EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

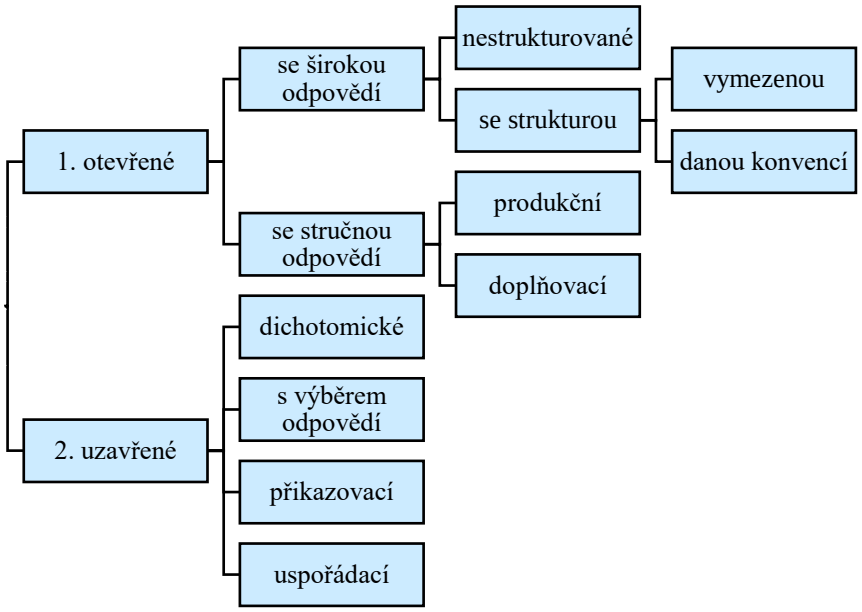
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Typy testových úloh Chemické olympiády

Petr Holzhauser

1.1.1 Typy teoretických testových úloh

Další kapitolou, která je tradiční součástí textů pojednávajících o didaktických testech, je přehled druhů testových úloh. Obr. 2.3 uvádí původní dělení podle Byčkovského (25). Vzhledem k tomu, že se jedná o dělení podle typu *odpovědi*, je zřejmé, že je toto dělení aplikovatelné na *kognitivní* didaktické testy, v řeči ChO na zadání teoretické části. Další text se drží tohoto klasického dělení a jsou uvedeny příklady jednotlivých typů úloh z vlastní autorské praxe. Záměrně jsou vybírány zajímavější a obtížnější příklady, protože jednoduché příklady uvádí např. práce (27).



Obr. 2.3 Druhy teoretických testových úloh (25)

Dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 Česko
Uveďte původ - Zachovejte licenci

a) Otevřené úlohy

(i) se širokou odpovědí

Nestrukturované – tento typ úloh požaduje rozsáhlejší odpověď nebo řešení. Vzhledem k jejich charakteru jsou tyto úlohy vhodné pouze do studijní části školního kola, kde soutěžící nejsou limitováni ani časem pro řešení, ani prostorem pro vypracování odpovědi.

Příklad 2.1 – 37B, ŠK, Úloha 3 (34)

Možná jste slyšeli o tajemném sloupu v indickém městě Dillí. Byl postaven v roce 310, je vysoký asi 7,25 m a má úctyhodnou hmotnost 6,8 t. Co je na něm tak tajemného je fakt, že prakticky nekoroduje, přestože je zhotoven oceli s téměř stejným chemickým složením, jako má ocel, která proudí z dnešních oceláren. Pokuste se tuto záhadu vysvětlit.

U řešení této úlohy (součást ročníku zaměřeného na redoxní děje včetně koroze) se předpokládalo, že student vyhledá, jaké existují korozní činitele a jaká může být jejich role v tomto konkrétním případě.

Se strukturou – tento typ úloh od řešitele vyžaduje konkrétní strukturu odpovědi. Ta může být definována jako součást zadání, pak hovoříme o úloze *s vymezenou strukturou odpovědi* (Př. 2.2).

Příklad 2.2 – 50A, ŠK, Úloha 2 (35)

Změna barvy související s přítomností krystalové vody se využívá v jednom z „tajných inkoustů“ na bázi kobaltnaté soli. Písmo napsané zředěným vodným roztokem chloridu kobaltnatého je neviditelné, po opatrném zahřátí zřetelně zmodrá. Pokud necháme modré písmo na vzduchu, po čase opět samo zmizí.

Jaké složení a barvu má sloučenina tvořící „neviditelné písmo“? Co se stane při zahřívání papíru a jaké složení má sloučenina tvořící modré písmo? Proč modré písmo na vzduchu časem samo zmizí?

Druhou možností je, že strukturu v otázce nedefinujeme, protože vyplývá s podstaty konvenčně položené otázky. Pak hovoříme o úloze *se strukturou odpovědi danou konvencí*. Typickým příkladem takového úlohy v chemii i ChO je doplňování a vyčíslování chemických rovnic (Př. 2.3). Chybějící pravá strana rovnice je podstatou otevřenosti otázky, požadovaná široká odpověď je jistě strukturovaná, ale struktura předepsaná není, protože se předpokládá, že soutěžící ovládá symbolický zápis chemických rovnic.

CC BY SA

Příklad 2.3 – 37B, KK, Úloha 2 (34)

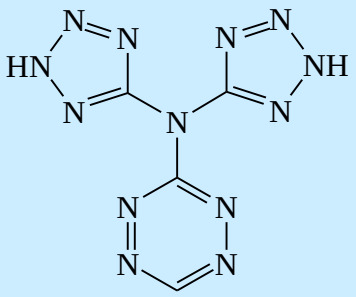
Kyslík vzniká celou řadou zajímavých reakcí. Doplňte a vyčíslete následující rovnice (jeden produkt je vždy kyslík):

1. Vznikají pouze 2 produkty: $KClO_3 \xrightarrow{t}$
2. Reakcí nevzniká kov: $Pb_3O_4 \xrightarrow{t}$
3. Vznikají 3 produkty: $KMnO_4 \xrightarrow{t}$
4. Reakce barnaté sloučeniny: $BaO_2 + H_2SO_4 \xrightarrow{MnO_2}$
5. Reakcí vzniká pouze 1 prvek: $Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t}$

Druhým typickým příkladem jsou stechiometrické výpočty ze vzorců a rovnic (Př. 2.4).

Příklad 2.4 – 45A, KK, Úloha 1 (36)

Použití azidů v airbegách není ideální, protože jsou toxické jak pro člověka, tak v životním prostředí. Navrženou bezpečnější alternativou je látka známá pod zkratkou BTAT (**b**is(**t**etrazolyl)**a**mino**t**etrazin):



Kolik gramů BTAT je třeba k naplnění airbagu (15 litrů, 130 kPa), pokud všechen dusík vznikající explozí pochází pouze z BTAT?

Odpovědí na tuto úlohu je sice jedna hodnota, ale nutné k ní dojít strukturovaným výpočtem s využitím, molární hmotnosti sloučeniny, počtu atomů dusíku v molekule a stavové rovnice pro ideální plyn. Struktura výpočtu předepsána není, ale neobejdeme se bez ní. Pochopitelně musíme plným počtem bodů hodnotit jakýkoliv formálně správný postup výpočtu. Při nejrůznějších výpočtech lze udělování částečných bodů usnadnit (tedy objektivizovat bodování) právě předepsáním struktury (postupu výpočtu), který řešitele vede konkrétní cestou k cíli, jak ukazuje následující Př. 2.5.

Příklad 2.5 – 51B, KK, Úloha 1 (37)

Elektron je pro chemika klíčovou elementární částicí, protože veškeré chemické děje spjaté se vznikem a zánikem chemických vazeb jsou projevem vzájemného působení valenčních elektronů. Vypočítejte:

1. počet elektronů v hypotetické skupině elektronů o celkovém náboji $Q = -1$ C,

CC BY SA

2. látkové množství elektronů v této skupině v mmol,
3. hmotnost tohoto počtu elektronů v pg,
4. náboj, který by měla skupina o stejném počtu protonů.
5. Odhadněte, jaký má význam hodnota Faradayovy konstanty $\boldsymbol{F}$, jestliže činí přibližně $\boldsymbol{F} = 9{,}65 \cdot 10^{4}\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$.

$m_e = 9{,}109 \cdot 10^{-31}$ kg, $m_p = 1{,}673 \cdot 10^{-27}$ kg,
$\boldsymbol{e} = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C, $\boldsymbol{N}_A = 6{,}022 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{mol^{-1}}$

(ii) se stručnou odpovědí

Produkční – řešením produkční úlohy se stručnou odpovědí je krátká odpověď typu slovo, číslo, hodnota veličiny, symbol, v chemii pak zejména značka, vzorec určitého typu nebo název chemické látky. Takových odpovědí, případně i odpovědí několika typů, může být požadováno i více, jak ukazuje následující Př. 2.6.

Příklad 2.6 – 51A, KK, Úloha 2 (38)

Podobně jako ve školním kole, máte za úkol doplnit prázdná políčka týkající se tentokrát kyselin síry obecného vzorce H_2SO_x:

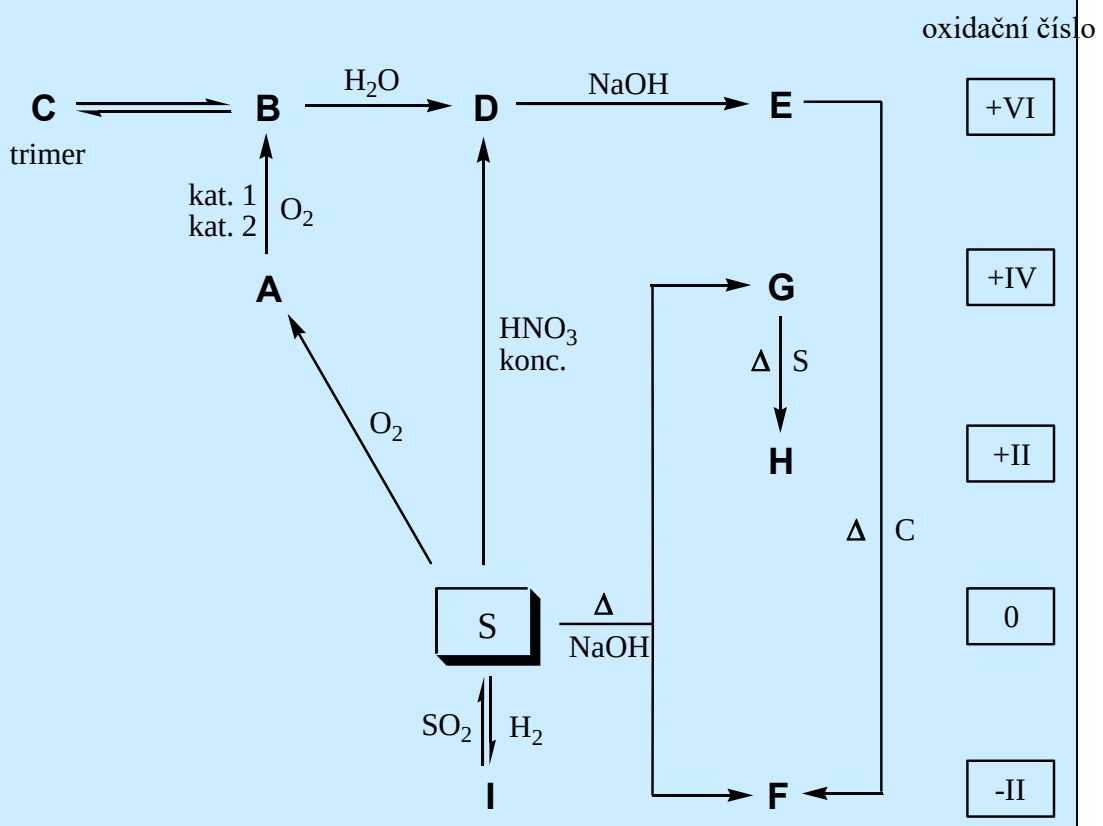
Název kyseliny	Vzorec kyseliny	Oxidační číslo síry
„sirnatá“	H_2SO_2	
siřičitá		
		+VI
	H_2SO_5	

.

V ChO oblíbeným typem produkční úlohy se stručnou odpovědí je tzv. „pavouk“, tedy slepé schéma vyjadřující vzájemné přeměny neznámých chemických látek typicky označených písmeny. Jedná se tedy o relativně náročnou úlohu, která vyžaduje určitou znalost systematické chemie, zorientování se ve schématu a následnou identifikaci látek a zapsání jejich vzorců nebo názvů (Př. 2.7).

CC BY SA

Příklad 2.7 – 51A, KT, Úloha 2 (38) (zkráceno)
Následující schéma popisuje přeměny nejběžnějších sloučenin síry (ve středu schématu je síra jako prvek):



Síra na vzduchu hoří za vzniku oxidu **A**. Ten se katalytickou oxidací (**kat. 1** nebo **kat. 2**) přeměňuje na oxid **B** (1, 2). Po zchlazení tento oxid poskytuje pevný trimer **C**. Oxid **B** s vodou prudce reaguje za vzniku kyseliny **D**, kterou lze nadbytkem hydroxidu sodného neutralizovat na sůl **E**. Redukcí soli **E** uhlíkem za červeného žáru vzniká binární sůl **F** (3). Tu lze připravit také varem síry v roztoku hydroxidu sodného, kdy vzniká i sůl **G** (4). Horký roztok soli **G** rozpouští síru a poskytuje sůl **H** (5). Redukcí vodíkem síra přechází na hydrid **I**, který lze zpět na síru přeměnit působením oxidu **A** (6).

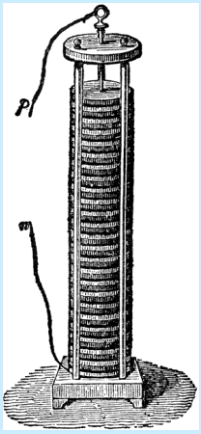
Napište vzorce sloučenin, které se ukrývají pod písmeny **A** až **I**.

Doplňovací – druhým typem otevřených úloh se stručnou odpovědí jsou úlohy doplňovací. Úloha je tvořena neúplným tvrzením a řešitel má za úkol z kontextu doplnit termín, jméno, výraz, hodnotu, v chemii opět často název, značku, vzorec apod. (Př. 2.8).

CC BY SA

Příklad 2.8 – 51B, KT, Úloha 1 (37)

Místo teček doplňte vždy **jedno** slovo tak, aby text dával smysl a byl fyzikálně i chemicky správně:



První elektrochemický článek, jenž produkoval elektrický proud, sestavil italský učenec Alessandro …… . Po svém objeviteli nese jméno …… sloup. Byl tvořen sériově zapojenými …… články, složenými z měděných a …… plíšků. Mezi nimi byly vloženy plátky kůže navlhčené okyseleným roztokem, který sloužil jako …… . Poslední měděný plíšek tvořil …… pól této baterie, protože měď je elektro…… kov než …… . Na této elektrodě dochází k …… a proto ji označujeme jako …… .

b) Uzavřené úlohy

(i) dichotomické

Jednoduše řečeno se jedná o úlohy „typu ANO/NE“. Zadání je tvořeno tvrzením (výrokem), o jehož pravdivosti (pravdivostní hodnotě) má řešitel rozhodnout (Př. 2.9). Dichotomické úlohy jsou nejjednodušším typem uzavřených úloh, jejichž hlavní nevýhodou je vliv hádání odpovědí na bodový zisk. Pokud je dichotomických úloh více, je možné provést *korekci na hádání* (26).

Příklad 2.9 – 49C, KK, Úloha 5 (39)

Kyslíkový přebytek se počítá podle důvěrně známého vztahu:

$$\Omega_{\text{výbušnina}} = \frac{\left(x(\mathrm{O}) - 2x(C) - \frac{x(\mathrm{H})}{2} \right) \cdot A(\mathrm{O})}{M(\text{výbušnina})} \cdot 100\,\%$$

U následujících tvrzení rozhodněte, zda jsou pravdivá (ANO/NE):

a) Při detonaci výbušnin se zápornou kyslíkovou bilancí vznikají zcela zoxidované produkty.
b) Látky s kladnou kyslíkovou bilancí mohou zvýšit účinnost výbušnin se zápornou kyslíkovou bilancí.
c) Nulová kyslíková bilance znamená, že látka neobsahuje kyslík.
d) Při detonaci výbušnin s kladnou kyslíkovou bilancí vznikají oxidy dusíku.
e) Látky s kladnou kyslíkovou bilancí většinou snáze explodují a jsou tak méně stabilní než ty se zápornou kyslíkovou bilancí.

(ii) s výběrem odpovědi

Úlohy tohoto typu jsou obecně velmi běžné, řešitel má za úkol z nabízených odpovědí vybrat jednu nebo více správných odpovědí (Př. 2.10). Je třeba ošetřit,

CC BY SA

aby snaha o absolutně přesnou formulaci nevedla k anomálně dlouhé odpovědi, která prozrazuje správné řešení, jako je tomu běžně u testů z dopravních předpisů (40). Riziko hádání odpovědí lze částečně eliminovat použitím většího množství nesprávných odpovědí (*distraktorů*), to ale může vést k neúměrnému zvětšení rozsahu textu a tedy i času potřebného ke čtení a řešení úlohy/testu. V případě většího množství otázek se stejným počtem distraktorů lze opět provést korekci na hádání odpovědí.

Příklad 2.10 – 42A, KT, Úloha 1 (41) (zkráceno)

2. Hodnota pK_a amoniaku ve vodném prostředí činí 39. To znamená, že amoniak je ve srovnání s vodou:
   a) silnější kyselina
   b) stejně silná kyselina
   c) slabší kyselina
3. To se projeví např. v reaktivitě jeho solí. Amid sodný proto s vodou:
   a) reaguje
   b) reaguje za určitých podmínek
   c) nereaguje

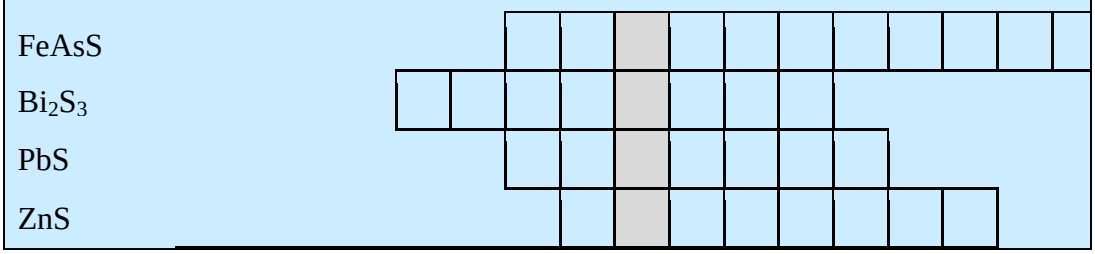
(iii) přiřazovací

Řešení přiřazovací úlohy spočívá v přiřazení objektů jedné skupiny objektům druhé skupiny, přičemž objekty nemusí být nutně stejného typu (např. pojem a číslo, název a vzorec apod.). Příkladem je následující doplňovačka (Př. 2.11), kdy se uvedením vzorců minerálů z otevřené doplňovací úlohy se stručnou odpovědí stala úloha uzavřená přiřazovací.

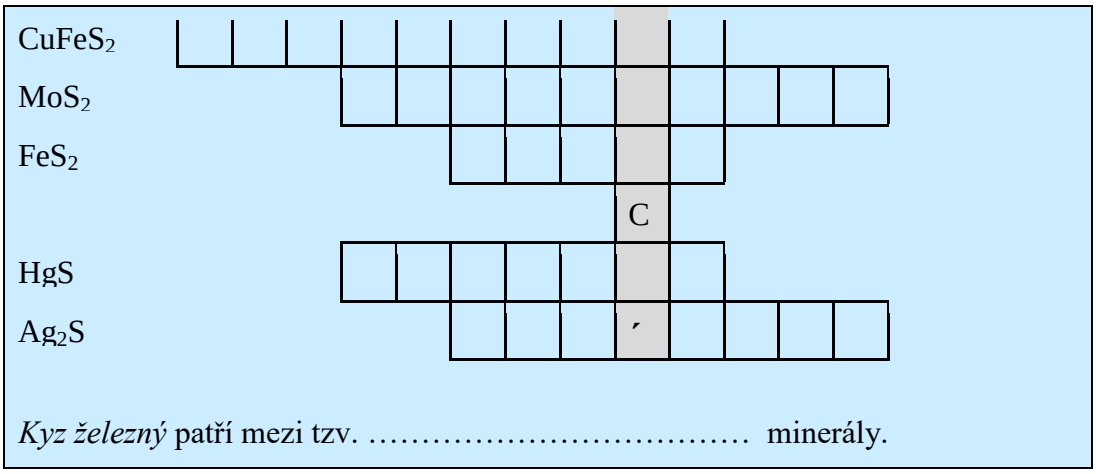
Příklad 2.11 – 53D, KK, Úloha 3 (42)

Jak jsme viděli v první úloze, oxid siřičitý potřebný pro výrobu papíru se vyrábí buď spalováním síry, nebo pražením rud obsahujících síru Jak se tyto rudy (minerály) souhrnně nazývají? Odpověď najdeš v tajence následující doplňovačky. Do jednotlivých řádků doplň podle uvedených vzorců triviální názvy sloučenin (písmeno ch je jeden znak). Na výběr máš následující názvy:

argentit, arsenopyrit, bismutin, galenit, chalkopyrit, molybdenit, pyrit, rumělka, sfalerit



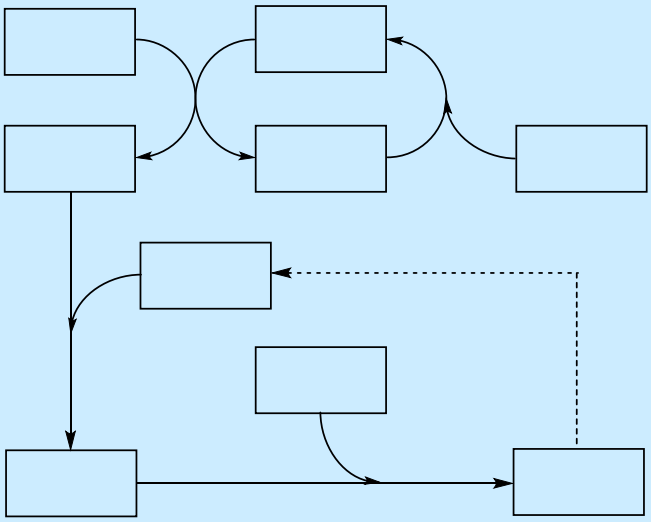
CC BY SA



Zajímavou modifikací může být situace, kdy je jeden z objektů určených k přiřazení reprezentován prázdnou pozicí ve schématu (Př. 2.12), grafu, obrázku apod.

Příklad 2.12 – 53A, KK, Úloha 1 (43) (zkráceno)

Kyselina sírová se vyrábí tzv. kontaktním procesem. Je to další katalytický děj, jehož podstatu vyjadřuje následující schéma:



Do schématu doplňte vzorce reagujících látek (jeden vzorec se ve schématu opakuje 2×):

H_2O VO_2 SO_2 H_2SO_4 V_2O_5 O_2 $H_2S_2O_7$ SO_3

(iv) uspořádací

Úkolem řešitele uspořádací úlohy je seřadit (uspořádat) skupinu objektů podle určitého kritéria. Podmínkou tedy je, aby existoval společný parametr (význam, stáří, velikost, teplota tání, kyselost…), který takovéto jednoznačné jednodimenzionální uspořádání umožňuje. Hlavním problémem uspořádacích

CC BY SA

úloh je jejich bodování. Kromě úplně správné odpovědi existuje mnoho dalších, částečně správných odpovědí. Pro *n* pojmů existuje obecně *n*! možných pořadí, z nich jedno je zcela správné, jedno zcela špatné (obrácené pořadí) a ostatní jsou správná různou měrou. Pokud nechceme zvolit málo citlivé binární bodování (úplně správně, jinak 0 bodů), můžeme použít citlivější bodování s využitím odchylek (25), které je ovšem časově značně náročnější.

Příklad 2.13 – 42A, ŠK, Úloha 2 (41) (zkráceno)

V literatuře vyhledejte hodnoty pK_a níže uvedených kyselin (ve vodě při 25 °C) a každou skupinu seřaďte podle vzrůstající kyselosti. Pokud se jedná o velmi silnou kyselinu, hodnoty pK_a nejsou tabelovány nebo jsou nespolehlivé. Pak stačí uvést „velmi silná kyselina“.

a) HF, HCl, HBr, HI
b) HClO, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$
c) $HClO_4$, $HBrO_4$, HIO_4

(v) Komplexní úlohy

Výše uvedené třídění se týká jednotlivých druhů testových úloh, které lze chápat jako elementární. V rámci ChO se pojmem úloha často chápe komplexnější zadání skládající se z různých druhů elementárních úloh podle výše uvedené klasifikace. V tomto směru se fantazii meze nekladou a autoři nejsou nijak omezováni formální podobou úloh ani zastoupením jednotlivých druhů, naopak je žádoucí, aby komplexní úlohy a jejich soubory byly pestré nejen z hlediska obsahu, ale právě i druhu elementárních úloh (odst. 5.1.1). Podoba takových komplexních úloh je pak výsledkem kreativity a rukopisu autora (viz. Př. 2.14 až 2.16).

Příklad 2.14 – 37B, KK, Úloha 2 (34)

Možná jste slyšeli o tajemném sloupu v indickém městě Dillí. Byl postaven v roce 310, je vysoký asi 7,25 m a má úctyhodnou hmotnost 6,8 t. Co je na něm tak tajemného je fakt, že prakticky nekoroduje, přestože je zhotoven oceli s téměř stejným chemickým složením, jako má ocel, která proudí z dnešních oceláren. Pokuste se tuto záhadu vysvětlit.

CC BY SA

Příklad 2.15 – 42A, ÚK, Úloha 3 (41)

Druhého dne, 8. května, se dal inženýr Smith do práce. Tento pyrit se skládal hlavně z uhlíku, kysličníku křemičitého, kysličníku hlinitého a sirníku železnatého, jehož bylo obzvlášť mnoho. Jednalo se o to, aby tento sirník železnatý byl co nejrychleji přeměněn na síran, z něhož pak měla být vyrobena kyselina sírová …

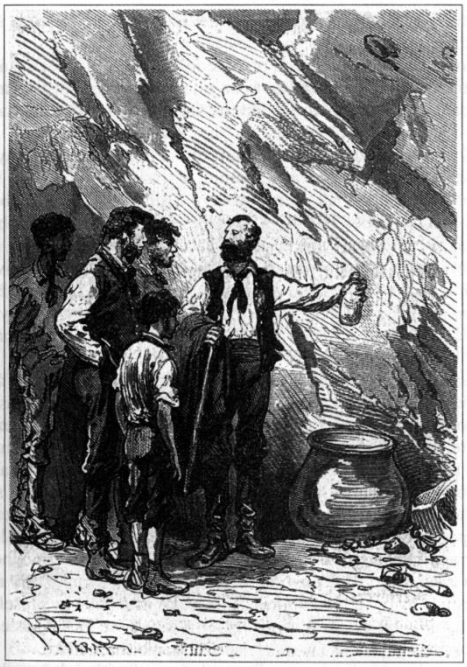
… Cyrus Smith vybral za komíny místo, jehož půda byla pečlivě vyrovnána. Na tomto místě pak osadníci navršili hranici z větví a naštípaného dříví, kterou pokryli kusy pyritu. To všechno bylo pokryto tenkou vrstvou téhož nerostu, který byl roztlučen na kousky velikosti ořechu.

Když to bylo hotovo, byla hranice zapálena. Žár přešel na pyrit, který se vzňal, protože obsahoval uhlí a síru. V té chvíli byly naloženy nové vrstvy pyritu, až utvořili ohromnou haldu, která byla zvenčí pokrytá vrstvou země a trávy, když bylo ponecháno několik průchodů, jako se to dělalo u milířů, když se pálilo dřevěné uhlí.

Po té byl přeměně ponechán volný průchod a po deseti až dvanácti dnech se měl stát ze sirníku železnatého síran železnatý (1, 2) a z kysličníku hlinitého síran hlinitý, dvě látky stejně rozpustné, zatímco ostatní látky, kysličník křemičitý, napůl spálený uhlík a popel, rozpustné nebyly.

… inženýr Smith však věděl, že zejména v Čechách se vyráběla kyselina sírová velice jednoduchým způsobem, a to kyselina, která byla ještě mnohem koncentrovanější. Tato kyselina byla známa pod jménem *nordhausská kyselina*.

Aby získal kyselinu sírovou, zbývala Cyru Smithovi pouze jedna práce: roztavit v uzavřeném tyglíku krystalky síranu železnatého, získat pomocí destilace par kyseliny sírovou a pomocí ochlazení nechat páry srazit (3, 4) …



„Zde je nitroglycerin!“

… K čemu však potřeboval především tuto chemic-kou látku? Její pomocí měla být jednoduše vyrobena kyselina dusičná, což nebylo těžké, protože ledek rozložený kyselinou sírovou, velmi snadno pouštěl svou vlastní kyselinu (5) …

…Když získal kyselinu dusičnou, smísil ji s glycerinem, jenž byl pomocí odpařování poněkud zhuštěn, a tímto způsoben získal inženýr Smith několik litrů olejnaté tekutiny nažloutlé barvy (6).
Tuto poslední práci vykonal Cyrus Smith o samotě, stranou daleko od Komínů, protože byla spojena s nebezpečím výbuchu. Když přinesl džbánek této tekutiny svým přátelům, řekl jen tolik: „Zde je nitroglycerin!“ …

1. Z jakého díla je uvedený citát? Kdo je jeho autorem?
2. Jaký je správný chemický název a vzorec hlavní složky pyritu?
3. Text je na několika místech nepřesný. S ohledem na provedení „přeměny sirníku železnatého“ v milíři za dostatečného přístupu vzduchu vznikají přinejmenším dvě soli železa. Které? Budou vznikat v podobě hydrátů, nebo jako bezvodé soli?
4. Napište rovnice reakcí (1) až (6), které inženýr Smith na ostrově provedl. Dvojice reakcí (1, 2) a (3, 4) odpovídají dvěma látkám z předchozí otázky. Reaktanty v rovnicích (3, 4) považujte za nestechiometrické hydráty (x H_2O), neboť byly z reakční směsi izolovány loužením a krystalizací z vody.
5. Heptahydrát jedné ze solí z otázky 2 je znám pod triviálním názvem. Jakým? Vyskytuje se tato látka v přírodě? Proč?

CC BY SA

Příklad 2.16 – 53A, ŠK, Úloha 2 (43)

V roce 1823 vyvinul prof. JOHANN WOLFGANG DÖBEREINER zařízení, které ho proslavilo do té míry, že se spolu s ním objevil na známce vydané v roce 1980 v DDR.

1. Co znamená zkratka DDR?
2. Jak se toto zařízení nazývá?

Zařízení funguje tak, že po stlačení páčky začne probíhat chemická reakce (**1**) generující plyn **A**. Ten uniká tryskou ven a v kontaktu s materiálem **B** se na vzduchu vznítí (**2**).

3. Napište rovnice reakcí (**1**) a (**2**).
4. Jak se nazývá materiál **B**? Jaký vztah má k reakci (**2**)?
5. Po uvolnění páčky přestane plyn z trysky unikat a po chvíli ustane díky důmyslné konstrukci i jeho vývoj. Na stejném principu pracuje jiné historické zařízení sloužící k přípravě plynů. Jak se jmenuje?

Materiál **B** se v práškové podobě používá i v současnosti. Připravit se dá ve dvou krocích. Tavením směsi hexachloridoplatičitanu amonného a dusičnanu sodného při 500 °C (**3**) uniká bílý dým, červenohnědý plyn a bezbarvý plynný prvek. Z taveniny je možno vyloužením a filtrací oddělit oxid platičitý. V druhém kroku se se tento oxid zahřívá v proudu plynu **A** a vzniká požadovaný produkt **B** (**4**).

6. Napište rovnice reakcí (**3**) a (**4**).
7. Jaké je nejznámější použití materiálu **B**:
   a) v anorganické technologii?
   b) v organické chemii?
   c) v elektrochemii?

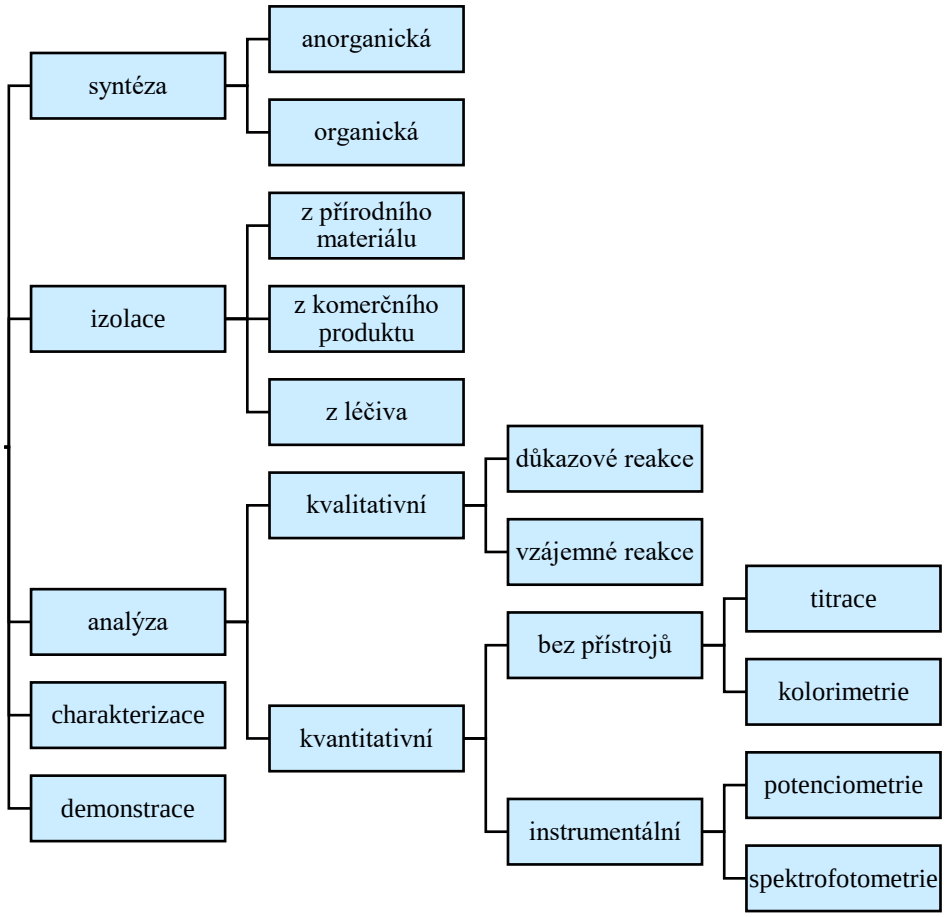
1.1.2 Typy praktických testových úloh

Praktická část ChO je svébytným typem kognitivně-psychomotorického testu. Praktické úlohy ChO jsou velmi pestré a na první pohled se objevuje veliké množství různých druhů úloh, ať už z hlediska obsahu, nebo např. využitých postupů či technik. Bylo by tedy užitečné pokusit se identifikovat jednotlivé druhy praktických úloh, které se v rámci ChO (příp. IChO) objevují. Z pohledu této práce je vhodné pokusit se o třídění z hlediska *charakteru laboratorní operace*, kterou soutěžící provádí. Toto třídění, které vychází z autorovy zkušenosti, uvádí Obr. 2.4.

Chemii můžeme definovat jako vědu, která se zabývá přípravou, charakterizací a identifikací látek. Připravit novou látku můžeme dvěma způsoby – buď ji nově připravíme v laboratoři, nebo to za nás už udělala příroda a my ji pouze izolujeme z přírodního materiálu. Pokud máme novou látku, je třeba ji charakterizovat, neboli změřit hodnoty

CC BY SA

veličin, které popisují její vlastnosti a reaktivitu. A pokud již známe množství chemických látek a jejich vlastnosti a reaktivitu, tak úkolem chemie je i identifikovat je, tj. zjistit jejich přítomnost a stanovit jejich množství ve směsi. Pokud vyjdeme z těchto úvah, identifkujeme základní operace, které chemik v laboratoři provádí. Jsou to syntéza, izolace, charakterizace a identifikace chemických látek. Odpovídající třídění uvádí Obr. 2.4. Ve schématu je ještě jedna kategorie, která nesouvisí s chemií jako vědou, ale s chemií jako vyučovacím předmětem – demonstrace. Další dělení je okomentováno v následujícím textu. Opět jsou uváděny příklady konkrétních úloh, ale pouze popisným způsobem (zadání praktických úloh jsou rozsáhlá a z důvodu úspory místa nejsou uváděna). Voleny jsou opět příklady z minulých ročníků ChO, výjimečně jsou uvedeny příklady z IChO.



Obr. 2.4 Druhy praktických testových úloh

a) Syntéza

(i) anorganická

Anorganická syntéza může být využita buď ve formě přípravy jednoduché sloučeniny, nebo se může jednat o komplikovanější vícestupňovou syntézu. V prvním případě je jedná o provedené jedné reakce ve vodném roztoku a

CC BY SA

následnou izolaci krystalizací nebo filtrací. Volnou krystalizaci můžeme využít pouze ve školním kole, kde nejsme limitováni časem. Ve vyšších kolech je možné využít rušenou krystalizaci, nebo pouhé odfiltrování nerozpustného produktu. V úlohách ChO se často objevuje srážení jednoduchých anorganických sloučenin (hydroxidů, uhličitanů, síranů), příkladem může být srážení hydroxidu železitého z roztoku chloridu železitého roztokem hydroxidu sodného (44).

Příkladem složitější syntézy může být příprava tris(oxalato)železitanu draselného (34). Prvním krokem byla příprava šťavelanu železnatého srážením roztoku síranu železnato-amonného kyselinou šťavelovou. Vzniklý nerozpustný produkt ve formě definovaného hydrátu byl odfiltrován a vysušen. Ve druhém kroku byl získaný šťavelan železnatý oxidován peroxidem vodíku v přítomnosti kyseliny šťavelové za vzniku konečného produkt. Ten byl po přídavku ethanolu a ochlazený oddělen filtrací. Úloha měla i analytickou část vhodně využívající toho, že meziprodukt je definovaný hydrát. Manganometrickou titrací bylo stanoveno množství železa ve vzorku a dopočítán počet přítomných molekul vody a tedy vzorec hydrátu, který byl potřeba pro výpočet reaktantů v druhé části syntézy. S ohledem na časovou náročnost se jednalo o úlohu školního kola.

(ii) organická

Vzhledem k vybavení školních laboratoří (absence zábrusového skla a míchaček) jsou úlohy z organické syntézy výjimečné. Příkladem takové úlohy (školní kolo) byla oxidace toluenu manganistanem draselným v alkalickém prostředí (45). Následná izolace na principu acidobazické extrakce byla důležitá z toho důvodu, že byla přípravou na úlohu ústředního kola, která byla na této metodě založena (viz další text).

b) Izolace

Izolovat určitou látku je v principu možné buď z přírodního materiálu, nebo z komerčně dostupné směsi/přípravku. Zvláštní místo pak zaujímají léčiva, která obsahují účinnou složku v definovaném množství a čistotě.

(i) z přírodního materiálu

Využitelné jsou izolace látek, které jsou v přírodním materiálu přítomny v dostatečném množství. Je třeba brát ohled na dostupnost výchozí suroviny (i v závislosti na ročním období a náročnost izolace. Vhodnými látkami jsou např. kofein (z kávy nebo čaje), eugenol (hřebíček) nebo betulin (z březové kůry). Ze zřejmých důvodů nebudeme využívat chráněné druhy. Izolace z přírodního materiálu nebyla podle dostupných informací doposud v úlohách ChO využita.

(ii) z komerčního produktu

CC BY SA

Příkladem úlohy využívající izolaci chemické látky z komerčního produktu je úloha školního kola s názvem „Pitva zinko-chloridového článku“ (37). První část úlohy spočívala v rozebrání zinko-chloridového článku a izolaci katodické směsi tvořené burelem a grafitem. Navazující analytická část úlohy spočívala v manganometrickém stanovení manganu podle Volharda a důkazu amonných a zinečnatých iontů v elektrolytu.

(iii) z léčiva

Příkladem získání chemické látky z léčiva byla izolace kyseliny acetylsalicylové z Acylpyrinu (45). Úkolem bylo po rozetření a rozpuštění přípravku vyextrahovat a vykrystalizovat účinnou látku. Úloha na principu acidobazické extrakce navazovala na úlohu školního kola (oxidace toluenu manganistanem). Úlohu tohoto typu bylo možné zařadit pouze do ústředního kola, kde byla realizovaná v dostatečně vybavených laboratoří vysoké školy.

c) Analýza

S ohledem na malou náročnost na vybavení jsou kvalitativní a kvantitativní analytické úlohy[1] bez využití přístrojů v rámci ChO využívány nejčastěji.

(i) kvalitativní

Důkazové reakce – tento typ úloh je založen na důkazových reakcích, buď s využitím běžných, zpravidla srážecích činidel (činidla využívaná v rámci klasického sulfanového dělení kationtů), nebo využívá činidla specifická (alizarin, Čugajevovo činidlo apod.). Důkazové reakce je možné provádět ve zkumavkách, na tečkovací destičce nebo na filtračním papíru. Kromě malé náročnosti na vybavení je tedy výhodou i malá spotřeba chemických látek. Příkladem je úloha školního kola kategorie E (46). Soutěžící obdrželi pevné vzorky 4 neznámých anorganických látek ($K_3[Fe(CN)_6]$, $NaIO_3$, Bi_2O_3 a CuO) a s využitím poskytnutých činidel ($AgNO_3$, NH_3, $FeSO_4$, HCl, KI, škrobový maz) a plamenové zkoušky na Pt-drátku měli určit, o jaké látky se jedná.

Vzájemné reakce – tento typ úloh je velmi častý v kategorii E a je založen na vzájemných reakcích předložených neznámých vzorků. Soutěžící tedy obdrží určitý počet známých látek ovšem v neznámém pořadí. Jejich úkolem je látky identifikovat na základě vzájemných reakcí. Příkladem je úloha školního kola kategorie E (36). Soutěžící obdrželi devět očíslovaných zkumavek s bezbarvými roztoky látek (H_2SO_4, Na_3VO_4, NaOH, $Na_2S_2O_3$, $Mn(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$, H_2O_2,

[1] Nutno podotknout, že v případě některých úloh nemusí být zařazení do jedné z těchto kategorií zcela jednoznačné. Uvažujme např. úlohu, kdy máme pomocí pH papírku rozlišit a určit vzorek kyseliny, zásady a destilované vody. Buď na úlohu můžeme nahlížet jako na kvalitativní s cílem identifikovat vzorky, nebo jako na kvantitativní s cílem změřit pH vzorků.

CC BY SA

$NaIO_4$, $(NH_4)_2S$) a měli je identifikovat pouze na základě vzájemných reakcí a s využitím pH papírku, destilované vody a kahanu.

Je zajímavé, že právě popsané typy kvalitativních analytických úloh jsou příkladem **badatelsky orientovaných úloh (BOV)**. Z hlediska všeobecně akceptovaného rozlišení úrovní badatelské činnosti (potvrzující, strukturované, nasměrované a otevřené bádání[2]) se jedná o příklady nasměrovaného bádání. Soutěžícím byla předložena výzkumná otázka (Jaké látky jsou přítomné v očíslovaných zkumavkách?), ale návrh postupu důkazových reakcí a jeho realizace je již plně na nich. Podle konkrétní kombinace látek často nemusí existovat jediný postup, ale může existovat časově efektivnější varianta postupu, která potom v rámci soutěže zvýhodňuje soutěžící, kteří ji zvolili. Úlohy tohoto typu mohou být podle volby použitých látek mimořádně obtížné. Příklad 2.17 uvádí takovou úlohu, kde byla identifikace látek ještě značně ztížena tím, že byly látky ve vzorcích smíchány po dvojicích. Právem byla tato úloha jednou ze soutěžních úloh 48. IChO (48). Jinak se badatelsky orientované problémy v úlohách ChO neobjevují, zejména z důvodu jejich časové náročnosti.

Příklad 2.17 – 48. IChO, praxe, Úloha 1 (48)

You have 10 different compounds dissolved in water in 5 unknown solutions. Each numbered container contains two of the following compounds in aqueous solution (every compound is used, and each compound is used only once):

$AgNO_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $Ba(NO_3)_2$, $Fe(NO_3)_3$, KI, KIO_3, Na_2CO_3, Na_2SO_3, $MgCl_2$, NH_3

You are given HNO_3 solution, NaOH solution, hexane and the aqueous solutions of the 10 pure compounds listed above.

You can use empty test tubes and any of the liquids provided (including the unknowns) to identify the unknown samples. A funnel and filter paper can be used for separation.

Identify the compounds in the solutions **1**–**5**. Give the number of the solution that contains the individual compounds on the answer sheet. Indicate two observations caused by a chemical reaction for each compound in your unknown mixtures by giving the letter code of the appropriate observation (choose one or more from the list), and write appropriate balanced ionic equation(s) that explain the observation. At least one of the reactions has to be specific for clearly identifying the compound from this selection of unknowns.

(ii) kvantitativní

[2] V původní práci (47), kde se toto dělení objevuje poprvé, jsou použity anglické termíny *confirmation inquiry, structured inquiry, guided inquiry, open/true inquiry*.

CC BY SA

Kvantitativní analytické úlohy se dělí podle toho, zda se při jejich realizaci používá měřicí přístroj (finanční hledisko).

Bez přístrojů – jedná se o úlohy, u kterých si vystačíme s přesným odměřováním objemů (pipety, byrety, odměrné baňky), jedná se tedy o odměrnou analýzu (volumetrii, titrační stanovení) a v omezené míře o kolorimetrii. Titrační stanovení jsou v rámci ChO zdaleka nejběžnější, protože odměrné laboratorní sklo je k dispozici prakticky ve všech institucích, kde se realizují krajská kola. V minulosti se objevily úlohy založené na všech běžných typech titrací – acidobazické (stanovení obsahu kyseliny acetylsalicylové v Acylpyrinu (41)), redoxní (manganometrické stanovení počtu molekul hydrátové vody šťavelanu železnatého (34)), chelatometrické (chelatometrické stanovení složení katalyzátoru (43)) i srážecí (argentometrické stanovení halogenidů (49)). Podrobně se titračním úlohám a jejich hodnocení věnuje odst. 5.2.3.

Instrumentální – úlohy využívající měřicí přístroje jsou využitelné pouze v ústředních kolech, kdy se úloha realizuje na půdě vysoké školy, která má k dispozici potřebně vybavení. Instrumentální analytické úlohy nejsou v rámci ChO časté a byly z oblasti potenciometrie (kombinované potenciometrické a konduktometrické stanovení směsi HCl a CH_3COOH vedle sebe (50)). Na 38. IChO využívala jedna úloha spektrofotometrii (chromatografie organických barviv na reverzní fázi se spektrofotometrickou detekcí (51)). Úloha byla výjimečná tím, že každý (!) soutěžící měl k dispozici vlastní kompaktní spektrofotometr s notebookem.

d) Charakterizace

Charakterizace chemické látky představuje stanovení veličiny, která popisuje její vlastnosti nebo reaktivitu. Může se jednat např. o stanovení teploty tání, rozpustnosti, disociační konstanty, molárního absorpčního koeficientu, rychlostní konstanty apod. Způsobem stanovení hodnoty příslušné veličiny se může jednat o některou dříve uvedenou analytickou techniku (titrace, spektrofotometrie atd.). Tyto úlohy nejsou v rámci ChO časté, příkladem bylo stanovení Michaelisovy konstanty katalasy (52).

Úlohy tohoto typu jsou častější v rámci IChO. Zajímavým příkladem je jedna z praktických úloh 41. IChO (48), protože se velmi výjimečně jednalo o badatelsky orientovanou úlohu. Soutěžící byli v úvodu seznámeni s pojmem kritická micelární koncentrace, měli k dispozici elementární vybavení pro ředění roztoků, konduktometr a milimetrový papír. Samotné zadání pak bylo velmi krátké:

> „Dostali jste vzorek cca 4,3 g SDS[3], přesně odvážený v lahvičce; dále 250 cm^3 odměrnou baňku, 50 cm^3 byretu, nedělenou pipetu 50 cm^3,

[3] SDS = *n*-dodecylsulfát sodný (surfaktant)

CC BY SA

konduktometr, vodivostní standard (roztok určený pouze ke kalibraci) a vysokou plastovou nádobu. Máte za úkol stanovit *kritickou micelární koncentraci SDS* tak, že proměříte vodivost roztoků (σ, v jednotkách μS cm^{-1}) při různých koncentracích SDS do c = 30 mmol dm^{-3}."

V tomto případě se jednalo o přechod mezi strukturovaným a nasměrovaným bádáním, protože byl nastíněn postup, ale jeho přesné navržení a provedení bylo už úkolem soutěžících.

e) Demonstrace

Demonstrační úlohy jsou pro ChO poněkud netypické, poprvé se úloha tohoto typu objevila v roce 2016 v kategorii A (43). Právě proto, že se z pohledu vývoje soutěže jedná o novinku, je úloha uvedena v nezkrácené podobě. Motivace zařazení demonstrační úlohy do praktické části školního kola je uvedeno v textu zadání.

Příklad 2.18 – 53A, ŠK, Úloha 2 (43)

Katalytická oxidace amoniaku – dobrovolný demonstrační experiment

Katalytická oxidace amoniaku vzdušným kyslíkem je prvním krokem Ostwaldova procesu syntézy kyseliny dusičné. Ta představuje jednu z těžních tekutin moderního chemického průmyslu. Její produkce je vázána na Haber-Boschovu syntézu amoniaku z prvků. Technologické zvládnutí těchto průmyslových procesů vyústilo nejen k udělení několika Nobelových cen, ale doslova ovlivnilo moderní historii v globálním měřítku.
Tato praktická úloha je dobrovolná. Dává ti příležitost ukázat spolužákům krásný chemický experiment, který je analogií jedné z nejdůležitějších chemických výrob a ukazuje, jak chemie ovlivnila chod dějin.

Princip:
Katalytické procesy v průmyslu využívají takových katalyzátorů, které při svojí ceně a požadovaných pracovních parametrech vedou k ekonomickému optimu, tedy co nejlevnější výrobě příslušného produktu. Pro katalytickou oxidaci amoniaku vzdušným kyslíkem se využívají síta ze slitiny platiny s 10 % rhodia:

$$4\ NH_3 + 5\ O_2 \xrightarrow{Pt/Rh} 4\ NO + 6\ H_2O$$

Oxidaci amoniaku vzdušným kyslíkem katalyzována řadou dalších látek. Např. zelený oxid chromitý, za laboratorní teploty nereaktivní zelený prášek, který se používá jako zelený pigment. Po zahřátí do červeného žáru se však stává účinným katalyzátorem oxidace amoniaku! Ve školní laboratoři se dá sehnat určitě snáz, než slitina platiny a rhodia. V ideálním případě ho má váš učitel chemie v lahvičce. Pokud ne, mohl by mít k dispozici dichroman amonný, ze kterého se dá jiným efektním experimentem připravit[4]. Jeho výhodou pro demonstrační účely je i to, že místo jedovatého oxidu dusnatého vzniká neškodný dusík[5]:

[4] Zeptejte se ho, je to známý pokus „sopka" – tepelný rozklad dichromanu amonného na potřebný oxid chromitý, dusík a vodní páru.
[5] *J. Chem. Educ.* **2000,** *77* (2), 177.

CC BY SA

$$4\ NH_3 + 2\ O_2 \xrightarrow{Cr_2O_3} 2\ N_2 + 6\ H_2O$$

Pokyny:

1. Všichni řešitelé ChO kategorie A se ve třídě domluvte, jak experiment provedete, kdo bude předvádět, kdo bude povídat.
2. Experiment si ve spolupráci s učitelem chemie vyzkoušejte několikrát předem, ať máte jistotu, že se všechno povede. *Dbejte jeho pokynů týkajících se bezpečnosti práce.*
3. Připravte si minipřednášku, kde stručně a poutavě vysvětlíte:
   a) obrovský význam syntézy amoniaku a kyseliny dusičné, co všechno se z těchto látek vyrábí (hnojiva, barviva, léčiva a výbušniny),
   b) jak zvládnutí Haber-Boschovy syntézy ovlivnilo průběh 1. světové války,
   c) jak produkce umělých dusíkatých hnojiv vedla nejprve k nakrmení a následně přelidnění naší planety.
4. Proveďte experiment před vaší třídou. Ideální je pozdější hodina, kdy už bude trochu šero, nebo pokud můžete využít zatemnění.
5. Vysvětlete podstatu experimentu, co bylo vidět a čím to bylo způsobené.
6. V případě úspěchu zopakujte experiment ještě jednou ☺

Pomůcky:

- velká baňka s kulatým dnem a zátka, nebo 3l láhev od okurek s víčkem
- spalovací lžička
- plynový kahan a sirky
- nehořlavá podložka
- ochranné brýle

Chemikálie:

- koncentrovaný roztok amoniaku
- oxid chromitý (nebo dichroman amonný)

Pracovní postup:

1. Do baňky nebo do láhve od okurek nalijte asi 20 ml koncentrovaného roztoku amoniaku. Baňku/láhev zazátkujte/zavíčkujte a točte s ní tak, aby se roztok rozlil po stěnách a došlo k nasycení nádoby amoniakem. Postavte ji na nehořlavou podložku.
2. Na spalovací lžičku naberte trochu oxidu chromitého a v plameni kahanu ho rozpalte do rudého žáru. Jednou rukou otevřete nádobu s amoniakem a druhou rukou vsuňte do nádoby lžičku s rozpáleným oxidem – pozorujte efektní chemickou reakci!

Z citovaných příkladů konkrétních úloh je zřejmé, že některé kategorie úloh se mohou překrývat a naopak, že mnohé úlohy se mohou skládat z více než jedné kategorie. Uvedené třídění nechť je inspirací budoucím autorům k vytváření zajímavých praktických úloh.

CC BY SA