

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

57. ročník, školský rok 2020/2021

Kategória C

Domáce kolo

PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY PRAKTICKEJ ČASTI

Chemická olympiáda – kategória C – 57. ročník – šk. rok 2020/2021

Domáce kolo

Mária Linkešová

Maximálne 40 bodov

Úvod

V príprave na riešenie úloh praktickej časti bude potrebné, podobne ako v teoretickej časti, preštudovať si z dostupných učebníc anorganickej chémie kapitoly, ktoré sa venujú vlastnostiam dusíka a jeho zlúčenín. Okrem toho je potrebné ovládať názvoslovie anorganických zlúčenín a poznať nasledujúce pojmy: chemická reakcia, rovnica chemickej reakcie, stechiometrický koeficient, látkové množstvo, molárna hmotnosť, molárny objem plynov za normálnych podmienok. Pre úspešné riešenie praktických úloh musíte ovládať vyčísľovanie stechiometrických koeficientov chemických rovníc (aj oxidačno-redukčných), výpočty zloženia roztokov (hmotnostný zlomok, koncentrácia látkového množstva) a výpočty z chemickej reakcie.

Pri realizácii praktických úloh budete potrebovať praktické zručnosti pri základných laboratórnych operáciách a manipulácii so základnými laboratórnymi pomôckami. Využijete praktickú zručnosť pri nasledujúcich laboratórnych operáciách: váženie, príprava roztokov rozpúšťaním tuhej látky a zriedňovaním koncentrovanejších roztokov, meranie objemu, stanovenie hodnoty pH, tepelný rozklad látok.

Pri príprave na riešenie súťažných úloh môžete využiť príslušné kapitoly ľubovoľnej gymnaziálnej učebnice pre 1. a 2. ročník štvorročných gymnázií, resp. ekvivalentný ročník osemročných gymnázií, pričom si môžete doplniť vedomosti štúdiom niektorej dostupnej vysokoškolskej učebnice všeobecnej a anorganickej chémie. Viaceré vlastnosti skúmaných anorganických zlúčenín nájdete v chemických tabuľkách. Informácie môžete čerpať i z internetu, treba si však overiť, či ste navštívili dôveryhodné stránky.

Odporúčaná literatúra

1. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 1. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 5. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2010. s. 14 – 39, 97 – 104.
2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2012. s. 44 – 49.
3. GAŽO, J. a kol. *Všeobecná a anorganická chémia*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1981. s. 338 – 368.
4. ŠIMA, J. a kol. *Anorganická chémia*. Bratislava : STU, 2009. s. 251 – 273.
5. KANDRÁČ, J., SIROTA, A. *Výpočty v stredoškolskej chémii*. Bratislava : SPN, 1995. s. 30 – 46, 58 – 84, 95 – 141.
6. ULICKÁ, Ľ., ULICKÝ, L. *Príklady zo všeobecnej a anorganickej chémie*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1987. s. 34 – 36, 66 – 93.
7. *Chemické tabuľky* – ľubovoľné vydanie.

Najznámejšími a najdôležitejšími anorganickými zlúčeninami dusíka sú *amoniak* a *kyselina dusičná*, ktoré sa vyrábajú v obrovských množstvách, pretože sa používajú na výrobu mnohých ďalších dôležitých látok – anorganických aj organických. Okrem toho dusík potrebujú i živé organizmy, pretože je zložkou mnohých látok vyskytujúcich sa v ich telách (patrí medzi tzv. *biogénne prvky*). Na to, aby ho mali k dispozícii dostatočné množstvo, vyrábajú sa tzv. *priemyselné dusíkaté hnojivá*, ktorými sa hnojí pôda na pestovanie hospodárskych rastlín.

Amoniak je za bežných podmienok plynná látka charakteristického nepríjemného ostrého zápachu. Jeho vdýchnutie vo vyššej koncentrácii môže poškodiť zdravie, a preto s nádobami obsahujúcimi roztok amoniaku treba manipulovať v digestore (ak nie je k dispozícii, tak v dobre vetranej miestnosti). Obsah nádoby sa nikdy neovoniava priamo, ale z väčšej vzdialenosti (asi 10 – 15 cm), pričom výpary z nádoby sa dlaňou opatrne privanú k nosu.

Molekula amoniaku je polárna, preto sa dobre rozpúšťa v polárnych rozpúšťadlách, napr. vo vode. Jeho nasýtený vodný roztok obsahuje približne 25 hmotnostných % amoniaku, je to tzv. *koncentrovaný roztok amoniaku*. Toto zloženie však nie je stále, pretože amoniak z roztoku prchá, čo sa prejavuje ostrým amoniakovým zápachom.

Molekula amoniaku má jeden voľný elektrónový pár. Ten umožňuje amoniaku vytvárať donorovo-akceptorovú väzbu s látkami, ktoré majú k dispozícii prázdny orbitál. Ak vytvára túto väzbu s kationom vodíka H^+ , je to prejav jeho zásaditých vlastností, ak ju vytvára s kationmi prechodných kovov, je to prejav komplexotvornej schopnosti.

Vodný roztok amoniaku patrí svojimi acidobázickými vlastnosťami medzi slabé zásady. Preto sa dá pripraviť z jeho anorganických zlúčenín – *amónnych solí* pridaním silnejšej zásady, ktorá amoniak, ako slabšiu zásadu, z pôvodnej zlúčeniny vytlačí a v zlúčenine nahradí.

Kyselina dusičná patrí svojimi acidobázickými vlastnosťami medzi silné kyseliny. Je jednou z najsilnejších anorganických kyselín, ktorá má okrem toho aj silné oxidačné vlastnosti. V dôsledku týchto oxidačných vlastností pri vyššej koncentrácii nereaguje s neušľachtilými kovmi (naopak – niektoré z nich pasivuje). Reaguje s ušľachtilými kovmi a pri reakcii sa neuvolňuje vodík, ale plynné látky, v ktorých má dusík nižšie oxidačné číslo ako v kyseline dusičnej, napr. hnedočervený oxid dusičitý,

bezfarebný oxid dusnatý (plynný produkt závisí od koncentrácie použitej kyseliny dusičnej).

Úloha 1 (8 b)

Príprava amoniaku a dôkaz niektorých jeho vlastností

Pomôcky:

2 skúmavky, kadička (250 cm³), zátky do skúmavky, zátky do skúmavky s prevrtanou dierkou, sklená rúrka ohnutá v tvare písmena L, technické váhy, hodinové sklíčko, lievik, plynový kahan (príp. liehový), zápalky alebo zapaľovač, filtračný papier, nožnice, fenolftaleínový indikátorový papierik (príp. univerzálny indikátorový papierik), pinzeta, laboratórny stojan, laboratórny držiak so svorkou, roztieračka s roztieradlom, lyžička.

Reaktanty:

chlorid amónny (tuhý), oxid vápenatý (tuhý), roztok síranu meďnatého (5 %), roztok kyseliny chlorovodíkovej ($c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$), fenolftaleín, destilovaná voda.

Zmiešajte 1 g jemne roztretého chloridu amónneho a 2 g oxidu vápenatého. Zmes nasypťte opatrne pomocou suchého lievika do suchej skúmavky (sypte opatrne, aby ste zmesou nezašpinili steny skúmavky). Do skúmavky zasunúť pásik filtračného papiera navlhčeného destilovanou vodou tak, aby siahal asi do dvoch tretín skúmavky od jej horného okraja a bol prilepený na stenu skúmavky. Skúmavku zazátkujte zátkou s prevrtaným otvorom, do ktorého je zasunutá sklená rúrka ohnutá v pravom uhle (do tvaru veľkého písmena L). Skúmavku pripevnite pomocou držiaka na laboratórny stojan do takmer vodorovnej polohy tak, aby pásik vlhkého filtračného papiera bol na hornej časti skúmavky a sklená rúrka smerovala hore (obr. 1).

Obr. 1



Obsah skúmavky opatrne zahrievajte. Na stene skúmavky možno pozorovať kvapky skondenzovanej vodnej pary. Pri ústí sklenej rúrky pridržte pásik fenolftaleínového indikátorového papierika (môže byť aj univerzálny indikátorový papierik) navlhčeného destilovanou vodou. Akonáhle indikátorový papierik zmení farbu, nasuňte na rúrku suchú skúmavku otočenú hore dnom. Keď je druhá skúmavka naplnená plynným amoniakom, uzavrite ju zátkou. To, že je skúmavka naplnená amoniakom, zistíte opäť pomocou navlhčeného indikátorového papierika, ktorý pridržiavate pri ústí plynojemnej skúmavky. Skúmavku naplnenú plynným amoniakom zazátkujte a ponorte ju hore dnom do destilovanej vody v kadičke, do ktorej ste pridali niekoľko kvapiek roztoku fenolftaleínu. Skúmavku pod hladinou vody odzátokujte a pozorujte vnikanie vody do skúmavky a zmenu sfarbenia indikátora v skúmavke.

Pinzetou vyberte pásik filtračného papiera zo skúmavky, v ktorej prebiehala chemická reakcia chloridu amónneho s oxidom vápenatým, položte ho na hodinové sklíčko a rozdeľte na 2 časti. Na jeden kúsok prikvapnite roztok síranu meďnatého, na druhý kvapku indikátora fenolftaleínu. Na časť papiera s kvapkou fenolftaleínu pridajte ešte kvapku kyseliny chlorovodíkovej. Výsledky pozorovaných dejov a ich vysvetlenie zapíšte do tabuľky **1.2**.

1.1 Prečo vnikala voda do skúmavky s plynným amoniakom?

1.2

reaktanty	pozorovaná zmena	vysvetlenie (rovnica chemickej reakcie)
$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO}$		
$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{fenolftaleín}$		
$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CuSO}_4$		
$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{fenolftaleín} + \text{HCl}$		

Úloha 2 (5 b)

Amoniaková fontána

Výborná rozpustnosť amoniaku vo vode sa využíva pri efektívnom pokuse nazvanom *amoniaková fontána*. Vyhľadajte v študijnej literatúre pracovný postup tohto pokusu a uskutočnite ho. Môžete ho urobiť vo viacerých farebných variantoch s použitím rôznych acidobázických indikátorov. Pri práci s koncentrovaným roztokom amoniaku požiadajte o pomoc váš pedagogický dozor.

Úloha 3 (8 b)

Príprava oxidu dusnatého a jeho oxidácia na oxid dusičitý

Pomôcky:

2 skúmavky, kadička (800 – 1 000 cm³), zátky do skúmavky, zátky do skúmavky s prevrtanou dierkou, sklenená rúrka dvakrát ohnutá v tvare písmena Z, plynový kahan (príp. liehový), zápalky alebo zapaľovač, univerzálny indikátorový papierik, laboratórny stojan, laboratórny držiak so svorkou, lyžička, ľad.

Reaktanty:

medený drôt alebo pliešok, roztok kyseliny dusičnej (1 : 2), destilovaná voda.

Do skúmavky vložte niekoľko kúskov medeného drôtu (asi 3 g) a pripevnite ju pomocou držiaka v šikmej polohe na laboratórny stojan (obr. 2). Požiadajte pedagogický dozor, aby vám do skúmavky prilial asi 4 cm³ zriedenej kyseliny dusičnej (1 : 2). Skúmavku uzatvorte zátkou s prevrtaným otvorom, do ktorého je zasunutá dvakrát ohnutá sklenená rúrka (do tvaru písmena Z). Koniec odvodnej rúrky ponorte do vody vo veľkej kadičke. Skúmavku opatrne zahrievajte, aby sa rozbehla reakcia. Po

tom, keď začnú z roztoku unikať bublinky a nad roztokom sa začne tvoriť hnedočervený plyn, kahan odstavte. Hnedočervené zafarbenie plynov v skúmavke po chvíľke zmizne. Reakciou kyseliny dusičnej s meďou vzniká najprv bezfarebný oxid dusíka, ktorý sa však okamžite oxiduje kyslíkom prítomným vo vzduchu na hnedočervený oxid dusíka. Hnedočervený oxid dusíka uniká zo skúmavky, reaguje s vodou v kadičke, pričom vznikajú kyseliny dusíka. Po spotrebovaní kyslíka bude v skúmavke prítomný iba bezfarebný oxid dusíka.

Obr. 2



Keď sa zo skúmavky vypudil všetok vzduch a obsah skúmavky sa odfarbil, naplňte vodou malú skúmavku, prevráťte ju hore dnom a nasadte pod hladinou vody v kadičke na koniec odvodnej rúrky. Do skúmavky bude vnikať vznikajúci plyn a vytláčať z nej vodu. Keď sa celá skúmavka naplní plynom, skúmavku pod vodou uzatvorte zátkou a vytiahnite z vody. Držte skúmavku hore dnom a vytiahnite z nej zátku. Do skúmavky bude vnikať vzduch a bezfarebný oxid sa bude oxidovať na hnedočervený oxid (pozorovanie je vhodné robiť oproti bielemu pozadiu). Po sfarbení celého obsahu skúmavku opäť zazátkujte. Skúmavku ponorte do vody s kúskami ľadu. Plyn sa odfarbí pretože pri nižších teplotách zreagujú dve molekuly hnedočerveného oxidu na bezfarebný dimér. Reakcia je vratná. Skúmavku ponorte do horúcej vody. Hnedočervené sfarbenie sa opäť objaví – dimér sa spätne rozštiepil na dve molekuly monoméru.

Skúmavku opatrne otvorte, nalejte do nej trochu vody, okamžite zazátkujte a pretrepte. Univerzálnym indikátorovým papierikom zistíte acidobázické vlastnosti roztoku v skúmavke.

- 3.1** Napište rovnici chemickej reakcie kyseliny dusičnej s meďou.
- 3.2** Napište vzorec a názov bezfarebného a hnedočerveného oxidu dusíka.
- 3.3** Napište rovnici chemickej reakcie oxidácie bezfarebného oxidu dusíka na hnedočervený oxid dusíka.
- 3.4** Napište rovnici chemickej reakcie hnedočerveného oxidu dusíka s vodou.
- 3.5** Napište rovnici chemickej reakcie hnedočerveného monoméru oxidu dusíka na bezfarebný dimér.
- 3.6** Aká reakcia prebehla pri premiešaní obsahu skúmavky s vodou?

Úloha 4 (10 b)

Príprava chloridu draselného z chloridu amónneho

Pomôcky:

2 kadičky (250 cm³), kadička na vodný kúpeľ (600 – 800 cm³), varné kamienky, plynový kahan (príp. elektrický varič), zápalky alebo zapaľovač, filtračný papier, nožnice, univerzálny indikátorový papierik, odmerný valec (100 cm³), odparovacia miska, kryštalizačná miska, sklená tyčinka, hodinové sklíčko, filtračný lievik, laboratórny stojan, filtračný kruh, laboratórne váhy, striekačka s destilovanou vodou, handrička, lyžička

Reaktanty:

chlorid amónny (tuhý), roztok hydroxidu draselného (5 %)

4.1 Vypočítajte hmotnosť chloridu amónneho a objem vody potrebných na prípravu 25 g roztoku chloridu amónneho s hmotnostným zlomkom $w = 0,20$. Odmerným valcom odmerajte vypočítané množstvo destilovanej vody a prelejte do kadičky. Na hodinovom sklíčku (nie na filtračnom papierí!) odvážite vypočítané množstvo chloridu amónneho. Po malých dávkach za stáleho miešania vysypte chlorid amónny do kadičky s vodou a miešajte až do rozpustenia tuhej látky.

4.2 Odmerným valcom odmerajte 100 cm³ roztoku hydroxidu draselného, prelejte do druhej kadičky. Po sklenej tyčinke pomaly prilievajte roztok hydroxidu draselného do roztoku chloridu amónneho. Roztok občas premiešajte. Po pridaní takmer všetkého hydroxidu draselného pridajte do kadičky 2 – 3 varné kamienky a roztok zahrejte do varu, aby sa odstránil uvoľnený amoniak. Sklenou tyčinkou naberte kvapku roztoku, preneste ju na chladné hodinové sklíčko alebo porcelánovú podložku. Univerzálnym indikátorovým papierikom skontrolujte pH roztoku. Ak je reakcia ukončená, roztok by

mal byť zásaditý ($\text{pH} = 10 - 11$) a sfarbenie indikátorového papierika zostane stále aj po 1 minúte. Ak ešte nie je, reakciu dokončíte pridávaním roztoku hydroxidu draselného po kvapkách, po každom prídavku roztok premiešajte a skontrolujte pH .

Takto pripravený roztok nie je nasýtený, preto ho treba zahustiť. Pripravte vodný kúpeľ do veľkej kadičky, do ktorej pridajte 2 – 3 varné kamienky. Roztok produktu prelejte do odparovacej misky a postavte na vodný kúpeľ. Odparujte dovtedy, kým sa nezačne tvoriť kryštalizačná blana (t. j. na povrchu roztoku sa začne tvoriť vrstvička kryštálikov). Kryštáliky vylúčené na stene odparovacej misky zoškrabujte do roztoku. Nasýtený roztok preneste do kryštalizačnej misky a nechajte v pokoji vychladnúť.

Kým roztok chladne, pripravte si filtračnú aparatúru s hladkým filtrom. Kryštáliky oddeľte od kryštalizačného lúhu filtráciou. Filtrát nechajte dobre odtiecť, kryštáliky preneste na hodinové sklíčko a nechajte vysušiť. Suchý produkt odvážite.

4.3 Napíšte rovnicu prebiehajúcej chemickej reakcie.

4.4 Vypočítajte hmotnosť produktu – chloridu draselného, ktorý vznikol reakciou.

4.5 Vypočítajte koncentráciu látkového množstva použitého roztoku hydroxidu draselného. ($\rho(\text{KOH}) = 1,0438 \text{ g cm}^{-3}$)

Úloha 5 (3 b)

Výpočet obsahu dusíka v niektorých dusíkatých hnojivách

Rastliny prijímajú koreňovým systémom veľké množstvo živín vo forme ich vodného roztoku. Pri pestovaní hospodárskych plodín sa pri ich zbere tieto živiny (zabudované v telách rastlín) odnášajú z polí, a preto ich obsah treba v pôde dopĺňať – pôdu treba hnojiť. Vo vode rozpustné zlúčeniny dusíka sa používajú v poľnohospodárstve ako tzv. *priemyselné hnojivá*. Medzi najpoužívanéjšie zlúčeniny patria síran amónny, dusičnan amónny a močovina. Vypočítajte, ktoré z uvedených hnojív má najvyšší obsah dusíka.

Úloha 6 (6 b)

Vlastnosti dusičnanu amónneho

Ako už bolo uvedené, dusičnan amónny je vynikajúce priemyselné hnojivo používané v poľnohospodárstve, a preto sa vyrába vo veľkých množstvách. Na začiatku 20. storočia však jeho najväčšími odberateľmi neboli poľnohospodári, ale

armáda. Dusičnan amónny je totiž tepelne nestály a pri vyššej teplote sa rozkladá. Priebeh rozkladu a jeho produkty závisia od teploty, pri ktorej prebieha.

Rozklad začína pri teplote 170 °C, kedy vzniká vodná para a oxid dusíka, ktorý má z oxidov dusíka najnižšie oxidačné číslo, má sladkastú chuť a slabé narkotické účinky. Pri vyšších teplotách prebehne silne exotermická reakcia, pri ktorej vzniká okrem vodnej pary plynny dusík a kyslík. V dôsledku veľkého množstva uvoľneného tepla sa prudko zväčší objem vznikajúcich plynov, čo spôsobuje silnú explóziu. Pre bezpečné používanie v poľnohospodárstve sa dusičnan amónny zmiešava s niektorými anorganickými zlúčeninami, ktoré znižujú jeho explozívnosť.

6.1 Uvedte vzorec a názov – systematický aj triviálny – oxidu dusíka vznikajúceho pri nižšej teplote rozkladu dusičnanu amónneho.

6.2 Napíšte rovnicu chemickej reakcie rozkladu dusičnanu amónneho pri nižšej teplote.

6.3 Napíšte rovnicu chemickej reakcie rozkladu dusičnanu amónneho pri vyššej teplote.

6.4 Vypočítajte hmotnosť a objem dusíka a kyslíka, ktoré sa uvoľnia pri explózii 1,0 kg dusičnanu amónneho za normálnych podmienok.