

Autorská řešení pátého ročníku



**chemiklání**

7. 2. 2020

## Úloha 0.11 (SCh)

Mnoho zábavy si nejen ve škole užijete už s nejlehčím prvkem, vodíkem. Je nejen mimořádně lehký, hořlavý či explozivní, ale v celém vesmíru naprosto všudypřítomný. Proto jej potkáte v různých podobách v celém Chemiklání, třeba jako součást celulosy, na kterou píšete své odpovědi, nebo ve vodě, kterou budete později při řešení potit. Vodík je ve skutečnosti směsí tří nuklidů, lehkého vodíku, deuteria a tritia. Rozhodněte, která tvrzení popisují který nuklid, a označte je jejich nuklidem (P za lehký vodík neboli protium, D za deuterium a T za tritium). Správně je vždy pouze jedna možnost.

1. Tento nuklid má ve svém jádře právě jeden neutron.
2. Tento nuklid je nejtěžší.
3. Tento nuklid je nejběžnější.
4. Tento nuklid je radioaktivní.
5. Tento nuklid je nejlehčí.

Protium má jádro tvořeno protonem, deuterium protonem a neutronem a tritium protonem a dvěma neutrony. Proto je zjevně správně přiřazeno 1D, 2T a 5P. Nejběžnější je o několik řádů lehký vodík – protium, takže 3P. Radioaktivní je nejtěžší z nuklidů, tritium, tedy 4T.

Na radioaktivitu tritia v tomto ročníku ještě jednou narazíme.

## Úloha 0.12 (OK)

Jakou molekulovou hmotnost má látka, která se odštěpuje při dehydrataci?

Odpověď je jednoduchá a pochází ze starořeckého ὕδωρ ([h]ýdôr), tedy voda, jejíž molekulová hmotnost je rovna 18.

## Úloha 0.13 (MB)

V pozdním prosincovém odpoledni si autor této úlohy připravoval fosfátový pufr dle návodu. Vzal 1 tabletu pro přípravu pufru a rozpustil ji ve 200,0 ml vody. Pomocí pH metru zjistil, že pH vzniklého roztoku je 7,76. Jelikož však cílem experimentu bylo simulovat prostředí krve při pH 7,4, rozhodl se autor této úlohy roztok okyselit pomocí 5% kyseliny

fosforečné. Vzal lahev s kyselinou fosforečnou (85 % objemových procent) a nalil 3,5 ml do odměrného válce. Kolik vody musel přidat, aby získal 5% (objemová procenta) kyselinu fosforečnou?

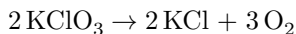
Tato úloha testuje znalost výpočtů směšování, které je na středních školách často vyučováno různými grafickými metodami. Zde bude ukázán výpočet pomocí směšovací rovnice, kdy míšíme 3,5 ml 85% kyseliny (roztok 1) s čistou vodou (roztok 2).

$$\begin{aligned}V_1\phi_1 + V_2\phi_2 &= (V_1 + V_2)\phi \\3,5 \cdot 0,85 + V_2 \cdot 0 &= (3,5 + V_2) \cdot 0,05 \\V_2 &= 56 \text{ ml}\end{aligned}$$

### Úloha 0.14 (MB)

Kyslík se v průmyslové praxi vyrábí destilací zkapalněného vzduchu. Tato výroba je však v případě laboratorní demonstrace dosti náročná. Nejjednodušší cestou, jak kyslík připravit, je použití termického rozkladu vhodné anorganické látky. Napište vyčíslenou chemickou rovnici termického rozkladu chlorečnanu draselného.

Jak bylo napovězeno doprovodným textem, termický rozklad chlorečnanu draselného vede k molekulovému kyslíku jako produktu. Termické rozklady velmi často vedou k velmi stabilním produktům a jelikož kyslík z  $\text{KClO}_3$  může všechen skončit jako  $\text{O}_2$ , nejjednodušší a stabilní produkt ze zbytku molekuly bude chlorid draselný. Vyčíslená rovnice:



### Úloha 0.15 (AT)

*Haloquadratum walsbyi* je druh organismu z domény staruší (*Archaea*) objevený v 80. letech 20. století v nádržích se solankou na Sinajském poloostrově. Vyznačuje se plochými buňkami čtvercového tvaru (odtud jeho název) a patří mezi extremofilní organismy: nejlépe se mu žije v roztocích chloridu sodného, ve kterých se odpařováním vody sráží pevná sůl. Protože nás zajímalo, kolik soli naše breberka snese, odlili jsme si 250

ml roztoku ze solného jezírka, nechali veškerou vodu odpařit a zbylo nám 90,5 g soli. v jezírku byla teplota 35 °C. Určete molární koncentraci chloridu sodného ve vzorku.

Molární koncentrace je definována jako podíl látkového množství a objemu. Látkové množství určíme vydělením hmotnosti chloridu sodného jeho molární hmotností, která je  $M_{\text{NaCl}} = A_{\text{Na}} + A_{\text{Cl}} = 58,44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Vyjde  $n = m/M_{\text{NaCl}} = \frac{90,5}{58,44} = 1,55 \text{ mol}$ . Molární koncentrace je tedy  $c = \frac{n}{V} = \frac{1,549}{0,250} = 6,19 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Údaj o teplotě k řešení nepotřebujeme.

### Úloha 0.16 (SCh)

Jedním z nejsilnějších gymnaziálních zážitků autora této úlohy byla hodina chemie, při které byl za vyrušování v učebně přesazen do jiné lavice. Minutu nato však byl znovu kárán, neboť jeho pozornost přitáhla na lavici napsaná básnička:

*„Nevydrží Vám myš v klidu?  
Použijte kyanidu!  
Stačí jedna či dvě kapky,  
už jí zpomalujou tlapky.  
A po třetí kapce  
spínká myška sladce.“*

Po několika letech autor tuto básničku náhodou objevil opět v hlubinách internetu, protože však chyběly vhodně jednoduché úlohy na Chemiklání, zamyslel se místo vzpomínání nad tím, zdali by jeden gram, perorálně požitý, některé z následujících látek, dokázal trvale poškodit i lidské zdraví. Vyberte tyto velmi nebezpečné látky z následujícího seznamu. Sacharosa, chlorid sodný, kyanid draselný, ethanol, destilovaná voda, nikotin.

Ve výčtu jsou pouze dva zjevné jedy, a to kyanid draselný a nikotin. Všechny ostatní jsou více či méně součástí možného či běžného jídelníčku.

### Úloha 0.21 (SCh)

Uhlovodíky (angl. hydrocarbons) jsou typicky považovány za líné, nereaktivní molekuly. I přes jejich zdánlivou „lenost“ však i tyto látky dnes a denně moderní společnost potřebuje. Kde přesně? Utvořte správné dvojice uhlovodík-popis.

- |            |  |
|------------|--|
| 1. Toluen  | A Významná složka zemního plynu                                    |
| 2. Methan  | B Nejjednodušší organický rostlinný hormon uvolňující se při zrání |
| 3. Oktan   | C Významná složka ředidel, průmyslové rozpouštědlo                 |
| 4. Ethylen | D Významná složka benzínů  |

Správnými dvojicemi jsou 1C, 2A, 3D, 4B.

## Úloha 0.22 (MB,WJ)

Homeopatie je pseudovědecká metoda založená na ředění látky až do tak malých koncentrací, že v „účinném“ přípravku není přítomna ani jedna molekula účinné látky. Biochemik Jardík chtěl připravit homeopatickou kyselinu chlorovodíkovou. Připravil si 0,01 M roztok HCl a změřil  $\text{pH} = 2,0$ . Tento roztok  $100\times$  naředil a změřil  $\text{pH} = 4,0$ . Opět  $100\times$  zředil a změřil  $\text{pH} = 6,0$ . Jaké  $\text{pH}$  Jardík změřil po dalším stonásobném zředění?

Ať už úvahou či výpočtem dojdeme ke zdánlivému výsledku, že  $\text{pH}$  takto zředěného roztoku HCl by mělo být 8,0. Což ale není v souladu s principem, že kyseliny mají  $\text{pH}$  v rozmezí 0–7. Náš roztok je tedy až tak zředěný, že středoškolský vzorec

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] \approx -\log_{10}(c(\text{HCl}))$$

neplatí, takže jej můžeme považovat za destilovanou vodu s  $\text{pH} = 7,0$ .<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pro silně zředěné roztoky nesmíme zanedbat iontový součin vody. Silná kyselina zcela disociuje a roztok musí být elektroneutrální. Sestavíme si rovnice:

$$c(\text{HCl}) = [\text{Cl}^-] \quad (1)$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (2)$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] \quad (3)$$

Dosažením rovnic (1) a (2) do rovnice (3) po algebraických úpravách získáme kvadratickou rovnici:

$$[\text{H}^+]^2 - c(\text{HCl})[\text{H}^+] - 10^{-14} = 0$$

Řešením a zlogaritmováním kladného výsledku získáme  $\text{pH} = 6,98$ . Pro potřeby soutěže byly uznávány hodnoty mezi 6,9 – 7,0.

## Úloha 0.23 (AP)

V dnešní době analytická chemie spoléhá především na data z přístrojů. Historicky však chemici používali především metody senzorké (t.j. své smysly). Ochutnávání je však dnes už zakázáno a i čichová analýza není příliš doporučena. Zatím se však můžeme na chemické látky dívat a je vskutku několik chemikálií, které můžeme poznat na první pohled. Ve školním skladu chemikálií jste na polici našli čtyři lahvičky s pevnými látkami následujících barev:

žlutá/zlatá, fialová, oranžová, modrá.

Popisky lahviček už jsou dávno stržené, ale podle seznamu chemikálií víte, že na dané polici by se měly nacházet následující sloučeniny:

dihydrát síranu vápenatého, pentahydrát síranu měďnatého, manganistan draselný, dusičnan sodný, dichroman draselný, jodid olovnatý, heptahydrát síranu železnatého, uhličitan vápenatý.

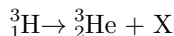
Určete, která chemikálie se nachází v které lahvičce.

Správné dvojice jsou:

žlutá/zlatá – jodid olovnatý; fialová – manganistan draselný; oranžová – dichroman draselný; modrá – pentahydrát síranu měďnatého

## Úloha 0.24 (MB)

Možná vám stále ještě na stole leží úloha o izotopech vodíku. Nejtěžší z nich se samovolně rozkládá na radioaktivní helium dle následující rovnice s poločasem rozpadu 12,3 roku:



Určete částici X.

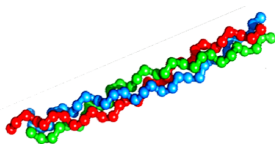
Aby platila rovnost nukleonového i protonového čísla na obou stranách rovnice, musí být částice  ${}^0_{-1}\text{X}$ , tzn. neobsahuje proton ani neutron a má náboj  $-1$ . Správnou odpověď je elektron. Na stejnou odpověď přijdeme i uvědoměním si, že se jedná o  $\beta^-$  rozpad.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Při této přeměně vzniká i elektronové antineutrino. Pro jednoduchost byla tato skutečnost v úloze zatajena.

## Úloha 0.25 (JP)

Kolagen je důležitou biomolekulou, která se vyskytuje ve velkém množství v mimobuněčné hmotě, například v kostech, vazivu či chrupavkách. V této úloze se blíže podíváme na tuto zajímavou molekulu. Vaší úlohou bude zodpovědět obě podotázky.

- A. Kolagen je
1. protein
  2. sacharid
  3. lipid
  4. nukleová kyselina
- B. Na obrázku níže je 3D struktura kolagenu. Jak můžete vidět, molekula kolagenu je složená ze 3 řetězců (na obrázku je každý jinou barvou). Každý řetězec je sám o sobě levotočivý, avšak celé uspořádání 3 řetězců je pravotočivé. Právě toto těsné uspořádání dodává kolagenu jeho pevnost. Aby ale mohly být 3 řetězce takto blízko sebe, je každá třetí aminokyselina v kolagenu tou nejjednodušší kódovanou aminokyselinou, kterou známe. Jak se tato aminokyselina jmenuje?



- A. Kolagen je samozřejmě proteinem, jak plyne z textu otázky B.
- B. Nejlehčí kódovanou aminokyselinou je glycin.

## Úloha 0.26 (MG)

Je libo šálek kávy?

Existují dva základní druhy kávy – robusta a arabica. Obě se liší chemickým složením některých sekundárních metabolitů, a tedy i chutí, vůní a hlavně obsahem kofeinu. Robusta obsahuje 2,5 hm. % kofeinu, kdežto arabica jen 1,5 hm. %. Vysokoškolští studenti mají průměrnou spotřebu 2 šálky kávy denně, ve zkouškovém období je to ale ještě o 2 šálky více. Předpokládejte, že jeden šálek obsahuje 100 mg kofeinu. V jednom nejmenovaném obchodním řetězci prodávají kilogramovou směs arabiky a robusty v poměru 70:30. Kolik celých vysokoškoláků si může během jednoho dne zkouškového z tohoto pytle udělat kávu?

Pokud mám 1 kg směsi arabiky a robusty 70:30, znamená to vlastně, že mám 700 g arabiky a 300 g robusty. Když vynásobím tyto hmotnosti příslušným hmotnostním zlomkem a sečtu je, dostanu, kolik je kofeinu v celém balení.

$$700 \cdot 0,015 + 300 \cdot 0,025 = 18 \text{ g}$$

V 1 kg směsi je 18 g, tedy 18 000 mg kofeinu. Jeden student běžně potřebuje 2 šálky, ve zkouškovém o 2 víc, tedy 4, a protože v jednom je 100 mg, potřebuje student ve zkouškovém denně 400 mg kofeinu. To, kolik studentů si za jeden den udělá kávu, spočítám tak, že celkové množství kofeinu podělím denní spotřebou jednoho studenta. Kávu si udělá 45 studentů.

## Úloha 1.1 (AJ)

V následujících popisech odhalte chemické prvky a sestavte z nich slovo, kterým lze nazvat Leonarda da Vinciho, W. A. Mozarta či Alberta Einsteina. Možná jste to i vy!

1. Polokov, který je ve sloučenině s arsenem využíván v elektronických součástkách.
2. Kov, který je jednou z hlavních složek zemského jádra.
3. Těžký kov, který lze využít jako jaderné palivo.
4. Nekov, jehož kyslíkatá kyselina je průmyslově jednou z nejdůležitějších chemických sloučenin.

GeNiUS

## Úloha 1.2 (SCh)

Svět chemiků je stále plný nejrůznějších názvů a zkratk... .

... a ty vyvolávají především v hlavách studentů velký zmatek. Především tomu tak je proto, že mnohé známé molekuly kromě názvů systematických označujeme také názvy triviálními, a co víc, ani v názvech systematických kýženy pořádek není. Mnohdy můžeme jednu molekulu dokonce pojmenovat více způsoby, které vycházejí ze zcela odlišných principů – posuďte tuto skutečnost třeba na příkladech uvedených níže a uveďte, které názvy si odpovídají.

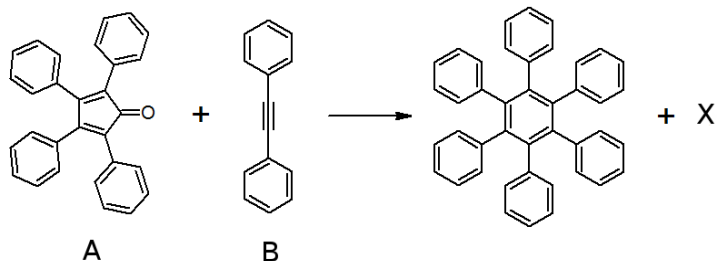
Acetylen, propanon, sirovodík, amoniak, aceton, čpavek, ethyn, sulfan.

Správnými dvojicemi jsou v této úloze acetylen-ethyn, sirovodík-sulfan, aceton-propanon a čpavek-amoniak.

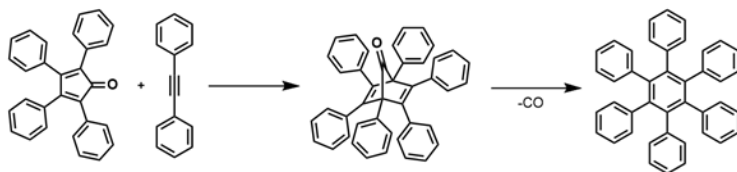


### Úloha 1.3 (JL)

Při syntéze hexafenylbenzenu můžeme pohodlně vycházet z difenylacetyleny a tetrafenylcyklopentadienonu. Reakce probíhá přes bicycklýký intermediát. Jaká látka X vzniká vedle chtěného produktu?



Nejprve dochází k Dielsově–Alderově reakci za vzniku zmíněného meziprojektu. Z něho dospějeme k hexafenylbenzenu extruzí oxidu uhelnatého (CO). Jednodušší úvahou dojdeme ke vznikajícímu oxidu uhelnatému odečtením sumárního vzorce hexafenylbenzenu od součtu sumárních vzorců výchozích látek.



### Úloha 1.4 (PM, AP)

Fruktóza je hlavním energetickým zdrojem pro spermie, proto se také vyskytuje v seminální tekutině ve vysokých koncentracích. Spočítejte, kolik miligramů fruktózy ze sebe vydá muž za jeden měsíc, pokud koncentrace fruktózy ve spermatu dosahuje průměrně  $7,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ , průměrný objem ejakulátu činí 5 ml a dodržuje pouze lékaři doporučené množství ejakulací měsíčně, což je 12. Napovíme, že fruktóza je isomer glukózy.

Koncentrace fruktózy je  $7,5 \text{ mmol l}^{-1}$ , což odpovídá  $7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ . Objem jednoho ejakulátu je 5 ml, tedy  $5 \cdot 10^{-3} \text{ l}$ . Látkové množství fruktózy v jedné dávce lze

vypočítat jako

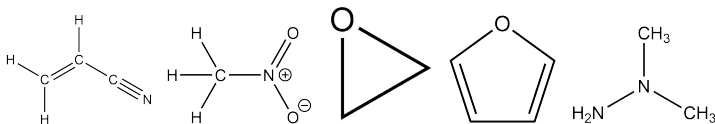
$$c_{\text{fruktóza}} \cdot V = 3,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Celkově se za měsíc jedná o  $3,75 \cdot 10^{-5} \cdot 12 = 4,5 \cdot 10^{-4}$  mol fruktózy. Molární hmotnost fruktózy určíme pomocí znalosti sumárního vzorce, který je  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (stejný jako glukóza), tedy  $M_{\text{fruktóza}} = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Celková hmotnost fruktózy je  $n_{\text{fruktóza}} \cdot M_{\text{fruktóza}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 180 = 0,081 \text{ g} = 81 \text{ mg}$  fruktózy.

## Úloha 1.5 (PM)

Kouř z cigarety obsahuje až 4 000 různých chemických sloučenin, z nichž bylo přes 50 prokazatelně identifikováno jako karcinogenní pro člověka. Přiřaďte názvy některých těchto jedovatých látek vyskytujících se v cigaretovém kouři k jejich chemickým vzorcům.

Furan, nitromethan, oxiran, akrylonitril, dimethylhydrazin.



Zleva doprava jsou postupně vyobrazeny akrylonitril, nitromethan, oxiran, furan a dimethylhydrazin.

## Úloha 1.6 (AT)

V mnoha zemích je zákonem zakázán prodej destilátů obsahujících více než 60 obj. % alkoholu. Tam, kde to předpisy dovolují, najdeme v obchodech i směsi blížící se azeotropickému limitu pro binární směs ethanol-voda, který je 96 hm. %. Takovýto alkohol, označovaný v Polsku jako „Spirytus rektyfikowany 95 %“ a vyráběný z brambor, kdežto v USA z obilí či kukuřice jako „190-proof“, se používá pro výrobu bylinných tinktur, ochucených likérů či jako rozpouštědlo. Určete molární koncentraci zcela čistého (tedy stoprocentního) ethanolu, pokud by se nám podařilo obejít termodynamická a praktická destilační omezení. Jeho hustota je  $789 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Molární koncentrace je definována jako podíl látkového množství a objemu

$$c = \frac{n}{V}$$

Látkové množství je definováno jako podíl hmotnosti látky s její molární hmotností

$$n = \frac{m}{M}$$

Objem potom získáme podělením hmotnosti látky hustotou

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Po dosazení dostáváme

$$c = \frac{\rho}{M}$$

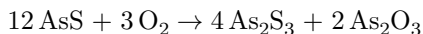
Před dosazením je třeba zkontrolovat na kompatibilitu jednotek, nejlépe volbou těch základních. Molární hmotnost ethanolu ( $M = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) proto převedeme na  $0,046 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$  a můžeme dosadit:

$$c = \frac{789}{0,046} = 17152 \text{ mol m}^{-3} = 17,2 \text{ mol dm}^{-3}$$

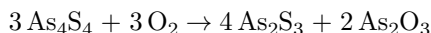
Místo dosazení do definičního vztahu můžeme uvažovat libovolné množství ethanolu, například 1 liter, jehož hmotnost je při zadané hustotě 789 g. Podělením této hmotnosti molární hmotností  $46 \text{ g mol}^{-1}$  získáme tentýž výsledek.

## Úloha 2.1 (SCh)

Celosvětová produkce arsenu se opírá především o tři minerály: arsenopyrit, auripigment a realgar. Poslední jmenovaný o stechiometrii AsS vytváří hezké rudé krystaly, pro něž bývá někdy nazýván „rudá síra“. Jeho barva však mizí na denním světle po kontaktu se vzdušným kyslíkem, protože se minerál mění na jedovatý arsenik (oxid arsenitý) a sytě žlutý auripigment, stechiometricky vzato sulfid arsenitý. Vyčíslenu chemickou rovnicí popište tuto přeměnu.



Uznávána byla i rovnice



## Úloha 2.2 (MB)

Práškový PVC se v průmyslovém zpracování neznačí střední molární hmotností (jak by člověk očekával), ale takzvanou  $K$  hodnotou.  $K$  hodnota PVC je jeho experimentální charakteristika zjišťovaná v technické praxi následujícím postupem (citováno):

1. Změříme viskozitu  $\eta_0$  čistého cyklohexanonu.
2. Změříme viskozitu  $\eta$  cyklohexanonu s rozpuštěným PVC.
3. Dopočítáme tisícinásobek hodnoty  $K$  z rovnice

$$\log \left( \frac{\eta}{\eta_0} \right) = \frac{75K^2}{1 + 1,5K} + K$$

Vypočtěte, jaká viskozita ( $\eta$ ) byla naměřena u PVC ( $1000K = 65$ ), jestliže viskozita čistého cyklohexanonu vyšla  $\eta_0 = 2,5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ .

Text úlohy byl opsán z návodu, který se používá při průmyslové praxi v nejmenované firmě. Z krkolomného textu je třeba dovodit, že jestliže  $1000K = 65$ , pak  $K = 0,065$ , což můžeme dosadit do zadané rovnice.

$$\log \left( \frac{\eta}{2,5} \right) = \frac{75 \cdot 0,065^2}{1 + 1,5 \cdot 0,065} + 0,065$$

$$\log \left( \frac{\eta}{2,5} \right) = 0,354$$

$$\left( \frac{\eta}{2,5} \right) = 10^{0,354} = 2,258$$

$$\eta = 5,65 \text{ mPa} \cdot \text{s}$$

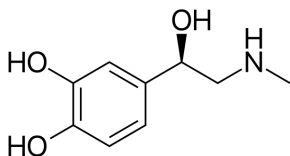
## Úloha 2.3 (AT)

Biochemikovi Jardíkovi se v knihovně dostala do ruky učebnice buněčné biologie a samozřejmě si chtěl hned něco vyzkoušet. Nechal si proto vysvětlit ovládání průtokového cytometru a z mrazáku vzal připravenou kulturu kmenových buněk. Po roztátí a výměně média odpipetoval vzorek, nastavil cytometr a dozvěděl se, že v 1 ml suspenze je přítomno průměrně 1,6 milionu buněk o středním průměru 12 mikrometrů. Jaký je objemový zlomek cytoplasmy v suspenzi? Buňky uvažujte jako stejně velké koule bez organel, s membránou zanedbatelné tloušťky.

Průměr 12 mikrometrů znamená objem jedné buňky asi 900 mikrometrů krychlových = 900 femtolitrů =  $9 \cdot 10^{-10}$  ml. 1,6 milionu buněk má objem 1,44 mikrolitru, což je 1,45 objemových promile vzorku. Pro účely soutěže jsme uznávali hodnoty mezi 1,4 a 1,5 ‰

## Úloha 2.4 (PM)

Italská kapela *Lacuna Coil* vydala v roce 2012 album *Dark Adrenaline*. Molekula z definice věci temná být nemůže, ale udělejme z ní heavy adrenalinu. o kolik procent se změní hmotnost molekuly adrenalinu, pokud vyměníme všechny vodíky za deuterium?

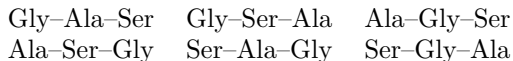


Pokud chceme určit, jak se změní molekula hmotnost po substituce všech lehkých vodíků za deuterium, musíme si určit strukturu adrenalinu a jeho molekulovou hmotnost s lehkými vodíky. Ze struktury lze poměrně přímočaře stanovit molekulový vzorec  $C_9H_{13}NO_3$ , z něhož pak jednoduše vypočítáme molární hmotnost jako  $9 \cdot 12 + 13 \cdot 1 + 1 \cdot 14 + 3 \cdot 16 = 183 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Po ztěžknutí adrenalinu se změní molární hmotnost všech vodíků na  $2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , což vyústí v molární hmotnost  $9 \cdot 12 + 13 \cdot 2 + 1 \cdot 14 + 3 \cdot 16 = 196 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Ať už spočítáním poměrů či trojčlenkou pak dospějeme k tomu, že poměr hmotností lze vyčíslit jako  $\frac{196}{183} \cdot 100 \%$ , tedy že nárůst hmotnosti činí 7,1 %.

## Úloha 2.5 (VN)

Peptidy jsou nepostradatelnou součástí lidského těla, bez nich bychom zde doslova nebyli. Slouží jak jako stavební kameny, tak jako součásti enzymů pro správné fungování všech funkcí těla. Skládají se z 20 základních biogenních aminokyselin. Jejich variabilita může být opravdu obrovská, to si dokážeme na následujícím příkladu. Napište pomocí třípísmenných zkratk (od N-konce k C-konci) **všechny možné různé** tripeptidy, které lze složit ze tří nejlehčích aminokyselin tak, abychom každou z nich použili právě jednou.

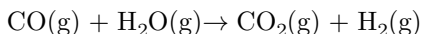
Nejlehčí aminokyseliny jsou alanin, glycin a serin, zkratky tedy budou



V případě peptidů rozlišujeme N-konec a C-konec, bude tedy záležet na pořadí aminokyselin a tripeptidů bude celkem šest.

## Úloha 2.6 (VN)

Oxid uhelnatý představuje důležitou součást zpracování ropy, vzniká především při zplyňování koksu a při parním reformingu zemního plynu. V ropném průmyslu je to meziprodukt při výrobě látky důležité v širokém spektru chemického průmyslu. Zapište rovnici reformace oxidu uhelnatého vodní parou (včetně skupenství všech látek) a označte hlavní produkt, kvůli kterému se reforming provádí. Napovíme, že onen žádoucí produkt je lehčí než vzduch.

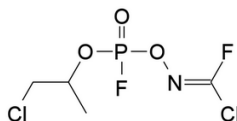
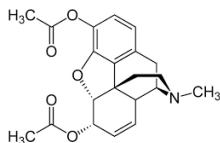
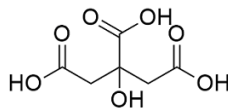
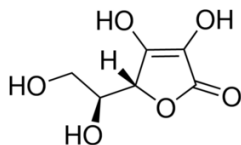


Tato reakce probíhá při vysokých teplotách v průmyslových chemických reaktorech, hlavním produktem, na který jsme se ptali, je vodík. Oxid uhličitý jako takový nemá významnější využití a v této reakci je vedlejším produktem.

## Úloha 3.1 (AK)

Některé molekuly, hlavně organické, jsou chirální. To znamená, že nejsou totožné se svým zrcadlovým obrazem. Většinou pak obsahují jeden nebo více atomů, které na sobě mají navázány čtyři různé substituenty. Velice často to bývají uhlíky se čtyřmi různými substituenty.

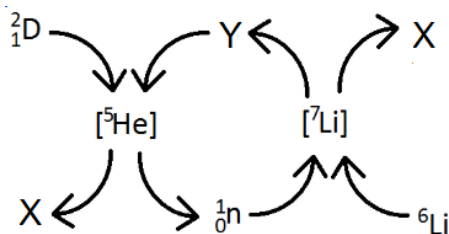
Určete, kolik takových chirálních atomů uhlíku má vitamin C, kyselina citronová, heroin a jedna konkrétní látka typu Novičok, výsledek zapište číslem pro každou molekulu.



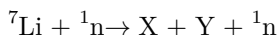
V molekulách se postupně nachází dva, nula, pět a jeden chirální atom uhlíku. Doufáme, že jste se nenechali nacytat na symetrickou molekulu kyseliny citronové.

### Úloha 3.2 (PMer)

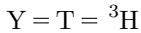
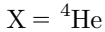
Největší test vodíkové bomby provedený armádou Spojených států byl uskutečněn roku 1954 na atolu Bikini na Marshallových ostrovech. Bomba byla založena na principu tzv. Jetterova cyklu:



Jako palivo byl použit deuterid lithný s obsahem 35%  ${}^6\text{Li}$  (zbytek tvořil izotop  ${}^7\text{Li}$ ). Výsledná exploze byla přibližně třikrát silnější, než bylo plánováno, což způsobilo značné nepříjemnosti jednotkám pověřeným tímto experimentem.  ${}^7\text{Li}$  se totiž rovněž účastnil jaderné reakce podle rovnice níže, což velmi zesílilo explozi.



Napište, co se v cyklu a rovnici skrývá pod písmeny X a Y.



### Úloha 3.3 (SCh)

Pokud se lidstvu podaří kolonizovat vzdálenější části Sluneční soustavy, nebo dokonce vzdálenějšího vesmíru, stane se novým zajímavým problémem přenos informací mezi jednotlivými vesmírnými sídly a Zemí. Rychlost přenosu je omezena rychlostí světla ve vakuu, ať přenášíme informace jakkoliv. Je však stále oříškem bezdrátově přenášet velké objemy dat, takže na Zemi stále většina dat teče kabely. To by ale bylo problematické pro komunikaci se vzdálenými koloniemi.

Zkuste nyní řádově odhadnout, jak těžké by bylo vedení spletené ze tří polyacetylenových vláken přenášející informace od Slunce k nejbližší hvězdě, Alpha Centauri A, vzdálené 4,37 světelného roku. (Světelný rok je vzdálenost, kterou světlo ve vakuu urazí za 1 rok.)

Pokud si netroufáte na odhad, pomozte si výpočtem. Vzdálenost C–C v polyacetylenu odhadněte jako 125 pm.

K výsledku přijdeme méně odvážnou cestou, tedy výpočtem. 4,37 světelného roku převedeme nejdřív do hmatatelných rozměrů, na metry:

$$4,37 \text{ ly} = 4,37 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365,25 \cdot 299792458 = 4,134 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

Na jednom metru tohoto vlákna najdeme atomy uhlíku, a to přesně

$$\rho = \frac{1}{125 \cdot 10^{-12}} = 8 \cdot 10^9 \text{ m}^{-1}$$

Nesmíme pak zapomenout, že vlákna jsou celkem tři ( $N = 3$ ). Celé vedení by pak mělo hmotnost

$$m = l \cdot N \cdot \rho \cdot m_{\text{C}} = 19,78 \text{ kg}$$

Pro odhady byla dovolena tolerance 1 řádu, tedy 10 až 100 kg.

### Úloha 3.4 (JM)

Stáří vzorků vody či vodných roztoků se dá zjistit stanovením obsahu radioaktivního tritia, které přirozeně vzniká v přírodě působením



kosmického záření. Vypočítejte stáří vzorku vody, která má oproti běžné čisté vodě  $10\times$  menší radioaktivitu. Předpokládejte, že tam, kde byl vzorek uložen, nepronikalo žádné ionizující kosmické záření a že na počátku měla voda běžnou koncentraci tritia. Poločas rozpadu tritia je 12,32 roků.

K výpočtu se nejlépe hodí známý rozpadový zákon:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Aktivita je přímo úměrná počtu jader ( $A = \lambda \cdot N$ ), čímž dosazením dostáváme vztah

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Je zadáno, že aktivita našeho vzorku je desetinnová, což lze vyjádřit takto

$$A = 0,1 \cdot A_0 = A_0 e^{-\lambda t}$$

Po pokrácení  $A_0$  vyjádříme čas jako

$$t = -\frac{\ln 0,1}{\lambda}$$

Vztah mezi konstantou  $\lambda$  a poločasem rozpadu  $t_{1/2}$  lze najít v tabulkách či odvodit podobně dosazením  $A = 0,5A_0$  do vztahu (4).

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Po dosazení a vypočítání dostáváme  $t = 40,9$  let.

### Úloha 3.5 (JL)

Diazotetrazol je značně nestálou látkou. Svědčí o tom i fakt, že Thiele, který tuto látku poprvé připravil diazotací 5-aminotetrazolu, ji nebyl schopen identifikovat, jelikož v roztoku při  $0^\circ\text{C}$  okamžitě explodovala.



Napište rovnici rozkladu, který Thiele viděl a slyšel. Exploze je natolik rychlým procesem, že při ní látka nestihne chemicky reagovat s prostředím, ve kterém se nachází.

Diazotetrazol obsahuje šest atomů dusíku a jeden atom uhlíku. Dusík s uhlíkem netvoří žádné jednoduché a zároveň velmi stálé binární sloučeniny, a proto se diazotetrazol rozpadá až na prvky. Vyčíslená rovnice rozkladu je potom



### Úloha 3.6 (VN)

Triatlon je jedním z nejnáročnějších sportů, který člověk vůbec může provozovat. Jeho královská varianta je závod Ironman. Při první fázi musí sportovec uplavat 3,8 km v rozbouřených vodách, následně musí ujet 180 km na kole a po této projížďce ho čeká ještě maratonský běh dlouhý 42,2 km. Tento závod je velmi náročný fyzicky i psychicky. Jak moc je však tento závod náročný energeticky?

Enzymy zajišťující pohyb svalů energii získávají hydrolýzou ATP, univerzálního energetického platidla lidského těla. Jedním z účastníků loňského mistrovství světa v Ironmanu byl i český profesor chemického inženýrství. Kolik kilogramů ATP spotřebovalo tělo prof. Františka Štěpánka, aby pokrylo energetické požadavky na zvládnutí triatlonu Ironman na Havaji, pokud chytré hodinky po závodu ukázaly kalorickou spotřebu 12500 kcal. Molární hmotnost molekuly ATP je  $507,18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . (1 cal = 4,18 J)

Předpokládejte, že energie uvolněná hydrolýzou ATP je daná následující rovnicí a že tělo využije energii beze zbytku.



Počet molů ATP potřebného na pokrytí energetického požadavku vypočítáme jako energetickou spotřebu v joulech dělenou volnou energií reakce štěpení ATP:

$$n = \frac{12500 \cdot 4,18}{57} = 916,7 \text{ mol}$$

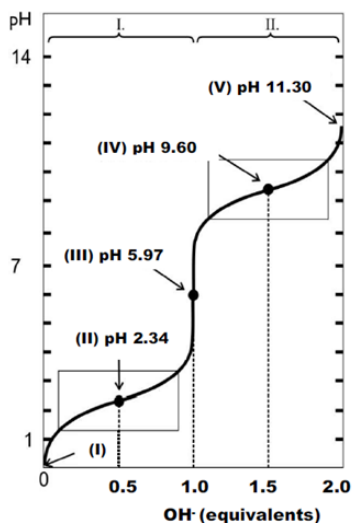
Celkovou hmotnost ATP vypočteme jako násobek látkového množství ATP potřebného na syntézu a molární hmotností jednoho molu ATP

$$m = 916,7 \cdot 507,18 = 464\,932 \text{ g} = 464,9 \text{ kg}$$

Tato hodnota několikanásobně převyšuje hmotnost celého sportovce, což se může zdát na první pohled nemožné, nicméně molekuly ATP se po štěpení na ADP a fosfát zpětně spojují na ATP a celý kruh se mnohonásobně opakuje. Druhým důvodem, proč je hmotnost syntetizovaného ATP tak vysoká, je i relativně vysoká molární hmotnost molekuly ATP.

## Úloha 4.1 (SO)

100 ml 0,1M roztoku glycinu (pH 1,72) bylo titrováno 2M roztokem NaOH. Výsledná titrační křivka je znázorněna na obrázku, kde jsou klíčové body titrace označeny I až V. Přiřadte tyto body k následujícím tvrzením.



- glycin je přítomen především jako kation
- pH je rovno  $pK_a$  karboxylové skupiny
- pH je rovno  $pK_a$  elektricky neutrální molekuly.
- glycin je přítomen především ve formě  $H_2N-CH_2-COO^-$ .
- isoelektrický bod glycinu (pI)

(I)-a, (II)-b, (III)-e, (IV)-c, (V)-d.

## Úloha 4.2 (JL)

Raw strava spočívá v konzumaci tepelně neupravených potravin. Hlavním argumentem jejích zastánců je, že nedochází k tepelnému zničení živin a enzymů. Za prahovou teplotu, kterou při tvorbě raw pokrmu nesmíme překročit, se považuje 42 °C. Za jakého tlaku si můžeme v pravém slova smyslu uvařit vodu pro přípravu raw polévky? Použijte Clausiovu-

Clapeyronovu rovnici v integrálním tvaru, jejíž tvar je následující:

$$\ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right) = - \frac{\Delta_{vap}H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

kde  $p_i$  je tlak nasycených par látky při teplotě  $T_i$ ,  $\Delta_{vap}H$  je výparná enthalpie látky a  $R$  je molární plynová konstanta. Výparnou enthalpii vody uvažujte konstantní, a to  $\Delta_{vap}H(\text{H}_2\text{O}) = 40\,660 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Clausiova–Clapeyronova rovnice popisuje závislost tlaku nasycených par látky nad její vroucí kapalnou fází v závislosti na teplotě. V našem případě známe teplotu normálního bodu varu  $T_2 = 373,15$ , která se vztahuje k normálnímu tlaku  $p_2 = 101\,325 \text{ Pa}$ . Chceme zjistit tlak  $p_1$  znájmce jemu příslušející teplotu  $T_1 = 315,15 \text{ K}$ . Z rovnice pak několika úpravami vyjádříme požadovaný tlak a dosadíme:

$$\begin{aligned} \ln p_2 - \ln p_1 &= - \frac{\Delta_{vap}H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \\ p_1 &= \exp \left( \frac{\Delta_{vap}H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) + \ln p_2 \right) \\ p_1 &= 9082 \text{ Pa} \end{aligned}$$

### Úloha 4.3 (AT)

Určete tlak nasycených par nad vroucím toluenem v otevřené baňce za atmosférického tlaku, znáte-li tyto hodnoty:

Teplota varu toluenu  $\theta = 110,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Antonieova rovnice

$$p = \exp \left( 13,9987 - \frac{3096,52}{T - 53,67} \right)$$

kde  $p$  je tlak v kPa a  $T$  teplota v K.

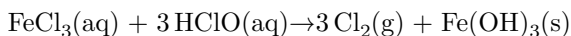
Toluen vaří, tudíž je jeho tlak roven atmosférickému tlaku (čehož si můžeme všimnout po důkladném pročtení první věty). Platí tedy  $p = p_{atm} = 101\,325 \text{ Pa}$ .

### Úloha 4.4 (AT)

Soli kyseliny chlorné jsou oxidační činidla, široce používaná pro dezinfekci vody k přímé spotřebě a v plaveckých bazénech, kde téměř úplně

nahradila přímé ošetření vody plynným chlorem. V záznamech o průmyslových haváriích ale přesto najdeme několik událostí, kdy došlo k vývinu oblaku chloru v důsledku neúmyslného smísení chlornanu s nějakou kyselinou. Dvě takové nehody se staly v rozmezí přibližně jednoho roku: 8. dubna 1983 v Knoxville ve státě Tennessee pracovníci čistírny odpadních vod omylem přidali do nádrže s chlornanem 600 galonů vodného chloridu železitého, událost se obešla bez zranění. V listopadu dalšího roku dovezla automobilová cisterna z okolí Manchesteru roztok chloridu železitého k odběrateli v hrabství Yorkshire. Řidič obdržel nesprávnou dokumentaci a v cíli náklad přečerpал do nádrže s chlorovým bělidlem. Celkem 29 osob muselo být ošetřeno.

Zapište chemickou rovnici reakce, ke které došlo v provozech; železo při ní nepodléhá redoxním změnám. Místo chlornanu uvažujte vodný roztok kyseliny chlorné.



## Úloha 4.5 (LP)

pH bývá na středních školách s oblibou zjednodušeně (se zanedbáním aktivit) definováno jako záporný dekadický logaritmus koncentrace  $\text{H}^+$ . To obzvláště v případě koncentrovaných kyselin může vést k velice nepřesným výsledkům! s použitím tohoto zjednodušeného vztahu spočtete pH kyseliny ze všech nejkoncentrovanější-samotného protonu! Proton pro zjednodušení úlohy považujte zakouli o poloměru  $8,414 \cdot 10^{-16}$  m.

pH jsme nadefinovali jako

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Pro jeho výpočet tedy potřebujeme zjistit koncentraci protonu v protonu. Koncentrace je definována jako podíl látkového množství a objemu:  $c = n/V$ . Objem protonu spočteme jako

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 2,491 \cdot 10^{-45} \text{ m}^3$$

Pokud si uvědomíme, že látkové množství je definováno jako podíl počtu částic a Avogadrova čísla, můžeme dosadit do vztahu pro koncentraci

$$c = \frac{N}{N_A V} = 6,6551 \cdot 10^{17} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Nyní už zbývá jen dosadit do definice pro pH:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -17,82$$

což je vskutku úctyhodná hodnota! To, že tato hodnota nemá žádný velký fyzikální význam, jistě dokážete posoudit sami! Pro srovnání kyselostí koncentrovaných kyselin (jíž jistě proton je) po dlouhou dobu byla (a stále je) používána Hammettova kyselostní funkce,<sup>3</sup> ani ta však není pro kvantifikaci kyselosti protonu úplně vhodná. V roce 2010 byla navržena nová unifikovaná škála pH, která umožňuje kvantifikovat relativní kyselost všech species napříč všemi fázemi a byla by tak vhodnější.<sup>4</sup>

## Úloha 4.6 (VN)

Jednoho dne si Standa nechal narůst dlouhé vlasy, to mu ovšem nestačilo a potřeboval udělat něco dalšího, aby se stal pravým metalistou. Rozhodl se tedy, že se nechá celý galvanicky pokovit. Abychom ho mohli pokovit, nejprve ho pokryjeme tenkou vrstvou grafitu pro zajištění vodivosti jeho těla, poté jej ponoříme do roztoku zinečnatých iontů a připojíme do obvodu, kde bude sloužit jako katoda. Jako anoda poslouží dostatečně velký kus zinku. Kolik dnů musíme nechat našeho metalového nadšence pokovovat při proudu 5 A, aby se na celém jeho těle o ploše 1,8 m<sup>2</sup> vytvořila 2 mm tlustá vrstva zinku?

$$\text{Hustota kovového zinku } \rho = 7140 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$\text{Faradayova konstanta } F = 96\,485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-3}$$

$$\text{Molární hmotnost zinku } M = 65,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Nejdříve vypočítáme hmotnost zinku potřebnou na pokrytí Standy vrstvou tlustou 2 mm.

$$m = V \cdot \rho = S \cdot h \cdot \rho = 1,8 \cdot 0,002 \cdot 7140 = 25,704 \text{ kg}$$

Při galvanickém pokovování pracujeme s prvním Faradayovým zákonem elektrolýzy, který nám říká, že hmotnost vyloučeného kovu je násobkem elektrochemického ekvivalentu  $A$ , proudu použitého na pokovování  $I$  a času pokovování  $t$ .

$$m = A \cdot I \cdot t$$

<sup>3</sup>Hammett, L. P.; Deyrup, A. J., A SERIES OF SIMPLE BASIC INDICATORS. I. THE ACIDITY FUNCTIONS OF MIXTURES OF SULFURIC AND PERCHLORIC ACIDS WITH voda. Journal of the American Chemical Society 1932, 54 (7), 2721-2739.

<sup>4</sup>Himmel, D.; Goll, S. K.; Leito, I.; Krossing, I., A Unified pH Scale for All Phases. Angewandte Chemie International Edition 2010, 49 (38), 6885-6888. dx.doi.org/10.1002/anie.201000252.

Nyní vypočteme elektrochemický ekvivalent který je zadefinován jako molární hmotnost kovu dělená Faradayovou konstantou vynásobená počtem elektronů potřebných na redukci iontů. Tato jednotka představuje hmotnost kovu vyloučenou na jednotku náboje přivedenou do systému

$$A = \frac{M}{F \cdot Z} = 3,39 \cdot 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{C}^{-1}$$

Z rovnice prvního Faradayova zákona vyjádříme čas. Nyní již můžeme dosadit do rovnice vypočtenou hmotnost, elektrochemický ekvivalent a zadaný proud.

$$t = \frac{m}{A \cdot I} = \frac{25,704}{3,39 \cdot 10^{-7} \cdot 5} = 176 \text{ dní.}$$

## Úloha 5.1 (VL)

Elementární chlor v alkalických roztocích disproportionuje za vzniku iontů chlornanových a chloridových. Dikyan, vzorcem  $(\text{CN})_2$ , vykazuje obdobné chování. Zapište vyčíslenou reakci dikyanu v alkalickém vodném roztoku.

Stejně jako disproportionuje chlor, disproportionuje dikyan na kyanid a kyanatan.



## Úloha 5.2 (RV)

Tzv. rybičkometrie je hypotetickou metodou kvalitativní analýzy. Tato metoda se dá použít k určení neznámého kationtu v čistém vzorku kyanidu.

Princip metody je následující: v jedné 1000ml odměrné baňce se v destilované vodě rozpustí 1,000g čistého kyanidu sodného a v druhé odměrné 1000ml baňce se rozpustí 1,000g neznámého kyanidu. Poté se vezmou dvě velká identická akvária s identickými rybičkami (odtud pochází název metody). Do jednoho akvária se po malých přesně odměřených množstvích se za stálého intenzivního míchání přilévá roztok kyanidu sodného. Když rybičky vyplavou bříškem nahoru na hladinu, zaznamená se spotřeba roztoku kyanidu  $V_{\text{standard}}$ . Stejný proces se opakuje s druhým akváriem a roztokem neznámého kyanidu, čímž obdržíme druhou spotřebu  $V_{\text{neznámý}}$ . Určete kation v neznámém kyanidu, je-li  $V_{\text{standard}} = 365$  ml a  $V_{\text{neznámý}} = 827$  ml.

Předpokládejte, že jedovatost kyanidu je dána pouze kyanidovým aniontem a že kyanid perfektně disociuje.

Dle předpokladů v zadání, rybičky začnou umírat pokud koncentrace kyanidu v akváriu dosáhne nějaké koncentrace  $C_{lethal}$ , která bude stejná v obou případech. Protože se jedná o identická akvária, bude v obou akváriích stejné látkové množství kyanidu. Pro látkové množství  $n$  platí  $n = c \cdot V$ , kde  $c$  je koncentrace a  $V$  je objem. z toho plyne  $c_{NaCN} \cdot V_{standard} = c_{neznámý} \cdot V_{neznámý}$ , kde  $c_{NaCN}$  značí koncentraci daného kyanidu v odměrném roztoku. Protože koncentrace kyanidu v odměrném roztoku je dána  $c = \frac{n}{V} = \frac{m}{V \cdot M}$  platí následující rovnost:

$$\frac{V_{neznámý}}{V_{NaCN}} = \frac{M_{neznámý}}{M_{NaCN}}$$

Z toho dostaneme

$$M_{neznámý} = \frac{V_{neznámý}}{V_{NaCN}} \cdot M_{NaCN} = \frac{827}{365} \cdot 49 = 111 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

tedy pro atomovou hmotnost neznámého kationtu za předpokladu, že má náboj  $1+$ , platí

$$M_{kation} = M_{neznámý} - M_{CN} = 111 - 26 = 85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Tato atomová hmotnost odpovídá rubidiu.

### Úloha 5.3 (WJ)

Hydrid neznámého prvku X obsahuje více než 10 hmotnostních procent vodíku. Při jeho reakci s oxidem uhličitým za zvýšené teploty vzniká sůl, která obsahuje 61,59 % kyslíku. Hydrolyza soli dává vzniknout organickému produktu. Napište značku prvku, který se skrývá pod označením X.

10 hmotnostních procent vodíku omezuje molární hmotnost kationtu v hydridu na nejvýše 9 pro stechiometrii  $XH$ , resp. 18 pro  $XH_2$ , 27 pro  $XH_3$  a 36 pro  $XH_4$ . To nechává jako možnosti  $LiH$ ,  $BeH_2$ ,  $BH_3$ ,  $AlH_3$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $SiH_4$  a  $H_2O$ . Aby vznikala po zahřátí sůl, musí být kation buď výrazněji elektropozitivní (což kvalifikuje  $LiH$  a  $AlH_3$ ) nebo tvořit jiný kation (kation amonný z  $NH_3$ ; poslední možnost však nepřipadá snadno v úvahu, protože při reakci s oxidem uhličitým není k ruce žádný zdroj vodíku).

Hydrolyzou navíc vzniká organický produkt a nikoli zpětně oxid uhličitý, takže sůl není uhličitánem. Máme k dispozici pouze fragment s jedním atomem uhlíku, takže

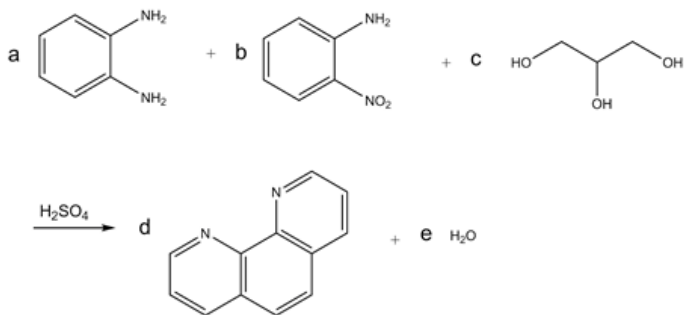


jako jediný rozumný anion připadá anion  $\text{HCOO}^-$  vzniklý adicí hydridového aniontu. z rychlého hmotnostního výpočtu se ukáže, že je jedinou možností mravenčan lithný, a tedy že dotazovaným prvkem X je lithium, Li.

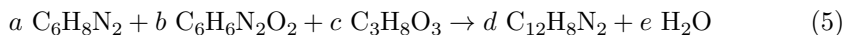
## Úloha 5.4 (AT)

*Kde domov můj, kde domov můj?  
V kraji znáš-li Bohu milém  
duše útlé v těle čilém,  
mysl jasnou vznik a zdar,  
a tu sílu vzdoru zmar?  
To je Čechů slavné plémě,  
mezi Čechy domov můj, mezi Čechy domov můj!*

Málokdo zná druhou sloku této písně z divadelní hry Josefa Kajetána Tyla, která, narozdíl od sloky první, nikdy nebyla státním symbolem. Podobně jsou ve stínu slávy jejího skladatele Františka Škroupa opomíjeny úspěchy, kterých dosáhl jeho synovec Zdenko Hans. Jako profesor chemie na univerzitách ve Štýrském Hradci (rektor 1903/04) a Vídni vychoval několik generací významných přírodovědců a přispěl k rozvoji chemie přírodních látek: jeho příprava chinolinu z anilinu, glycerolu a vhodného oxidačního činidla (např. nitrobenzenu) v přítomnosti kyseliny sírové patří mezi zavedené jmenné reakce (*Skraup synthesis*). Vaším úkolem je vyčíslit rovnici analogické syntézy 1,10-fenanthrolinu z *o*-fenyldiaminu, 2-nitroanilinu a glycerolu.



K vyčíslení nepotřebujeme znalost mechanismu, stačí zapsat sumární vzorce a vyčíslit rovnici stejně jako jakoukoli jinou:



Sestavíme bilanční rovnice pro jednotlivé prvky.

$$\text{N} : a + b = d$$

$$\text{O} : 2b + 3c = e$$

$$\text{C} : 6a + 6b + 3c = 12d$$

$$\text{H} : 8a + 6b + 8c = 8d + 2e$$

Výsledkem jsou čtyři rovnice pro pět neznámých, které můžeme vyřešit s jednou neznámou jako parametrem. Tím získáme

$$b = 2a; c = 6a; d = 3a; e = 22a$$

To znamená, že rovnice je splněna pro stechiometrické koeficienty 1:2:6:3:22 a jejich násobky.

Doplňme, že glycerol slouží jako zdroj tříuhlíkatých řetězců, ze kterých vzniknou boční aromatická jádra hlavního produktu. Mechanismus je poměrně dlouhý a počíná dvojnásobnou dehydratací glycerolu za vzniku akroleinu, který kondenzuje s aminoskupinou, následuje cyklizace.<sup>5</sup>

## Úloha 5.5 (JC)

Biochemik Jardík byl donucen absolvovat předmět Laboratoř organické chemie, aby získal potřebných 30 kreditů za semestr. Organická chemie mu nebyla příliš blízká a ani při práci v laboratoři nebyl příliš zručný. Na konci laboratoří mu jedna z baněk zůstala zanešena povlakem špíny na dně, která nešla žádným způsobem seškrábat. Rozhodl se tedy k jejímu odstranění chemickou cestou. Zkoušel všechna možná polární i nepolární rozpouštědla, dokonce zkoušel i čištění chromsírovou a peroxosírovou kyselinou, ale nic nepomáhalo. Nakonec se celý zoufalý rozhodl ignorovat zásady bezpečnosti práce a začal náhodně zkoušet různá rozpouštědla ve směsi s kyselinou sírovou. Když do baňky nalil kyselinu sírovou a toluen a zahřál ji horkovzdušnou pistolí, roztok začal žloutnout. Jardík, celý šťastný, pokračoval v proplachování baňky touto směsí, ale nečistoty se na dně stále držely. Napište chemickou reakci, která v baňce při posledním „čištění“ probíhala.

<sup>5</sup>Eine Synthese des Chinolins. Skraup, Z.H. *Monatshefte für Chemie* (1880) 1: 316. <https://doi.org/10.1007/BF01517073>

Protože nevíme, jaké povahy byla nezníčitelná špína na dně baňky, usuzujeme na chemickou reakci pouze mezi látkami v baňce a látkami dostupnými. Protože je v baňce toluen s kyselinou sírovou intenzivně zahříván, dochází celkem nepřekvapivě k sulfonaci toluenu. Žádanou rovnicí je tedy



Uznávány jsou isomery *ortho*- a *para*.

## Úloha 5.6 (VN)

Oddělování pevných částic od kapaliny je rutinní praxí v široké škále procesů chemického průmyslu; s filtrací se jistě již každý seznámil v laboratoři nebo i v domácím prostředí při přípravě kávy nebo při koupání v bazénu. Industriální filtr, používaný pro velké objemy suspenzí, je kalolis. Do filtračního prostoru kalolisu se přivádí suspenze materiálu. Tento prostor je uzavřen plachetkami, které umožňují prostup vody, ovšem prostupu pevných částic zabraňují. Těchto filtračních prostorů je za sebou mnoho a díky velké filtrační ploše je možné zpracovat velké množství kalu.

Vaším úkolem bude spočítat, kolik tun kaolinu o vlhkosti 28 % (hmotnostních) získáme za jeden filtrační cyklus, pokud budeme zpracovávat kaolinový kal o hustotě  $1,187 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  s hmotnostní koncentrací kaolinu v kalu  $300 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Průtok suspenze je  $3,2 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , filtrační cyklus trvá 50 minut.

Nejdříve vypočítáme celkový objem kalu zpracovaného za 50 minut jako násobek průtoku suspenze a celkového času filtrace  $t$ . Nesmíme zapomenout na přepočet jednotek.

$$V = t \cdot \dot{V} = (50 \cdot 60) \cdot 3,2 = 9600 \text{ dm}^3$$

Nyní vypočítáme množství sušiny kaolinu v kalu jako násobek hmotnostní koncentrace kaolinu a celkového objemu suspenze. Pro lepší přehlednost můžeme převést hmotnost z gramů na tuny

$$m = c \cdot V = 300 \cdot 9600 = 2,88 \cdot 10^6 \text{ g} = 2,88 \text{ t}$$

Pokud známe vlhkost materiálu, známe i hmotnostní zlomek suchého kaolinu ve vlhkém kaolinu. Se známým vypočteným množstvím sušiny a se znalostí vlhkosti materiálu je nyní možné vypočítat hmotnost vlhkého materiálu v útrokách kalolisu.

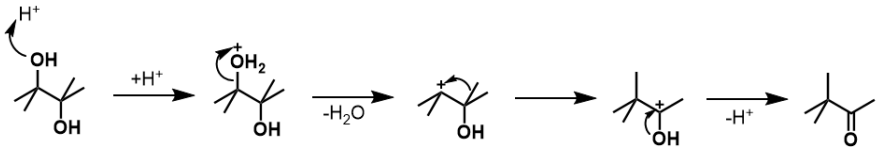
$$w_{\text{suchý kaolin}} = 1 - w_{\text{voda}}$$

$$m_{\text{final}} = \frac{m_{\text{suchý kaolin}}}{1 - w_{\text{voda}}} = \frac{2,88}{0,72} = 4 \text{ t}$$

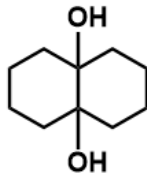
Za jeden filtrační cyklus se získají čtyři tuny vlhkého materiálu.

## Úloha 6.1 (JL)

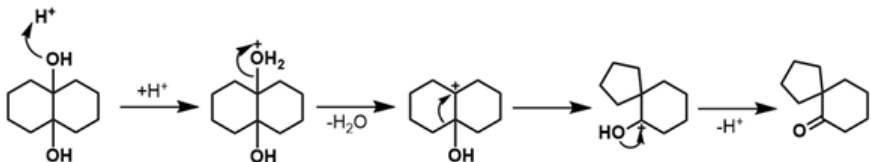
Pinakolový přesmyk je reakce, které podléhají 1,2-dioly v kyselém prostředí za vzniku ketonů. Při reakci nejprve dochází k protonaci jedné OH skupiny, která se následně odštěpí ve formě vody za vzniku karbokationtu, který podléhá samotnému přesmyku. z pinakolu takto vzniká pinakolon, jak je zobrazeno níže.



Jaký bude produkt přesmyku následující látky?



Při prvotním porovnání struktury pinakolu a zadaného diolu nemusí být produkt na první pohled zřejmý. Pokud ale budeme postupovat podle nakresleného mechanismu, dospějeme k hledanému produktu, spirocyklickému ketonu. Mechanismus je nakreslen níže. Samotný přesmyk karbokationtu probíhá tak, aby vznikl karbokationt nejstabilnější, v tomto případě tedy vedle zbývající OH skupiny.



## Úloha 6.2 (RV)

Koligativní vlastnosti roztoků jsou takové vlastnosti, které nezávisí na rozpouštěné látce, ale pouze na její látkové koncentraci. Jednou z těchto vlastností je i snížení bodu tuhnutí. Pokud v nějakém rozpouštědle, řekněme ve vodě, rozpustíme jakoukoliv látku, například sůl, tak dojde ke snížení teploty tuhnutí této látky. Toho se například využívá v zimě při sypaní chodníků a silnic solí. Kvantitativně snížení teploty tuhnutí popisuje následující rovnice:

$$\Delta T = \frac{RcT^2}{\Delta H}$$

kde  $R$  je molární plynová konstanta,  $c$  je součet koncentrací všech rozpuštěných částic,  $T$  je teplota tuhnutí čistého rozpouštědla a  $\Delta H$  je entalpie tuhnutí rozpouštědla.

Chcete-li snížit teplotu tuhnutí vody (o jeden stupeň Celsia) v bazénu o rozměru  $2 \times 5 \times 20 \text{ m}^3$  tím, že v ní rozpustíte dostatečné množství jedné ze sloučenin v tabulce, za jakou sloučeninu byste zaplatili nejméně? Uvažujte, že všechny soli zcela disociují na ionty. (Tedy 1 mol síranu sodného by rozdisocioval na 3 moly částic.)

$$T = 273 \text{ K} \qquad \Delta H = 79,72 \text{ cal g}^{-1}$$

$$R = 62,64 \text{ dm}^3 \text{ Torr K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \qquad \rho_{\text{voda}} = 996 \text{ kg m}^{-3}$$

sloučenina	molární hmotnost ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	cena (CZK $\text{kg}^{-1}$ )
bromid zlatitý	436,7	3 150 000,00
chlorid draselný	74,6	3,8
octan draselný	98,2	200
chlorid sodný	58,4	3,96
kyanid sodný	49	49
síran amonný	132,1	225
chlorid zlatitý	303	3 468 000,00
chlorid vápenatý	111	3,4
močovina	60,6	21

V zadaném vzorečku jsou molární plynová konstanta  $R$ , teplota tuhnutí vody  $T$  i entalpie tuhnutí rozpouštědla  $\Delta H$  konstantní. Proto je jasné, že jediné, čím má smysl se zabývat, je koncentrace všech rozpuštěných částic. Čím více částic v roztoku, tím víc se sníží teplota tuhnutí.

Počet částic, na které jedna molekula zkoumané látky rozdisociuje, nazvěme  $z$ . Čím větší molární hmotnost látky, tím větší hmotnost potřebujeme k tomu, abychom jí

rozpustili 1 mol (a tím víc za ni musíme zaplatit). z toho plyne, že sloučenina, za kterou byste zaplatili nejméně, musí mít nejvyšší následující poměr  $r$ :

$$r = \frac{z}{\text{cena} \cdot M}.$$

Pohledem na tabulku můžeme vyloučit vše, co stojí více než 5 korun. Zbývají chlorid vápenatý, chlorid sodný a chlorid draselný. Spočítáme-li hodnoty  $r$  pro každou z těchto látek, dostaneme:

$$r(\text{NaCl}) = 8,65 \cdot 10^{-3} \text{ kg}^2 \text{ mol}^{-1} \text{ CZK}^{-1}$$

$$r(\text{KCl}) = 7,06 \cdot 10^{-3} \text{ kg}^2 \text{ mol}^{-1} \text{ CZK}^{-1}$$

$$r(\text{CaCl}_2) = 7,95 \cdot 10^{-3} \text{ kg}^2 \text{ mol}^{-1} \text{ CZK}^{-1}$$

Jak je vidět, nejvyšší poměr  $r$  je u chloridu sodného, tedy pro snížení teploty tuhnutí vody, zajímá-li nás pouze cena, je nejlepší chlorid sodný.<sup>6</sup>

### Úloha 6.3 (JL)

V kruzích organizátorů Chemiklání oblíbený drink drátěnka vzniká slitím jednoho panáka (40 ml) octa (8% hm., hustota  $1,01 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) a jednoho panáka rumu (40% obj., hustota  $0,947 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Určete, kolik obj. procent lihu obsahuje výsledný nápoj po ustavení rovnováhy.

Molární hmotnosti:

$$M_{\text{voda}} = 18,02 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{EtOH}} = 46,07 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{AcOH}} = 60,05 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Hustota absolutního ethanolu:  $0,7951 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$

Rovnovážná konstanta esterifikace  $K = 5,3$  (do konstanty dosazujeme koncentrace všech složek včetně vody).

Předpokládejte, že objem směsí je dán součtem objemů složek a že změna objemu drátěnky v průběhu reakce je zanedbatelná.

Nejprve spočteme objem drátěnky podle zadaného předpokladu:

$$V_{\text{final}} = V_{\text{ocet}} + V_{\text{rum}} = 80 \text{ ml}$$

<sup>6</sup>Gratulujeme všem řešitelům, kteří se podívali do praxe, čím se solí silnice, a tento výpočet neprováděli.

Pro další výpočet budeme potřebovat znát látková množství jednotlivých složek drátěnky. Látkové množství ethanolu je následující:

$$n_{\text{EtOH}} = \frac{V_{\text{rum}} \cdot \phi_{\text{EtOH}} \cdot \rho_{\text{EtOH}}}{M_{\text{EtOH}}} = 0,2761 \text{ mol}$$

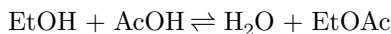
Obdobně spočteme látkové množství kyseliny octové:

$$n_{\text{AcOH}} = \frac{V_{\text{ocet}} \cdot \rho_{\text{ocet}} \cdot w_{\text{AcOH}}}{M_{\text{AcOH}}} = 0,0533 \text{ mol}$$

Látkové množství vody spočteme z její hmotnosti, která spolu s hmotností ethanolu a kyseliny octové dává celkovou hmotnost drátěnky:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{final}} - m_{\text{AcOH}} - m_{\text{EtOH}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = 3,440 \text{ mol}$$

Nyní už můžeme počítat s rovnováhou reakce. Ve drátěnce může probíhat následující reakce:



Rovnovážnou konstantu této reakce lze potom při jednotkových aktivitních koeficientech zapsat pomocí rovnovážné koncentrace. Rovnovážné koncentrace můžeme vyjádřit pomocí látkových množství spočtených výše. Je ale nutné od látkových množství reaktantů odečíst látkové množství  $x$ , které se reakcí přemění na produkty. Toto látkové množství pak přičteme k látkovým množstvím produktů. Dosazením získáme:

$$K = \frac{\left(\frac{n_{\text{voda}}+x}{V_{\text{fin}}}\right) \left(\frac{x}{V_{\text{fin}}}\right)}{\left(\frac{n_{\text{EtOH}}-x}{V_{\text{fin}}}\right) \left(\frac{n_{\text{AcOH}}-x}{V_{\text{fin}}}\right)} = \frac{(N_{\text{voda}} + x) \cdot x}{(n_{\text{EtOH}} - x)(n_{\text{AcOH}} - x)}$$

Výsledné objemy drátěnky se pokrátí a získáme rovnici pro neznámou  $x$ . Jejím řešením získáme  $x = 0,01464 \text{ mol}$ . Nyní už nám jen stačí zbylé látkové množství ethanolu přepočítat na jeho objemový zlomek<sup>7</sup>:

$$\phi_{\text{EtOH}} = \frac{V_{\text{EtOH}}}{V_{\text{fin}}} = \frac{(n_{\text{EtOH}} - x) \cdot M_{\text{EtOH}}}{V_{\text{final}} \cdot \rho_{\text{EtOH}}} = 0,1894.$$

## Úloha 6.4 (TD)

Fluorid stříbrný se narozdíl od všech ostatních halogenidů stříbra nesráží. Tohoto může být s úspěchem využito v gravimetrické analýze.

<sup>7</sup>Pro porovnání: při zanedbání reakce je objemový zlomek ethanolu roven 20%.

Směs KF, KCl a KBr váží 5 g. K úplnému vzniku směsi nerozpustných sraženin postačí 145 ml  $0,200 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  vodného roztoku  $\text{AgNO}_3$ . Sraženina váží 4,5 g. Jaké je složení původní směsi halogenidů? Výsledek uveďte v hmotnostních procentech.

Začněme spočítáním látkového množství dusičnanu stříbrného potřebného k vysrážení všech nerozpustných halogenidů

$$n_{\text{AgNO}_3} = V_{\text{AgNO}_3} \cdot c_{\text{AgNO}_3} = 0,029 \text{ mol}$$

Celkové množství dusičnanu stříbrného se rovná součtu množství chloridů a bromidů.

$$n_{\text{AgNO}_3} = n_{\text{AgCl}} + n_{\text{AgBr}}$$

Z toho vyplývá, že celková hmotnost sraženiny je dána hmotností sraženiny chloridu a bromidu stříbrného:

$$m_{\text{sraženina}} = m_{\text{AgCl}} + m_{\text{AgBr}}$$

Hmotnost původního vzorku je pak dána součtem všech jeho složek:

$$m_{\text{sample}} = m_{\text{KCl}} + m_{\text{KBr}} + m_{\text{KF}}$$

Drobnými úpravami a za použití vztahu  $n = \frac{m}{M}$  dostaneme soustavu tří rovnic o třech neznámých, jejím řešením získáme

$$m_{\text{KCl}} = 1,5855 \text{ g}$$

$$m_{\text{KBr}} = 0,9202 \text{ g}$$

$$m_{\text{KF}} = 2,4943 \text{ g}$$

To po přepočtu na hmotnostní procenta činí

$$w_{\text{KCl}} = 31,71 \%$$

$$w_{\text{KBr}} = 18,4 \%$$

$$w_{\text{KF}} = 49,89 \%$$

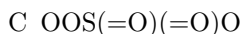
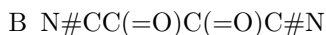
## Úloha 6.5 (RV)

Jednou z veselých částí chemie jsou chemické úsměvy, anglicky SMILES (simplified molecular-input line-entry system). Jedná se o velmi užitečný způsob reprezentace molekul pomocí textu, který lze přímo přeložit do struktury. (Pokud byste chtěli nakreslit složitou molekulu v chemickém editoru, můžete si najít její SMILES na wikipedii, zkopírovat to do toho editoru a máte tam tu molekulu). Pojdme se podívat na pravidla zápisu jednoduchých organických molekul.

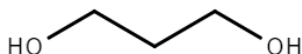


- 1 Atomy jsou reprezentovány jejich značkami, (C pro uhlík, o pro kyslík atp.)
- 2 Jednoduché vazby a atomy vodíku nejsou znázorněny (CCCCCC je hexan; CCO znázorňuje ethanol)
- 3 Větvení je znázorněno závorkami (CCC(CC)CC(C)CC je 3-ethyl-5-methylheptan, CC(O)C je propan-2-ol)
- 4 Dvojná a trojná vazba jsou znázorněny = respektive #. (C#C je ethyn, CC(=O)C je aceton (propan-2-on); CC=CC je but-2-en)

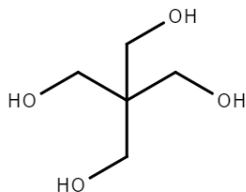
Mohli bychom pokračovat dále, ale toto nám jako základ postačí. Nakreslete strukturní vzorce molekul A-C



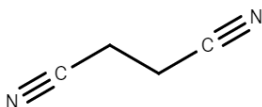
Vždy je asi nejlepší začít nevětvenou částí molekuly. v případě molekuly 1 jde o tučně vyznačenou část: **OCC(CO)(CO)CO**, které odpovídá



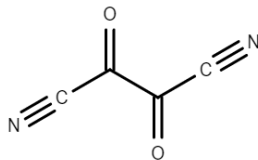
Poté musíme vzít v potaz větvení, vyznačené závorkami OCC(CO)(CO)CO. Skupina v závorkách je navázána na první atom před závorkou. v tomto případě jsou obě skupiny stejné a jsou navázané na stejný atom. Výsledná molekula vypadá takto:



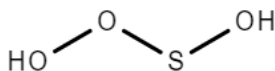
V případě dalších molekul hrají roli i dvojná a trojná vazba, vyznačené = resp. #. Nevětvená část v molekule 2 (**N#CC(=O)C(=O)C#N**) odpovídá:



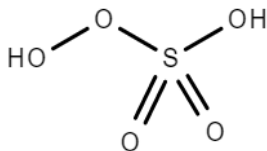
Přidáme-li kyslíky navázané dvojnou vazbou, obdržíme:



Nevětvená část v molekule 3 ( $\text{OOS(=O)(=O)O}$ ) vypadá takto:



Po přidání větvení obdržíme:



Jistě si stejně jako my nyní vzpomenete na tzv. Cimrmanův chemický vtíp.

## Úloha 6.6 (JL)

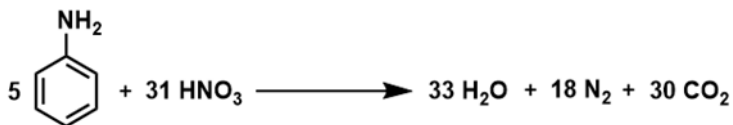
Ve čtyřicátých a padesátých letech minulého století se jako raketové palivo používal mimo jiné anilin ve směsi s dýmavou kyselinou dusičnou (počítejte 100%) jako okysličovadlem. Tyto dvě látky jsou ve směsi hypergolické, což znamená, že nepotřebují další vnější zážeh. Kolik ml kyseliny dusičné potřebujeme na úplné spálení jednoho litru anilinu za předpokladu, že produkty hoření jsou jen dusík, voda a oxid uhličitý?

Molární hmotnosti:  $M_{\text{anilin}} = 93,13 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $M_{\text{HNO}_3} = 63,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Hustoty:  $\rho_{\text{anilin}} = 1,03 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ,  $\rho_{\text{HNO}_3} = 1,51 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$

Pro výpočet musíme nejprve sestavit vyčíslenou rovnici spalování. Uhlíky anilinu s C–H vazbou mají oxidační číslo  $-I$ , uhlík vedle amino skupiny  $+I$ . Oxidační číslo

dusíku v aminoskupině je  $-III$  a oxidační čísla všech vodíků jsou  $+I$ . Na oxidaci jedné molekuly anilinu tedy potřebujeme 25 elektronů na uhlíky s  $C-H$  vazbou, 3 elektrony na uhlík vedle aminoskupiny a 3 elektrony na dusík aminoskupiny. Celkem tedy k oxidaci jedné molekuly anilinu potřebujeme 31 elektronů. Kyselina dusičná se redukuje o pět elektronů. Po aplikaci křížového pravidla rovnici vyčíslíme.



Pro poměr látkových množství reaktantů tedy platí:

$$\frac{n_{\text{HNO}_3}}{n_{\text{anilin}}} = \frac{31}{5}$$

Látkové množství anilinu převedeme na pravou stranou a za obě látková množství dosadíme následující výraz:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\rho \cdot V}{M}$$

Získáme tedy

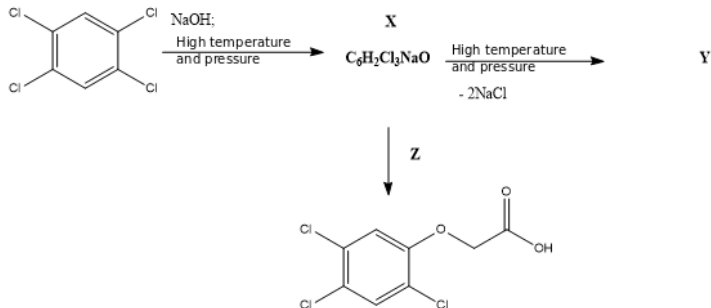
$$\frac{\rho_{\text{HNO}_3} \cdot V_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}} = \frac{31}{5} \cdot \frac{\rho_{\text{anilin}} \cdot V_{\text{anilin}}}{M_{\text{anilin}}}$$

Nyní už nám stačí vyjádřit objem dýmavé kyseliny dusičné a po dosazení získáme výsledek:

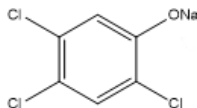
$$V_{\text{HNO}_3} = \frac{31}{5} \cdot \frac{\rho_{\text{anilin}} \cdot M_{\text{HNO}_3}}{\rho_{\text{HNO}_3} \cdot M_{\text{anilin}}} \cdot V_{\text{anilin}} = 2861 \text{ ml}$$

## Úloha 7.1 (PMer)

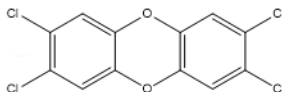
2,4,5-trichlorfenoxyoctová kyselina byla používána jako neselektivní herbicid. Tato látka se stala známou především jako jedna ze složek defoliantu Agent Orange, který byl použit Armádou Spojených států ve válce ve Vietnamu. 2,4,5-trichlorfenoxyoctová kyselina byla vyráběna také v Československu (Spolana Neratovice). Sama o sobě tato látka není pro člověka příliš toxická. Při její výrobě (schéma) vzniká také vedlejší produkt Y. Látka Y patří mezi dioxiny, je značně toxická, karcinogenní a teratogenní. Doplňte vzorce X, Y a Z, pokud vám napovíme, že látka z obsahuje právě dva atomy uhlíku.



Sloučenina X:



Sloučenina Y:



Sloučenina Z:

$\text{Cl-CH}_2\text{-COOH}$   
 nebo  $\text{Br-CH}_2\text{-COOH}$   
 nebo  $\text{I-CH}_2\text{-COOH}$

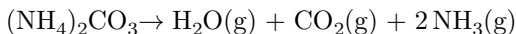
## Úloha 7.2 (RV)

Častou přísadou do těsta je jedlá soda (hydrogenuhličitan sodný), která těsto „nadýchává“. Z chemického hlediska lze tento proces relativně jednoduše objasnit. Jedlá soda se teplem rozkládá na uhličitan sodný, vodu a oxid uhličitý. Plynné produkty vznikající při této reakci pak těsto probublávají a tím ho nadýchají. Přestože pro většinu pečiva jedlá soda stačí, v cukrářství se též používá uhličitan amonný (též cukrářské droždí), který se rozkládá na amoniak, vodu a oxid uhličitý, díky čemuž nadýchá těsto více.

Vaším úkolem je spočítat, kolikrát větší bude objem všech plynných produktů vzniklých rozkladem 42 gramů uhličitanu amonného oproti objemu plynných produktů vzniklých rozkladem 42 gramů hydrogenuhličitanu sodného. Předpokládejte, že vznikající voda je v plynném skupenství (pečeme v troubě při teplotě 175 °C) a teplota a tlak jsou v obou případech stejné.

Ze stavové rovnice ideálního plynu známe vztah pro objem:  $V = \frac{nRT}{p}$ , kde  $n$  je látkové množství plynu,  $R$  je molární plynová konstanta,  $T$  je termodynamická teplota a  $p$  značí tlak. Z toho plyne, že poměr objemu vzniklých plynů bude dán pouze poměrem látkových množství vzniklých plynů.

Vyčíslené rovnice zadaných reakcí:

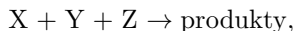


Z vyčíslených rovnic plyne, že z jednoho molu jedlé sody obdržíme jeden mol plynu, zatímco z jednoho molu cukrářského droždí obdržíme 4 moly plynu. Zároveň počet molů plynu uvolněných z  $x$  gramů látky je nepřímou úměrný molární hmotnosti dané látky, a proto je výsledný poměr  $r$  dán vztahem

$$r = \frac{4 \cdot M_{\text{NaHCO}_3}}{1 \cdot M_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3}} = \frac{4 \cdot 84}{1 \cdot 96} = 3,5.$$

### Úloha 7.3 (RV)

Chemická kinetika je oblast chemie, která se zabývá studiem rychlostí chemických reakcí. Mějme hypotetickou reakci



kde X, Y, Z značí nějaké náhodné molekuly. Pro rychlost  $r$  této reakce platí:

$$r = k_r [\text{X}]^x [\text{Y}]^y [\text{Z}]^z \quad (7)$$

kde  $k_r$  je rychlostní konstanta reakce, [X], [Y] a [Z] jsou koncentrace látek X, Y a z a exponenty  $x$ ,  $y$ ,  $z$  nazýváme řády reakce vůči X, Y a Z. Vaším úkolem je určit celkový řád reakce  $N = x + y + z$ , přičemž je zadána  $k_r = 43\,285 \text{ s}^{-1} \cdot \text{mol}^{-4} \cdot \text{dm}^{12}$  a byla naměřena následující data:

$r / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$	$[\text{X}] / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	$[\text{Y}] / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	$[\text{Z}] / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
106,05	0,1	0,5	0,7
530,24	0,7	0,1	0,5
75,759	0,5	0,7	0,1

Nejjednodušeji lze k danému problému přistoupit přes rozměrovou analýzu. Z rovnice (7) plyne

$$\begin{aligned} \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} &= \text{s}^{-1} \cdot \text{mol}^{-4} \cdot \text{dm}^{12} \cdot (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})^{x+y+z} \\ \text{s}^{-1} (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})^1 &= \text{s}^{-1} (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})^{-4} (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})^N \end{aligned}$$

Logaritmováním dostaneme celkem jednoduchý vztah pro  $N$ :  $N - 4 = 1$ , tím pádem  $N = 5$ .

Alternativně lze sestavit soustavu tří rovnic o třech neznámých, kdy do rovnice (7) postupně dosadíme data z jednotlivých měření.

$$\begin{aligned} 106,05 &= 0,1^x \cdot 0,5^y \cdot 0,7^z \\ 530,24 &= 0,7^x \cdot 0,1^y \cdot 0,5^z \\ 75,759 &= 0,5^x \cdot 0,7^y \cdot 0,1^z \end{aligned}$$

Řešením soustavy dostaneme  $x = 2$ ,  $y = 1$ ,  $z = 2$ ; což v součtu poskytuje též  $N = 5$ .

## Úloha 7.4 (SCh)

Ze školních lavic jsou jména pánů Friedela a Craftse známá především díky jednoduchým alkylacím, při kterých se nechává benzen reagovat s alkylchloridem a chloridem hlinitým. Znalost mechanismu této reakce však dovoluje mnohem hravější syntézy. Napište dominantní aromatický produkt reakce, při které necháte benzen reagovat s fosgenem a chloridem hlinitým.

Není obtížné si domyslet, že prvním probíhajícím krokem bude reakce ve smyslu Friedelovy–Craftsovy „acylace“ benzenu s fosgenem, která poskytne jako produkt benzoylchlorid. Ten sám je však v naší reakční směsi reaktivní částicí, která sama reaguje s dalším ekvivalentem benzenu nyní už přímo ve smyslu Friedelovy–Craftsovy acylace za vzniku benzofenonu. Polyacylace je omezena ze dvou důvodů, jednak záporný mezomerní efekt omezuje další acylace, druhak je ve směsi (a zejména na začátku reakce) výrazně více benzenu. Dominantním produktem je tedy **benzofenon**.

## Úloha 7.5 (VK)

„Gone, reduced to atoms.“ Toto prohlásil Thanos o kamenech nekoenečna, když je zničil. z toho můžeme usuzovat, že podobný osud potkal i živé tvory na Zemi, když je Thanos vymazal z existence. Průměrný lidský jedinec váží 68 kg a je hmotnostně složen z: 66 % kyslíku, 19,5 % uhlíku, 9,7 % vodíku, 3,3 % dusíku a 1,5 % vápníku. Ostatní prvky zanedbáme. Jelikož množství možných typů vazeb překračuje obsah této úlohy, počítejte s průměrnou energií jedné vazby pro organické sloučeniny  $4 \text{ eV} \cdot \text{vazba}^{-1}$  a základní vazností prvků. Počet lidí na Zemi je v okamžiku

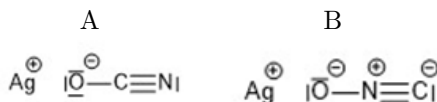
psaní této úlohy 7 737 612 322. Spočítejte, kolik energie by Thanos spotřeboval na snapnutí, tedy naprostou atomizaci poloviny lidské populace a výsledek uveďte v exajoulech. Jeden exajoule odpovídá  $10^{18}$  J.

Proces výpočtu je založen na určení počtu molů jednotlivých prvků v lidském těle, z toho výpočet počtu molů vazeb (dvojvazný kyslík, čtyřvazný uhlík, jednovazný vodík, třívazný dusík a dvouvazný vápník), ten podělit dvěma, vynásobit 4 eV a převést na nějaký rozumný násobek J (cca 3,3291 GJ na člověka). Dále už jenom ponásobit polovinou populace a převést na EJ, což poskytne výsledek 12,73 EJ

## Úloha 7.6 (RV)

Izomerie je neodmyslitelně spojena s organickou chemií. Poprvé však byla izomerie pozorována u dvou anorganických solí stříbra.

Látka **A** může být připravena reakcí dusičnanu stříbrného s močovinou. Jako jediný vedlejší produkt vzniká dusičnan amonný. Látka **B** vzniká reakcí kovového stříbra s kyselinou dusičnou a ethanolom. Tato reakce je značně složitá a vzniká v ní velké množství vedlejších produktů. Látka **A** je stabilní a nepříliš zajímavý šedivý prášek. Látka **B** je velmi citlivou třaskavinou, která se používá například jako náplň bouchacích kuliček. Elementární analýzou bylo zjištěno, že obě látky obsahují pouze stříbro, dusík, uhlík a kyslík. Nakreslete strukturní elektronové vzorce látek **A** a **B**.



## Úloha 8.1 (NV)

I v živých organismech platí zákony termodynamiky. To mimo jiné znamená, že děje probíhající v našem těle směřují k nějakému rovnovážnému stavu. Příkladem takového děje může být třeba pohyb částic přes membránu. V takovém případě považujeme za reaktant / produkt reakce jednu a tu samou částici uvnitř / vně membrány, podle toho, zda se bude částice pohybovat ven nebo dovnitř buňky. Rovnice pro výpočet změny Gibbsovy energie pro přenos nabitě částice ven z buňky bude vypadat následovně:

$$\Delta G = nF\Delta\phi + RT \ln \frac{[\text{produkty}]}{[\text{reaktanty}]}$$

kde  $n$  je valence (náboj) nabité částice,  $F$  je Faradayova konstanta,  $\Delta\phi$  je rozdíl potenciálů uvnitř a vně buňky,  $R$  je molární plynová konstanta,  $T$  je termodynamická teplota.

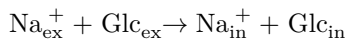
Představme si nyní buňku enterocyty ve střevě, která vstřebává glukosu ze střev. Tento děj probíhá mechanismem symportu se sodnými ionty. To znamená, že buňka využije toho, že vtok sodných iontů probíhá spontánně, a společně s nimi buňka „nasákne“ i molekuly glukosy. Vaším úkolem je vypočítat poměr koncentrací glukosy (Glc) na vnější (index  $_{\text{ex}}$ ) a vnitřní (index  $_{\text{in}}$ ) straně membrány

$$X = \frac{[\text{Glc}]_{\text{ex}}}{[\text{Glc}]_{\text{in}}}$$

jenž je pomocí tohoto mechanismu enterocyt schopen vytvořit. Jeden sodný kation je schopen transportovat jednu molekulu glukosy.

$$[\text{Na}^+]_{\text{ex}} = 143 \text{ mM}, [\text{Na}^+]_{\text{in}} = 14 \text{ mM}, \Delta\phi = -50 \text{ mV}$$

Spontánnosti reakce je dosaženo, pokud je změna Gibbsovy energie záporná. Abychom se vyhnuli počítání s limitami, budeme hledat právě limitní koncentraci, při které je  $\Delta G = 0$ . Jako reakci po nápovědě z textu můžeme uvažovat



Položíme-li  $X = \frac{[\text{Glc}]_{\text{ex}}}{[\text{Glc}]_{\text{in}}}$  můžeme po vyjádření z rovnice

$$0 = n \cdot F \cdot \Delta\phi + R \cdot T \cdot \ln \left( X \cdot \frac{[\text{Na}_{\text{in}}^+]}{[\text{Na}_{\text{ex}}^+]} \right)$$

získat hodnotu  $X$  jako

$$X = \frac{[\text{Na}_{\text{in}}^+]}{[\text{Na}_{\text{ex}}^+]} \cdot \exp \left( \frac{-n \cdot F \cdot \Delta\phi}{R \cdot T} \right)$$

Teplota lidského těla  $T$  činí 310 K, po dosazení všech veličin dostaneme  $X = 66,3$ .

## Úloha 8.2 (JL)

Dikynoacetylen (DCA) je za pokojové teploty a atmosférického tlaku bezbarvá kapalina, která je pro chemika zajímavá hned ze dvou důvodů. Tato látka je jednak schopna reagovat s durenem (1,2,4,5-tetramethylbenzenem)

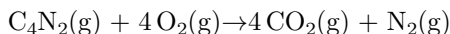


ve smyslu Dielsovy–Alderovy reakce, ale také při spalování v proudu kyslíku poskytuje nejteplejší kyslíkový plamen. Na druhou zajímavost se podíváme podrobněji. Spočítáte adiabatickou teplotu plamene dikyanoacetyleny a stechiometrického množství kyslíku ve stupních Celsia. Vstupní teplota reaktantů je 25 °C. (Adiabatická teplota plamene je model, který předpokládá úplné využití reakčního tepla na ohřev plynných produktů. Kapalina shoří až po předchozím vypaření.) Počítejte s následujícími daty:

Slučovací enthalpie oxidu uhličitého $\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2(\text{g}))$ :	$-393,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
Slučovací enthalpie dikyanoacetyleny $\Delta_f H^\circ(\text{C}_4\text{N}_2(1))$ :	$+500,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
Výparná enthalpie $\Delta_{vap} H(\text{C}_4\text{N}_2)$ :	$+28,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
tepelná kapacita $\text{CO}_2(\text{g})$ za konst. tlaku	$92,09 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
tepelná kapacita $\text{N}_2(\text{g})$ za konst. tlaku	$55,26 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

Uvažujte tepelné kapacity nezávislé na teplotě.

Z principu modelu adiabatického plamene spočteme nejprve standardní reakční enthalpii. Rovnice stechiometrického spalování je následující:



Standardní reakční enthalpii spočteme jako rozdíl standardních slučovacích enthalpií produktů a reaktantů. Standardní slučovací enthalpie prvků jsou samozřejmě nulové. Standardní slučovací enthalpie dikyanoacetyleny v plynné fázi je součtem té ve fázi kapalné a jeho výparné enthalpie:

$$\Delta_r H = 4\Delta_f H(\text{CO}_2) - \Delta_f H(\text{C}_4\text{N}_2) - \Delta_{vap} H(\text{C}_4\text{N}_2) = -2045,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

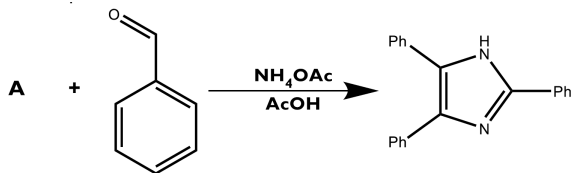
Celá reakční enthalpie je v našem modelu využita na ohřev plynných produktů. Plamen se tedy ohřeje o následující rozdíl teplot:

$$\Delta T = \frac{-\Delta_r H}{4c_p(\text{CO}_2) + c_p(\text{N}_2)} = 4829 \text{ K}$$

Protože jsme produkty spalování ohřívali z teploty 25 °C, je výsledná adiabatická teplota plamene 4854 °C.

### Úloha 8.3 (JH)

Substituované imidazoly se syntetizují z karbonylových sloučenin. Ke sloučenině A se přidá benzaldehyd a reakční směs se pak míchá s octanem amonným v kyselině octové. Vznikne 2,4,5-trifenyylimidazol. Nakreslete strukturální vzorec látky A.



Sloučenina A je benzil, systematicky 1,2-difenylethan-1,2-dion. Její vzorec se velmi často zkracuje jako (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CO)<sub>2</sub> či (PhCO)<sub>2</sub>.

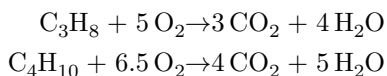
## Úloha 8.4 (SCh)

Svět chemiků je stále ještě plný nejrůznějších symbolů a zkratk. . .

Doufáme, že i přes absenci této větičky v loňském ročníku Chemiklání mají někteří z vás tuto skutečnost stále na paměti. Jednou z chemických zkratk, která je známá i širší veřejnosti, je LPG (angl. Liquefied Petroleum Gas), tedy zkapalněná směs propanu s butanem, která se používá jako alternativní palivo pro motorová vozidla. Malé množství této směsi jsme zapálili v přesně stechiometrickém množství kyslíku a spaliny prohnali vymražovacím zařízením. Tlak v trubici se spalinami přitom poklesl o 57 procent.

Určete molární zlomek butanu v LPG směsi, pokud předpokládáme, že v ní nebyly žádné nečistoty a že došlo k dokonalému spálení.

Klíčové pro výsledek je uvědomit si, co se při dokonalém spálení děje – propan i butan jsou dokonale spáleny na oxid uhličitý a vodu.



Pokud bylo LPG spáleno dokonale ve stechiometrickém množství, odchází spalinami pouze oxid uhličitý a voda. Ta je vymrazena a dále běží pouze oxid uhličitý. Jelikož podle Daltonova a Avogadrova zákona je tlak závislý pouze na počtu částic, po spálení čistého propanu by tlak klesl o čtyři sedminy a u čistého butanu o pět devítin. Problém se tak vlastně redukuje na interpolační rovnici o jedné neznámé:

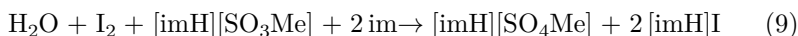
$$\frac{5}{9}x + \frac{4}{7}(1-x) = \frac{57}{100},$$

jejímž řešením je hledaný molární zlomek butanu, přesně  $x = 0,09$ .

## Úloha 8.5 (LP)

Určování množství vody ve vzorku je jednou ze základních úloh moderního analytického chemika a nachází uplatnění v široké škále odvětví od potravinářského průmyslu, přes kosmetiku, až po organickou syntézu. Dnes se pro tento účel používá coulometrická modifikace klasické titrace podle Karla Fischera. v analytické cele se nachází katoda a anoda oddělené iontově-permeabilní membránou. v anodovém prostoru se nachází roztok jodidu, methanolu, imidazolu (im), oxidu siřičitého a vzorku. Z jodidu je na anodě generován jód.

Princip titrace je následující:



Představte si, že jste organický chemik, jehož úkolem je syntéza složitého přírodního produktu – beatagradstudentdownotoxinu – a už vám zbývá provést jen poslední krok vaší syntézy – přípravu Grignardova činidla (z alkylbromidu a hořčíku) a jeho následnou adici na karbonyl. Bohužel už vám ale zbývá jen 0,5 mg vašeho pracně připraveného (45 reakčních kroků a 5 let vaší práce) alkylbromidu ( $M = 5000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ). Reakci provádíte v THF (300  $\mu\text{l}$ ), u nějž máte několik možností, jak ho vysušit.

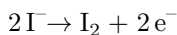
Jakou z nich si vyberete, pokud znáte prošlý náboj při titraci sušeného THF (5 ml) dle KF, aby byl váš výtěžek co nejvyšší? Jaký je nejvyšší možný výtěžek v %, pokud jako jedinou ztrátu počítáme kvantitativně probíhající reakci vzniklého Grignardova činidla s vodou?

$M_{\text{THF}} = 72,107 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\rho_{\text{THF}} = 0,8892 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ,  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,

$F = 96\,485,3329 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

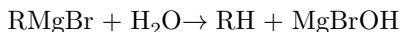
Metoda sušení	Prošlý náboj (5 ml THF) / C
Na/benzofenon	2,0455
3 Å MS	0,1907
Alumina	0,2856

Při generaci jodu z jodidu dochází k dvouelektronové oxidaci:



Jod pak reaguje s vodou podle rovnice (9) v poměru 1:1. Množství vody ve vzorku je tedy přímo úměrné množství vygenerovaného jodu, jehož množství je podle Faradova zákona elektrolýzy přímo úměrné prošlému náboji. Vygenerované Grignardovo

činnidlo reaguje s vodou podle rovnice:



Větší množství vody tudíž znamená nižší výtěžek. Nejvyšší výtěžek tím pádem poskytne rozpouštědlo, při jehož titraci prošel nejmenší náboj, tedy sušené 3 Å molekulovými sítí (3 Å MS).

Z Faradayova zákona elektrolýzy můžeme zjistit látkové množství vygenerovaného jodu při titraci 5 ml THF:

$$n(\text{I}_2) = \frac{Q}{z \cdot F} = \frac{0,1907}{2 \cdot 96485} = 9,8823 \cdot 10^{-7} \text{ mol.}$$

Látkové množství vody v 5 ml THF je stejné jako látkové množství jodu, ve 300 µl THF tedy bude:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,3}{5 \cdot 988,23} \text{ nmol} = 59,29 \text{ nmol}$$

Látkové množství pre-beatagradstudentdownotoxinu, jinými slovy našeho bromidu, je

$$n(\text{RBr}) = \frac{m}{M} = \frac{0,0005}{5000} = 10^{-7} \text{ mol} = 100 \text{ nmol}$$

Jelikož Grignardovo činidlo reaguje s vodou v poměru 1:1, je výpočet výtěžku triviální:

$$\eta = \frac{n_{\text{RBr}} - n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{RBr}}} \cdot 100\% = 40,71\%$$

Váš experiment tedy není příliš vhodně navržený. Vhodným řešením by například bylo provést reakci v menším objemu rozpouštědla (při větší koncentraci), nebo, pokud to dostupnost vašeho karbonylu dovoluje, vygenerovat Grignardovo činidlo transmetalací s nadbytkem jiného, komerčně dostupného Grignardova činidla, které nejdříve odreaguje přítomnou vodu, a následně použití přebytku karbonylu.

## Úloha 8.6 (SCh)

Svůj odraz nalezne chemie také ve světě šachu. v košaté teorii šachových zahájení své místo najdou například „sodium attack“ (v anglické notaci 1. Na3), „barium attack“ (1. b3 s následným 2. Ba3) nebo „borane attack“ (1. g3 s následným 2. Bh3). Předloni (to jest roku 2018) proběhlý zápas o mistrovství světa mezi Magnusem Carlsenem a Fabiano Caruanou skončil šňůrou dvanácti remíz „v základním čase“, tedy v partiích s klasickou časovou kontrolou FIDE. Na kvalitě zápasu se podepsala skutečnost, že v partiích, kdy vedl bílé figury americký velmistr,

oba hráči prozkoumávali stále stejnou variantu sicilské hry; když hrál černými, snažil se vyhýbat všem rizikům, získat jen malou poziční výhodu či udržet remízu. Zabývejme se nyní myšlenkou, že by Fabiano Caruana opustil šestkrát zahraničný tah 1. e4 a oživil by svůj repertoár jedním „sodným útokem“ – že by pokoutně přineseného jezdce, který by byl vyroben z čistého sodíku, vhodil do sklenice vody přinesené jeho norským soupeřem. Spočítejte, na jakou teplotu by se ohřál vzniklý roztok hydroxidu sodného ve sklenici.

Potřebná data:

Magnus Carlsen si přinesl 0,5 litru vody o teplotě 20 °C a hustotě 0,9982 g·cm<sup>-3</sup>. Tepelná kapacita vzniklého roztoku NaOH  $c_p$  [J · g<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>] má ve sledované oblasti závislost

$$c_p = 4,152 - 0,182b + 0,023b^2$$

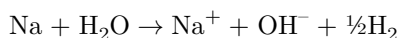
kde  $b$  je molalita hydroxidového nápoje v mol NaOH na kg H<sub>2</sub>O.

Slučovací entalpie dotyčných figur:

Na<sup>+</sup>: -240,1 kJ · mol<sup>-1</sup>, OH<sup>-</sup>: -230 kJ · mol<sup>-1</sup>, H<sub>2</sub>O: -285,8 kJ · mol<sup>-1</sup>.

Hmotnost jezdce:  $m = 10$  g. Zanedbejte tepelnou kapacitu sklenice a únik tepla do okolí. Počítejte též s tím, že nedojde k explozi.

Výpočet lze rozdělit na dva kroky: zjištění uvolněného tepla a následný ohřev vody. Ve sklenici proběhne známá reakce



Jelikož standardní slučovací entalpie vodíku je nulová, pro reakční entalpii získáme hodnotu

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m &= \Delta_f H(\text{Na}^+) + \Delta_f H(\text{OH}^-) - \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}) \\ &= -240,1 - 230 - (-285,8) = -184,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta_r H_{\text{skut}} = n(\text{Na}) \cdot \Delta_r H_m = 0,435 \cdot (-184,3) = -80,166 \text{ kJ}$$

Nyní k samotnému ohřevu – nejdříve spočteme molalitu vzniklého roztoku. Látkové množství vzniklého NaOH se rovná látkovému množství vhozeného Na,

$$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{Na}} = 0,435 \text{ mol}$$

Počáteční množství vody (pozor na jednotky – objem je třeba dosazovat v mililitrech) je

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{0,9982 \cdot 500}{18} = 27,728 \text{ mol}$$

Po reakci zbyde  $27,728 - 0,435 = 27,293$  mol vody. Molalita je pak

$$b = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,435}{27,293 \cdot 0,018} = 0,885 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

čemuž po dosazení odpovídá tepelná kapacita  $c_p = 4,0089 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ . Posledním krokem je dopočet konečné teploty. Pro zcela rigorózní přesnost našeho šachového propočtu nesmíme opomenout, že do sklenice přibylo 10 g sodíku a vyšumělo malé množství vodíku:

$$\begin{aligned} m_{\text{sol}} &= m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{Na}} - m_{\text{H}_2} = 0,9982 \cdot 500 + 10 - \frac{n_{\text{Na}}}{2} \cdot M_{\text{H}_2} \\ &= 0,9982 \cdot 500 + 10 - 0,438 = 508,7 \text{ g} \end{aligned}$$

Nyní již matový závěr – teplota roztoku hydroxidu ve sklenici:

$$\begin{aligned} T &= T_0 + \frac{|\Delta_r H_{skut}|}{m \cdot c_p} \\ T &= 20 + \frac{80169}{508,7 \cdot 4,0089} \\ T &= 59,3 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

## Úlohy vytvořili, sepsali a recenzovali:

Adam Jaroš (AJ)	Soňa Ondrušová (SO)
Anna Kovárnová (AK)	Tereza Dobrovolná (TD)
Adam Přádá (AP)	Vadim Kablukov (VK)
Adam Tywoniak (AT)	Vojtěch Laitl (VL)
Jaroslav Cerman (JC)	Vladimír Němec (VN)
Jan Hruběš (JH)	Wojciech Jankowski (WJ)
Jiří Ledvinka (JL)	Jan Bartáček
Juraj Malinčík (JM)	Raz L. Benson
Jakub Petrús (JP)	Matúš Drexler
Ladislav Prener (LP)	Vladimír Finger
Martin Balouch (MB)	Anna Freislebenová
Marie Grunová (MG)	Tereza Gistrová
Nikola Vršková (NV)	Jan Hrabovský
Ondrej Kopilec (OK)	Lukáš Marek
Pavína Muchová (PM)	Jan Němec
Pavel Měrka (PMer)	Clare Rees-Zimmerman
Richard Veselý (RV)	George Trenins
Stanislav Chvíla (SCh)	Alexandr Zaykov

*Na přání většiny autorů a recenzentů nejsou uvedeny jejich akademické tituly. Zkratky v závorkách označují v textu autory jednotlivých úloh.*

## Poděkování

Pátý ročník soutěže Chemiklání pořádala Fakulta chemicko-technologická Univerzity Pardubice a zapsaný spolek Alumni scientie bohemicae. Spoluvyhlašovatelem soutěže je Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. Děkujeme Department of Chemistry, Trinity College, Cambridge, UK za podporu a za recenze. Úlohy jsou přístupné pod licencí Creative Commons Uvedte původ-Neužívejte dílo komerčně-Zachovejte licenci 3.0 Česká republika (CC BY-NC-SA 3.0 CZ)

