

OLYMPIÁDA MLADÝCH VEDCOV 2026



**Olympiáda
Mladých
Vedcov**

Výberové sústreďenie

01. – 04. 09. 2026

Teoretický test

Chémia

Podporujú nás:



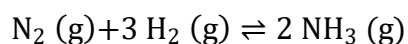
NÁRODNÝ INŠTITÚT VZDELÁVANIA A MLÁDEŽE

Nadácia Dionýza
Ilkoviča

Výroba a využitie amoniaku (10 b)

Amoniak je anorganická zlúčenina obsahujúca atómy dusíka a vodíka. Za normálnych podmienok je to bezfarebný plyn so silným charakteristickým zápachom. Je to látka s nesmiernym priemyselným významom. Jeho svetová ročná produkcia je cca 250 miliónov ton. Využíva sa hlavne na výrobu hnojív (70 % vyrobeného amoniaku), čím zaisťuje svetovú potravinovú bezpečnosť. Nájdeme ho tiež v rôznych chladiacich a palivových systémoch. Je dôležitým stavebným blokom pre veľa organických aj anorganických zlúčenín.

Vyrába sa tzv. Haberovým procesom, v ktorom spolu reagujú plynný dusík a vodík za vzniku plynného amoniaku. Ide o proces náročný na technologické podmienky. Bežne prebieha pri teplote 400 – 500 °C a tlaku 15 – 25 MPa v prítomnosti katalyzátora na báze železa. Reakcia je nasledovná:



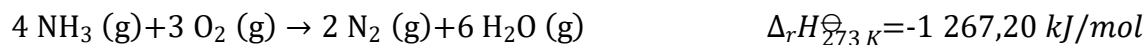
$$\Delta_r H_{273 \text{ K}}^\ominus = -91,80 \text{ kJ/mol}$$

1. (1,25 b) Do pilotného poloprevádzkového reaktora s objemom 10 litrov sme natlakovali stechiometrickú zmes dusíka a vodíka na tlak 20 MPa a zahriali ju na 400 °C. Ak predpokladáte správanie ideálneho plynu ($R = 8,314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$), koľko mólov dusíka a koľko mólov vodíka sa v reaktore nachádza? Výsledky zaokrúhlite na celé čísla.
2. (1,75) Reakciu sme nechali prebiehať do ustálenia chemickej rovnováhy. V jej priebehu sa spotrebovalo 4,2 mólu dusíka. Vypočítajte rovnovážnu konštantu tejto reakcie vyjadrenú pomocou koncentrácií látkových množstiev zložiek. Ak ste nevedeli vypočítať predošlú úlohu, počítajte s počiatočnými látkovými množstvami $n_{\text{N}_2} = 10 \text{ mol}$ a $n_{\text{H}_2} = 30 \text{ mol}$.
3. (0,75 b) Vlastnými slovami popíšte, prečo je pre efektívny priebeh tejto reakcie v priemyselných reaktoroch potrebný vysoký tlak.

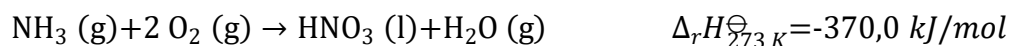
Amoniak je slabá zásada. Pri acidobázických reakciách môže v závislosti od sily reakčného „partnera“ zaujať pozíciu kyseliny alebo zásady. Amoniak je v kvapalnom skupenstve (pri teplotách nižších ako – 33 °C) schopný autoprotolýzy. (Molekuly NH_3 reagujú medzi sebou podobne ako molekuly H_2O , jedna bude reagovať ako kyselina, druhá ako zásada.)

4. (0,25 b) Zapište rovnicu autoprotolýzy amoniaku.
5. (1,25 b) Podobne ako pre vodu, vieme definovať rovnovážnu konštantu autoprotolýzy a iónový súčin aj pre amoniak. Napíšte definičný vzťah pre rovnovážnu konštantu autoprotolýzy NH_3 a vzťah pre iónový súčin NH_3 .
- Pri $-50\text{ }^\circ\text{C}$ je hodnota $pK_{\text{NH}_3} = 30$. Vypočítajte aká bude pri uvedených podmienkach hodnota $[\text{NH}_4^+]$.
6. (1,25 b) NH_3 sa vo vodnom roztoku správa ako zásada a protonizuje na NH_4^+ . Vieme, že pri $pH\ 9,519$ je naprotonizovaných 35 % častíc NH_3 . Vypočítajte pK_b amoniaku.

Pri určitom zložení zmesi amoniaku s kyslíkom (obsah amoniaku 15 – 28 %) vieme amoniak spáliť za vzniku dusíka a vodnej pary:

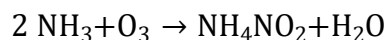


V prítomnosti platinového katalyzátora a za špecifických reakčných podmienok amoniak v prítomnosti kyslíka oxiduje na kyselinu dusičnú. Táto reakcia sa používa v priemysle na jej výrobu a je známa ako Ostwaldov proces. Jeho sumárna rovnica je:



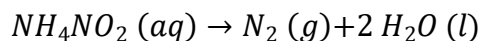
7. (1 b) Vypočítajte štandardnú tvornú entalpiu kvapalnej kyseliny dusičnej pri 273 K. (Pomôcka: pri riešení sa vám môžu zísť aj informácie z predchádzajúceho textu.)

Ak oxidujeme amoniak pomocou ozónu alebo peroxidu vodíka, produktom je veľmi nestabilný dusitan amónny:



Meno súťažiaceho:

Táto zlúčenina sa vo vodných roztokoch samovoľne rozkladá na dusík a vodu:



8. (1 b) Sledovali sme rozklad dusitanu amónneho vo vodnom roztoku, v ktorom bola jeho počiatočná koncentrácia $2,500 \text{ mol/dm}^3$. V nasledujúcej tabuľke sú zapísané hodnoty koncentrácie NH_4NO_2 klesajúcej v čase počas jeho rozkladu vo vodnom roztoku. Na základe týchto údajov vypočítajte rýchlostnú konštantu tejto reakcie, ak viete, že jej poriadok je celočíselný a nie je väčší ako 1.

t [s]	0	900	1 800	2 700	3 600	4 500	5 400	6 300	7 200
$c([\text{NH}_4]\text{NO}_2)$ [mol/dm ³]	2,500	1,861	1,385	1,031	0,768	0,571	0,425	0,317	0,236

Ako sme spomínali v texte vyššie, zlúčeniny amoniaku sa používajú pri výrobe hnojív, a to hlavne dusičnan amónny. Práca s nimi však predstavuje veľké riziko. Je potrebné dôsledne dodržiavať bezpečnostné predpisy pri skladovaní a manipulácii s nimi, pretože veľa z nich je výbušných.

Dusičnan amónny sa pri zahrievaní ($170^\circ\text{C} < t < 300^\circ\text{C}$) rozkladá na oxid dusný a vodnú paru, alebo na dusík, kyslík a vodnú paru ($t > 300^\circ\text{C}$). Obe reakcie sú silne exotermické a generujú veľké množstvo plynov.

V roku 2020 v Bejrúte došlo k výbuchu 2 750 ton dusičnanu amónneho v prístave, v ktorom bol tento materiál takmer sedem rokov uložený pri nedostačujúcich bezpečnostných opatreniach. Sila tohto výbuchu bola porovnateľná so zemetrasením s magnitúdom 4,5. Táto katastrofa si vyžiadala množstvo obetí a zranených. 300 000 ľudí ostalo bez domova.

9. (1 b) Obe reakcie rozkladu dusičnanu amónneho sú redoxné. Do odpovedového hárku zapíšte ich rovnice so správne doplnenými stechiometrickými koeficientami a ich čiastkové rovnice oxidácie a redukcie.

Meno súťažiaceho:

Koľko energie v GJ sa uvoľnilo z dusičnanu amónneho počas výbuchu v Bejrúte, ak predpokladáme, že všetok sa rozložil prvým spomínaným spôsobom? Reakčná entalpia tejto reakcie je $-36,03 \text{ kJ/mol}$.

10. (0,5 b) Jednou z hlavných motivácií Fritza Habera pre vynájdenie po ňom pomenovaného procesu výroby amoniaku boli mýňajúce sa zdroje prírodných hnojív, napríklad guána (nahromadeného vtáčieho trusu). Vypočítajte hmotnostný zlomok dusíka v kyseline močovej, $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_4$ (hlavnej na dusík bohatej chemickej látke v guáne) a v dusičnane amónnom. Výsledky porovnajte a rozhodnite, v ktorom hnojive bude väčší obsah dusíka.

Meno súťažiaceho:

Odpoveďový hárok

1. (1,25 b) Koľko mólov dusíka a koľko mólov vodíka sa v reaktore nachádza? Uved'te svoj výpočet. Výsledky zaokrúhlite na celé čísla.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. (1,75 b) Vypočítajte rovnovážnu konštantu tejto reakcie vyjadrenú pomocou koncentrácií látkových množstiev zložiek. Uved'te svoj výpočet. Ak ste nevedeli vypočítať predošlú úlohu, počítajte s počiatočnými látkovými množstvami $n_{N_2}=10 \text{ mol}$ a $n_{H_2}=30 \text{ mol}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. (0,75 b) Vlastnými slovami popíšte, prečo je pre efektívny priebeh tejto reakcie v priemyselných reaktoroch potrebný vysoký tlak.

.....

.....

.....

Meno súťažiaceho:

4. (0,25 b) Zapíšte rovnicu autoprotolýzy amoniaku.

.....

5. (1,25 b) Napíšte definičný vzťah pre rovnovážnu konštantu autoprotolýzy NH_3 .

.....

Napíšte vzťah pre iónový súčin NH_3 .

.....

Vypočítajte, aká bude hodnota $[\text{NH}_4^+]$ v čistom amoniaku, ak pri -50°C je hodnota $\text{pK}_{\text{NH}_3} = 30$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. (1,25 b) NH_3 sa vo vodnom roztoku správa ako zásada a protonizuje na NH_4^+ . Vieme, že pri $\text{pH } 9,519$ je naprotonizovaných 35 % častíc NH_3 . Vypočítajte pK_b amoniaku.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Meno súťažiaceho:

7. (1 b) Vypočítajte štandardnú tvornú entalpiu kvapalnej kyseliny dusičnej pri 273 K. Uved'te svoj výpočet.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. (1 b) Vypočítajte rýchlostnú konštantu reakcie rozkladu NH_4NO_2 vo vodnom roztoku, ak viete, že jej poriadok je celočíselný a nie je väčší ako 1. Uved'te svoj výpočet.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. (1 b) Zapište rovnice rozkladu dusičnanu amónneho so správne doplnenými stechiometrickými koeficientami a ich čiastkové rovnice oxidácie a redukcie.

Sumárna rovnica rozkladu pri teplote $< 300\text{ }^\circ\text{C}$:

Čiastková rovnica oxidácie:

Čiastková rovnica redukcie:

Meno súťažiaceho:

Sumárna rovnica rozkladu pri teplote $> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$:

Čiastková rovnica oxidácie:

Čiastková rovnica redukcie:

Koľko energie v GJ sa uvoľnilo z dusičnanu amónneho počas výbuchu v Bejrúte, ak predpokladáme, že všetok sa rozložil prvým spomínaným spôsobom? Reakčná entalpia tejto reakcie je $-36,03\text{ kJ/mol}$. Uved'te svoj výpočet.

.....

.....

.....

.....

.....

10. (0,5 b) Vypočítajte hmotnostný zlomok dusíka v kyseline močovej ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_4$) a dusičnane amónnom. Výsledky porovnajte a rozhodnite, v ktorom hnojive bude väčší obsah dusíka.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Meno súťažiaceho:

Autori: Ing. Zuzana Silná, PhD.

Recenzenti: Mgr. Lukáš Konečný, PhD., RNDr. Jana Chrappová, PhD.

Redakčná úprava: Ing. Zuzana Silná, PhD., doc. RNDr. Martin Plesch, PhD., Kristína Pleidelová

Celoštátna odborná komisia IJSO

Vydal: NIVaM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2026

Periodic Table of the Elements

H 1 1.01	
2	13 14 15 16 17
He 2 4.00	

[illegible]