



57. ročník #coronaedition

2020/2021

NÁRODNÍ KOLO

Kategorie A/E

Teoretická část – Řešení

ANORGANICKÁ CHEMIE

A 16 / E 12 BODŮ

Úloha 1 Hledá se rozpouštědlo

50 bodů

1) Vzorec solvozásady (A): NO_3^-

za vzorec 2 body

2) Rekombinační reakce: $\text{NO}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$

za rovnici 2 body

3) Rozpouštědlo: N_2O_4 za správný vzorec 2 body
pokud je uveden jen NO_2 , body se neudělují

celkem 2 body

Dusík tvoří řadu oxokyselin, nejběžnější z nich jsou však beze sporu kyselina dusičná a kyselina dusitá (či spíše její anionty). Oxidační číslo dusíku v nitrosylovém kationtu NO^+ (solvokyselině) je +III stejně jako v dusitanovém iontu. Pokud tedy požadujeme, aby rekombinační reakce byla redoxní, připadá jako solvozásada v úvahu dusičnanový ion a synproporionace na kapalný dimer oxidu dusičitého, jak ukazují dílčí řešení.

4) Rekombinační reakce: $\text{NO}^+ + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\text{O}_3$

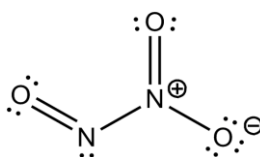
za rovnici 2 body

5) Název produktu: oxid dusitý

za správný název 1 bod

Alternativní rekombinační reakce využívá druhý z běžných aniontů oxokyselin dusíku, dusitanový ion. Neredoxní reakcí vzniká modrý kapalný oxid dusitý, který je současně rozpouštědlem.

6) Oktetová struktura:



za oktetovou strukturu 2 body

7) Rozkladná reakce: $\text{N}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NO} + \text{NO}_2$

za chemickou rovnici 2 body

8) Vznik kyseliny dusité (Z): $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_2$
Rozklad kyseliny dusité: $3 \text{HNO}_2 \rightarrow 2 \text{NO} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

za chemické rovnice celkem 4 body

9) Rozklad N_2O_4 : $\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2 \text{NO}_2$

za rovnici 2 body

10) Charakteristická barva monomeru: b)

Rozklad kapalného dimeru oxidu dusičitého probíhá, podobně jako rozklad kapalného N_2O_3 , za vzniku dvou plynných molekul, v tomto případě dvou molekul monomeru NO_2 .

NO_2 jako paramagnetický oxid obsahuje ve své struktuře nepárový elektron, který je takzvaným chromoforem odpovědným za charakteristickou oranžovohnědou barvu této sloučeniny.

za správnou barvu 1 bod

11) **Dominantní forma:** $N_2O_4(l)$

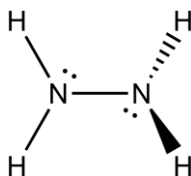
za odpověď 1 bod

12) **Zhodnocení proveditelnosti:** Pravda

za odpověď 1 bod

Víme-li, že disociační reakce má endotermický charakter, lze podle Le Chatelierova principu nebo van't Hoffovy isobary správně usoudit, že za panujících nízkých teplot bude preferována přítomnost reaktantu, tedy kapalného dimerního N_2O_4 . Podobná úvaha vede na stejný kvalitativní závěr pro vysoké tlaky v palivových zásobnících – kapalný dimer zaujímá řádově nižší objem než plynný monomer, což jej za vysokých tlaků činí favorizovanou species. Odebrání okysličovačla i jeho udržení v zásobníku je tedy dobře proveditelné.

13) **Strukturní elektronový vzorec:**



za správný elektronový vzorec 2 body

14) **Správné zdůvodnění:** b)

Zdůvodnění bez bodové penalizace: e)

Hlavním důvodem velké vazebné délky N-N vazby v molekule hydrazinu je odpuzování dvou vakantních elektronových párů na relativně malých atomech dusíku. Částečně k tomuto efektu přispívají i intermolekulové vodíkové vazby, jejich efekt se však vztahuje především na vazby N-H a nemají takový vliv.

Zmíněný “umbrella motion“ je charakteristický pro molekulu amoniaku, při čemž vzhledem ke své nízké aktivační bariéře délky a energie vazeb molekuly NH_3 téměř neovlivňuje. Přes jednoduchou vazbu N-N jej stericky realizovat nelze.

Obdobné důvody hovoří i proti vzniku intramolekulárních vodíkových můstků; tyto by přes dlouhou vazbu mezi atomy dusíku nebylo možné rovnovážně udržet. Je však přitom mít na paměti, že není důvod k rigidizaci vazby N-N. K omezení volné otáčivosti přispívají zejména rezonanční efekty, které však vodík nemůže vyvolat, protože nedisponuje vakantními orbitály ani elektronovými páry.

za správné zdůvodnění 1 bod

za nesprávnou odpověď mimo možnost b) odečíst 1 bod

1 bod

15) **Oxidace hydrazinu:** $N_2O_4 + 2 N_2H_4 \rightarrow 3 N_2 + 4 H_2O$

Oxidace N,N'-dimethylhydrazinu: $2 N_2O_4 + (CH_3)_2N_2H_2 \rightarrow 3 N_2 + 2 CO_2 + 4 H_2O$

za chemické rovnice celkem 8 bodů

16) **Tlak v rezervoáru s čistým hydrazinem:** 74,5 bar

Tlak v rezervoáru s čistým N,N'-dimethylhydrazinem: 78,9 bar

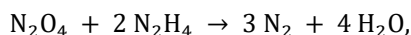
Spočtíme nejprve látková množství hydrazinu a N,N'-dimethylhydrazinu, jaké odpovídá 250 ml čistých paliv:

$$n(\text{hydrazin}) = \frac{m(\text{hydrazin})}{M(\text{hydrazin})} = \frac{\rho(\text{hydrazin}) \cdot V}{M(\text{hydrazin})} = \frac{1,021 \cdot 250}{32,046} \doteq 7,965 \text{ mol},$$

kde jsme hustotu pro dosažení v konzistentních jednotkách převedli na $g \text{ mL}^{-1}$. Obdobně pro N,N'-dimethylhydrazin

$$n(\text{N,N}'\text{-dimethylhydrazin}) = \frac{\rho(\text{N,N}'\text{-dimethylhydrazin}) \cdot V}{M(\text{N,N}'\text{-dimethylhydrazin})} = \frac{0,790 \cdot 250}{60,01} \doteq 3,291 \text{ mol}$$

Oxidace hydrazinu probíhá podle rovnice



již jsme vyřešili výše. Ze dvou molekul hydrazinu vzniknou 3 molekuly dusíku a 4 molekuly vody, obě tyto částice jsou v plynné fázi. Zvýšení tlaku v důsledku oxidace odřešíme dosazením do stavové rovnice ideálního plynu

$$p_g \cdot V = n_g \cdot R \cdot T,$$

kde za n_g dosadíme podle naznačených stechiometrických poměrů

$$n_g = \frac{3}{2} \cdot n(\text{hydrazin}) + \frac{4}{2} \cdot n(\text{hydrazin}) = \frac{7}{2} \cdot n(\text{hydrazin}).$$

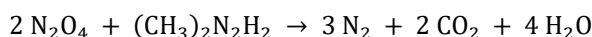
Odtud po dosazení všech hodnot v základních jednotkách

$$p_g = \frac{n_g \cdot R \cdot T}{V} = \frac{\frac{7}{2} \cdot 7,965 \cdot 8,314 \cdot 300}{10 \cdot 0,001} \doteq 6,95 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 69,5 \text{ bar}.$$

Pro určení celkového tlaku při ideálním chování plynu přičteme ke členu p_g počáteční tlak $p_0 = 5 \text{ bar}$, tedy

$$p = p_g + p_0 = 69,5 + 5 = 74,5 \text{ bar}.$$

Obdobně postupujeme pro N,N'-dimethylhydrazin. Ze stechiometrie reakce



vidíme, že 1 molekula N,N'-dimethylhydrazinu dá vzniknout 3 molekulám dusíku, 2 molekulám oxidu uhličitého a 4 molekulám plynné vody. Odtud určíme látkové množství plynných produktů jako

$$n_g = 9 \cdot n(\text{N, N' - dimethylhydrazin}).$$

Odtud určíme přírůstek tlaku p_g při oxidaci

$$p_g = \frac{n_g \cdot R \cdot T}{V} = \frac{9 \cdot 3,291 \cdot 8,314 \cdot 300}{10 \cdot 0,001} \doteq 7,39 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 73,9 \text{ bar}.$$

Se zahrnutím počátečního tlaku p_0 dostaneme

$$p = p_0 + p_g = 73,9 + 5 = 78,9 \text{ bar}.$$

*za výpočet každého tlaku a jeho správný výsledek 8 bodů
při zanedbání počátečního tlaku odečíst 1 bod z dílčích výsledků
celkem 16 bodů*

17) Použitelné palivo: a)

Vidíme, že tlak ustanovený v zásobníku při využití čistého hydrazinu povolený přetlak splňuje, zatímco při využití N,N'-dimethylhydrazinu by byl povolený (pře)tlak o necelé 3 bar překročen. Vážka nicméně odstartovat může, čímž je u konce mise, kterou jste společně s námi sledovali po celou dobu letošní netypické chemické olympiády. Blahopřejeme Vám ☺!

1 bod

Úloha 2 Skok po diagonále

33 bodů

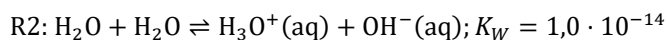
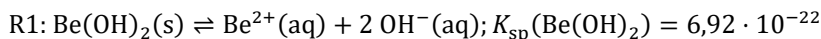
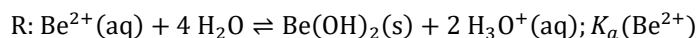
- 1) **rovnice 1:** $\text{Be} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Be}^{2+} + \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
rovnice 2: $\text{Be} + 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2$

za chemické rovnice celkem 4 body

- 2) **$pK_a(\text{Be}^{2+})$:** 6,84
 $pK_a(\text{Al}^{3+})$: 8,53
kyselejší ion: Be^{2+}

Úplná hydrolyza hlinitého iontu probíhá zcela analogicky k hydrolyze Be^{2+} , pouze s uvažováním stechiometrie vzniklého málo rozpustného hydroxidu vznikají tři ionty H_3O^+ .

Výpočet disociační konstanty ukážeme na o něco jednodušším příkladu hydrolyzy berylnatého iontu. Máme k dispozici iontový součin vody a součin rozpustnosti; přepíšme si je společně s rovnicí úplné hydrolyzy a jejich rovnovážnými konstantami:



Vidíme, že reakci R je možné formálně realizovat jako kombinaci $\text{R} = -\text{R1} + 2\text{R2}$ (ověřte formálním „součtem“ levých a pravých stran). Práci s rovnovážnými konstantami v případě, kdy reakce formálně odečítáme, jsme si už vyzkoušeli v krajském kole; lineární kombinaci reakcí s multiplikačními konstantami ověříme pro náš případ rozepsáním

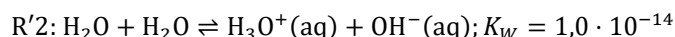
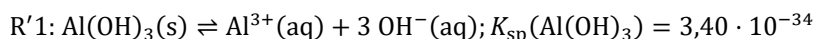
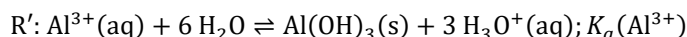
$$\text{R} \equiv -\text{R1} + 2\text{R2} + \text{R2},$$

odkud vidíme a můžeme dopočítat, že

$$K_a(\text{Be}^{2+}) = \frac{K_W^2}{K_{\text{sp}}(\text{Be}(\text{OH})_2)} = \frac{(1,0 \cdot 10^{-14})^2}{6,92 \cdot 10^{-22}} \doteq 1,45 \cdot 10^{-7}.$$

$$\text{p}K_a(\text{Be}^{2+}) = -\log(K_a(\text{Be}^{2+})) = -\log(1,45 \cdot 10^{-7}) \doteq 6,84.$$

Obdobně postupujeme pro hlinitý ion. Zavedení rovnic s potřebnými konstantami vede na zápis



S ohledem na stechiometrii hydroxidu hlinitého nyní příslušnou formální kombinaci reakcí sestavíme jako $\text{R}' = -\text{R'1} + 3\text{R'2}$. Výraz pro disociační konstantu je:

$$K_a(\text{Al}^{3+}) = \frac{K_W^3}{K_{\text{sp}}(\text{Al}(\text{OH})_3)} = \frac{(1,0 \cdot 10^{-14})^3}{3,40 \cdot 10^{-34}} \doteq 2,94 \cdot 10^{-9}$$

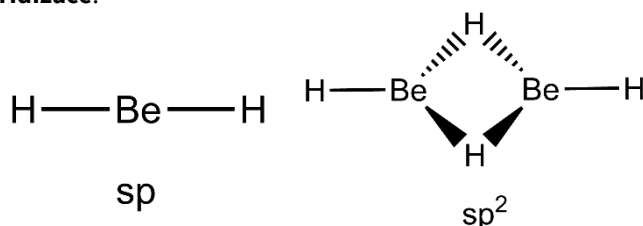
$$\text{p}K_a(\text{Al}^{3+}) = -\log(2,94 \cdot 10^{-9}) \doteq 8,53.$$

Kysejší je ion s vyšší disociační konstantou, což zde odpovídá berylnatému iontu.

za výpočet každé disociační konstanty 6 bodů
1 bod za určení kysejšího iontu

celkem 13 bodů

3) **Struktury a formální hybridizace:**

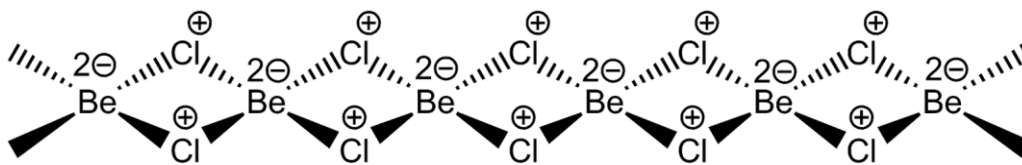


Víme, že monomer BeH_2 je lineární molekula, což odpovídá hybridizaci sp . Podobně jako u diboranu zvýší jeho dimerizace hybridizaci zapojením motivu dvouelektronové třístředové vazby. Tato úvaha vede na správnou formální hybridizaci sp^2 vypovídající o trojúhelníkovém koordinačním polyedru každého z atomů beryllia.

za strukturu BeH_2 2 body, za hybridizaci 2 body
 za strukturu Be_2H_4 3 body, za formální hybridizaci 3 body

celkem 10 bodů

4) **Formální náboje:**



za doplnění formálních nábojů 2 body

5) **Správná tvrzení:** b), c), d), g)

Atom beryllia přijme do svého blízkého okolí oproti běžným dvěma elektronům dva další, jeho formální náboj bude tedy roven -2 . Dvouvazné atomy chloru, které naopak působí jako můstek (můstkový ligand) naopak jeden elektron myšleně donují, a získají tak formální náboj $+1$. Kovalentní vazba je však z definice delokalizovaná, stejně jako hustota náboje - představa, že by kov 2. skupiny fyzicky „vytrhl“ elektron z vazebného okolí silně elektronegativního halogenu, je poněkud iluzorní. Formální náboje tedy jako takové o reaktivitě sloučeniny nevypovídají. Reaktivita BeCl_2 je velmi podobná AlCl_3 s rozdílem v kyselosti obou pevných fázích, jakým jsme se věnovali výše.

Aby byl polymer vnímán jako lineární, musí být uspořádání všech koordinačních polyedrů planární. Beryllium však kvůli své elektronové konfiguraci $[\text{He}] 2s^2$ však nemá k dispozici d -orbitály, které by aktivovalo pro dosažení formální hybridizace čtvercového uspořádání sp^3d^2 . Strukturu je možné chápat jako deformovaný tetraedr se sdílenými hranami, což odpovídá hybridizaci „centrálního“ atomu beryllia sp^3 . Stejnou hybridizaci má v tomto případě chlor, jak bychom zjistili rozkreslením dvou jeho σ -vazeb a volných elektronových párů (pro přehlednost nejsou uvedeny).

za každé správné tvrzení 1 bod, za chybné odečíst 1 bod (nelze získat záporný počet bodů)

celkem 4 body

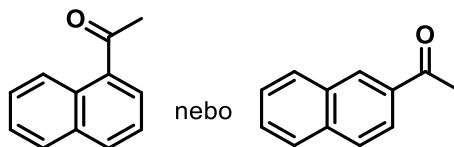
ORGANICKÁ CHEMIE

A 16 / E 12 BODŮ

Úloha 1 Ať žije azulen!

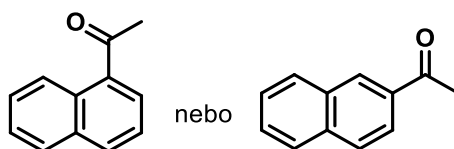
56 bodů

1)



4 body

2)



(pokud se struktura liší od odpovědi v otázce 1) **4 body**

3)

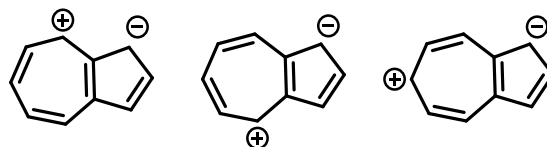
- Acylace aromatické jádro pro další substituci deaktivuje.
- Alkylace aromatické jádro pro další substituci aktivuje.

za správnou odpověď 2 body
za špatnou odpověď -2 body
celkem max. 4 body, min. 0 bodů

4) Může vzniknout celkem **10** různých izomerů dimethylnaftalenu.

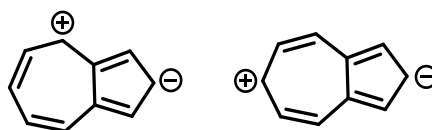
4 body

5) Správné struktury:



za libovolnou ze správných struktur **4 body**

Částečně správné struktury (neznázorňují aromaticitu sedmičlenného cyklu):



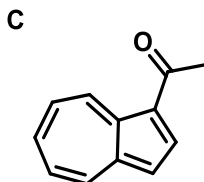
za libovolnou z částečně správných struktur **2 body**

6)

- Pětičlenný cyklus má vyšší elektronovou hustotu než šestičlenný.

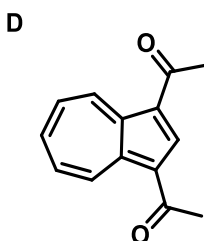
za správnou odpověď 4 body
za špatnou odpověď -4 body
celkem max. 4 body, min. 0 bodů

7)



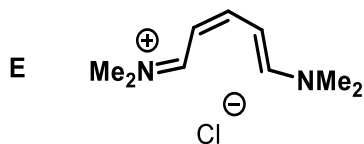
4 body

8)



4 body

9) (Konfigurace dvojných vazeb není hodnocena.)



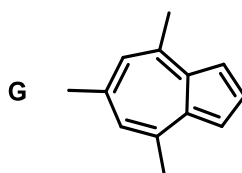
za správně uvedenou strukturu včetně protiiontu 4 body
za správně uvedenou strukturu bez protiiontu 2 body

10)



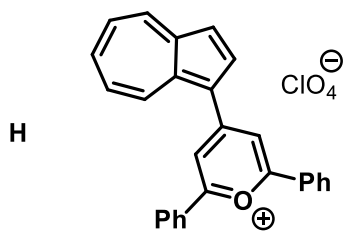
za správně uvedenou strukturu včetně protiiontu 4 body
za správně uvedenou strukturu bez protiiontu 2 body

11)



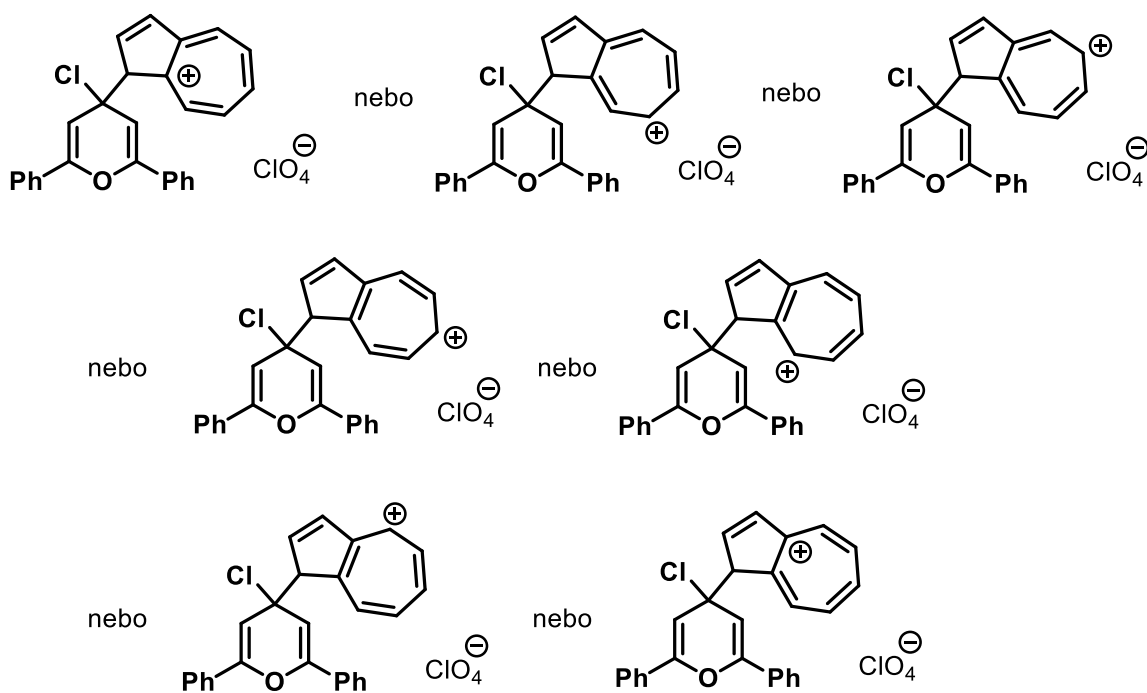
4 body

12)



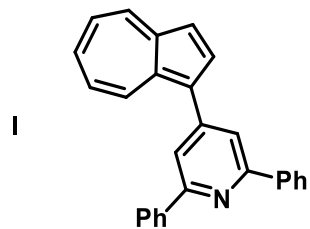
za správně uvedenou strukturu včetně protiiontu **4 body**
za správně uvedenou strukturu bez protiiontu **2 body**

13)



za správně uvedenou strukturu včetně protiiontu **4 body**
za správně uvedenou strukturu bez protiiontu **2 body**

14)



4 body

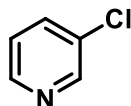
Úloha 2 Syntéza v akci: Léky na diabetes

44 bodů

- 1) i) CF_3COOOH
 ii) NCS/BF_3
 iii) PCl_3
 iv) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NHBoc}/\text{DiPEA}$

za každé z činidel 3 body
celkem 12 bodů

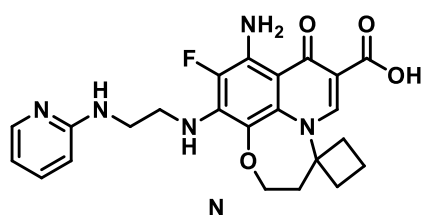
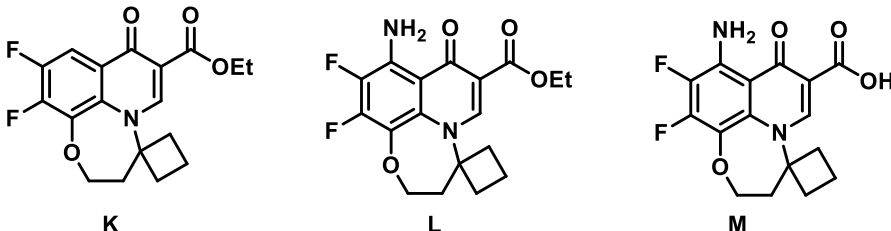
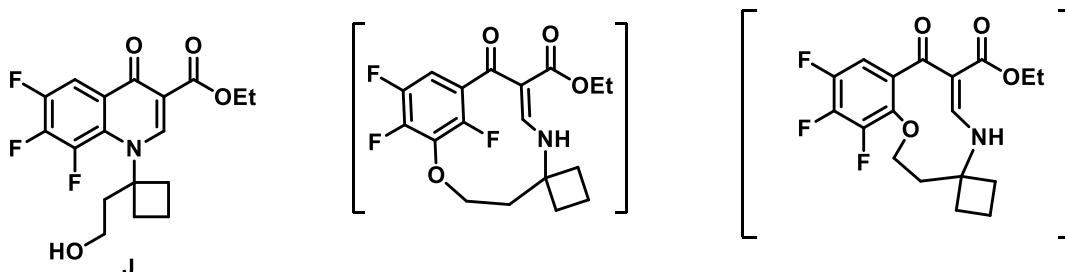
2)



za správnou strukturu **4 body**

- 3) Nejbazičtější je alifatický amin (**c**), který je také nejvíce nukleofilní, druhý je dusík v heterocyklu pyridinu (**a**) a nejméně bazický je dusík navázaný na jádro pyridinu (**b**), kvůli elektronovému odtahu dusíku v cyklu pyridinu.
 za celé správné pořadí **4 body**

4)



za struktury **J, K, L, a N** 4 body, za strukturu látky **M** 2 body. Za alternativy ke struktuře **J** v závorkách 2 body
celkem 18 bodů

- 5) Jako redukční podmínky **X** lze použít katalytickou hydrogenaci ($\text{H}_2/\text{Pd-C}$), redukci chloridem cínatým nebo dithioničitanem sodným.

za každé správné redukční činidlo 2 body, za každé špatné činidlo -2 body
celkem max. 6 bodů, min. 0 bodů

FYZIKÁLNÍ CHEMIE

A 16 / E 16 BODŮ

Úloha 1 Karačaj (К а р а ч а й)

28 bodů

1) Správné odpovědi: b), e)

Radioaktivní rozpad na rozdíl od chemické reakce není reverzibilní děj. Zpětná reakce, jaderná fúze, sice probíhat může, ale vyžaduje vysoký tlak a teplotu, energetická náročnost se navíc zvyšuje s hmotností jádra. V přírodě samovolně jaderná fúze probíhá např. v jádrech hvězd, kde z vodíku vznikají lehké prvky (helium, lithium atd.). Pro vznik těžších prvků má např. i jádro Slunce příliš mírné podmínky, vznikají například při jevu zvaném supernova.

Vazebná energie je energie nutná k rozložení daného jádra na jednotlivé nukleony. Vztáhneme-li vazebnou energii jádra na jeden nukleon, dostaneme známou křivku, která nejprve prudce roste, dosahuje maxima u ^{56}Fe a poté mírněji klesá. Z toho vyplývá, že fúzi prvků lehčích než ^{56}Fe se uvolní energie (vzroste vazebná energie). Naopak prvky těžší než ^{56}Fe mohou rozkladem na lehčí jádra zvýšit svou stabilitu (vazebnou energii). Jaderná fúze vodíku je původním zdrojem energie Slunce, jaderné rozpady těžkých prvků se využívají v jaderných elektrárnách.

za každou správnou odpověď 2 body
za špatně označenou odpověď odebrat 2 body, minimální bodový zisk je 0

celkem 4 body

2) Poločas rozpadu: 29,90 y

Výpočet:

Vyjádříme obecně čas $\tau_{1/n}$, za který se počet atomů zmenší na $1/n$ původního množství. Bylo-li na počátku N_0 atomů, je v čase $\tau_{1/n}$ počet atomů $N(\tau_{1/n}) = N_0/n$. Dosaďme do rozpadového zákona:

$$\frac{N_0}{n} = N_0 e^{-\lambda \tau_{1/n}}$$

Vidíme, že lze rovnici zkrátit N_0 , nyní celou rovnici zlogaritmujeme přirozeným logaritmem a vyjádříme čas:

$$\frac{1}{n} = e^{-\lambda \tau_{1/n}} \Leftrightarrow -\ln n = -\lambda \tau_{1/n} \Rightarrow \tau_{1/n} = \frac{\ln n}{\lambda}$$

Vzorec, který jsme dostali, je zobecněním vzorce pro poločas reakce prvního řádu ze vzorečkovníku. Nyní můžeme např. vyjádřit rozpadovou konstantu z obecného času $\tau_{1/n}$ a dosadit ji do vzorce pro poločas reakce. Dostaneme vztah

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\ln n} \cdot \tau_{1/n}$$

Známe čas, za který se množství nuklidu sníží na $1/3$ původního množství. Převédeme čas na celé roky a po dosazení do vztahu

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\ln 3} \cdot \tau_{1/3} \doteq \frac{\ln 2}{\ln 3} \cdot 47,3915 \doteq 29,90 \text{ let.}$$

za výsledek vyjádřený v letech v intervalu (29,89; 29,91) 6 bodů

3) Odpověď: 47,39 y

Poločas reakce není u kinetiky prvního řádu závislý na počáteční koncentraci, to samé platí i pro radioaktivní rozpad. Ze vztahu pro čas $\tau_{1/n}$ je navíc patrné, že ani obecný „n-tinočas“ není závislý na počátečním množství. Správnou odpověď máme zadanou v části 2): 47 let 143 dní = 47,39 let.

za odpověď vyjádřenou v letech v intervalu (47,38; 47,4) 2 body

4) Stačí pouze dosadit do vzorce pro poločas rozpadu:

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{4,621 \cdot 10^{-3}} \doteq 150,00 \text{ s.}$$

za správnou hodnotu poločasu rozpadu 2 body

5) Rychlost určující krok: Jelikož je poločas rozpadu ^{137m}Ba v řádu sekund a poločas rozpadu ^{137}Cs v řádu desítek let, můžeme za rychlost určující krok prohlásit **první reakci**.

za správnou odpověď 2 body

6) Rok: 2774 (alt. 2804).

Rozhodnutí o možnosti se vydat na planetu: ano

Jelikož jsme jako rychlost určující krok určili reakce s poločasem rozpadu v řádu desítek let, hodnota aktivity se během jedné hodiny prakticky nezmění. Přepokládáme tedy, že rozpady jsou limitovány reakcí $^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137m}\text{Ba}$ a že druhá reakce ($^{137m}\text{Ba} \rightarrow ^{137}\text{Ba}$) je okamžitá.

Limitující podmínkou je dávka 100 mSv. Z definice dávky v zadání vyplývá, že

$$E = D \cdot m = 0,1 \cdot 80 = 8 \text{ J.}$$

Každý člen posádky může absorbovat maximálně 8 J energie. Z jednoho rozpadu přitom dostane 662 keV energie, což celkem odpovídá maximálnímu počtu rozpadů

$$N = \frac{8}{662 \cdot 10^3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} \doteq 7,543 \cdot 10^{13}.$$

Jelikož aktivitu považujeme za konstantní, je

$$A = \frac{N}{t} = \frac{7,543 \cdot 10^{13}}{3600} \doteq 2,095 \cdot 10^{10} \text{ Bq.}$$

Aktivita klesá exponenciálně s časem (vizte zadání této úlohy), odtud po vyjádření

$$t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\lambda} = -\frac{\ln \frac{2,095 \cdot 10^{10}}{4,1 \cdot 10^{18}}}{\frac{\ln 2}{29,9}} \doteq 823,6 \doteq 824 \text{ y}$$

Hledaný rok je tedy 1950 + 824 = 2774. V roce 3000 se posádka na místo může vydat.

Při použití hodnoty poločasu rozpadu 31 let vychází t = 854 let, hledaný rok by byl 2804. I v tomto případě se posádka na místo může vydat.

*za uvedení správného výsledku (rok 2774, případně 2804, s tolerancí 1 rok) 5 bodů
za odpověď na možnost cesty v roce 3000 1 bod
celkem 6 bodů*

7) Délka pobytu: 95 μs (alt. 90 μs)

Aktivitu opět považujeme za konstantní, maximální počet rozpadů za pobyt se nezmění. Spočtíme aktivitu v roce 2021:

$$A_{2021} = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot (2021-1950)} = 4,1 \cdot 10^{18} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{29,9} \cdot (2021-1950)} \doteq 7,906 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$$

Dále

$$A = \frac{N}{t} \Rightarrow t_{2021} = \frac{N}{A_{2021}} = \frac{7,543 \cdot 10^{13}}{7,906 \cdot 10^{17}} \doteq 9,54 \cdot 10^{-5} \text{ s} = 95,4 \mu\text{s.}$$

V roce 2021 byste tedy limit dávky u jezera obdrželi za méně než jednu stotisícinu sekundy. V případě použití poločasu rozpadu 31 let vychází $t_{2021} = 90$ mikrosekund.

za správný výsledek 4 body

8) Správná odpověď: e)

Radioaktivní rozpad je čistě stochastický jev, který se odehrává v jádře atomu a žádný z uvedených parametrů ho neovlivňuje, stejně tak ani jejich změna.

za správnou odpověď 2 body

Úloha 2 Na (rovno)vázkách

27 bodů

1) Typ mechanismu: S_N1

Podstatou reakce je substituce na uhlovodíkovém centru, při čemž substituující částicí je nukleofil (kyanidový ion). Při reakcích terciárních substrátů, jaké se věnujeme v tomto případě, však nukleofil reaguje až s karbokationem, který vzniká *unimolekulárním* rozpadem výchozí látky. Vzhledem k unimolekulárnímu charakteru klíčového kroku přeměny se reakce označuje jako S_N1 .

za označení mechanismu 2 body2) Sumární rovnice: $\text{Me}_3\text{CBr} + \text{CN}^- \rightarrow \text{Me}_3\text{CCN} + \text{Br}^-$ **za souhrnnou rovnici reakce 1 bod**

3) Vliv podílu KBr: c)

Rovnovážná konstanta je (za dané reakční teploty) konstantní číslo charakterizující polohu rovnováhy reakce. Pokud tedy rozpuštěním velkého podílu KBr v modelovém případě zvýšíme rovnovážnou koncentraci Br^- , musí se rovnovážná koncentrace hlavního produktu $\text{H}_3\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{CN}$ snížit, aby zůstal konstantní výraz pro konstantu K . Úvaha je v souladu s kvalitativní interpretací například pomocí Le Chatelierova principu – pokud zvýšíme koncentraci bromidových iontů, posune se rovnováha reakce směrem k reaktantům, aby začal být „nadbytečný“ Br^- -ion naopak spotřebováván.

za správnou interpretaci 1 bod

4) Koncentrace reaktivního intermediátu:

$$[\text{Me}_3\text{C}^+] = K_{\text{dis}} \cdot \frac{[\text{Me}_3\text{CBr}]}{[\text{Br}^-]}$$

Rychlostní rovnice:

$$v = k_2 \cdot K_{\text{dis}} \cdot \frac{[\text{Me}_3\text{CBr}] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{Br}^-]}$$

Reaktivním intermediátem je zjevně karbokation, Me_3C^+ . K vyjádření jeho koncentrace je vhodné využít druhou část definice disociační konstanty využívající rovnovážné koncentrace

$$K_{\text{dis}} = \frac{k_{+1}}{k_{-1}} = \frac{[\text{Me}_3\text{C}^+] \cdot [\text{Br}^-]}{[\text{Me}_3\text{CBr}]},$$

odkud úpravou přímo dostaneme

$$[\text{Me}_3\text{C}^+] = K_{\text{dis}} \cdot \frac{[\text{Me}_3\text{CBr}]}{[\text{Br}^-]}$$

Formálně jde o rovnovážnou koncentraci, za našich podmínek ji však lze opodstatněně ztotožnit s takzvanou koncentrací kinetickou, se kterou jsme při odvozování rychlostních rovnic dosud pracovali. Rychlost substituční reakce je dána jako rychlost vzniku konečného produktu (kyanoderivátu), takto

$$v = k_2 \cdot [\text{Me}_3\text{C}^+] \cdot [\text{CN}^-].$$

Dosazením za (neznámou) koncentraci $\text{C}(\text{CH}_3)_3^+$ vyjádřenou pomocí disociační konstanty získáme hledanou rychlostní rovnici ve tvaru

$$v = k_2 \cdot K_{\text{dis}} \cdot \frac{[\text{Me}_3\text{CBr}] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{Br}^-]}$$

Všimněme si, že pro její vyjádření nejsou třeba rychlostní konstanty uvedeného prvního rovnovážného kroku. Jejich zapracování by bylo složitější, protože jsou však již zahrnuty v disociační konstantě, není nutné s nimi pracovat.

za správné přiřazení intermediátu a rychlostní rovnice celkem 7 bodů

5) Dílčí reakční řád: -1

Je-li výsledná rychlostní rovnice uvedena v mocninném tvaru vzhledem ke koncentracím jednotlivých částic, je dílčí řád reakce roven exponentu příslušné koncentrace. Koncentrace bromidových iontů, která nás zajímá, vystupuje ve jmenovateli mocninné závislosti; její exponent, a tedy řád reakce vzhledem k Br^- je roven -1 . Dílčí řád reakce pro obě zbývající složky je roven 1, celkově jde tedy o reakci 1. řádu.

za reakční řád 2 body

6) Správná označení: b), c), e)

Bromidový ion je produktem substituční reakce, zároveň však určitě nejde o produkt hlavní. Pohledem na rychlostní rovnici lze nadto správně usoudit, že při zvýšení jeho (kinetické) koncentrace se rychlost celé substituční reakce sníží; v limitním případě extrémního nadbytku bromidu se reakce zastaví. Těmto vlastnostem odpovídají částice označované jako inhibitory.

Numerické i kvalitativní závěry jsou v souladu s naznačeným rovnovážným chováním reakce. Pomocí rychlostní rovnice jsme popsali skutečnost, že rovnovážný výtěžek reakce se v nadbytku Br^- sníží, protože dojde ke snížení reakční rychlosti inhibicí. Této zajímavé (a nikoliv nepřekvapivé!) shodě mezi termodynamikou a kinetikou zkoumané reakce se dotýká i navazující otázka.

za označení každé správné varianty 1 bod

za označení špatné ztráta 1 bodu (nelze získat záporný počet bodů)

celkem 3 body

7) Rovnovážné koncentrace:

$$\begin{aligned} [\text{Me}_3\text{CCN}] &= 0,010 \text{ mol dm}^{-3} \\ [\text{Me}_3\text{C}^+] &= 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3} \\ [\text{CN}^-] &= 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3} \end{aligned}$$

Disociační konstanta: $K_{\text{dis}} = 1,0 \cdot 10^{-10}$

Stupeň disociace hovoří o relativním množství kyanoderivátu, který se musí přeměnit na karbokation a kyanidový ion tak, aby bylo dosaženo rovnováhy. Pro jeho interpretaci se hodí sestavit jednoduchou bilanční tabulku, kde si množství pro jednoduchost vyjádříme koncentrací v reaktoru o konstantním objemu:

Částice	Me_3CCN	Me_3C^+	CN^-
počáteční koncentrace	c_0	0	0
rovnovážná koncentrace	$c_0 \cdot (1 - \zeta)$	$\zeta \cdot c_0$	$\zeta \cdot c_0$

Označíme-li si počáteční koncentraci kyanoderivátu jako c_0 , pak součin ζc_0 hovoří o koncentraci této molekuly, která se přeměnila a dala vzniknout dvěma stejně zastoupeným iontům Me_3C^+ a CN^- .

Rovnovážné koncentrace můžeme přičíst dosazením do druhého řádku tabulky jako

$$[\text{H}_3\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{CN}] = c_0 \cdot (1 - \zeta) = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot (1,0 - 1,0 \cdot 10^{-5}) = 0,0099999 \text{ mol dm}^{-3},$$

$$[\text{C}(\text{CH}_3)_3^+] = [\text{CN}^-] = \zeta \cdot c_0 = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}.$$

S uvážením jednotkových stechiometrických koeficientů můžeme psát rovnovážnou konstantu disociace ve tvaru

$$K_{\text{dis}} = \frac{[\text{Me}_3\text{C}^+] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{Me}_3\text{CCN}]}$$

po dosazení a vyčíslení za našich podmínek tedy

$$K_{\text{dis}} = \frac{(\zeta c_0) \cdot (\zeta c_0)}{(1 - \zeta) \cdot c_0} = \frac{\zeta^2}{1 - \zeta} \cdot c_0 = \frac{(1,0 \cdot 10^{-5})^2}{1,0 - 1,0 \cdot 10^{-5}} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \doteq 1,0 \cdot 10^{-12}$$

Vidíme, že hodnota disociační konstanty je vzhledem ke koncentraci c_0 naprosto zanedbatelná.

za každou rovnovážnou koncentraci 2 body

za rovnovážnou konstantu 2 body

celkem 8 bodů

8) Správná zdůvodnění: a), b), d)

Správná zdůvodnění jsou různými formulacemi pozorování „hnací síly“ nukleofilní substituční reakce. Aby tato probíhala dostatečně rychle, musí být vazba konkurenčního nukleofilu (CN^-) na substrát silnější než vazba odstupující skupiny (Br^-). S tímto pozorováním souvisí aktivační energie štěpení jednotlivých vazeb.

Jediné nesprávné zdůvodnění se týká elektronové struktury obou aniontů, je však záměrně mylné. Kyanidový ion je *closed-shell* diatomikum, v němž atomy uhlíku i dusíku dosahují (podobně jako brom v Br^-) elektronového oktetu, určitě tedy nejde o nestabilní elektronovou konfiguraci. Důvody odlišné chemické reaktivity obou iontů jsou jiné.

*za označení každé správné varianty 1 bod
za označení špatné ztráta 1 bodu (nelze získat záporný počet bodů)*

celkem 3 body

Úloha 3 Horší scénář(e)**38 bodů****1) Správná soustava rovnic:**

$$\frac{ds(t)}{dt} = -a \cdot i(t) \cdot s(t) + b \cdot i(t),$$

$$\frac{di(t)}{dt} = a \cdot i(t) \cdot s(t) - b \cdot i(t)$$

Jelikož se na nemoc nezískává imunita, kategorii R vůbec nezavádíme. Z infikovaného jedince se procesem léčení nestává jedinec vyléčený (kategorie R), ale vrací se do kategorie náchylných (S). Stačí tedy pouze „bývalou“ kategorii R přičíst ke kategorii S :

za každou správně uvedenou rovnici 3 body

celkem 6 bodů**2) Správné tvary rovnic:**

$$\frac{dn(t)}{dt} = 0$$

$$n(t) = \text{konst.}$$

Úlohu lze řešit (alespoň) dvěma ekvivalentními způsoby.

Způsob 1: Z definice je $n(t)$ celkový počet jedinců v systému. Jelikož nikdo neumírá, tak je změna počtu jedinců v čase rovna 0:

$$\frac{dn(t)}{dt} = 0.$$

Způsob 2: Veličina $n(t)$ je složena ze dvou složek, každá přispívá k celkové rychlosti růstu svou rychlostí růstu (to samé říká pravidlo pro derivaci součtu funkcí). Zde

$$\frac{dn(t)}{dt} = \frac{ds(t)}{dt} + \frac{di(t)}{dt} = -a \cdot i(t) \cdot s(t) + b \cdot i(t) + a \cdot i(t) \cdot s(t) - b \cdot i(t) = 0.$$

Tato bilance opakuje předpoklad o tom, že nikdo neumírá – jedinci se tedy mohou pouze přesouvat z jedné skupiny do druhé.

za každou správnou rovnici 1 bod

celkem 2 body**3) Doba infekce poloviny populace: 47 dní**

Z první nabízené rovnice lze jednoduchou úpravou (logaritmováním) explicitně vyjádřit čas:

$$t = \frac{1}{a-b} \cdot \ln \left(\frac{i(t) \cdot (a-b-ai_0)}{i_0 \cdot (a-b-ai(t))} \right).$$

Známe parametry a , b . Jelikož máme v systému 10 000 000 obyvatel a z nich je jeden nakažen, je $i_0 = 10^{-7}$. Má-li být nakažena polovina republiky, je $i(t) = 0,5$. Všechny parametry tedy byly zadány, stačí do rovnice pouze dosadit:

$$t = \frac{1}{0,583 - 0,2172} \cdot \ln \left(\frac{0,5 \cdot (0,583 - 0,2172 - 0,583 \cdot 10^{-7})}{10^{-7} \cdot (0,583 - 0,2172 - 0,583 \cdot 0,5)} \right) \doteq 46,52 \text{ d} \doteq 47 \text{ d.}$$

Druhá rovnice vznikla pouze algebraickými úpravami první, je z ní tedy možné vyjádřit čas, ale je to mnohem komplikovanější.

za správný výsledek 4 body

4) Správné odpovědi: 1 c), 2 a), 3 b).

Pro řešení této úlohy je důležité si uvědomit význam obou rychlostních konstant. Konstanta a je rychlostní konstanta šíření infekce, b je rychlostní konstanta zotavení se z nemoci. Potom grafy musejí odpovídat následujícím situacím:

Graf 1: možnost c). Nárůst nastává dříve než ve výchozím grafu, nemoc se tedy šíří rychleji, zároveň ale počet infikovaných nikdy nedosáhne tak velkých hodnot, jako u grafu 4 – to znamená, že u grafu 1 musí být větší konstanta b než u grafu 4. Z nabízených modifikací volíme možnost c: $a = 1,5 a_0, b = 1,5 b_0$.

Graf 2: možnost a). Graf zobrazuje pomalejší nárůst infekce než u výchozího grafu, což značí buď sníženou konstantu a , nebo zvýšenou konstantu b . Z nabízených možností volíme a: $a = a_0, b = 1,5 b_0$.

Graf 3: možnost b). Nárůst počtu infikovaných je větší než u výchozí situace a dosahuje většího maxima – to značí posílenou konstantu a . Maximum je větší než u grafu 1, proto soudíme, že konstanta b je menší než u grafu 1. Proto přiřadíme možnost b: $a = 1,5 a_0, b = b_0$.

za každou správnou odpověď 2 body
celkem 6 bodů

5) **Správné odpovědi:**

$$(s_0; i_0) = (1; 0)$$

$$(s_0; i_0) = \left(\frac{b}{a}; 1 - \frac{b}{a}\right)$$

Z popisu stacionárního řešení plyne, že velikost veličin se nemění, rychlost změny obou je tedy rovna nule. Vezměme např. rovnici pro rychlost počtu infekčních:

$$ai(t)s(t) - bi(t) = 0$$

$$i(t) \cdot (as(t) - b) = 0 \Leftrightarrow i(t) = 0 \text{ nebo } a \cdot s(t) - b = 0.$$

Jednoduchou algebraickou úpravou dostáváme dvě možná řešení:

a) $i(t) = 0 = i_0$. Potom $s(t) = 1 - i(t) = 1 = s_0$. Toto řešení má poměrně jednoduchou interpretaci, odpovídá situaci, kdy v systému na začátku nejsou žádní nakažení. Nemoc se tedy v systému nešíří a stavy jednotlivých kategorií jsou v čase stále stejné.

b) $a \cdot s(t) - b = 0 \Leftrightarrow s(t) = \frac{b}{a} = s_0$. Potom $i(t) = 1 - s(t) = 1 - \frac{b}{a}$. Interpretace tohoto řešení není na první pohled zřejmá a bude objasněna v následující úloze.

za každé správné řešení 3 body

celkem 6 bodů

6) **Správné odpovědi:** A – d, B – c, C – a, D – b

Grafy A, C, D zobrazují chování systémů se stálými počty náchylných a nakažených. Víme, že existují dvě stacionární řešení.

První stacionární řešení nastává v případě, že v populaci nejsou žádní nakažení, je $i(t) = 0$. Tomu odpovídá graf C.

Druhé stacionární řešení nastává pro $(s_0; i_0) = \left(\frac{b}{a}; 1 - \frac{b}{a}\right)$. Po dosazení parametrů ze zadání dostaneme $(s_0; i_0) \approx (0,373; 0,627)$. Tomu odpovídá graf D.

Graf D znázorňuje systém, v němž jsou sice $i(t), s(t)$ konstantní v čase, ale jejich hodnoty neodpovídají žádnému stacionárnímu řešení.

Graf B zobrazuje systém, jehož počáteční podmínky jsou blízko dynamické rovnováze, do které systém rychle přechází (křivky jsou ze začátku mírně zahnuté a poté se narovnají do přímky).

za každé správné přiřazení 2 body

celkem 8 bodů

7) Správné odpovědi: 1c, 2a, 3b

Soustava rovnic v bodu 1. připomíná zpočátku model SIR, je v něm však jeden „mezistupeň“. Tento model se nazývá SEIR (*S*usceptible, *E*xposed, *I*nfected, *R*ecovered). Náchylní jedinci ubývají stejně jako v modelu SIR, stávají se z nich jedinci exponovaní. Z exponovaných jedinců se s rychlostní konstantou vyjadřující rychlost náběhu nemoci v těle stávají infikovaní, toto závisí pouze na počtu exponovaných osob (člen cE). Infikovaní se pak léčí s rychlostní konstantou b . Popisu odpovídá možnost c).

Soustava rovnic v 2. bodu je velmi podobná modelu SIR, ale v každé rovnici je přidán člen závislý pouze na velikosti dané kategorie s rychlostní konstantou e . To odpovídá tomu, že v každé kategorii ubývají osoby (umírají z jiných příčin, zjednodušených do konstanty e). Tomuto popisuje odpovídá možnost a).

Ve třetím modelu náchylní ubývají dvěma členy – členem vyjadřujícím interakci náchylní – nakažení (aSI) a členem vyjadřujícím interakci náchylní – exponovaní (člen dSE). V tomto modelu tedy může náchylného nakazit (způsobit úbytek v této skupině) jak infikovaný, tak exponovaný. Tomu odpovídá možnost b).

za každé přiřazení 2 body

celkem 6 bodů

BIOCHEMIE

A 12 BODŮ

Úloha 1 SARS-CoV-2 a RT-qPCR

10 bodů

1) a NE, b NE, c ANO, d NE, e ANO

celkem 0,5 bodu

2) 1J, 2D, 3H, 4G, 5H, 6A

0,2 bodu/správné přiřazení

celkem 1,2 bodu

3) komplementární DNA

celkem 0,1 bodu

4) krok 1 (reverzní transkripce) krok 2 (kvantitativní PCR)

reverzní transkriptáza	ano	
močovina		
DNA polymeráza		ano
dNTP	ano	ano
inhibitor enzymů štěpících RNA	ano	
templátová RNA	ano	
náhodný primer	ano	
sekvenčně specifický primer (uvažujte, že se do reakce nepřidává žádný jiný primer)	ano	ano
pufr	ano	ano
SDS		
SYBR® Green (fluorescenční próba)		ano
akrylamid		

celkem 2 body

5) 1e, 2b, 3a, 4g, 5c

0,2 bodu/správné přiřazení

celkem 1 bod

6) mRNA

0,2 bodu

7) 1d, 2b, 3a, 4c, 5e

0,2 bodu/správné přiřazení

celkem 1 bod

8) A

0,1 bodu

9)

Množství počáteční RNA	10 000 000	1 000 000	100 000	10 000
Ct	25	28	31	34
Dekadický logaritmus množství počáteční RNA	7	6	5	4

Množství počáteční RNA pro Ct 29,5: 320 000

Ct odpovídající 100 kopiím RNA na počátku reakce: 40

0,2 bodu/výpočet všech logaritmů, 1,6 bodu/výpočet počátečního množství RNA, 1,6 bodu/výpočet Ct

celkem 3,4 bodu

10) Ze 100 nemocných bude v průměru 40 mít negativní výsledek antigenního testu.

Pravděpodobnost, že jste zdraví, i když vám vychází pozitivní výsledek PCR testu, je nulová.

0,25 bodu/výpočet

celkem 0,5 bodu

Úloha 2 UV-Vis spektroskopie ve službách biochemiků**7 bodů****1)**

- a) nepravda (vysolení nevede ke ztrátě biologické aktivity)
- b) pravda
- c) nepravda (je větší)
- d) nepravda (denaturované proteiny bývají obvykle lépe zpracovatelné)
- e) nepravda (poměr je 1:1)
- f) pravda

za každou odpověď 0,25 bodu

celkem max. 1,5 bodu**2)**

a – II, b – IV, c – I, d – III

Vyšší teploty tání čekáme u delších pramerů III–IV, obecně vyšší teplotu tání očekáváme u pramerů s vyšším podílem párů C–G.

celkem max. 1,25 bodu**3) c)****0,75 bodu****4)**

- g) **A**
- h) **D**

Sledujeme poměr absorbancí A_{260}/A_{280} . Tento poměr je největší v případě **A**, nejmenší v případě **D**. Nejvíce znečištěný je proto vzorek **D**, nejméně znečištěný je vzorek **A**.

za každou odpověď 0,75 bodu

celkem max. 1,5 bodu**5)**

Využijeme aditivity absorbancí a pro obě vlnové délky sestavíme rovnice. Vznikne soustava lineárních rovnic o dvou neznámých.

$$A_{260} = \epsilon_{\text{DNA},260} \cdot c_{\text{DNA}} + \epsilon_{\text{P},260} \cdot c_{\text{P}}$$

$$A_{280} = \epsilon_{\text{DNA},280} \cdot c_{\text{DNA}} + \epsilon_{\text{P},280} \cdot c_{\text{P}}$$

Dosazením:

$$1,280 = 8,92 \cdot 2 \cdot c_{\text{DNA}} + 0,14 \cdot 2 \cdot c_{\text{P}}$$

$$0,752 = 5,09 \cdot 2 \cdot c_{\text{DNA}} + 0,27 \cdot 2 \cdot c_{\text{P}}$$

Řešením soustavy získáváme:

$$c_{\text{DNA}} = 0,0709 \text{ mg/ml}, c_{\text{P}} = 0,0568 \text{ mg/ml}.$$

Poměr hmotnostních koncentrací je odtud:

$$c_{\text{DNA}}/c_{\text{P}} = \underline{1,25}.$$

celkem max. 2 body, za převrácení poměru (výsledek 0,8) udělit 1,5 bodu

Úloha 3 Mutace aneb se změnou nejdál dojdeš

4,5 bodu

- 1) Správná jsou tvrzení **B, C a E**.

za každou správnou odpověď 1/3 bodu, za každou špatnou odpověď -1/3 bodu do minima 0 bodů

celkem max. 1 bod

- 2) **Mutace 1:** delece, **Mutace 2:** inserce, **Mutace 3:** substituce, **Mutace 4:** substituce

za každou odpověď 0,25 bodu

celkem max. 1 bod

- 3) U prvních dvou mutací se změní **počet** bazí v sekvenci DNA. Toto vždy obecně povede k posunu **čtecího rámce**, tedy způsobu, jakým jsou při translaci rozpoznány jednotlivé kodony (které tři nukleotidy jsou brány jako jeden kodon). V případě Mutace 1 je výsledkem peptid **zcela změněný**.

za každou odpověď z výběru 0,1 bodu, za čtecí rámeček 0,5 bodu

celkem max. 0,7 bodu

- 4) Mutace 2 může obecně vést ke stejnému důsledku jako předchozí, v tomto specifickém případě se v sekvenci předčasně objeví **STOP**-kodon a syntéza kódovaného proteinu bude **předčasně ukončena**.

za každou odpověď z výběru 0,1 bodu, za STOP kodon 0,2 bodu

celkem max. 0,3 bodu

- 5) U zbývajících svou mutací dochází ke změně **typu** bazí v sekvenci. Což může mít rozličné důsledky.
U Mutace 3 povede záměna nukleotidu **G** za nukleotid **C** k záměně aminokyseliny **Ala** (3písmenná zkratka) za aminokyselinu **Ala** (3písmenná zkratka). Tím se struktura proteinu **nezmění**.
U **Mutace 4** povede záměna nukleotidu **A** za nukleotid **T** k záměně aminokyseliny **Asp** (3písmenná zkratka) za aminokyselinu **Val** (3písmenná zkratka). Záměna **polární** aminokyseliny za **nepolární** aminokyselinu může vést ke změně vlastností celého proteinu.

za každou odpověď z výběru 0,1 bodu, za každý nukleotid 0,1 bodu, za každou aminokyselinu 0,2 bodu

celkem max. 1,5 bodu