



**56. ročník**

**2019/2020**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**Kategorie E**

---

**Úvodní informace**

## DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ

**Pro účast v soutěži je nutné se registrovat přes webové stránky Chemické olympiády a přihlásit se k řešení vybrané kategorie.**

**1. Nejsem registrován na webových stránkách ChO:**

<https://olympiada.vscht.cz>

**Do 6. 11. 2019** se **zaregistrujte** na webových stránkách ChO a **přihlaste** se na kategorii E Chemické olympiády.

**2. Jsem registrován na webových stránkách ChO:**

<https://olympiada.vscht.cz>

**Do 6. 11. 2019** se **přihlaste** na kategorii E Chemické olympiády.

Podrobný návod k provedení registrace a přihlášení na soutěžní kategorii naleznete na zmíněných webových stránkách ChO v sekci Organizace ChO pod záložkou Pro studenty.

Učitele prosíme, aby studenty vyzvali k registraci. Pokud student registraci neprovede, členové krajské komise studenta v databázi „neuvidí“ a nebudou ho moci vybrat do krajského kola.

**Termíny pro přihlášení ke kategorii jsou pevně dány a dodatečné přihlášení po termínu nebude možné.**

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky ve spolupráci s Českou společností chemickou a Českou společností průmyslové chemie vyhlašují 54. ročník předmětové soutěže

# CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

2019/2020

kategorie E

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

**Kompletní informace o Chemické olympiádě** (Novinky, Úlohy, Harmonogram, Kontakty, Organizační řád, Výsledky, apod.) jsou uvedeny na **webových stránkách ChO** (<https://olympiada.vscht.cz>).

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 E je účast vítězů Národního kola ChO na evropské soutěži Grand Prix Chimique (GPCh), která se koná jednou za 2 roky. Nejlepší řešitelé krajských kol mají možnost zúčastnit se oblíbených Letních odborných soustředění ChO – Běstvina ([www.bestvina.cz](http://www.bestvina.cz)) nebo Běstvinka ([www.bestvina.cz/p/bestvinka](http://www.bestvina.cz/p/bestvinka)).

*České vysoké školy s chemickými obory obvykle nabízejí prominutí přijímací zkoušky uchazečům, kteří se zúčastnili či se stali úspěšnými řešiteli Krajského nebo Národního kola ChO v kategorii A a E, případně B. Aktuální informace o možnosti prominutí přijímací zkoušky pro konkrétní studijní obor a pro daný školní rok naleznete na internetových stránkách vybrané vysoké školy.*

*Řada vysokých škol nabízí stipendia pro své studenty z řad účastníků ChO. Informace o takových stipendiích naleznete v aktuálním stipendijním řádu vybrané vysoké školy.*

*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 zažádat o stipendium pro první ročník studia. Nadační fond E. Votočka poskytne třem nejúspěšnějším účastníkům kategorie A resp. nejlepšímu účastníkovi z kategorie E stipendium ve výši 10 000 Kč během 1. ročníku studia.<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 (tzv. motivační) 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, krajskými úřady a pobočkami České chemické společnosti a České společnosti průmyslové chemie. Na školách řídí školní kola pověřený učitel (garant školního kola).

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.

<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 <http://www.natur.cuni.cz/fakulta/studium/agenda-bc-mgr/predpisy-a-poplatky/stipendia>. Výplata stipendia je vázána na splnění studijních povinností umožňující postup do druhého ročníku.

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

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

Součástí tohoto dokumentu jsou úlohy teoretické a praktické části školního kola pro kategorii E, které jsou ke stažení i na webu ChO. Žáci vypracovávají teoretickou část samostatně doma s případnou pomocí odborné literatury. Praktická část se provádí v laboratoři ve škole po domluvě s učitelem. Obě tyto části lze vypracovávat kdykoli v průběhu stanoveného rozmezí školního kola. Kontrolní test školního kola bude distribuován na školy jako samostatný dokument a píše se formou časově omezené písemné práce v den stanovený v harmonogramu ChO.

Úlohou pedagoga na škole je:

- a) opravit vypracované úkoly soutěžících, zpravidla podle autorského řešení (učitel či garant ŠK),
- b) zapsat výsledky školního kola na web ChO a stanovit pořadí soutěžících (garant ŠK)
- c) provést se soutěžícími rozbor chyb.

**Prosíme guaranty o včasný zápis výsledků na web ChO. Dodatečný zápis nebude možný.**

## Harmonogram 56. ročníku ChO pro kategorii E

<b>Teoretická a praktická část školního kola:</b>	červen – říjen 2019
Přihlášení k řešení úloh ChO kat. E:	16. 09. – 06. 11. 2019
<b>Kontrolní test školního kola:</b>	07. 11. 2019
Zápis výsledků ŠK na web ChO:	07. – 12. 11. 2019

Krajská komise je oprávněna na základě dosažených výsledků ve školním kole vybrat omezený počet soutěžících do krajského kola ChO. Žáci postupující do krajského kola jsou kontaktováni krajskou komisí.

**Žáci, jejichž výsledky nebudou zapsány na web ChO, nemusí být do vyššího kola vybráni.**

**Krajská kola:** 27. 11. 2019

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

**Národní kolo:** 26. – 30. 1. 2020, Liberec

**Letní odborné soustředění:** červenec 2020, Běstvína

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

*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.*



**56. ročník**

**2019/2020**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**Kategorie E**

---

**Teoretická část – Zadání**

50 bodů

## Vzorečkovník

### Důležité vztahy

- Clausius-Clapeyronova rovnice

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

- Změna chemického potenciálu

$$\Delta \mu = \frac{M_r \cdot \Delta p}{\rho}$$

- Rozdělovací koeficient látek A, B

$$K_{AB} = \frac{c_A}{c_B}$$

- Henryho zákon

$$p_A = x_A \cdot K_A$$

- Raoultův zákon

$$p_A = x_A \cdot p_A^*$$

- Rozpustnost plynu A

$$b_A = \frac{p_A}{K_A}$$

- $\pi$ -konstanta

$$\pi = \log K_{OW}(-X) - \log K_{OW}(-H)$$

- Molalita látky A v rozpouštědle B

$$b = \frac{n_A}{m_B}$$

- Snížení teploty tání (ebulioskopie, kryoskopie)

$$\Delta T = K \cdot b$$

$$\Delta T = \frac{RT^{*2}}{\Delta H_{tání}} x_B$$

- Pákové pravidlo

$$\frac{n_\alpha}{n_\beta} = \frac{l_\beta}{l_\alpha}$$

- stavová rovnice ideálního plynu

$$pV = nRT$$

# ANORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

---

**Autoři**

**Vojtěch Musil**

*VŠCHT Praha*

**Recenze**

**RNDr. Valerie Richterová, Ph.D.**

*Gymnázium Brno, Křenová, p. o.*

Milé soutěžící, milí soutěžící,

v letošním ročníku anorganické chemie a technologie se budeme zabývat metalurgií. Nebudeme se však zabývat pouze průmyslem, ale podíváme se i do laboratoře. Určitě se vyplatí mít obecné povědomí o průmyslových operacích a znalost významných průmyslových procesů jistě usnadní řešení letošních úloh. Z části se budeme také zabývat elektrochemií, která je neodmyslitelnou součástí mnoha průmyslových výrob. K výpočtům bude kromě logického uvažování většinou stačit znalost zákona zachování hmotnosti a stechiometrických výpočtů, neobejdete se tedy bez znalosti vyčíslování rovnic. Při technologických výpočtech s plynnou fází budeme uvažovat chování dle stavové rovnice ideálního plynu a složení vzduchu 21 % kyslíku a 79 % dusíku. Také se Vám bude hodit základní chemické názvosloví.

Přejeme Vám při řešení letošních úloh hodně zdaru!

**Doporučená literatura:**

1. Středoškolské učebnice chemie, například: A. Mareček, J. Honza, Chemie pro čtyřletá gymnázia
2. N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Chemie prvků; kapitoly o kovech
3. Jako zdroj informací může dobře posloužit i wikipedie, doporučujeme však si informace z ní ověřit.
4. Velmi přínosným zdrojem informací můžou být i krátká dokumentární videa o průmyslu, jako například minisérie od Royal Society Of Chemistry „Industrial Chemistry“, dostupné na:  
[https://www.youtube.com/playlist?list=PLLnAFJxOjzZs8uuljB\\_7T4otrip\\_evaVz](https://www.youtube.com/playlist?list=PLLnAFJxOjzZs8uuljB_7T4otrip_evaVz)

**Úloha 1 Železo, od rudy až k oceli****8 bodů**

Železo je bezesporu jedním z nejdůležitějších kovů současnosti. Ačkoliv kovové železo získávali již starověcí Egypťané z meteoritů, výrobu z rudy ovládli až Chetitové přibližně 1500 let před Kristem. Dnešní výroba železa se provádí především ve vysokých pecích redukcí oxidů koksem. Mezi nejběžnější rudy železa patří magnetit, křevel a siderit.



Obrázek 1: Bývalá vysoká pec v huti Františka Josefa, Moravský kras

**1) Vypočítejte procentuální obsah železa v uvedených rudách a seřadte je dle obsahu železa.**

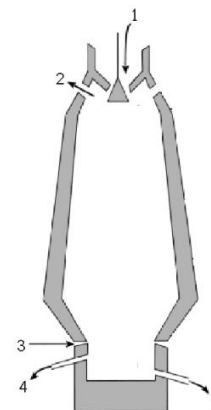
Jako zdroj železa lze použít i pyrit, avšak je nutno jej před vstupem do vysoké pece upravit.

**2) Popište tento děj vyčíslenou chemickou rovnicí a příslušnými poloreakcemi oxidace a redukce.**

**3) Proč je tato úprava nezbytná?**

**4) Přiřadte do nákresu vysoké pece vstupy a výstupy**

- surové železo
- kychtový plyn
- vstup pevných surovin
- struska
- předehřátý vzduch



**5) Jak se při výrobě oceli zpracovává surové železo?**

Při výrobě surového železa z 650 kg horniny obsahující značné množství pyritu bylo při úpravě z otázky 2 využito 4478 m<sup>3</sup> vzduchu za standardních podmínek (řídí se stavovou rovnicí ideálního plynu, složení 21 % obj. kyslík a 79 % obj. dusík). Vzduchu byl použit trojnásobek stechiometrického množství.

**6) Jaký byl hmotnostní zlomek pyritu v hornině? Kolik kg surového železa bylo získáno zpracováním ve vysoké peci, jestliže surové železo obsahuje 6 % uhlíku a 1 % nečistot?**

**7) Napište alespoň dvě metody přípravy elementárního železa s výrazně vyšší čistotou než železo z vysokých pecí.**



## Úloha 2 Výroba hliníku a Bayerův proces

8 bodů

Hliník se v přírodě vyskytuje nejčastěji ve formě bauxitu, který kromě oxidu hlinitého obsahuje také oxid železitý, oxid křemičitý, oxid titaničitý a další minoritní složky. Výroba hliníku z oxidu je kvůli jeho neušlechtilosti technologicky a energeticky náročná, nejdříve je však potřeba oxid hlinitý separovat od zbytku oxidů. K tomu se využívá Bayerova procesu. Bauxit se částečně rozpouští v roztoku hydroxidu sodného o pH 12 za vzniku rozpustné komplexní sloučeniny.

- 1) **Napište rovnici reakce oxidu hlinitého s hydroxidem sodným.**
- 2) **Který/které oxidy z výše zmíněných se ještě rozpouští v roztoku hydroxidu sodného?**
- 3) **Jakým způsobem se před druhou filtrací odstraňuje/odstraňují rozpuštěný/rozpuštěné oxid/oxidy z roztoku rozpuštěného oxidu hlinitého?**

Získaný hydroxid hlinitý se suší a kalcinuje. Samotná výroba hliníku poté probíhá elektrolýzou, tzv. electrowinningem.

- 4) **Napište poloreakce probíhající na katodě a anodě, odhořívání grafitu z elektrody neuvažujte.**

Samotný oxid hlinitý má teplotu tání vyšší než 2000 °C, což činí elektrolýzu taveniny velmi technologicky náročnou, v průmyslu se však využívá způsobu, jak tento problém „obejít“.

- 5) **Najděte v literatuře nebo na internetu tento způsob řešení a krátce ho popište.**
- 6) **Jaká ekologická úskalí tento způsob oproti elektrolýze taveniny oxidu hlinitého přináší?**

## ORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

### Autoři

**Petr Palivec**

*VŠCHT Praha*

**Ing. Ondřej Šimůnek**

*Ústav organické chemie, VŠCHT Praha*

*Ústav učitelství a humanitních věd, VŠCHT Praha*

### Recenze

**Mgr. Marek Šima**

*Střední průmyslová škola chemická akademika Heyrovského,  
Ostrava*

Organická část letošního ročníku je zaměřena na aromatické sloučeniny se zvláštním důrazem na nitroderiváty, jejich reakce a použití. Při studiu literatury se zaměřte především na:

- Reakce probíhající na aromatických jádrech (elektrofilní a nukleofilní aromatická substituce), typické reakční podmínky, reakční mechanismy a regioselektivitu
- Přípravu aromatických nitroderivátů, jejich fyzikální a chemické vlastnosti
- Reakce typické pro nitroderiváty (Henryho reakce, oxidace a redukce dusíkatých látek)
- Další reakce typické pro aromáty a jejich funkční deriváty (redoxní reakce benzenových jader, reakce v postranních řetězcích, např. aldolová kondenzace, Canizzarova reakce, Hoffmannovo odbourávání amidů, Claisenův přesmyk, aza-Claisenův přesmyk, radikálová substituce a další)
- Průmyslové využití aromatických nitroderivátů (léčiva, barviva, výbušniny)

### Doporučená literatura:

1. A. Mareček, J. Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia – 2. díl, Nakladatelství Olomouc 1998, str. 120–123, 167–183.
2. A. Mareček, J. Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia – 3. díl, Nakladatelství Olomouc 2011, str. 31–33, 49–50, 91–95, 97, 99–100.
3. J. McMurry: Organická chemie, český překlad 8. vydání, VUTIUM 2015, str. 481–514, 531, 551, 579, 639, 775–780, 818–819.
4. O. Červinka, V Dědek, M. Ferles: Organická chemie, SNTL/Alfa 1982, str. 209–233, 373, 419–445, 452, 458–461, 465, 468–470, 474–475, 505–509, 514.
5. Booth, G. Nitro compounds, Aromatic. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7. vydání, Wiley-VCH 2011, str. 301–317, 339–341.

**Úloha 1      Reakce na aromátech****7 bodů**

V první úloze se zaměříme na to, jaké reakce na aromátech mohou probíhat. Zapište rovnici reakce a produkt reakce pojmenujte:

- 1) **Benzenu s kyselina dusičnou (65%) a kyselinou sírovou (96%) v poměru kyselin 1:3.**
- 2) **Benzenu s 1-brom-2-methylpropanem za přítomnosti katalytického množství  $\text{AlBr}_3$ .**
- 3) **Benzenu s chlorem za působení UV záření a za atmosférického tlaku.**
- 4) **Toluenu s chlorem za působení UV záření a za atmosférického tlaku.**
- 5) **Toluenu s acetylchloridem v přítomnosti  $\text{AlCl}_3$ .**
- 6) **Toluenu s bromem za přítomnosti katalytického množství  $\text{AlBr}_3$ .**
- 7) **Nitrobenzenu s methyljodidem za přítomnosti katalytického množství  $\text{AlCl}_3$ .**
- 8) **Naftalenu s koncentrovanou kyselinou sírovou za teploty 180 °C.**

V případě, že vznikají dva hlavní produkty, uveďte oba. Pokud reakce neprobíhá, napište „neprobíhá“. Uvažujte průběh reakcí pouze do prvního stupně.

**Úloha 2      Henryho reakce****4 body**

Nitroaldolová reakce, známá také jako *Henryho reakce*, je reakce, kde *karbonylová skupina* reaguje s *nitroalkanem* v prostředí slabé báze za vzniku  *$\beta$ -nitroalkoholu*. Nutnou podmínkou je, aby nitroalkan měl na uhlíku sousedícím s nitroskupinou alespoň jeden vodík, který je díky nitroskupině kyselý a je možné jej působením báze odštěpit. Vznikající anion se dále aduje na karbonylovou skupinu za vzniku  *$\beta$ -nitroalkoholátu*, který následně přijímá proton za vzniku  *$\beta$ -nitroalkoholu*. Tento produkt však není příliš stabilní a při zahřátí probíhá eliminace vody za vzniku nitroalkenu. V případě, že reakci provádíme včetně eliminace vody, nazýváme reakci *Henryho kondenzace*.

Zapište následující reakce a uveďte produkty Henryho kondenzace:

- 1) **butan-2-onu s nitromethanem.**
- 2) **cyklohex-3-en-1-onu s 2-nitropropanem.**
- 3) **benzaldehydu s nitroethanem.**
- 4) **7-methoxynaftalen-2-karbaldehydu s 2-fenyl-1-nitroethanem.**

U každé z reakcí uveďte jak strukturu vznikajícího  *$\beta$ -nitroalkoholu*, tak strukturu produktu jeho dehydratace.

**Úloha 3 Nehoda ve skladu****5 bodů**

Ve skladu chemikálií došlo k nehodě. Láhev s acetonem v polici praskla a rozpouštědlo nateklo do bedny ve spodní polici a zničilo etikety na všech nádobách s chemikáliemi. Na krabici byl však naštěstí nalepený lísteček, na kterém byly napsány tyto informace o obsahu krabice:

- |               |                    |                 |
|---------------|--------------------|-----------------|
| • Fenol       | • Cinnamaldehyd    | • Benzylchlorid |
| • Benzen      | • Kyselina pikrová | • Benzoan sodný |
| • Benzaldehyd | • Anilin           |                 |

Neznámé chemikálie jste si označili a podrobili sérii testů. Zjistili jste následující informace:

- První láhev obsahovala bezbarvou kapalinu s nepříjemným dráždivým zápachem. Kapalina s vodou vytvářela dvě nemísitelné fáze, avšak po přidání hydroxidu sodného a povaření směsi se dvě fáze smísily, nepříjemný zápach zmizel a objevil se poměrně příjemný nasládlý zápach. Teplota varu látky **A** se pohybovala okolo 180 °C.
- Kapalina v láhvi **B** měla nažloutlou barvu, byla špatně rozpustná ve vodě a silně voněla po skořici. Při měření teploty varu jste zjistili, že látka začala vařit až při 249 °C.
- Třetí zkoumaná látka byla pevná a tvořila žluté lupinkovité krystaly. Po vhození pár krystalů do zkumavky s vodou se voda okamžitě zbarvila do jasně žluté barvy, nicméně látka zůstala převážně nerozpuštěná. K rozpuštění došlo až po zahřátí zkumavky na teplotu varu. Při práci jste také zjistili, že látka barví kůži a žluté skvrny od ní jdou velice špatně umýt. Látka **C** po zahřátí začala tát okolo teploty 120 °C. Po zahřátí na vyšší teplotu látka začala prudce hořet a vznikala černý dým.
- Tato látka byla čirá kapalina s nasládlým zápachem. Po smíchání s vodou v poměru 1:1 vznikly dvě kapalně fáze, přičemž látka **D** tvořila horní fázi. Teplota varu látky **D** se pohybovala okolo 80 °C.
- Látka **E** v další láhvi byla rovněž bezbarvá kapalina. V malé koncentraci látka voněla příjemně po mandlích, při vyšších koncentracích se zápach stal nepříjemný až dráždivý. S vodou byla látka špatně mísitelná, avšak po přidání hydroxidu sodného a povaření směsi vůně mandlí zmizela a objevila se stejná vůně jako při reakci látky **A** s hydroxidem sodným.
- Láhev, která obsahovala látku **F**, byla láhev určená na kapaliny a vyrobená z tmavého skla, avšak látka v ní byla tuhá. Po zahřátí lahve v lázni s vroucí vodou obsah roztál. Z láhve jste do baňky odlili kapalinu narůžovělé barvy a provedli destilaci. Teplota par při destilaci se pohybovala okolo 180 °C. Destilát byla čirá kapalina, která po ochlazení na laboratorní teplotu zatuhla. Vzorek vzniklého destilátu byl za laboratorní teploty špatně rozpustný ve vodě. Po zahřátí na teplotu 40 °C krystalky roztály a vytvořily s vodou dvě fáze. Tyto dvě fáze se při dalším zvyšování teploty spojily v jednu. Vodný roztok měl kyselé pH.
- Chemikálie **G** byla bílá, krystalická látka, poměrně dobře rozpustná ve vodě. Její vodný roztok byl zásaditý a po přidání minerální kyseliny k nasycenému roztoku této látky se vytvořila bílá sraženina.
- Poslední láhev byla obalená hliníkovou fólií a obsahovala kapalinu hnědé barvy a nepříjemného rybiho zápachu. Destilací jste získali bezbarvou kapalinu. Teplota par při destilaci se pohybovala okolo 185 °C. Vzniklý destilát byl špatně mísitelný s vodou a pH směsi bylo zásadité. Po přidání roztoku kyseliny chlorovodíkové se veškerá látka **H** ve vodě rozpustila.

- 1) **Identifikujte látky A až H. Uvažte také, že látky mohly být staré a podléhat např. oxidaci se vzdušným kyslíkem.**
- 2) **Proč měly látky F a H před destilací jinou barvu než po destilaci? Zapište rovnici děje vysvětlující postupnou změnu zbarvení u látky F.**

**FYZIKÁLNÍ CHEMIE****18 BODŮ****Autoři****Erik Kalla**

*Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita v Brně  
Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně*

**Mgr. Pavla Fialová**

*RECETOX, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita v Brně*

**Recenze****Mgr. Radek Matuška**

*Střední průmyslová škola chemická Brno, Vranovská, p. o.*

Milí soutěžící,

v letošním ročníku chemické olympiády kategorie E v sekci fyzikální a analytická chemie si prohloubíte znalosti o fázových přechodech, fázových rovnováhách a v neposlední řadě fázových diagramech. Proto, abychom zdůraznili významnost této problematiky, jsme zařadili do některých kol i environmentální úlohy ze všedního života zaměřené právě na fázové rovnováhy. Při pečlivé přípravě na domácí a další kola z fyzikální chemie si tedy nezapomeňte nastudovat zejména níže uvedené body, které byste do vyšších kol měli bezpečně ovládat.

- Fázové přechody látek a základní pojmy související s tímto pojmem + termodynamické aspekty včetně Clausiovy a Clausiovy-Clapeyronovy rovnice
- Fázové diagramy pro jednosložkový i vícesložkový systém, nezapomeňte na pojem azeotrop, eutektikum, fázový diagram pevných látek a slitin, diagramy nemísitelných kapalin a pákové pravidlo
- Jednoduché směsi, chemické potenciály kapalin, Raoultův a Henryho zákon
- Kryoskopie, ebullioskopie
- Fázové rovnováhy v životním prostředí s důrazem na pochopení souvislosti v rámci environmentální chemie

I když se možná zdá obsáhlost letošní fyzikální chemie značná, nemusíte se příliš bát. Jednotlivé kapitoly nebudete muset znát až příliš do hloubky a rozhodně po vás nebudeme chtít přesné definice, spíše se při studování zaměřte na pochopení podstaty. Naučte se správně interpretovat fázové diagramy a určitě si zopakujte matematiku. Nebudete však potřebovat derivovat ani integrovat.

**Ke všem vyšším kolům olympiády doporučujeme nosit pravítko, při interpretacích a čtení z diagramů se vám bude dost hodit.**

Hodně zdaru a nadšení při řešení všech úloh vám přeje celý kolektiv autorů.

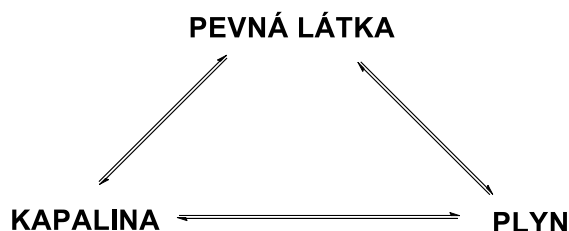
**Doporučená literatura**

1. P. W. Atkins, J. De Paula, Fyzikální chemie, 9. vydání, VŠCHT Praha 2013, kapitoly 4 a 5
2. A. Malijevský a kolektiv, Breviář fyzikální chemie, 1. vydání, VŠCHT Praha 2000, kapitola 7
3. P. Anděl, Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring, 1. vydání, Evernia 2011, kapitola 3
4. Jakékoliv další internetové nebo knižní zdroje zaměřené na problematiku fázových rovnováh

**Úloha 1 Úvod  $\rightleftharpoons$  fáze  $\rightleftharpoons$  přechod****6 bodů**

K tomu, abyste v pozdějších kolech mohli řešit problémové úlohy, je potřeba nejprve vybudovat velmi pevné základy. Je potřeba začít s těmi nejzákladnějšími pojmy. Pokud se chceme bavit o fázových rovnováhách, musíte bezpečně ovládat už fázové přechody a pojmy s těmito přechody spojenými. Pro jednoduchost se budeme bavit o změnách skupenství. Níže máte uvedené schéma.

- 1) **Doplňte jednotlivé používané pojmy, které znázorňují přechod z jedné fáze do druhé, celkově tedy 6 pojmů, a jasně zvýrazněte, k jakému přechodu se vztahují.**



K tomu, aby mohlo docházet k jednotlivým fázovým přeměnám je zapotřebí vždy buď odebírat, nebo naopak dodávat teplo.

- 2) **K jednotlivým změnám skupenství vždy doplňte, jestli je při dané přeměně potřeba teplo dodávat, nebo odebírat.**

Pro výše uvedená skupenství se často používají jednopísmenné zkratky.

- 3) **Uveďte tyto zkratky v kulatých závorkách a napište, z jakých anglických slov vychází.**

Pojem související s těmito změnami je bezesporu i var. Ten nastává, pokud se tlak nasycené páry kapaliny vyrovná okolnímu tlaku.

- 4) **Vysvětlete rozdíl mezi varem a fázovou přeměnou, kdy se kapalina mění na plyn.**  
 5) **Vysvětlete pojmy nasycená pára, chemický potenciál, fugacita.**

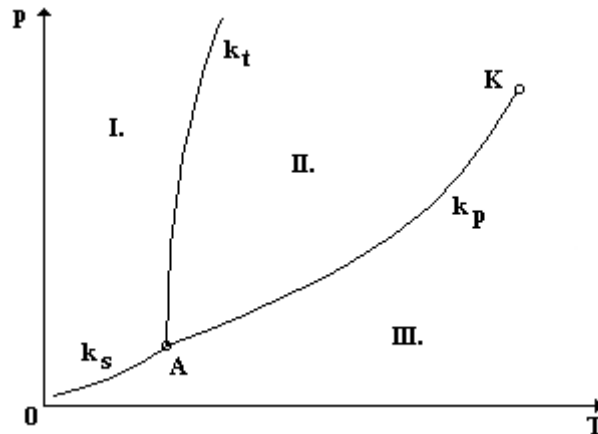
Některé výše uvedené pojmy nyní využijete pro početní příklad.

- 6) **Vypočtěte, jaký bude mít vliv zvýšení tlaku o 100 kPa na kapalnou a pevnou fázi oxidu uhličitého ( $M = 44,0 \text{ g mol}^{-1}$ ), které jsou ve vzájemné rovnováze, přičemž jejich hustoty jsou  $2,35 \text{ g cm}^{-3}$  a  $2,50 \text{ g cm}^{-3}$ ). Uveďte výpočty a slovní odpověď, jaká fázová přeměna bude preferována.**

Úloha 2 Diagram a H<sub>2</sub>O

7,5 bodů

Ted, když už máte alespoň menší povědomí o fázových přechodech, se můžeme posunout zase o kousek dál. V další úloze budete řešit fázový diagram jedné ze základních sloučenin na Zemi – vody. Níže máte zobrazen fázový diagram vody (nejsou zde pro jednoduchost a přehlednost popsány jednotlivá skupenství ledu):



- 1) Jednotlivé římské číslice I, II, III znázorňují fáze. U každé římské číslice uveďte, o kterou fázi se jedná.
- 2) Co označují křivky  $k_t$ ,  $k_s$ ,  $k_p$ ?
- 3) V grafu jsou 2 význačné body A, K. Vysvětlete, co tyto body popisují a jak se běžně označují.

S pojmem fázový diagram se pojí i spojení fázové pravidlo. Toto pravidlo definoval americký chemik a fyzik J. W. Gibbs. Můžeme říci, že pravidlo udává kritérium rovnováhy v soustavě, tedy přesněji počet parametrů, které lze nezávisle měnit, aniž by byl ovlivněn (aniž by se změnil) počet fází v rovnováze.

- 4) Formulujte rovnicí Gibbsovo pravidlo fází a napište, které veličiny/pojmy se ve vzorci vyskytují.
- 5) Uvažujte bod A ve fázovém diagramu vody. Dle fázového pravidla vypočtěte počet stupňů volnosti v tomto bodě (postup, výpočet, odpověď). Co z toho plyne pro bod A z hlediska rovnováhy (zkuste pracovat s pojmem nezávislé veličiny)? Pokud uvažujeme bod s jedním stupněm volnosti, jak by se situace z hlediska rovnováhy změnila?

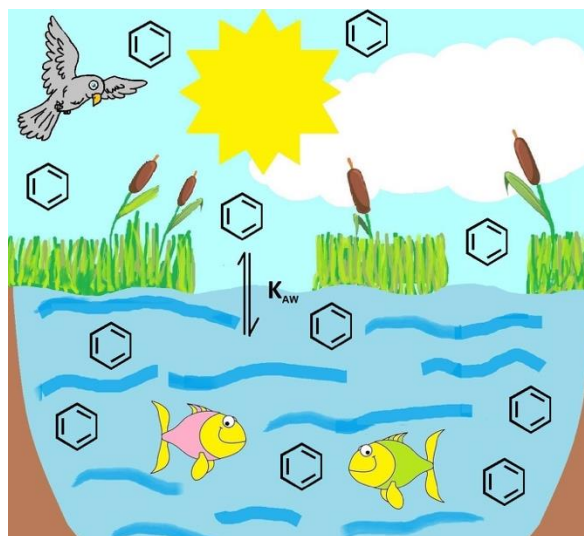
O tom, jak mohou dvě fáze existovat v rovnováze vedle sebe se „starají“ koexistenční křivky. Pokud jsou dvě fáze v rovnováze, pak platí, že jejich chemické potenciály jsou stejné. Pokud uvažujeme směrnici koexistenční křivky jako  $dp/dT$ , pak několika úpravami dojdeme až ke vztahu, který označujeme jako Clapeyronova rovnice. Pro koexistenční křivku kapalina-pára po aproximacích dostáváme rovnici Clausiovy-Clapeyronovu.

Voda má výparnou enthalpii  $40,66 \text{ kJ mol}^{-1}$  a bod varu za normálních podmínek  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- 6) S použitím integrované Clausiovy – Clapeyronovy rovnice vypočtěte tlak nasycených par při  $42 \text{ }^\circ\text{C}$  a výsledek uveďte v jednotkách mm rtuťového sloupce.

**Úloha 3 Fázové rovnováhy v prostředí****4,5 bodů**

S fázovými rovnováhami se můžete setkat běžně v přírodě. Environmentální chemie studuje výskyt a distribuci látek v prostředí, což zahrnuje i fázové přechody látek mezi složkami prostředí. Jelikož jsou přírodní systémy složité, používají se k popisu základních vlastností rozdělovací koeficienty. Rozdělovací koeficient udává rozdělení látky mezi fázemi v rovnováze. Jeden ze stěžejních rozdělovacích koeficientů je rozdělovací koeficient *n*-oktanol-voda, označovaný  $K_{ow}$ , který nám poskytuje informaci o lipofilitě (hydrofobicitě) látek.



- 1) **Napište vztah pro výpočet  $K_{ow}$  s použitím koncentrací.**
- 2) **Proč se jako organická fáze používá zrovna *n*-oktanol? Jakou fází v prostředí *n*-oktanol simuluje?**
- 3) **Máte zadané hodnoty  $\log K_{ow}$  (3,72; -9,38; -0,53; 1,21) pro látku X. U jednotlivých koeficientů určete, zdali se bude daná látka vyskytovat převážně v *n*-oktanolu nebo vodě.**

Dalším důležitým rozdělovacím koeficientem je rozdělovací koeficient vzduch-voda ( $K_{AW}$ ), jehož hodnota pro benzen je 0,22 při 25 °C. V rybníku je koncentrace benzenu  $c_W = 300 \mu\text{g m}^{-3}$ , v ovzduší  $c_A = 40 \mu\text{g m}^{-3}$ .

- 4) **Pokuste se určit směr, kterým se benzen bude pohybovat při výměně mezi vzduchem a vodou. Výsledek podložte výpočtem.**