



55. ročník

2018/2019

NÁRODNÍ KOLO

Kategorie A

Zadání teoretické části (60 bodů)

Vzorečkovník

Fyzikální konstanty, jednotky a jejich převody:

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$$

$$1\text{ atm} = 101\,325\text{ Pa}$$

$$1\text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ J}$$

$$1\text{ Bq} = 1\text{ s}^{-1}$$

$$1\text{ Gy} = 1\text{ J kg}^{-1}$$

$$m_u = 1\text{ u} = 1\text{ amu} = 1,66057 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$$

$$c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$$

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

$$R = 8,314\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$$

Důležité vztahy:

- aktivita

$$A = -\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N \quad \lambda = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}}$$

- rozpadový zákon

$$N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda t}$$

- vztah mezi hmotou a energií

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

- elektrický proud

$$I = \frac{Q}{t}$$

- výkon spotřebiče

$$P = U \cdot I \quad P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

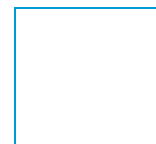
- stavová rovnice ideálního plynu

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

- elektrochemický potenciál

$$\tilde{\mu}_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i + z_i F \Phi$$

$$\frac{G}{n} = \mu$$

**ANORGANICKÁ CHEMIE****16 BODŮ****Úloha 1 Hydroxylamin****4 body**

Hydoxylamin je bezbarvá krystalická látka, která při vyšších teplotách exploduje. Používá se rozpuštěná ve vodě nebo ve formě solí. Na tuto látku můžeme pohlížet jako na molekulu vody, kde byl atom vodíku nahrazen skupinou NH_2 , nebo jako na amoniak, ve kterém byl atom vodíku nahrazen hydroxylovou skupinou.

1) Napište vzorec hydroxylaminu.

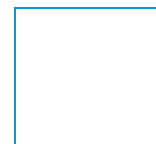
	body:
--	--------------

2) Srovnejte jeho bazicitu s vodou a amoniakem.

	body:
--	--------------

3) Zapište rovnici acidobazického děje probíhajícího v roztoku hydroxylaminu ve vodě.

	body:
--	--------------



Pro tři dusíkaté látky (hydroxylamin, amoniak a hydrazin) jsou dány následující hodnoty pK_B :

$pK_B = 6,05$;

$pK_B = 4,74$;

$pK_B = 8,18$.

4) Přiřadte každé z uvedených látek správnou hodnotu pK_B .

Amoniak:

Hydrazin:

Hydroxylamin:

body:

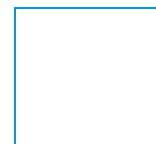
Mezi důležité vlastnosti hydroxylaminu patří schopnost tvořit oximy s aldehydy a ketony. Hydroxylamin se využívá při výrobě kaprolaktamu, který je surovinou pro výrobu nylonu.

5) Napište reakční schéma vedoucí od cyklohexanonu přes oxim až ke kaprolaktamu.

body:

6) Do jakého typu polymerních látek nylon řadíme?

body:

**Úloha 2 Oxokyseliny dusíku****6 bodů**

Z dusitanu sodného můžeme připravit zajímavou oxokyselinu dusíku. Nejprve se vodný roztok dusitanu nechá reagovat s činidlem Na/Hg (**reakce 1**), vzniká látka **A**. Ta následně se stříbrnou solí (**reakce 2**) poskytuje sraženinu **B**. Pokud na sraženinu **B** působíme bezvodým HCl (**reakce 3**), získáme kyselinu **C**.

1) Jakým způsobem lze připravit výchozí dusitan? Zapište rovnici příslušné reakce.

body:

2) Identifikujte látky A–C, zapište rovnice reakcí 1–3.

Látka A
Látka B
Látka C:
Reakce 1:
Reakce 2:
Reakce 3:
body:

3) Co je „činidlo Na/Hg“? Jaké má vlastnosti?

body:

**4) Jakou stříbrnou sůl použijeme pro reakci 2?**

	body:
--	--------------

Kyselina C se může vyskytovat v podobě dvou geometrických izomerů.

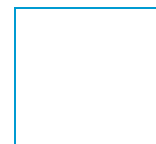
5) Zapište jejich strukturní vzorce.

	body:
--	--------------

O oxidu, který odpovídá kyselině C, říkáme, že není pravý anhydrid této kyseliny.

6) Vysvětlete, co toto tvrzení znamená, a dokumentujte je příslušnou rovnicí/rovnícemi.

	body:
--	--------------

**Úloha 3 Symetrie****6 bodů**

Benzen-1,4-diamin (*p*-fenyldiamin) je planární molekula. Jako ostatní aminy vykazuje bazické vlastnosti, může tedy být dvakrát protonován na benzen-1,4-diamoniovou sůl, která již planární není. Navíc amoniové skupiny mohou vlivem rotačního pohybu vůči sobě zaujímat různé konformace.

1) Určete bodovou grupu symetrie:

- benzen-1,4-diaminu
- benzen-1,4-diamoniového iontu se zákrytovou konformací $-\text{NH}_3^+$ skupin
- benzen-1,4-diamoniového iontu s obecnou konformací $-\text{NH}_3^+$ skupin
- benzen-1,4-diamoniového iontu se střídavou konformací $-\text{NH}_3^+$ skupin

a)	b)
c)	d)
body:	

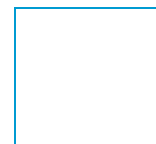
2) Proč je benzen-1,4-diamin planární, když prostorový tvar aminoskupiny je odvozen od tetraedru?

body:

V nitrační směsi dochází k tvorbě nitroniového kationtu (někdy zvaného nitrylový kation) jako důležitého činidla pro mnoho reakcí.

3) Napište mechanismus, kterým se nitroniový kation tvoří.

body:

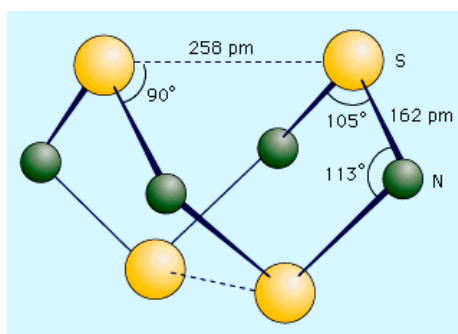


4) Určete bodovou grupu symetrie nitroniového kationtu.

	body:
--	--------------

Podívejme se ještě na dvě strukturně zajímavé sloučeniny. První je tetranitrid tetrasíry, S_4N_4 , vkusně oranžová pevná látka, značně náchylná k explozivnímu rozkladu. Druhá je hexachloro-cyklo-trifosfazen, výchozí látka pro syntézu řady dalších fosfazenových derivátů, jejichž chemie byla a je hojně studována na PŘF MU. Struktury obou sloučenin vidíte na obrázcích.

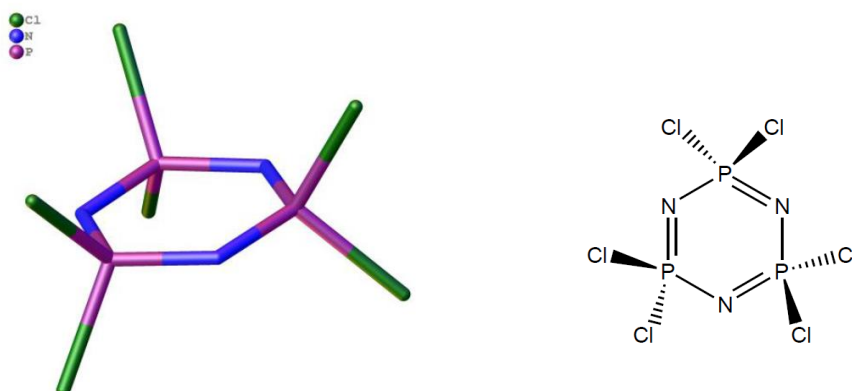
5) Určete bodovou grupu symetrie S_4N_4 .



Obr. 1: Struktura S_4N_4 (převzato z <https://www.britannica.com/science/nitride>).

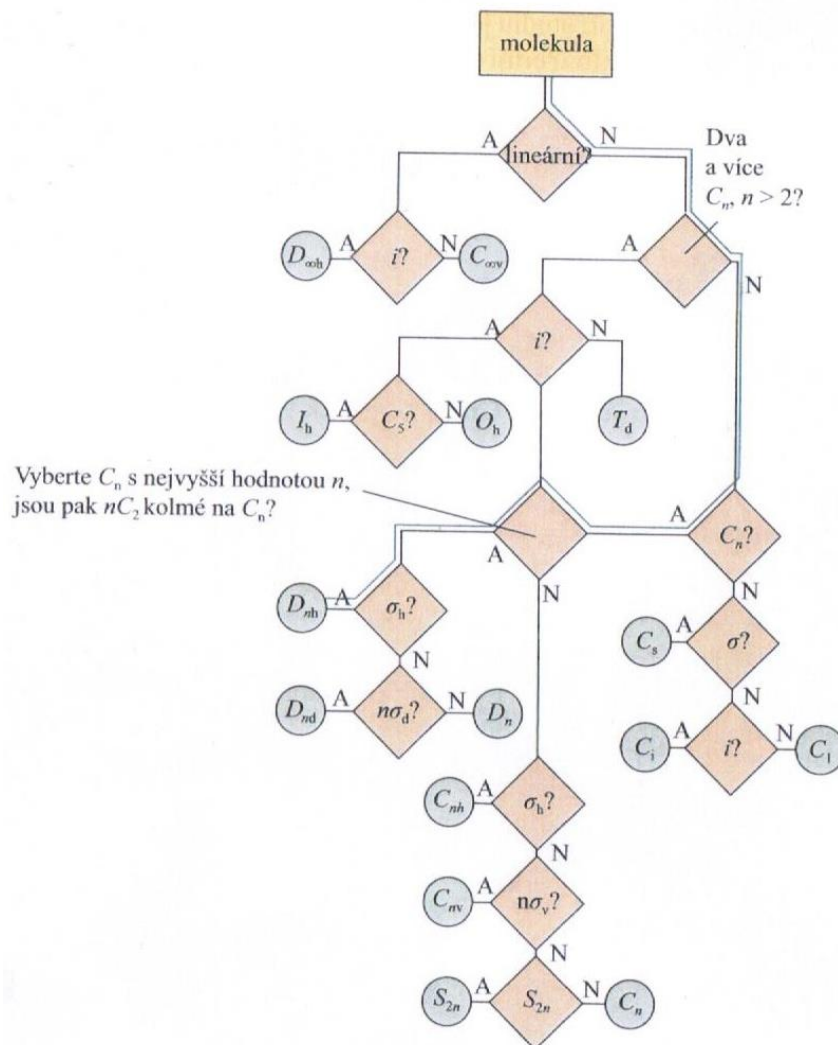
	body:
--	--------------

6) Určete bodovou grupu symetrie hexachloro-cyklo-trifosfazenu.



Obr. 2 a 3: Struktura $(Cl_2PN)_3$.

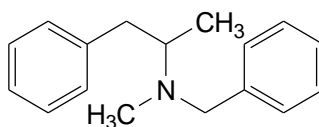
	body:
--	--------------



Obr. 4: Schéma pro určení bodové grupy symetrie, odpovědi A/N značí ano/ne (převzato z Atkins, De Paula, Fyzikální chemie, VŠCHT Praha 2013).

**ORGANICKÁ CHEMIE****16 BODŮ****Úloha 1 Medicinální okénko****6,5 bodu**

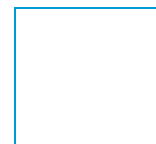
- 1) Navrhněte, z jakých karbonylových sloučenin a amoniaku byste pomocí redukční aminace připravili benzfetamin, účinnou látku léčiv užívaných k potlačení chuti k jídlu.



benzfetamin

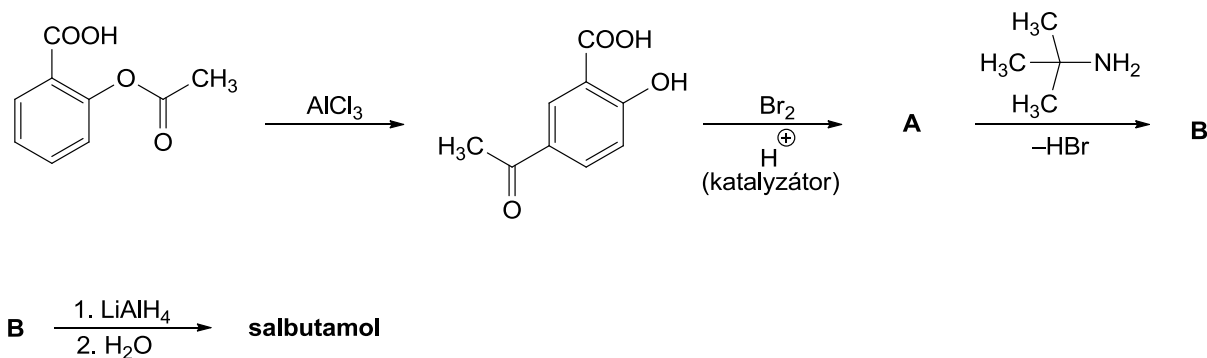
Názvy nebo strukturní vzorce výchozích látek:

body:



Salbutamol je součástí inhalačních léků, které přinášejí rychlou úlevu při astmatu. Schéma popisuje jednu z možných cest k přípravě této látky.

2) Napište strukturální vzorce meziproduktů A a B a samotného salbutamolu.



Vzorec látky A:

Vzorec látky B:

Vzorec salbutamolu:

body:

Výchozí látkou pro přípravu salbutamolu je sloučenina, která se sama již poměrně dlouho používá jako léčivo.

3) Zkuste sloučeninu pojmenovat a uveďte, k čemu se používá.

Název výchozí látky:

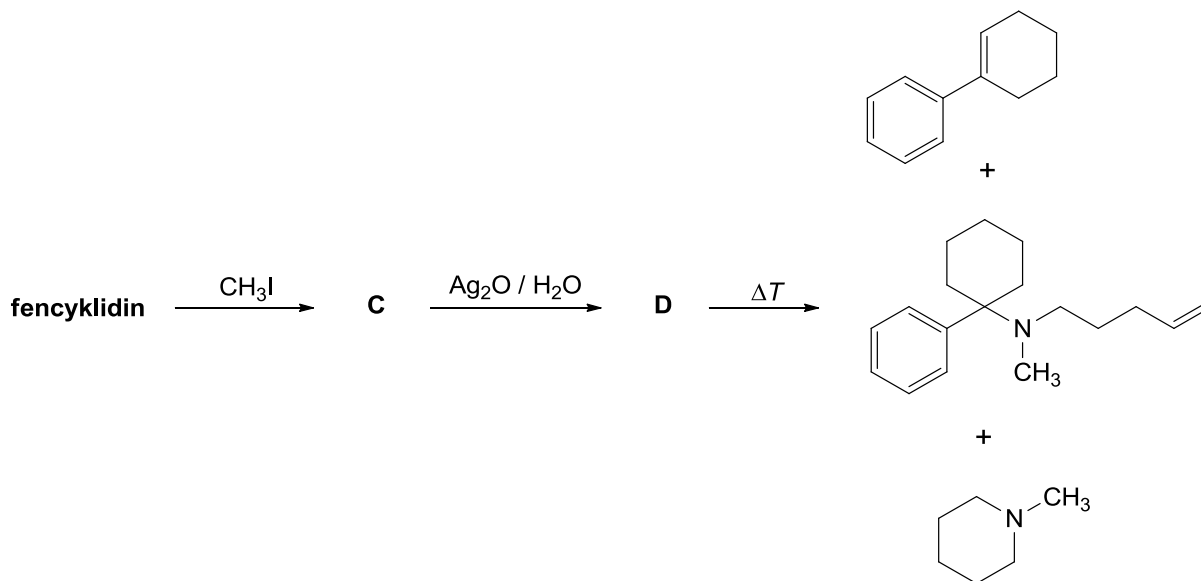
Její využití:

body:



Fencyklidin je užíván jako anestetikum ve veterinárním lékařství, je ale také zneužíván lidmi jako psychoaktivní látka. Reakcí fencyklidinu s jedním ekvivalentem CH_3I vzniká kvarterní amoniová sůl **C**. Reakcí produktu **C** s vlhkým Ag_2O vzniká sloučenina **D**, která zahřátím na vysokou teplotu poskytuje tři produkty, které jsou ve schématu uvedeny.

4) Nakreslete strukturální vzorce látek **C**, **D** a samotného fencyklidinu.



Vzorec látky C:

Vzorec látky D:

Vzorec fencyklidinu:

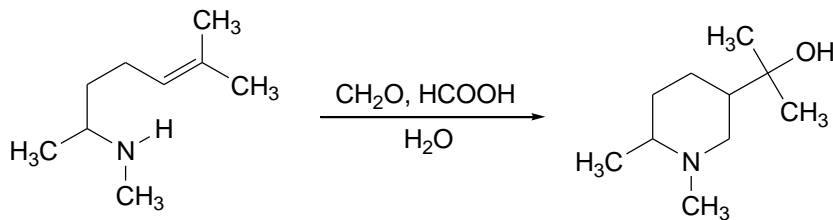
body:



Úloha 2 Neobvyklé reduktivní aminace

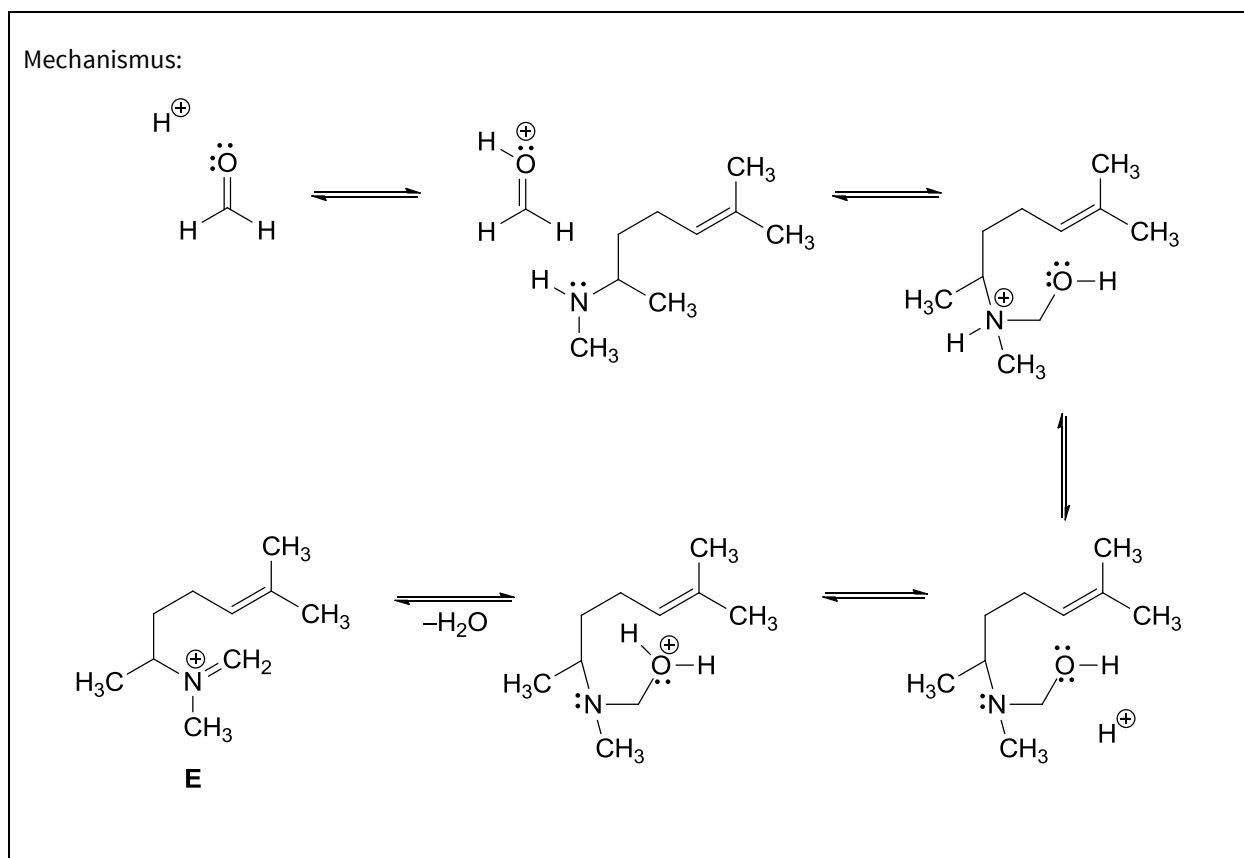
4,5 bodu

Redukčním činidlem pro reduktivní aminaci může být i kyselina mravenčí. Někdy však může být při provádění reakce pozorován vznik neočekávaného produktu, jako např. v následující reakci.



V prvním kroku vzniká z aminu a formaldehydu iminiový kation E.

- 1) Do schématu doplňte k meziproduktům šipky popisující pohyb elektronových párů (vazebné změny).

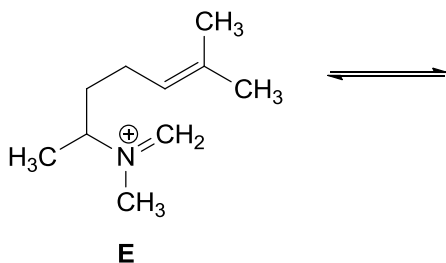




Iminiový kation **E** však neposkytne produkt reaktivní aminace.

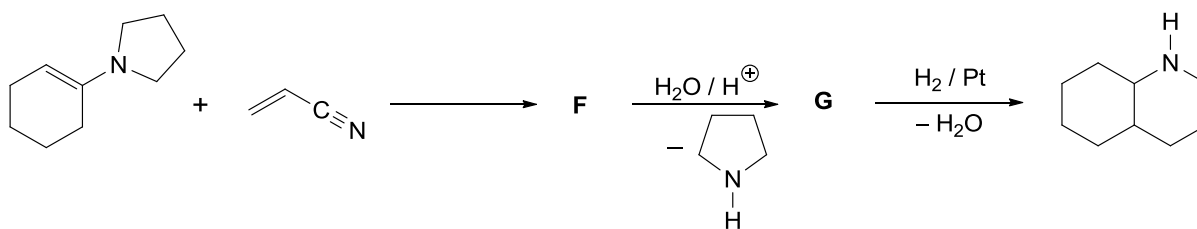
Pokuste se navrhnout podrobný mechanismus (všechny meziproducty + šipky popisující vazebné změny), který vysvětlí vznik výše uvedeného neočekávaného produktu z iminiového kationu **E.**

Mechanismus vzniku produktu z **E**:



body:

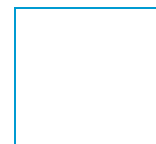
2) Nakreslete strukturální vzorce meziproductů **F** a **G** následující přeměny.



Vzorec látky **F**:

Vzorec látky **G**:

body:

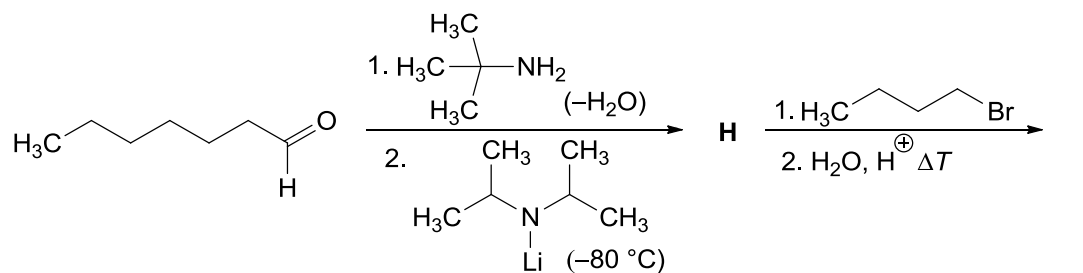


Úloha 3 Reakce karbonylových sloučenin

5 bodů

Reaktivita iminů je do určité míry podobná reaktivitě aldehydů a ketonů.

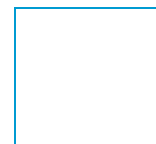
- 1) Pokuste se napsat strukturní vzorec meziprojektu H a finálního produktu I následující sekvence reakcí. Výchozí látka a I nejsou totožné.



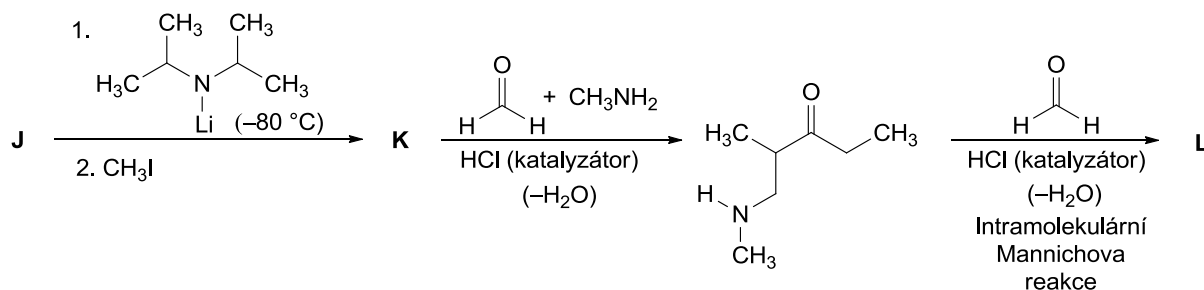
Vzorec látky H:

Vzorec látky I:

body:



2) Napište strukturální vzorce výchozí látky J, meziprojektu K a konečného produktu L sekvence reakcí, kterou zachycuje následující schéma:

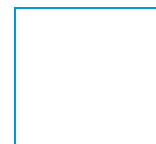


Vzorec látky J:

Vzorec látky K:

Vzorec látky L:

body:

**FYZIKÁLNÍ CHEMIE****16 BODŮ****Úloha 1 Nukleární kráva a technecium. Kdy podojit reaktor?****8 bodů**

Technecium je uměle připravený prvek a běžně se v přírodě nevyskytuje. Poprvé bylo připraveno v roce 1939, kdy Emilio Segré ostřeloval ^{98}Mo jádru těžkého vodíku (**reakce I**). Existuje ve formě relativně velkého množství izotopů, z nichž nejzajímavějším je ^{99}Tc s poločasem rozpadu $2,14 \cdot 10^5$ y (β^- rozpad). V nukleární medicíně se používá zejména jeho metastabilní izotop ^{99m}Tc , který přechází γ -rozpadem (energie fotonu 140 keV) s poločasem rozpadu 6,01 h na ^{99}Tc .

Izotop ^{99m}Tc je vynikajícím kandidátem na využití v zobrazovacích metodách. Jeho krátká doba života však s sebou nese jisté logistické problémy, které je nucený řešit skoro každý nukleární chemik. Běžně se do ústavů nukleární medicíny dodávají generátory (tzv. *moly-cow*), které obsahují ^{99}Mo ($\tau_{1/2} = 66$ h) ve formě molybdenanu, který je v generátoru navázán na kolonu obsahující Al_2O_3 . Molybdenan se postupně mění na ^{99m}Tc (**reakce II**), který se následně vymývá z kolony fyziologickým roztokem (0,9% roztok NaCl). Dle potřeby pak může být (ale ve většině případů nemusí) ^{99m}Tc navázáno na různé nosiče podle toho, jakou část těla potřebujeme zobrazit.

Kde se ale vytvoří nestabilní ^{99}Mo pro *moly-cow*? Nejčastěji se produkuje v tzv. *hot cells* v jaderných elektrárnách. Jedná se v podstatě o záchyt neutronu jádrem ^{235}U (**reakce III**), které následně podléhá samovolnému štěpení, za vzniku kýženého ^{99}Mo a mj. i třech neutronů (**reakce IV**). Vzniklý ^{99}Mo je rychle separován, plněn do generátorů a distribuován.

**1) Napište jaderně-chemické rovnice, které popisují přeměny nuklidů v dějích I–IV.**

Rovnice I:

Rovnice II:

Rovnice III:

Rovnice IV:

body:



2) Který nuklid je konečným produktem rozpadu ^{99}Tc ?

Nuklid:
body:

3) Ve formě jakého iontu se z *moly-cow* získává $^{99\text{m}}\text{Tc}$?

Forma:
body:

4) *Moly-cow* reaktory jsou většinou malých rozměrů, nicméně, jsou velmi těžké. Proč?

body:

5) Proč se kolona *moly-cow* vymývá zrovna fyziologickým roztokem NaCl?

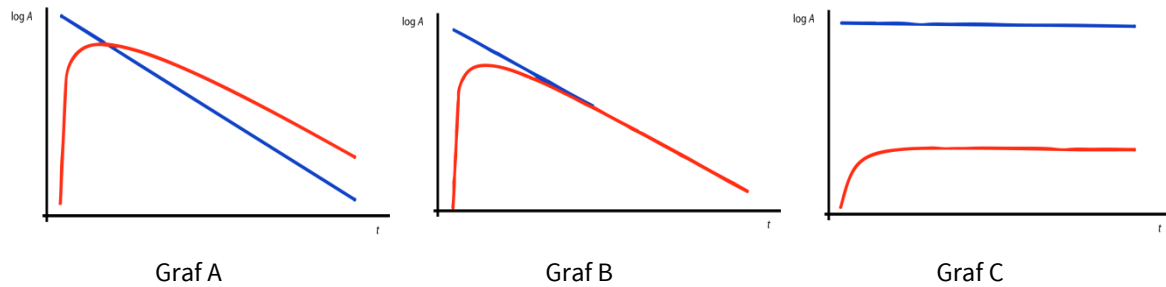
body:

Dojení *moly-cow* (tj. eluce $^{99\text{m}}\text{Tc}$ fyziologickým roztokem) není kineticky triviální proces a je třeba přizvat dojičku s výbornými kompetencemi v oblasti radioaktivních rovnováh. Mezi dvěma nuklidy, které mají různé poločasy rozpadu může v zásadě dojít k několika závislostem mezi jejich vzájemným časovým vývojem aktivit.



- 6) Označte podtržením, který časový průběh aktivit odpovídá systému $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99\text{m}}\text{Tc} \rightarrow$ další produkty. Zakroužkujte správný graf a popište jednotlivé křivky příslušnými značkami ^{99}Mo a $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Označení grafu a popis křivek:



body:

- 7) Zapište kinetické rovnice pro časové změny množství nuklidů ^{99}Mo (dále označeno jako P = parent) a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (dále označeno jako D = daughter) v generátoru moly-cow za pomoci jejich rozpadových konstant λ_P a λ_D a množství N_P a N_D .

Kinetické rovnice:

$$\frac{dN_P}{dt} =$$

$$\frac{dN_D}{dt} =$$

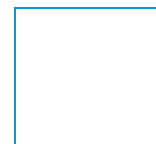
body:

Nyní si zanalyzujeme kinetiku generátoru. V generátoru se tedy vyskytuje ^{99}Mo , který se rozpadá na $^{99\text{m}}\text{Tc}$, jehož aktivita narůstá. Po určité ideální době (označme ji t_{\max}), kdy aktivita $^{99\text{m}}\text{Tc}$ dosáhne maxima je $^{99\text{m}}\text{Tc}$ eluován a tím tak jeho aktivita postupně poklesne znovu na nulu. Takto se s moly-cow pracuje, dokud poskytuje dostatečnou aktivitu $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Pro aktivity mateřského (P) a dceřiného (D) nuklidu platí v našem případě následující rovnice:

$$N_P(t) = N_P(0) \cdot e^{-\lambda_P t}$$

$$N_D(t) = N_P(0) \cdot \frac{\lambda_P}{\lambda_D - \lambda_P} \cdot (e^{-\lambda_P t} - e^{-\lambda_D t})$$



8) Načrtněte, jak se mění aktivita ^{99}Mo a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ v generátoru v průběhu jeho používání.

Náčrtek:

A



body:



- 9) Po jakém čase je ideální *moly-cow* dojit? Vypočítejte časy, po kterých bude aktivita ^{99m}Tc dosahovat maxima.

Výpočet:

$t_{\max} = \dots\dots\dots$ hod

body:

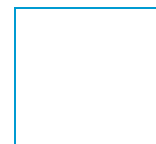


- 10) Jakou životnost má *moly-cow*, která při dodání poskytuje aktivitu technecia 9,0 GBq v eluátu, pokud požadujeme, aby aktivita technecia v eluátu byla aspoň 1,0 GBq? Pro zjednodušení uvažujte, že při eluci jsou nuklidy molybdenu a technecia již v rovnováze.

Výpočet:

Životnost *moly-cow* dní (zaokrouhlete na celé dny)

body:

**Úloha 2 Geochronologie****6 bodů**

Jaderná chemie umí kromě stáří biologických vzorků určit mj. i stáří hornin, nerostů, horských masivů a za určitých zjednodušujících předpokladů i stáří Země. O to všechno se pokusíme v následující úloze.

Vhodnou metodou pro určení stáří minerálů, které obsahují uran je metoda měření izotopového složení dceřiných produktů rozpadu ^{235}U (příslušným dceřiným produktem je ^{207}Pb) a ^{238}U (příslušným dceřiným produktem je ^{206}Pb). Předpokládejme minerál, u kterého bylo nalezeno izotopové molární složení $^{206}\text{Pb} : ^{207}\text{Pb} = 1087 : 388$. Uran má izotopové složení přibližně 0,72 % at. ^{235}U a 99,28 % at. ^{238}U .

- 1) Kolik α - a kolik β^- -rozpadů proběhne při přeměně (a) $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ a (b) $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$? Předpokládejte, že jiné než uvedené rozpady v řadě nenastávají.**

(a) $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$

Počet α -rozpadů:

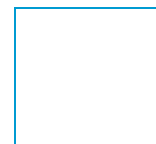
Počet β^- -rozpadů:

(b) $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$

Počet α -rozpadů:

Počet β^- -rozpadů:

body:



- 2) Určete stáří tohoto minerálu. Poločas rozpadu ^{238}U činí 4,47 mld. let a ^{235}U 710 mil. let. Výsledek uveďte s přesností na desetiny miliard let. Úlohu budete pravděpodobně muset řešit numericky.

Výpočet:

Stáří minerálu: let

body:



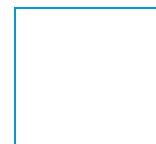
Izotopové zastoupení uranu v současné době (přibližně 0,72 % at. ^{235}U a 99,28 % at. ^{238}U) dovoluje určit stáří Země za předpokladu, že při vzniku Země vznikly oba izotopy ve stejném zastoupení.

3) Na základě těchto předpokladů určete stáří Země.

Výpočet:

Stáří Země: let

body:

**Úloha 3 Zvídavé otázky pro malé jaderné chemiky****2 body**

Na závěr už jen dvě krátké zvídavé otázčky, které se týkají jaderné chemie.

- 1) Napište příklad aspoň jednoho existujícího nuklidu, který o sobě může prohlásit „Izotop mého izobaru je mým izotonem.“.**

Úvahy:

Příklad nuklidu:

body:

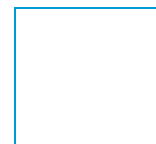
Během rozpadu určitého nuklidu bylo zjištěno, že se za 2,5 hodiny rozpadne 30 % původního množství nuklidu za standardní teploty. Předpokládejme nyní, že zvýšíme teplotu, při které rozpad probíhá o 10 K.

- 2) Jak se kvalitativně změní rychlost takového rozpadu? Zdůvodněte vaši odpověď.**

Změna rychlosti rozpadu:

Zdůvodnění:

body:



BIOCHEMIE

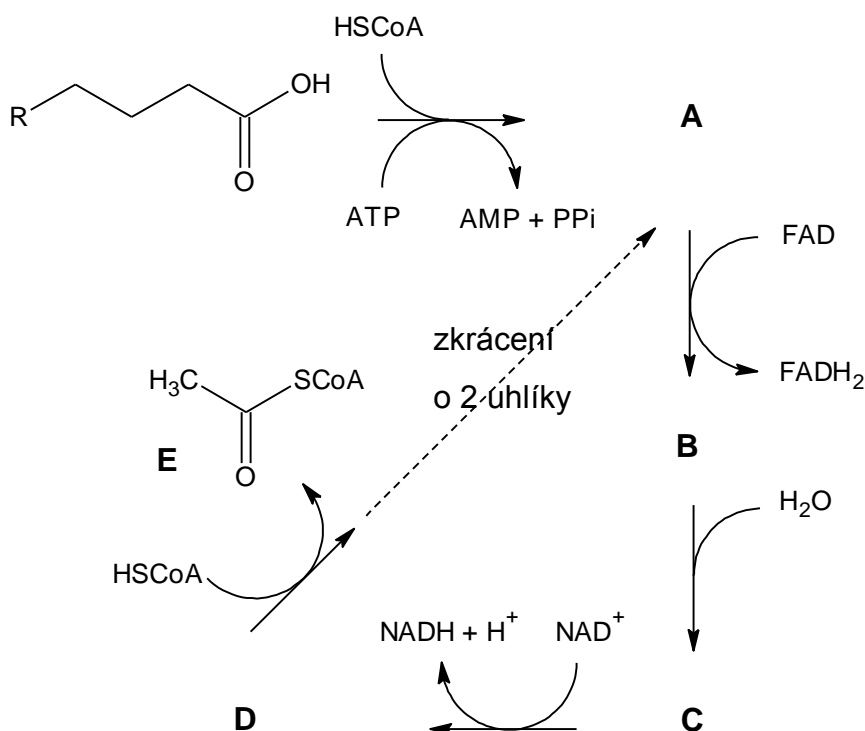
12 BODŮ

Úloha 1 POVÁNOČNÍ VÝPRODEJ!!! Likvidujeme tukové zásoby!

7 bodů

Už jste si mysleli, že jsme na „obyčejné“ tuky zapomněli? Kdepak. Tuky a sacharidy jsou hlavním zdrojem energie pro chod živočichů. Osud tuků těsně po strávení potravy přeskočíme a přesuneme se do fáze, kdy jsme se rozhodli, že tuk spálíme, a enzymaticky jsme hydrolyzovali esterové vazby mezi glycerolem a mastnými kyselinami. Glycerol ponecháme svému osudu a budeme se věnovat mastným kyselinám. Hlavním mechanismem jejich odbourávání je tzv. β -oxidace neboli Lynenova spirála. Po úvodní aktivaci mastné kyseliny koenzymem A (HSCoA) dochází k postupnému odbourávání dlouhého uhlíkatého řetězce na dvouuhlíkaté štěpy pomocí opakující se sekvence čtyř relativně jednoduchých chemických reakcí (tedy alespoň papírově jednoduchých).

- 1) Nakreslete strukturální vzorce látek A, B, C a D na schématu β -oxidace během první otáčky. Pojmenujte látku E. Ve vzorcích použijte pro koenzym A zkratku (-CoA nebo SCoA) a obecný uhlíkatý zbytek kyseliny označte písmenem R, stejně jako na obrázku.



Vzorec látky A:

Vzorec látky B:

Vzorec látky C:

Vzorec látky D:

Název látky E:

body:



Produkty β -oxidace jsou dále využity na výrobu ATP. Z energie uložené do molekuly FADH_2 lze vytěžit 2 molekuly ATP a z molekuly NADH dokonce 3 ATP. Uvažujte, že molekuly **E** jsou dále kompletně degradovány, čímž jsou z každé molekuly **E** získány 3 molekuly NADH, jedna molekula FADH_2 a jedna molekula GTP. GTP je ekvimolárně převedeno na ATP. Štěpení ATP na AMP a PP_i považujte za spotřebování dvou ekvivalentů ATP.

- 2) **Jaký bude maximální čistý energetický výtěžek vyjádřený počtem molekul ATP díky úplnému odbourání kyseliny stearové (C_{18})? Ztráty energie (například neefektivitu oxidativní fosforylace) zanedbejte.**

Výpočet:

Počet získaných molekul ATP:

body:



- 3) Přepočítejte maximální absolutní energetický výtěžek vypočítaný v předchozím příkladu na výtěžek ATP za odbourání jednoho atomu uhlíku a na výtěžek ATP za odbourání 1 g kyseliny stearové. Srovnajte obě hodnoty s hodnotami pro odbourání jedné molekuly glukosy ($C_6H_{12}O_6$), z níž získáme 36 ATP. Pokud jste předchozí příklad nevypočítali, uvažujte, že odbouráním jedné molekuly kyseliny stearové získáme 150 molekul ATP. Výsledek uveďte v jednotkách uvedených v tabulce s přesností na dvě platné cifry.

Výpočty:

Výsledky (vyplňte tabulku):

	Výtěžek molekul ATP na jeden atom uhlíku substrátu (ATP)	Výtěžek molů ATP na jeden gram substrátu (mol g^{-1})
Kyselina stearová		
Glukosa		

body:

--

- 4) Bude v buňce při syntéze kyseliny stearové z molekuly E zapotřebí více, či méně energie v ekvivalentech ATP, než se získá při odbourání kyseliny stearové na molekulu E?

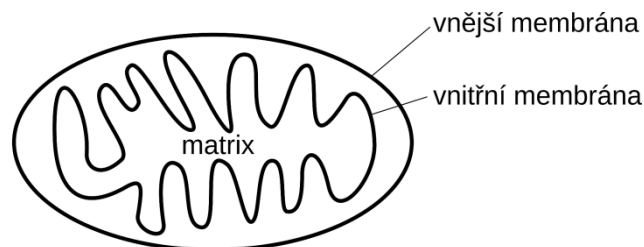
<i>body:</i>

- 5) Jak je možné, že odbourávání uložených tuků slouží například velbloudům jako zásobárna vody, když při každé otáčce β -oxidace je jedna molekula vody spotřebována (viz schéma u otázky 1 - reakce B \rightarrow C)?

<i>body:</i>

**Úloha 2 Bioelektrárny****5 bodů**

Ústředním principem bioenergetiky buněk je tvorba protonového gradientu mezi vnější a vnitřní stranou membrány. Tento jev se objevuje například v průběhu fotosyntézy na thylakoidech chloroplastů či při buněčném dýchání v mitochondriích. Oxidativní fosforylace je proces, při němž získávají živočichové velkou většinu energie z potravy. Odehrává se na vnitřní membráně mitochondrií. Redukované koenzymy (NADH, FADH₂) jsou nejprve oxidovány sérií čtyř proteinových komplexů, souhrnně označovaných jako dýchací řetězec. Koncovým příjemcem elektronů je pak kyslík. Během této oxidace tedy nepřecházejí elektrony přímo na kyslík, ale procházejí přes sérii bílkovinných přenašečů. Současně s tímto postupným přechodem dochází k přenosu protonů z vnitřní strany mitochondriální membrány (tzv. matrix) na vnější, tj. de facto do cytosolu (obrázek 5), čímž je generován protonový gradient. Na jiném místě membrány poté dochází k toku protonů zpět do matrix přes enzym ATP-synthasu, kde je tento protonový tok spřažen se syntézou ATP z ADP a fosfátu na vnitřní straně membrány. Ve všech následujících úkolech uvažujte aktivitní koeficienty rovny jedné.

**Obr. 5:** Schéma mitochondrie

- 1) **Vypočítejte volnou energii ΔG přechodu protonů z cytosolu zpět do matrix mitochondrie přes ATP-synthasu při teplotě 36,85 °C, je-li rozdíl pH mezi oběma stranami membrány 0,700 a membránový potenciál má hodnotu 150 mV. Předpokládejte, že standardní chemický potenciál protonu je na obou stranách membrány stejný. Výsledek uveďte s přesností na tři platné cifry.**

Výpočet:

Volná energie ΔG :

body:



- 2) Kolik protonů (protony jsou chemicky nedělitelné) je minimálně třeba takto translokovat, aby mohlo dojít k efektivní syntéze jedné molekuly ATP? Pro hydrolyzu ATP na ADP a fosfát za daných podmínek uvažujte hodnotu $\Delta G = 50 \text{ kJ mol}^{-1}$. Jestliže jste předchozí úkol nevyočítali, uvažujte hodnotu ΔG pro přechod protonu rovnou $5,5 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Výpočet:

Počet protonů:

body:

- 3) Jak byste uměle navodili syntézu ATP pomocí ATP-synthasy, jestliže by byl dýchací řetězec mimo provoz?

body:

- 4) Bude ATP-synthasa nějak pracovat, jestliže dojde k otočení rovnováhy a na vnitřní straně membrány bude velký nadbytek ATP?

body: