

Československé kryštalografické názvoslovie

SLAVOMIL ĎUROVIČ¹, BORIS GRUBER², PAVEL FEJDI³, LUBOMIR ŽÁK⁴

¹Ústav anorganickej chémie CCHV SAV, Dúbravská cesta, 842 36 Bratislava

²Katedra matematickej fyziky MFF UK, Malostranské nám. 2/25, 118 00 Praha

³Katedra mineralógie a petrológie PF UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

⁴Katedra mineralógie, geochemie a kryštalografie PF UK, Albertov 6, 128 43 Praha

(Doručené 3. 6. 1988)

Problémy kryštalografického názvoslovía spôsobuje predovšetkým to, že kryštalografia je interdisciplinárna veda a jej výsledky slúžia viacerým vedným odvetviám, ako je fyzika, chémia, mineralógia, metalurgia, náuka o materiáloch a pod. Jednotlivé kryštalografické termíny, ktoré pochopiteľne podliehajú historickému vývoju, sa v každom štádiu preberajú do príbuzných odvetví a často sa nezmenené používajú bez ohľadu na ďalší vývoj samotného pojmu v rámci profesionálnej kryštalografie. Dôsledkom je kuriózný stav, že súhrn kryštalografických pojmov používaný v nekryštalografických publikáciách nie je jednotný a táto nejednotnosť sa časom skôr zväčšuje, než znižuje. A tak sa často i v novších učebniciach a publikáciách stretávame s kryštalografickými termínmi, ktoré sú dávno prekonané.

V snahe čeliť takémuto vývoju sa pri Odbornej skupine pre štúdium štruktúry materiálu ionizačným žiarením Komisie jadrovej techniky pri Českej rade ČSVTS vytvorila názvoslovná komisia, ktorej úlohou je docieľiť, aby kryštalografické názvoslovie užívané v čs. odbornej literatúre zodpovedalo súčasnému stavu. Členmi komisie sú poprední profesionálni kryštalografi, aktívne pôsobiaci v čs. vedeckovýskumných inštitúciách a na katedrách vysokých škôl so zameraním na fyziku, chémiu, mineralógiu, náuku o materiáloch, ako aj dvaja jazykóvi poradcovia.

Na rozdiel od tradičnej formy publikácií o terminológii (heslo — definícia) sme zvolili štýl voľného textu — výsledok práce názvoslovnej komisie má teda formu miniučebnice, kde každá kapitola podáva relevantný pojmový aparát v koncíznej forme a logických súvislostiach. Táto forma si nerobí nárok na exaktnosť definícií, ide skôr o to, aby bola zrejma správna jazyková podoba termínu a aby sa vylúčilo jeho používanie v nesprávnom kontexte. Okrem toho sa takto dá docieľiť vysoká hustota informácií, ako aj jednoduché vyhľadanie požadovaného termínu spolu s jeho ekvivalentom v druhom národnom jazyku a v angličtine.

Výsledky práce získané v bežnom roku publikuje

komisia ako prílohu k bulletinu svojej odbornej skupiny. Po skončení práce, asi za 5—6 rokov, sa plánuje ich knižné vydanie spolu s registrami v češtine, slovenčine a angličtine.

Považujeme za potrebné a všestranne prospešné v československých periodikách priebežne uverejňovať významnejšie kapitoly československého kryštalografického názvoslovía. V časopise Silikáty už vyšli časti „Kryštal, kryštalová štruktúra, mriežka“ a „Rtg fázová analýza“. V časopise Mineralia slovacca považujeme za užitočné zopakovať časť „Kryštal, kryštalová štruktúra, mriežka“ a uverejniť časť „Morfologická kryštalografia“. Sledujeme tým dva ciele: informovať čitateľskú verejnosť o súčasnom stave kryštalografického názvoslovía, a tým zlepšovať úroveň rukopisov posielaných do redakcie, ako aj umožniť širšiemu okruhu čs. odbornej verejnosti vysloviť pripomienky k publikovaným kapitolám pred ich knižným spracovaním. Pripomienky v podobe konkrétnych návrhov na úpravu textu posielajte priamo predsedovi názvoslovnej komisie na adresu: Ing. Slavomil Ďurovič, CSC., Ústav anorganickej chémie CCHV SAV, Dúbravská cesta, 842 36 Bratislava.

Kryštal, kryštalová štruktúra, mriežka (S. Ďurovič, B. Gruber)

Základné stavebné častice tuhej látky (čes. pevné látky), t. j. atómy, ióny alebo molekuly, sa spravidla spájajú do väčších celkov, nazývaných *stavebné jednotky* (stavební jednotka — building unit) pozostávajúcich z nevelkého počtu týchto základných stavebných častíc. Stavebné jednotky sú buď trojrozmerné *bloky* (blok — block), dvojrozmerné *periodické vrstvy* (vrstva — layer) alebo jednorozmerne *periodické stĺpce* (slopec — rod).

Za rozhodujúci znak *kryštalickej látky* (kryštalická látka — crystalline substance) sa donedávna považovala trojrozmerná periodicitá rozmiestnenia základných stavebných častíc v nej. V tomto zmysle sú kryštalické látky aj definované v najnovšom vydaní

International Tables for Crystallography (Th. Hahn, Ed., Reidel, 1983). Dnes sa však ukazuje, že tento pojem treba chápať všeobecnejšie. Podľa súčasných názorov je pre kryštalickú látku charakteristické to, že:

a) všetky stavebné jednotky, z ktorých sa kryštalická látka skladá, sú geometricky ekvivalentné, alebo počet druhov stavebných jednotiek je malý v porovnaní s celkovým počtom stavebných jednotiek obsiahnutých v uvažovanom telese,

b) počet druhov párov susediacich stavebných jednotiek je takisto malý v porovnaní s celkovým počtom týchto párov.

Splnenie týchto podmienok má za následok spravidla trojrozmernú periodicitu, avšak existujú aj odlišné prípady (polytypy, tuhé roztoky, parakryštály a kvázikryštály). V *amorfných látkach* (amorphous substance) je rozmiestnenie stavebných jednotiek (nie základných stavebných častíc) viac-menej náhodilé, avšak ostrá hranica medzi kryštalickými a amorfnými látkami neexistuje.

Kryštál (krystal — crystal) v širšom slova zmysle je tuhé teleso zložené zo stavebných jednotiek v súhlase s bodmi a) a b). *Kryštalový priestor* (krystalový priestor — crystal space) je priestor, ktorý zaujíma kryštál. Spôsob rozmiestnenia základných stavebných častíc v kryštáli sa nazýva *kryštalová štruktúra* (krystalová štruktúra — crystal structure). V niektorých prípadoch sa vyžaduje, aby kryštál bol ohraničený rovinnými plochami, ktorých orientácia je v súlade s jeho štruktúrou.

Kryštál v užšom slova zmysle je tuhé teleso, v ktorom je rozdelenie základných stavebných častíc trojrozmerné periodické. Iba takéto kryštály budú predmetom nasledujúceho textu.

Ak pre daný cieľ môžeme v danom telese predpokladať trojrozmernú periodicitu rozdelenia základných stavebných častíc, hovoríme o *usporiadanom kryštáli* (usporiadaný krystal — ordered crystal), ak chceme zdôrazniť závažné odchýlky od takejto periodicity, považujeme kryštál za *neusporiadaný* (neusporiadaný krystal — disordered crystal). Iné delenie sa týka toho, že v každom kryštáli sa vyskytujú rôzne lokálne poruchy, nečistoty, atómy vykonávajú tepelné kmity a pod. Pokiaľ ich berieme do úvahy, hovoríme o *reálnom kryštáli* (reálny krystal — real crystal), ak od nich možno abstrahovať, hovoríme o *kryštáli ideálnom* (ideálny krystal — ideal crystal). Analogicky hovoríme aj o *usporiadanej* (usporiadaná krystalová štruktúra — ordered crystal structure), *neusporiadanej* (neusporiadaná krystalová štruktúra — disordered crystal structure) a *ideálnej kryštalovej štruktúre* (ideálny krystalová štruktúra — ideal crystal structure). Čím viac sa daná štruktúra líši od usporiadanej, prípadne ideálnej, tým má vyšší *stupeň neusporiadanosti* (stupeň neusporiadanosti — degree of disorder).

Teleso tvorené jediným kryštálom alebo kompaktným agregátom niekoľkých kryštálov približne rovnakej orientácie sa nazýva *monokryštálom* (monokrystal — single crystal). Kompaktný agregát niekoľkých kryštálov s výrazne odlišnou orientáciou sa nazýva *polykryštál* (polykrystal — polycrystal), napr. *bikryštál* (bikrystal — bicrystal). *Polykryštalická látka* (polykrystalická látka — polycrystalline substance) je kompaktný alebo nekompaktný agregát väčšieho počtu kryštálov. V prípade kryštálov v širšom zmysle slova treba tieto pojmy osobitne špecifikovať.

Mriežka (mřížka, tiež mříž — lattice) je abstrakcia, ktorá vyjadruje translačnú periodicitu rozmiestnenia identických bodov v kryštáli, t. j. bodov s rovnakou hodnotou fyzikálnej alebo geometrickej vlastnosti. Zo stránky geometrickej je to množina bodov X tvaru

$$X = O + m\bar{a} + n\bar{b} + p\bar{c}$$

kde O je pevný bod, \bar{a} , \bar{b} , \bar{c} pevná trojica nekomplanárnych vektorov a m , n , p prebiehajú nezávisle všetky celé čísla. Podľa súvislostí, v ktorých sa o mriežke hovorí, môžu sa používať spojenia: *kryštalová* (krystalová mřížka — crystal lattice), *translačná* (translační mřížka — translation lattice), *priestorová* (prostorová mřížka — space lattice) alebo *Bravaisova mriežka* (Bravaisova mřížka - Bravais lattice).

Body mriežky nazývame *mriežkovými bodmi* (mřížkový bod — lattice point) (*uzlami* (uzel — node)). Vektor, ktorý spája dva ľubovoľné mriežkové body, je *mriežkový vektor* (mřížkový vektor — lattice vector). Každá trojica lineárne nezávislých mriežkových vektorov tvorí *bázu mriežky* (báze mřížky — basis of a lattice).

Translácia (translace — translation) mriežky o ľubovoľný mriežkový vektor je *operácia koincidencie* (operace koincidence — coincidence operation) (*zákrytová operácia* (zákrytová operace — coincidence operation)). Preto sa veľkosť každého mriežkového vektoru nazýva *periódou identity* (perioda identity — identity period). Množina všetkých mriežkových vektorov tvorí vzhľadom na vektorové sčítanie *translačnú grupu* (translační grupa — translation group).

Priamka prechádzajúca dvoma mriežkovými bodmi sa nazýva *mriežková priamka* (mřížková přímka — lattice line), jej smeru sa hovorí *kryštalografický smer* (krystalografický směr — crystallographic direction). Ak je v mriežke zavedený súradnicový systém O , \bar{a} , \bar{b} , \bar{c} , udáva sa kryštalografický smer trojicou nesúdeliteľných čísel m , n , p .

Rovina prechádzajúca tromi mriežkovými bodmi neležiacimi na priamke, je *mriežková rovina* (mřížková rovina — lattice plane). Množina všetkých navzájom rovnobežných mriežkových rovín tvorí *osnovu* (osnova mřížkových rovín — set of lattice planes) týchto rovín. Je určená trojicou *Millerových indexov* (*hkl*) (Millerovy indexy — Miller indices) alebo

štvoricou *Bravaisových indexov* (*hkil*) (Bravaisovy indexy — Bravais indices), tvoriacich *Millerov* (Millerův symbol — Miller symbol) resp. *Bravaisov symbol* (Bravaisův symbol — Bravais symbol). Vzdialenosť dvoch susedných rovín v osnove je *medzirovinná vzdialenosť* d_{hkl} (mezirovinná vzdálenost — interplanar spacing, interplanar distance).

Mriežka sa znázorňuje buď priamo svojimi bodmi (*bodové zobrazenie* (bodové zobrazení mřížky — point representation of a lattice)), alebo sústavou troch osnov mriežkových priamok (*priamkové zobrazenie* (přímkové zobrazení mřížky — line representation of a lattice)). Priamkových zobrazení je pre každú mriežku nekonečne mnoho, zatiaľ čo bodové zobrazenie je jediné.

Bunkou (buňka — cell) mriežky M rozumieme každý (uzavretý) rovnobežnosten, ktorého vrcholy sú mriežkové body. Ak umiestnime do hrán bunky B vektory \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} ; potom čísla

$$a = |\vec{a}|$$

$$\alpha = \arccos(\vec{b} \cdot \vec{c} / bc)$$

$$b = |\vec{b}|$$

$$\beta = \arccos(\vec{c} \cdot \vec{a} / ca)$$

$$c = |\vec{c}|$$

$$\gamma = \arccos(\vec{a} \cdot \vec{b} / ab) \quad (1)$$

nazývame *parametrami bunky* B (parametry buňky — cell parameters). Vektory \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} tvoria bázu mriežky M , ktorá zodpovedá bunke B .

Pokiaľ bunka obsahuje mriežkové body iba vo svojich vrcholoch, je *primitívna* (primitivní buňka — primitive cell) (symbol P) a zodpovedá jej *primitívna báza* (primitivní báze — primitive basis) (symbol R označuje *romboedrickú bunku* (romboedrická buňka — rhombohedral cell), ktorá je tiež primitívna a má parametre $a = b = c$, $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$). V opačnom prípade bunku, ako i jej zodpovedajúcu bázu nazývame *centrovanou* (centrovaná buňka — centred cell) (*viacnásobnou* (vícenásobná buňka — multiple cell), *neprimitívnu* (nepřimitivní buňka — non-primitive cell)). Obvyklé centrované bunky sú: *bázicky centrovaná* (bazálně centrovaná buňka — A -, B -, C -face centred cell) (dve protifašné steny obsahujú aj vo svojom strede mriežkový bod; určitejšie hovoríme o bunke A -centrovanej alebo B -centrovanej alebo C -centrovanej podľa toho, či sú centrované steny určené vektormi \vec{b} , \vec{c} alebo \vec{c} , \vec{a} , alebo \vec{a} , \vec{b}), *plošne centrovaná* (plošně centrovaná buňka — (all-) face centred cell) (symbol F ; všetky steny obsahujú mriežkový bod aj v svojom strede) a *priestorovo centrovaná* (prostorově centrovaná buňka — body centred cell) (symbol I ; mriežkový bod je aj v strede bunky).

Pretože v každej mriežke možno nájsť nekonečne veľa buniek (dokonca primitívnych), je účelné vybrať z nich podľa určitých pravidiel jednu, ktorá by mriežku pri rôznych príležitostiach reprezentovala. Takúto bunku nazývame *redukovanou* (redukovaná

buňka — reduced cell) a zodpovedá jej *redukovaná báza* (redukovaná báze — reduced basis). Dnes sa za ňu považuje spravidla *Niggliho bunka* (Niggliho buňka — Niggli cell). Je primitívna a jednoznačná, avšak zväčša nezachycuje svojím tvarom symetrické vlastnosti mriežky, prípadne štruktúry, ktorej transláčnú symetriu mriežka vyjadruje.

Túto nevýhodu nemá *základná bunka* (základní buňka — unit cell) (nehod. *elementárna bunka* (elementární buňka — elementary cell)), na ktorej symetriu mriežky jasne vidieť. V triklinických mriežkach sa spravidla stotožňuje s redukovanou bunkou. Základná bunka nemusí byť primitívna. Rozlišuje sa 14 základných *Bravaisových typov* (Bravaisův typ — Bravais type) týchto buniek. Základná bunka sa vyberá podľa konvenčných pravidiel zohľadňujúcich predovšetkým symetriu.

Vektory definované hranami základnej bunky sa nazývajú *základné vektory* (základné vektory — basis vectors). Tvoria *základnú bázu* (základní báze — conventional basis), ich veľkosti sú *základné periody identity* (základní periody identity — unit-cell dimensions) a tie spolu s tromi *medzirovinnými uhlami* (mezirovinné úhly — interaxial angles) sa označujú ako *mriežkové parametre* (mřížkové parametry — lattice parameters) (nehod. *mriežkové konštanty* (mřížkové konstanty - lattice constants)).

Ak je základná bunka primitívna, hovoríme aj o príslušnej mriežke ako o *primitívnej* (primitivní mřížka — primitive lattice), v opačnom prípade o *neprimitívnej* (nepřimitivní mřížka — non-primitive lattice) alebo o *centrovanej mriežke* (centrovaná mřížka — centred lattice), špeciálne o *bázicky* (bazálně centrovaná mřížka — A -, B - C -face centred lattice), *plošne* (plošně centrovaná mřížka — (all-)face centred lattice) a *priestorovo centrovanaj mriežke* (prostorově centrovaná mřížka — body centred lattice). Takisto sa aj pojem Bravaisových typov prenáša zo základných buniek na príslušné mriežky.

Polohy bodov v základnej bunke sa udávajú pomocou *relatívnych súradníc* (relativní souřadnice — relative coordinates) (syn. *frakčných súradníc* (frakční souřadnice — fractional coordinates)) vzhľadom na osový systém a , b , c určený základnými vektormi, ktorých relatívne dĺžky sa považujú za jednotkové. Tento osový systém nemusí byť pravouhlý. V niektorých prípadoch je výhodné udávať polohy bodov vzhľadom na pravouhlý osový systém pomocou *absolútnych ortonormálnych súradníc* (absolutní ortonormální souřadnice — absolute orthonormal coordinates).

V hexagonálnej sústave je niekedy účelné voliť dvojnásobnú *C -centrovanú ortohexagonálnu bunku* (ortohexagonální buňka — orthohexagonal cell) alebo trojnásobnú, *hexagonálne centrovanú bunku* (hexagonálně centrovaná buňka — hexagonally centred

cell) (symbol H ; relatívne súradnice mriežkových bodov, ktoré nie sú vo vrcholoch: $2/3, 1/3, 0$ a $1/3, 2/3, 0$). Ak sa romboedrická mriežka opisuje pomocou hexagonálneho osového systému, je výsledná bunka trojnásobná, *romboedricky centovaná* (romboedricky centovaná buňka — rhombohedrally centred cell), s mriežkovými bodmi: $1/3, 2/3, 2/3$ a $2/3, 1/3, 1/3$ (*obverzné postavenie* (obverzní postavení — obverse setting)) alebo $1/3, 2/3, 1/3$ a $2/3, 1/3, 2/3$ (*reverzné postavenie* (reverzní postavení — reverse setting)). Základná bunka v monoklinických mriežkach môže byť vzhľadom na osový systém v *prvom* (první postavení — first setting), *druhom* (druhé postavení — second setting) alebo *treťom* (třetí postavení — third setting) postavení podľa toho, či *význačná os* (význačná osa — unique axis) kolmá na rovinu vektorov zvierajúcich *monoklinický uhol* (monoclinický úhel — monoclinic angle) je rovnobežná s osou c , b alebo a .

Ak $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ sú lineárne nezávislé vektory a ak definujeme vektory $\bar{a}^*, \bar{b}^*, \bar{c}^*$ pomocou vzťahov

$$\bar{a}^* = \frac{1}{V} (\bar{b} \times \bar{c})$$

$$\bar{b}^* = \frac{1}{V} (\bar{c} \times \bar{a})$$

$$\bar{c}^* = \frac{1}{V} (\bar{a} \times \bar{b})$$

$$(V = (\bar{a} \times \bar{b}) \cdot \bar{c}) \quad (2)$$

hovoríme, že vektory $\bar{a}^*, \bar{b}^*, \bar{c}^*$ sú *recipročné* (reciproký vektor — reciprocal vector) vzhľadom na vektory $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$. Ak je pritom $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ primitívna báza mriežky M a $\bar{a}^*, \bar{b}^*, \bar{c}^*$ primitívna báza mriežky M^* , nazývame M^* *recipročnou mriežkou* (reciproká mřížka — reciprocal lattice) vzhľadom na mriežku M , ktorú za týchto okolností nazývame niekedy aj *priamou mriežkou* (přímá mřížka — direct lattice). V podobnom zmysle hovoríme aj o *recipročnom* (reciproký prostor — reciprocal space) a *priamom priestore* (přímý prostor — direct space). Vektor

$$\bar{H}_{hkl} = h\bar{a}^* + k\bar{b}^* + l\bar{c}^*$$

je kolmý na osnovu mriežkových rovín (hkl) v mriežke M a jeho veľkosť sa rovná recipročnej hodnote medziorovinej vzdialenosti d_{hkl} . Recipročná mriežka M^* nezávisí od voľby primitívnej bázy v primitívnej mriežke M .

Ak zostrojíme vektory $\bar{a}^*, \bar{b}^*, \bar{c}^*$ podľa vzťahov (2) k základným vektorom $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ mriežky M , potom parametre bunky M^* určenej vektormi $\bar{a}^*, \bar{b}^*, \bar{c}^*$ nazývame *recipročnými mriežkovými parametrami* (reciproké mřížkové parametry — reciprocal cell parameters).

Analogickým spôsobom, ako boli definované priestorové *trojrozmerné mriežky* (trojrozměrná mřížka

— three-dimensional lattice), sú definované aj *rovinné* (rovinná mřížka — plane lattice) (*dvojrozmerné* (dvourozměrná mřížka — two-dimensional lattice)) a *priamkové* (přímková mřížka — row lattice) (*jednorozmerné mriežky* (jednorozměrná mřížka — one-dimensional lattice)). Možno ich chápať ako časti trojrozmernej mriežky ležiace v mriežkových rovinách, prípadne v mriežkových priamkach, ale aj ako abstrakcie, ktoré vyjadrujú translačnú periodicitu rozmiestnenia identických bodov v stavebných jednotkách s dvojrozmernou, resp. jednorozmernou periodicitou, t. j. vo vrstvách a stĺpcoch.

Väčšinu doteraz zavedených pojmov možno prenieť aj do dvojrozmerných a jednorozmerných mriežok. Sú tu však rôzne zjednodušenia. Napr. existuje iba 5 Bravaisových typov rovinných mriežok. Ich bunky sa nazývajú *oká* (oko — mesh).

Štruktúry kryštálov v užšom zmysle slova sa často zobrazujú pomocou abstraktných útvarov — modelov — tvorených bodmi reprezentujúcimi polohy všetkých atómov. Tieto útvary obsahujú informácie nielen o mriežkových transláciách, ale aj o lokálnom usporiadaní jednotlivých atómov, ktoré sa opakuje pri každom mriežkovom bode — tzv. *motív* (motif — motif). Takýto model možno opísať pomocou mriežkových parametrov spolu s udaním polôh jednotlivých bodov motívu, t. j. ťažísk atómov pripadajúcich na jednu základnú bunku (prípadne jej nezávislú časť). Na ich určenie sa používajú relatívne (frakčné) súradnice, ktorým sa v tejto súvislosti hovorí *atómové súradnice* (atomové souřadnice — atomic coordinates). Číselné údaje zahrňujúce súradnice všetkých atómov v základnej bunke, obsadzovacie faktory príslušných polôh, koeficienty tepelných kmitov, mriežkové parametre a prípadne ďalšie relevantné hodnoty sa nazývajú *štruktúrne parametre* (strukturní parametry — structural parameters).

Poznámka. Bodový model kryštálovej štruktúry sa najmä v staršej literatúre niekedy označuje ako „mriežka“, prípadne „štruktúrna mriežka“, alebo aj „kryštálová štruktúrna mriežka“. Toto označenie je nesprávne. Podobne neodporúčame považovať kryštálovú štruktúru za kombináciu „mriežky s bázou“ (príčom „báza“ značí v tomto kontexte motív). Termín „báza“ má totiž v geometrii mriežky pevne stanovený význam (pozri príslušnú definíciu) a jeho používanie v dvoch rôznych, avšak blízkych významoch, nie je žiaduce.

Komentár. Nekonenčná definícia kryštalických látok v úvode tejto kapitoly vychádza z presvedčenia, že považovať trojrozmernú periodicitu rozmiestnenia základných stavebných častíc v tuhej látke za charakteristickú vlastnosť kryštalických látok je z hľadiska nových poznatkov nesprávne, pretože sa tým zamieňa príčina s následkom a vedie k neúčelnému zúženiu

obsahu pojmu. Trojrozmerná periodicitu je dôsledkom skutočnosti, že ak určitá lokálna konfigurácia atómov je energeticky výhodná, môže sa v priestore periodicky opakovať. Opakovanie energeticky stabilnej konfigurácie však môže mať za následok i usporiadanie, ktoré nie je trojrozmerné periodické — typickým príkladom sú neperiodické polytypy, ale aj najnovšie objavené kvázikryštály. Navyše dôsledné trvanie na trojrozmerné periodicitu by znamenalo vylúčenie tuhých roztokov z radov kryštálov. Preto sme sa rozhodli použiť prácu Dornbergerovej-Schiffovej a Grellovej (Kristallografija, 27, 1982, 126—133) a rozlišovať kryštály v širšom slova zmysle a v užšom slova zmysle (trojrozmerná periodicitu) bez toho, žeby sme tieto názvy kodifikovali ako termíny.

Proti často používanému termínu „elementárna bunka“ namietame toto: keby analogický výraz existoval aj v angličtine (existuje v ruštine a v nemčine), akceptovali by sme ho. Avšak v angličtine je „unit cell“ a preložiť ho ako „jednotková bunka“ by viedlo ku komplikáciám s odvodeninami. Naproti tomu termín „základná bunka“ umožňuje logické uplatnenie atribútu „základný“ aj v termínoch „základné vektory“, „základné periody identity“, „základná báza“; reálie pomenované týmito termínmi sa dobre odlišujú od ostatných buniek, mriežkových vektorov, periód identity a báz.

V češtine sa vedľa termínu „mřížka“ ponecháva synonymum „mříž“. V slovenčine táto paralela neexistuje. Popri „mriežkovom bode“ ponechávame ako synonymum aj „uzol“, ktorý sa v našich jazykoch dost rozšíril pod vplyvom ruskej odbornej literatúry.

Veľkosti základných vektorov nie sú pre danú látku konštanty, ale závisia od teploty, tlaku, zloženia a iných faktorov. Preto je nevhodné používať pre ne termín „mriežkové konštanty“, aj keď tento termín je značne rozšírený v našej i zahraničnej literatúre. Na túto skutočnosť upozornil u nás pred časom Černo-horský. Odporúčame preto termín „mriežkové parametre“, ktorý je v súlade aj s Medzinárodnými tabuľkami 1983.

Morfologická kryštalografia

(P. Fejdi, L. Žák)

Morfologická kryštalografia sa zaoberá geometrickými zákonitosťami vonkajšieho tvaru kryštálov. Kryštál je ohraničený plochami (plocha — face), dve plochy sa pretínajú v hrane (hrana — edge), viacero plôch sa stýka vo vrchole (vrchol — vertice) (syn. roh (roh — corner)). Súbor ekvivalentných (t. j. súmerne združených) plôch tvorí kryštalový tvar (krystalový tvar — crystal form); kombináciou kryštalových tvarov vznikajú spojky (spojka — combination of crystal forms). Prevládajúci rozmer (rozмеры) určuje celkový vzhľad, čiže habitus kryštálu (habitus krystalu

— crystal habit); napríklad *slúpcovitý* (sloupcovitý — columnar), *ihlicovitý* (jehlicovitý — acicular, needle-like), *tabuľkovitý* (tabuľkovitý — tabular), *izometrický* (izometrický — isometric); menej vláknité kryštály sa v technickej praxi nazývajú podľa zvláštneho habitu *whiskery* (whisker — whisker). Dva kryštály tej istej zlúčeniny s rovnakou kombináciou kryštalových tvarov nemusia mať v dôsledku rozličných kryštalizačných podmienok rovnaký habitus.

Kryštál ako konečné teleso môže byť súmerný len podľa prvkov s uzavretými operáciami súmernosti. Tridsaťdva nezávislých kombinácií operácií súmernosti vymedzuje 32 kryštalografických oddelení (oddělení souměrnosti — crystal class) — 32 bodových grúp (bodová grupa — point group), ktoré sú v rámci jednotlivých sústav rozdelené nasledovne: triklinická sústava — 2 oddelenia, monoklinická — 3, rombická — 3, tetragonálna — 7, trigonálna — 7, hexagonálna — 5, kubická — 5. *Holoedrickým oddelením* (holoedrické oddělení — holohedral class) v danej sústave je oddelenie s maximálnou súmernosťou, a teda s maximálnou násobnosťou všeobecnej polohy. V *meroedrických oddeleniach* (meroedrické oddělení — merohedral class), menovite *hemiedrických* (hemiedrické oddělení — hemihedral class), *tetartoedrických* (tetartoedrické oddělení — tetartohedral class) a *ogdoedrických* (ogdoedrické oddělení — ogdohedral class), sa násobnosť všeobecnej polohy v dôsledku zníženia symetrie redukuje na polovicu, štvrtinu, resp. osminu (napr. holoedrické odd. $m\bar{3}m$ (max. násobnosť 48) $\rightarrow m\bar{3}$ (24) $\rightarrow 23$ (12)). Pri *hemimorfných kryštáloch* (hemimorfní krystal — hemimorphous crystal) neexistujú nijaké operácie súmernosti združujúce hornú a dolnú (v konvenčnej orientácii) polovicu kryštálu.

Polohu jednotlivých kryštalových plôch, tvarov i prvkov súmernosti možno charakterizovať pomocou *osového súradnicového systému* (osní souřadnicový systém — axial system), nazývaného v staršej literatúre *osový kríž*. Postavenie kryštalovej plochy, kryštalového tvaru, prípadne orientáciu niektorých prvkov súmernosti voči osovému súradnicovému systému jednoznačne definujú *Millerove* (Millerovy symboly — Miller indices), resp. *Bravaisove symboly* (Bravaisovy symboly — Bravais indices), ktoré na rozdiel od analogických symbolov charakterizujúcich mriežkové roviny musia mať nesúdeliteľné indexy. Podľa prijatej konvencie symbol plochy je (hkl) , resp. $(h\bar{k}l)$, symbol kryštalového tvaru $\{hkl\}$, resp. $\{h\bar{k}l\}$. Medzi jednotlivými indexami v Bravaisových symboloch platí rovnica $h + k + i = 0$. Z typografických dôvodov sa možno stretnúť so zápisom Bravaisových symbolov v podobe $(hk \cdot l)$, pretože index nahradený bodkou je ľahko vyčísľiteľný z uvedenej rovnice (napr. $(10\bar{1}1) \rightarrow (10.1)$, $(11\bar{2}2) \rightarrow (11.2)$). V súčasnosti sa už nepoužívajú prežitá *Naumannove symboly* (Naumannovy symboly — Naumann indices), *Weissove*

symboly (Weissovy symboly — Weiss indices) sa používajú len na odvodenie Millerových symbolov plôch, resp. tvarov.

Súbor najmenej troch kryštálových plôch pretínajúcich sa v rovnobežných hranách tvorí *zónu* (zóna — zone) (syn. pásmo), definovanú *osou zóny* (osa zóny — zone axis) (syn. os pásma) [uvw].

Na formálnu reprezentáciu symetrie a *morfológie kryštálu* (krystalová morfológie — crystal morphology) (syn. tvar kryštálu) slúžia *kryštalografické projekcie* (krystalografická projekcie — crystal projection); konkrétne *gnómonická* (gnómonická projekcie — gnomonic projection), *stereografická* (stereografická projekcie — stereographic projection) a modifikácia poslednej — *Gadolinova* (Gadolinův stereogram — stereogram). Pri takejto formálnej reprezentácii zodpovedá každej kryštálovej ploche *pozičný bod* (poziční bod — figurative point), ktorý sa môže nachádzať vo *všeobecnej* (obecní - general) (neleží na nijakom prvku súmernosti) alebo v *špeciálnej polohe* (špeciální poloha — special position) (leží na jednom alebo viacerých prvkoch súmernosti).

Existujú nasledovné kryštálové tvary: *pedión* (pedion — pedion), *pinakoid* (pinakoid — pinacoid), *dóma* (dóma, střečan — dome), *sfenoid* (sfenoid — sphenoid), *prizma* (prizma, hranol — prism), *pyramída* (pyramída, jehlan — pyramid), *dipyramída* (dipyramída, dvojjehlan — (bi)dipyramid), *disfenoid* (disfenoid — disphenoid), *skaleonoéder* (skalenoedr — scalenohedron), *trapezoéder* (trapezoedr — trapezohedron), *romboéder* (romboedr, klenec — rhombohedron) (syn. klenec), *hexaoktaéder* (hexaoktaedr — hexoctahedron), *tetragón-tri oktaéder* (tetragon-trioktaedr, čtyřřadvacetistěn deltoidický — icositetrahedron), *trigón-tri oktaéder* (trigon-trioktaedr, čtyřřadvacetistěn trojúhelníkový — trisocahedron), *tetrahexaéder* (tetrahexaedr, čtyřřadvacetistěn krychlový — tetrahexahedron), *oktaéder* (oktaedr, osmistěn — octahedron), *rombododekaéder* (rombododekaedr, dvanáctistěn kosočtverečný — dodecahedron), *pentagondodekaéder* (pentagondodekaedr, dvanáctistěn pětiúhelníkový — pyritohedron), *hexaéder* (hexaedr, krychle — hexahedron, cube) (syn. kocka), *pentagón-tri oktaéder* (pentagón-trioktaedr, čtyřřadvacetistěn pětiúhelníkový — gyroid), *didodekaéder* (didodekaedr — diploid), *hexatetraéder* (hexatetraedr — hextetrahedron), *trigón-tri tetraéder* (trigon-tritetraedr, dvanáctistěn trojúhelníkový — tristetrahedron), *tetragón-tri tetraéder* (tetragon-tritetraedr, dvanáctistěn deltoidový — deltoidohedron, deltoid dodecahedron), *pentagón-tritetraéder* (pentagón-tritetraedr — tetartoid) a *tetraéder* (tetraedr, čtyřřtěn — tetrahedron). Ich rozdelenie v jednotlivých sústavách, kryštalografických oddeleniach a používanie príslušných adjektív je uvedené v tabuľke (čísla v zátvorkách udávajú možný počet príslušných tvarov v jednotlivých kryšťa-

lografických oddeleniach). V staršej literatúre sa v súvislosti s orientáciou plôch niektorých kryštálových tvarov používajú predpony orto-, makro-, brachy-, klino-, deuter-, trito- a ďalej špecifikácie pravý, resp. ľavý. Ich ďalšie používanie nepovažujeme za nevyhnutné, pretože táto informácia je presne a jednoznačne daná Millerovým, resp. Bravaisovým symbolom kryštálového tvaru.

Ďalej sa na kryštáloch môžu vyskytovať *vicinálne plochy* (vicinální plochy — vicinal faces) (syn. vicinály), ktoré majú formálne vysoké hodnoty indexov v Millerových alebo Bravaisových symboloch a vznikajú v dôsledku porúch pri raste kryštálov.

Meranie kryštálov pomocou goniometrov (*priložný goniometer* (příložní goniometr — contact goniometer), *jedno- a dvojkruhový odrazový goniometer* (jedno- a dvoukruhový odrazový-goniometr — one-, two-circle goniometer)) umožňuje určiť *polohové súradnice* (úhlové souřadnice — angular coordinates) (syn. polohové uhly) *pozičných bodov* reprezentujúcich jednotlivé kryštálové plochy a vypočítať *parametre* (parametr — axial intercept) (úseky vyfaté plochou na kryštalografických osiach), resp. *základný pomer parametrov* (základní poměr parametrů — axial ratio). Výsledky goniometrických meraní umožnili formulovať dva empirické zákony morfolologickej kryštalografie: *zákon stálosti uhlov hran* (zákon stálosti úhlů hran — law of the constancy of interfacial angles) a *zákon racionality indexov* (zákon racionality indexů — law of (simple) rational indices).

Okrem izolovaných kryštálových jedincov sa často možno stretnúť s náhodne alebo zákonite zrastenými, resp. prerastenými kryštálmi. Len pri zrastených kryštáloch sa vyskytujú *duté uhly* (dutý úhel — re-entrant angle) medzi kryštálovými plochami. Pri *zákonitých zrastoch* (zákonitý srůst — twin) sa ako riadiaci fenomén uplatňuje kryštálová štruktúra zrastajúcich sa jedincov. V tejto skupine rozlišujeme *rovnobežné* (syn. paralelné) *zrasty* (rovnoběžný (paralelný) srůst — parallel overgrowth)), v ktorých sú všetky zodpovedajúce si plochy kryštálových jedincov rovnobežné. Pri *dvojčatných zrastoch* (dvojčatný srůst — twin) majú zrastajúce sa jedince paralelnú alebo spoločnú len jednu rovinu. Dvojčatné zrasty a na ich základe formulované *zákony dvojčatenia* (dvojčatný zákon — twin-law) (syn. zrastové zákony) reprezentujú vzťah medzi dvoma susediacimi jedincami, preto do tejto kategórie zahrňujeme aj zrasty viacerých jedincov, ktoré vytvárajú *trojčatá* (trojče — trilling) atď., pri zrastaní sa veľkého počtu jedincov hovoríme o *polysynetických zrastoch* (polysyntetická srostlice — polysynthetic twin). *Kontaktné dvojčatá* (kontaktní dvojče — contact twin) sa stýkajú v jednej spoločnej rovine, *prerastlice* (prorostlice — penetration twin) sú tvorené navzájom sa prerastajúcimi jedincami. Zoskupením zrastajúcich sa jedincov do kruhu vznikajú

cyklické zrasty (cyklický srůst — cyclic twin). Pri *mimetických zrastoch* (mimetický srůst — mimetic twin) dochádza k zvýšeniu symetrie vzhľadom na nezrastené jedince, ktoré sú v tomto prípade združené prvkom súmernosti (rovinou, osou) nenachádzajúcim sa v tejto orientácii v bodovej grupe danej látky. *Epitaxia* (epitaxie — epitaxy) je prerastanie alebo zrastanie kryštálov rozličných látok.

Zrasty možno charakterizovať *osou dvojčatenia* (dvojčatná osa — twin axis), *rovinou dvojčatenia* (rovina dvojčatění — twin plane) alebo *rovinou zrastu* (rovina srůstu — compositional plane) a im prislúchajúcimi symbolmi smeru, resp. Millerovými symbolmi. Rovina zrastu, ktorá je spoločná pre oba jedince, môže, ale nemusí byť totožná s rovinou dvojčatenia. Zákony dvojčatenia nesú ďalej pomenovanie obyčajne podľa lokality alebo názvov minerálov a prenesene sa používajú i pre charakterizáciu dvojčatenia syntetických látok. Napr. pri živcoch: *periklinový zákon* (periklinový zákon — pericline law) podľa [010], *karlovarský zákon* (karlovarský zákon — Carlsbad law) podľa (100) s rovinou zrastu (010), *albitový zákon* (albitový zákon — albite law) podľa roviny dvojčatenia (010), *bavenský zákon* (bavenský zákon — Baveno law) podľa (021), *manebašský zákon* (manebašský zákon — Manebach law) podľa (001); pri kremeň: *brazílsky zákon* (brazílský zákon — Brasil(ian) law) podľa (1120), *dauphinésy zákon* (dauphinésy zákon — Dauphiné law) podľa (1070), *japonský zákon* (japonský zákon — Japan(ese) law) podľa (1122); niektoré ďalšie: *spinelový zákon* (spinelový zákon — spinel law) podľa (111), „*železný kríž*“ (železný kríž — iron-cross) pyritu podľa (110) a iné.

Pri nepravidelnom zrastaní vznikajú *agregáty kryštálov* (agregát krystalů, krystalický agregát — crystal aggregate) (syn. kryštalické agregáty), napr. *drúzy* (drúza — druse), *geódy* (geoda — geode), prípadne ďalšie, nesúce názov podľa habitu väčšiny zrastajúcich sa kryštálov (izometricky zrnité, stebelnaté, vláknité a pod.). Ak si kryštály v agregátoch zachovávajú ohraničenie kryštálovými tvarmi ide o *idiomorfny* (idiomorfny — euhedral, idiomorphic), pri zachovaní len časti morfológických znakov *hypidiomorfny* (hypidiomorfny — hypautomorphic, hypidiomorphic) a pri strate všetkých morfológických znakov *alotriomorfny* vývoj (alotriomorfny — anhedral, xenomorphic) kryštálov.

Ak dôjde k zmene kryštálovej štruktúry pri zachovaní pôvodnej morfológie kryštálu, vznikajú *pseudomorfózy* (pseudomorfosa — pseudomorphosis). Pri *paramorfózach* (paramorfosa — paramorph(osis)) sa tak stane v dôsledku fázových prechodov na modifikácie s inou symetriou štruktúry (typickým príkladom

sú paramorfózy kalcitu (bodová grupa — $\bar{3}2/m$) po aragonite (mmm)). Jemnozrnný agregát kryštálov iného minerálu, ktorý narastá na pôvodný, prísne sledujú a kopírujú jeho morfológiu, vytvára po vylúhovaní pôvodného minerálu dutú *perimorfózu* (perimorfosa — perimorph(osis)).

Komentár

Pri tvorbe termínov sme si kládli za cieľ:

1. Zjednotiť doteraz používané termíny a doplniť ich stručným výkladom spolu s uvedením súvislostí.

2. Voliť jednotlivé termíny tak, aby boli identické alebo aspoň blízke medzinárodne používaným. Práve tu sme sa stretli s nejednoznačnosťou v cudzojazyčnej literatúre (najmä anglosaskej) a pri tvorbe termínov sme sa priklonili k odvodeninám od starogréckych pomenovaní, ktoré sú bežne a jednotne používané v sovietskej a nemeckej literatúre. Zároveň sme zohľadnili terminológiu pre túto oblasť kryštalografie uvedenú a používanú v International Tables for Crystallography, 1983.

Teoreticky sme sa mohli opierať o dve normotvorné publikácie: Encyklopedický slovník geologických vied (Academia Praha, 1983) a Encyklopédia Zeme (Obzor Bratislava, 1985). Obe tieto publikácie sa však vyznačujú práve tými chybami a nepresnosťami, ktoré má práca terminologickej komisie odstrániť. Preto nemožno tieto publikácie považovať za normu a hodnotenie správnosti nami navrhovaných termínov podľa nich nepovažujeme za smerodajné.

Osobitnú pozornosť si zasluhujú tieto termíny:

Kryštalový tvar — v staršej literatúre možno nájsť „jednoduchý tvar“, inde len „tvar“. Najvýstižnejšie je anglické „crystal form“, preto sme sa priklonili k termínu kryštalový tvar.

Millerove, Bravaisove symboly — radi by sme upozornili, že tieto symboly pozostávajú z indexov (koeficientov). Takže Millerove symboly a Millerove indexy (bežne zamieňané v anglosaskej literatúre a pod jej vplyvom aj u nás) sú dve rozdielne veci.

Názvy jednotlivých kryštalových tvarov — považujeme za užitočné a účelné používať ich starogrécke názvy (i keď to niekomu môže pripadať ako anachronizmus), národné názvy (kocka, klenc) ponechať ako synonymá. Z tradičných dôvodov sa v češtine ponechávajú ako synonymá národné analógy starogréckych názvov väčšiny kryštalových tvarov.

Pri písaní názvov kryštalových tvarov z kubickej sústavy sú nasledovné alternatívy: tetragón-tri oktaéder, tetragóntri-oktaéder a tetragóntrioktaéder. Navrhujeme 1. možnosť, pretože už z názvu vyplýva, že tento kryštalový tvar je tvorený trojicou štvoruholníkov nad jednou plochou oktaédra.

TAB.1
 Prehľad možných kryštálových tvarov v jednotlivých sústavách a kryštalografických oddeleniach

Sústava	triklinická		monoklinická		
Oddelenie	pediálne	pinakoidálne	sfenoidické	domatické	prizmatické
Medzinárodný symbol	1	$\bar{1}$	2	m	2/m
hkl	pedión (8)	pinakoid (4)	sfenoid (4)	dóma (4)	monoklinická prizma (2)
hk0	pedión (4)	pinakoid (2)	sfenoid (2)	dóma (2)	monoklinická prizma (1)
h0l	pedión (4)	pinakoid (2)	pinakoid (2)	pedión (4)	pinakoid (2)
0kl	pedión (4)	pinakoid (2)	sfenoid (2)	dóma (2)	monoklinická prizma (1)
100	pedión (2)	pinakoid (1)	pinakoid (1)	pedión (2)	pinakoid (1)
010	pedión (2)	pinakoid (1)	pedión (2)	pinakoid (1)	pinakoid (1)
001	pedión (2)	pinakoid (1)	pinakoid (1)	pedión (2)	pinakoid (1)

Sústava	rombická		
Oddelenie	rombicky disfenoidické	rombicky pyramidálne	rombicky dipyramidálne
Medzinárodný symbol	222	mm2	mmm
hkl	rombický disfenoid (2)	rombická pyramída (2)	rombická dipyramída (1)
hk0	rombická prizma (1)	rombická prizma (1)	rombická prizma (1)
h0l	rombická prizma (1)	dóma (2)	rombická prizma (1)
0kl	rombická prizma (1)	dóma (2)	rombická prizma (1)
100	pinakoid (1)	pinakoid (1)	pinakoid (1)
010	pinakoid (1)	pinakoid (1)	pinakoid (1)
001	pinakoid (1)	pedión (2)	pinakoid (1)

Sústava	tetragonálna		
Oddelenie	tetragonálne pyramidálne	tetragonálne disfenoidické	tetragonálne dipyramidálne
Medzinárodný symbol	4	$\bar{4}$	4/m
hkl	tetragonálna pyramída (4)	tetragonálny disfenoid (4)	tetragonálna dipyramída (2)
hhl	tetragonálna pyramída (2)	tetragonálny disfenoid (2)	tetragonálna dipyramída (1)
hk0	tetragonálna prizma (2)	tetragonálna prizma (2)	tetragonálna prizma (1)
110	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)
h0l	tetragonálna pyramída (2)	tetragonálny disfenoid (2)	tetragonálna dipyramída (1)
100	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)
001	pedión (2)	pinakoid (1)	pinakoid (1)

Sústava	tetragonálna		
Oddelenie	tetragonálne trapezoedrické	ditetragonálne pyramidálne	tetragonálne skalenoedrické
Medzinárodný symbol	422	4mm	$\bar{4}2m$
hkl	tetragonálny trapezoéder (2)	ditetragonálna pyramída (2)	tetragonálny skalenoéder (2)
hhl	tetragonálna dipyramída (1)	tetragonálna pyramída (2)	tetragonálny disfenoid (2)
hk0	ditetragonálna prizma (1)	ditetragonálna prizma (1)	ditetragonálna prizma (1)
110	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)
h0l	tetragonálna dipyramída (1)	tetragonálna pyramída (2)	tetragonálna dipyramída (1)
100	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)	tetragonálna prizma (1)
001	pinakoid (1)	pedión (2)	pinakoid (1)

Pokračovanie tab. 1.

Sústava	tetragonálna	trigonálna		
Oddelenie	ditetragonálne dipyramidálne	trigonálne pyramídálne		romboedrické
Medzinárodný symbol	4/mmm	3	3	
hk \bar{l}	ditetragonálna dipyramída (1)	hk $\bar{i}l$	trigonálna pyramída (8)	romboéder (4)
hhl	tetragonálna dipyramída (1)	hk $\bar{i}0$	trigonálna prizma (4)	hexagonálna prizma (1)
hk0	ditetragonálna prizma (1)	h0 $\bar{h}l$	trigonálna pyramída (4)	romboéder (2)
110	tetragonálna prizma (1)	hh $\bar{2}hl$	trigonálna pyramída (4)	romboéder (2)
h0l	tetragonálna dipyramída (1)	10 $\bar{1}0$	trigonálna prizma (2)	hexagonálna prizma (1)
100	tetragonálna prizma (1)	11 $\bar{2}0$	trigonálna prizma (2)	hexagonálna prizma (1)
001	pinakoid (1)	0001	pedión (2)	pinakoid (1)
Sústava	trigonálna			
Oddelenie	trigonálne trapezoedrické	ditrigonálne skalenoedrické	trigonálne dipyramidálne	
Medzinárodný symbol	32	32/m	3/m	
hk $\bar{i}l$	trigonálny trapezoéder (4)	ditrigonálny skalenoéder (2)	trigonálna dipyramída (4)	
hk $\bar{i}0$	ditrigonálna prizma (2)	dihexagonálna prizma (1)	trigonálna prizma (4)	
h0 $\bar{h}l$	romboéder (2)	romboéder (2)	trigonálna dipyramída (2)	
hh $\bar{2}hl$	trigonálna dipyramída (2)	hexagonálna dipyramída (1)	trigonálna dipyramída (2)	
10 $\bar{1}0$	hexagonálna prizma (1)	hexagonálna prizma (1)	trigonálna prizma (2)	
11 $\bar{2}0$	trigonálna prizma (2)	hexagonálna prizma (1)	trigonálna prizma (2)	
0001	pinakoid (1)	pinakoid (1)	pinakoid (1)	
Sústava	trigonálna		hexagonálna	
Oddelenie	ditrigonálne pyramídálne	ditrigonálne dipyramidálne	hexagonálne pyramídálne	
Medzinárodný symbol	3m	3/m	6	
hk $\bar{i}l$	ditrigonálna pyramída (4)	ditrigonálna dipyramída (2)	hexagonálna pyramída (4)	
hk $\bar{i}0$	ditrigonálna prizma (2)	ditrigonálna prizma (2)	hexagonálna prizma (2)	
h0 $\bar{h}l$	trigonálna pyramída (4)	trigonálna dipyramída (2)	hexagonálna pyramída (2)	
hh $\bar{2}hl$	hexagonálna pyramída (2)	hexagonálna dipyramída (1)	hexagonálna pyramída (2)	
10 $\bar{1}0$	trigonálna prizma (2)	trigonálna prizma (2)	hexagonálna prizma (1)	
11 $\bar{2}0$	hexagonálna prizma (1)	hexagonálna prizma (1)	hexagonálna prizma (1)	
0001	pedión (2)	pinakoid (1)	pedión (2)	
Sústava	hexagonálna			
Oddelenie	hexagonálne dipyramidálne	hexagonálne trapezoedrické	dihexagonálne pyramídálne	
Medzinárodný symbol	6/m	622	6mm	
hk $\bar{i}l$	hexagonálna dipyramída (2)	hexagonálny trapezoéder (2)	dihexagonálna pyramída (2)	
hk $\bar{i}0$	hexagonálna prizma (2)	dihexagonálna prizma (1)	dihexagonálna prizma (1)	
h0 $\bar{h}l$	hexagonálna dipyramída (1)	hexagonálna dipyramída (1)	hexagonálna pyramída (2)	
hh $\bar{2}hl$	hexagonálna dipyramída (1)	hexagonálna dipyramída (1)	hexagonálna pyramída (2)	
10 $\bar{1}0$	hexagonálna prizma (1)	hexagonálna prizma (1)	hexagonálna prizma (1)	
11 $\bar{2}0$	hexagonálna prizma (1)	hexagonálna prizma (1)	hexagonálna prizma (1)	
0001	pinakoid (1)	pinakoid (1)	pedión (2)	

Pokračovanie tab. 1

Sústava	hexagonálna		kubická	
Oddelenie	dihexagonálne dipyramidálne		pentagón-tri tetraedrické	hexatetraedrické
Medzinárodný symbol	6/mmm		23	$\bar{4}3/m$
hk $\bar{1}$ $\bar{1}$	dihexagonálna dipyramída (1)	hk1	pentagón-tri tetraéder (4)	hexatetraéder (2)
hk $\bar{1}$ 0	dihexagonálna prizma (1)	hhl	tetragón-tri tetraéder (2)	tetragón-tri tetraéder (2)
h0 $\bar{1}$ $\bar{1}$	hexagonálna dipyramída (1)	hkk	trigón-tri tetraéder (2)	trigón-tri tetraéder (2)
hh $\bar{2}$ $\bar{1}$ $\bar{1}$	hexagonálna dipyramída (1)	111	tetraéder (2)	tetraéder (2)
10 $\bar{1}$ 0	hexagonálna prizma (1)	hk0	pentagóndodekaéder (2)	tetrahexaéder (1)
11 $\bar{2}$ 0	hexagonálna prizma (1)	110	rombododekaéder (1)	rombododekaéder (1)
0001	pinakoid (1)	100	hexaéder (1)	hexaéder (1)
Sústava	kubická			
Oddelenie	pentagón-tri oktaedrické	didodekaedrické	hexaoktaedrické	
Medzinárodný symbol	432	m $\bar{3}$	m $\bar{3}m$	
hkl	pentagón-tri oktaéder (2)	didodekaéder (2)	hexaoktaéder (1)	
hhl	trigón-tri oktaéder (1)	trigón-tri oktaéder (1)	trigón-tri oktaéder (1)	
hkk	tetragón-tri oktaéder (1)	tetragón-tri oktaéder (1)	tetragón-tri oktaéder (1)	
111	oktaéder (1)	oktaéder (1)	oktaéder (1)	
hk0	tetrahexaéder (1)	pentagóndodekaéder (2)	tetrahexaéder (1)	
110	rombododekaéder (1)	rombododekaéder (1)	rombododekaéder (1)	
100	hexaéder (1)	hexaéder (1)	hexaéder (1)	