SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

51. ročník, školský rok 2014/2015

Kategória C

Domáce kolo

PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY PRAKTICKEJ ČASTI

Chemická olympiáda – kategória C – 51. ročník – školský rok 2014/2015

Domáce kolo

Mária Linkešová

Maximálne 40 bodov

Úvod

V praktickej časti tohto ročníka chemickej olympiády sa budeme, podobne ako v teoretickej časti, zaoberať periodickým zákonom a z neho vyplývajúcimi poznatkami o vlastnostiach prvkov a ich zlúčenín. V príprave na riešenie úloh je potrebné poznať nasledujúce pojmy: periodický zákon, látkové množstvo, molárna hmotnosť, normálny molárny objem, elektrónová konfigurácia atómu, valenčné elektróny, valenčná vrstva, roztriedenie prvkov podľa typu orbitálu, ktorý bol obsadený posledným valenčným elektrónom prvku, elektronegativita, elektrolýza, koordinačné zlúčeniny. Poznať by ste mali názvy a značky prvkov a je užitočné poznať aj ich latinský názov, z ktorého bola značka vytvorená. Prebiehajúce chemické deje praktickej časti sa budú zaoberať pozorovaním vlastností prvkov vyplývajúcich z ich postavenia v periodickej sústave prvkov.

Okrem toho budete pre úspešné riešenie praktických úloh potrebovať ovládať výpočty z chemických rovníc, výpočty zloženia roztokov (hmotnostný zlomok, koncentrácia látkového množstva) a výpočty z chemickej reakcie.

Pri realizácii praktických úloh využijete praktickú zručnosť pri nasledujúcich laboratórnych operáciách: váženie, príprava roztokov, zrieďovanie roztokov, meranie objemu, meranie teploty a filtrácia.

Pri príprave na riešenie súťažných úloh môžete využiť príslušné kapitoly ľubovoľnej gymnaziálnej učebnice pre 1. ročník štvorročných gymnázií, resp. ekvivalentný ročník osemročných gymnázií, pričom si môžete doplniť vedomosti štúdiom niektorej dostupnej vysokoškolskej učebnice všeobecnej a anorganickej chémie.

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. 23 – 39, 46 – 62, 76 – 78, 97 – 104, 172 – 173.
2. GAŽO, J. a kol.: *Všeobecná a anorganická chémia*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1981. s. 73 – 79, 201 – 209, 273 – 287.
3. ŠIMA, J. a kol.: *Anorganická chémia*. Bratislava : STU, 2009. s. 24 – 27, 95 – 107, 458 – 464.
4. KANDRÁČ, J., SIROTA, A.: *Výpočty v stredoškolskej chémii*. Bratislava : SPN, 1995. s. 30 – 46, 58 – 79, 95 – 141.
5. ULICKÁ, Ľ., ULICKÝ, L.: *Príklady zo všeobecnej a anorganickej chémie*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1987. s. 34 – 52, 66 – 84.

Z periodického zákona vyplýva, že vlastnosti prvkov sa postupne menia. Podľa podobných vlastností môžeme prvky rozdeliť, a to niekoľkými spôsobmi. Najjednoduchšie rozdelenie je na kovy a nekovy, medzi vlastnosťami ktorých nie je ostrá hranica, ale prechod medzi vlastnosťami jedných na vlastnosti tých druhých je plynulý. V tomto „hraničnom pásme“ sa nachádzajú prvky, ktoré sa nazývajú polokovy, ktoré majú niektoré vlastnosti kovov, niektoré nekovov. Napriek tomu, že nekovov je v porovnaní s kovmi oveľa menej, môžeme medzi nimi za bežných podmienok nájsť prvky všetkých troch skupenstiev, kým kovy sú pri bežných podmienkach, s jedinou výnimkou, tuhého skupenstva.

Iný spôsob rozdelenia prvkov je podľa elektrónovej konfigurácie valenčnej vrstvy, presnejšie – podľa toho, aký typ orbitálu bol obsadený posledným valenčným elektrónom, a to na *s*-prvky, *p*-prvky, *d*-prvky a *f*-prvky. Okrem vodíka a hélia sú všetky *s*-prvky a bez výnimky všetky *d*-prvky a *f*-prvky kovmi, *p*-prvky sa delia približne na polovicu na kovy a nekovy, medzi ktorými sú „hraničné“ polokovy. Práve elektrónová konfigurácia valenčnej vrstvy je tým najdôležitejším faktorom, ktorý vplýva na vlastnosti prvkov a ich zlúčenín. Počet elektrónov na valenčnej vrstve sa zhoduje s číslom skupiny, v ktorej sa nachádzajú. Pri prvkoch z 1. až 12. skupiny udáva číslo skupiny počet elektrónov na valenčnej vrstve, pri prvkoch z 13. až 18. skupiny udáva počet elektrónov na valenčnej vrstve číslo skupiny zmenšené o 10. Prvky 1. a 2. skupiny, čiže *s*-prvky, a prvky 13. až 18. skupiny, čiže *p*-prvky, sa nazývajú aj neprechodné, prvky 3. až 12. skupiny, čiže *d*-prvky sa nazývajú aj prechodné prvky. (Pozor! Pojem „valenčná vrstva“ nie je totožný s pojmom „posledná vrstva“. Valenčná vrstva je tá, ktorej elektróny sa zúčastňujú na tvorbe chemickej väzby a v prípade *d*-prvkov sú to spravidla i elektróny z predposlednej vrstvy.)

Skupiny (stĺpce periodickej tabuľky) dostali často aj svoje osobité pomenovania, ktoré by ste tiež mali ovládať, aby sme sa navzájom rozumeli.

V nasledujúcich úlohách sa zoznámite s niektorými typickými vlastnosťami prvkov vybraných skupín.

Úloha 1 (8,96 b)

Dôkazové reakcie kovov v zlúčeninách

Princíp:

Soli alkalických kovov a kovov alkalických zemín (*s*-prvkov) sú biele kryštalické látky a ich roztoky sú bezfarebné. Na ich identifikáciu sa používajú tzv. plameňové skúšky, pri ktorých sa využíva skutočnosť, že katióny týchto kovov sfarbujú plameň charakteristickým spôsobom.

Zlúčeniny *d*-prvkov sú, na rozdiel od zlúčenín *s*-prvkov, takmer všetky farebné. Niektoré reakcie, pri ktorých vznikajú zlúčeniny typického sfarbenia, sa používajú na dôkaz prítomnosti daného kovu. Viaceré reakcie využívajú vznik farebných koordinačných zlúčenín, pri niektorých vznikajú farebné zrazeniny, pri inom type dôkazových reakcií sa využíva ich schopnosť farbiť sklo, pripravujú sa pri tom farebné boritany týchto prvkov – tzv. bóraxové perličky.

1.1

Plameňové skúšky alkalických kovov a kovov alkalických zemín

Pomôcky:

plynový kahan, zápalky alebo zapaľovač, trojnožka, sieťka, kadičky 5 ks (100 cm^3), odmerný valec (50 cm^3), navažovačka, sklená tyčinka, lyžička, laboratórne váhy, nádoba s rozprašovacím nástavcom, filtračný papier

Reaktanty:

nasýtené vodné roztoky chloridu lítneho (LiCl), chloridu sodného (NaCl), chloridu draselného (KCl), chloridu vápenatého ($CaCl_2$), chloridu strontnatého ($SrCl_2$), destilovaná voda

Pracovný postup:

Naplňte prvým nasýteným roztokom nádobu s rozprašovacím nástavcom a zo vzdialenosti asi 20 cm nastriekajte malé množstvo roztoku smerom k plameňu. Ústie rozprašovacieho nástavca držte vo výške plameňa, tak, aby prúd rozprášeného roztoku vychádzal približne vodorovne.

Pozorované sfarbenie plameňa zaznamenajte do tabuľky. Roztok vylejte, nádobu aj rozprašovací nástavec dôkladne umyte vodou, vypláchnite destilovanou vodou, naplňte druhým roztokom a pokus zopakujte.

Kúsok filtračného papiera rozmerov približne 10 x 10 cm stočte do tenkej rúrky. Koniec namočte do prvého z pripravených roztokov a vložte do plameňa. Pozorované sfarbenie plameňa porovnajte s predchádzajúcim pozorovaním. Pokus zopakujte so všetkými pripravenými roztokmi.

Katión	Li^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Sr^{2+}
sfarbenie plameňa					

1.2

Príprava boritanov d-prvkov – bóraxové perličky

Pomôcky:

plynový kahan, zápalky alebo zapaľovač, malé hodinové sklíčka (4 ks), platinový drôtik s očkom (môže sa nahradiť železným), lyžička

Reaktanty:

pentahydrát síranu meďnatého ($CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$); heptahydrát síranu mangánatého ($MnSO_4 \cdot 7\ H_2O$); heptahydrát síranu železnatého ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$); oktahydrát tetrahydroxo-pentaoxotetraboritanu disodného {$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8\ H_2O$}, bórax, názov podľa posledného odporúčania IUPAC, ktoré nie je ešte bežne akceptované: oktahydrát tetrahydroxido-pentaoxidotetraboritanu disodného

Pracovný postup:

Na jedno hodinové sklíčko dajte malé množstvo bóraxu, na ostatné dajte malé množstvá solí *d*-prvkov uvedených v zozname reaktantov. V plameni kahana nahrejte platinový (prípadne železný) drôtik s očkom a dotknite sa ním kryštálikov bóraxu. Drôtik s kryštálikmi bóraxu zohrievajte, kým sa kryštáliky neroztavia. Vytvoria pri tom priezračnú sklovitú perličku, ktorú nechajte mierne vychladnúť. Potom sa touto perličkou dotknite prvej soli na hodinovom sklíčku tak, aby sa jej zachytilo na perličke veľmi malé množstvo. Drôtik znova zahrejte v plameni, kým nevznikne jednoliata sklovitá látka. Do tabuľky zaznamenajte pozorované sfarbenie perličky za horúca. Drôtik vyberte z plameňa, perličku nechajte vychladnúť a poznamenajte jej farbu, ktorú má za studena.

Potom jemným oklepaním (aby sa drôtik nepoškodil) perličku rozbite, drôtik prežíhajte v plameni a pokus zopakujte s ďalšou zlúčeninou.

Pozor! Ak pracujete s platinovým drôtikom, vkladajte ho vždy iba do oxidačného (nesvietivého) plameňa, nikdy nie do redukčného (svietivého) plameňa, pretože by sa poškodil!

d-prvok		Cu	Mn	Fe
sfarbenie perličky	za horúca			
	za studena			

1.3

Dôkazové reakcie vybraných katiónov d-prvkov v roztoku

Pomôcky:

3 skúmavky, kvapkadlá, hodinové sklíčko, odmerný valec (10 cm^3), digestor

Reaktanty:

roztok síranu železnatého ($FeSO_4$), c = 0,01 mol dm^{-3}; roztok síranu železitého ($Fe_2(SO_4)_3$), c = 0,01 mol dm^{-3}; roztok amoniaku (NH_3), koncentrovaný; roztok síranu meďnatého ($CuSO_4$), c = 0,01 mol dm^{-3}; roztok hexakyanoželezitanu draselného {$K_3[Fe(CN)_6]$}, c = 0,01 mol dm^{-3}; roztok hexakyanoželeznatanu draselného {$K_4[Fe(CN)_6]$}, c = 0,01 mol dm^{-3}

Pracovný postup:

Do troch skúmaviek nalejte postupne po 1 cm^3 roztokov $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, a $CuSO_4$.

Do prvej skúmavky, obsahujúcej železnaté katióny Fe^{2+}, pridávajte po kvapkách roztok $K_3[Fe(CN)_6]$, kým nevznikne farebný roztok, prípadne až zrazenina.

Do druhej skúmavky, obsahujúcej železité katióny Fe^{3+}, pridávajte po kvapkách roztok $K_4[Fe(CN)_6]$, kým nevznikne farebný roztok, prípadne až zrazenina.

Požiadajte pedagogický dozor, aby vám do tretej skúmavky, obsahujúcej meďnaté katióny Cu^{2+}, pridal niekoľko kvapiek (nadbytok) koncentrovaného roztoku NH_3, kým nevznikne farebný roztok. Pozor! S amoniakom pracujte v digestore!

Sfarbenie produktov reakcií zaznamenajte do tabuľky.

katión *d*-prvku	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}
činidlo	$K_3[Fe(CN)_6]$	$K_4[Fe(CN)_6]$	NH_3
sfarbenie			

Úloha 2 (31,08 b)

Vlastnosti nekovov

Princíp:

Nekovy sa nachádzajú v periodickej tabuľke prvkov v pravej hornej časti, teda majú najnižšie poradové čísla periód a najvyššie poradové čísla skupín. Prvky v tejto časti tabuľky majú najvyššie hodnoty elektronegativít, preto sa niektoré z nich používajú ako silné oxidovadlá. Oxidačné vlastnosti niektorých prvkov sa využívajú v čistiacich, bieliacich a dezinfekčných prostriedkoch, do ktorých sa pridávajú alebo sa z nich uvoľňujú počas aplikovania tohto prostriedku.

Medzi takéto prvky patrí napr. chlór, ktorý sa uvoľňuje z čistiacich prostriedkov bežne dostupných v drogérii (napr. Savo, Domestos a pod.), a to zo zlúčeniny chlórnanu sodného (NaClO), alebo z tzv. chlórového vápna, ktoré obsahuje chlórnan vápenatý [$Ca(ClO)_2$]. Z roztokov obidvoch zlúčenín cítiť zápach chlóru, ktorý z nich uniká v malých množstvách, pretože obidve látky sú nestále a rozkladajú sa za vzniku svojich východiskových látok, z ktorých jednou bol práve chlór.

Ako dezinfekčný prostriedok na rany sa používal roztok peroxidu vodíka H_2O_2 (w = 0,03), z ktorého sa uvoľňuje kyslík, ďalším bol jód v podobe tzv. jódovej tinktúry, (roztok jódu v etanole), prípadne Lugolovho roztoku (roztok trijodidu draselného vznikajúceho rozpustením jódu v roztoku jodidu draselného).

2.1

Elektrolýza vodného roztoku chloridu sodného

Pomôcky:

rúrka v tvare U (môže sa nahradiť kadičkou), kadička (100 cm^3), odmerný valec (100 cm^3), železná elektróda (napr. väčší železný klinec), uhlíková elektróda (napr. vybraná zo starej plochej batérie), dva vodiče s krokosvorkami, plochá batéria (4,5 V), lyžička, sklená tyčinka, kvapkadlo, lievik, laboratórny stojan, 2 držiaky, 2 svorky, digestor

Reaktanty:

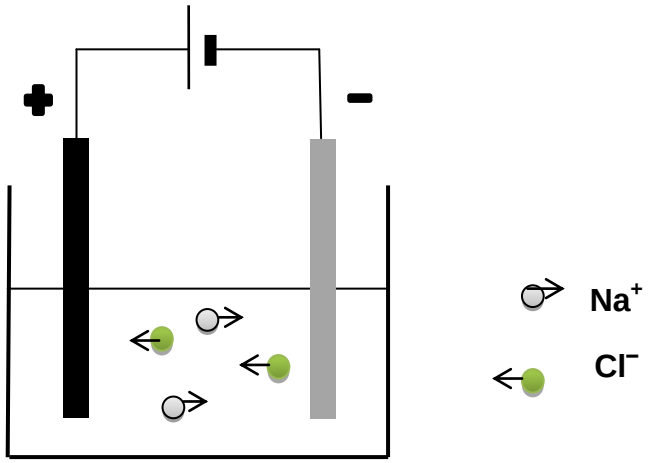
chlorid sodný (NaCl), tuhý; jodidoškrobový indikátorový papierik; fenolftaleín, roztok v etanole, w = 0,001; destilovaná voda

Pracovný postup:

Do kadičky nalejte asi 75 cm^3 destilovanej vody, pridajte lyžičku (kávovú) NaCl a miešajte, kým sa nerozpustí. S roztokom môžete ďalej pracovať priamo v kadičke alebo použite rúrku tvaru U. Zostavte aparatúru podľa schémy. Elektródy pripojte vodičmi k zdroju jednosmerného elektrického napätia (plochá batéria). Uhlíkovú elektródu zapojte ako anódu, železnú ako katódu.

Počas elektrolýzy môžete pozorovať unikanie bubliniek plynu v priestore okolo katódy. Tento plyn je vodík. Roztok v priestore okolo anódy sa sfarbuje na bledožlto. Elektrolýzou vzniká chlór, ktorý sa rozpúšťa vo vode a zafarbuje ju. Po vybublaní niekoľkých bubliniek plynu (teda do 1 minúty), odpojte elektrolyzér od zdroja prúdu. Pre identifikáciu produktov prikvapnite do priestoru katódy niekoľko kvapiek roztoku fenolftaleínu, do roztoku v priestore anódy ponorte jodidoškrobový indikátorový papierik.

Po ukončení pokusu kadičku preneste do digestora a umyte.



2.1.1

a) Napíšte rovnice dejov v úlohe 2.1, ktoré prebiehajú na anóde a na katóde v priebehu elektrolýzy, ako aj rovnicu opisujúcu celkový priebeh elektrolýzy vodného roztoku chloridu sodného.

b) Napíšte, aké sfarbenie roztoku v okolí katódy vyvolá prídavok fenolftaleínu. Prítomnosť ktorej látky dokazuje?

c) Vysvetlite princíp dôkazu chlóru pomocou jodidoškrobového indikátorového papierika. Ak pri tom prebieha chemická reakcia, napíšte jej rovnicu. Napíšte, aké sfarbenie má jodidoškrobový indikátorový papierik.

2.1.2

Pri elektrolýze 200 g vodného roztoku chloridu sodného sa za normálnych podmienok rozložilo 28,6 g chloridu sodného. Vypočítajte:

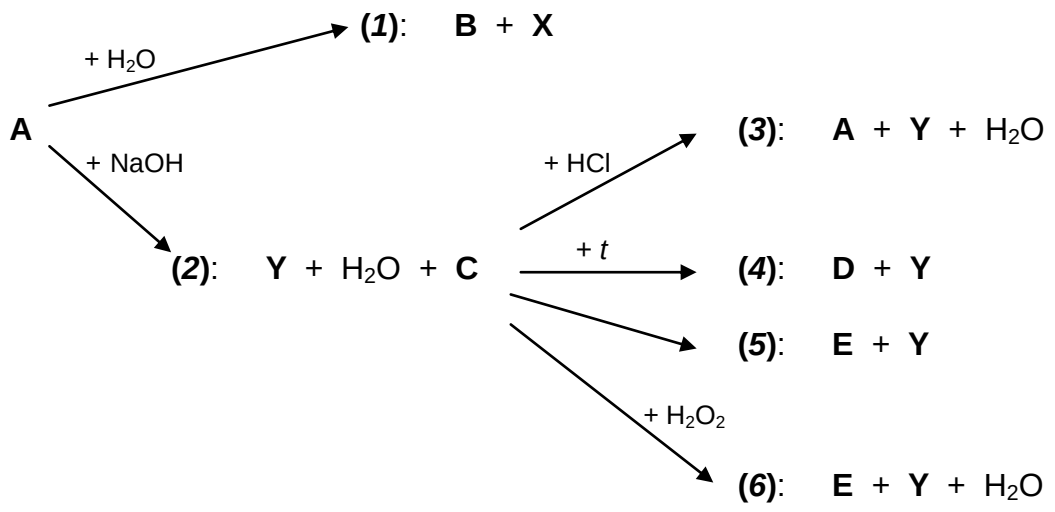
a) hmotnosť vylúčeného plynného vodíka, plynného chlóru a hydroxidu sodného,
b) objem vylúčeného plynného vodíka a plynného chlóru,
c) hmotnostný zlomok vylúčeného hydroxidu sodného, ak sme množstvo roztoku po skončení elektrolýzy upravili opäť na 200 g.

2.1.3

Zavádzaním zapáchajúceho dráždivého plynu **A** do studenej vody vzniká nestála látka **B** a bezkyslíkatá kyselina **X** (reakcia *1*). Látka **B** je stálejšia v podobe svojej soli **C**, ktorá vzniká zavádzaním plynu **A** do roztoku hydroxidu sodného (reakcia *2*). Pri tejto reakcii je vedľajším produktom soľ **Y** a voda. Látka **C** sa môže rozložiť niekoľkými spôsobmi:

– kyselinou chlorovodíkovou za vzniku plynu **A**, vody a soli **Y** (reakcia *3*),
– teplom za vzniku látky **D**, ktorej centrálny atóm má vyššie oxidačné číslo ako v látkach **A**, **B** aj **C** (reakcia *4*),
– rozkladom za studena, pričom vzniká plyn **E** a soľ **Y** (reakcia *5*),
– reakciou s peroxidom vodíka za vzniku plynu **E**, vody a soli **Y** (reakcia *6*).

Napíšte vzorce látok **A** až **E**, **X**, **Y** a reakcie (*1*) – (*6*).



2.2

Príprava a dôkaz kyslíka

skúmavka, odmerný valec (10 cm^3), špajdľa, lyžička, plynový kahan, zápalky alebo zapaľovač, sklená tyčinka, laboratórny stojan, držiak a svorka, ochranný štít, digestor

Reaktanty:

roztok peroxidu vodíka (H_2O_2), $w = 0{,}03$; chlorečnan draselný ($KClO_3$), tuhý; oxid manganičitý (MnO_2), tuhý; čistiaci prostriedok s obsahom chlórnanu sodného (NaClO), zriedený v pomere 1 : 4; jodidoškrobový indikátorový papierik; destilovaná voda

Pracovný postup:

a) Príprava kyslíka tepelným rozkladom chlorečnanu draselného $KClO_3$

Do veľkej suchej skúmavky dajte malú lyžičku $KClO_3$ (asi 0,5 – 1 g) a pridajte malé množstvo MnO_2, ktorý pôsobí počas reakcie ako katalyzátor. Zmes zamiešajte, skúmavku upevnite v šikmej polohe na stojan a opatrne zahrievajte. (Pozor! Skúmavku upevnite tak, aby jej ústie smerovalo do voľného priestoru, kde sa nikto nenachádza! a používajte ochranný štít, alebo pokus robte v digestóriu). $KClO_3$ sa teplom rozkladá za vzniku kyslíka. Uvoľnený kyslík dokážte pomocou tlejúcej špajdle. Špajdľu zapáľte, nechajte chvíľu horieť a opatrne sfúknite jej plameň, tak, aby na jej konci zostal tlejúci žeravý uhlík. Zasuňte ju do skúmavky. V atmosfére kyslíka sa žeravý uhlík jasno rozžiari, prípadne až vzplanie.

b) Príprava kyslíka rozkladom peroxidu vodíka H_2O_2

Do skúmavky nalejte asi 2 cm^3 roztoku H_2O_2 a pridajte malé množstvo MnO_2. Peroxid vodíka sa rozkladá za vývoja kyslíka, ktorý vidíte z roztoku unikať v podobe bubliniek. O tom, že unikajúci plyn je kyslík, sa presvedčte rovnakým spôsobom ako pri rozklade $KClO_3$.

c) Rozklad NaClO peroxidom vodíka H_2O_2

Do skúmavky nalejte asi 3 cm^3 zriedeného čistiaceho prostriedku obsahujúceho NaClO. Pridajte niekoľko kvapiek roztoku H_2O_2. Z roztoku unikajú bublinky. Zistite, aký plyn pri reakcii vzniká.

2.2.1

Napíšte rovnicu reakcie, ktorá prebieha pri tepelnom rozklade $KClO_3$.

2.2.2

Napíšte rovnicu reakcie, ktorá prebieha pri rozklade H_2O_2 za katalytického účinku MnO_2.

2.2.3

Aký plyn sa uvoľňuje počas reakcie NaClO s peroxidom vodíka? Napíšte rovnicu prebiehajúcej reakcie. Ktorá z reakcií z úlohy 2.1.3 to je?

2.2.4

Výrobca čistiaceho prostriedku uvádza na etikete jeho obalu, že obsahuje 4,7 % NaClO. Pri umývaní školskej kuchyne je potrebné na jej vydezinfikovanie, aby pani upratovačka použila toľko čistiaceho prostriedku, z ktorého za normálnych podmienok sa uvoľní 3,5 dm^3 plynu E z úlohy 2.1.3 s dezinfekčným účinkom. Vypočítajte:

a) hmotnosť čistiaceho prostriedku s obsahom NaClO, ktorý musí pani upratovačka naliať do vedra s vodou na vydezinfikovanie školskej kuchyne,
b) hmotnosť vylúčeného plynu, ktorý by sa uvoľnil pri úplnom rozklade prítomného NaClO.

2.2.5

Vypočítajte objem roztoku H_2O_2 s w = 3,0 %, ktorý je potrebný na úplný rozklad NaClO prítomného v 100 g čistiaceho prostriedku s obsahom 4,70 % NaClO.
ρ(3,0 % H_2O_2) = 1,0095 g cm^{-3}

Autori: doc. Ing. Mária Linkešová, PhD.

Recenzenti: RNDr. Helena Vicenová, Mgr. Csaba Igaz, PhD.

Redakčná úprava: prof. RNDr. Milan Melicherčík, PhD. (vedúci autorského kolektívu)

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2014