

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/2026

Kategória C

Domáce kolo

PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY PRAKTICKEJ ČASTI

Chemická olympiáda – kategória C – 62. ročník – šk. rok 2025/2026

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 vo veľkých množstvách, pretože sa používajú na výrobu mnohých ďalších látok – anorganických aj organických. Dusík potrebujú i živé organizmy, pretože je súčasťou látok vyskytujúcich sa v ich telách. Patrí medzi tzv. *biogénne prvky*. Na to, aby ho mali hospodárske rastliny pri pestovaní k dispozícii dostatočné množstvo, sa vyrábajú tzv. *priemyselné dusíkaté hnojivá*, ktorými sa hnojí pôda na ich pestovanie.

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, čo spôsobuje dobrú rozpustnosť zlúčeniny 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 umožňujúci amoniaku vytvárať donorno-akceptornú 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 schopnosti vytvárať komplexné zlúčeniny.

Vodný roztok amoniaku patrí svojimi acidobázickými vlastnosťami medzi slabé zásady. Vďaka tejto vlastnosti je možné pripraviť ho z jeho anorganických zlúčenín – *amónnych solí* – pridaním silnejšej zásady, ktorá amoniak 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. Koncentrovaná kyselina dusičná pasivuje niektoré kovy (Fe, Cr, Al, Co, Ni), pretože sa pokrývajú kompaktnou vrstvičkou oxidov. Reaguje s ušľachtilými kovmi a pri reakcii sa neuvoľňuje vodík, ale plyny, 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 (7 b)

Príprava amoniaku a dôkaz niektorých jeho vlastností

Pomôcky:

2 skúmavky, kadička (250 cm³), zátky do skúmavky, zátky do skúmavky s prevrtanou dierkou, sklenená 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 ($w = 0,05$), roztok kyseliny chlorovodíkovej ($c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$), indikátor fenolftaleín, destilovaná voda

Pracovný postup:

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 siahahal asi do dvoch tretín skúmavky od jej horného okraja a bol prilepený na stenu skúmavky. Skúmavku zazátkujte zátkou s prevŕtaným 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 pridržite 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 táto 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 prvou kvapkou fenolftaleínu pridajte ešte kvapku kyseliny chlorovodíkovej. Výsledky pozorovaných dejov a ich vysvetlenie zapíšte do tabuľky v úlohe 1.2.

1.1 Prečo vnikala voda do skúmavky s plynným amoniakom?

1.2 Doplňte do tabuľky chýbajúce informácie:

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

Úloha 2 (4 b)

Amoniaková fontána

Výborná rozpustnosť amoniaku vo vode sa využíva pri efektnom pokuse nazvanom *amoniaková fontána*. V chemickej literatúre sa postup tejto práce vyskytuje veľmi často.

2.1 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.

2.2 V čom spočíva vytvorenie efektu „fontány“ v tomto pokuse?

Úloha 3 (7 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 prevrtnanou 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 : 1), destilovaná voda.

Pracovný postup:

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 : 1). Skúmavku uzatvorte zátkou s prevŕtaným otvorom, do ktorého je zasunutá dvakrát ohnutá sklená 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 reakčnej 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 hladinu 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. Pri nižšej teplote sa rovnováha posúva v smere tvorby diméru, pri vyššej teplote sa rovnováha posúva v smere tvorby monoméru.

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

- 3.1 Napíšte rovnicu chemickej reakcie kyseliny dusičnej s meďou.
- 3.2 Napíšte vzorec a názov bezfarebného a hnedočerveného oxidu dusíka.
- 3.3 Napíšte rovnicu chemickej reakcie oxidácie bezfarebného oxidu dusíka na hnedočervený oxid dusíka.
- 3.4 Napíšte rovnicu chemickej reakcie hnedočerveného oxidu dusíka s vodou.
- 3.5 Napíšte rovnicu chemickej reakcie hnedočerveného monoméru oxidu dusíka na bezfarebný dimér.
- 3.6 Aká reakcia prebehla pri premiešaní obsahu skúmavky s vodou?
- 3.7 Pri ktorých reakciách nastáva posun rovnováhy v smere vzniku produktov účinkom dodaného tepla?

Úloha 4 (15 b)

Príprava monohydrátu síranu tetraamminmednatého

Pomôcky:

kadičky 2 ks (250 cm³, 100 cm³), odmerný valec (25 cm³), sklená tyčinka, skúmavka so zátkou, roztieracia miska s roztieradlom, hodinové sklíčko, lyžička, striekačka s destilovanou vodou, laboratórne váhy, filtračný lievik, filtračný papier, kvapkadlo

Reaktanty:

pentahydrát síranu mednatého, roztok amoniaku ($w = 0,05$), etanol ($w = 0,96$), destilovaná voda

Monohydrát síranu tetraamminmednatého vzniká komplexotvornou reakciou síranu mednatého s amoniakom. Z roztoku sa nezískava kryštalizáciou spôsobom obvyklým

pre anorganické zlúčeniny (odparovaním rozpúšťadla až na nasýtený roztok, a to buď pri zvýšenej teplote alebo samovoľným odparovaním pri dlhodobom stáťí roztoku), ale rýchlou kryštalizáciou za studena pridaním rozpúšťadla, v ktorom sa produkt zle rozpúšťa (tzv. *kryštalizácia výmenou rozpúšťadla*). Týmto rozpúšťadlom je etanol.

4.1 Napíšte rovnicu chemickej reakcie prípravy síranu tetraamminmednatého. Použite stavový zápis.

4.2 Vypočítajte hmotnosť pentahydrátu síranu mednatého potrebného na prípravu 3,0 g monohydrátu síranu tetraamminmednatého.

4.3 Vypočítajte objem 5 % roztoku amoniaku potrebného na prípravu 3,0 g monohydrátu síranu tetraamminmednatého.

4.4 Pripravte 3 g monohydrátu síranu tetraamminmednatého nasledovným postupom:

Odvážte na hodinovom sklíčku vypočítané množstvo pentahydrátu síranu mednatého. V roztieracej miske ho rozotrite na jemný prášok (roztierajte krúživým pohybom, neroztĺkajte!). Do kadičky s objemom 250 cm³ odmerným valcom odmerajte vypočítané množstvo 5 % roztoku amoniaku, kadičku prikryte hodinovým sklíčkom. Do roztoku amoniaku pridajte v niekoľkých dávkach rozotretý pentahydrát síranu mednatého a za stáleho miešania ho rozpustite. Odmerným valcom odmerajte 20 cm³ etanolu a prelejte ho do druhej kadičky. Do tmavého modrofialového roztoku produktu pridajte etanol, po priliatí celého objemu roztok premiešajte. Etanol prilievajte po tyčinke.

Vylúčia sa jemné ihličkovité modrofialové kryštáliky. Kadičku prikryte hodinovým sklíčkom a nechajte v pokoji 15 – 20 min stáť. Kryštáliky počas státia prekryštalizujú na väčšie, budú sa dať ľahšie filtrovať.

Pripravte si filtračnú aparatúru s hladkým filtrom a získaný produkt odfiltrujte. Filtrát nechajte dobre odtiecť, kryštáliky na filtračnom papieri premyte malým množstvom etanolu (asi 5 cm³) a opäť nechajte dobre odtiecť. Produkt preneste na filtračný papier a nechajte voľne na vzduchu vysušiť. Počas sušenia ho niekoľkokrát premiešajte sklenou tyčinkou a premiestnite na suchú časť filtračného papiera. Produkt je suchý, keď pod ním nezostávajú na papieri mokré škvrny a po opatrnom ovoňaní je z neho namiesto etanolu cítiť slabý zápach amoniaku. Tentoraz nemusíte výpary privanúť k nosu opatrne dlaňou, nakoľko obsah etanolu a amoniaku v okolí

produktu je veľmi malý – v množstve, ktoré nie je nebezpečné. Môžete preto produkt ovať priamo.

Po vysušení produkt odvážte. Aby ste sa presvedčili, či je skutočne suchý, nechajte ho stáť na vzduchu ešte 10 minút a opäť ho odvážte. Ak sa hmotnosti prvého a druhého váženia zhodujú, je už produkt suchý. Ak je hmotnosť pri druhom vážení nižšia, znamená to, že pri prvom vážení bol ešte vlhký. Preto ho opäť nechajte 10 minút sušiť a celý postup opakujte až do zhodnej hmotnosti dvoch posledných vážení (tzv. *vysušenie do konštantnej hmotnosti*).

4.5 Vypočítajte výťažok monohydrátu síranu tetraamminmednatého v %.

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 je najkvalitnejšie dusíkaté hnojivo – t. j. ktoré dusíkaté hnojivo má najvyšší obsah dusíka.

Úloha 6 (4 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 plyný dusík a kyslík. V dôsledku veľkého množstva uvoľneného tepla sa prudko zväčší objem vznikajúcich plynov, čo spôsobuje silnú explóziu (preto

používanie armádou). Pre bezpečné používanie v poľnohospodárstve sa dusičnan amónny zmiešava s niektorými anorganickými zlúčeninami, ktoré znižujú jeho explozívnosť.

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

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 kg dusičnanu amónneho za normálnych podmienok.