

Čo je v anorganickej chémii najdôležitejšie

prof. Ing. Karol JESENÁK, PhD.

Katedra anorganickej chémie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského,

Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

jesenak@fns.uniba.sk

Úvod

Otázka v názve tohto príspevku sa môže zdať niekomu celkom zaujímavá, avšak všeobecná odpoveď na ňu bez nejakej jej bližšej špecifikácie neexistuje. Prirodzene záleží na tom, kto sa na to pýta alebo presnejšie, z akého hľadiska posudzovať túto dôležitosť. Iný názor na to môže mať napríklad stredoškolský učiteľ chémie, vysokoškolský učiteľ chémie alebo fyziky, riaditeľ chemického podniku alebo vedecko-výskumný pracovník pôsobiaci v nejakom špecializovanom odbore.

V súvislosti so zameraním tohto seminára však primárnu úlohu zohráva práve názor stredoškolských učiteľov chémie. Z tohto pohľadu je odpoveď na túto otázku takmer jasná. Dôležité je to, čo je uvedené v učebniciach. Už bez ohľadu na nejaké odchýlky, obsah dobrých učebníc chémie sa v priebehu dlhého obdobia nemusí veľmi líšiť. Výber ich tém prešiel dlhodobou optimalizáciou zohľadňujúcou aj spätnú väzbu od pedagogických a chemických špecialistov a zároveň učiteľov a žiakov. Jeho cieľom bolo poskytnúť študentom základné informácie z chémie bez ohľadu na ich budúce profesionálne alebo študijné zameranie.

Dôležitosť z pohľadu „množstva“

Pokúsme sa však zúžiť otázku v názve a spýtajme sa, či možno rozhodnúť, ktoré z anorganických látok sú najdôležitejšie, alebo ešte viac, o ktorých pevných anorganických látkach (rozumej látky existujúce pri bežných teplotách a tlakoch v pevnom skupenstve) to možno tvrdiť. Zasa však platí to isté ako v predchádzajúcom prípade. Diskutovať o dôležitosť nejakej látky bez jasnej špecifikácie jedného alebo viacerých kritérií, na základe ktorých takéto hodnotenie robíme, nemožno. Taktiež aj obyčajné porovnávanie niekoľkých látok výrazmi „lepší“, „horší“, „zlý“ alebo „dobrý“ bez takejto špecifikácie je nezmyselné.

Predtým, ako si však zvolíme nejaké kritérium dôležitosť, mali by sme si však uvedomiť, že anorganické látky v pevnom skupenstve reprezentuje veľmi široké spektrum jednak čistých chemických látok a ich zmesí, ale tiež rôznych kompozitných materiálov (a taktiež ich zmesí). Významná časť z nich pripadá na látky prírodného pôvodu. Preto sa táto otázka týka chémie, geológie, fyziky a aj iných vedných odborov.

Kritérií pre hodnotenie významnosti anorganických látok je mnoho. Už bez ohľadu na to, z akého pohľadu sa na to dívame, jedno z nich ignorovať nemôžeme. Je ním vyrobené alebo spracovávané množstvo. Je nepochybné, že toto množstvo aspoň na prvých priečkach takto chápanej významnosti súvisí s hmotnostným zastúpením anorganických látok v zemskej kôre. Z toho práve plynie, že toto kritérium sa týka aj geológie. Minerály a horniny sú síce primárne doménou tejto vednej disciplíny, avšak zároveň sú aj najvýznamnejšími surovinami pre chemický a stavebný priemysel. Tu stojí za zmienku, že výroba veľkej časti stavebných produktov je založená na využití chemických reakcií, takže neexistuje jasná deliaca čiara medzi stavebným a chemickým priemyslom. „Odbaviv“ fakt, že tehly, betón alebo pórobetón patria do stavebného a nie chemického priemyslu, čo je iste pravda, je dosť nerozumné. To, že niektoré z týchto produktov sa vyrábajú viac ako dvetisíc rokov, nie je argumentom na ich ignorovanie, ale práve naopak, na zdôraznenie ich významu. Taktiež pohľad na negramotného domorodca, ktorý ešte dnes manuálne vyrába tehly alebo keramiku niekde v Indii alebo v iných častiach sveta, by nemal v nás vyvolávať povýšenecké pohrdanie s dôsledkom

nezájmu o chemickú podstatu ich surovín a o fyzikálno-chemické deje prebiehajúce pri ich výrobe. Pretože ťažba a spracovanie primárnych anorganických surovín je spojená s významnými zmenami životného prostredia, je toto kritérium zároveň dôležité aj pre environmentálne vedné disciplíny.



Obr. 1 Na hornom obrázku je kremenný piesok, na dolnom je pórovitá syntetická forma oxidu kremičitého (SiO_2 -aerogél). Chemické zloženie oboch látok je takmer identické. S produktmi vyrábanými z piesku sa stretávame každý deň, druhú látku väčšina ľudí nikdy v ruke nedržala. Autor tohto textu o druhej látke napísal niekoľko vedecko-populárnych článkov, o piesku však žiaden. Na tomto príklade vidno, že popularizácia vedy niekedy naruby prevracia skutočný význam niektorých látok.



Obr. 2 Jeden z mnohých lomov na Slovensku, v ktorých sa ťažia ohromné množstvá vápenca, ktorý sa chemickou cestou spracováva v závode nachádzajúcom sa v jeho bezprostrednej blízkosti. Podobne je to aj s magnezitom. Väčšiu popularitu ako obe horniny s nesmiernym hospodárskym významom má však v súčasnosti niekoľko milimetrový nový slovenský minerál dobšínait. Tým však nechcem nijak znižovať zásluhy na jeho objavení.



Obr. 3 Bauxit, hlavná surovina pre výrobu hliníka. Aké sú jej hlavné zložky nie je iba otázkou pre geológov. Mala by zaujímať aj chemikov, pretože cesta, ktorou z nej získame oxid hlinitý na výrobu tohto kovu, využíva najmä metódy chemické. Nič na tom nemení fakt, že na Slovensku sa dnes už hliník vyrába iba z Al_2O_3 . V minulosti to však tak nebolo.

Prečo znova poukazovať tento problém

Predchádzajúce tvrdenia nie sú žiadnymi novými myšlienkami a preto je namieste opýtať sa, prečo sa k nim znova vracat'. Súvisí to s dvoma otázkami, ktoré som počas posledných rokov adresoval budúcim stredoškolským učiteľom chémie v poslednom roku ich štúdia na univerzite. Prvá: „Aké anorganické suroviny sa ťažia na Slovensku?“ Druhá „Čo si myslia, o tom, ktoré z nich sa spracovávajú chemickými metódami“. Druhá otázka sa ukázala byť zbytočná, pretože takmer jednotná reakcia na prvú otázku bola, že o tejto ťažbe nemajú ani tušenia. Z tohto „prieskumu“ nevychádzajú lepšie ani mnohí dobrí študenti posledných ročníkov so špecializáciou na anorganickú chémiu, ktorí na otázku o najvýznamnejšom produkte priemyselne vyrábaného z vápenca odpovedajú protiotázkou: „Vápnik?“. O hliníku (niekedy) vedia, že sa vyrába z bauxitu, avšak jeho hlavné zložky nepoznajú. Niekedy majú na to „ideologické“ zdôvodnenie: jedná sa predsa o geológiu. Predsa ak redukuje výrobu hliníka na elektrolytické tavenie oxidu hlinitého, čo je dosť častý prípad „nepoškrvnenia“ chémie geológiu, nevieme o tejto výrobe takmer nič. Toto „nepoškrvňovanie chémie geológiu“ má (nielen) v tomto prípade jeden nedostatok. Totiž cesta od bauxitu k oxidu hlinitému je cestou najmä chemickou. Ak ju ignorujeme, zbavujeme sa aj možnosti poukázať na environmentálne problémy spojené s touto fázou výroby. Našťastie, alebo skôr bohužiaľ, nemusíme pre ich hľadanie opustiť hranice Slovenskej republiky.

Nedovolím si robiť hlbšie závery z vyššie spomenutých odpovedí na základe vzorky zahrňujúcej niekoľko desiatok študentov. Je však isté, že sa nejedná o nejaký výnimočný jav. Pozitívne však je, že väčšina z nich o odpovede na ne prejavila úprimný záujem. V súvislosti s týmto stavom vecí sa však vynárajú dve otázky. Prvá, ako sme sa my prírodovedci k tomu stavu dopracovali a druhá, aký návod odporúčať na jeho riešenie.

Čo sa týka prvej otázky, sú príčiny tohto stavu aspoň u študentov chémie jasné. V súčasných učebniciach chémie akcent na kritérium ťaženého alebo vyrobeného množstva popri iných témach zaniká. Veľkú zásluhu na vzdelávaní a všeobecnom vzdelaní laickej verejnosti má aj popularizácia v oblasti prírodných vied. Tá sa však zväčša orientuje na „módne trendy“. V anorganickej chémii je tých tém viacero. V geológii a mineralógii sú to zvyčajne najnovšie objavené minerály. Pri všetkej úcte k ich atraktívnosti a zároveň veľmi problematického porovnávania novoobjavených minerálov a nových syntetických látok (čo do počtu vysoko prekračujúceho počet minerálov), sú z hľadiska využívaného množstva obe skupiny látok takmer bezcenné. Rozdiel napríklad desiatich rádov vo vyrobenom alebo spracovávanom množstve týchto látok, k takémuto tvrdeniu určite oprávňuje.

Jedno z možných riešení

K druhej otázke: „Aké ponúknuť riešenie“. Pri objavení sa nejakého problému týkajúceho sa určitých nedostatkových znalostí študentov, sa často reaguje návrhom na vytvorenie nejakých nových kurzov alebo akcentom na potrebu napísania nejakých nových učebníc alebo publikácií. (Nebudeme tu komentovať prípad, keď primárnym dôvodom nie je ani riešenie problému, ale získanie nejakých „grantových peňazí“.) Sú to síce racionálne formy riešenia problému, avšak často zbytočne rozširujú už aj tak predimenzovaný počet predmetov a kurzov na školách.

Pri probléme „o netušení o ťažbe anorganických surovín“ je tu však aj iné, omnoho jednoduchšie riešenie. Moja bezprostredná reakcia na toto priznanie budúcich učiteľov chémie bola otázka, či si myslia, že je dôležitejšie vedieť správnu chemickú značku irídia alebo názov nejakej komplikovanej komplexnej zlúčeniny, alebo mať aspoň nejaké orientačné vedomosti o ťažbe a spracovaní desiatich najdôležitejších anorganických surovín. Som presvedčený, že táto otázka je postačujúcim impulzom k riešeniu tohto problému. Ťažko totiž očakávať, že na túto otázku bude niekto odpovedať kladne. Teda negatívna odpoveď je dostatočným popudom pre nejakú vlastnú iniciatívu. Snáď malou pomocnou radou by bolo

všimnúť si, čo sa to vlastne ťaží v neďalekom lome a čo sa z tohto „kameňa“ vyrába v blízkom závode. A zároveň pre vytvorenie si širšej predstavy o rozsahu ťažby anorganických surovín je dobré sa napríklad pozrieť na satelitnú mapu Slovenska s obrovskými bielymi jazvami ukazujúcimi miznutie veľkých častí našich pohorí. „Čísla“, teda objem tejto ťažby, nie sú až tak dôležité. Dôležitá je aspoň približná predstava o rozsahu tejto ťažby. (Tu je potrebné poznamenať, že rozdiel medzi Slovenskom a „svetom“, aspoň čo sa týka hlavných nerudných surovín, ktoré sa zväčša ťažia povrchovo, je pomerne malý.) Pri väčšom záujme o túto tému sú k dispozícii verejne prístupné elektronické publikácie. (Ich titulné strany ukazujú obrázky.)

Takže môžeme sa nadchnúť napríklad tvarom nejakej nanočastice na snímke z elektrónového mikroskopu, alebo niekoľko milimetrovým dobšínaitom, posledným novoobjaveným minerálom na Slovensku, avšak nemať ani tušenia o ťažbe a spracovaní napríklad vápenca, dolomitu, magnezitu, ílov, kremenných pieskov a zeolitu a o ich obrovskom hospodárskom význame a s ňou súvisiacimi environmentálnymi problémami, je neprijateľné už z akéhokoľvek pohľadu.



Obr. 4 Dve publikácie voľne prístupné na stránkach PRIF UK, z ktorých si možno urobiť pomerne dobrú predstavu o najvýznamnejších anorganických surovinách na Slovensku. Obe sú k dispozícii na tejto adrese: <<https://fns.uniba.sk/jesenak>>

Iná dôležitosť: nie anorganická látka, ale pracovisko

Obsah tohto príspevku oprávnené môže viesť k záveru, že jeho autor namiesto propagácie najnovších výdobytkov chémie, sa zameriava na témy, na ktorých takmer nič nie je nové. Pravda je však taká, že fakty o dôležitosti uvedených látok sú síce staré, nová je však asi tá neinformovanosť.

Máme tu však aj ďalší pohľad na dôležitosť. Tento nie je ani nadradený ani podradený tomu prvému, avšak väčší význam by mohol mať u tých žiakov, ktorí sa chcú venovať chémii aj po ukončení strednej školy a prípadne aj po ukončení školy vysokej. Týka sa moderných syntetických látok. Tu sa musíme zmieriť s tým, že zaoberať sa otázkou, ktoré z tých miliónov nových sú najdôležitejšie, nemá žiaden zmysel. Dokonca získať aspoň približnú predstavu o tom, čo je v anorganickej chémii perspektívne z pozície žiaka alebo študenta, je takmer nemožné. V takom prípade si však môžeme položiť inú otázku, kto sa na Slovensku zaoberá výskumom tých naozaj perspektívnych látok. Zmysel tejto otázky spočíva v tom, že presúva tento výber na niekoho, kto je to kompetentný posúdiť omnoho lepšie na základe svojich mnohoročných skúseností.

Tu sa do „konkurzu“ môže prihlásiť už iba relatívne malý počet pracovísk. Bez akejkoľvek diskusie tým najdôležitejším je dnes Laboratórium pokročilých materiálov Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave (PRIF UK). Je známe pod skratkou LAM podľa anglickej verzie jeho názvu „*Laboratory for Advanced Materials*“. Toto pracovisko vzniklo 1. septembra 2018 vďaka podpore Európskej únie, konkrétne Európskej Komisie v rámci programu Horizon 2020. LAM sa buduje pod vedením mimoriadne schopného a kvalifikovaného odborníka doktora Milana Sýkoru, absolventa PRIF UK, ktorý štúdium ukončil na Katedre anorganickej chémie v roku 1990. Pôsobil takmer 30 rokov na rôznych renomovaných univerzitách a výskumných inštitúciách v USA. Výskum v LAMe sa v súčasnosti orientuje na tri okruhy hlavných tém, ktorými sú tzv. kvantovo obmedzené anorganické nanokryštály, nanografény a perovskity. Všetky patria do takzvaného materiálového výskumu. Stručná informácia o tomto výskume a o týchto látkach presahuje rámec tohto príspevku, avšak v blízkej budúcnosti sa pokúsime o nich informovať nejakou prístupnou formou na rôznych internetových stránkach vrátane stránky LAMu.

Dôležité je však v tomto prípade iné a síce, že kvalitou svojho odborného vedenia, kvalitou jeho medzinárodného mladého tímu, jeho experimentálnym vybavením a financovaním jeho výskumu, výrazne prevyšuje všetko, čo sme doteraz mali na Slovensku k dispozícii. Za mimoriadnu pozornosť však stojí aj niečo veľmi podstatné a to je etika komunikácie v rámci tohto kolektívu. Nemusíme si zatvárať oči, naše vysoké školy sú aj priestorom rôznych nepríjemných sporov, malicherných šarvátok, zlých medziľudských vzťahov a aj nezdvorného a neslušného správania. „Vítazi“ týchto sporov nemusia byť práve tí, ktorí posúvajú náš výskum a vzdelávanie vpred.

Význam týchto informácií o LAMe je mimoriadny aj pre stredoškolských učiteľov chémie. Hovoria totiž aj o tom, že dobrí študenti po skončení vysokoškolského štúdia nemusia vždy riešiť tú istú dilemu rozhodovania sa medzi dobrým vzťahom ku Slovensku a lepšími podmienkami vedeckého výskumu v zahraničí. Zároveň ešte dôležitejšie je to, že budú mať možnosť prispieť k pokračovaniu práve zahájenej tradície kvalitatívne odlišného prístupu k vede a k vzdelávaniu a to naozaj nie je maličkosť. Za šírenie tohto posolstva medzi žiakmi stredných škôl bude autor týchto riadkov účastníkom tohto seminára veľmi vdáčný.



Obr. 5 Laboratória LAMu sa nachádzajú v novej budove Vedeckého parku Univerzity Komenského v Bratislave. Ten je v bezprostrednej blízkosti komplexu budov Prírodovedeckej fakulty UK. Internetovú stránku Laboratória pokročilých materiálov Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave možno nájsť na tejto adrese: <<https://fns.uniba.sk/lam>>

Pod'akovanie

Ďakujem RNDr. Milanovi Sýkorovi, PhD, vedúcemu pracoviska LAMu, za pripomienky a celkovú ústretovosť.

Poznámka

Autor obrázkov: K. Jesenák