

Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



# Vzdělávací ikurz pro budoucí chemiky

Řešení úkolů 1. série

10. ročník (2019/2020)

## S1 – ...ale princezna to není, vzácný pane ... (první úvodní úloha)

*Autorka: Marie Grunová (e-mail: 500075@mail.muni.cz)*

5 bodů

1. Vysvětlení každé básničky:

### **Prvek 1 – Chrom**

Do barevných hávů odívám své dlaně, ale duha nejsem vzácný pane ... – sloučeniny chromu bývají dost barevné

... Ve třech jsem k zulíbání, v šesti karcinogenní saní ... – vyskytuje se obvykle v oxidačním stavu +III nebo +VI, ale zatímco sloučeniny trojmocného chromu jsou důležité pro život (stopově), šestimocný chrom je karcinogenní

### **Prvek 2 – Sodík**

V temné noci světlo dávám ... – sodíkové výbojky se někdy využívají v pouličním osvětlení ... jiné zkoušky roz\*\*\*dávám ... – pokud je vzorek při plamenových zkouškách znečištěn sodíkem, jeho barva nejde skoro vidět přes jasně žlutou barvu sodíku

... S potrubím si radím skvěle ... – NaOH je hlavní složkou KRTKA (čistič potrubí)

... s vodou ovšem se mnou bděle. – reakce vody a kovového sodíku je poměrně prudká a může vést k neplánovanému ohni

### **Prvek 3 – Baryum**

Zelená záře místností se line ... – baryum barví plamen zeleně

... kdož pozře mě, účinkem se snadno mine. Sněž mě a posloužím ti skvěle, vypij mě a pone-sou tě v rakvi po kostele. – rozpustné sloučeniny barya jsou silně toxické, ale nerozpustné (síran barnatý) se využívají jako kontrastní látky při některých lékařských vyšetřeních

### **Prvek 4 – Chlor**

Na polích, kdež kvetou vlčí máky, já číhával jsem ukryt na vojáky ... – chlor byl použit jako první bojový plyn v první světové válce na západní frontě, kde byla pole plná vlčích máků a ty se staly symbolem veteránů atd ...

... Volný tě zardousím, nenají se však beze mě žádný kmán. – Cl<sub>2</sub> je toxický korozivní plyn a v plicích reaguje s vodou na HCl, která pak rozežere plíce. Kvůli těmto účinkům byl chlor použit jako bojový plyn. Ve formě HCl je ale chlor přítomný v žaludku, kde je tato kyselina nezbytná k strávení potravy.

### **Prvek 5 – Praseodym**

Ač má rodina je ze čtrnácti dítek počata ... – jde o lanthanoid a těch je díky 7f orbitalům, které mohou být obsazeny 14 elektrony, čtrnáct

... já a můj bratr jsme jediná dvojčata ... – jedna z částí názvu je ze starořeckého didymos – dvojitý, dvojče, tento název zahrnoval ještě jeden prvek – neodym

... On ale novým zdá se býti, kdežto z mé barvy zelené ti bude k zblití – neodym znamená nové dvojče, kdežto praseodym je ze starořeckého prasinos (zelený), tedy zelené dvojče, podle barvy jeho soli

### Prvek 6 – Iridium

Sto třicet tři roků jsem v seřfu žil, sto třicet tři roků jsem vážil ... – slitina iridia a platiny tvořila prototyp kilogramu, který 133 let sloužil k jeho definici, než vstoupila v platnost nová definice 20. května 2019

... odolám i královně nejkyselější ... – iridium je jeden z mála prvků, co se nerozpouští v lučavce královské

... a devátou oxidací už jsem zažil – bylo připraveno iridium v oxidačním stavu +IX

### Prvek 7 – Hafnium

Tam, kde Malá Víla zhlíží mořskou pěnu, tam najdeš základ mému jménu ... – v Kodani (působišti Hanse Christiana Andersena, autora Malé mořské víly) je na pobřeží socha Malé mořské víly, jak sleduje moře. Kodaň se latinsky řekne Hafnia a odsud hafnium

... Ač ve stopách jsem k nalezení ... – v Zemské kůře jde o stopový prvek

... u jádra po mně touha není – přítomnost hafnia v zirkoniovém obalu palivových tyčí v jaderných elektrárnách je velký problém, kvůli rozdílné schopnosti zachytávat neutrony (hafnium je pohlcuje mnohem víc)

**(3,5 b. celkem, 0,5 b. za prvek)**

2. Síran barnatý slouží jako kontrastní látka při rentgenovém vyšetření trávicího traktu. Používá se ve formě suspenze – baryová kaše.

**(0,5 b.)**

3. Než se přišlo na to, že jde o dva prvky, říkalo se jejich směsi didym (didymium) a mělo se za to, že jde o jeden prvek.

**(0,5 b. za didym)**

4. Tímto chemikem byl Fritz Haber. K dalším jeho počínům patřila například Haberova-Boschova syntéza amoniaku, výroba Cyklonu, který byl později upraven na Cyklon B, nebo Bornův-Haberův cyklus na zjišťování mřížkové energie iontových sloučenin.

**(0,5 b celkem, 0,25 b za Fritze Habera a 0,25 b za počín)**

## S2 – Dihydrogen monoxid (druhá úvodní úloha)

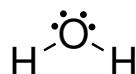
Autorka: Petra Pikulová (e-mail: pikulova@mail.muni.cz)

8 bodů

1. IUPAC uvádí název oxidan jako základ pro substituční názvosloví, pro běžné použití je určen název voda.

(0,1 b.)

2. Nakreslete elektronový strukturní vzorec DHMO.



(0,4 b.)

3. Odpovědi:

(a) Molekula  $\text{H}_2\text{O}$  je lomená. (0,3 b.)

(b)  $104,45^\circ$  (0,3 b.)

(c) Vysvětlení na základě teorie VSEPR: centrální atom O má kolem sebe 4 elektronové páry (volné i vazebné), které se uspořádají tak, aby mířily do vrcholů tetraedru – tím se minimalizuje jejich odpuzování, a to je důvod, proč je molekula lomená. Podle teorie VSEPR se však volné elektronové páry navzájem odpuzují více než vazebné páry a více než dvojice volný-vazebný pár. Proto se dva volné elektronové páry  $\text{H}_2\text{O}$  od sebe ještě trochu oddálí oproti úhlu, který by svíraly v pravidelném tetraedru, a tím stlačí vazebné elektronové páry o něco více k sobě. (0,9 b.)

4. Koexistenční křivka je křivka ve fázovém diagramu, na níž leží všechny body [teplota, tlak], v nichž jsou ve směsi v rovnováze dvě různé fáze. V našem konkrétním případě je to křivka tání/tuhnutí a nachází se na ní všechny body [teplota, tlak], při nichž je ve směsi v rovnováze voda s ledem. Koexistenční křivka zároveň určuje podmínky, při nichž dochází k fázovému přechodu.

(0,5 b.)

5. Křivka tání/tuhnutí má zápornou směrnici (klesá), zatímco u většiny látek je tomu naopak. To znamená, že když je led pod tlakem, bude mít tendenci tát. Tato anomálie je způsobena tím, že v krystalové struktuře ledu (toho běžného hexagonálního) je relativně hodně prázdného prostoru a tím pádem má menší hustotu než voda.

(0,6 b.)

6. Například:

Vysoká měrná tepelná kapacita: když dodáváme vodě teplo, je nejprve spotřebováno na porušení vodíkových vazeb a teprve poté může zvyšovat tepelný pohyb molekul a s ním teplotu.

Vysoká teplota tání/varu (oproti ostatním hydridům v 16. skupině): Vysvětlením jsou opět vodíkové vazby, které je potřeba porušit, aby mohla voda změnit skupenství.

Anomální průběh teplotní závislosti hustoty: Nad 3,98 °C hustota s rostoucí teplotou klesá, jak je obvyklé u většiny látek (při vyšší teplotě jsou od sebe molekuly v průměru dál než při nižší teplotě). Pod 3,98 °C však hustota klesá s klesající teplotou. Je to způsobeno tím, že při teplotách blízkých 0 °C vznikají v kapalně vodě struktury podobné krystalové struktuře ledu, v nichž je hodně prázdného prostoru.

(1,2 b.)

7. Nejprve si vyjádříme  $\Delta_{fus}V_m$ , je to rozdíl molárního objemu po roztání a před ním:

$$\Delta_{fus}V_m = V_m(\text{voda}) - V_m(\text{led})$$

Známe hustotu a molární hmotnost vody:

$$\Delta_{fus}V_m = \frac{M}{\rho(\text{voda})} - \frac{M}{\rho(\text{led})}$$

Nyní zbývá jen dosadit do vzorečku, ale musíme si dát pozor na správné jednotky!

$$p_2 - p_1 = \frac{\Delta_{fus}H_m}{\frac{M}{\rho(\text{voda})} - \frac{M}{\rho(\text{led})}} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$p_2 = \frac{\Delta_{fus}H_m}{\frac{M}{\rho(\text{voda})} - \frac{M}{\rho(\text{led})}} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + p_1$$

$$p_2 = \frac{6009 \text{ J mol}^{-1}}{\frac{18,02 \text{ g mol}^{-1}}{0,9998 \times 10^6 \text{ g m}^{-3}} - \frac{18,02 \text{ g mol}^{-1}}{0,9167 \times 10^6 \text{ g m}^{-3}}} \cdot \ln\left(\frac{(273,15 - 5) \text{ K}}{273,15 \text{ K}}\right) + 101\,325 \text{ Pa}$$

$$p_2 = 67\,945\,560 \text{ Pa} + 101\,325 \text{ Pa} \approx 68,05 \text{ MPa}$$

Aby se teplota tání ledu regulací snížila na  $-5$  °C, musel by člověk na led vyvíjet tlak asi 68,05 MPa.

Při pokusu vypočítat, jaký tlak může reálně člověk vyvíjet, je asi nejtěžší odhadnout povrch brusle. Já jsem na to šla tak, že jsem natřela čepel brusle temperou a stoupla si na bílý papír. Z obtisku jsem počítala tu část, kde byla barva otisknutá po celé šířce čepele. Takto jsem zjistila, že plocha čepele brusle, kterou se opravdu dotýkám země, je asi  $5,44 \text{ cm}^2$ . Tato metoda určitě není nějak zvlášť přesná, plocha se bude lišit podle typu brusle a vlivem dalších faktorů. Nám ale bude stačit řádový odhad. Když na této brusli bude stát člověk o hmotnosti 60 kg, bude působit tlakem:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{(60 \cdot 9,81) \text{ N}}{5,44 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \approx 1,08 \text{ MPa}$$

To je o hodně méně než 68,05 MPa, které jsou potřeba.

Jeden z prvních lidí, kteří se zabývali tím, proč led klouže, byl John Joly. Ve svém článku<sup>1</sup> z roku 1886 pracoval s tlakem 466 atmosfér, tedy 47,2 MPa (odhadoval, že člověk stojí na mnohem menší ploše). Tento tlak je dostatečný na to, aby teplota tání vody poklesla na cca  $-3,5$  °C. Běžně se ovšem bruslí i při nižších teplotách a všichni víme, že led klouže, i když na něm stojíme v běžné obuvi!

Regelace tedy pravděpodobně nějakou roli hraje, ale sama o sobě nemůže vysvětlit naše pozorování. Dále k tání ledu určitě přispívá tření, které led při skluzu ohřívá. Hlavním vysvětlením je ale nespíš fakt, že na povrchu ledu je i pod bodem tání vrstva molekul, která je podobná kapalně vodě. Molekuly uvnitř ledu jsou totiž ze všech stran obklopeny jinými molekulami vody a vytvářejí známou hexagonální strukturu, zatímco na povrchu tomu tak není, takže povrchová vrstva má odlišné vlastnosti. Na této povrchové vrstvě vody se kloužeme, když bruslíme. Faktem ovšem je, že bruslení a „klouzavosti“ ledu nikdo opravdu pořádně nerozumí.

(2,5 b.)

8. Ve vašich řešeních se objevovaly opravdu originální důvody. Některé z nich jsem namátkou vybrala:

- Po kontaktu s kůží na ní DHMO zůstává i přes důkladné omytí vodou.
- 100 % lidí, kteří užívali DHMO, zemřeli.
- Čističky vody si s ním neví rady.
- Jedna z neregulovaných složek energetických nápojov.
- Na obaloch v zložení nie je uvedená pod svojím správnym názvom (DHMO).
- Je obsiahnutý v bio výrobkoch a jeho množstvo v nich nie je nijako regulované. Je zložkou množstva kozmetických prípravkov.
- Na DHMO je dnes a denne závislých přes 7,597 miliard lidí na celém světě. Důkazy hovoří jasně, kdokoliv, u koho byla prokázána závislost na DHMO, zemřel, američtí vědci popřeli domněnku, že se jedná pouze o náhodnou korelaci.
- Inhalácia môže mať fatálne následky.
- Jedná se o hlavní složku mnohých hadích jedů (a to i tak nebezpečných hadů jako je kobra nebo taipan).
- Při kontaktu s jinak mírumilovnými alkalickými kovy způsobuje explozi.
- Při delší expozici atmosférické depozici této láky dochází ke smáčení oblečení „až na kost“, což vede k dlouhodobému a otravnému onemocnění jménem nachlazení.

(1,2 b.)

<sup>1</sup>JOLY, J. The Phenomena of Skating and Prof. J. Thomson's Thermodynamic Relation. *Nature* [online]. 1899, 59(1534), 485–486 [cit. 2019-12-23]. DOI: 10.1038/059485b0. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/059485b0>

## A1 – Totální syntéza přírodních a biologicky aktivních látek

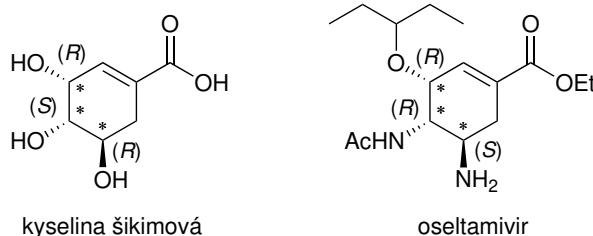
Autor: *Jakub Dávid Malina (e-mail: malinaj@vscht.cz)*

12,5 bodů

- Obě látky mají tři centra chiralitý označená hvězdičkou. Protože konfigurace na každém uhlíku může být (*R*), nebo (*S*) nezávisle na ostatních, z kombinatoriky víme, že pro každou látku existuje  $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$  stereoizomerů. Pozor! Asymetricky substituovaná dvojná vazba je sice stereogenním centrem, avšak v tomto případě nemá žádný vliv na počet izomerů, protože je v cyklu.

(5/8 b.)

- Řešení:



(15/16 b.)

- Řešení:

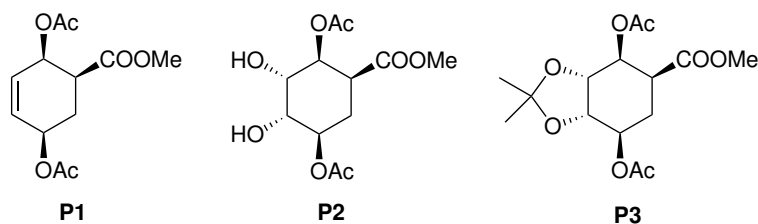
- Stereoselektivní reakce je taková reakce, při které přednostně vzniká jeden prostorový izomer dané látky. V moderní organické chemii je příkladem stereoselektivních reakcí asymetrické katalýzy, kdy využíváme chirální katalyzátory se specifikovanou stereochemií, které katalyzují reakce tak, aby přednostně vznikal požadovaný stereoizomer. Jako příklad můžeme uvést například Sharplessovu epoxidaci.
- Pokud bychom použili při syntéze složité molekuly s velkým počtem stereogenních center nestereoselektivní reakční kroky, nevyhnutelně bychom se setkali s složitou separací jednotlivých stereoizomerů. Tyto separace jsou časově náročné a častokrát i složitě uskutečnitelné, avšak moderní organická chemie poskytuje reakce, při kterých vzniká přednostně jeden izomer.
- Biologické struktury (například receptory na povrchu membrán buněk) jsou makromolekulární a složité komplexy, jejichž aktivní místo (místo, kam se váže daná molekula, například hormon nebo léčivo) je prostorově tak uspořádané, že dokáže rozpoznávat selektivně pouze konkrétní izomer látky. Pokud bychom tedy měli směs izomerů nějakého léčiva, mohlo by dojít k tomu, že velká část tohoto léčiva by byla biologicky neaktivní. V jistých případech může dojít i k tomu, že jeden izomer dané látky má léčivé účinky, avšak druhý izomer může být toxický.

(45/32 b.)

- Vicinální diol je alkohol obsahující dvě hydroxylové skupiny ve vicinální pozici (sousední pozici), takže hydroxylové skupiny jsou vázány na dvou sousedních uhlících. Příkladem vicinálního diolu je ethylenglykol (ethan-1,2-diol). Pro doplnění informace známe též tzv. geminální diol, který obsahuje dvě hydroxylové skupiny na jednom atomu uhlíku.

(15/32 b.)

5. Řešení:



(45/32 b.)

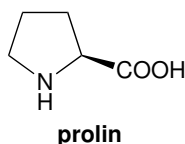
6. Kyselina šikimová se, jak už víte, izoluje z koření – badyánu – a jde tedy o látku získávanou z přírodních zdrojů. Avšak pokud použijeme dostupné syntetické prekurzory (předpokládejme, že jejich toxicita je nízká a jeho průmyslová výroba je ekologická a efektivní), zbavujeme se tak závislosti na kyselině šikimové. Záleží i na ceně prekurzoru, velmi pravděpodobně by byl syntetický prekurzor výrazně lacinější než čistá izolovaná látka z přírodních zdrojů. Zároveň tak dokážeme lépe chránit životní prostředí, protože nemusíme tento prekurzor izolovat z přírodních zdrojů. Ke snížení ceny přispívá i fakt, že se snížil počet reakčních kroků (za předpokladu srovnatelné ceny všech reaktantů v nové i staré syntéze) a dosáhneme tedy efektivněji, rychleji a levněji připravit dané léčivo.

(15/16 b.)

7. Jde o chirální katalyzátor, teda o látku, která katalyzuje reakci ve prospěch jednoho ze vznikajících izomerů. Konkrétně jde o Hayashiho-Jørgensenův katalyzátor. Protože jde o katalýzu, přidavek látky CAT nemusí být stechiometrický, vzhledem k ostatním reaktantům, protože aktivní (katalytické) místo katalyzátoru se neustále regeneruje.

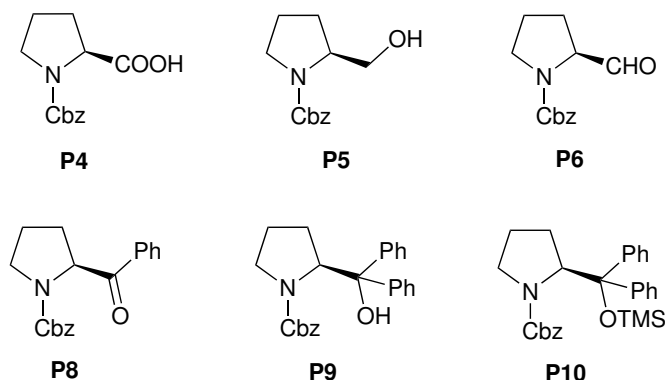
(15/32 b.)

8. Jde o aminokyselinu prolin.



(15/16 b.)

9. Řešení:





Poznámka: Ph = fenyl, TMS = trimethylsilyl, Cbz = benzyloxykarbonyl („karbobenzoxy“)

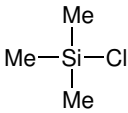
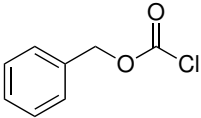
(45/16 b.)

10. Chránicí skupiny (z angl. PG = protecting group) jsou důležité skupiny látek využívané v organické syntéze. Představme si situaci, že v molekule máme dvě reakční centra, která by mohla při jistém typu reakce reagovat stejně. Avšak my chceme, aby zreagovalo pouze naše žádané centrum tak, aby druhé reakční centrum zůstalo beze změny. Toho docílíme tzv. chráněním druhého reakčního centra s využitím chránicí skupiny. Chránicí skupina musí selektivně reagovat s druhým centrem, ale nesmí reagovat s prvním centrem. Požadavky na chránicí skupiny lze tedy jasně zformulovat v několika bodech:

1. vysoká selektivita chránicí skupiny na danou funkční skupinu.
2. dostatečná odolnost vůči reakčním podmínkám následujících reakcí (teplota, pH, přítomnost báze).
3. lehká a selektivní deprotektce (zamyslete se nad PG, která by se nedala z molekuly odstranit žádnými činidly/podmínkami reakce. Taková PG by nebyla velmi užitečná).
4. cenová dostupnost, nízká toxicita, stabilita. . .

(15/16 b.)

11. Obě zmíněná činidla se používají v přítomnosti silné báze. Protože chrání skupiny, které obsahují kyselé vodíky (relativně kyselé vodíky) a zároveň tyto PG obsahují reakční centrum náchylné k nukleofilní substituci s dobře odstupující skupinou (chlor). Podporujeme tak rychlejší vznik vazby mezi funkční a chránicí skupinou a báze tak velmi zrychluje průběh reakce.

Struktura PG	Název PG	Co chrání PG	Deprotekce
	TMSCl Trimethylsilylchlorid	alkoholy (primární, sekundární i terciární)	1M roztokem TBAF v THF (fluorid tetrabutylamonný v tetrahydrofuranu)
	CbzCl „Karbobenzoxychlorid“, benzyl-chlorformiát	aminy	hydrogenolýza (H <sub>2</sub> /Pd,C)

(25/16 b.)

## B1 – Osud látek v životním prostředí

*Autorka: Simona Krupčíková (e-mail: 451234@mail.muni.cz)*

12,5 bodů

1. Řešení:

- (a) Insekticid je přípravek určený k hubení hmyzu v různých vývojových stupních.
- (b) Matilda mluví o DDT.
- (c) Při akutní toxicitě se účinek projevuje velmi rychle, řádově po několika minutách, max. hodinách. Při chronické toxicitě se účinek projeví až po dlouhých měsících až letech při dlouhodobé expozici. Může se jednat o nádorová onemocnění, rakovinu apod.

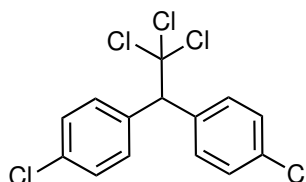
(1,5 b.)

2. Perzistentní organický polutant je látka, která dlouho přetrvává v prostředí, je velmi špatně degradovatelná, je toxická a má sklony k bioakumulaci a dálkovému transportu.

Příklady: polychlorované bifenylly, organochlorové pesticidy, perfluorované látky, dioxiny, ...

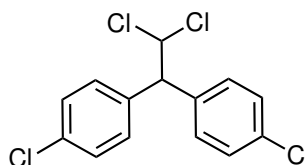
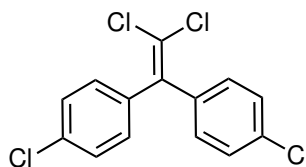
(0,5 b.)

3. 1,1'-(2,2,2-trichlorethan-1,1-diyl)bis(4-chlorbenzen),  
1,1,1-trichlor-2,2-bis(4-chlorfenyl)ethan,  
1,1,1-trichlor-2,2-bis(*p*-chlorfenyl)ethan.



(1,0 b.)

4. Řešení:



(1,0 b.)

5. Stockholmská úmluva o perzistentních organických látkách je globální úmluva. Její hlavním cílem je chránit lidské zdraví a životní prostředí před perzistentními organickými látkami. Byla podepsána 22. května 2001.

(0,5 b.)

6. Řešení:

$$\text{DDT: } \log K_{ow} = 6,91$$

$$\text{DDD: } \log K_{ow} = 6,02$$

$$\text{DDE: } \log K_{ow} = 6,51$$

(0,5 b.)

7. Řešení:

$$(a) c_1 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$$

$$c_2 = c_1/10 = 50 \text{ mg dm}^{-3} \text{ (zředění)}$$

$$m = c_2 \cdot V = 50 \text{ mg dm}^{-3} \cdot 2 \text{ dm}^3 = 100 \text{ mg}$$

$$(b) \log K_{ow} = 6,91$$

$$m_{ryba} = 4,7 \text{ g}$$

$$\log K_{ow} = \log \left( \frac{c_o}{c_w} \right)$$

$$\text{v našem případě: } c_o = c_{ryba} = \frac{x}{4,7 \text{ g}} \text{ a } c_w = \frac{y}{100 \text{ m}^3} = \frac{y}{1 \times 10^8 \text{ g}}.$$

$$10^{6,91} = \frac{\frac{x}{4,7 \text{ g}}}{\frac{y}{1 \times 10^8 \text{ g}}}$$

100 mg DDT =  $x$  (hmotnost DDT, která přejde do rybičky) +  $y$  (hmotnost, která zůstane ve vodě).

$$10^{6,91} = \frac{\frac{x}{4,7 \text{ g}}}{\frac{0,1 \text{ g} - x}{1 \times 10^8 \text{ g}}}$$

$$x = 0,02764 \text{ g} = 27,64 \text{ mg v rybičce.}$$

*Pozn.: V tomto případě jsme počítali s koncentrací v jednotkách hmotnost/objem, protože nebyla zadána hustota tuku v rybičce, ani teplota (hustota) vody, také v literatuře najdeme množství odlišných metod, z nichž každá poskytuje trochu rozdílné (ale srovnatelné) hodnoty  $K_{OW}$ .*

$$(c) c = c_0 \cdot \exp [(-\ln 2 \cdot t)/T]$$

Poločas rozpadu DDT 8–15 let.

$$\text{Výpočet pro 12 let: } c = 100 \text{ mg} \cdot \exp [(-\ln 2 \cdot 20 \text{ let})/12 \text{ let}] = 31,5 \text{ mg}$$

Uznávané výsledky: 17,6 mg až 39,7 mg.

(3,5 b.)

8. Řešení:

$$\text{Lindan: } \log K_{OW} = \log \left( \frac{26200}{5} \right) = 3,72 < 5$$

$$\text{Chlorpyrifos: } \log K_{OW} = \log \left( \frac{128000}{1,4} \right) = 4,96 < 5$$

$$\text{Paracetamol: } \log K_{OW} = \log \left( \frac{5,14}{4,20} \right) = 0,088 < 5$$

$$\text{Hexabromocyklododekan: } \log K_{OW} = \log \left( \frac{830000}{2,10} \right) = 5,6 > 5$$

$$\text{Kofein: } \log K_{OW} = \log \left( \frac{9,5}{15,4} \right) = -0,21 < 5$$

(4,0 b.)

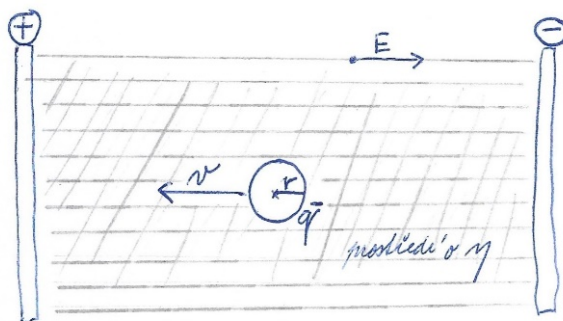
**C1 – Pořád je co zlepšovat**

 Autor: Štěpán Káňa (e-mail: [stepan.kana@skaut.cz](mailto:stepan.kana@skaut.cz))

12 bodů

1. Řešení:

(a) Schéma:



(0,5 b.)

 (b) Vztahy pro  $F_E$  a  $F_R$ :

$$F_E = E \cdot q$$

$$F_R = v \cdot r \cdot \eta \cdot 6\pi$$

(1,0 b.)

 (c) Elektroforetická mobilita  $\mu_e$  je charakteristická konstanta pro každou částici, která vyjadřuje podíl rychlosti této částice a intenzity vloženého el. pole:

$$\mu_e = \frac{v}{E} = \frac{q}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}$$

(1,0 b.)

(d) Ve velikosti náboje a velikosti částice („poloměru“).

(1,0 b.)

(e) Částice by „kmitaly“ tam a zpět.

(0,5 b.)

2. 1 – Zdroj vysokého napětí, 2 – kapilára, 3 – detektor, 4 – zapisovač (PC), 5 – uzemněná elektroda, 6 – anoda, 7 – vstupní nádobka, 8 – nádobka se vzorkem, 9 – výstupní nádobka.

Pozn: lze prohodit 7 a 8. Záleží na fázi analýzy.

(1,8 b.)

3. Řešení:

 (a)  $-\text{Si}-\text{OH} + \text{OH}^- \longrightarrow -\text{Si}-\text{O}^- + \text{H}_2\text{O}$ ; stěna získá negativní náboj.

(1,0 b.)

(b) V důsledku zachování elektroneutrality se kolem stěny vytvoří „vrstva“ kladných částic – kationtů.

(0,4 b.)

(c) Kationty vnější (pohyblivé – difúzní) části elektrické dvojvrstvy jsou hydratovány a při vložení napětí jsou přitahovány směrem ke katodě a vytváří tak pohyb kapaliny. Jev se označuje jako elektroosmotický tok (EOF). EOF tak „strhává“ i anionty, proto lze měřit kationty i anionty během jedné analýzy.

(0,8 b.)

4. Dojde k úplnému potlačení EOF.

(1,0 b.)

5. Řešení:

Název metody detekce	Princip metody	Citlivost (1. = nejcitlivější)	Příklad stanovované látky
Amperometrická	Měření množství prošlého elektrického proudu vzniklého oxidací nebo redukcí analytu	2.	kyselina L-askorbová
Absorpční (UV-Vis)	Měření úbytku světelného záření po průchodu roztokem	3.	kofein
Fluorescenční – laserem indukovaná (LIF)	Měření množství světla emitovaného látkou při současném buzení excitačním zářením	1.	fluorescein

(3,0 b.)