

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/26

Kategória A

Domáce kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE TEORETICKÝCH ÚLOH



RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

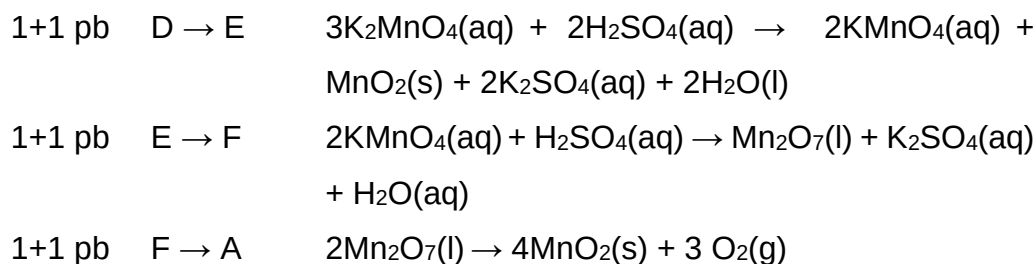
Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Domáce kolo

Martin Brokeš, Šimon Budzák

Maximálne 18 bodov (b), resp. 36 pomocných bodov (pb).
Pri prepočte pomocných bodov na body použijeme vzťah: $b = 0,5 \cdot pb$

Úloha 1 (18 pb)

Časť úlohy	Max. bodov	Riešenie																					
a	1 pb	M	Mn – mangán																				
b	6 pb	<table><tr><th>Písmeno v tajničke</th><th>Zlúčenina</th></tr><tr><td>A</td><td>MnO₂</td></tr><tr><td>B</td><td>MnO</td></tr><tr><td>C</td><td>MnSO₄</td></tr><tr><td>D</td><td>K₂MnO₄</td></tr><tr><td>E</td><td>KMnO₄</td></tr><tr><td>F</td><td>Mn₂O₇</td></tr></table> Za každú správne určenú zlúčeninu A – F 1 pb.		Písmeno v tajničke	Zlúčenina	A	MnO ₂	B	MnO	C	MnSO ₄	D	K ₂ MnO ₄	E	KMnO ₄	F	Mn ₂ O ₇						
Písmeno v tajničke	Zlúčenina																						
A	MnO ₂																						
B	MnO																						
C	MnSO ₄																						
D	K ₂ MnO ₄																						
E	KMnO ₄																						
F	Mn ₂ O ₇																						
c	11 pb	<table><tr><th colspan="4">Reakčná premena</th></tr><tr><td>1 pb</td><td>A → B</td><td colspan="2">MnO₂(s) + H₂(g) → MnO(s) + H₂O(l)</td></tr><tr><td>1 pb</td><td>B → C</td><td colspan="2">MnO(s) + H₂SO₄(aq) → MnSO₄(aq) + H₂O(l)</td></tr><tr><td>1 pb</td><td>A → C</td><td colspan="2">2MnO₂(s) + H₂SO₄(aq) → 2MnSO₄(aq) + 2H₂O(l) + O₂(g)</td></tr><tr><td>1+1 pb</td><td>A → D</td><td colspan="2">MnO₂(l) + 2KNO₃(l) + KOH(l) → K₂MnO₄(l) + KNO₂(l) + H₂O(g)</td></tr></table>		Reakčná premena				1 pb	A → B	MnO ₂ (s) + H ₂ (g) → MnO(s) + H ₂ O(l)		1 pb	B → C	MnO(s) + H ₂ SO ₄ (aq) → MnSO ₄ (aq) + H ₂ O(l)		1 pb	A → C	2MnO ₂ (s) + H ₂ SO ₄ (aq) → 2MnSO ₄ (aq) + 2H ₂ O(l) + O ₂ (g)		1+1 pb	A → D	MnO ₂ (l) + 2KNO ₃ (l) + KOH(l) → K ₂ MnO ₄ (l) + KNO ₂ (l) + H ₂ O(g)	
Reakčná premena																							
1 pb	A → B	MnO ₂ (s) + H ₂ (g) → MnO(s) + H ₂ O(l)																					
1 pb	B → C	MnO(s) + H ₂ SO ₄ (aq) → MnSO ₄ (aq) + H ₂ O(l)																					
1 pb	A → C	2MnO ₂ (s) + H ₂ SO ₄ (aq) → 2MnSO ₄ (aq) + 2H ₂ O(l) + O ₂ (g)																					
1+1 pb	A → D	MnO ₂ (l) + 2KNO ₃ (l) + KOH(l) → K ₂ MnO ₄ (l) + KNO ₂ (l) + H ₂ O(g)																					



Zápis 1+1 znamená, že za správnu reakčnú schému, chemizmus, sa udelí 1 pb a za správne určenie stechiometrických koeficientov, stavový zápis ďalší bod.

Pri reakciách s koncentrovanou kyselinou sírovou ($\text{A} \rightarrow \text{C}$, $\text{E} \rightarrow \text{F}$) sa, vzhľadom na malý obsah vody, za správny považuje aj stavový zápis (l).

V rovniciach, za ktoré je možné získať maximálne 1 pb, sa tento udelí aj napriek nesprávnym stechiometrickým koeficientom, ak sú reaktanty a produkty správne.

Úloha 2 (10 pb)

Časť	Max. úlohy	Riešenie
	Max. bodov	
a	6 pb	

PE (packing efficiency) vypočítame ako podiel objemu gúl atómov s polomerom r a objemu základnej bunky.

SC:

Strana kocky základnej bunky má dĺžku $2r$.

$$PE = \frac{\left(8 \cdot \frac{1}{8}\right) \left(\frac{4}{3} \pi r^3\right)}{(2r)^3} = \frac{4\pi}{3 \cdot 8} = 52,4 \%$$

BCC:

Telesová uhlopriečka kocky má dĺžku $4r$. Potom strana kocky základnej bunky má dĺžku $\frac{4r}{\sqrt{3}}$.

$$PE = \frac{\left(8 \cdot \frac{1}{8} + 1\right) \left(\frac{4}{3} \pi r^3\right)}{\left(\frac{4r}{\sqrt{3}}\right)^3} = \frac{\pi}{8} = 68,0 \%$$

FCC:

Stenová uhlopriečka kocky má dĺžku $4r$. Potom strana kocky základnej bunky má dĺžku $2\sqrt{2}r$.

$$PE = \frac{\left(8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2}\right) \left(\frac{4}{3} \pi r^3\right)}{(2\sqrt{2}r)^3} = 74,0 \%$$

Za správne zoradenie SC<BCC<FCC bez výpočtu, sa udelia 2 pb. Za správny výpočet a zoradenie sa udelí 6 pb, teda 2 pb za každý typ usporiadania.

b 4 pb

Pomocou vzťahu nižšie určíme hustotu sodíka, ak by kryštalizoval rôznymi spôsobmi. Usporiadanie BCC poskytuje hustotu najbližšie k experimentálnemu údaju ($0,963 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

$$\rho = \frac{x \cdot A(\text{Na})}{VN_A} = \frac{x \cdot 22,990}{V \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}$$

Vo vzťahu je x počet atómov sodíka v základnej bunke a V je objem základnej bunky. Objem a počet atómov určíme analogicky ako v riešení predchádzajúcej časti tejto úlohy.

Za správne priradenie BCC s výpočtom sa udelia 4 pb, za priradenie bez výpočtu sa udelí 1 pb.

Úloha 3 (8 pb)

Časť úlohy	Max. bodov	Riešenie
------------	------------	----------

a 2 pb

Počet vibračných módov závisí od počtu atómov v molekule a jej geometrie. Pre lineárne molekuly: počet vibračných módov = $3N - 5$, pre nelineárne molekuly a ióny: počet vibračných módov = $3N - 6$, kde N je počet atómov v molekule.

0,5 pb H_2O : 3 módy

0,5 pb CO_2 : 4 módy

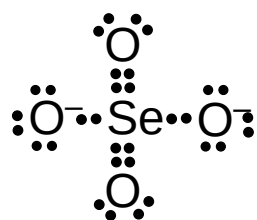
0,5 pb CS_2 : 4 módy

0,5 pb SO_4^{2-} : 9 módov

b	2 pb	
	1 pb	Dipólový moment sa v molekule vody mení pri všetkých troch vibráciách. Budeme teda pozorovať 3 pásy.
	1 pb	Pre sírouhlík symetrická valenčná vibrácia neznamená zmenu dipólového momentu, kým asymetrická valenčná vibrácia a deformácia CS ₂ vedú k vzniku nenulového dipólového momentu. CS ₂ má síce dve možnosti ako sa deformovať (ak je umiestnený pozdĺž osi z, potom sa môže deformovať v rovine xz a yz), sú však energeticky rovnaké. Preto v spektre pozorujeme iba 2 absorpčné pásy.
c	1 pb	Hmotnosť atómu síry je väčšia než atómu kyslíka. Ak by aj boli obe väzby rovnako pevné, ťažšia guľôčka bude vibrovať aj pri rovnakej pevnosti pružiny pomalšie, s menším vlnočtom. Väzba uhlík – kyslík je navyše vďaka menšiemu atómovému polomeru, väčšiemu prekryvu atómových orbitálov a väčšej elektro-negativite atómu kyslíka pevnejšia. Pre rovnaký typ vibrácií bude teda vlnočet vibrácie v molekule CO ₂ vyšší než v CS ₂ .
d	2 pb	Na vyriešenie nie sú potrebné tabuľky. Vieme, že počet vibračných módoov je závislý od počtu atómov. Hydráty budú mať viac pásov v infračervenom spektre. Valenčná vibrácia OH je v oblasti nad 3500 cm⁻¹. Vieme teda identifikovať hydráty (2 a 3). Aktívny pás s vlnočtom nižším ako 1000 cm⁻¹ určite patrí síranovej/selénanovej skupine. Selén je ťažší atóm než síra a už pri rovnakej sile väzby by selénanová skupina mala vibráciu s nižším vlnočtom než síranová. Väzba Se–O je určite dlhšia a menej pevná než S–O, čo je druhý faktor, ktorý vedie k priradeniu: 1-c, 2-b, 3-d, 4-a. Katióny polohu vibrácií aniónu výrazne neovplyvnia. Za každé správne priradenie 0,5 pb, spolu max. 2 b.

e 1 pb

Selénanový anión má tvar tetraédra. Jeho elektrónový štruktúrny vzorec je:



Za správne pomenovanie tvaru aniónu 0,5 pb. Za elektrónový štruktúrny vzorec 0,5 pb – v prípade vyznačenia náboja a voľných elektrónových párov. Väzbové a neväzbové elektrónové páry môžu byť vyznačené ako čiarky.

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Domáce kolo

Tibor Dubaj

Maximálne 17 bodov

Poznámka: Vzhľadom na rôzne možné postupy riešenia sú čiastkové body v rámci každej podotázky rozdelené len orientačne. V prípade správneho výsledku sa udelia všetky body v rámci danej podotázky. V prípade chyby sa udelené čiastkové body primerane znížia.

Úloha 1 (5 bodov)

1.1 Rýchlostná rovnica

$$v_0 = \left(\frac{\Delta n_{H_2}}{\Delta t} \right)_0 = k \cdot c_{0NaBH_4}^a \cdot m_{kat}^b$$

Z pomeru pokusov A a B vypadne m_{kat}

$$\frac{v_{0A}}{v_{0B}} = \frac{k \cdot c_{0NaBH_4A}^a \cdot m_{katA}^b}{k \cdot c_{0NaBH_4B}^a \cdot m_{katB}^b} = \left(\frac{c_{0NaBH_4A}}{c_{0NaBH_4B}} \right)^a \Rightarrow a = \frac{\ln(v_{0A}/v_{0B})}{\ln(c_{0NaBH_4A}/c_{0NaBH_4B})}$$

0,5 b
$$a = \frac{\ln(v_{0A}/v_{0B})}{\ln(c_{0NaBH_4A}/c_{0NaBH_4B})} = \frac{\ln(0,375/0,500)}{\ln(0,75/1,00)} = \boxed{1,00}$$

So známou hodnotou a môžeme dať do pomeru napr. pokusy A a C

$$\frac{v_{0A}}{v_{0C}} = \frac{k \cdot c_{0NaBH_4A}^a \cdot m_{katA}^b}{k \cdot c_{0NaBH_4C}^a \cdot m_{katC}^b} = \frac{c_{0NaBH_4A}}{c_{0NaBH_4C}} \left(\frac{m_{katA}}{m_{katC}} \right)^b \Rightarrow b = \frac{\ln(v_{0A} c_{0NaBH_4C}/v_{0C} c_{0NaBH_4A})}{\ln(m_{katA}/m_{katC})}$$

0,5 b
$$b = \frac{\ln(0,375 \cdot 1,25/0,938 \cdot 0,75)}{\ln(0,500/0,750)} = 1,001 \doteq \boxed{1,00}$$

Alternatívne môžeme dať do pomeru aj pokusy B a C

$$b = \frac{\ln(v_{0B} c_{0NaBH_4C}/v_{0C} c_{0NaBH_4B})}{\ln(m_{katB}/m_{katC})} = \frac{\ln(0,500 \cdot 1,25/0,938 \cdot 1,00)}{\ln(0,500/0,750)} = 1,001 \doteq \boxed{1,00}$$

1.2 Vyjadríme rýchlostnú konštantu z rýchlostnej rovnice

$$v_0 = \left(\frac{\Delta n_{H_2}}{\Delta t} \right)_0 = k \cdot c_{0NaBH_4}^a \cdot m_{kat}^b \Rightarrow k = \frac{v_0}{c_{0NaBH_4}^a \cdot m_{kat}^b}$$

Vyčíslime s údajmi pre pokus A, B, alebo C; napr.

0,5 b
$$k = \frac{v_0}{c_{0NaBH_4}^a \cdot m_{kat}^b} = \frac{0,375 \cdot 10^{-3}}{0,75 \cdot 0,500} = \boxed{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol H}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ min}^{-1}}$$

1.3 Vypočítame látkové množstvo vodíka (1 liter, 25 °C, 1 bar)

0,25 b
$$pV = nRT \Rightarrow n(H_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 298,15} = 0,04034 \text{ mol}$$

Kedže $v = v_0 = 0,375 \cdot 10^{-3} \text{ mol min}^{-1}$, stačí $n(\text{H}_2)$ podeliť v_0

$$0,25 \text{ b} \quad t = \frac{n_{\text{H}_2}}{v_0} = \frac{0,04034}{0,375 \cdot 10^{-3}} = \boxed{107,6 \text{ min}}$$

1.4 Látkové množstvo NaBH_4 klesá 4-krát pomalšie než n_{H_2} . Koncentrácia NaBH_4 po uvoľnení $0,04034 \text{ mol H}_2$ bude

$$0,5 \text{ b} \quad c_{\text{NaBH}_4} = \frac{n_{\text{NaBH}_4}}{V} = \frac{n_{0\text{NaBH}_4} - \frac{n_{\text{H}_2}}{4}}{V} = \frac{c_{0\text{NaBH}_4} V - \frac{n_{\text{H}_2}}{4}}{V}$$

$$c_{\text{NaBH}_4} = \frac{0,75 \cdot 0,05 - \frac{0,04034}{4}}{0,05} = 0,5483 \text{ mol dm}^{-3}$$

Rýchlosť vzniku H_2 klesá lineárne s koncentráciou NaBH_4 . Konečná rýchlosť tvorby vodíka sa potom bude rovnať (vd'aka priamej úmery k c_{NaBH_4})

$$0,5 \text{ b} \quad \frac{v}{v_0} = \frac{c_{\text{NaBH}_4}}{c_{0\text{NaBH}_4}} \Rightarrow v = v_0 \frac{c_{\text{NaBH}_4}}{c_{0\text{NaBH}_4}} = 0,375 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,5483}{0,750} =$$

$$= 0,274 \cdot 10^{-3} \text{ mol min}^{-1}$$

Priemerná rýchlosť v danom intervale sa potom rovná

$$0,25 \text{ b} \quad \bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{0,375 \cdot 10^{-3} + 0,274 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,3245 \cdot 10^{-3} \text{ mol min}^{-1}$$

Vypočítané $n(\text{H}_2)$ už len podelíme priemernou rýchlosťou jeho vzniku

$$0,25 \text{ b} \quad t = \frac{n_{\text{H}_2}}{\bar{v}} = \frac{0,04034}{0,3245 \cdot 10^{-3}} = \boxed{124,3 \text{ min}}$$

Presný postup: z integrovaného tvaru rýchlostnej rovnice prvého poriadku vypočítame čas, za ktorý $c_{\text{NaBH}_4} = 0,5483 \text{ mol dm}^{-3}$. Rýchlostnú konštantu z otázky 1.2 musíme prepočítať na konštantu prvého poriadku vzhľadom na NaBH_4 . Zároveň si musíme predstaviť, že H_2 „zostáva v roztoku“ a namiesto jeho látkového množstva použiť jeho hypotetickú koncentráciu

$$k_{\text{H}_2} = \frac{k' m_{\text{kat}}}{V}$$

$$\frac{k_{\text{H}_2}}{|v_{\text{H}_2}|} = \frac{k_{\text{NaBH}_4}}{|v_{\text{NaBH}_4}|} \Rightarrow k_{\text{NaBH}_4} = \frac{|v_{\text{NaBH}_4}|}{|v_{\text{H}_2}|} k_{\text{H}_2} = \frac{|v_{\text{NaBH}_4}|}{|v_{\text{H}_2}|} \frac{k' m_{\text{kat}}}{V}$$

$$k_{\text{NaBH}_4} = \frac{|-1|}{|4|} \cdot \frac{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}(\text{H}_2) \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ min}^{-1} \cdot 0,5 \text{ g}}{0,05 \text{ dm}^3} = 2,50 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

Integrovaný tvar rýchlostnej rovnice prvého poriadku

$$c_{\text{NaBH}_4} = c_{0\text{NaBH}_4} e^{-k_{\text{NaBH}_4} t} \Rightarrow t = \frac{\ln(c_{\text{NaBH}_4}/c_{0\text{NaBH}_4})}{-k_{\text{NaBH}_4}}$$

$$t = \frac{\ln(0,5483/0,75)}{-2,50 \cdot 10^{-3}} = 125,3 \text{ min}$$

Poznámka: Rozdiel oproti 124,2 min je daný tým, že spriemerovanie rýchlosti tvorby H_2 v prvom postupe sme vykonali voči c_{NaBH_4} a nie voči času.

1.5 Povrch N guľovitých častíc je rovný $S = Ns$, kde s je povrch 1 gule

$$S = Ns = N\pi d^2$$

Počet častíc vyjadríme ako pomer celkovej hmotnosti m k hmotnosti jednej častice m_ζ :

$$N = \frac{m}{m_\zeta} = \frac{m}{V_\zeta \rho} = \frac{m}{\frac{1}{6}\pi d^3 \rho} = \frac{6m}{\pi d^3 \rho}$$

Spojíme oba výsledky a upravíme

$$1 \text{ b} \quad S = \frac{6m}{\pi d^3 \rho} \pi d^2 = \boxed{\frac{6m}{d\rho}}$$

1.6 V oboch prípadoch má byť rovnaká rýchlosť reakcie, teda aj celkový povrch

$$0,25 \text{ b} \quad S_1 = S_2 \Rightarrow \frac{6m_1}{d_1 \rho} = \frac{6m_2}{d_2 \rho} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow m_2 = \frac{d_2}{d_1} m_1$$

Vyčíslenie

$$0,25 \text{ b} \quad m_2 = \frac{d_2}{d_1} m_1 = \frac{2}{5} \cdot 0,500 = \boxed{0,200 \text{ g}}$$

Úloha 2 (3 body)

2.1 Dve paralelné reakcie „spotrebúvajú“ spoločný reaktant (F)

$$0,5 \text{ b} \quad \frac{\Delta c_F}{\Delta t} = \boxed{-k_1 c_F - k_2 c_F}$$

2.2 Integrovaný tvar rýchlostnej rovnice má tvar

$$c_F = c_{0F} e^{-(k_1+k_2)t}$$

Zadaný stupeň premeny hovorí, že $c_F = (1 - 0,14) c_{0F} = 0,86 c_{0F}$.

Dosadením do rýchlostnej rovnice eliminujeme neznámu c_{0F}

$$0,86 c_{0F} = c_{0F} e^{-(k_1+k_2)t}$$

Vyjadríme $k_1 + k_2$ a vyčíslime

$$0,25 \text{ b} \quad k_1 + k_2 = \frac{\ln 0,86}{-t} = \frac{\ln 0,86}{-5} = 0,03016 \text{ min}^{-1}$$

Vieme, že $\Delta c_o / \Delta c_p = k_1 / k_2$ a produkty v reakčnej zmesi na začiatku neboli.

$$\frac{\Delta c_o}{\Delta c_p} = \frac{c_o - c_{0,o}}{c_p - c_{0,p}} = \frac{c_o}{c_p}$$

0,25 b Pomer $c_o / c_p = 0,75 = k_1 / k_2$. Už poznáme

$$k_1 + k_2 = 0,03016 \text{ min}^{-1} \quad \text{a} \quad k_1 / k_2 = 0,75$$

Riešením rovníc sú hodnoty

$$0,5 \text{ b} \quad \boxed{k_1 = 0,01292 \text{ min}^{-1}} \quad \text{a} \quad \boxed{k_2 = 0,01723 \text{ min}^{-1}}$$

0,5 b 2.3 $n = 2$ Orto polohy sú dve — štatisticky (náhodné zrážky častíc) je orto poloha 2-krát pravdepodobnejšia než para poloha ($P_{\text{orto}} = 2P_{\text{para}}$).

2.4 Z otázky 2.2 vieme, že $k_1/k_2 = 0,75$. Obe konštanty vyjadríme Arrheniovou rovnicou a upravíme

$$0,5 \text{ b} \quad \frac{k_1}{k_2} = \frac{A_{\text{orto}} e^{-E_{\text{orto}}/RT}}{A_{\text{para}} e^{-E_{\text{para}}/RT}} = \frac{2A_{\text{para}} e^{-E_{\text{orto}}/RT}}{A_{\text{para}} e^{-E_{\text{para}}/RT}} = 2 \frac{e^{-E_{\text{orto}}/RT}}{e^{-E_{\text{para}}/RT}} = 2e^{-\frac{E_{\text{orto}} - E_{\text{para}}}{RT}}$$

Odvodíme hľadaný výraz $E_{\text{orto}} - E_{\text{para}}$ a vyčíslime

$$E_{\text{orto}} - E_{\text{para}} = -R T \ln \frac{k_1}{2k_2}$$

$$0,5 \text{ b} \quad E_{\text{orto}} - E_{\text{para}} = -8,314 \cdot (40 + 273,15) \cdot \ln(0,5 \cdot 0,75) = \boxed{2,55 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}}$$

Úloha 3 (4 body)

3.1 Konštanty vyjadríme Arrheniovou rovnicou

$$k_1 = A e^{-E/RT_1} \quad a \quad k_2 = A e^{-E/RT_2}$$

Z pomeru konštánt vypadne predexponenciálny faktor a môžeme odvodiť E

$$0,25 \text{ b} \quad \frac{k_1}{k_2} = \frac{A e^{-E/RT_1}}{A e^{-E/RT_2}} = e^{-\frac{E}{RT_1} + \frac{E}{RT_2}} = e^{\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} \Rightarrow E = \frac{R \ln \frac{k_1}{k_2}}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}$$

$$0,25 \text{ b} \quad E = \frac{R \ln \frac{k_1}{k_2}}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}} = \frac{8,314 \ln \frac{0,139 \cdot 10^{-3}}{1,49 \cdot 10^{-3}}}{\frac{1}{148 + 273,15} - \frac{1}{123 + 273,15}} = \boxed{131,61 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}}$$

Predexponenciálny faktor získame z k_1 alebo k_2

$$0,25 \text{ b} \quad k_1 = A e^{-E/RT_1} \Rightarrow A = \frac{k_1}{e^{-E/RT_1}} = \frac{k_2}{e^{-E/RT_2}}$$

$$0,25 \text{ b} \quad A = \frac{k_1}{e^{-E/RT_1}} = \frac{0,139 \cdot 10^{-3}}{e^{-\frac{131,61 \cdot 10^3}{8,314 \cdot (123 + 273,15)}}} = \boxed{3,14 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}}$$

3.2 Kinetická energia molekuly je $\varepsilon_k = \frac{1}{2} m v^2$. Prepočítame na jeden mól

$$\varepsilon_k N_A = \frac{1}{2} m N_A v^2 \Rightarrow E_k = E = \frac{1}{2} M v^2$$

Odvodíme rýchlosť a vyčíslime (M musíme dosadiť v kg mol⁻¹)

$$0,5 \text{ b} \quad v_{\text{min}} = \sqrt{\frac{2E}{M}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 131,6 \cdot 10^3}{0,0681}} = \boxed{1966 \text{ m s}^{-1}}$$

3.3 Rýchlostná rovnica pre vznik B

$$\frac{\Delta p_B}{\Delta t} = k_2 p_{A^*}$$

Stacionárny stav pre A^* a odvodenie stacionárneho tlaku A^*

$$0,5 \text{ b} \quad \frac{\Delta p_{A^*}}{\Delta t} = k_1 p_A^2 - k_{-1} p_{A^*} p_A - k_2 p_{A^*} = 0$$

0,5 b $p_{A^*} = \frac{k_1 p_A^2}{k_{-1} p_A + k_2}$

Dosadenie do rýchlostnej rovnice pre vznik B

0,5 b $\frac{\Delta p_B}{\Delta t} = k_2 p_{A^*} = \boxed{\frac{k_2 k_1 p_A^2}{k_{-1} p_A + k_2}}$

0,25 b 3.4 $\boxed{(c)}$

3.5 Ak $k_{-1} p_A \gg k_2$, potom sa p_A v menovateli vykrátí s číateľom a ostane

0,5 b $\frac{k_2 k_1 p_A^2}{k_{-1} p_A} = \frac{k_2 k_1 p_A}{k_{-1}} = k p_A \Rightarrow \boxed{k = \frac{k_2 k_1}{k_{-1}}}$

3.6 Ak $p_A \rightarrow 0$, potom $k_{-1} p_A \ll k_2$ a získame

$$\frac{\Delta p_B}{\Delta t} = \frac{k_2 k_1 p_A^2}{k_2} = k' p_A^2$$

0,25 b $\boxed{v \sim p_A^2 \Rightarrow \text{Druhý poriadok}}$

Úloha 4 (5 bodov)

4.1 Pokles K s rastúcou teplotou značí, že reakcia je exotermická (Le Chatelierov princíp)

0,25 b $\boxed{\Delta_r H^\ominus = -92,3 \text{ kJ mol}^{-1}}$

Reakciou zanikajú 2 móly plynu ($\Delta_r n_g = -2$), reakčná entropia bude záporná

0,25 b $\boxed{\Delta_r S^\ominus = -199 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}$

4.2 Priamo z definície K_p

0,5 b $\boxed{K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2 (p^\ominus)^2}{p_{\text{N}_2} p_{\text{H}_2}^3}}$

Vypočítame $\Delta_r G^\ominus$ a následne K_p

$$\Delta_r G^\ominus = \Delta_r H^\ominus - T \Delta_r S^\ominus$$

$$\Delta_r G^\ominus = -92,3 \cdot 10^3 - 298,15 \cdot (-199) = -32,97 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$$

0,5 b $\Delta_r G^\ominus = -RT \ln K_p \Rightarrow K_p = e^{-\frac{\Delta_r G^\ominus}{RT}} = e^{\frac{32,97 \cdot 10^3}{8,314 \cdot 298,15}} = \boxed{5,98 \cdot 10^5}$

4.3 Vzťah medzi $\Delta_r G^\ominus$ a K_p

$$\Delta_r G^\ominus = -RT \ln K_p = -RT \ln 1 = 0$$

Závislosť $\Delta_r G^\ominus$ od teploty položíme rovnú nule a nájdeme teplotu

$$\Delta_r G^\ominus = \Delta_r H^\ominus - T^* \Delta_r S^\ominus = 0 \Rightarrow T^* = \frac{\Delta_r H^\ominus}{\Delta_r S^\ominus}$$

0,5 b $T^* = \frac{\Delta_r H^\ominus}{\Delta_r S^\ominus} = \frac{-92,3 \cdot 10^3}{-199} = \boxed{463,8 \text{ K}}$

0,5 b 4.4 (a) N (b) N (c) P (d) P (e) N (f) N

(0,25 b za 1 chybu; 0 b za 2 a viac chýb)

4.5 Bilancia na základe stechiometrie:

Nech $n_{\text{N}_2,0} = 1 \text{ mol}$ a $n_{\text{H}_2,0} = 4 \text{ mol}$. Dusíka zreagovalo 53,7 %

$$\alpha_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2, \text{zreag.}}}{n_{\text{N}_2,0}} = \frac{n_{\text{N}_2,0} - n_{\text{N}_2}}{n_{\text{N}_2,0}}$$

$$n_{\text{N}_2} = (1 - \alpha_{\text{N}_2})n_{\text{N}_2,0} = (1 - 0,537) \cdot 1 = 0,463 \text{ mol}$$

Vodíka zreagovalo 3-krát viac

$$n_{\text{H}_2} = 4 - 3n_{\text{N}_2, \text{zreag.}} = 4 - 3\alpha_{\text{N}_2}n_{\text{N}_2,0} = 4 - 3 \cdot 0,537 \cdot 1 = 2,389 \text{ mol}$$

Amoniak vzniklo 2-krát viac, než zreagovalo dusíka

$$n_{\text{NH}_3} = 2n_{\text{N}_2, \text{zreag.}} = 2\alpha_{\text{N}_2}n_{\text{N}_2,0} = 2 \cdot 0,537 \cdot 1 = 1,074 \text{ mol}$$

$$n_{\text{tot}} = \Sigma n = 0,463 + 2,389 + 1,074 = 3,926 \text{ mol}$$

Mólové zlomky jednotlivých zložiek v rovnováhe:

0,5 b $x_{\text{NH}_3} = \frac{1,074}{3,926} = \boxed{0,2736}$; $x_{\text{H}_2} = \frac{2,389}{3,926} = \boxed{0,6085}$; $x_{\text{N}_2} = \frac{0,463}{3,926} = \boxed{0,1179}$

Parciálne tlaky zložiek v K_p vyjadríme látkovými množstvami

$$p_i = x_i p = \frac{n_i}{n_{\text{tot}}} p$$

$$K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2 (p^\ominus)^2}{p_{\text{N}_2} p_{\text{H}_2}^3} = \frac{x_{\text{NH}_3}^2 (p^\ominus)^2}{x_{\text{N}_2} x_{\text{H}_2}^3} = \frac{n_{\text{NH}_3}^2 n_{\text{tot}}^2 (p^\ominus)^2}{n_{\text{N}_2} n_{\text{H}_2}^3} \left(\frac{p^\ominus}{p}\right)^2$$

1 b $K_p = \frac{n_{\text{NH}_3}^2 n_{\text{tot}}^2 (p^\ominus)^2}{n_{\text{N}_2} n_{\text{H}_2}^3} = \frac{1,074^2 \cdot 3,926^2}{0,463 \cdot 2,389^3} \cdot \left(\frac{1}{250}\right)^2 = \boxed{4,51 \cdot 10^{-5}}$

4.6 Vyčíslime reakčný kvocient, napr. $n_{\text{N}_2} = n_{\text{H}_2} = n_{\text{NH}_3} = 1 \text{ mol}$, $n_{\text{tot}} = 3 \text{ mol}$

0,5 b $Q_p = \frac{n_{\text{NH}_3}^2 n_{\text{tot}}^2 (p^\ominus)^2}{n_{\text{N}_2} n_{\text{H}_2}^3} = \frac{1^2 \cdot 3^2}{1 \cdot 1^3} \left(\frac{1}{250}\right)^2 = 1,44 \cdot 10^{-4}$

0,5 b Keďže $Q_p > K_p$, reakcia prebieha v smere vzniku N_2 a H_2 (sprava doľava)

Alternatívne použijeme reakčnú izotermu

$$\Delta_r G = \Delta_r G^\ominus + RT \ln Q_p = -RT \ln K_p + RT \ln Q_p = RT \ln \frac{Q_p}{K_p}$$

$$\Delta_r G = 8,314 \cdot (450 + 273,15) \ln \left(\frac{1,44 \cdot 10^{-4}}{4,51 \cdot 10^{-5}}\right) = 6980 \text{ J mol}^{-1}$$

$\Delta_r G > 0 \Rightarrow \text{reakcia prebieha v smere vzniku } \text{N}_2 \text{ a } \text{H}_2 \text{ (sprava doľava)}$

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

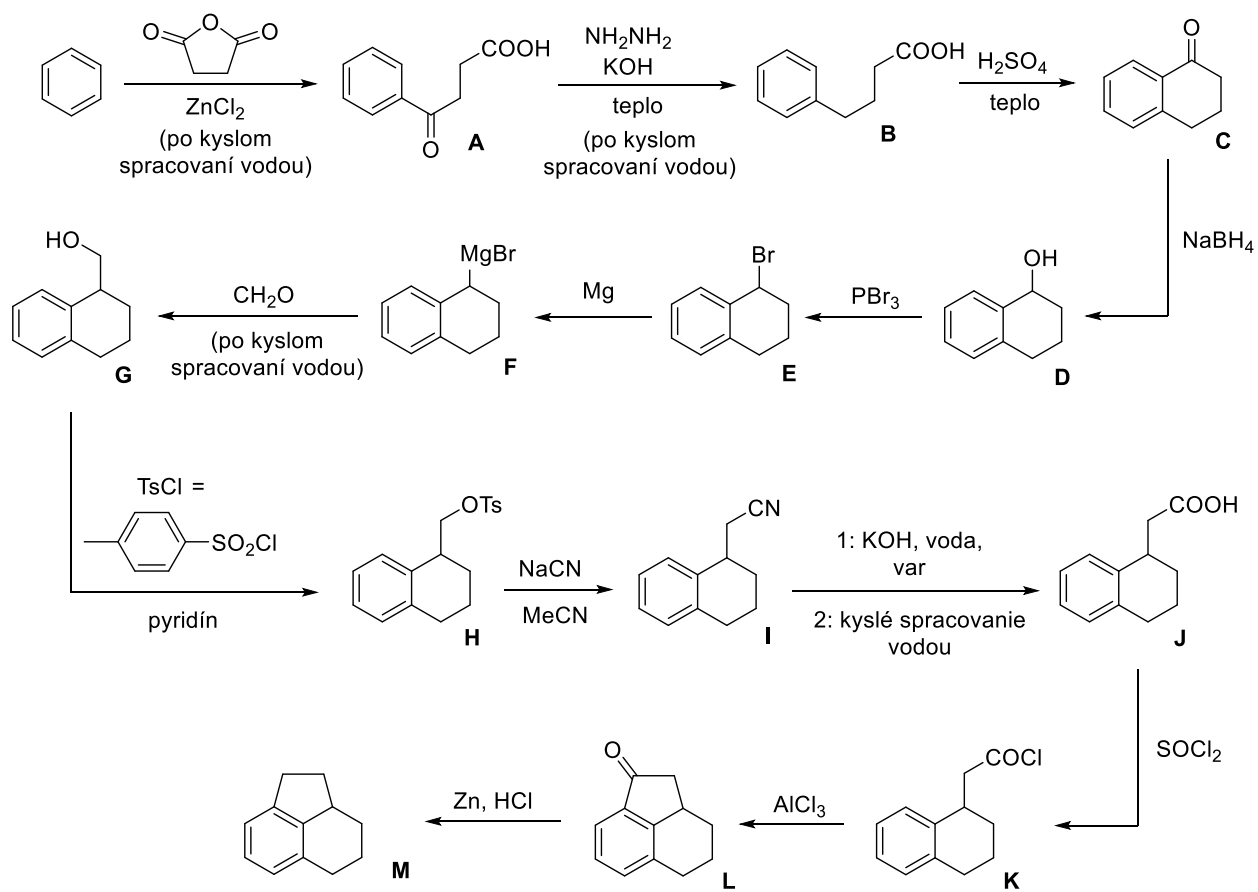
Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Domáce kolo

Michal Májek, Radovan Šebesta

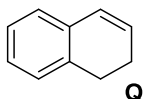
Maximálne 17 bodov (170 pb x 0,10 = 17 b)

Úloha 1 (42 pb)

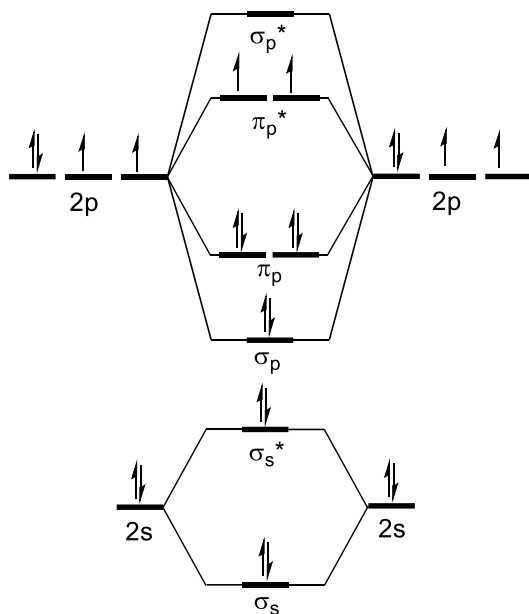
a) 13x2 pb za A – M



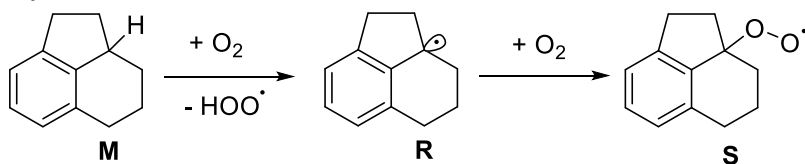
b) 2 pb



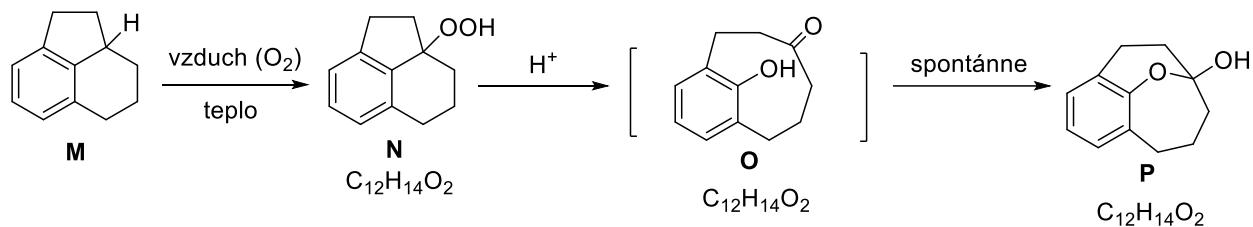
c) 4 pb



d) 2+2 pb

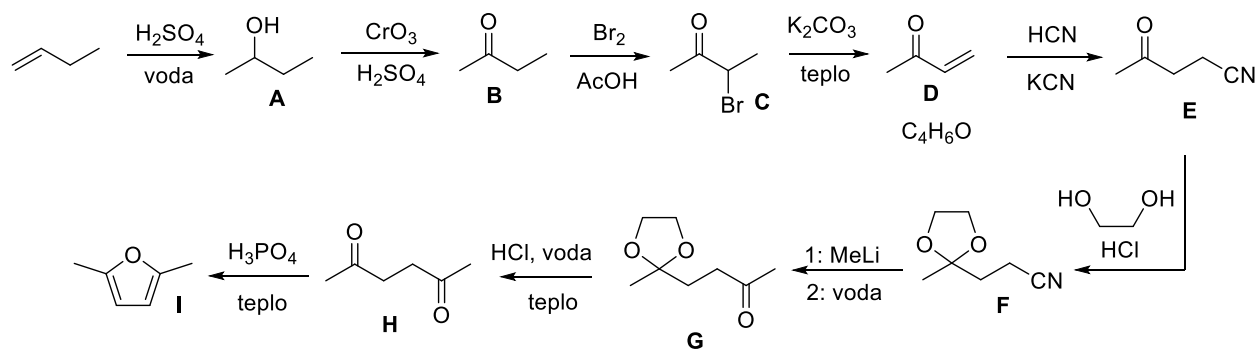


e) 3x2 pb

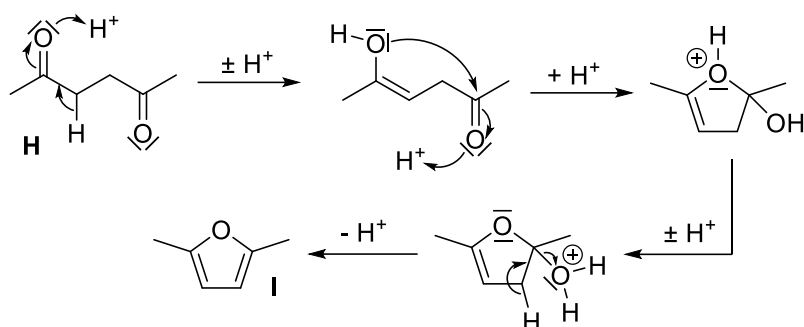


Úloha 2 (38 pb)

a) 8x2 pb

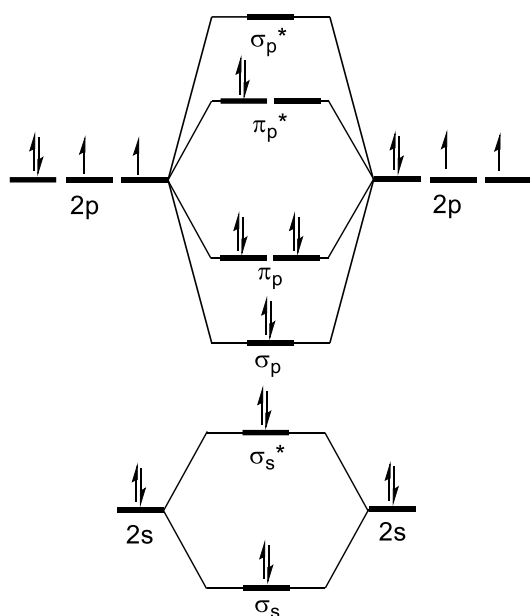


b) 6 pb

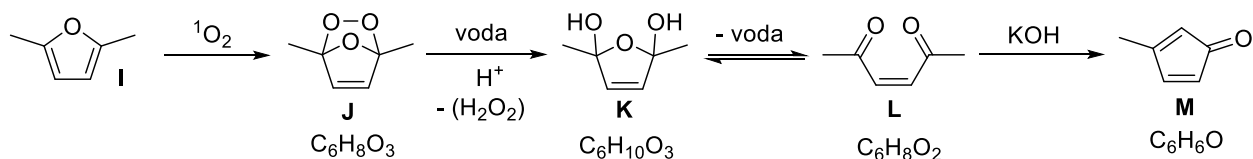


c) Z normálneho (tripletového) kyslíka za pomoci senzitizera ako je Bengálska ružová a ožarovania viditeľným žiarením; 4 pb.

d) 4 pb



e) 4x2 pb



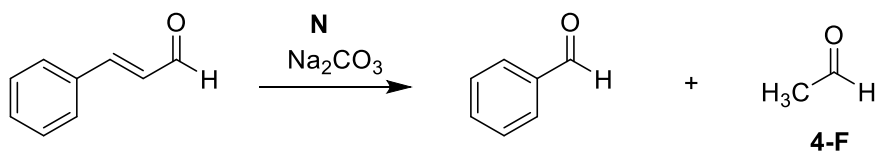
Úloha 3 (18 pb)

Možno samozrejme uznať aj iné schodné cesty. Neuznať syntézu, kde prebieha nitrácia na nechránenom anilíne – takýto krok vedie k deštruktívnej oxidácii anilínu.

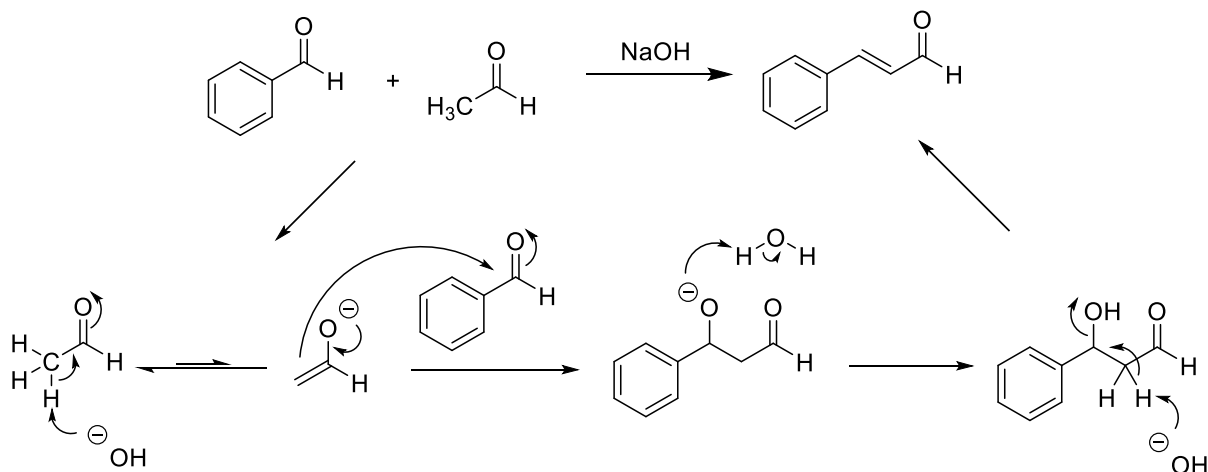
9x2 pb

Úloha 5 (14 pb)

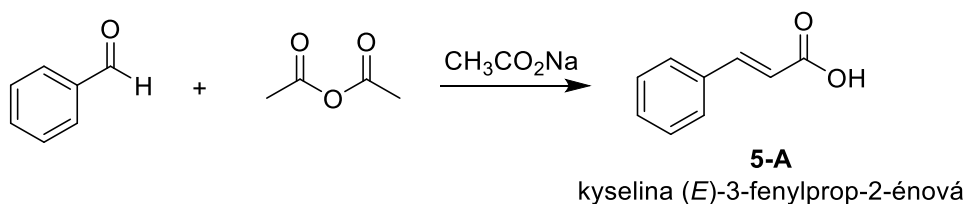
- a) 2+2 pb (Iné bázy, ako napríklad NaHCO_3 alebo NaOH alebo analógy s inými alkalickými kovmi, možno uznať tiež.)



- b) 6 pb



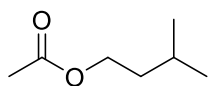
- c) 2 pb za štruktúru **5-A**, 2 pb za názov.



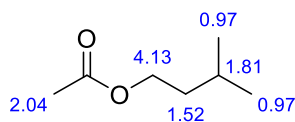
Úloha 6 (22 pb)

Zlúčenina **A**:

Štruktúra (2 pb)



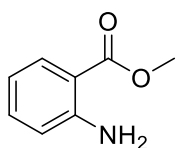
^1H NMR (5 pb):



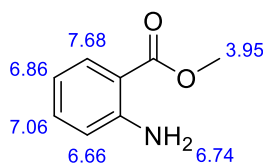
IČ (3 pb): 1744 ($\text{C}=\text{O}$), 1246 $\text{C}(\text{O})-\text{O}$, a 1057 ($\text{C}-\text{O}$).

Zlúčenina **B**:

Štruktúra (3 pb)



^1H NMR (6 pb):



IČ (3 pb): 3475 (NH_2), 3300 (NH_2), a 1700 ($\text{C}=\text{O}$).

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – šk. rok 2025/26
Domáce kolo

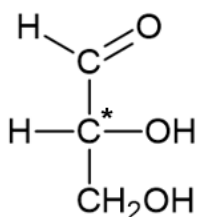
Pavol Štefík, Boris Lakatoš

Maximálne 8 bodov = 32 pb

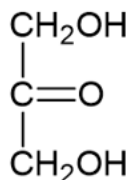
1. Najjednoduchšia aldóza – D-glyceraldehyd **1 pb**

Najjednoduchšia ketóza – dihydroxyacetón **1 pb**

Za každý správne uvedený vzorec udeliť **1 pb**.



D-glyceraldehyd



Dihydroxyacetón

Glyceraldehyd je opticky aktívna látka. **1 pb**

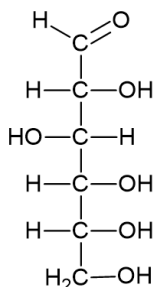
Za správne vyznačenie stereogénneho centra (hviezdičkou vo vzorci glyceraldehydu) udeliť **1 pb**

Dihydroxyacetón nie je opticky aktívna látka. **1 pb**

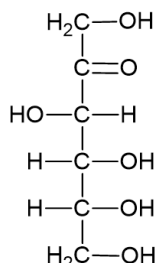
2. a) Zložky sacharózy: glukóza (**1 pb**), fruktóza (**1 pb**)

Glukóza – α -anomér (**1 pb**), fruktóza – β -anomér (**1 pb**)

b) Za každý správny vzorec udeliť **2 pb**.



D-glukóza



D-fruktóza

c) Sacharóza neobsahuje vo svojej molekule voľný poloacetálový hydroxyl, a teda nepatrí medzi redukujúce sacharidy. Z toho dôvodu neredukuje meďnatú soľ vo Fehlingovom roztoku za vzniku vo vode nerozpustného oxidu meďného. Za (podobne formulovanú) odpoveď udeliť **2 pb**.

Keď sa sacharóza povarí v roztoku zriedenej minerálnej kyseliny, dochádza k jej hydrolýze na glukózu a fruktózu. Oba sacharidy patria medzi redukujúce, takže budú redukovať meďnatú soľ vo Fehlingovom roztoku na vo vode nerozpustný oxid meďný, čo predstavuje pozitívny výsledok.

Za (podobne formulovanú) odpoveď udeliť **2 pb**.

- d) Správne odpovede: a. α -glukozidáza (**1 pb**), b. β -fruktozidáza (**1 pb**)
3. a) amylóza (**1 pb**), amylopektín (**1 pb**)
- b) α -D-glukóza (**1 pb**)
- c) Amylóza vytvára za studena lineárnu závitnicu, zatiaľ čo amylopektín vytvára rozvetvenú dvojzávitnicu. Jód vytvára s jodidovými aniónmi v Lugolovom roztoku trijodidové (I_3^-) anióny, ktoré prenikajú do vnútra závitnice amylózy a amylopektínu, kde vytvárajú komplex, čo sa prejaví vznikom tmavomodrého až fialového zafarbenia.

Za (podobne formulovanú) odpoveď udeliť **2 pb**.

Pokiaľ sa roztok škrobu zahreje, helikálna štruktúra amylózy a amylopektínu zanikne, v dôsledku čoho nedochádza k tvorbe komplexu s I_3^- aniónmi, a teda ani k vzniku tmavomodrého až fialového zafarbenia.

Za (podobne formulovanú) odpoveď udeliť **2 pb**.

- d) α -amyláza **1 pb**
4. a) $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$ **1 pb**
- b) $6 \cdot \frac{1,2 \text{ g}}{180 \text{ g mol}^{-1}} \cdot 44 \text{ g mol}^{-1} = 1,76 \text{ g}$ **2 pb**

Autori: Martin Brokeš, doc. RNDr. Šimon Budzák, PhD., Ing. Tibor Dubaj, PhD., doc. Ing. Boris Lakatoš, PhD., Ing. Michal Májek, PhD., prof. Mgr. Radovan Šebesta, DrSc., Ing. Pavol Štefík, PhD.

Recenzenti: Mgr. Jela Nociarová, PhD., Adam Kleman, doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci autorského kolektívu), doc. Ing. Martin Šimkovič, PhD., Mgr. Barbora Zahradníková

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2025