



**57. ročník #coronaedition**

**2020/2021**

**DOMÁCÍ KOLO**

**Kategorie A/E**

---

**Teoretická část – Řešení**

## Obecné pokyny k přepočtu bodů

Každá úloha je hodnocena **modrými body**, které mají v celkovém hodnocení pouze relativní hodnotu. Váš celkový **bodový zisk** v dané oblasti se vypočte tak, že se sečtou **modré body**, které jste získali za danou úlohu, podělí se **maximálním počtem modrých bodů**, které můžete za danou úlohu získat, a vynásobí se **maximálním počtem černých bodů získatelných v dané oblasti a kategorii**:

$$\text{bodový zisk} = \frac{\text{modré body získané}}{\text{maximální počet modrých bodů}} \cdot \text{maximální počet černých bodů}$$

Pro lepší orientaci uvedeme dva příklady:

- 1) Olympionik řešící kategorii A obdržel v anorganické chemii celkem **92 modrých bodů**. Maximální počet modrých bodů, které může získat za anorganickou chemii, je **120 modrých bodů**. Celkem je běžný maximální bodový zisk v domácím kole kategorie A anorganické chemie **5 bodů**. Jeho **bodový zisk** z anorganické chemie je tak:

$$\frac{92}{120} \cdot 5 = 3,83$$

- 2) Olympionička řešící kategorii E obdržela ve fyzikální chemii celkem **55 modrých bodů**. Maximální množství modrých bodů, které může získat za fyzikální chemii je **63 modrých bodů**. Celkem je běžný maximální bodový zisk v domácím kole kategorie E fyzikální chemie **8 bodů**. Její **bodový zisk** z fyzikální chemie je tak:

$$\frac{55}{63} \cdot 8 = 6,98$$

### Modré body (maximální bodový zisk)

	A	E
anorganická chemie	126	126
organická chemie	100	100
fyzikální chemie	63	63
biochemie	50	-
praktická část	36	62

### Černé body (maximální bodový zisk)

	A	E
TEORETICKÁ ČÁST	20	20
anorganická chemie	5	6
organická chemie	5	6
fyzikální chemie	5	8
biochemie	5	-
PRAKTICKÁ ČÁST*	20	40
TEST ŠKOLNÍHO KOLA**	60	40

\* kategorie A řeší úlohy 1 a 2, kategorie B 1, 2 a 3

\*\* bude řešen online a výsledek se automaticky započte do systému

## ANORGANICKÁ CHEMIE

## A 5/E 6 BODŮ

## Úloha 1 Čpavek

41 bodů

1) Špatně zařazený prvek: fosfor

Výskyt špatně zařazeného prvku: nukleové kyseliny, kosti

Chybějící prvek: síra (popř. selen)

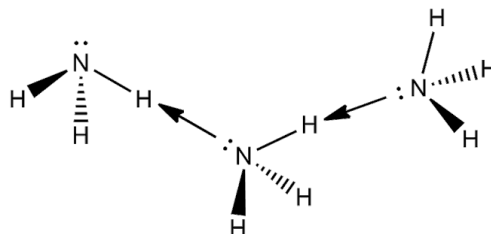
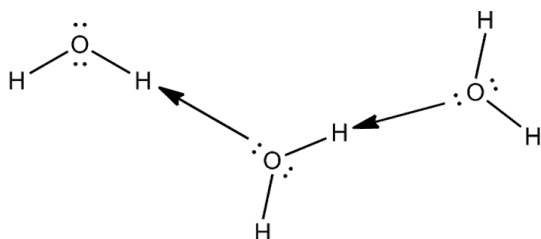
za každou odpověď 1 bod  
celkem maximálně 3 body2) Nejvyšší přípustné teploty:  $\text{NH}_3$  – 240 K,  $\text{CH}_4$  – 112 K

Odpověď: ano (amoniak tuhne při 195 K)

za obě nejvyšší přípustné teploty 1 bod  
za správnou odpověď 1 bod  
celkem maximálně 2 body

3) Odpověď: vodíkové vazby (můstky)

Schématický nákres:

za správnou identifikaci interakce 1 bod  
za každý správný schématický nákres 2 body  
celkem maximálně 5 bodů

4) Zdůvodnění:

Centrální atom (uhlík) má příliš nízkou elektronegativitu na to, aby na atomu H vznikl dostatečný parciálně kladný náboj.

Dominantní interakce: disperzní interakce

za zdůvodnění 1 bod  
za dominantní interakci 2 body  
celkem maximálně 3 body5) Rovnice autoprotolýzy a označení:  $\text{NH}_3 + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$  (solvokyselina) +  $\text{NH}_2^-$  (solvozásada)

Nejsilnější možná kyselina: amoniový ion

za rovnici autoprotolýzy 1 bod  
za správné označení solvokyseliny a solvozásady 2 body  
za uvedení nejsilnější možné kyseliny 1 bod  
celkem maximálně 4 body

6) **Hodnota iontového součinu:**  $10^{-33}$ za správnou hodnotu iontového součinu **3 body**7) **Výpočet:**

Pro jednotlivé iontové součiny platí:

$$\ln \frac{K_w(T)}{K_w(T_0)} = \frac{\Delta H_{\text{auto}}}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \rightarrow K_w(T) = K_w(T_0) \cdot \exp \left( \frac{\Delta H_{\text{auto}}}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right)$$

$$K_w(373 \text{ K}) = 1,00 \cdot 10^{-14} \cdot \exp \left( \frac{52700 \text{ J mol}^{-1}}{8,134 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} \cdot \left( \frac{1}{298 \text{ K}} - \frac{1}{373 \text{ K}} \right) \right) = 7,20 \cdot 10^{-13}$$

Odpovídající neutrální pH je pak:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]^2 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_w} = 8,49 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(8,49 \cdot 10^{-7}) = 6,07$$

za správný postup výpočtu nového iontového součinu 5 bodů

za numericky správný iontový součin při 100 °C 2 body

za správný postup výpočtu pH neutrální vody 4 body

za numericky správnou hodnotu vypočteného pH 2 body

**celkem maximálně 13 bodů**8) **Výpočet:**

Vzhledem k tomu, že iontový součin a disociační konstanta vody jako kyseliny jsou spolu v následujícím vztahu, můžeme psát, že:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] \quad K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \rightarrow K_a = \frac{K_w}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

Rovnovážná koncentrace „vody ve vodě“  $[\text{H}_2\text{O}]$  je:

$$c_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1000 \text{ g dm}^{-3}}{18,02 \text{ g mol}^{-1}} = 55,49 \text{ mol dm}^{-3} \rightarrow [\text{H}_2\text{O}] = 55,49$$

Potom:

$$K_a = \frac{K_w}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{55,49} = 1,802 \cdot 10^{-16} \rightarrow \text{p}K_a = -\log K_a = -\log 1,802 \cdot 10^{-16} = 15,7$$

za správný postup výpočtu disociační konstanty 3 body

za správný postup výpočtu  $[\text{H}_2\text{O}]$  3 bod

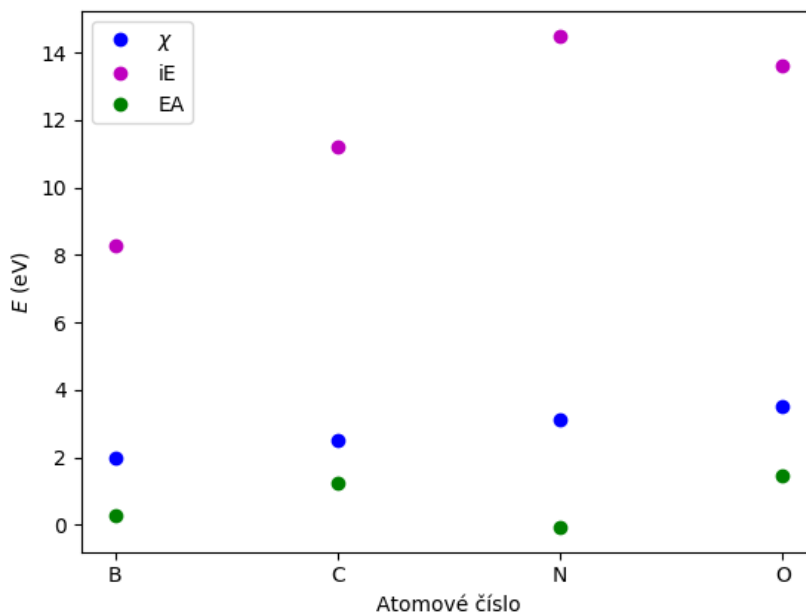
za numericky správný výsledek 2 body

**celkem 8 bodů**

## Úloha 2 Třináctá, čtrnáctá, patnáctá...

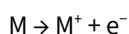
50 bodů

## 1) Vynesení hodnot:

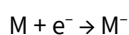
za správný způsob vynesení relevantních hodnot **3 body**

## 2) Odpovědi:

Ionizační energie je energie nutná ke vzniku jednomocného kationtu z neutrálního atomu, tedy energie formálně odpovídající ději:



Elektronová afinita je energie, která se uvolní při vzniku jednomocného aniontu přijetím elektronu neutrálním atomem, tedy formálně energie odpovídající ději:



za každou správnou odpověď 1 bod  
celkem maximálně 2 body

3) **Odpověď:** Ano, na elektronegativitu lze (podle jedné z definic, konkrétně podle Mullikena) pohlížet jako na střední hodnotu mezi ionizační energií a elektronovou afinitou.

**Vymykající se prvek a zdůvodnění:** Jde o dusík, který je stabilizován zaplněním podslupek typu s- a právě polovinou podslupky typu p-.

za rozhodnutí o korelaci 1 bod, za zdůvodnění korelace 1 bod  
za vymykající se prvek 1 bod, za vysvětlení 1 bod  
celkem maximálně 4 body

4) **Trend:** Ano, lze očekávat podobné chování, platí periodický zákon.

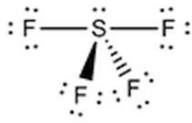
**Nejvyšší elektronegativita:** Kyslík (ano, je v souladu).

za každou odpověď 1 bod  
celkem maximálně 2 body

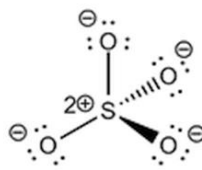
5) **Řešení:**



$sp^3d^2$   
a)



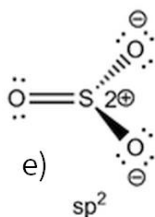
$sp^3d$   
b)



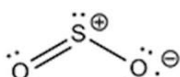
$sp^3$   
c)



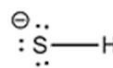
$sp^3$   
trigonální pyramida  
d)



e)  
 $sp^2$



f)  
 $sp^2$



g)  
 $sp^3$

za každou navrženou strukturu se správným počtem volných elektronových párů a formálními náboji 2 body  
za každou správnou hybridizaci 1 bod  
**celkem maximálně 21 bodů**

6) **Odpověď:** Trigonální pyramida.

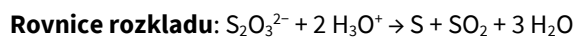
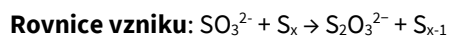
**1 bod**

7) **Odpověď:**

Trigonálně planární (trojúhelníkové) molekuly jsou typickými Lewisovými kyselinami. Zvolený příklad oxidu sírového je dokonce nejsilnější Lewisovou kyselinou S(VI), již lze připravit (srovnejte jeho prudkou reakci s vodou).

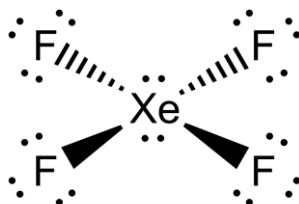
**3 body**

8) **Název iontu:** thiosíranový anion



za správný název iontu 1 bod  
za každou správně sestavenou a vyčíslenou rovnicí 2 body  
**celkem maximálně 5 bodů**

9) **Struktura a hybridizace:**

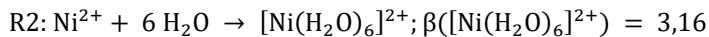
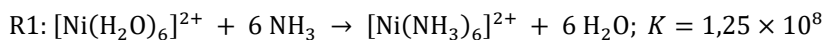
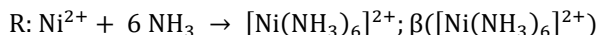


$sp^3d^2$

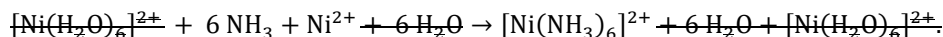
za správnou strukturu včetně vyznačených elektronových párů 2 body  
za správnou hybridizaci 1 bod  
**celkem maximálně 3 body**

**10) Konstanta stability:**  $\beta([\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}) = 3,95 \times 10^8$

Označme si reakce a rovnovážné konstanty, které máme zadány:



Reakci, jejíž rovnovážnou konstantu neznáme, můžeme realizovat jako formální kombinaci  $\text{R} \equiv \text{R}_1 + \text{R}_2$ , tedy „součet“ levých a pravých stran v podobě



Formálně jsme tedy realizovali navazující reakci, kdy nejprve vznikl komplex  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  ( $\text{R}_2$ ) a následně byl substituován amoniakem ( $\text{R}_1$ ). Pro rovnovážnou konstantu reakce R tedy platí, že

$$\beta([\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}) = K \cdot \beta([\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}) = 1,25 \times 10^8 \cdot 3,16 = 3,95 \times 10^8.$$

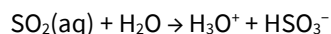
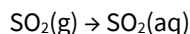
Pro úplnost poznamenejme, že postup uvedený ve vzorečkovníku pro letošní kolo Chemické olympiády vychází z takzvaných reakčních Gibbsových energií – volných energií uvolněných reakcí v podobě „chemické práce“. Tyto se sčítají stejně, jako jsme kombinovali chemické reakce, a závisejí na *logaritmu* rovnovážné konstanty. Úpravou vztahů získáme postup, jehož aplikaci ukazujeme na tomto typovém příkladu.

Podobné kvantitativní úvahy o chemických rovnováhách zahrnujících pH, ale například i vznik málo rozpustných sloučenin se mohou hodit v navazujících kolech soutěže. Pro přípravu Vám bude stačit porozumět úpravě rovnovážných konstant; interpretace reakčních energií není pro úspěšné řešení třeba.

*za správný postup vedoucí k rovnovážné konstantě 4 body  
za numericky správný výsledek 2 body  
**celkem maximálně 6 bodů***

## Úloha 3 Oxid siřičitý v atmosféře

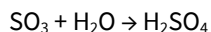
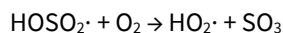
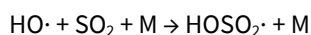
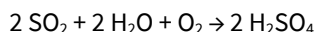
35 bodů

1) Absorpce a disociace SO<sub>2</sub>:Formy: SO<sub>2</sub>(aq), HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

za každou správnou rovnici udělit 1 bod  
za uvedení správného výčtu forem 1 bod; dílčí body se neudělují  
**celkem maximálně 3 body**

2) Vznik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v atmosféře:

Oxidace na suché cestě je radikálová:

Oxidace na mokré cestě zahrnuje přímou oxidaci SO<sub>2</sub> ve vodném roztoku kyslíkem:za uvedení aspoň jednoho z mechanismů oxidace **2 body**

## 3) Výpočet:

Látkové množství pohlceného SO<sub>2</sub> je:

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{p \cdot V_{\text{SO}_2}}{RT} = \frac{1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 293 \text{ K}} = 0,0205 \text{ mol}$$

Molární koncentrace rozpuštěného SO<sub>2</sub> a tedy i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> je:

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = c_{\text{SO}_2} = \frac{n_{\text{SO}_2}}{V_{\text{roztok}}} = \frac{0,0205 \text{ mol}}{400 \text{ dm}^3} = 5,13 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

Vzhledem k transformaci SO<sub>2</sub> na H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a považujeme-li kyselinu sírovou za silnou dvojsytnou kyselinu je:

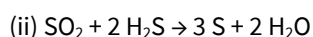
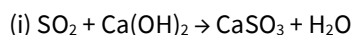
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,03 \cdot 10^{-4}$$

Hodnota pH je pak:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,03 \cdot 10^{-4} = 3,99$$

za správný postup výpočtu množství rozpuštěného SO<sub>2</sub> 2 body  
za správný postup přepočtu na molární koncentraci H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 bod  
za správný postup výpočtu koncentrace oxoniových iontů a pH 2 body  
za numericky správný výsledek 1 bod  
**celkem maximálně 6 bodů**

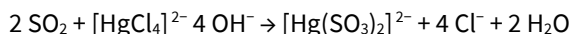
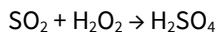
## 4) Chemické rovnice:

**Získávání H<sub>2</sub>S v průmyslu:** Odsiřování zemního plynu.

za každou správně uvedenou a vyčíslenou rovnici 2 body  
za objasnění zdroje H<sub>2</sub>S udělit 1 bod  
**celkem maximálně 5 bodů**



5) Chemické rovnice:



za rovnici pohlcování v peroxidu vodíku 2 body

za rovnici vzniku disulfitomerkurátu 4 body

**celkem maximálně 6 bodů**

- 6) **Rozklad H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** Rozklad je třeba provádět látkou, která katalyzuje přeměnu peroxidu na kyslík a nevstupuje do dalších reakcí. Může se tak využít ideálně stopové množství pevného MnO<sub>2</sub> nebo roztoku FeCl<sub>3</sub>, které dále neruší stanovení.

za uvedení vhodného katalyzátoru **2 body**

7) Výpočet:

Látkové množství kyseliny sírové, které vzniklo z celkového množství SO<sub>2</sub>, je:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1}{2} \cdot n_{\text{NaOH}} = \frac{1}{2} \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = \frac{1}{2} \cdot 0,001 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 8,87 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 4,44 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Látkové množství a odpovídající hmotnost SO<sub>2</sub> v roztoku je pak:

$$n_{\text{SO}_2} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 4,44 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$m_{\text{SO}_2} = n_{\text{SO}_2} \cdot M_{\text{SO}_2} = 4,44 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot 64,06 \text{ g mol}^{-1} = 2,84 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

Toto množství SO<sub>2</sub> je přítomné ve vzduchu o objemu:

$$V_{\text{vzduch}} = Q_{\text{vzduch}} \cdot t = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 4 \cdot 3600 \text{ s} = 21,6 \text{ m}^3$$

Hmotnostní koncentrace SO<sub>2</sub> ve vzduchu je pak:

$$c_{m,\text{SO}_2} = \frac{m_{\text{SO}_2}}{V_{\text{vzduch}}} = \frac{2,84 \cdot 10^{-4} \text{ g}}{21,6 \text{ m}^3} = 1,32 \cdot 10^{-5} \text{ g m}^{-3} = 13,2 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$$

Imisní limit tedy nebyl překročen.

za správný postup výpočtu látkového množství kyseliny sírové 3 body

za správný postup výpočtu hmotnosti oxidu siřičitého 3 body

za správný postup výpočtu hmotnostní koncentrace SO<sub>2</sub> udělit 3 body

za numericky správný výsledek 1 bod

za rozhodnutí o (ne)překročení imisního limitu na základě spočtených dat 1 bod

**celkem maximálně 11 bodů**

## ORGANICKÁ CHEMIE

## A 5 / E 6 BODŮ

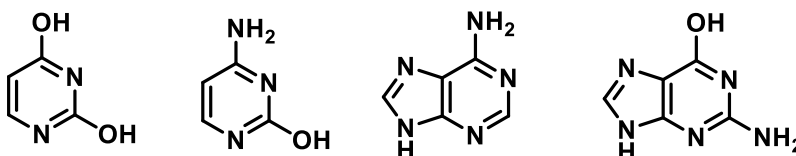
## Úloha 1 Aromatická

16 bodů

- 1) V uvedené formě je aromatický adenin (pyrrolové i pyrimidinové jádro) a guanin (pouze pyrrolové jádro).

za každou správně uvedenou bázi 1 bod  
za každou špatnou odpověď -1 bod  
**celkem max. 2 body, min. 0 bodů**

2)



za každou správnou strukturu 2 body  
**celkem max. 8 bodů**

- 3) Pouze díky aromatickému charakteru probíhají reakce 2, 4 a 6.

(Reakce 2 a 4 jsou typickým příkladem elektrofilní aromatické substituce, zatímco reakce 6 je příkladem nukleofilní aromatické substituce.)

za každou správnou odpověď 1 bod  
za každou špatnou odpověď -1 bod  
**celkem max. 3 body, min. 0 bodů**

- 4) Reakce 1 a 3 lze vysvětlit jak aromatickým, tak nearomatickým charakterem uracilu.

(Reakce 1 je příklad azokaplingu, tedy reakce diazoniové soli. Druhým reaktantem jsou často aromatické fenoly nebo aniliny, nicméně jimi může být i jiný vhodný nukleofil, jako například deprotonovaný diethyl-malonát. V reakci 3 naopak dochází k nukleofilní aromatické substituci na molekule trichlorotriazinu. Nukleofilem v tomto případě může být jak aromatická, tak nearomatická forma uracilu.)

za každou správnou odpověď 1 bod  
za každou špatnou odpověď -1 bod  
**celkem max. 2 body, min. 0 bodů**

- 5) Aromatickému charakteru uracilu neodpovídá reakce 5.

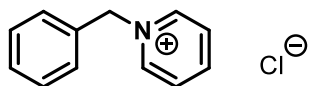
(V této reakci muselo dojít k adici thiolu na dvojnou vazbu uracilu a následné reoxidaci jednoduché vazby na dvojnou.)

za správnou odpověď 1 bod  
za každou špatnou odpověď -1 bod  
**celkem max. 1 bod, min. 0 bodů**

Úloha 2 Příprava *N*-fenyropyridinium chloridu

44 bodů

1)

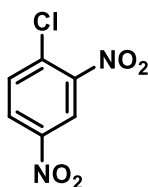


za správnou strukturu včetně protiiontu **2 body**

2) Na benzenovém jádře nemůže dojít k bimolekulární nukleofilní substituci ( $S_N2$ ).

**2 body**

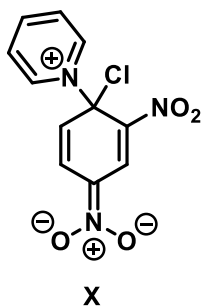
3)



A

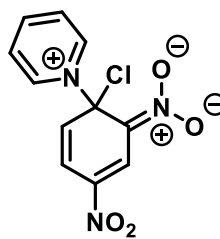
**2 body**

4)



X

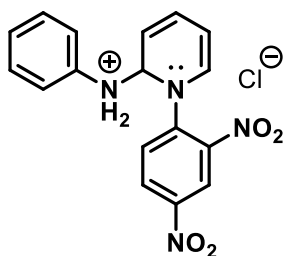
nebo



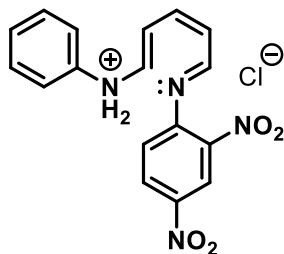
X

**2 body**

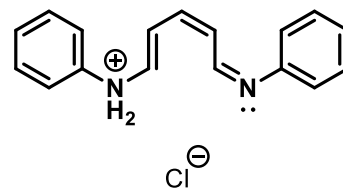
5)



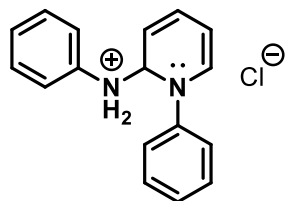
I1



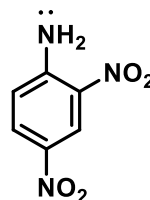
I2



I3



I4

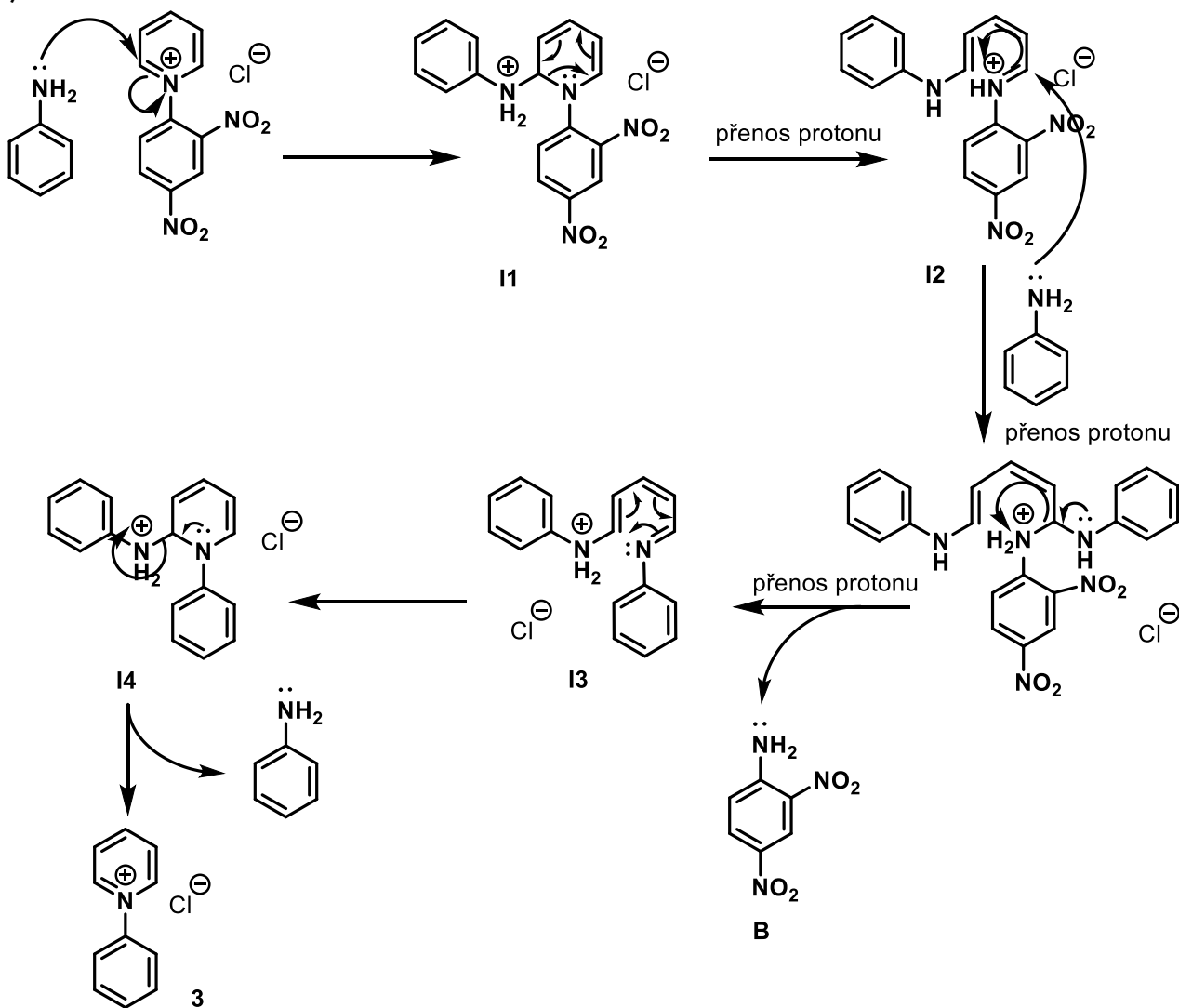


B

Intermediáty I2 – I4 lze uznat i v neutrální formě.

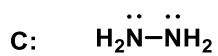
za každou správnou strukturu včetně nábojů a protiiontů **2 body**  
**celkem 10 bodů**

6)



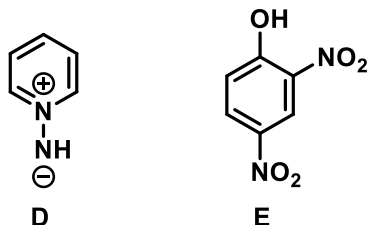
za každý správně zapsaný krok mechanismu 3 body  
celkem 18 bodů

7)



2 body

8)



za každou správnou strukturu 3 body  
celkem 6 bodů

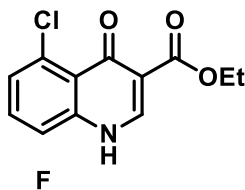
## Úloha 3 Syntéza v akci: Nová antimalarika

40 bodů

1) Spolu s látkami 9 a

F vzniká jako vedlejší produkt Y ethanol

2)



6 bodů

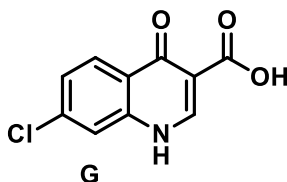
3) Látka **G** musí být volná karboxylová kyselina, která v dalším kroku dekarboxyluje. Reakční podmínky **Z** proto musí být vhodné pro hydrolýzu esteru na karboxylovou kyselinu: buď reflux v kyselém prostředí s nadbytkem vody (vodný roztok kyseliny), nebo reflux v bazickém prostředí (zde je možné použít například vodný roztok hydroxidu nebo i směs voda/ethanol s NaOH, protože bazická hydrolýza na rozdíl od kyselé hydrolýzy není rovnovážná) následovaný kyselým zpracováním reakční směsi, kterým se z reakční směsi přítomné soli kyseliny vytvoří požadovaná kyselina

za navržení jakýchkoli správných podmínek 6 bodů

za navržení bazické hydrolýzy bez kyselého zpracování 3 body

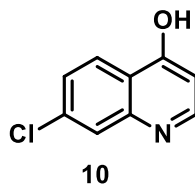
celkem maximálně 6 bodů

4)



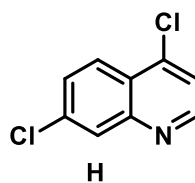
6 bodů

5)



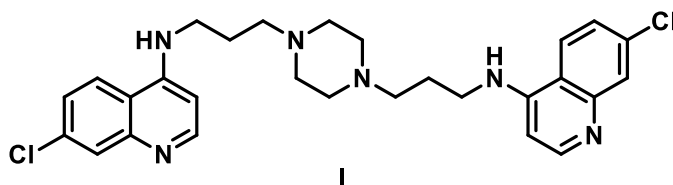
5 bodů

6)



8 bodů

7)



7 bodů

## FYZIKÁLNÍ CHEMIE

## A 5 / E 8 BODŮ

## Úloha 1 Přípitek na seznámení s chemickou kinetikou

28 bodů

- 1) Výběr správných grafů (a) kinetika nultého řádu: II, (b) kinetika prvního řádu: IV.

za každý správně označený graf 1 bod  
celkem 2 body

- 2) Výběry a rovnice:

a) Graf: III. Rovnice:  $c_A = c_{A0} - k_0 t$

b) Graf: II. Rovnice:  $c_P = k_0 t$

c) Graf: I. Rovnice:  $c_A = c_{A0} \cdot e^{-k_1 t}$

d) Graf: IV. Rovnice:  $c_P = c_{A0} \cdot (1 - e^{-k_1 t})$

za každý správně určenou dvojici graf a rovnice 1 bod. Dílčí body se neudělují  
celkem 4 body

- 3) Výpočet: Pro obsah ethanolu v krvi
- $p$
- platí kinetika 0. řádu, tedy:

$$p = p_0 - k_0 t$$

Podíl původního množství za 30 min je dán tedy jako:

$$\frac{p}{p_0} = 1 - \frac{k_0 \cdot t}{p_0} = 1 - \frac{0,15 \text{ ‰ h}^{-1} \cdot 0,5 \text{ h}}{0,4 \text{ ‰}} = 81 \%$$

za správný postup výpočtu 2 body  
za numericky správný výsledek 1 bod  
celkem 3 body

- 4) Výpočet: Požadujeme, aby bylo
- $p = 0$
- , tedy:

$$0 = p_0 - k_0 t \rightarrow t = \frac{p_0}{k_0} = \frac{0,4 \text{ ‰}}{0,15 \text{ ‰ h}^{-1}} = 2,67 \text{ h} = 160 \text{ min}$$

za správný postup výpočtu 2 body  
za numericky správný výsledek 1 bod  
celkem 3 body

- 5) Výpočty:

Počáteční obsah alkoholu v krvi vypočítáme jako:

$$p_0 = p + k_0 t = 0,80 \text{ ‰} + 0,11 \text{ ‰ h}^{-1} \cdot 1 \text{ h} = 0,91 \text{ ‰}$$

To odpovídá hmotnosti čistého ethanolu (z Widmarkova vztahu):

$$p_0 = \frac{m_{\text{EtOH}} \cdot \rho_{\text{krev}}}{r \cdot m_{\text{pijan}}} \rightarrow m_{\text{EtOH}} = \frac{p_0 \cdot r \cdot m_{\text{pijan}}}{\rho_{\text{krev}}} = \frac{0,91 \text{ ‰} \cdot 0,68 \cdot 75 \text{ kg}}{1,055 \text{ g cm}^{-3}} = 44 \text{ g}$$

Odpovídající objem piva Carling je pak:

$$V = \frac{\frac{m_{\text{EtOH}}}{\rho_{\text{EtOH}}}}{\varphi_{\text{EtOH,pivo}}} = \frac{\frac{44 \text{ g}}{0,789 \text{ g cm}^{-3}}}{0,040} = 1394 \text{ cm}^3$$

za správný postup výpočtu počátečního množství ethanolu v krvi 2 body  
za správný postup přepočtu na hmotnost čistého ethanolu 2 body  
za správný postup přepočtu na objem piva 2 body  
za numericky správný výsledek 2 body  
celkem 8 bodů

6) **Výpočet:** Pro kinetiku prvního řádu je podíl odbourané látky

$$\frac{p}{p_0} = e^{-k_1 t} = e^{-0,0133 \text{ h}^{-1} \cdot 0,5 \text{ h}} = 0,993 = 99,3 \%$$

Pokles je výrazně rychlejší než u ethanolu.

za správný postup výpočtu 2 body  
za numericky správný výsledek 1 bod  
za srovnání 1 bod  
**celkem 4 body**

7) **Výpočet:** Poločas reakce je čas, za který dosáhne množství reaktantu poloviny počáteční hodnoty, tedy:

$$\frac{p}{p_0} = \frac{1}{2} = e^{-k_1 \cdot \tau_{1/2}} \rightarrow \tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_1} = \frac{\ln 2}{0,0133 \text{ h}^{-1}} = 52,1 \text{ h}$$

za správný postup výpočtu poločasu 3 body  
za numericky správný výsledek 1 bod  
**celkem 4 body**

## Úloha 2 Proč jsou kinetika a organika v symbióze?

15 bodů

1) Výběr správných možností: b), d).

za každou správně označenou odpověď 1 bod, za každou špatně označenou odpověď -1 bod  
**celkem max. 2 body, min 0 bodů**

2) Kinetické rovnice:

$$\frac{d[\text{HBr}]}{dt} = -k_1 \cdot [\text{HBr}] \cdot [\text{H}_3\text{CCH}(\text{CH}_3) = \text{CH}_2]$$

$$\frac{d[\text{H}_3\text{CCH}(\text{CH}_3) = \text{CH}_2]}{dt} = -k_1 \cdot [\text{HBr}] \cdot [\text{H}_3\text{CCH}(\text{CH}_3) = \text{CH}_2]$$

$$\frac{d[(\text{CH}_3)_3\text{CBr}]}{dt} = k_{+2}[\text{C}(\text{CH}_3)_3^+][\text{Br}^-] - k_{-2}[(\text{H}_3\text{C})_3\text{CBr}]$$

za každou správně sestavenou kinetickou rovnici 2 body  
**celkem 6 bodů**

3) (a) látky pouze ubývající:  $\text{H}_3\text{CCH}(\text{CH}_3) = \text{CH}_2$ ,  $\text{HBr}$ 

(b) látky pouze přibývající: žádná

za každou správně identifikovanou látku 1 bod  
**celkem 3 body**

4) Reakční meziprodukty:  $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$  a  $\text{Br}^-$ .

za každou správně identifikovanou látku 1 bod  
**celkem 2 body**

5) Správné procesy: b), f).

za každou správně označenou odpověď 1 bod, za každou špatně označenou odpověď -1 bod  
**celkem max. 2 body, min 0 bodů**



## Úloha 3 Chemická kinetika pod rouškou epidemiologie

20 bodů

## 1) Pravdivost tvrzení:

- a) Ano.
- b) Ne.
- c) Ano.
- d) Ano.
- e) Ne.
- f) Ano.

za každé správné rozhodnutí 1 bod  
celkem 6 bodů

- 2) **Výpočet:** Parametr  $b$  lze odhadnout jako převrácenou hodnotu průměrné doby infekčnosti (neboť udává průměrný počet jedinců, kteří přejdou za jeden den z kategorie I do kategorie R).

$$b = \frac{1}{t_{\text{inf}}} = \frac{1}{5 \text{ d}} = 0,2 \text{ d}^{-1}$$

za správnou úvahu a postup výpočtu parametru 2 body  
za numericky správný výsledek 1 bod  
celkem 3 body

- 3) **Popis křivek:** zelená =  $s(t)$ , modrá =  $r(t)$ , červená =  $i(t)$ .

za každou správně označenou křivku 1 bod, za každou špatně označenou křivku -1 bod  
celkem max. 3 body, min 0 bodů

- 4) **Graf:** A

2 body

- 5) **Parametr:**  $a$  (dojde ke zpomalení nárůstu počtu infikovaných ze skupiny susceptibilních a tedy rozprostření nárůstu infikovaných do delšího časového intervalu).

2 body

- 6) **Graf:** C

2 body

- 7) **Parametr:**  $b$  (dojde ke zrychlení přenosu jedinců ze skupiny infikovaných do skupiny zotavených a tedy snížení absolutního množství infikovaných a zrychlení nárůstu počtu zotavených).

2 body

## BIOCHEMIE

## A 5 BODŮ

### Úloha 1 Centrální dogma molekulární biologie

15 bodů

- 1) Jednalo se o objev struktury DNA, který uskutečnil společně se svým kolegou Jamesem Watsonem na základě Snímku 51 ('Photo 51'), který vytvořila Rosalind Franklinová.  
**1 bod**
- 2) Polymer je makromolekula sestávající se z jednoho či málo druhů opakujících se podjednotek, kterým se říká monomery. Výhodou biopolymerů je to, že je možné využít několika základních stavebních kamenů a z nich vytvořit spoustu různých struktur, které mají různou funkci (např. v případě proteinů) či nesou nějakou konkrétní informaci (např. DNA). Díky existenci pravidel jasně překládajících strukturu jednoho biopolymeru do druhého ve směru od nukleových kyselin po proteiny je navíc možné skládat informaci pro výrobu proteinů v DNA a v případě potřeby ji využít k výrobě příslušného proteinu.  
**2 body**
- 3) 1 - replikace, 2 - transkripce, 3 - translace, 4 - reverzní transkripce, 5 - RNA replikace  
**2 body**
- 4) Procesy 4 a 5 se jsou důležité u virů, reverzní transkripci (proces 4) najdeme u retrovirů, kam patří například virus HIV, a dsDNA virů, jejichž nejznámějším zástupcem je virus žloutenky typu B. S reverzní transkripcí se ale setkáme také u eukaryot, kde k ní dochází např. při prodlužování konců chromozomů, neboli tzv. telomer. Příkladem viru využívajícího RNA replikaci (proces 5) budiž třeba Poliovirus způsobující dětskou obrnu či všemi nechvalně známý koronavirus SARS-CoV-2. S tímto procesem se ale můžeme setkat i u některých eukaryot, kde se podílí na RNA interferenci.  
**2 body**
- 5) Jedná se o RT-qPCR (reverse transcription - quantitative polymerase chain reaction). Tato metoda nejprve převede genetický materiál koronaviru, který je tvořen RNA, do DNA, a následně zvyšuje množství DNA pomocí PCR reakce za současného zaznamenávání množství DNA (uznávat také RT-PCR a qPCR).  
**2 body**
- 6) Zjednodušeně řečeno, DNA slouží jako 'centrální sklad informací' pro tvorbu RNA či proteinů. mRNA se vytváří přepsáním konkrétního úseku DNA a slouží jako 'pracovní kopie' návodu pro tvorbu určitého proteinu. Aktuální množství mRNA v buňce je regulováno podle toho, jak moc je cílový produkt zrovna potřeba. Proteiny jsou tvořeny na základě návodu v mRNA a mají v buňce nejrůznější funkce od strukturálních elementů až po enzymy.  
**2 body**
- 7) Pokud by probíhal přenos informace z proteinů do DNA, mohlo by dojít k tomu, že tělesné změny v průběhu života se přenesou na potomky (např. pokud budete posilovat, vaše děti budou svalnatější). Tento předpoklad se objevuje v tzv. lamarckismu, což je evoluční teorie Jeana Baptisty Lamarcka z počátku 19. století, konkurenční k obecně přijímanému darwinismu.  
**2 body**
- 8) rRNA - 3, wobbling - 3, reverzní transkriptáza - 4, DNA polymeráza - 1, tRNA - 3, antikodon - 3  
**2 body**

## Úloha 2 Lesk a bída dihelixu

20 bodů

1) I – H, II – G, III – F, IV – I, V – C, VI – A, VII – E, VIII – B, IX – D

1 bod

2)

polymer	monomer	označení vazby
nukleová kyselina	nukleotid	fosfodiesterová vazba
protein	aminokyselina	peptidová vazba
polysacharid	monosacharid	glykosidová vazba

3 body

3)

- a) Vzájemné přitahování molekul biopolymeru (který netvoří s vodou entalpicky výhodné interakce – elektrostatické interakce/vodíkové můstky) je řízeno entropickým nárůstem, který je umožněn uvolněním molekul vody původně obklopujících molekuly biopolymeru. 1 bod
- b) Močovina, thiomčovina, guanidinhydrochlorid, *n*-butanol, ethanol, 2-propanol, fenol, dodecylsíran amonný, LiClO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COOLi. 2 body

**celkem max. 3 body**

4)

- a) purinové a pyrimidinové báze (konjugovaný systém) 1 bod
- b) absorbance s teplotou vzrůstá; jedná se o hyperchromní efekt; absorpce při 260 nm je ve dvouvláknovém uspořádání oslabena účasti elektronů na stabilizačních interakcích (zejm. patrové interakce), v jednovláknovém uspořádání je proto absorbance při téže koncentraci nukleotidů vyšší 2 body

**celkem max. 3 body**

5) Báze G–C jsou vzájemně poutány třemi vodíkovými můstky, zatímco páry A–T pouze dvěma. Ukazuje se však, že mezi G–T vznikají i silnější patrové interakce než mezi A–T, přičemž tento efekt je dominantní.

2 body

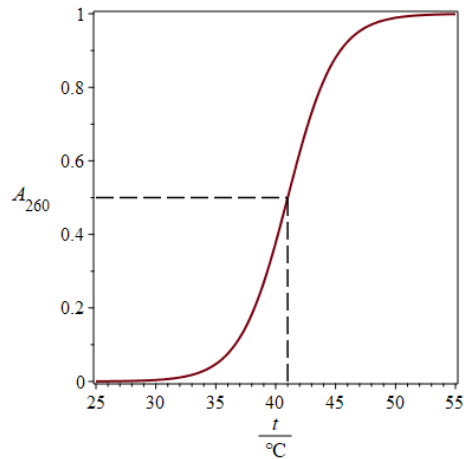
6) Dosadíme do vztahu pro výpočet teploty tání oligonukleotidu. V zadané sekvenci jsou počty jednotlivých párů  $N(A-T) = 10$ ,  $N(G-C) = 7$  odkud:

$$T_m = (2 \cdot 10 + 4 \cdot 7) \text{ } ^\circ\text{C} = 48 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Teplotu nasedání zvolíme o 5 °C nižší, tedy 43 °C.

2 body

7)



**2 body**

8) Vypočítejme absorpční koeficient při 260 nm:

$$\varepsilon = A_{260, \text{kal}} / c_{\text{kal}} = 1,01 / (1 \text{ cm} \cdot 0,0505 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}) = 20 \text{ ml} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

Koncentrace roztoku v kyvetě je stejná jako koncentrace po naředění:

$$c_{\text{řed}} = A_{260} / \varepsilon = 0,825 / (1 \text{ cm} \cdot 20 \text{ ml} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}) = 0,04125 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$$

Přepočteme na původní koncentraci (před ředěním). Odebraný objem  $V_{\text{odebr}} = 0,600 \text{ ml}$ , celkový objem po naředění  $V_{\text{celk}} = 3,6 \text{ ml}$ . Odtud:

$$c_{\text{pův}} = c_{\text{řed}} V_{\text{celk}} / V_{\text{odebr}} = 0,04125 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot 3,6 / 0,600 = 0,2475 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$$

Hmotnost DNA v původním preparátu tedy byla:

$$m = c_{\text{pův}} V_{\text{pův}} = 0,2475 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot 2,0 \text{ ml} = 0,495 \text{ mg}$$

**4 body**

### Úloha 3 Elektrickým polem vstříc k pravdě

15 bodů

1)

- a) Při separaci proteinů využíváme **agarosový/polyakrylamidový** gel, při separaci nukleových kyselin využíváme **agarosový/polyakrylamidový** gel.  
 b) Pro agarosovou elektroforézu využíváme **horizontální/vertikální** uspořádání elektroforetické vany, pro polyakrylamidovou elektroforézu využíváme **horizontální/vertikální** uspořádání elektroforetické vany.

**2 body**

- 2) EDTA chelatuje hořečnaté kationty, a brání tak hydrolytickému štěpení molekul DNA působením nukleas (jejichž kofaktorem jsou právě hořečnaté kationty).

**1 bod**

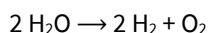
- 3) V prostředí elektrodového pufru je fluorescence volného ethidiumbromidu zhasena okolními molekulami vody. Po jeho začlenění do struktury DNA je před jejich působením chráněn.

**1 bod**

- 4) Molekuly DNA jsou záporně nabitě díky přítomnosti fosfátových skupin. Budou migrovat ke kladné elektrodě, tj. k anodě (jedná se o elektrolytický článek).

**2 body**

- 5) V průběhu elektroforézy dochází k elektrolytickému vylučování vodíku na katodě (záporná elektroda) a kyslíku na anodě (kladná) elektroda. Vzhledem ke stechiometrii reakce

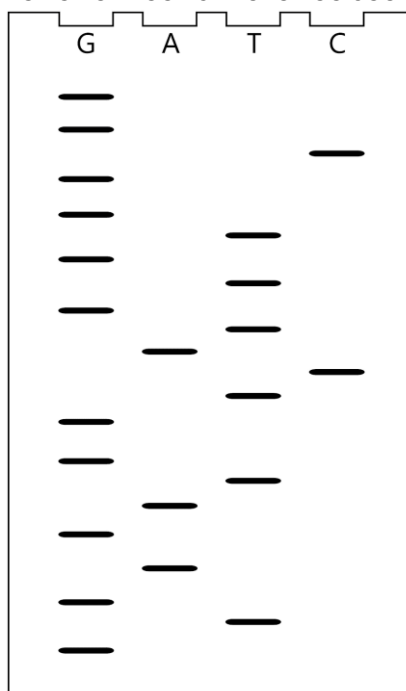


bychom více bublinek měli pozorovat u katody (dvojnásobné množství plynu).

**2 body**

- 6) Sekvenováním získáme řetězec komplementární k templátu, jehož sekvenci od 5' konce k 3' konci získáme přečtením elektroforeogramu “zespoda nahoru”, tj.:

5'-G TGA GAT GGT CAT GTG TGG CGG-3'.



**5 bodů**

- 7) Otcem je Metoděj (čtyři černé fragmenty u Matyáše musíme být schopni nalézt také u otce, u Medarda a Mariana toto není možné).

**2 body**