

# **CHEMICKÁ OLYMPIÁDA**

**60. ročník, školský rok 2023/24**

**Kategória A**

**Krajské kolo**

**TEORETICKÉ ÚLOHY**



# ÚLOHY Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 60. ročník – školský rok 2023/24  
Krajské kolo

**Martin Brokeš, Michal Juríček**

---

Maximálne 18 bodov Doba riešenia 70 minút
--

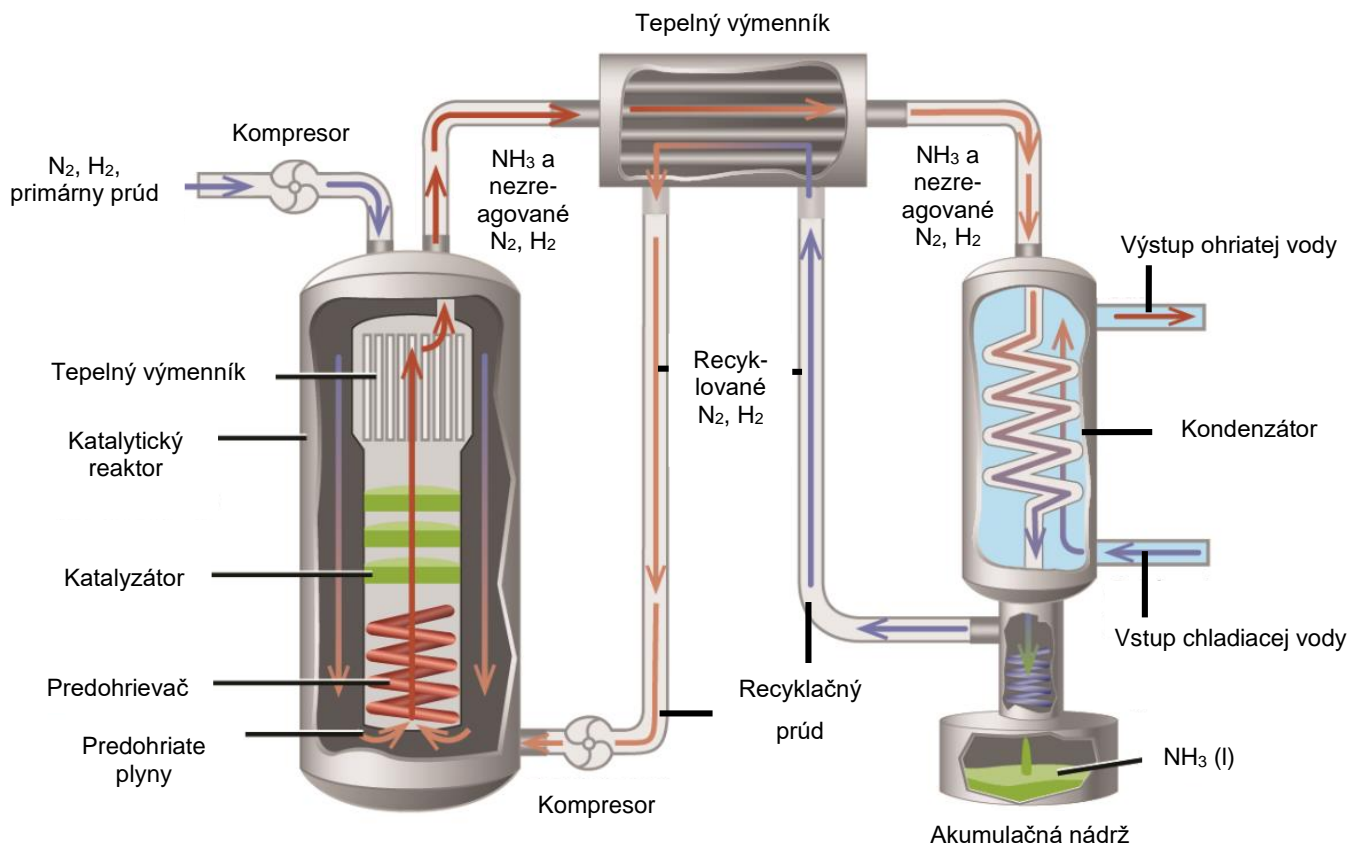
## Úloha 1 (18 bodov)

Do 19. storočia boli hlavným zdrojom dusičnanových hnojív prevažne draselný liadok a trus morských vtákov, netopierov a tuleňov – guáno. Na prelome 19. a 20. storočia si však ľudia uvedomili, že tieto limitované zdroje nebudú postačovať pre potreby budúcnosti, a preto je nevyhnutné nájsť nové metódy výroby amoniaku ako hlavného prekursora dusičnanov. Prvý človek, ktorému sa podarilo syntetizovať amoniak priamo z prvkov na laboratórnej škále, bol Fritz Haber. Jeho nápad odkúpila nemecká firma BASF (nem. *Badische Anilin und Sodafabrik*), ktorá poverila Carla Boscha, aby dotiahol túto syntézu do priemyselnej škály. Počas prvej svetovej vojny bola spustená prvá továreň na výrobu amoniaku v meste Oppau, vďaka ktorej mohol fungovať nemecký zbrojársky priemysel aj napriek nedostatku prírodných zdrojov. Pôvodné katalyzátory na báze osmia používané v prvých továrňach boli neskôr, vďaka systematickému výskumu Alwina Mittascha, vymenené za dostupnejšie katalyzátory na báze železa s prímiesami  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $SiO_2$  a  $Al_2O_3$ .

Haberova-Boschova syntéza amoniaku je jedným z najvýznamnejších objavov v dejinách chemickej technológie. Syntetický amoniak má široké využitie od hnojív cez palivá až po výbušniny. Až 50 % dusíka v ľudskom organizme pochádza práve zo syntetického amoniaku. Elementárny dusík tvorí väčšinu zemskej atmosféry. Nachádza sa v nej vo forme molekúl didusíka, vďaka čomu je jedným z najmenej reaktívnych prvkov na Zemi a aj preto bola jeho chemická premena na amoniak ocenená až dvoma Nobelovými cenami – v rokoch 1918 a 1931.

1. Nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec molekuly didusíka a zdôvodnite, prečo je táto molekula taká nereaktívna.

Výroba amoniaku Haberovým-Boschovým spôsobom je opísaná nasledujúcou schémou (Obrázok 1). Sumárna reakcia je exotermická.



Obrázok 1: Zjednodušená schéma syntézy amoniaku.

Zdroj: <https://www.emersonautomationexperts.com/2022/measurement-instrumentation/temperature/ideal-temperature-measurement-ammonia-applications/>

Na vstupe sa do katalytického reaktora privádza zmes plynného dusíka a vodíka. Dusík je v atmosfére veľmi rozšírený, preto sa získava pomerne jednoducho frakčnou destiláciou skvapalneného vzduchu pri  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Naopak vodík sa získava úplne odlišným spôsobom pomocou priemyselnej syntézy.

2. Napíšte ľubovoľnú vyčíslenú chemickú reakciu priemyselnej výroby vodíka v stavovom tvare. Za uvedenie vyčíslenej reakcie v stavovom tvare, ktorá sa v priemysle nevyužíva, budú udelené čiastkové body. Zdôvodnite voľbu skupenského stavu pre každú látku.

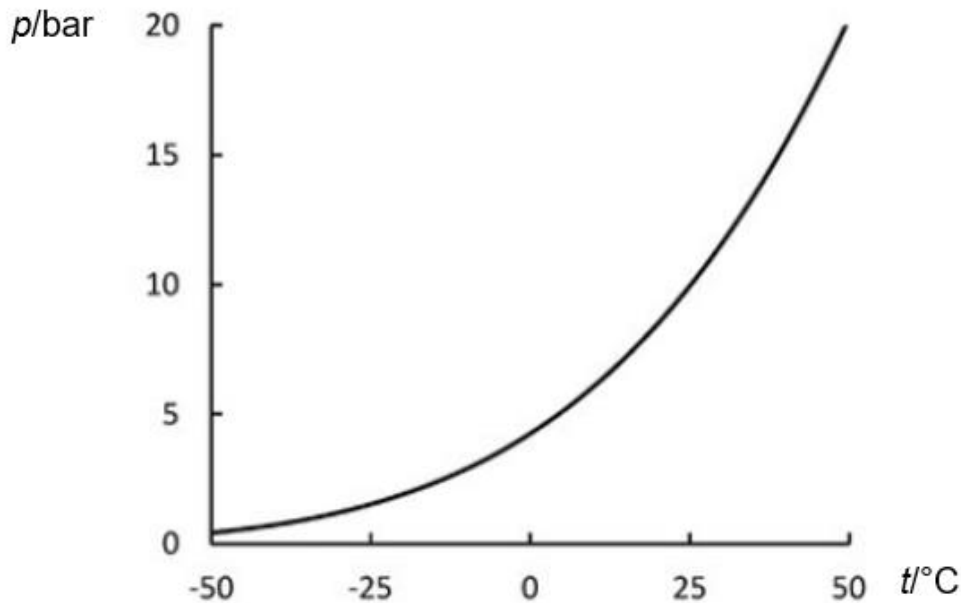
Mechanizmus nekatalyzovanej reakcie dusíka s vodíkom pozostáva z dvoch krokov: disociácia  $N_2$  a  $H_2$  a vlastná reakcia. V prípade katalyzovanej reakcie sa mechanizmus výrazne mení a pribúdajú k nemu ešte dva ďalšie kroky (adsorpcia a desorpcia) spôsobené prítomnosťou vrstevnatého katalyzátora s veľkým povrchom. V jadre katalyzátora sa nachádza pevný magnetit obklopený wüstitom a ten je obklopený vrstvou kovového železa a obohatený oxidom draselným. Funkciou katalyzátora je predovšetkým zníženie aktivačnej energie rýchlosť určujúceho kroku mechanizmu. Správne fungovanie katalyzátora teda vyžaduje, aby sa každý krok mechanizmu odohrával na jeho povrchu.

3. Vyjadrite všetky kroky mechanizmu katalyzovanej reakcie ako chemické rovnice v stavovom tvare. Pevný katalyzátor v nich označte písmenom C. Rovníc je osem a nemusia byť vyčíslené. Prípadné formálne náboje, voľné elektrónové páry a voľné elektróny môžete v zápise rovníc ignorovať.

V prevádzkach s kontinuálnym režimom sa najčastejšie využíva nástrek vstupujúcich plynov  $N_2$  a  $H_2$  v objemovom pomere 1 : 3. Plyny sú na vstupe už natlakované a čerpajú sa do reaktora popri tepelných výmenníkoch, kde sa zohrievajú na teplotu  $450\text{ }^\circ\text{C}$ . Následne sa vedú systémom štyroch (aj napriek tomu, že Obrázok 1 ukazuje len tri) za sebou usporiadaných plôšok katalyzátora. Na každej z nich dochádza k 15 % konverzii. Medzi plôškami katalyzátora sú umiestnené tepelné výmenníky.

Z katalytického reaktora sa zmes plynov čerpá do ideálneho kondenzátora, kde pomocou chladienia chladiacou vodou všetok plynný amoniak kondenzuje. Vďaka odoberaniu produktu je celková dosiahnuteľná konverzia takmer úplná. Nezreagované plyny sa vedú späť do katalytického reaktora.

4. Vysvetlite, prečo je nutná prítomnosť tepelných výmenníkov medzi plôškami katalyzátora.
5. Pomocou grafu na Obrázku 2 vysvetlite, vďaka čomu je možné na skvapalnenie amoniaku, ktorého bod varu je pri atmosférickom tlaku  $-30\text{ }^\circ\text{C}$ , použiť aj vodu pri normálnych podmienkach. Z grafu čo najpresnejšie odhadnite tlak v kondenzátore, pri ktorom bude dochádzať ku kondenzácii za použitia chladiacej vody s teplotou  $5\text{ }^\circ\text{C}$ , ak viete, že amoniak sa v kondenzátore ochladí na teplotu  $20\text{ }^\circ\text{C}$ .



Obrázok 2: Graf závislosti tlaku pár amoniaku na teplote.

Zdroj: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2019.

Kontinuálny režim funguje tak, že do reaktora v každom čase vstupuje rovnaké množstvo  $N_2$  a  $H_2$  z primárneho aj z recyklačného prúdu dokopy. Z toho vyplýva, že tok látkového množstva vznikajúceho amoniaku  $\dot{n}(NH_3)$  do akumuláčnej nádrže, je počas takmer celého procesu konštantný. Kontinuálny proces je dizajnovaný pre nepretržité fungovanie.

6. Vypočítajte hodnotu toku látkového množstva amoniaku  $\dot{n}_{\max}(NH_3)$  vstupujúceho do akumuláčnej nádrže počas ustáleného stavu v prípade, že  $\dot{n}_{\text{reaktanty}} = 1000 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$ . Použite rovnicu ideálneho plynu  $pV = nRT$ .

Avšak aj tento reaktor potrebuje pravidelnú údržbu. Vykonáva sa raz za rok, kedy je produkcia amoniaku odstavená. Pri nábehu po odstávke, v časovom intervale od  $t_0$  do  $t_1$  sa tok látkového množstva amoniaku do akumuláčnej nádrže dá aproximovať vzťahom:

$$\dot{n}(NH_3) = \frac{\dot{n}_{\max}(NH_3)}{1 + e^{-(0,1 \cdot t - 10)}}$$

kde tok látkového množstva je udaný v jednotkách mol/h a čas v min. Pre interval od  $t_2$  do  $t_3$ , v ktorom sa reaktor odstavuje, platí analogický vzťah v rovnakých jednotkách:

$$\dot{n}(\text{NH}_3) = \frac{\dot{n}_{\max}(\text{NH}_3)}{1 + e^{(0,1 \cdot t - 50)}}$$

Obidve závislosti sú len približné a dávajú predovšetkým kvalitatívnu informáciu o tvare kriviek.

7. Narysujte závislosť toku látkového množstva amoniaku  $\dot{n}(\text{NH}_3)$  do akumuláčnej nádrže od času pre kontinuálny proces v medziach od  $t_0 = 0$  min (začiatok procesu) do  $t_3 = 625$  min (koniec procesu). Tieto hodnoty nezávisle premennej vyznačte do grafu a uveďte, aké sú pre ne hodnoty závisle premennej. Do grafu zaznačte tiež časy  $t_1 = 175$  min a  $t_2 = 425$  min, medzi ktorými je  $\dot{n}_{\max}(\text{NH}_3)$  konštantné. Grafické riešenie vyneste na milimetrový papier. V prípade, že ste nevyočítali úlohu 6, dosadte za  $\dot{n}_{\max}(\text{NH}_3)$  hodnotu  $200 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$ .
8. V praxi však neexistuje ideálny kondenzátor. Reálny kondenzátor nie je schopný skvapalniť všetok amoniak a malá časť produktu sa dostáva do recyklačného prúdu. Vysvetlite, ako sa zmení konštantná časť grafu z úlohy 7 v prípade, že predpokladáme zapojenie reálneho kondenzátora a dostatočnú rýchlosť prestupu plynov reaktorom na to, aby sa na katalyzátore nedokázala ustáliť rovnováha.

Syntetický amoniak je nevyhnutný pre množstvo kľúčových chemikálii pre ľudstvo. Z amoniaku sa Ostwaldovým procesom vyrába kyselina dusičná, ktorej soli sú základom najznámejších hnojív, ale aj výbušnín. Nedávna udalosť z roku 2020 v libanonskom Bejrúte túto skutočnosť potvrdila. Išlo o najväčší nenukleárny výbuch v dejinách so silou ekvivalentnou 1,1 kilotony TNT, čo je 16-krát menej než bomba zhodená na Hirošimu. V jeho dôsledku prišlo v okamihu o život 218 ľudí a o domov 300 000 ľudí. Podľa oficiálnych zdrojov mohla byť príčinou výbuchu nedôslednosť v skladovaní hnojiva a prítomnosť ohňostrojev v sklade. Kamerové záznamy a svedectvá ľudí, ktorí videli explóziu na vlastné oči, hovoria o prítomnosti červeno-hnedého mraku, ktorý bol chvíľu obklopený bielym kondenzačným mrakom.

9. Napíšte vyčíslenú chemickú rovnicu explózie dusičnanu amónneho v stavovom tvare, ku ktorej došlo v Bejrúte.

Pri výbuchoch dochádza k veľkému množstvu uvoľneného tepla. Toto teplo je tak enormné, že sa pre opis sily výbušnín zaviedla nová jednotka – tona TNT. Táto jednotka je ekvivalentná teplu uvoľneného pri detonácii 1000 kg trinitrotoluénu (TNT).

10. Vypočítajte, koľko GJ zodpovedá jednej tona TNT, ak viete, že v Bejrúte vybuchlo zhruba 2750 ton dusičnanu amónneho. Reakčná entalpia rovnice rozkladu z úlohy 9 je  $\Delta H_R = -405,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  a molárna hmotnosť dusičnanu amónneho je  $M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . V prípade, že ste nevyčísľili rovnicu v úlohe 9, považujte  $\nu(\text{NH}_4\text{NO}_3) = -4$ .

Podľa tabuliek je 1 tona TNT rovná 4,184 GJ tepla. Váš výsledok úlohy 10 bude od tabuľkovej hodnoty mierne odlišný, a to hlavne preto, že v prípade výbuchu v Bejrúte išlo o nekontrolovanú explóziu. Najničivejšia explózia však nebola jediná. Predchádzali jej menšie, menej ničivé explózie vo vnútri skladu, kde explodovalo neznáme množstvo hnojiva. Dôsledkom menších explózií je nepresný odhad celkovej hmotnosti explodovaného materiálu, ktorý prispel k finálnemu výbuchu.

# ÚLOHY Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 60. ročník – školský rok 2023/24  
Krajské kolo

Ján Reguli

---

Maximálne 17 bodov, doba riešenia 60 minút
---

## Úloha 1 (4 body)

Na stole pri teplote 25 °C máme dve desaťlitrové tlakové nádoby. V prvej sú 4 móly dusíka, v druhej je 1 mól kyslíka. Aké sú tlaky plynov v nádobách? Nádoby sme prepojili trubičkou zanedbateľného objemu a piestom sme pomaly pretlačili všetok kyslík do prvej nádoby. Na akú hodnotu v nej stúpne tlak?

Ak je na nádobe umiestnený poistný ventil, nastavený na tlak 1,00 MPa, časť plynu z nádoby vyfučí. Koľko mólov plynnej zmesi v nádobe zostane?

Nádobu následne ochladíme na 0 °C. Na akej hodnote skončil v nádobe tlak? Koľko energie (vo forme tepla) sme plynnej zmesi odobrali? (Predpokladáme, že izochorická molárna tepelná kapacita oboch plynov je  $C_{V,m} = 5/2 R$ .)

Aké je (v mólových zlomkoch) zloženie plynnej zmesi? Aká je jej molárna hmotnosť? Aká je hustota plynnej zmesi v konečných podmienkach?

$M(\text{N}_2) = 28,01 \text{ g mol}^{-1}$ ,  $M(\text{O}_2) = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$ .

## Úloha 2 (3 body)

2 móly stavovo ideálneho dusíka (ktorého  $C_{V,m} = 5/2 R$ ) sme v uzavretej nádobe zohriali z 20 °C na 50 °C. V nádobe sme piestom udržiavali tlak na konštantnej hodnote (ktorú udrží poistný ventil). Počiatočný objem nádoby bol 15 litrov.

a) Vypočítajte, ako sa zväčšila vnútorná energia a entalpia dusíka.

b) Aké teplo sme dusíku dodali? Na akú hodnotu sa zväčšil objem nádoby?

Nádobu sme pri 50 °C stlačili späť na 15 litrov, pričom z nej cez poistný ventil vyfučala časť dusíka.

c) Na aký tlak je nastavený poistný ventil?

d) Koľko gramov dusíka sme z nádoby vypustili?  $M(\text{N}_2) = 28 \text{ g mol}^{-1}$ .



### Úloha 3 (5 bodov)

Pri teplote 400 K hodnota rovnovážnej konštanty reakcie  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}(\text{g})$  je  $K_p(400 \text{ K}, p^\circ=101325 \text{ Pa}) = 342$ . Východisková sústava obsahuje 1 mól eténu, 2 móly HCl a 10 mólov inertného plynu. Zistite hodnotu rozsahu reakcie a hodnotu stupňa premeny HCl za rovnováhy pri teplote 400 K a pri tlaku 50 kPa. Všetky zložky sústavy sú stavovo ideálne.

### Úloha 4 (3 body)

Látka A sa pri teplote 140 °C izotermicko-izochoricky rozkladá  $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{P}(\text{g}) + \text{R}(\text{g})$ , Vypočítajte hodnotu rýchlostnej konštanty tejto reakcie 1. poriadku. Počiatočný tlak vo východiskovej sústave, ktorá obsahovala len látku A, bol  $p_0 = p_{0A} = 46,66 \text{ kPa}$ . Tlak, odčítaný v 820. sekunde stúpol na 63,59 kPa. Vypočítajte polčas tejto reakcie a tlak v sústave v polčase reakcie. Aký bude tlak v sústave po úplnom rozložení látky A?

### Úloha 5 (2 body)

Plynný arzán sa na povrchu skla termicky rozkladá  $\text{AsH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{As}(\text{s}) + \frac{3}{2} \text{H}_2(\text{g})$ . Vo východiskovej sústave bol čistý arzán pri tlaku 52,3 kPa. Po 16 hodinách tlak v sústave stúpol na 58,2 kPa. Vypočítajte rýchlostnú konštantu reakcie 1. poriadku za predpokladu, že všetky plynné zložky sa správajú stavovo ideálne a objem tuhého arzénu môžeme zanedbať. Reakcia prebieha pri teplote 350 °C.

# ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 60. ročník – školský rok 2023/24  
Krajské kolo

Michal Májek, Radovan Šebesta

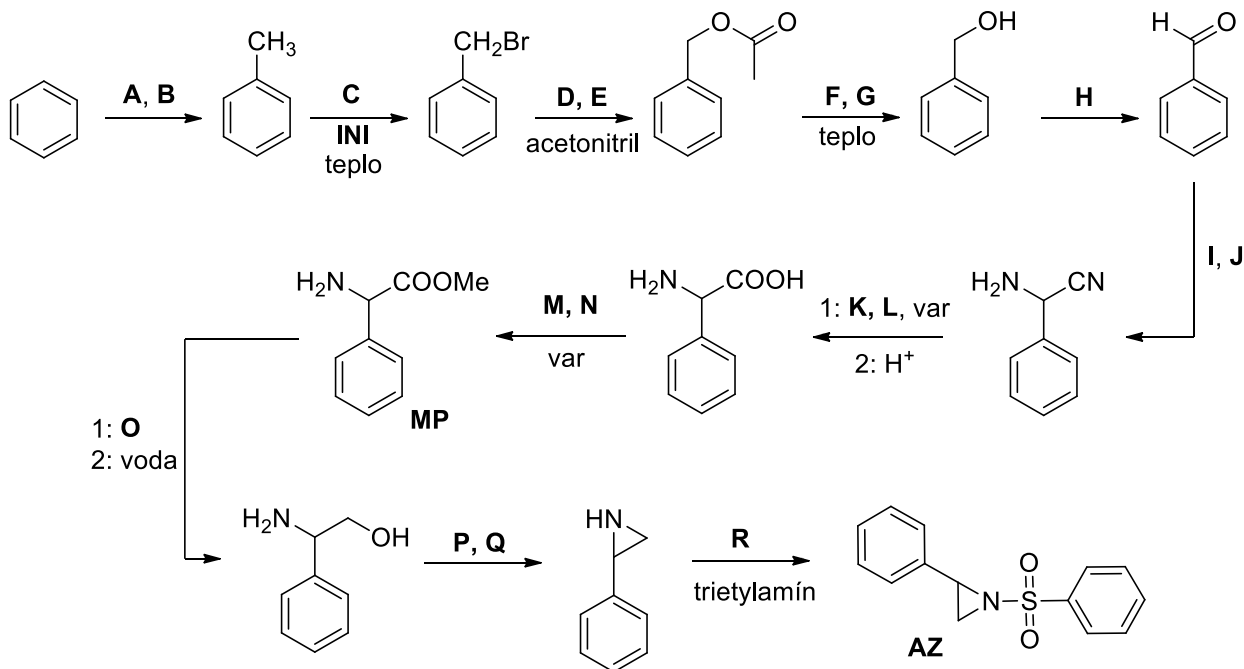
Maximálne 17 bodov,  
doba riešenia 60 minút

## Úloha 1 (6,8 bodov)

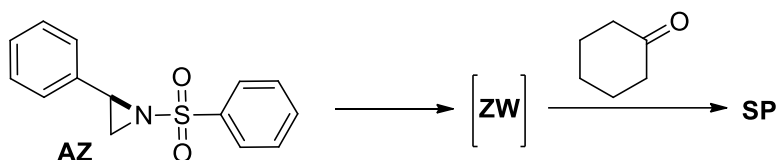
Látky obsahujúce malé kruhy sú často veľmi reaktívne. Napätie v kruhu sa môže uvoľniť roztrhnutím niektorej z väzieb a to najmä ak substituenty dokážu stabilizovať svojimi efektmi vznikajúci intermediát. Pre štúdium takéhoto typu reakcie bol syntetizovaný aziridín **AZ**.

a) Doplníte reagenty **A – R**.

b) Pre premenu látky toluénu na benzylbromid treba okrem zvýšenej teploty a reagentu **C** prítomnosť charakteristickej látky **INI**. Vyberte aké z možností: I – kyselina benzoová; II – benzoát sodný; III – benzoylchlorid; IV – benzoylperoxid; V – benzamid; VI – benzonitril; by bola vhodná voľba ako látka **INI**.



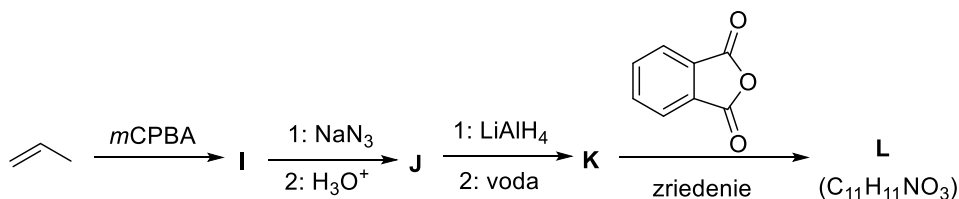
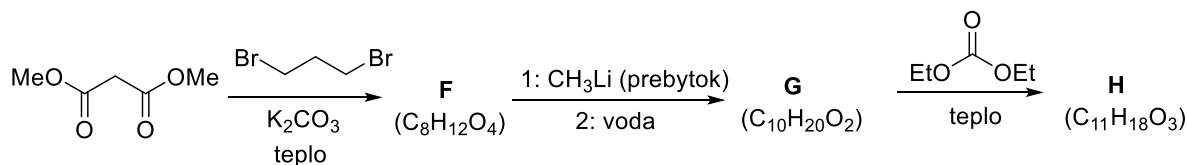
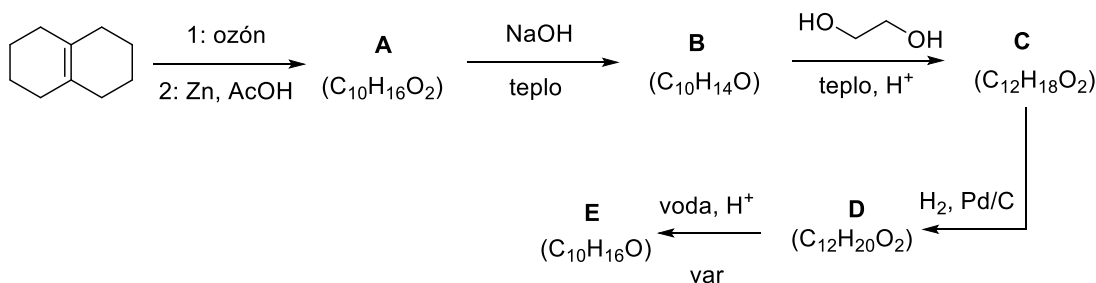
c) Reakcia látky **MP** s reagentom **O** prebieha za chladenia pri teplote nie vyššej než je teplota miestnosti. Látka **MP** je vo všeobecnosti nestála za tepla a pri jej zahriatí bez prítomnosti iných reagentov vzniká nežiaduci produkt **BP** ( $C_{16}H_{14}N_2O_2$ ). Nakreslite štruktúru látky **BP**.



- d) Látka **AZ** sa pri zahriatí samovoľne rozpadá, pričom dochádza k heterolytickému štiepeniu vyznačenej väzby v molekule **AZ** za vzniku nestabilného zwitteriónu **ZW**. Nakreslite obidve možné štruktúry, ktoré mohli vzniknúť heterolytickým štiepením hrubo vyznačenej väzby v **AZ**. Označte, ktorá z nich je stabilnejšia – toto je štruktúra **ZW**.
- e) Nakreslite ako je polarizovaná dvojité väzba v cyklohexanóne.
- f) Na základe výsledkov podúloh d) a e) navrhните štruktúru látky **SP**. Viete, že nukleofilné centrum látky **ZW** bude reagovať s elektrofilným centrom cyklohexanónu a naopak.

### Úloha 2 (4,8 bodov)

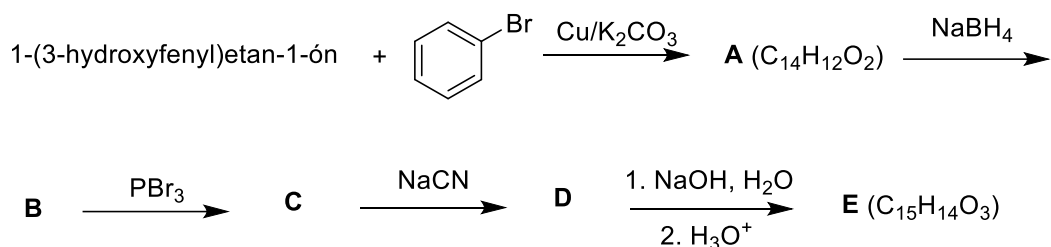
V syntéze sa často stretávame s látkami obsahujúcimi aj viacero 5- a 6-členných kruhov. V tejto úlohe sa pozrieme na to, či dokážeme pripraviť aj látky obsahujúce okrem takýchto stabilných štruktúr aj menej stabilné kruhy s menej štandardnými veľkosťami.



Doplňte produkty **A – L**.

### Úloha 3 (2,4 bodov)

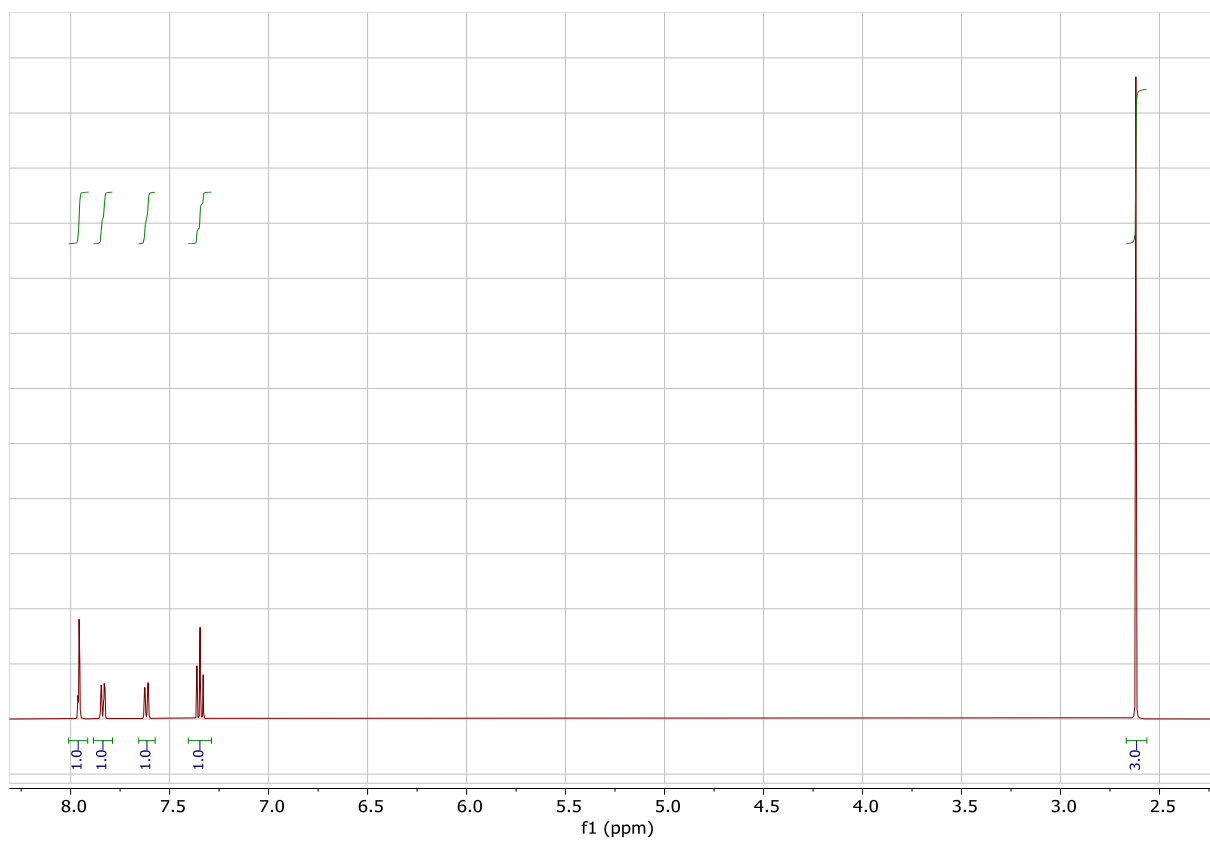
Nesteroidné protizápalové liečivá (NSAID) sú dôležitou skupinou liečiv, ktoré nám pomáhajú pri horúčkach, ale aj rôznych menších problémoch so svalmi alebo kĺbmi, spôsobenými zápalmi. Najznámejšie sú napr. aspirín, ibuprofen alebo naproxen. Jedným z nich je aj fenoprofen, na ktorého syntézu sa pozrieme v tejto úlohe. Jeho syntéza začína z 1-(3-hydroxyfenyl)etan-1-ónu modernou tzv. cross-couplingovou reakciou. Doplňte chýbajúce medziprodukty syntézy fenoprofenu (**E**) ako aj jeho štruktúru. Pomenujte fenoprofen systematickým názvom.



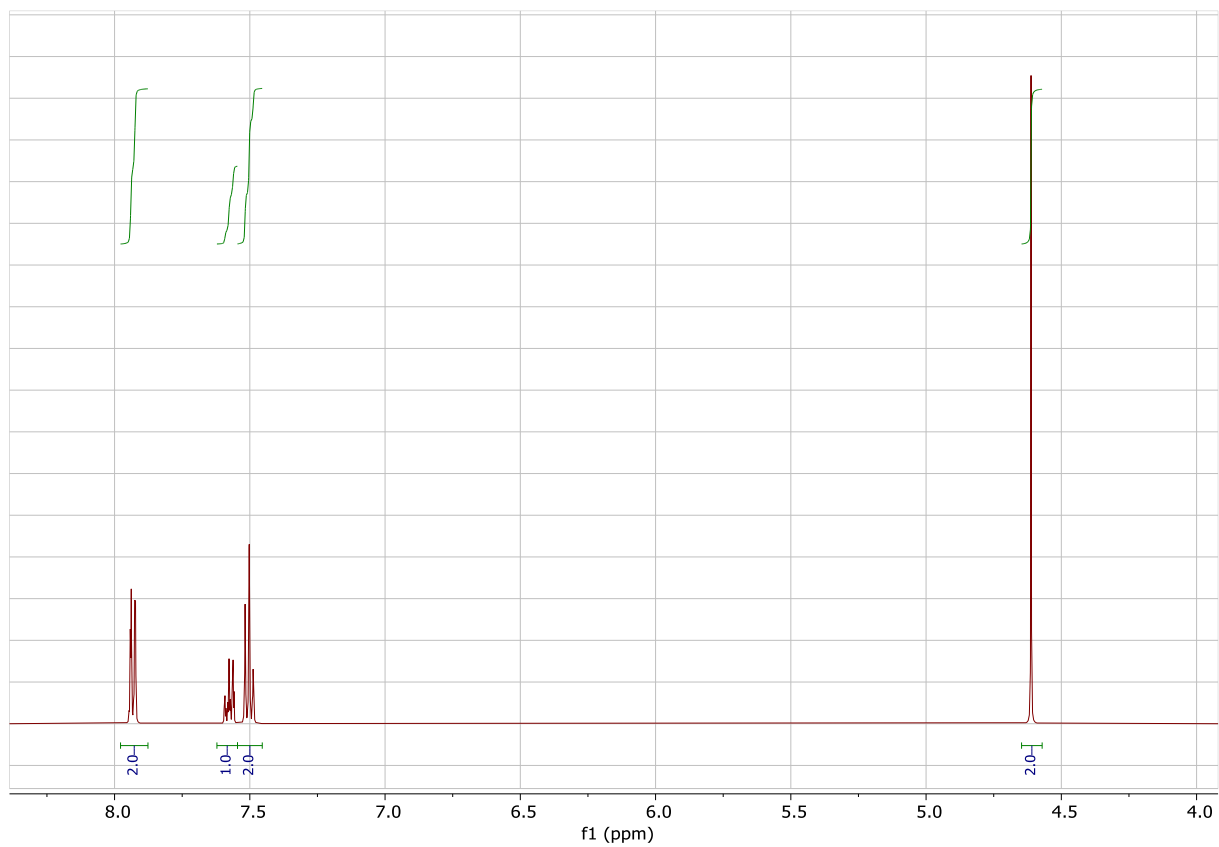
### Úloha 4 (3,0 bodov)

NMR spektroskopia je neoceniteľná metóda pre identifikáciu štruktúr zlúčenín. Pri reakcii acetofenónu (1-fenyletan-1-ón) s  $\text{Br}_2$  vznikajú rôzne produkty v závislosti od množstva použitého  $\text{AlCl}_3$ . Pri použití 1 alebo viac ekvivalentov sa získa zlúčenina **A**. Na druhej strane, ak sa použije katalytické množstvo  $\text{AlCl}_3$ , získa sa zlúčenina **B**.  $^1\text{H}$  NMR spektrá zlúčenín **A** a **B** sú vyobrazené nižšie. Určte štruktúry zlúčenín **A** a **B** a priradte signály v NMR spektrách. Pokúste sa stručne vysvetliť dôvod rozdielnej reaktivity.

### <sup>1</sup>H NMR – Zlúčenina A



### <sup>1</sup>H NMR – Zlúčenina B



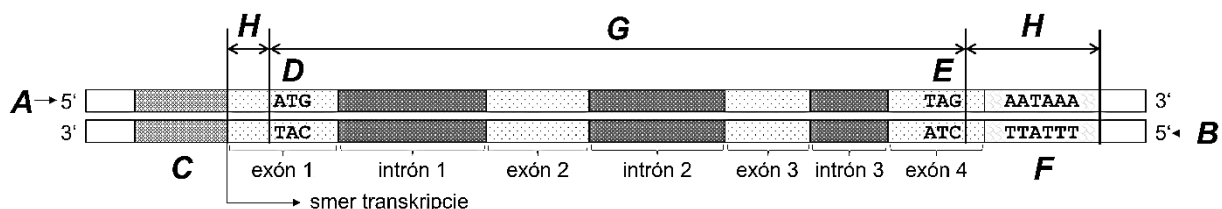
# ÚLOHY Z BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 60. ročník – šk. rok 2023/24  
Krajské kolo

**Pavol Štefík, Boris Lakatoš**

Maximálne 8 bodov  
Doba riešenia: 30 minút

Gén predstavuje úsek DNA (sekvenciu nukleotidov), ktorý obsahuje „inštrukcie“ na syntézu určitého proteínu, prípadne nekódujúcej RNA (napríklad tRNA alebo rRNA). Na obrázku 1 je schematicky znázornená štruktúra génu kódujúceho proteín v eukaryotickom organizme.



Obrázok 1: Schematické znázornenie štruktúry génu kódujúceho proteín v eukaryotickom organizme.

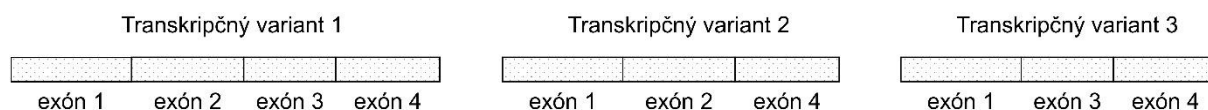
1. K písmenám **A – H** na obrázku 1 správne priradíte nasledujúce pojmy: iniciačný kodón, promótor, templátové vlákno, neprekladaná oblasť, terminačný kodón, otvorený čítací rámeček, terminátor transkripcie, kódujúce vlákno.

Transkripcia genetickej informácie zahŕňa syntézu molekuly RNA, tzv. primárneho transkriptu (označovaný ako hnRNA alebo pre-mRNA), ktorý je ďalej upravený polyadenyláciou na 3'-konci, očiapočkovaním (angl. capping) na 5'-konci a zostrihom na výslednú mediátorovú RNA (mRNA).

2. Napíšte názov enzýmu, ktorý katalyzuje syntézu pre-mRNA. Napíšte názov triedy enzýmov, do ktorej tento enzým patrí.
3. Očiapočkovanie 5'-konca pre-mRNA zahŕňa pridanie 7-metylguanozínu na 5'-koniec pre-mRNA. Nakreslite štruktúrny vzorec 7-metylguanozínu.

Zostrih pre-mRNA predstavuje sériu transesterifikačných reakcií, ktoré vedú k odstráneniu nekódujúcich úsekov, t. j. intrónov z pre-mRNA. V bunkách rôznych tkanív, prípadne aj v jednej bunke, môže zostrih jednej pre-mRNA viesť k vzniku rôznych variantov mRNA, ktorých transláciou vznikajú proteíny s odlišnými

vlastnosťami. Inými slovami, nie každá kódujúca oblasť, t. j. exón, sa musí zakomponovať do zrelej mRNA. Na obrázku 2 sú znázornené tri varianty mRNA kódujúce tri funkčné proteíny. Tieto varianty mRNA vznikli alternatívnym zstrihom pre-mRNA, ktorá vznikla transkripciou génu na obrázku 1. Exón 2 ani exón 3 nekódujú terminačný kodón.



Obrázok 2: Schematické znázornenie transkripčných variantov mRNA, ktoré vznikli alternatívnym zstrihom pre-mRNA.

4. Na základe informácií na obrázku 1 a obrázku 2 odpovedzte na nasledujúce otázky:
- Ktorý transkripčný variant mRNA kóduje najdlhší polypeptidový reťazec?
  - Ktoré exóny sú esenciálne pre vznik funkčného proteínu?
  - Musia mať exóny 2 a 3 rovnakú veľkosť?

Mutácie predstavujú zmeny v sekvencii nukleotidov v molekule DNA, ktoré sa následne prejavajú v zložení aminokyselín polypeptidového reťazca, ktorý je daným úsekom DNA kódovaný. Mutácie DNA sú často pozorované v nádorových bunkách, ktoré v dôsledku toho vytvárajú proteíny s pozmenenou funkčnosťou a reguláciou, vďaka ktorým sa môžu napríklad nekontrolovateľne deliť.

5. Vysvetlite, akým spôsobom vplyvajú nasledujúce mutácie v sekvencii DNA génu na zastúpenie a počet aminokyselín v polypeptidovom reťazci kódovaného proteínu.
- Zámena (substitúcia) jedného bázevého páru v sekvencii intrónu.
  - Zámena (substitúcia) jedného bázevého páru v sekvencii exónu.

---

**Autori:** Martin Brokeš, Mgr. Michal Juríček, PhD., doc. Ing. Boris Lakatoš, PhD., Ing. Michal Májek, PhD., doc. Ing. Ján Regulí, CSc. (vedúci autorského kolektívu), prof. Mgr. Radovan Šebesta, DrSc., Ing. Pavol Štefík

**Recenzenti:** Ing. Tibor Dubaj, PhD., Mgr. Jela Nociarová, PhD., doc. Ing. Ján Pavlík, PhD., doc. Ing. Martin Šimkovič, PhD., Mgr. Barbora Zahradníková

**Slovenská komisia Chemickej olympiády**

**Vydal:** NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2024