



56. ročník

2019/2020

NÁRODNÍ KOLO

Kategorie E

Teoretická část – Zadání

50 bodů, 180 minut



Vzorečkovník

Důležité vztahy

- Clausius-Clapeyronova rovnice

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

- 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

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

- π -konstanta

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

- Molalita látky A v rozpouštědle B

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

- Snížení teploty tání (ebulioskopie, kryoskopie)

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

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

- Pákové pravidlo

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

- Stavová rovnice ideálního plynu

$$pV = nRT$$

--

ANORGANICKÁ CHEMIE**16 BODŮ****Úloha 1 Mangan****8 bodů**

Mangan se v přírodě vyskytuje nejčastěji v minerálu o vzorci MnO_2 . Prvním krokem při zpracování často bývá zahřívání na teplotu $600\text{ }^\circ\text{C}$, při které se uvolňuje kyslík. Zbytek po žhání se dále nechá reagovat s kyselinou sírovou za vzniku dvou různých sloučenin manganu, rozpustné sloučeniny **A** obsahující mangan v nižším oxidačním stavu než výchozí látka, a nerozpustné sloučeniny **B**.

1) Jak se nazývá tento minerál?

Název minerálu:

body:**2) Identifikujte látky A a B. Vyjádřete popsané děje vyčíslenými chemickými rovnicemi.****A:****B:**

Vyčíslené chemické rovnice popsaných dějů:

body:



V laboratoři se jako důkazová reakce manganu používá reakce s velmi silným oxidačním činidlem – bismutičnanem sodným v prostředí kyseliny sírové.

3) Napište vyčíslenou rovnici reakce při testování sloučeniny A a vysvětlete, čím je tak specifická.

Chemická rovnice:

Specifičnost reakce:

body:

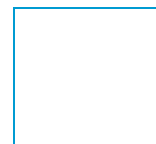
Minerál kutnohorit s dvojmocným manganem a dvojmocným kationem **X**, o vzorci $\mathbf{XMn(Z)}_2$, byl podroben laboratorní analýze. Při rozpouštění 7,3 g vzorku v kyselině se uvolnilo za laboratorních podmínek (25 °C a 101 325 Pa) 1661 cm³ plynu. Při gravimetrickém stanovení byl vysrážen mangan a kation **X**, tepelným převedením do formy dvojmocných oxidů bylo získáno 4,3119 gramů oxidů.

4) Výpočtem určete, jaký prvek tvoří kation X. Zapište vzorec kutnohoritu.

Výpočty:

Vzorec kutnohoritu:

body:



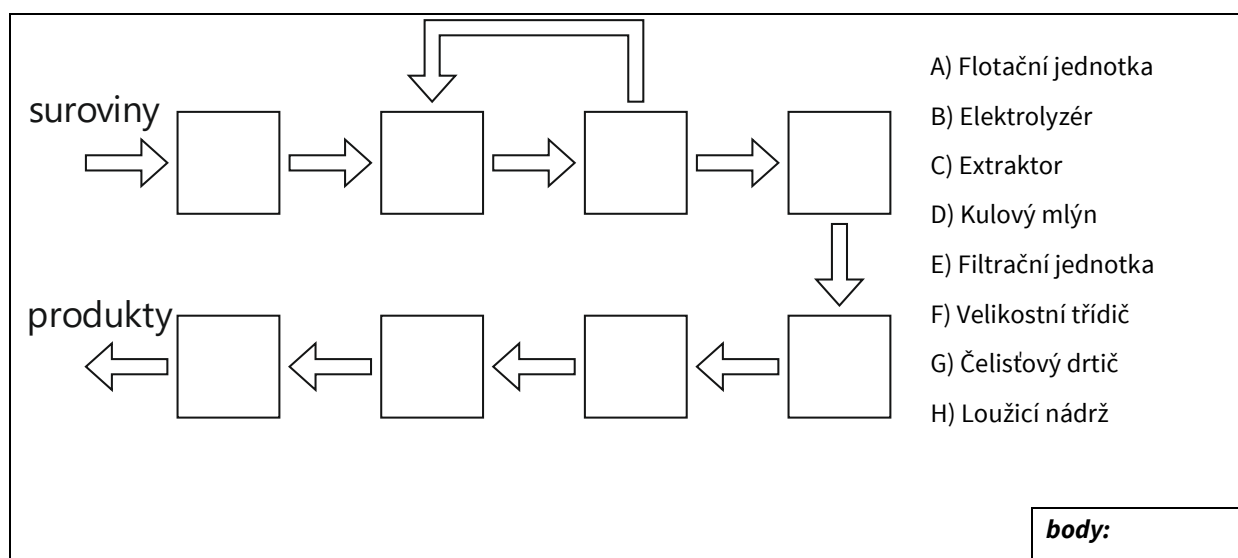
Úloha 2 Kobalt

8 bodů

V poslední době je kromě lithia ve stejné souvislosti často diskutován i kobalt, společně jsou tyto kovy používány k výrobě akumulátorů. Ačkoliv většina kobaltu se získává jako vedlejší produkt při výrobě mědi a niklu, existují však i významné rudy kobaltu, jako například kobaltit (CoAsS) a linneit (Co_3S_4). Velké množství kobaltu je zastoupeno i v lateritových horninách, které se vyskytují v oblasti mezi obratníky raka a kozorožka, kontroverzí těžby a černým trhem s kobaltem je známa hlavně Demokratická republika Kongo.

Největším problémem zpracování kobaltových hornin je obtížná separace od niklu, k tomu se využívá extrakci mezi dvěma kapalinami.

1) Přiřaďte do schématu zpracování správné písmeno označující jednotlivé výrobní uzly.



2) K loužení kobaltitu se využívá roztok síranu železitého, ve kterém je rozpuštěn kyslík, popište vyčíslenou rovnicí.

Chemická rovnice:

body:



3) Proč se využívá tento roztok místo, například, kyseliny sírové?

Zdůvodnění:

body:

4) Při výrobě baterií se prekurzor vyrábí přímou reakcí uhličitanu lithného a oxidu kobaltnato-kobaltitého při vysokých teplotách v atmosféře kyslíku. Identifikujte a pojmenujte prekurzor. Napište vyčíslenou rovnici tohoto děje.

Prekurzor:

Chemická rovnice:

body:



V průmyslovém podniku se oxidačně praží hornina obsahující linneit a velké množství hlušiny. Loužením se získává velmi zředěný roztok síranu kobaltnatého, a tak se před krystalizací využívá odparky. Do odparky vstupuje roztok, který obsahuje 1,5 % hm. síranu kobaltnatého o průtoku 154 kg h^{-1} , z odparky vystupuje horký roztok s obsahem síranu kobaltnatého 22,8 % hm. Z krystalizátoru kromě krystalického heptahydrátu síranu kobaltnatého, vystupuje také matečný roztok o průtoku $11,28 \text{ kg h}^{-1}$, obsahu síranu kobaltnatého 10,79 % hm a obsahu vody 89,21 %. Tento roztok se recykluje vtokem zpět do odparky.

5) Vypočítejte, kolik kg heptahydrátu síranu kobaltnatého a kolik kg vody získá podnik za 12hodinový úsek kontinuálního provozu.

Výpočet:

Hmotnost heptahydrátu síranu kobaltnatého: kg

Hmotnost vody: kg

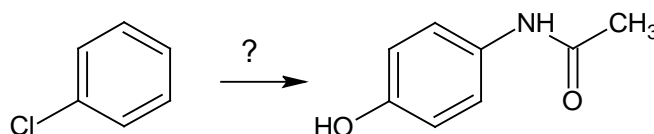
body:

**ORGANICKÁ CHEMIE****16 BODŮ****Úloha 1 Léčiva****6 bodů**

V této úloze se zaměříme na syntézu dvou léčiv – paracetamolu a dapsonu.

Paracetamol (*N*-(4-hydroxyfenyl)acetamid) je látka široce používaná při léčbě chřipky a nachlazení díky svým antipyretickým a analgetickým účinkům (tlumí bolest a snižuje teplotu). V České republice se s ním můžete setkat pod obchodním názvem Paralen. Paracetamol byl poprvé připraven nitrací fenolu, následnou redukcí nitroskupiny a acetylací vzniklého 4-aminofenolu. Dnes jsou již při jeho výrobě upřednostňovány jiné, ekologičtější a efektivnější metody.

Vy se dnes pokusíte navrhnout postup výroby paracetamolu z chlorbenzenu. Pokuste se, aby výroba byla co nejefektivnější a obsahovala minimální množství reakčních kroků. (Například převádět chlorbenzen na benzen pomocí Grignardova činidla a následně z něj připravovat fenol není pro průmyslové využití příliš užitečné.) Vymyslete a načrtněte reakční schéma výroby paracetamolu z chlorbenzenu.

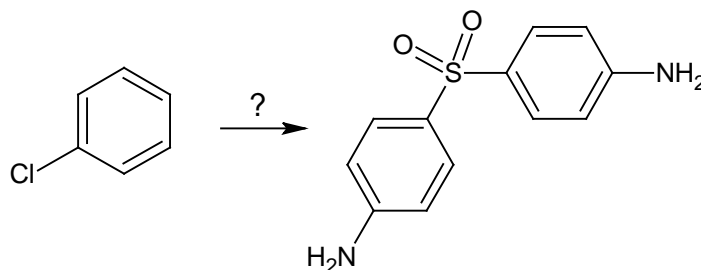
**1) Navrhněte syntézu paracetamolu z chlorbenzenu.**

Návrh syntézy:

body:



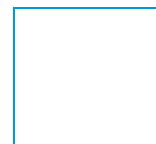
Dapson (bis(4-aminofenyl)sulfon) je antibiotikum primárně používané při léčbě lepry. Nalézá však také využití při léčbě jiných kožních nemocí, jako je například akné. Dapson byl poprvé syntetizován z chlorbenzenu a na tuto syntézu se také dnes zaměříme.



2) Navrhněte syntézu dapsonu z chlorbenzenu.

Návrh syntézy:

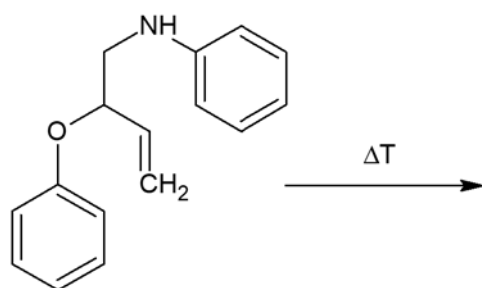
body:

**Úloha 2 Claisenův přesmyk aromatický II****3 body**

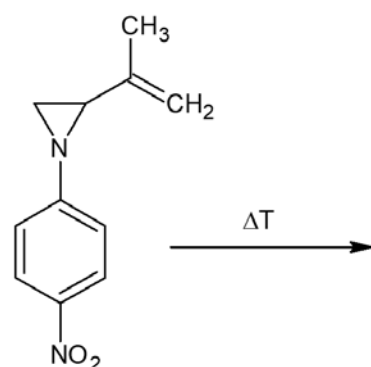
Znalost mechanismu Claisenova přesmyku je poměrně zásadní pro odhadování struktury produktů přeměn látek, které mu podléhají. V některých případech může totiž docházet i k více kaskádovitým reakčním přeměnám.

1) Napište struktury meziproductů a produktů následující přeměny.

Doplnění reakční přeměny:

**body:****2) Napište struktury meziproductů a produktů následující přeměny.**

Doplnění reakční přeměny:

**body:**

**Úloha 3 Výbušniny****7 bodů**

Jednou z věcí, které neodmyslitelně patří mezi nitrolátky, jsou výbušniny. Právě těm se budeme v této úloze věnovat. Jako výbušninu definujeme látku nebo směs, která je schopna v krátkém časovém okamžiku silné exotermní reakce, která vede k prudkému zvýšení teploty a tlaku, ve svém okolí. Tento jev nazýváme exploze a podle toho, zda se při explozi objevuje podzvukové, nebo nadzvukové hoření, je dále dělíme detonaci a deflagraci. K deflagraci nemusí nutně docházet jen při explozi, jako deflagraci označujeme každé „pomalé“ hoření. (Například hoření dřevěných polen v krbu.) Detonace jsou však schopné jen některé látky a tyto látky dělíme na trhaviny a třaskaviny. Některé z těchto sloučenin si nyní představíme.

1) Vysvětlete rozdíl mezi pojmy trhavina a třaskavina.

Vysvětlení rozdílu:

body:**2) Vysvětlete pojem brizance.**

Vysvětlení pojmu:

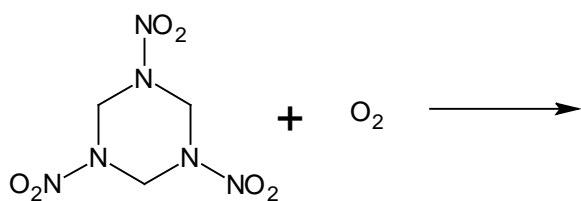
body:



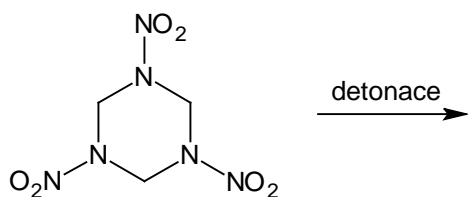
RDX neboli hexogen (1,3,5-trinitro-1,3,5-triazacyklohexan) je trhavina, která se průmyslově vyrábí reakcí urotropinu se 100% kyselinou dusičnou. Spolu s pentritem je tato látka hlavní složkou průmyslové trhaviny Semtexu. V případě, že tuto látku zapálíme, látka shoří bez jakýchkoliv známek exploze. Pokud však explozi iniciujeme rozbuškou, látka detonuje s velkou brizancí.

3) **Napište vyčíslené rovnice popisující spalování RDX se vzdušným kyslíkem a detonaci RDX pomocí rozbušky.**

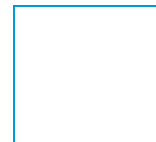
Rovnice spalování:



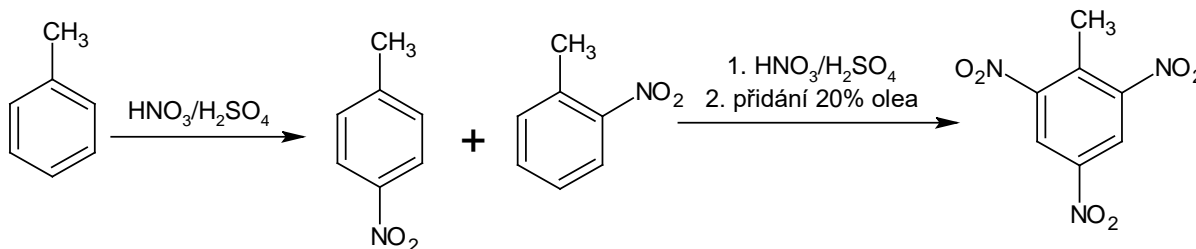
Rovnice detonace:



body:



Mezi jednu z neznámějších trhavin patří 2,4,6-trinitrotoluen – **TNT**. Jedná se o nažloutlou krystalickou látku, která vzniká nitrací toluenu do třetího stupně. Průmyslově se tato látka vyrábí z toluenu, který je nejprve nitrován za vzniku dvou produktů. Produkty 1. nitrace jsou následně opět nitrovány, tentokrát již však směsí o jiné koncentraci kyselin. K této směsi je nakonec přidáno oleum a po několika hodinách je nitrace dokončena.



4) Napište, jaké minimální koncentrace (% hm.) kyselin tvořících nitrační směs jsou k reakci potřeba, v jakém poměru (hm.) byste kyseliny smíchali a při jaké teplotě byste jednotlivé nitrační kroky prováděli. Vysvětlete, proč se do reakce přidává při třetí nitraci oleum.

První nitrace

Minimální koncentrace kyselin:

Poměr kyselin:

Teplota:

Druhá nitrace

Minimální koncentrace kyselin:

Poměr kyselin:

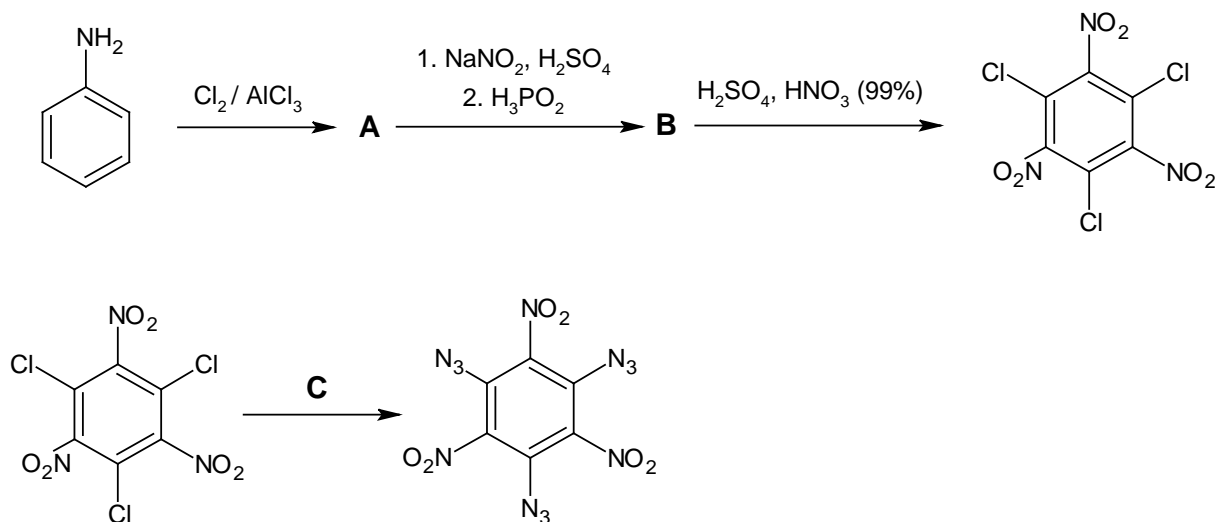
Teplota:

Důvod přidání olea:

body:



TATNB (1,3,5-Triazido-2,4,6-trinitrobenzen) je velmi energetická třaskavina se sumárním vzorcem $C_6N_{12}O_6$. V praxi má pouze limitované využití, kvůli poměrně vysoké citlivosti k mechanickým podnětům a složité výrobě v porovnání s jinými třaskavinami. Díky vysokému obsahu dusíku se však vyznačuje vysokou brizancí. Poslední reakční schéma, se kterým se v letošní olympiádě setkáte, bude syntéza této výbušniny z anilinu.

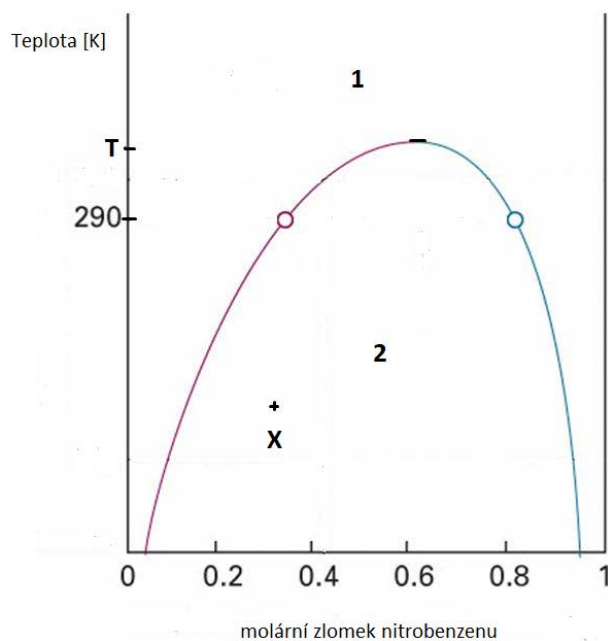


5) Identifikujte látky A, B a C.

A:	B:	C:
body:		

**FYZIKÁLNÍ CHEMIE****18 BODŮ****Úloha 1 S omezením!****6 bodů**

V poslední části letošní fyzikální chemie vás čeká interpretace fázového diagramu 2 omezeně mísitelných kapalin. Níže máte uvedený příklad takového fázového diagramu – hexan a nitrobenzen. Pro vystižení situace je tento graf uveden s absencí plynné fáze.



1) Uveďte počet fází v jednotlivých oblastech diagramu (tedy oblast nad křivkou – oblast 1, oblast pod křivkou – oblast 2).

Počet fází v oblasti 1:

Počet fází v oblasti 2:

body:



Písmenem T je označen bod, který odpovídá tzv. horní kritické rozpouštěcí teplotě.

2) Co rozumíme pojmem horní kritická rozpouštěcí teplota?

Vysvětlení:

body:

V oblasti pod křivkou je vyznačen bod X .

3) Vypočtete počet stupňů volnosti v tomto bodě (X).

Výpočet:

Počet stupňů volnosti:

body:



- 4) Byla připravena směs 50 g hexanu ($M = 86,18 \text{ g mol}^{-1}$) a 50 g nitrobenzenu ($M = 123,06 \text{ g mol}^{-1}$).
Vypočítejte látková množství daných kapalin a následně molární zlomek nitrobenzenu.

Výpočty:

Látkové množství hexanu:.....mol

Látkové množství nitrobenzenu:.....mol

Molární zlomek nitrobenzenu:.....

body:



- 5) Uvažujte teplotu 290 K (viz graf). Určete složení rovnovážných fází při této teplotě, pokud použijete hodnotu molárního zlomku nitrobenzenu z úlohy 5. Pokud se vám nepodařilo spočítat předchozí úlohu, počítejte s $x_{\text{nitrobenzen}} = 0,2$.

Složení fází:

body:

- 6) Uplatněte pákové pravidlo a přibližně vypočtete, kolikrát bude v tomto bodě více fáze bohaté na A než fáze bohaté na B. Pochopitelně uplatněte pro zadaný systém hexan – nitrobenzen.

Výpočet:

Závěr:

body:



- 7) Uvažujte hypotetický systém 2 kapalin, který obsahuje horní i dolní kritickou rozpouštěcí teplotu. Na základě toho se pokuste načrtnout diagram těchto 2 kapalin, nezapomeňte popsat osy a uveďte kritické rozpouštěcí teploty přímo do diagramu.

Diagram:

body:

**Úloha 2 Pan Henry podruhé a naposled****6 bodů**

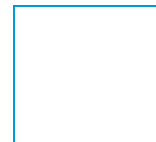
S Henryho zákonem jste se seznámili již ve školním kole, a určitě víte, že popisuje ideální zředěné roztoky. Tento zákon říká, že rozpustnost plynu v kapalině je úměrný jeho parciálnímu tlaku nad kapalinou, přičemž konstantou úměrnosti je Henryho konstanta.

- 1) Vzduch obsahuje 75,52 % N₂, 23,15 % O₂, 1,28 % Ar a 0,046 % CO₂ při tlaku 91,2 kPa. Vypočtete molární zlomek dusíku ve vzduchu.**

Výpočet:

Molární zlomek dusíku:

body:



2) Vypočtete parciální tlak dusíku.

Výpočet:

Parciální tlak dusíku:kPa

body:

3) Vypočtete rozpustnost dusíku ve vodě při 25 °C, pokud je hustota vody 0,99709 g cm⁻³ a Henryho konstanta pro dusík při 25 °C je 1,56 · 10⁵ kPa kg mol⁻¹.

Výpočet:

Rozpustnost dusíku ve vodě:mmol dm⁻³

body:



- 4) **Jaká bude rozpustnost dusíku ve vodě na Mont Blancu, kde je tlak vzduchu 54,7 kPa? Předpokládejte stejné složení vzduchu a teplotu, jako v předchozích výpočtech.**

Výpočet:

Rozpustnost dusíku ve vodě:.....mmol dm⁻³

body:

Henryho zákon také hraje svou roli v případě potápěčů, jelikož rozpustnost kyslíku a dusíku v krvi je závislá na hloubce ponoru.

- 5) **Jak se nazývá nemoc, kterou mohou potápěči trpět při rychlém vynořování z vysokých hloubek? Jaká je vlastně příčina nemoci? Jak se této nemoci dá předejít?**

Název nemoci:

Příčina nemoci:

Vysvětlení, jak nemoci předejít:

body:

**Úloha 3 Vícenásobné extrakce organických polutantů****6 bodů**

Fenol (PhOH) je poměrně běžným polutantem v odpadních vodách z mnoha chemických provozů. Před likvidací odpadní vody je však třeba množství fenolu razantně snižovat (mezní koncentrace fenolu je 10 mg dm^{-3}).

Rozdělovací koeficienty fenolu v systémech fenol-benzen-voda a fenol-diisopropylether-voda mají následující hodnoty:

$$K_{\text{PhOH}(\text{H}_2\text{O}/\text{PhH})} = 0,50$$

$$K_{\text{PhOH}(\text{H}_2\text{O}/(\text{iPr})_2\text{O})} = 0,036$$

V odpadní vodě je koncentrace fenolu 20 g dm^{-3} , před její likvidací je třeba tuto koncentraci snížit na $0,01 \text{ g dm}^{-3}$.

- 1) Vypočítejte, kolikrát větší objem a) benzenu a b) diisopropyletheru než je objem odpadní vody bude na tuto operaci potřeba při jednorázové extrakci.**

Výpočty:

Objem benzenu pro jednorázovou extrakci v násobcích objemu odpadní vody: $\times V(\text{H}_2\text{O})$

Objem diisopropyletheru pro jednorázovou extrakci v násobcích objemu odpadní vody: $\times V(\text{H}_2\text{O})$

body:



- 2) **Které rozpouštědlo bude pro tuto operaci výhodnější? Cena diisopropyletheru je dvakrát vyšší, než cena benzenu. Zdůvodněte vaše rozhodnutí.**

Rozhodnutí včetně zdůvodnění:

body:

V praxi se množství potřebného rozpouštědla snižuje použitím několikanásobné extrakce. Předpokládejme nyní zmíněnou odpadní vodu obsahující 20 g dm^{-3} fenolu. K extrakci fenolu z vody použijeme diisopropylether. Postupovat ale budeme tak, že vždy budeme extrahovat vždy dané množství vody stejným objemem diisopropyletheru.

- 3) **Vypočítejte, objem diisopropyletheru (v násobcích objemu odpadní vody), který je nutný pro extrakci fenolu z vody výše uvedeným způsobem tak, aby voda po extrakcích neobsahovala více, než $10 \text{ mg fenolu v } 1 \text{ dm}^3$.**

Výpočty:

Objem diisopropyletheru: $\times V(\text{H}_2\text{O})$

body: