



51. ročník
2014/2015

ŠKOLNÍ KOLO
kategorie A a E

ŘEŠENÍ KONTROLNÍHO TESTU ŠKOLNÍHO KOLA

KONTROLNÍ TEST ŠKOLNÍHO KOLA (60 BODŮ)

ANORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

Úloha 1 Galenit

5,25 bodu

1. Oxid siřičitý, SO₂. 0,25 bodu

2. Vyčíslené rovnice: (1) $2 \text{PbS} + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{PbO} + 2 \text{SO}_2$ 0,75 bodu
 (2) $\text{PbS} + 2 \text{PbO} \longrightarrow 3 \text{Pb} + \text{SO}_2$ 0,75 bodu

3. Výpočet:

$$a = \sqrt[3]{\frac{Z \cdot M(\text{PbS})}{r \cdot N_A}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 239,3 \cdot 10^{-3}}{7580 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}} = 594 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 594 \text{ pm}$$

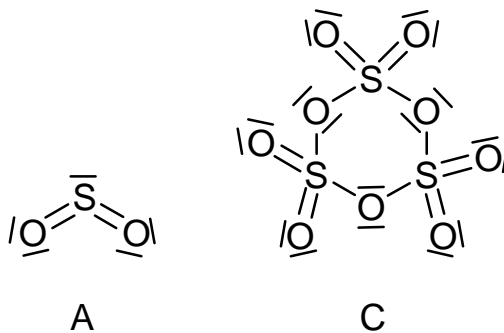
za jakýkoliv správný postup výpočtu 3,5 bodu

Úloha 2 Přeměny sloučenin síry

10,75 bodu

1. Vzorce sloučenin: **A** – SO₂ **B** – SO₃ **C** – S₃O₉
D – H₂SO₄ **E** – Na₂SO₄ **F** – Na₂S
G – Na₂SO₃ **H** – Na₂S₂O₃ **I** – H₂S
 za každý vzorec 0,25 bodu; celkem 2,25 bodu

2. Elektronové vzorce:



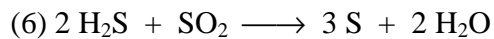
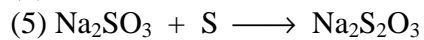
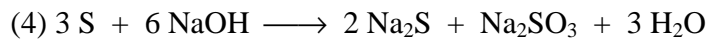
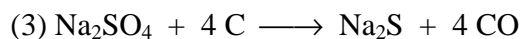
za každý vzorec se všemi elektronovými páry 0,5 bodu; celkem 1 bod

3. Katalyzátory: **kat. 1** – NO₂ **kat. 2** – V₂O₅ 2 · 0,25 bodu

4. (1) $\text{V}_2\text{O}_5 + \text{SO}_2 \longrightarrow 2 \text{VO}_2 + \text{SO}_3$ 0,75 bodu
 (2) $4 \text{VO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{V}_2\text{O}_5$ 0,75 bodu

Pozn.: Akceptovat i rovnice s dimerem V₂O₄.

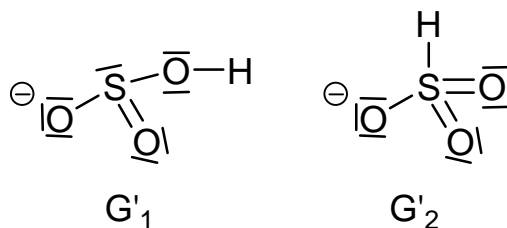
5. Rovnice:



6. (7) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{NaHSO}_3$

za každou vyčíslenou rovnicí 0,75 bodu; celkem 3,75 bodu

7. Strukturální vzorce:



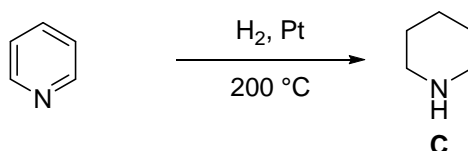
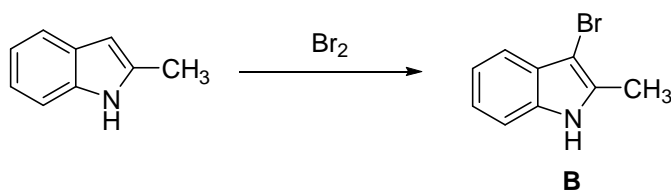
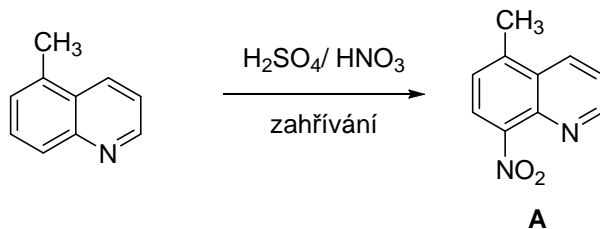
*za každou strukturu včetně všech elektronových párů a formálních nábojů 0,5 bodu;
celkem 1 bod*

8. Formy G'_1 a G'_2 jsou tautomery.

0,75 bodu

Úloha 1 Reaktivita heterocyklických sloučenin

4 body



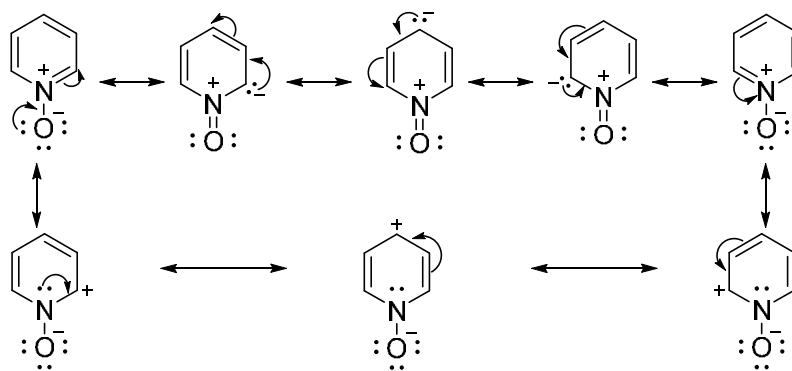
C = piperidin

za správný produkt po 1 bodu, za správný název 1 bod; celkem 4 body

Úloha 2 Pyridin-*N*-oxid

4 body

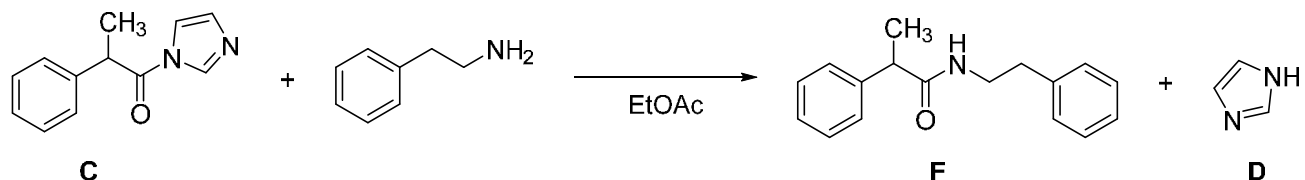
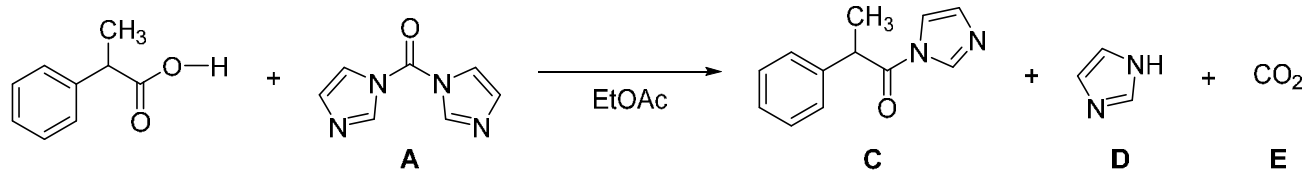
1.



Do celkového počtu rezonančních struktur mohou studenti zahrnout i výchozí molekulu.

za každou rezonanční strukturu 0,25 bodu; celkem max. 1 bod

4.

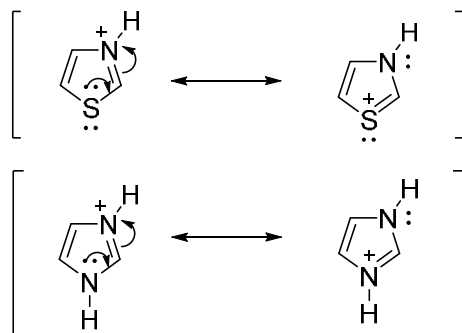


za struktury C, D, E, F 0,5 bodu; celkem 2 body

Úloha 4 Bratři thiazol a imidazol

3 body

Imidazol (jeho konjugovaná kyselina má pK_a 6,95) je silnější báze než thiazol (jeho konjugovaná kyselina má pK_a 2,44).

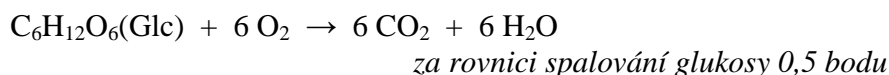


Sloučenina je tím silnější bází, čím stabilnější kation (protonizovaná forma) vznikne po přijetí protonu. Kationty vznikající z imidazolu a thiazolu mohou být stabilizovány rezonancí (viz obrázek). Tato stabilizace je tím účinnější, čím je dosaženo lepšího překryvu zapojených orbitalů. V případě imidazolu dojde k překryvu 2p orbitalu atomu dusíku s 2p orbitalem atomu uhlíku (N i C jsou prvky druhé periody v periodické tabulce prvků). V případě thiazolu dojde k překryvu 3p orbitalu atomu síry s 2p orbitalem atomu uhlíku (S je prvek třetí periody v periodické tabulce prvků), protože se tyto orbitály podstatně liší svojí velikostí, je jejich překryv horší.

za uvedení správných protonizovaných forem po 0,5 bodech za jejich rezonanční struktury po 0,5 bodech, za správné určení bazičtější látky 0,5 bodu, za správné zdůvodnění 0,5 bodu;
celkem 3 body

FYZIKÁLNÍ CHEMIE**16 BODŮ****Úloha 1 Spotřeba mozku při řešení kontrolního testu****5 bodů**

1. Rovnice spalování glukosy zní:



2. Příkon je definován jako rychlost konání práce, resp. rychlost spotřeby energie, tedy:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

3. Mozek spotřebuje 80 g glukosy za den, tedy za 24 hodin. Za dvě hodiny, které trvá kontrolní test, to činí $80 / 12 = 6,67$ g. Při zvýšené kognitivní aktivitě je to ale $12 \times$ více, tedy $12 \cdot 6,67 = 80$ g glukosy. Odpovídající spalná enthalpie a tedy i energie, kterou mozek potřebuje je tedy:

$$\Delta E = n_{\text{Glc}} \cdot \Delta_c H_{\text{Glc}}^\circ = \frac{m_{\text{Glc}}}{M_{\text{Glc}}} \cdot \Delta_c H_{\text{Glc}}^\circ = \frac{80}{180,2} \cdot (-2880 \cdot 10^3) = -1,28 \text{ MJ}$$

Příkon je pak dán jako:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1,28 \cdot 10^6}{2 \cdot 3600} = \underline{178 \text{ W}}$$

*za přepočítání spotřeby glukosy na aktuální aktivitu mozku 1 bod
za vztah mezi energií, spalným teplem a výkonem 1 bod
za numericky správné řešení 0,5 bodu
celkem 2,5 bodu*

4. Na spálení glukosy je třeba za standardních podmínek šestinásobné molární množství kyslíku, tedy:

$$n_{\text{O}_2} = 6n_{\text{Glc}} \rightarrow \frac{pV_{\text{O}_2}}{RT} = 6 \cdot \frac{m_{\text{Glc}}}{M_{\text{Glc}}} \rightarrow V_{\text{O}_2} = \frac{RT}{p} \cdot 6 \cdot \frac{m_{\text{Glc}}}{M_{\text{Glc}}} = \frac{8,314 \cdot 298}{101325} \cdot 6 \cdot \frac{80}{180,2} = \underline{65,2 \text{ dm}^3}$$

*za správný postup výpočtu 1,5 bodu
za numericky správné řešení 0,5 bodu
celkem 2 body*

Úloha 2 Regulace glykolysy a energetický náboj buňky**11 bodů**

1. Vzhledem k hodnotě $\Delta_r G^\circ = -17,4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, která je záporná, probíhá reakce od reaktantů k produktům, tedy zleva doprava.

za správnou identifikaci směru reakce 1 bod

2. Rovnovážná konstanta této reakce je dána jako:

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K \rightarrow K = \exp\left(-\frac{\Delta_r G^\circ}{RT}\right) = \exp\left(-\frac{-17,4 \cdot 10^3}{8,314 \cdot 310}\right) = \underline{855}$$

za výpočet rovnovážné konstanty 2 body
za numericky správné řešení 0,5 bodu
celkem 2,5 bodu

3. Koncentraci ADP získáme prostým vyjádřením z energetického náboje buňky a dosazením:

$$Q_{EC} = \frac{[\text{ATP}] + \frac{1}{2}[\text{ADP}]}{[\text{ATP}] + [\text{ADP}] + [\text{AMP}]} \rightarrow [\text{ADP}] = \frac{Q_{EC} \cdot ([\text{ATP}] + [\text{AMP}]) - [\text{ATP}]}{\frac{1}{2} - Q_{EC}} =$$

$$= \frac{0,82 \cdot (372 \cdot 10^{-6} + 70 \cdot 10^{-6}) - 372 \cdot 10^{-6}}{0,5 - 0,82} = \underline{29,9 \mu\text{M}}$$

za výpočet koncentrace ADP z energetického náboje 1 bod
za numericky správné řešení 0,5 bodu
celkem 1,5 bodu

4. Energetický náboj buňky může nabývat hodnot $Q_{EC} = [0;1]$, přičemž hodnota 0 znamená nenulovou koncentraci pouze [AMP] a hodnota 1 znamená nenulovou koncentraci pouze [ATP].

za identifikaci intervalu 1 bod
za identifikaci koncentrací ATP a AMP v mezních bodech intervalu po 0,5 bodu
celkem tedy 2 body

5. Gibbsova funkce pro fosforylaci glukosy má tvar:

$$\Delta_r G' = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q = \Delta_r G^\circ + RT \ln \frac{[\text{Glc6P}][\text{ADP}]}{[\text{Glc}][\text{ATP}]}$$

Předpokládáme konstantní koncentraci ATP a ADP, jakož i glukosy a ptáme se, jaká koncentrace glukosy-6-fosfátu je třeba ke splnění podmínky $\Delta_r G' = 0$. Pro tuto podmínku plyne z Gibbsovy funkce následující vztah pro koncentraci Glc6P:

$$\Delta_r G' = \Delta_r G^\circ + RT \ln \frac{[\text{Glc6P}][\text{ADP}]}{[\text{Glc}][\text{ATP}]} = 0 \rightarrow \exp\left(-\frac{\Delta_r G^\circ}{RT}\right) = \frac{[\text{Glc6P}]}{[\text{Glc}]} \cdot \frac{[\text{ADP}]}{[\text{ATP}]} \rightarrow$$

$$\rightarrow [\text{Glc6P}] = [\text{Glc}] \cdot \frac{[\text{ATP}]}{[\text{ADP}]} \cdot \exp\left(-\frac{\Delta_r G^\circ}{RT}\right) = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{372 \cdot 10^{-6}}{29,9 \cdot 10^{-6}} \exp\left(-\frac{-17,4 \cdot 10^3}{8,314 \cdot 310}\right) = \underline{53,2 \text{ mol dm}^{-3}}$$

za výpočet koncentrace glukosa-6-fosfátu jakýmkoliv způsobem 2,5 bodu
za numericky správné řešení 0,5 bodu
celkem tedy 3 body

6. Taková koncentrace glukosa-6-fosfátu je naprosto nereálná. Tělo by se prakticky skládalo pouze z glukosa-6-fosfátu, a první krok glykolysy ve fyziologických podmínkách tedy vždy běží ve směru fosforylace glukosy. Tento krok je tedy v zásadě neregulovatelný z hlediska chemické rovnováhy. Regulaci tak zajišťují skrze regulaci rychlosti reakce enzymy, které se fosforylace účastní.

za smysluplný komentář 1 bod

Úloha 1

8 bodů

Sekvence DNA a její překlady do jednotlivých čtecích rámců (ORF).
Hvězdička (*) označuje stop kodon.

Sekvence DNA:

5' -
 1 CCTGTATGCCTG **AGGAGGT** TGAAGTTGA **ATG** TTCATGGGATGCCTCTGCGCCTTATTAAT 60
 61 TACCGCCTCTTGCTCCACATTTGCTGCCCTCAACAAATCAACGATATTGTGCATCGCAC 120
 121 AATTACCCCGCTTATAGAGCAACAAAAGATCCCGGGTATGGCGGTGGCGGTAATTTATCA 180
 181 GGGTAAACCTTATTACTTTACCTGGGGCTATGCGGACATCGCCAAAAAGCAGCCCGTCAC 240
 241 ACAGCAAACGTTGTTTGTAGTTAGGTCGGTCAGCAAAACATTTACTGGCGTGCTTGGTGG 300
 301 CGACGCTATTGCTCGAGGGGAAATCAAGTTAAGCGATCCCACAACAAAATACTGGCCTGA 360
 361 ACTTACCGCTAAACAGTGGAAATGGGATCACACTATTACATCTCGCAACCTACACTGCT **TA** 420
 421 **A**GGCCTGCCATTGCAGGTGCCGGATGAGGT 450
 -3'

ORF 1:

PVCLRRLKLN VHGMPLRLIN YRLLHICCP STNQRYCASH NYPAYRATKD PGYGGGNLS G***T**LLLYLGL
 CGHRQKAARH TANVV***V**RFG QQNIYRAWW RRYCSRGNQV KRSHNKILA* TYR***T**VEWDH TITSRNLHCL
 RPAIAGAG***G**

ORF 2:

LYA***G**G*S***M** FMGCLCALLI TASCSTFAAP QQINDIVHRT ITPLIEQQKI PGMVAVIYQ GKPYYFTWGY
 ADIAKKQPVT QQTLFELGSV SKTFTGVLGG DAIARGEIKL SDPTTKYWPE LTAKQWNGIT LLHLATYTA***M**
 GLPLQVPDEV

ORF 3:

CMPEEVEVEC SWDASAPY*L PPLAPHLLPL NKSTILCIAQ LPRL***S**NKRS RVWRWR***F**IR VNLITLPGAM
 RTSPKSSPSH SKRCLS***V**RS AKHLLACLVA TLLLEGKSS* AIPQONTGLN LPLNSGMGSH YYISQPTLLK
 ACHCRMR

1. Správné a jednoznačné grafické označení druhého čtecího rámce, tedy ORF 2.

1 bod

Čtecí rámec, v němž se vyskytuje gen kódující protein, poznáme podle toho, že obsahuje výrazně méně stop kodonů, než by odpovídalo průměrnému statistickému zastoupení. To je rovno 3/64, protože mezi 64 kodony jsou 3 stop kodony. Stop kodonů je tedy v náhodné sekvenci asi 1/20. Na první pohled je vidět, že nejdelší úsek bez stop kodonu se nachází ve druhém čtecím rámci.

1 bod

2. Správné a jednoznačné grafické vyznačení kodonů a míst v sekvenci, délka proteinu 130 AMK.

1 bod

Podmínku, zda je délka úseku dostatečná pro zadaný protein, ověříme na základě předpokladu, že průměrná AMK má rel. molekulovou hmotnost o něco vyšší než 100, proto se jejich počet musí blížit číslu 140. Nejdelší úsek ve čtecím rámci 2 má délku 130, což je vyhovující, jakékoli úseky mezi stop kodony v ostatních čtecích rámci jsou naopak podstatně kratší.

1 bod

3. Správné a jednoznačné grafické vyznačení úseku odpovídajícího Shine-Dalgarnově sekvenci *1 bod*

Tato sekvence je u prokaryot klíčová pro správné rozpoznání iniciačního kodonu v mRNA během translace na ribozomu.

1 bod

4. Jedná se o antibiotika *1 bod*

a konkrétním příkladem je např. penicilin, ampicilin či jakékoli jiné antibiotikum s β -laktamovým kruhem.

1 bod

Úloha 2

4 body

1. Věta by správně mohla znít např. takto: „Okazakiho fragmenty vznikají za replikační vidličkou na nově syntetizovaném opožděném vlákně DNA.“ – či jakýkoli jiný správný popis vzniku Okazakiho fragmentů během replikace DNA (DNA polymerasa dokáže syntetizovat vlákno DNA vždy pouze ve směru od 5' - k 3'-konci, proto na jednom vlákně nevzniká nepřerušovaný nový řetězec, ale pouze fragmenty, tak, jak je dvoušroubovice po částech rozvíjena; tyto fragmenty jsou následně spojeny do jednoho řetězce DNA ligasou). *1 bod*
2. Správně by to bylo: „DNA polymerasa vyžaduje při replikaci pro započítí syntézy nového vlákna primer **RNA**, který je syntetizován DNA **primasou**.“; DNA gyrasa se účastní rozplétání dvoušroubovice DNA. *1 bod*
3. Ano, tento výrok je pravdivý. Většina genů totiž obsahuje introny, které by se pomocí PCR reakce amplifikovaly také. Je proto vhodnější nechat buňku udělat špinavou práci za nás a izolovat až výslednou mRNA, která představuje již čistě kódující sekvenci genu. *1 bod*
4. Není pravda, že se jedná o jednosměrný proces – enzym reverzní transkriptasa dokáže přepsat sekvenci RNA zpět do DNA (tzv. komplementární DNA, cDNA, což se používá např. při přepisu izolované mRNA, viz bod c). Rovněž není pravda, že RNA nemůže sloužit k uchování genetické informace – viz např. dsRNA viry obsahující dvouvláknovou RNA jakožto nositelku své genetické informace. *1 bod*