

Quark

Magazín o vede a technike

3/2024
2,50 €

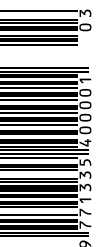
Vejáre
na úpätiach

Keď vzorec
nestačí

Hrozba
na displeji



KÚZLA
VEDECKÝCH
HRAČIEK



Ked' VZOREC nestačí

Na čo sú chemikom názvy minerálov? Nestačia im názvy, ako sú napríklad oxid sírový (SO_3), kyselina dusičná (HNO_3) alebo tetrahydrogentelúran lítový ($\text{Li}_2\text{H}_4\text{TeO}_6$)?

Pozrime sa na grafit a diamant. Pri oboch ide o uhlík, takže s ich chemickým vzorcom sa trápiť nemusíme. Tvorí ho chemická značka uhlíka, ktorá však takmer nič nehovorí o tom, aké sú to látky.

OD GEOLÓGIE K CHÉMII A NAOPAK

V prvom prípade je to lacná, mäkká, šedočierna látka, v druhom drahá, tvrdá a transparentná, s vysokým indexom lomu. Ich rozdielne vlastnosti spôsobujú odlišné štruktúry a typ väzieb medzi atómami uhlíka. Obe sú známe ako minerály, ale možno ich pripraviť aj umelo. *Nárok* na oba tieto názvy majú teda tak geológovia, ako aj chemici.

Platí to aj v mnohých iných prípadoch. Látky, ktoré boli najskôr známe iba ako minerály, neskôr pripravili chemici. Platilo to predovšetkým o drahokamoch, pričom dôvodom bola náhrada drahých prírodných kameňov určených na výrobu šperkov. No ani náhodou to nebolo len na tento účel. Napríklad syntetický rubín sa už od roku 1960 využíva pri generovaní laserových lúčov.

Podobne ako s diamantom a grafitom je to aj s inými látkami, pri ktorých jed-

nému chemickému vzorcu prislúcha viac minerálov s rôznou štruktúrou, takže aj v tomto prípade sú chemici odkázaní na názvy minerálov. Typickým príkladom je oxid kremičitý, ktorý sa vyskytuje, alebo ho možno umelo pripraviť, v podobe rôznych minerálov, napríklad kremeňa, tridymitu, cristobalitu, coesitu a stišovitu. Ďalším je uhličitan vápenatý, ktorý sa vyskytuje vo forme kalcitu kryštalizujúceho v trigonálnej a aragonitu v ortorombickej sústave.

KALCIT A UHLIČITAN VÁPENATÝ

Ked' sa pozrieme do encyklopédií alebo atlasov minerálov, zistíme, že kým chemici *berú* geológom názvy minerálov, geológovia zasa používajú ich chemické vzorce. Sú pri názve každého minerálu, pretože je potrebné vyjadriť *ich* zloženie a chemické vzorce sa na to hodia veľmi dobre. Napríklad korundu je priradený vzorec Al_2O_3 , ktorý zodpovedá oxidu hlinitému. Pri kremeň je to SiO_2 , čo je oxid kremičitý, a pri kalcite CaCO_3 s chemickým názvom uhličitan vápenatý. Všetky tieto vzorce prislúchajú v chemických laboratóriách zvyčajne bielym práškom, no príslušné minerály môžu byť rôznofarebné. Napríklad rubín je červená varieta korundu. Pri zafíre, inej drahokamo-

vej variete korundu, je spektrum sfarbení väčšie – poznáme bezfarebný, žltý, červený, ružový alebo modrý.

Všeobecný záver je, že farby minerálov, ako aj ich iné vlastnosti, sa spravidla odlišujú od vlastností látok s chemickým zložením vyjadreným príslušným vzorcom. Uvedené odlišnosti sú spôsobené prímiesami, ktoré sa vo vzorcoch neuvádzajú. Napríklad v prípade rubínu ide o malé množstvá chrómu, ktoré môžu tvoriť približne 0,2 až 2,2 hmotnostného percenta. Čím je jeho obsah väčší, tým je aj sýtosť farieb väčšia. V rámci tohto rozsahu môže mať ružové až tmavočervené sfarbenie. V prípade korundu majú jeho farebné variety špeciálne názvy. Pri kremeň sú to napríklad záhnedá, ruženín, ametyst a citrín. Väčšinou to tak však nie je, napríklad v prípade fluoritu (CaF_2).

Mnohé látky, ktoré boli najskôr známe iba ako minerály, neskôr pripravili chemici, prípadne fyzici. V učebniciach chémie sa k názvom minerálov postupne pridávali názvy nových látok. V prípade uhlíka sa k diamantu a grafitu pripojili grafén, fullerény či uhlíkové nanorúrky. V súvislosti s ich farbou alebo optickými vlastnosťami je potrebné poznamenať, že nie vždy ich musia spôsobovať prímiesi.

ČISTOTA NADOVŠETKO

V chémii takmer vždy platí, že čistota chemikálií patrí medzi priority pri syntéze nových látok. Preto občas chemici hľadajú zvrchu na



Častou laickou predstavou je, že hlavnou formou výskytu minerálov sú pekné veľké kryštály, podobné tomu na obrázku. Opak je pravdou. Zväčša sú vo forme nie veľmi atraktívnej hmoty, ktorú môžu tvoriť aj obyčajné zrná a prášky. (Na obrázku je minerál antimonit.)



Zvyčajnou primárnou formou chemikálií v pevnom skupenstve sú homogénne prášky. Tie takmer nikdy nemôžu v krásu konkurovať zodpovedajúcim minerálom v zbierkach prírodopisných múzeí. Na obrázku je jemnozrnná forma oxidu kremičitého.



Na obrázku sú rôznofarebné kryštály minerálu fluorit, ktorého chemické zloženie vyjadruje vzorec CaF_2 . No chemická látka s týmto zložením je tvorená bezfarebnými zrnami alebo bielym práškom. Fluorit je kuriozitou, pretože z jeho názvu je odvodený aj výraz fluorescencia, ktorý už rozhodne nie je iba geologickým termínom.

anorganické materiály prírodného pôvodu. Niekedy sú však prímеси cudzorodých látok v mineráloch také malé, že by mohli konkurovať veľmi čistým chemikáliám. Mätúce na mineráloch je to, že pri niektorých aj malé množstvá týchto prímеси, napríklad na úrovni jednotiek alebo desiatok atómov pripadajúcich na milión atómov ich hlavnej štruktúry, môžu spôsobovať veľký farebný posun.

V chémii cena látok prudko stúpa s ich čistotou. Pri mnohých bežných látkach s nečistotami na úrovni niekoľkých percent sa ich cena zvyšuje s výrazným znížením ich obsahu napríklad milión alebo aj viacrát. Vo všeobecnosti nečistoty nemusia byť nežiaducou prímесou jedinej hlavnej látky, ale kompozitného materiálu pozostávajúceho z viacerých zložiek, napríklad konštrukčnej keramiky, kde prítomnosť prímеси môže výrazne zlepšovať jej vlastnosti.

NAJDRAHŠIE NEČISTOTY

Pri anorganických surovinách prírodného pôvodu je obsah nežiaducich prímеси zväčša nevýhodou, pretože zvyšujú náklady na separáciu hlavnej zložky. V mnohých prípadoch ich môžu úplne diskvalifikovať pre určité využitie. Paradoxom však je, že niekedy je obsah nečistôt veľmi vítaný a práve nečistoty zvyšujú ich ceny do závratných výšok. Dobrým príkladom sú niektoré drahokamy, napríklad už spomenutý rubín, iným sú diamanty. Najvzácnejšie diamanty sú zelené, červené, fialové a oranžové. Ich farbu spôsobujú malé prímеси dusíka a síry. Za modré sfarbenie zodpovedá bór v koncentráciách na úrovni niekoľkých desiatin až jednotiek ppm.

Samozrejme, aj chemici a fyzici majú svoje *supernečistoty*, napríklad v polovodičoch. Takže ani v jednom prípade si ten znevažujúci názov nezaslúžia. Ten sa totiž používa skôr na označenie takých nežiaducich látok, ktoré vlastnosti tej hlavnej poškodzujú.



Natrolit patrí medzi minerály zo skupiny zeolitov vyskytujúce sa v prírode. Jeho vzorec $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ nám veľa o jeho štruktúre a vlastnostiach nehovorí. Tie sú pri zeolitoch také výnimočné, že chemici si začali syntetizovať vlastné zeolity pre rôzne špeciálne potreby. Výsledkom je, že je ich omnoho viac ako tých, ktoré nájdeme v prírode.

NÁZVY A CHEMICKÉ VZORCE

Chemické zloženie mnohých minerálov je jednoduché, a preto im zodpovedajú aj jednoduché chemické vzorce ako HgS (cinabarit), As_2O_3 (claudetit) alebo CuS (covellit). Vzorce väčšiny minerálov sú však komplikované a priradiť im chemický názov nemusí byť jednoduché. A keby sme to aj dokázali, späť z neho identifikovať ich chemické zloženie by bolo pre väčšinu z nás ešte komplikovanejšie. Neveríte? Skúste to: $\text{Cu}_9(\text{AsO}_4)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{10}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Vzorec zodpovedá minerálu parnauit.

V Európe najpoužívanejšia tzv. Nickellova-Strunzova klasifikácia minerálov delí neorganické minerály do desiatich tried



Syntetický rubín (väčší rozmer vzorky je 3 cm)



Syntetický zafír (vzorka má priemer 4 cm)

na základe dominantného aniónu. Sú v nej napríklad triedy sulfidov (anión S^{2-}), oxidov (O^{2-}), halidov, karbonátov, borátov, silikátov a fosfátov. Niektoré triedy zahŕňujú minerály s rôznymi aniónmi, takže z ich názvu logicky nevyplýva, aké typy minerálov sa v nich nachádzajú. Napríklad v triede oxidov nájdeme aj hydroxidy, arzenitany, antimonitany, jodičnany a ďalšie. Hlavné triedenie minerálov súvisí s tým, že minerály so spoločným aniónom sa často vyskytujú v geologickom prostredí spoločne. Ďalšie delenie jednotlivých tried je veľmi komplikované, no v nich majú zvláštne postavenie silikáty a boráty delené podľa ich štruktúry. Väčší význam majú silikáty, z ktorých väčšina minerálov má komplikovanú polymérnu štruktúru tvorenú zoskupeniami SiO_4 tetraédrov, prípadne aj Al_2O_3 oktaédrov. V nich môžu byť tetraédre navzájom izolované, tvoriť menšie zoskupenia alebo lineárne, rovinné, prípadne priestorové siete.

Všeobecne platí, že prvkové zloženie týchto minerálov je fádne, ich štruktúrne variácie sú však veľké. O nich ich chemické vzorce takmer nič nehovoria. Ako príklad možno uviesť vzorec zeolitu stilbit, silikátu s priestorovou štruktúrou – $\text{NaCa}_2\text{Al}_3\text{Si}_{13}\text{O}_{36}\cdot 14\text{H}_2\text{O}$ alebo vzorec skupiny slúd so spoločným názvom cinvaldit – $\text{K}(\text{Li}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH}, \text{F})_2$. Kto by si trúfol vytvoriť z nich chemické názvy, prípadne aj predstavu o tom, aké sú to látky? (Mimochodom, tá druhá je v súčasnosti strategickou surovinou pre výrobu lítia do batérií.) Existujú však aj tzv. kryštalochemické vzorce, ktoré nám môžu povedať viac, no tie by väčšinu z nás odradili ešte viac. Tu je príklad pre jeden z ílových minerálov illit – $\text{K}_{0,89}(\text{Al}_{1,85}\text{Fe}_{0,05}\text{Mg}_{0,10})(\text{Si}_{3,20}\text{Al}_{0,80}\text{O}_{10})(\text{OH}_2)_2$.

Text a foto prof. Ing. Karol Jesenák, CSc.