

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

61. ročník, školský rok 2024/2025

Kategória C

Domáce kolo

PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY PRAKTICKEJ ČASTI

Chemická olympiáda – kategória C – 61. ročník – šk. rok 2024/2025

Domáce kolo

Mária Linkešová

Maximálne 40 bodov

Úvod

V praktickej časti tohto ročníka chemickej olympiády sa budeme zaoberať, podobne ako v teoretickej časti, redoxnými reakciami a vlastnosťami medi a jej zlúčenín. V príprave na riešenie úloh je potrebné naštudovať si z dostupných učebníc anorganickej chémie informácie o týchto látkach. Vzhľadom na to, že prevažná časť zlúčenín medi patrí medzi koordinačné zlúčeniny, je potrebné, aby ste o tomto type zlúčenín získali aspoň základné vedomosti (poznať pojmy: centrálny atóm, ligandy, koordinačné číslo centrálného atómu, donor a akceptor väzbového elektrónového páru, donorovo-akceptorová, resp. koordinačne kovalentná väzba).

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 pri normálnych podmienkach. Pre úspešné riešenie praktických úloh musíte ovládať vyčísl'ovanie stechiometrických koeficientov chemických rovníc, samozrejme aj redoxných, výpočty zloženia roztokov (hmotnostný zlomok, koncentrácia látkového množstva) a výpočty z chemickej rovnice.

Pri realizácii praktických úloh budete potrebovať praktické zručnosti pri základných laboratórnych operáciách a manipulácii so základnými laboratórnymi pomôckami: váženie, meranie objemu, príprava roztokov rozpúšťaním tuhej látky a zried'ovaním koncentrovanejších roztokov, filtrácia, dekantácia, stanovenie hodnoty pH.

Pri príprave na riešenie súťažných úloh môžete využiť príslušné kapitoly ľubovoľnej 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 zlúčenín nájdete v chemických tabuľkách. Informácie môžete čerpať aj 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, 54 – 78, 97 – 104, 153 – 167, 172 – 173.
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. 78 – 79.
3. GAŽO, J. a kol. *Všeobecná a anorganická chémia*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1981. s. 669 – 684.
4. ONDREJOVIČ, G. a kol. *Anorganická chémia*. Bratislava : Alfa, 1993. s. 477 – 488.
5. ŠIMA, J. a kol. *Anorganická chémia*. Bratislava : STU, 2009. s. 349 – 399.
6. KANDRÁČ, J., SIROTA, A. *Výpočty v stredoškolskej chémii*. Bratislava : SPN, 1995. s. 30 – 46, 58 – 79, 179 – 209.
7. ULICKÁ, Ľ., ULICKÝ, L. *Príklady zo všeobecnej a anorganickej chémie*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1987. s. 66 – 84, 155 – 178.
8. *Chemické tabuľky* – ľubovoľné vydanie.

Elektrochemický rad napätia kovov nám poskytuje užitočné informácie o správaní sa kovov napríklad pri kontakte dvoch rôznych kovov a ich roztokov, pri kontakte kovu s kyselinami a viaceré ďalšie. V tomto rade sú kovy usporiadané podľa ich stúpajúcich oxidačných schopností (resp. podľa ich klesajúcich redukčných schopností). Meď patrí medzi tzv. ušľachtilé kovy, v elektrochemickom rade napätia kovov sa nachádza na jeho pravom okraji, za vodíkom.

Z postavenia medi v elektrochemickom rade napätia kovov vyplýva, že sa oxiduje iba veľmi ťažko pôsobením silných oxidačných činidiel, napríklad silných anorganických kyselín s oxidačnými vlastnosťami. So vzdušným kyslíkom pri normálnej teplote nereaguje.

Elektrónová konfigurácia valenčnej vrstvy meďnatého katiónu je $3d^9$, čo spôsobuje mnohé charakteristické vlastnosti meďnatých zlúčenín. Najviac pozorovateľnou vlastnosťou je ich farebnosť. Prevláda u nich modrá farba s rôznymi odtieňmi, ktoré môžu prechádzať až do zelenej farby. No nie je u nich vylúčená i iná farba, napr. červená. Táto rôzna farebnosť je spôsobená predovšetkým viazaním rôznych ligandov na atóm medi ako centrálny atóm. Vo vodných roztokoch meď vytvára tetraakvamedňatý katión $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, ktorý spôsobuje modré sfarbenie roztoku. Intenzita sfarbenia závisí od koncentrácie roztoku, prípadne od prítomnosti rôznych aniónov, ktoré sa tiež môžu viazať na atóm medi ako ligandy.

Úloha 1 (3,5 b)

Oxidácia medi vzdušným kyslíkom

Meď reaguje s kyslíkom pri vysokej teplote, pri ktorej je rozžeravená. Vzniká čierny práškový oxid meďnatý, ktorý nie je rozpustný vo vode. Reaguje so zriedenými kyselinami, s ktorými tvorí farebné soli rozpustné vo vode.

Pomôcky:

2 skúmavky, laboratórne kliešte alebo väčšia pinzeta, kahan (plynový/liehový), zápalky

Reaktanty:

medený drôt, príp. pliešok, roztok HCl ($w = 0,05$), destilovaná voda

Pracovný postup:

a) Medený drôt (vhodné je vytvoriť z neho špirálu) alebo pliešok uchyťte pomocou klieští alebo pinzety a zahrievajte ho v plameni kahana dovtedy, kým sa rozžeraví. Po vybratí z plameňa ho nechajte vychladnúť.

Zapíšte svoje pozorovanie a napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla. Keďže prebehla redoxná reakcia, vyznačte u jednotlivých prvkov ich oxidačné čísla a uveďte, ktorý prvok je oxidovadlom a ktorý redukovadlom.

b) Do jednej zo skúmaviek nalejte 1 cm³ destilovanej vody. Ponorte do nej nachvíľu drôt (pliešok), ktorý ste použili pri pokuse v bode **a**.

Zapíšte svoje pozorovanie. Ak ste pozorovali zmeny, napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla.

c) Do druhej skúmavky nalejte 1 cm³ roztoku kyseliny chlorovodíkovej. Ponorte do nej na chvíľu drôt (pliešok), ktorý ste použili pri pokuse v bode **a**. Pokus môžete niekoľkokrát zopakovať, aby ste dosiahli vyššiu koncentráciu prípadného produktu v skúmavke.

Zapíšte svoje pozorovanie. Ak ste pozorovali zmeny, napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla. Ak reakcia prešla – bola to redoxná reakcia?

Úloha 2 (3,5 b)

Príprava medi cementáciou

Z postavenia kovu v elektrochemickom rade napätia kovov vyplýva, že katión kovu je redukovaný z roztoku jeho soli (je „vytláčaný“ z roztoku; vylučuje sa z roztoku v kovovom stave) tými kovmi, ktoré sa nachádzajú v tomto rade od neho naľavo. Keďže meď je ušľachtilým kovom, môžeme ju v kovovej forme pripraviť už pri laboratórnej teplote z meďnatých zlúčenín rozpustných vo vode pôsobením akéhokoľvek neušľachtilého kovu. Tento postup sa v chemickom priemysle nazýva *cementácia*.

Pomôcky:

2 skúmavky, saponát na riad

Reaktanty:

železný klinec, granulka zinku, roztok CuSO₄ (w = 0,05), destilovaná voda

Pracovný postup:

a) Železný klinec očistite od prípadných zvyškov hrdze, umyte vodou s prídavkom saponátu, aby ste ho odmastili, a dôkladne opláchnite destilovanou vodou. Do

skúmavky nalejte 2 cm³ roztoku síranu meďnatého, do ktorého ponorte očistený železný kliniec. Už po krátkej dobe môžete pozorovať farebné zmeny na povrchu ponorenej časti klinca. Po dlhšom čase môžete pozorovať aj zmenu sfarbenia roztoku z modrej na zelenú.

Aká zlúčenina spôsobuje sfarbenie výsledného roztoku na zeleno? Napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla. Keďže prebehla redoxná reakcia, vyznačte u jednotlivých prvkov ich oxidačné čísla a uveďte, ktorý prvok je oxidovadlom a ktorý redukovadlom.

- b) Do druhej skúmavky nalejte 1 cm³ roztoku síranu meďnatého a vhodte granulku zinku, ktorú ste predtým odmastili vodou s prídavkom saponátu a opláchli destilovanou vodou. Obsah skúmavky občas opatrne pretrepte, aby ste striasli vznikajúcu práškovú meď z povrchu zinku. Po dlhšom čase môžete pozorovať aj zmenu sfarbenia roztoku.

Aké sfarbenie má roztok po vylúčení všetkej medi? Napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla. Keďže prebehla redoxná reakcia, vyznačte u jednotlivých prvkov ich oxidačné čísla a uveďte, ktorý prvok je oxidovadlom a ktorý redukovadlom.

Aké je postavenie železa a zinku voči medi v elektrochemickom rade napätia kovov?

Úloha 3 (5 b)

Reakcie meďnatých katiónov

Meďnatý katión vo vodnom roztoku (presnejšie tetraakvamedňatý katión [Cu(H₂O)₄]²⁺) reaguje už v slabo zásaditom prostredí za vzniku modrej gélovitej zrazeniny nerozpustného hydroxidu meďnatého. V silno zásaditom prostredí sa zrazenina rozpúšťa za vzniku modrého roztoku, pretože vzniká vo vode rozpustná koordinačná zlúčenina, v ktorej sa ako ligandy viažu hydroxidové anióny. Vznikne tetrahydroxidomeďnatý anión [Cu(OH)₄]²⁻. Hydroxid meďnatý sa rozpustí aj po pridaní roztoku amoniaku. Vzniká modrofialovo sfarbený roztok obsahujúci tetraamminmeďnatý katión [Cu(NH₃)₄]²⁺, v ktorom sú ako ligandy naviazané molekuly amoniaku.

Ak sa zrazenina hydroxidu meďnatého zahreje, hydroxid sa dehydratuje a vzniká čierny, vo vode málo rozpustný oxid meďnatý.

Pomôcky:

4 skúmavky, sklená tyčinka, laboratórna lyžička, kvapkadlo, držiak na skúmavky, kahan (plynový/liehový), zápalky

Reaktanty:

roztok CuSO_4 ($w = 0,05$), roztok NaOH ($w = 0,05$), roztok NH_3 ($w = 0,10$)

Pracovný postup:

- a) Do skúmavky nalejte 1 cm^3 roztoku síranu meďnatého a pridávajte po kvapkách roztok amoniaku. Po každom prídavku obsah skúmavky opatrne pretrepte. Zapište svoje pozorovanie a napíšte rovnicu chemickej reakcie, prípadne reakcií, ktoré prebehli. Aký typ reakcie (príp. reakcií) prebehol?
- b) Do dvoch skúmaviek nalejte $0,5 \text{ cm}^3$ roztoku síranu meďnatého a pridajte do nich 2 kvapky roztoku hydroxidu sodného. Zapište svoje pozorovanie a napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla.
- c) Do štvrtej skúmavky nalejte $0,5 \text{ cm}^3$ roztoku hydroxidu sodného. Pridajte do nej malé množstvo produktu získaného v bode **b**, ktorý odoberiete sklenou tyčinkou. Ak by nenastali žiadne zmeny, požiadajte pedagogický dozor, aby vám do skúmavky pridal ešte granulku hydroxidu sodného. Zapište svoje pozorovanie a napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla.
- d) Do druhej skúmavky pridávajte po kvapkách roztok amoniaku, až kým nevznikne roztok. Po každom prídavku obsah skúmavky opatrne pretrepte. Zapište svoje pozorovanie a napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla. Aký typ reakcie prebehol?
- e) Obsah tretej skúmavky opatrne zahrievajte nad plameňom. Zapište svoje pozorovanie a napíšte rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla.

Úloha 4 (1,5 b)

Antibakteriálne vlastnosti meďnatých solí

Meďnaté zlúčeniny majú antibakteriálne účinky, eliminujú mikroorganizmy a ich pôsobenie. Používajú sa napríklad v poľnohospodárstve na ošetrovanie rastlín proti hubovým a plesňovým chorobám rastlín.

Pomôcky:

2 skúmavky, kadička (100 cm³), laboratórna lyžička, pekárenske droždie, na drobno posekané sušené hrozienka

Reaktanty:

roztok CuSO₄ (w = 0,05), destilovaná voda

Pracovný postup:

Do skúmaviek nasypete do výšky 2 – 3 cm hrozienka nakrájané na drobno. Do jednej zo skúmaviek prilejte asi 2 cm³ roztoku síranu meďnatého, obsah skúmavky opatrne pretrepte, aby ste z hrozienuk odstránili bublinky vzduchu a nechajte postáť asi 10 minút. Do kadičky nalejte asi 50 cm³ vlažnej destilovanej vody a rozmiešajte v nej kúsok (1 – 2 cm³) pekárenského droždia. Potom nalejte 2 – 3 cm³ suspenzie droždia do oboch skúmaviek a premiešajte. V jednej zo skúmaviek začne po krátkej dobe prebiehať chemická reakcia, pri ktorej bude vznikať plyn.

- V ktorej skúmavke reakcia prebieha a v ktorej neprebieha? Prečo?
- Ako sa nazýva prebiehajúca reakcia?
- Aký plyn sa pri prebiehajúcej reakcii uvoľňuje?

Poznámka:

Namiesto hrozienuk môžete použiť aj roztok sacharózy.

Úloha 5 (2 b)

Príprava jodidu meďného

Pomôcky:

skúmavka, 2 kvapkadlá

Reaktanty:

roztok CuSO₄ (w = 0,005), roztok KI (w = 0,05), roztok Na₂S₂O₃ (w = 0,05)

Pracovný postup:

Do skúmavky nalejte 1 cm³ roztoku síranu meďnatého a pridajte 4 kvapky roztoku jodidu draselného. Vzniká jodid meďnatý, ktorý sa samovoľnou redoxnou reakciou okamžite rozkladá na jodid meďný a jód. Uvoľnený jód sfarbuje roztok na hnedo, preto nie je vidieť tuhý jodid meďný, ktorý sa usadzuje na dne skúmavky. Do suspenzie pridávajte po kvapkách roztok tiosíranu sodného Na₂S₂O₃, ktorý reaguje s jódom na bezfarebné produkty rozpustné vo vode: tetratiónan sodný Na₂S₄O₆ a jodid sodný NaI:



Na dne skúmavky uvidíte produkt predchádzajúcej reakcie – jodid meďný.

Zapíšte svoje pozorovanie (aké sfarbenie má jodid meďný) a napíšte rovnice chemických reakcií, ktorých konečným produktom je jodid meďný. Pri tých reakciách, ktoré sú redoxné, vyznačte u jednotlivých prvkov ich oxidačné čísla a uveďte, ktorý prvok je oxidovadlom a ktorý redukovadlom.

Úloha 6 (2,5 b)

Dehydratácia pentahydrátu síranu meďnatého

V úvode k praktickým úlohám ste sa dočítali, že meďnatý kation vytvára vo vodných roztokoch tetraakvamedňatý kation $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, ktorý spôsobuje modré sfarbenie roztoku. O tejto skutočnosti ste sa mohli presvedčiť pri riešení úloh 2 a 3. Rovnaké sfarbenie má aj kryštalický síran meďnatý, ktorý kryštalizuje z vodného roztoku ako pentahydrát. Toto modré sfarbenie mu dalo i jeho triviálny názov „modrá skalica“. Aj v kryštalickom stave je meďnatý kation prítomný ako tetraakvamedňatý kation $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$. Preskúmaním štruktúry zlúčeniny nazývanej obvykle *pentahydrát síranu meďnatého* a zapisovanej vzorcom $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, sa zistilo, že to nie je jednoduchý kryštalohydrát obsahujúci 5 molekúl kryštálovej vody, ale v skutočnosti ide o koordinačnú zlúčeninu zloženia $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, teda monohydrát síranu tetraakvamedňatého. Pri zahriatí sa molekuly vody, ktoré sú na centrálny atóm naviazané ako ligandy, odštepujú a látka stráca svoje modré sfarbenie. Reakcia je vratná a po pridaní vody k bezvodému produktu sa modré sfarbenie opäť objaví.

Pomôcky:

skúmavka, kahan (plynový/liehový), zápalky, držiak na skúmavky, kvapkadlo

Reaktanty:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, destilovaná voda

Pracovný postup:

Do suchej skúmavky nasypete malé množstvo pentahydrátu síranu meďnatého. Skúmavku uchyťte do držiaka na skúmavky a opatrne zahrievajte nad plameňom kahana, kým sa nezmení sfarbenie obsahu skúmavky. Unikajúcu vodnú paru môžete pozorovať skondenzovanú na stenách skúmavky v jej hornej časti, kde je studená. Skúmavku nechajte vychladnúť a kvapkadlom do nej pridajte 1 – 2 kvapky vody.

Zapíšte svoje pozorovanie a napíšte rovnice chemických reakcií, ktoré prebehli.
Bola niektorá z reakcií redoxná?

Úloha 7 (14 b)

Príprava oxidu meďnatého

V tejto úlohe budete pripravovať oxid meďnatý podľa princípu, s ktorým ste sa zoznámili v úlohách **3b** a **3e**.

Pomôcky:

2 kadičky (250 cm³, 150 cm³), hodinové sklíčko, sklená tyčinka, laboratórne váhy, 2 odmerné valce (25 cm³, 100 cm³), trojnožka, kovová sieťka, kahan (plynový/liehový), zápalky, laboratórny stojan, filtračný kruh, filtračný lievik, filtračný papier, striekačka s destilovanou vodou

Reaktanty:

CuSO₄·5H₂O, roztok NaOH (w = 0,050), destilovaná voda, univerzálny acidobázický indikátorový papierik

Pracovný postup:

- Napíšte rovnice chemických reakcií, ktoré prebiehajú pri príprave oxidu meďnatého zo síranu meďnatého.
- Na prípravu oxidu meďnatého použijete 10,0 g pentahydrátu síranu meďnatého. Vypočítajte objem destilovanej vody potrebnej na prípravu 25,0 % roztoku síranu meďnatého (t. j. roztoku nasýteného pri teplote 50 °C).
- Vypočítajte objem roztoku hydroxidu sodného potrebného na reakciu s použitým množstvom pentahydrátu síranu meďnatého.
- Vypočítajte hmotnosť oxidu meďnatého, ktorý teoreticky vznikne z použitého množstva pentahydrátu síranu meďnatého.
- Na laboratórnych váhach navážte na hodinové sklíčko pentahydrát síranu meďnatého.

Odmerným valcom odmerajte vypočítaný objem destilovanej vody, prelejte ju do kadičky s objemom 250 cm³ a zohrejte do varu. Kadičku zložte zo sieťky (použite pri tom ochranné pomôcky proti popáleniu) a vysypte do nej odvážené množstvo pentahydrátu síranu meďnatého. Miešajte sklenou tyčinkou až do jeho úplného rozpustenia.

Odmerným valcom odmerajte vypočítaný objem roztoku hydroxidu sodného a prelejte ho do druhej kadičky. Roztok pridávajte pomaly za stáleho miešania do roztoku síranu meďnatého. Keď ste pridali takmer celý objem roztoku hydroxidu sodného, prerušte pridávanie a sklenenou tyčinkou preneste jednu kvapku reakčného roztoku na hodinové sklíčko. Univerzálnym acidobázickým indikátorovým papierikom skontrolujete pH roztoku. Roztok by mal byť zásaditý (modré sfarbenie indikátora). Ak je roztok zásaditý, ukončíte pridávanie roztoku hydroxidu sodného. Ak nie je zásaditý, pokračujte v jeho pridávaní. Ak ste minuli už všetok pripravený roztok, použite ešte malé množstvo zo zásobného roztoku. Reakčnú zmes v kadičke opätovne zahrejte za stáleho miešania do varu. Zohrievajte dovtedy, kým sa roztok neodfarbí.

Vylúčený tuhý produkt trikrát dekantujte destilovanou vodou s objemom približne 100 cm³. Ak máte vo vašom laboratóriu možnosť použiť pri dekantácii odsávanie, kvapalinu nad tuhým produktom opatrne odsajte, ak túto možnosť nemáte, roztok nad tuhým produktom opatrne odlejte.

Odvážte si hodinové sklíčko spolu s filtračným papierom, ktorý použijete pri filtrácii tuhého produktu.

Pripravte si filtračnú aparatúru s hladkým filtrom (použite odvážený filtračný papier). Tuhý produkt preneste na filter. Z kadičky dôkladne spláchnite všetok produkt pomocou striekačky prúdom destilovanej vody. Produkt na filtri ešte premyte asi 100 cm³ destilovanej vody a nechajte filtrát dobre odtiecť.

Filtračný papier s premytým produktom vyberte z lievika a rozprestrite ho na odvážené hodinové sklíčko. Obsah hodinového sklíčka vysušte, buď v sušiarňi pri teplote 105 °C alebo ho nechajte sušiť voľne na vzduchu do druhého dňa. Hodinové sklíčko s vysušeným filtračným papierom a produktom odvážte.

- f) Vypočítajte hmotnosť oxidu meďnatého, ktorý ste získali pri vašej práci (praktický výťažok).
- g) Zo zistenej hmotnosti vypočítajte výťažok reakcie (v %).

Úloha 8 (8 b)

Reakcia medi s kyselinou dusičnou

Ako sme už uviedli, meď patrí medzi tzv. ušľachtilé kovy. Neušľachtilé kovy reagujú s kyselinami bez oxidačných vlastností (napr. kyselina chlorovodíková,

zriedená kyselina sírová, kyselina fosforečná, organické kyseliny), a to tak, že atóm kovu je redukovačom a oxidovačom je atóm vodíka v katióne H_3O^+ . Vzniká pri tom plynný vodík a katióny kovového prvku. Ušľachtilé kovy reagujú iba so silnými anorganickými kyselinami s oxidačnými vlastnosťami (napr. kyselina dusičná, koncentrovaná kyselina sírová). Pri ich reakciách je rovnako redukovačom atóm kovu, oxidovačom však nie je atóm vodíka v katióne H_3O^+ , ale kyselinotvorný prvok príslušnej kyseliny (napr. $\text{N}^{\text{V}} \rightarrow \text{N}^{\text{II}}$ pri reakcii kyseliny dusičnej, $\text{S}^{\text{VI}} \rightarrow \text{S}^{\text{IV}}$ pri reakcii koncentrovanej kyseliny sírovej).

Pri príprave dusičnanu meďnatého sme použili 15,0 g medených stružlín a kyselinu dusičnú s koncentráciou $12,0 \text{ mol dm}^{-3}$. Medené stružliny sme nasypali do roztoku kyseliny dusičnej a reakčnú zmes sme na začiatku zahriali, aby sa rozbehla reakcia. Potom sme zahrievanie zastavili a reakcia ďalej prebiehala samovoľne. Vznikal pri tom plynný produkt a roztok sa sfarboval do modra.

- a) Napíšte v stechiometrickom tvare rovnicu chemickej reakcie, ktorá prebehla. Keďže prebehla redoxná reakcia, vyznačte u jednotlivých prvkov ich oxidačné čísla, uveďte počty vymieňaných elektrónov a to, ktorý prvok je oxidovačom a ktorý redukovačom.
- b) Vypočítajte objem kyseliny dusičnej (v cm^3) potrebný na reakciu.
- c) Vypočítajte hmotnostný zlomok, ktorý má použitá kyselina dusičná.
- d) Vypočítajte hmotnosť dusičnanu meďnatého, ktorý vznikol reakciou.
- e) Vypočítajte objem plynného produktu reakcie, ktorý za normálnych podmienok teoreticky vznikne.