm}^2$ ?
4. O kolik cm se automobil zvedne, je-li objem nádrže  $45\text{ dm}^3$ ?
5. Kolik tepla bude potřeba na opětovné spuštění automobilu?

Potřebná data:

hustota  $\text{H}_2\text{O}$  kapaliny =  $1000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

hustota  $\text{H}_2\text{O}$  ledu =  $917\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

enthalpie tání vody =  $6008\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

## Úloha 2 Mrak

**4 body**

Voda se v atmosféře vyskytuje často ve formě mraků, které mají řadu životu blahodárných vlastností. Účastní se koloběhu vody v přírodě a chrání povrch Země před zářením z vesmíru. Mají také řadu neblahodárných vlastností jako je např. snižování viditelnosti v letecké dopravě. Může být překvapující, že mraky se skládají především z kapiček vody nebo malých ledových krystalků (dle typu mraku) a nikoliv z vodní páry.

### Úkoly:

Mrak *cumulus* má průměrnou koncentraci vody přibližně  $1,01\cdot 10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Početní hustota kapiček  $N$  v mraku je asi  $380\text{ kapiček}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Za předpokladu, že kapička obsahuje pouze vodu o hustotě  $1000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , určete poloměr kapičky.

V mraku moc daleko nedohlédneme. Světlo se totiž na kapičkách rozptyluje a vytváří tak jakýsi „stín“ (asi jako kdyby ve vzduchu byl roj kobytek). Pokles intenzity světla je dán Lambertovým-Beerovým zákonem v následujícím tvaru:

<sup>4</sup> Z něm. der Heber, zvedák.

$$\ln \frac{I_0}{I} = S \cdot N \cdot l,$$

kde  $N$  je hustota kapiček,  $\sigma$  je tzv. účinný průřez (zjednodušeně se jedná o geometrický průřez kapičky vynásobený koeficientem  $Q$ , který lze získat z teorie elektromagnetického pole, tj.  $\sigma = Q \cdot \pi \cdot r^2$ , zde  $Q = 2,0$ ) a  $l$  je vzdálenost v mraku, kterou světlo prochází.<sup>5</sup>

1. Z Lambertova-Beerova zákona určete viditelnost uvnitř mraku, definovanou jako vzdálenost, při které k nám dorazí 2 % původní světelné intenzity.
2. Za jak dlouho tuto vzdálenost urazí houser (*Anser anser*, viz Obr. 2) na tahu do jižních krajin letící rychlostí  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ?
3. Kolik srážek v  $\text{mm} \cdot \text{m}^{-2}$  pod tímto mrakem naprší, je-li jeho mocnost 3 km a na povrch Země se z něj dostane 34 % obsahu vody? Uvažujte hustotu vody  $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .



Obrázek 2: Mrak a jevy s ním související: úbytek intenzity slunečního záření, houser na tahu do jižních krajin a dešťové srážky.

<sup>5</sup> V chemii se setkáváme s Lambertovým-Beerovým zákonem v poněkud modifikovaném tvaru,  $-\log \frac{I}{I_0} = \epsilon \cdot c \cdot l$ , kde  $\epsilon$  je tzv. molární extinkční koeficient,  $c$  je koncentrace a  $l$  je délka kyvety. Povšimněte si, že v tomto případě používáme logaritmus dekadický, nikoliv přirozený. Snadno nahlédneme, že účinný průřez a molární extinkční koeficient lze převést jeden na druhý.

**Úloha 3 Moře****5 bodů**

Mořská voda je tvořena přibližně z 96,5 hmot. % vodou, zbytek jsou pak různé soli: 55 hmot. % je tvořeno chloridovými ionty, 30,6 hmot. % tvoří sodné ionty, 7,7 hmot. % tvoří ionty síranové, 3,7 hmot. % ionty hořečnaté, 1,2 hmot. % ionty vápenaté, 1,1 hmot. % ionty draselné, zbylé složky zanedbejme.

1. Vypočítejte koncentraci solí ve slané vodě v jednotkách  $\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$  rozpouštědla (molalita).
2. Určete, při jaké teplotě začne mořská voda mrznout. Kryoskopická konstanta vody má hodnotu  $1,86 \text{ K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

Pro život na pevnině je nezbytná sladká voda, pro život lidí dokonce voda pitná ať už z kohoutku, nebo balená. Mořskou vodu je možné na pitnou přeměnit (tj. odsolit) pomocí procesu zvaného reverzní osmóza. Při ní vodu mechanicky přetlačujeme přes polopropustnou membránu, působíce přitom tlakem rovným osmotickému tlaku slané vody.

3. Napište názvy tří písní, jejichž středním motivem je voda.
4. Jakým tlakem (v pascálech) budeme muset působit, abychom mořskou vodu odsolili při pokojové teplotě? Hustota mořské vody je  $r_{\text{sw}} = 1030 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Naproti tomu pro život v moři je nezbytná koncentrace kyslíku ve vodě alespoň  $4 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Hodnota Henryho konstanty pro kyslík je  $K_{\text{H}}(\text{O}_2) = 3,30\cdot 10^7 \text{ Torr}$ .

5. Jaký minimální obsah kyslíku v atmosféře (v mol. %) při atmosférickém tlaku je potřeba pro udržení života v moři?

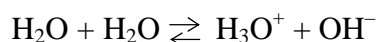
**Úloha 4 pH****2 body**

V podvědomí si většina z nás nese informaci, že pH vody je rovno 7, přičemž pH je definováno jako  $-\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ . Hodnota pH vody ovšem závisí na teplotě, viz tabulka níže:

$t/^\circ\text{C}$	10	20	25	30	40	50
pH	7,27	7,08	7,00	6,92	6,77	6,63

**Úkoly:**

1. Vyberte správné tvrzení:
  - a) Při teplotě  $90^\circ\text{C}$  je voda kyselější než při pokojové teplotě.
  - b) Při teplotě  $90^\circ\text{C}$  je voda zásaditější než při pokojové teplotě.
  - c) Při teplotě  $90^\circ\text{C}$  je voda neutrální.
  - d) Vyšší kyselost vody při teplotě  $90^\circ\text{C}$  způsobuje, že nás horký čaj pálí.
  - e) Vyšší zásaditost vody při  $90^\circ\text{C}$  je podstatou použití teplé vody při praní prádla (není pak třeba použít pracích prostředků).
2. Vypočítejte reakční entalpii pro autoionizační reakci.



3. Odhadněte pH vody při atmosférickém tlaku a teplotě 390 K.
- a)  $\text{pH} \gg 14$
  - b)  $\text{pH} \ll 0$
  - c)  $\text{pH} = 7$
  - d) pH bude záviset na použité elektrodě.

**Autor**

**Mgr. Martin Hrubý, Ph.D.**

*Ústav makromolekulární chemie AV ČR, v.v.i.*

**Recenzenti**

**Ing. Martina Vermachová**

*Ústav biochemie a mikrobiologie, FPBT, VŠCHT Praha*

**RNDr. Vladimír Vít** (pedagogická recenze)

*Gymnázium Ostrov*

Voda v kapalném stavu je základní a nepostradatelnou stavební látkou živých organismů. Má mnoho unikátních vlastností plynoucích především z jejích schopností tvořit vodíkové vazby.

V letošním ročníku se budeme zabývat tematikou spojenou s vodou, zaměřte se na následující tématické okruhy:

1. Izotopy vodíku a základní pojmy ohledně radioaktivity (poločas rozpadu, rozpadová konstanta, nuklid, hmotnostní schodek jádra).
2. pH a výpočty ohledně pH roztoků, pH v živých organizmech, karbonáthydratáza, ionofory.
3. Vodík jako biopalivo.  
Neučte se podrobnosti, použijte „zdravý selský rozum“.

**Doporučená literatura:**

1. D. Voet, J. Voetová: Biochemie, Victoria Publishing, Praha 1995 (či libovolné anglické vydání), str. 29–43.
2. N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Chemie prvků, Informatorium, Praha 1993 (či libovolné anglické vydání), str. 59–95, 734–793.
3. <http://www.wikipedia.org/> (česká i anglická).

**Úloha 1 Izotopy vodíku**

**6 bodů**

1. Vyjmenujte izotopy vodíku a u všech uveďte, kolik mají v jádře protonů a kolik neutronů a zda jsou stabilní nebo radioaktivní.
2. Popište vlastními slovy, co znamenají termíny poločas rozpadu, rozpadová konstanta, nuklid a hmotnostní schodek jádra.
3. Jaké je jediné existující atomové jádro s přesně nulovým hmotnostním schodkem jádra a proč?

**Úloha 2 Metabolická voda**

**6 bodů**

V hrbech velblouda je značné množství tuku, které neslouží pouze jako zásobárna energie, ale i jako zásobárna vody v pouštních podmínkách. Kolik vody v gramech se uvolní úplným prodýcháním 1 kg tuku, pokud tuk považujeme za triester glycerolu (1,2,3-propantriolu) a kyseliny stearové (oktadekanové)? Zaokrouhlete na celé gramy. Bodovaným mezivýsledkem je rovnice kompletní oxidace tuku vzdušným kyslíkem. Při výpočtu použijte zaokrouhlené relativní atomové hmotnosti  $A_r(\text{C}) = 12$ ,  $A_r(\text{O}) = 16$ ,  $A_r(\text{H}) = 1$ .



## PRAKTICKÁ ČÁST (40 BODŮ)

### Autoři

**doc. RNDr. Pavel Coufal, Ph.D.**

*Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova*

**RNDr. Jakub Hraníček, Ph.D.**

*Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova*

### Recenzenti

**Ing. Zdeněk Bureš** (odborná recenze)

*Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice*

*Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Hradci Králové*

**RNDr. Vladimír Vít** (pedagogická recenze)

*Gymnázium Ostrov*

Vážení soutěžící,

praktická část letošního ročníku chemické olympiády bude podobně jako teoretická část zaměřena na sloučeninu, která je z mnoha pohledů jednou z nezákladnějších sloučenin na Zemi. Jedná se o vodu. Tuto sloučeninu lze studovat z mnoha fyzikálních, chemických i biologických pohledů.

V letošním ročníku chemické olympiády se zaměříme na stanovení vybraných látek rozpuštěných ve vodě, jejichž přítomnost a množství propůjčují vodě její charakteristické vlastnosti (tvrdost vody, slanost apod.). V praktických částech jednotlivých kol chemické olympiády se postupně seznámíte s některými metodami analytické chemie, které se dnes běžně používají pro stanovení vybraných látek (iontů) rozpuštěných ve vodě. Jedná se především o metody odměrné analýzy (volumetrie). Stěžejní částí těchto metod jsou titrace, s nimiž se v jednotlivých kolech seznámíte. Nedílnou součástí metod odměrných analýz jsou i způsoby přípravy vzorku a následný postup výpočtu koncentrace stanovované látky (analytu) v původním vzorku.

K úspěšnému zvládnutí úloh praktické části vám jistě napomohou níže uvedené odkazy na literaturu, v níž si vyhledáte příslušné pasáže týkající se především komplexometrických a srážecích odměrných stanovení (titrací). Konkrétně je vhodné zaměřit se na problematiku chelatometrických a argentometrických titrací, které spadají do výše uvedených skupin odměrných stanovení (princip uvedených metod, používané odměrné roztoky, látky pro standardizaci, vhodné indikátory, způsob výpočtu koncentrace analytu).

### Doporučená literatura:

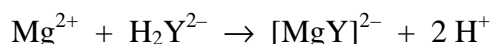
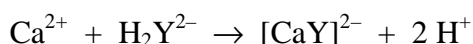
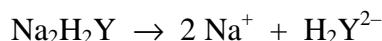
1. Vondrák D., Vulterin J.: Analytická chemie, SNTL, Praha 1985 (str. 35–45, 114–119, 128–133).
2. Holzbecher Z., Churáček J. a kol.: Analytická chemie, SNTL, Praha 1987 (str. 86–101, 124–145).
3. Berka A., Feltl L., Němec I.: Příručka k praktiku z kvantitativní analytické chemie, SNTL, Praha 1985 (str. 49–54, 163–180).
4. Zýka J. a kol.: Analytická příručka, díl I. SNTL, Praha 1988 (str. 326–329, 344–353).
5. Další učebnice z kvantitativní analytické chemie (obsahující studovanou problematiku) jako rozšiřující literatura.

## Úloha 1 Stanovení tvrdosti vody

40 bodů

Voda je nejrozšířenější a nejvýznamnější sloučeninou vodíku. Ve svých nejrozličnějších formách pokrývá téměř dvě třetiny zemského povrchu. V přírodě se obvykle nevyskytuje zcela čistá, ale obsahuje řadu rozpuštěných i nerozpuštěných látek. V běžné užitkové vodě se lze setkat např. s rozpuštěnými solemi kovů alkalických zemin, jejichž koncentrace určuje míru tzv. tvrdosti vody. Celková tvrdost vody je dána koncentrací kationtů dvojmocných kovů alkalických zemin, především  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ , ve vodě. Ke stanovení koncentrace uvedených kovů lze s výhodou použít komplexometrické titrace. Výsledek stanovení tvrdosti vody se zpravidla udává v německých stupních tvrdosti ( $^{\circ}\text{N}$ ), kdy koncentrace  $1 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ Ca}^{2+}$  nebo  $\text{Mg}^{2+}$  ve vodě rozpuštěných iontů odpovídá  $5,6 \text{ }^{\circ}\text{N}$ .

Významnou skupinou komplexometrických titrací jsou tzv. chelatometrické titrace, založené na schopnostech některých aminopolykarboxylových kyselin tvořit s řadou kationtů ve vodě rozpustné a zároveň málo disociované komplexy. V chelatometrii je odměrným činidlem roztok chelatonu 3 ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ ), což je disodná sůl kyseliny ethylendiamintetraoctové ( $\text{H}_4\text{Y}$  či EDTA). Chelaton 3 v roztoku disociuje za tvorby dihydrogenethylendiamintetraoctanového aniontu ( $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ ), který vytváří s dvojmocnými, trojmocnými a čtyřmocnými kationty kovů stále komplexy zvané chelatonáty. Chelatonáty mají vždy složení 1:1, tedy jeden centrální atom je komplexován jedním ligandem. Při titraci chelatonem 3 se uvolňují vodíkové kationty, které by vznikající komplex rozkládaly, a proto je nutné titrovaný roztok pufrovat.



Při chelatometrických titracích se konec titrace indikuje použitím vhodného metalochromního indikátoru. Ten se chová jako ligand a vytváří s titrovanými kationty kovu před bodem ekvivalence barevný komplex, který je však méně stálý než chelatonát příslušného kationtu kovu. V bodě ekvivalence je metalochromní indikátor vytěsněn z komplexu chelatonem 3, čímž změní své zbarvení, a tím indikuje konec titrace.

Při chelatometrickém stanovení celkové tvrdosti vody se  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  ionty titrují odměrným roztokem chelatonu 3 v prostředí Schwarzenbachova pufru o  $\text{pH} = 10$ , v němž se nejprve s  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\beta = 10^{11}$ ) a pak i s  $\text{Mg}^{2+}$  ( $\beta = 10^9$ ) ionty tvoří pevné chelatonáty. Veličina  $\beta$  se nazývá celková konstanta stability komplexu. Čím je její hodnota vyšší, tím je daný komplex stabilnější. Jako indikátor se používá eriochromčern T. Titruje se z vínově červeného zbarvení komplexu indikátoru s  $\text{Mg}^{2+}$  ionty do modrého zbarvení volného indikátoru, až jediná kapka titračního činidla dokončí barevnou změnu indikátoru. V silně alkalickém prostředí po přidavku  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaOH}$  se tvoří pevný chelatonát pouze s  $\text{Ca}^{2+}$  ionty, avšak nikoliv s  $\text{Mg}^{2+}$  ionty, neboť ty se vysrážejí v podobě  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , v němž jsou maskovány. Jako indikátor se používá murexid. Titruje se z oranžově červeného zbarvení komplexu indikátoru s  $\text{Ca}^{2+}$  ionty do červenofialového zbarvení volného indikátoru, až jediná kapka odměrného činidla dokončí barevnou změnu indikátoru.

**Pomůcky:**

- stojan s klemou na uchycení byrety
- 25ml byreta
- 10ml nedělená pipeta
- 250ml titrační baňka
- 10ml odměrný válec
- malá nálevka a kádinka (100ml) na doplňování byrety
- špachtle
- pipetovací nástavec nebo balónek
- stříčka s destilovanou vodou
- ochranné latexové rukavice
- ochranné brýle

**Chemikálie:**

- $0,0500 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  standardní odměrný roztok  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$
- Schwarzenbachův pufr o  $\text{pH} = 10$  (směs  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ )
- $1,0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{NaOH}$
- eriochromčerní T a murexid (pevná směs s  $\text{NaCl}$  v poměru 1:100) jako indikátory
- vzorek tvrdé vody

**Pracovní postup:**

1. Ze vzorku tvrdé vody odpipetujte nedělenou pipetou 10,0 ml vzorku do titrační baňky, odměrným válcem přidejte 5 ml Schwarzenbachova tlumivého roztoku, 20 ml destilované vody a trochu eriochromčerní T jako indikátoru. Indikátoru přidejte pouze tolik, dokud se neobjeví nepříliš intenzivní zbarvení roztoku.
2. Standardním odměrným roztokem chelatonu 3 ztitrujte  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  ionty z vínově červeného do modrého zbarvení indikátoru. Titraci opakujte třikrát.
3. Ze vzorku tvrdé vody odpipetujte dalších 10,0 ml vzorku do čisté titrační baňky, odměrným válcem přidejte 5 ml  $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{NaOH}$  a trochu murexidu jako indikátoru.
4. V silně alkalickém roztoku ztitrujte standardním odměrným roztokem chelatonu 3 pouze  $\text{Ca}^{2+}$  ionty z oranžově červeného do červenofialového zbarvení indikátoru. Titraci opět proveďte třikrát.

**Otázky a úkoly:**

1. Proveďte titrace  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  iontů v analyzovaném vzorku tvrdé vody.
2. V alkalickém prostředí proveďte titrace  $\text{Ca}^{2+}$  iontů v analyzovaném vzorku tvrdé vody. Ze získaných spotřeb titračního činidla při titraci v alkalickém prostředí vypočítejte látkovou koncentraci  $\text{Ca}^{2+}$  v  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  v analyzované vodě.
3. Z rozdílu spotřeb titračního činidla při první a druhé titraci vypočítejte látkovou koncentraci  $\text{Mg}^{2+}$  v  $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$  v analyzované vodě.
4. Vypočítejte celkovou tvrdost analyzované vody v německých stupních, víte-li, že  $1 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{Ca}^{2+}$  odpovídá 5,6 °N a zároveň i  $1 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{Mg}^{2+}$  odpovídá také 5,6 °N.

5. V komplexometrických titracích se dříve jako titrační činidlo používal odměrný roztok chelatonu 1. Napište chemický název a strukturní vzorec této sloučeniny.
6. Tvrdost vody lze rozdělit na přechodnou a trvalou. Napište, které sloučeniny jsou příčinou obou typů tvrdosti vody, a uveďte, jak lze oba typy tvrdosti vody odstranit.
7. Napište rovnici reakce probíhající při odstranění přechodné tvrdosti vody. Při sestavování rovnice vycházejte ze sloučeniny obsahující vápenatý ion.

## Praktická část školního kola 50. ročníku ChO kategorie A a E

### PRACOVNÍ LIST

soutěžní číslo:

*body celkem:*

#### Úloha 1 Stanovení tvrdosti vody

**40 bodů**

1. Stanovení obsahu  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  iontů:

Číslo stanovení	první titrace	druhá titrace	třetí titrace
Spotřeba $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ [ml]			

*body:*

2. Stanovení obsahu  $\text{Ca}^{2+}$  iontů a výpočet jejich látkové koncentrace:

Číslo stanovení	první titrace	druhá titrace	třetí titrace	
Spotřeba $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ [ml]				Průměr
Látková koncentrace $\text{Ca}^{2+}$ iontů [ $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ]				

*body:*

Výpočet látkové koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  iontů:

*body:*

3. Výpočet látkové koncentrace  $Mg^{2+}$  iontů:

Číslo stanovení	první titrace	druhé titrace	třetí titrace	
Rozdíl spotřeb $Na_2H_2Y$ [ml]				Průměr
Látková koncentrace $Mg^{2+}$ iontů [ $mmol \cdot dm^{-3}$ ]				

*body:*

Výpočet látkové koncentrace  $Mg^{2+}$  iontů:

*body:*

4. Výpočet celkové tvrdosti vody v německých stupních:

Celková tvrdost analyzované vody je                      °N.

*body:*

5. Napište chemický název a strukturní vzorec chelatonu 1.

*body:*

6. Tvrdost vody lze rozdělit na přechodnou a trvalou. Napište, které sloučeniny jsou příčinou obou typů tvrdosti vody, a uveďte, jak lze oba typy tvrdosti vody odstranit.

*body:*

7. Napište rovnici reakce probíhající při odstranění přechodné tvrdosti vody. Při sestavování rovnice vycházejte ze sloučeniny obsahující vápenatý ion.

*body:*