



**58. ročník**

**2021/2022**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**Kategorie B**

---

**Test – Řešení**

**ANORGANICKÁ CHEMIE****30 BODŮ****Úloha 1      Neznámý prvek X****13,00 bodu**

Kov **X** se rozpouští v horké koncentrované kyselině sírové (**reakce 1**). Zastudena s koncentrovanou kyselinou sírovou nereaguje a k reakci se zředěnou kyselinou jej nepřinutí ani zvýšená teplota. V koncentrované kyselině dusičné se kov **X** rozpouští celkem snadno za vzniku hnědooranžového dýmu (**reakce 2**). S kyselinou chlorovodíkovou nereaguje, a to ani za horka. Přidáme-li však kyselinu chlorovodíkovou k roztoku vzniklému při reakci 2, dojde k vyloučení bílé sraženiny (**reakce 3**), která na světle černá. Povrch kovu **X** černá i na vzduchu, ale z jiného důvodu – zde za to může stopové množství sirných sloučenin (zvláště sirovodíku), které je ve vzduchu přítomno (**reakce 4**). Bílá sraženina vzniklá při reakci 3 se snadno rozpustí přidávkem vodného roztoku amoniaku (**reakce 5**) nebo thiosíranu sodného (**reakce 6**).

**1) Identifikujte daný prvek**

Prvek <b>X</b> : stříbro, Ag	<b>body:</b>
------------------------------	--------------

**1,00 bodu.****2) Napište vyčíslené rovnice reakcí 1–6.**

<b>Reakce 1:</b> $2 \text{Ag} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ <b>Reakce 2:</b> $\text{Ag} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <b>Reakce 3:</b> $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{HNO}_3$ <b>Reakce 4:</b> $4 \text{Ag} + 2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$ <b>Reakce 5:</b> $\text{AgCl} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ <b>Reakce 6:</b> $\text{AgCl} + 2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{NaCl}$	<b>body:</b>
--	--------------

*Za každou správně vyčíslenou rovnici po 2,00 bodu; v případě chybného vyčíslení, ale správných produktů, 1,00 bodu; v případě chybnějšího „nedůležitého“ produktu (H<sub>2</sub>O, NaCl), ale ve správném smyslu reakce, 0,50 bodu.*

**Celkem 12,00 bodu.**

**Úloha 2 Je to zlato? Není to zlato?****7,00 bodu**

Cena zlata na světových trzích letí k nebesům a v poslední době se vyšplhala na 1300,- Kč za gram. Máte štěstí – klenotník potřebuje rychle hotovost, a tak nabízí prodej skladových zásob pořízených v dobách, kdy byla cena zlata na minimum. Můžete tak pořídit 1,0 mm tlustý plíšek o rozměrech 10,00×3,00 cm a hmotnosti 25,5 g za pouhých 750,- Kč za gram, tj. celkem za 19125,- Kč (místo burzovních 33150,- Kč).

**1) Je tato nabídka opravdu výhodná? Vaše rozhodnutí krátce zdůvodněte.**

<p>Objem domnělého zlatého plíšku je:</p> $V(\text{plíšek}) = a \cdot b \cdot c = 0,10 \text{ cm} \cdot 10,00 \text{ cm} \cdot 3,00 \text{ cm} = 3,00 \text{ cm}^3$ <p>Což vede k hustotě:</p> $\rho(\text{plíšek}) = \frac{m(\text{plíšek})}{V(\text{plíšek})} = \frac{25,5 \text{ g}}{3,00 \text{ cm}^3} = 8,50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ <p>Odpověď: Nabídka je / není výhodná. (Nehodící se škrtněte.)</p> <p>Důvod(y) pro Vaše rozhodnutí:</p> <p>Není to zlato. Hustota opravdu neodpovídá zlatu (<math>19,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}</math>), ale spíše mosazi.</p>	<b>body:</b>
--	--------------

Za odpověď „není výhodná“ 1,00 bodu, za výpočet objemu 1,00 bodu, za výpočet hustoty 0,50 bodu, za zdůvodnění 0,50 bodu.

**Celkem 3,00 bodu.****2) Jak se jmenoval syrakuský antický učenec, jemuž dal král Hierón II. za úkol zjistit, zda jej klenotník tvoří královskou korunu nepodvedl, a který tedy stál před podobným problémem jak Vy?**

Archimédes	<b>body:</b>
------------	--------------

**1,00 bodu.**

Vydařenou „transmutaci“ stříbra ve zlato předvedl v roce 1672 dvorní „chymik“ Wenzel Seiler před zraky samotného císaře Leopolda I. Stříbrolesklý medailon ponořil do čiré kapaliny. Medailon se po chvíli k úžasu všech v sále, včetně císaře, proměnil v část, která byla ponořena, ve zlato! Dochovaný medailon byl v 19. století podroben analýze – ta zjistila, že se jedná o slitinu s obsahem zlata kolem 50 %, ale také, že medailon obsahuje též stříbro (cca 43 %) a dále měď (cca 7 %). Díky uvedenému poměru a vysokému obsahu stříbra a mědi má slitina stříbrnou barvu. Kapalinou, kterou Seiler použil, byla zjevně zředěná kyselina dusičná. V ní se totiž některé složky uvedené slitiny rozpouští. Díky tomu se povrch slitiny obohatí zlatem a změní barvu.

**3) Napište vyčíslené rovnice reakcí probíhajících na povrchu medailonu.**

$3 \text{Ag} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{AgNO}_3 + \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$ $3 \text{Cu} + 8 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$ alternativně: $\text{Ag} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	<b>body:</b>
--	--------------

Za každou správně vyčíslenou rovnicí po 1,50 bodu; v případě chybného vyčíslení, ale správných produktů, 1,00 bodu.

**Celkem 3,00 bodu.**

**Úloha 3 Výroba a vlastnosti kovů****10,00 bodu**

Hlavní rudou olova je galenit. Při výrobě olova z galenitu se ruda nejprve praží za přístupu kyslíku (**reakce 1**) a vzniklý oxid olova je poté redukován uhlíkem (**reakce 2**). Jedno z hlavních použití pak vyrobené olovo nachází v autobateriích – akumulátorech. Zde je využíváno faktu, že síran olovnatý je velmi špatně rozpustný. Olověná elektroda se tak při vybíjení akumulátoru (při odběru proudu) oxiduje (**reakce 3**), zatímco druhá elektroda tvořená oxidem olovičitým se při vybíjení redukuje (**reakce 4**), a produktem reakcí na obou elektrodách je právě nerozpustný síran.

**1) Napište vyčíslené rovnice reakcí 1–4.**

<b>Reakce 1:</b> $2 \text{PbS} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{PbO} + 2 \text{SO}_2$ <b>Reakce 2:</b> $\text{PbO} + \text{C} \rightarrow \text{Pb} + \text{CO}$ , alternativně též $2 \text{PbO} + \text{C} \rightarrow 2 \text{Pb} + \text{CO}_2$ <b>Reakce 3:</b> $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^-$ , alternativně též $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ <b>Reakce 4:</b> $\text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , alternativně též $\text{PbO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-}$	<b>body:</b>
--	--------------

Za každou správně vyčíslenou rovnicí (u **reakcí 3 a 4** hodnotit i případné další rozumné iontové alternativy) po 1,00 bodu.

**Celkem 4,00 bodu.**

Snad nejdůležitějším prvkem je pro lidstvo železo. Tento prvek však ve své surové podobě (po odpichu z vysoké pece) obsahuje značné množství uhlíku a díky tomu nemá vhodné mechanické vlastnosti. Pro zlepšení vlastností surového železa je proto dále zpracováváno na ocel. Při tomto procesu se v tzv. konvertoru vhání k roztavenému surovému železu kyslík. Tím se většina přítomného uhlíku vypálí a vzniklá nízkouhlíková ocel se dále zpracovává např. přidávkem dalších kovů na různé slitiny. Při výrobě oceli byla do konvertoru s kapacitou 300 tun nadávkována vsázka surového železa o hmotnosti 100 tun o obsahu 3,90 % uhlíku (hm.) a byly přidány struskotvorné přísady (chránící povrch železa před nadbytečnou oxidací) o hmotnosti 28 tun. Surové železo bylo roztaveno a byl k němu pomocí trysky chlazené vodou dmýchán proud kyslíku o čistotě 99,2 % pod tlakem 1,0 MPa po dobu 2 hodin. Výsledkem výrobního procesu byla ocel o obsahu uhlíku 0,32 % (hm.).

**2) Otázky k výrobě oceli:**

- a) Vypočítejte maximální možnou hmotnost oceli, kterou lze v popsaném procesu získat.

Výchozí surové železo: 3,90 % ze 100 tun je 3,90 tuny, ve výchozí vsázce je tedy 3,9 t C a 96,1 t Fe.  
 V konečné oceli může být teoreticky 96,1 t Fe, což při obsahu uhlíku 0,32 % je 99,68 %.  
 Konečné množství oceli je tak  $96,1 \text{ t} / 0,9968 = 96,4 \text{ t}$ .  
 Teoretický výtěžek oceli: 96,4 tun

**body:**

*Za výpočet hmotnosti železa v surovém železe 0,50 bodu, za výpočet hmotnostního zlomku železa ve finální oceli 0,50 bodu, za výpočet množství oceli 0,50 bodu.*

**Celkem 1,50 bodu.**

- b) Vypočítejte hmotnost oxidu uhličitého, který vznikl během konverze.

V oceli je zhruba  $96,4 \text{ t} \cdot 0,0032 = 0,308 \text{ t}$  uhlíku.  
 Při výrobě oceli se tedy odstranil uhlík o hmotnosti  $m(\text{C}) = 3,90 \text{ t} - 0,31 \text{ t} = 3,59 \text{ t}$   
 To odpovídá látkovému množství  $n(\text{C}) = m(\text{C}) / M(\text{C}) = 3,59 \cdot 10^6 \text{ g} / (12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 2,99 \cdot 10^6 \text{ mol}$   
 Odpovídající hmotnost  $\text{CO}_2$  je  $m(\text{CO}_2) = n(\text{C}) \cdot M(\text{CO}_2) = 2,99 \cdot 10^6 \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,32 \cdot 10^7 \text{ g} = 13,2 \text{ t}$   
 $m(\text{CO}_2)$ : 13,2 tun

**body:**

*Za výpočet hmotnosti uhlíku v oceli 0,50 bodu, za výpočet hmotnosti vypáleného uhlíku 0,50 bodu, za výpočet látkového množství vypáleného uhlíku 0,50 bodu, za výpočet hmotnosti oxidu uhličitého 0,50 bodu.*

**Celkem 2,00 bodu.**

**3) Seřadte následující prvky dle jejich elektronegativity od toho s nejvyšší elektronegativitou po nejnižší: Ba, Be, Ca, Cs, Mg, Sr.**

Be > Mg > Ca > Sr > Ba > Cs

**body:**

**1,00 bodu.**

**4) Jaká jsou typická oxidační čísla jednotlivých kovů z otázky 3?**

Pro Be, Mg, Ca, Sr a Ba je to 2+, pro Cs je to 1+.

**body:**

*Za správné oxidační číslo každého prvku po 0,25 bodu.*

**Celkem 1,50 bodu.**

## ORGANICKÁ CHEMIE

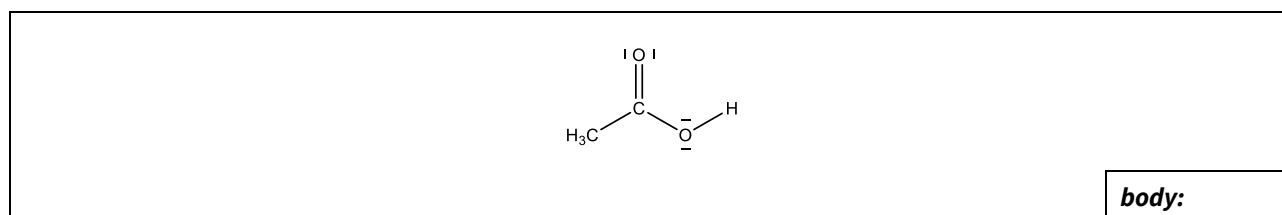
30 BODŮ

## Úloha 1 Úloha na ocet

12,00 bodu

Karboxylové kyseliny jsou typickými představiteli kyselých organických sloučenin. Spoustu z nich znáte z kuchyně – například kyselinu octovou.

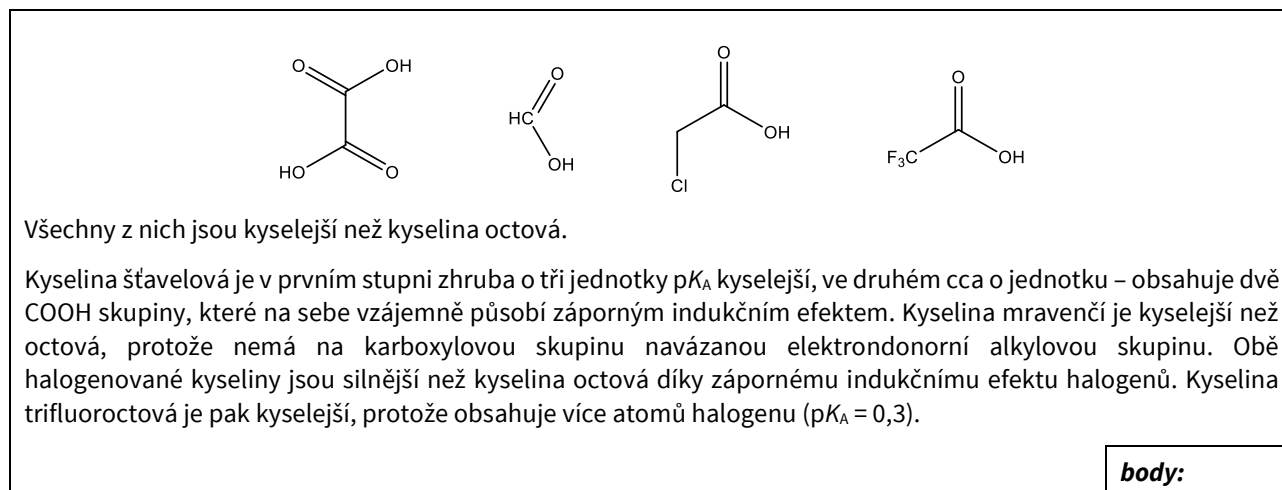
## 1) Nakreslete strukturní elektronový vzorec kyseliny octové.



1,00 bodu.

Kyselina octová ale není jedinou kyselinou svého druhu. Důležitou roli v metabolismu člověka hrají třeba deriváty **kyseliny šťavelové**. Ve žlázách některých druhů hmyzu můžeme najít **kyselinu mravenčí**. A organičtí chemici pro účely syntéz rádi používají **kyselinu chloroctovou** či **kyselinu trifluoroctovou**.

## 2) U každé z tučně uvedených látek nakreslete její strukturu a určete, zdali je kyselejší, stejně kyselá, nebo méně kyselá než kyselina octová. Tento fakt stručně zdůvodněte.

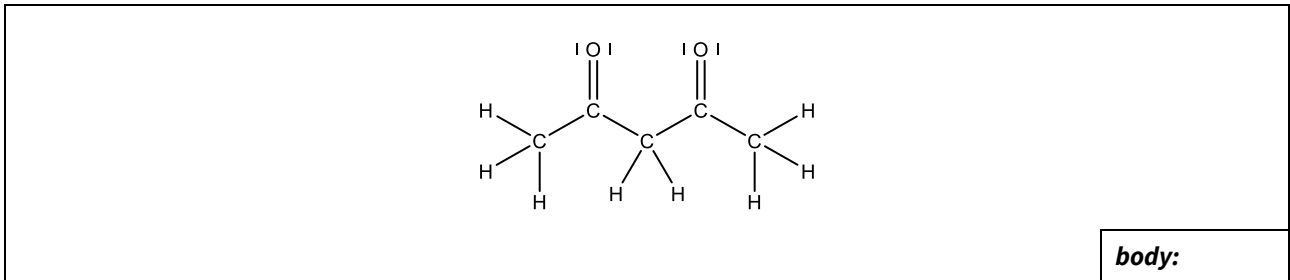


Za každou strukturu 0,50 bodu, za určení vyšší kyselosti než kys. octové 0,25 bodu  
a za zdůvodnění každé kyseliny 0,25 bodu.

Celkem 4,00 bodu.

Znalost závislosti kyselosti na okolních funkčních skupinách nám umožní předpovídat průběh některých reakcí. Podívejme se teď na látku s krásným názvem acetylaceton (pentan-2,4-dion).

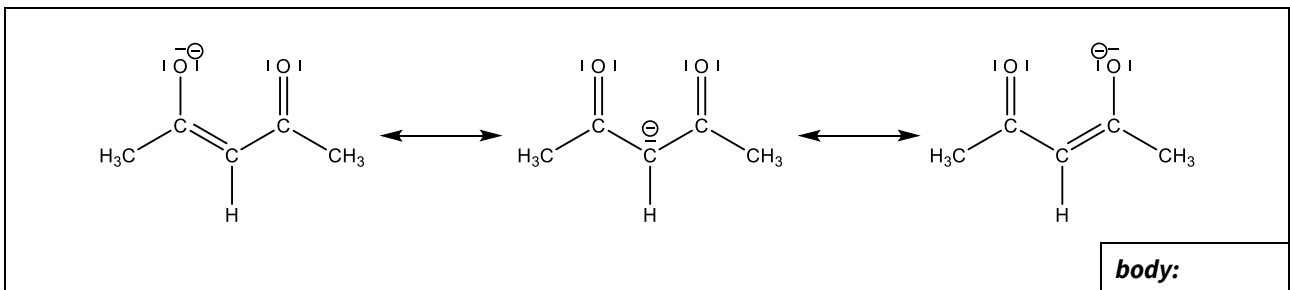
## 3) Nakreslete strukturální elektronový vzorec acetylacetonu.



1,00 bodu.

Acetylaceton je mírně kyselý, v bazickém prostředí bude odštěpovat  $H^+$  za vzniku acetylacetonátového aniontu, který se používá jako ligand v koordinační chemii.

## 4) Nakreslete tři různé rezonanční struktury acetylacetonátového aniontu.

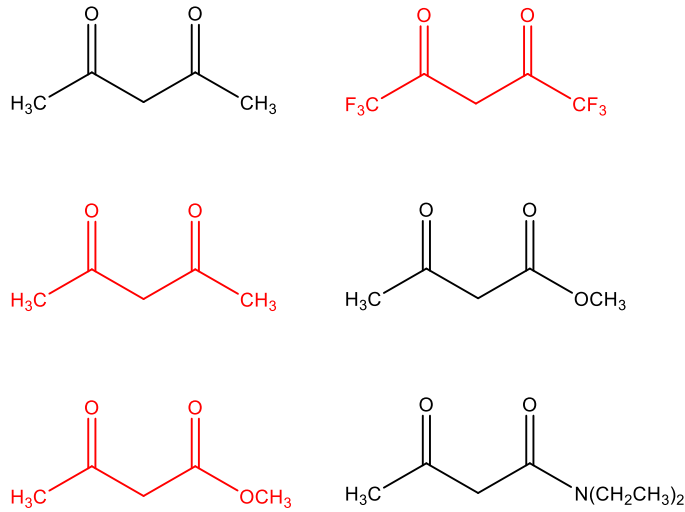


Za každou strukturu 1,00 bodu.

**Celkem 3,00 bodu.**

Různě substituované okolí kyselých vodíků samozřejmě ovlivní jejich kyselost.

5) U následujících látek posuďte, která z nich je více kyselá.



Kyselejší struktury jsou červeně. V prvním případě platí, že skupina  $-\text{CF}_3$  působí záporným indukčním efektem, čímž stabilizuje karbanion. V druhém případě sice methoxy skupina  $-\text{OCH}_3$  působí též záporným indukčním efektem, ten je ale převážen kladným mezomerním efektem, kyselejší je tudíž keton. Ve třetím případě obě skupiny vykazují jak záporný indukční, tak kladný mezomerní efekt, lze se nicméně řídit podle elektronegativity – kyslík má větší elektronegativitu než dusík, tudíž bude odebírat více elektronové hustoty (má větší záporný indukční efekt). Tím pádem je ester kyselejší než amid.

**body:**

Za každou správně určenou dvojici 1,00 bodu.

**Celkem 3,00 bodu.**



**Úloha 2      Rozpouštědla****6,50 bodu**

Pro reakce silně bazických sloučenin se nemůže použít libovolné rozpouštědlo.

**1) Napište oba produkty reakce butyllithia s přebytkem a) ethanolu, b) benzenu c) kyseliny octové**

Produkty v <b>reakci a)</b> : butan + ethoxid (ethanolát) lithný Produkty v <b>reakci b)</b> : butan + fenyllithium Produkty v <b>reakci c)</b> : butan + octan lithný	<b>body:</b>
--	--------------

*Za každou dvojici 1,00 bodu.*

**Celkem 3,00 bodu.**

Pro reakce obsahující organokovové sloučeniny alkalických kovů se jako rozpouštědla mohou využít kapalné alifatické uhlovodíky, které jsou snadno dostupné z ropy a vůči organokovům netečné.

**2) Nakreslete strukturní vzorce alespoň dvou takto použitelných uhlovodíků.**

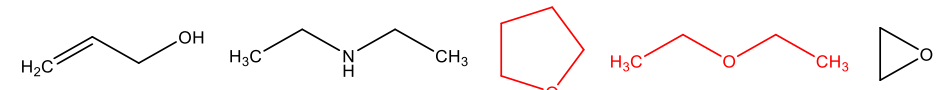
Jakékoliv dva z nasycených kapalných alkanů (minimálně pětiuhlíkaté).	<b>body:</b>
---	--------------

*Za každý vzorec 0,50 bodu.*

**Celkem 1,00 bodu.**

Pro reakce organoohřečnatých sloučenin se jako kapalná rozpouštědla využívají například ethery.

**3) Určete, které z následujících látek lze za pokojové teploty a tlaku využít jako rozpouštědlo pro reakce Grignardových sloučenin (zakroužkujte) a které ne (škrtněte).**

	<b>body:</b>
Využitelnými rozpouštědly je pouze tetrahydrofuran a diethylether (třetí a čtvrtý zleva). Oxiran je za pokojové teploty a tlaku v plynném skupenství, oxiran, diethylamin i allylalkohol mohou s Grignardovými činidly reagovat.	

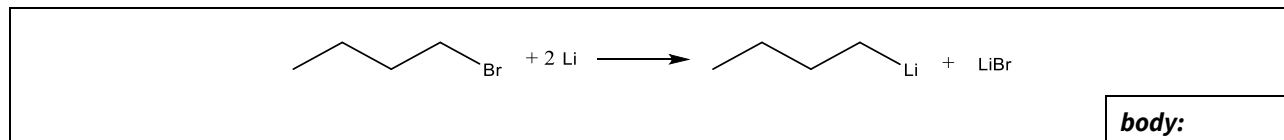
*Za každé určení 0,50 bodu.*

**Celkem 2,50 bodu.**

**Úloha 3 Kyseliny a báze****11,50 bodu**

Butyllithium je považováno za jednu z nejvíce bazických látek vůbec. Připravuje se reakcí kovového lithia s butylbromidem.

1) Zapište vyčíslenou chemickou rovnici pro tuto přípravu.

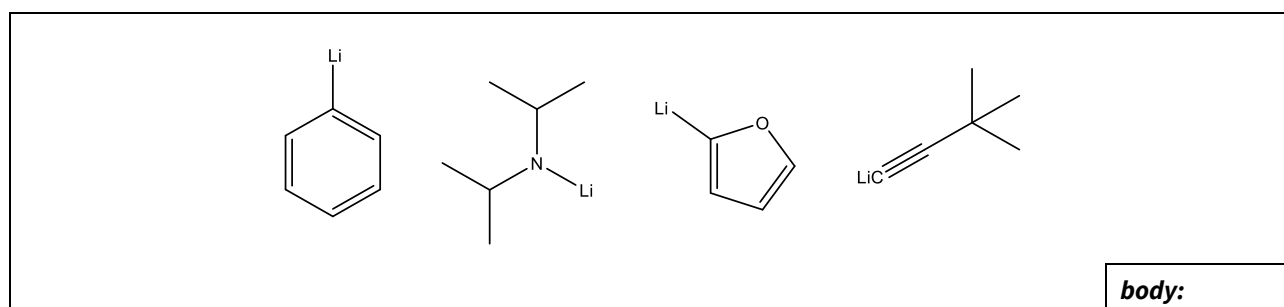


Za chemicky správnou rovnici 1,50 bodu, za vyčíslení 0,50 bodu.

**Celkem 2,00 bodu.**

Zjednodušeně vzato se jedná o lithnou sůl butanu. Vzhledem k tomu, že butan je opravdu slabá kyselina, reaguje butyllithium ve smyslu vytěšňovacích reakcí skoro se všemi organickými sloučeninami.

2) Nakreslete struktury kov obsahujících produktů reakcí sloučenin na obrázku s jedním ekvivalentem butyllithia.

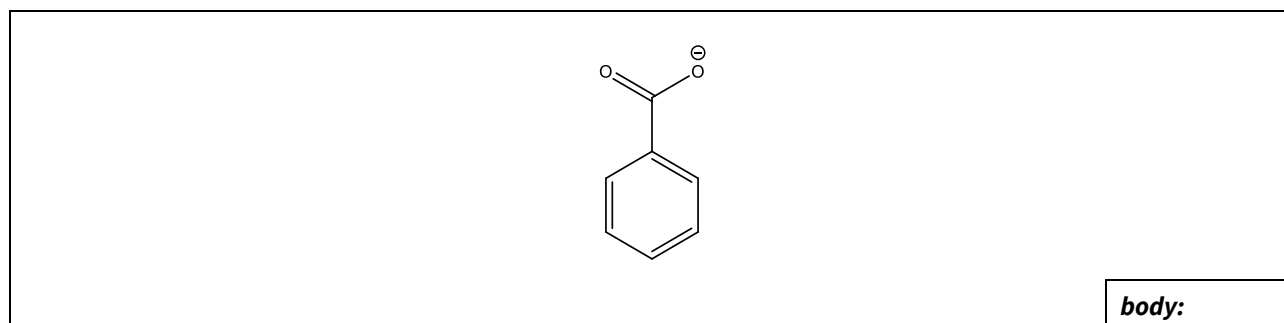


Za každou sloučeninu 1,00 bodu.

**Celkem 4,00 bodu.**

Kyselina benzoová je organická kyselina s širokým využitím. Její sůl, benzoan sodný (natrium-benzenkarboxylát), se používá v potravinářství jako konzervant.

3) Zakreslete strukturu aniontu kyseliny benzoové (benzoátu).



**0,50 bodu.**

Kyselost karboxylové skupiny na aromatickém jádře může být poměrně významně ovlivněná tím, jaké jsou na jádře další substituenty.

4) Určete v každé dvojici kyslejší látku. Silnější kyselinu zakroužkujte:

Kyslejší látka je vyznačená červeně.


**body:**

Za každou správně rozhodnutou dvojici látek 1,00 bodu.

**Celkem 5,00 bodu.**