

Za konec

Ugodno življenjsko okolje, vključno s stabilnim podnebjem, ni samoumevno, ampak je odvisno od nemotenosti procesov v ekosistemi. Spremembe in uničenje ekosistemov, skupaj z drugimi človekovimi vplivi na ozračje, tla in vode, vodijo v hitre spremembe okoljskih razmer, ki jih le s tehnološkimi pristopi ne moremo izboljšati. Vse pogosteje smo priča nepredvidenim skrajnim vremenskim dogodkom. Spreminjajo se temperature in količina ter razporeditev padavin. To vpliva na količino vodne pare v ozračju in povzroča spremembo količine vode v ledenih in snežnih zalogah. Čeprav je kratkoročne težnje sprememb težko predvideti, fizikalne zakonitosti in pogled v Zemljino zgodovino nakazujejo, da dolgoročno povišane koncentracije ogljikovega dioksida povzročajo višanje temperature. Ne glede na

to, kakšne bodo spremembe podnebja v naši bližnji prihodnosti, so raziskave pokazale, da je ohranjanje čim večje površine ohranjenih naravnih sistemov ključno za blaženje negativnih učinkov teh sprememb.

Literatura:

- Gorshkov, V. G., Makarieva, A. M., Gorshkov, V. V., 2004: *Revising the fundamentals of ecological knowledge: the biota-environment interaction. Ecological complexity*, 1: 17-36.
- Igamberdiev, A. U., Lea, P. J., 2006: *Land plants equilibrate O₂ and CO₂ concentrations in the atmosphere. Photosynthetic Research*, 87: 177-194.
- Lenton, T. M., 2001: *The role of land plants, phosphorus weathering and fire in the rise and regulation of atmospheric oxygen. Global Change Biology*, 7: 613-629.
- Pagani, M., Caldeira, K., Berner, R., Beerling, D. J., 2009: *The role of terrestrial plants in limiting atmospheric CO₂ decline over the past 24 million years. Nature*, 460: 85-89.

Razvrščanje kristalov po njihovih oblikah (prvi del)

Mirjan Žorž

Če ima neka snov urejeno notranjo strukturo in je navzven omejena z geometrijskimi liki, jo opišemo s pojmom kristal. Ker je v naravi na tisoče različnih kristaliziranih snovi - mineralov, je tudi zelo veliko njihovih kristalnih oblik. Vprašamo se, ali je v tej pestrosti mogoče najti način oziroma sistem, s katerim bi bilo možno kristale razvrstiti po določenih značilnostih. Pravzaprav so se to spraševali že pred stoletji in dejansko so ravno na podlagi zunanjih oblik kristalov ugotovili, da se jih da razvrstiti v nekaj kristalnih razredov oziroma singonij. Védo, ki se s tem ukvarja, so poimenovali *kristalografija*.

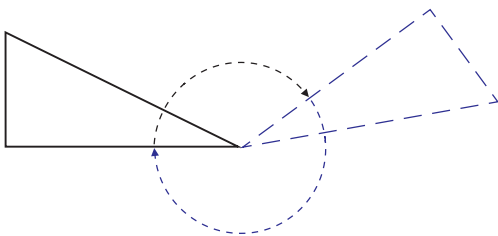
V geometriji uporabljamo za opisovanje lege točke, premice, ploskve ali telesa kartezični koordinatni sistem, ki ga določajo tri koordinatne osi, ki se med seboj sekajo pod pravim kotom. Ko pa so iskali način za prostorski opis kristalov in njihovih simetrijskih lastnosti, so se odločili za kristalografske osi, ki so jih izbrali tako, da so ustrezale simetrijam posameznih kristalov. *Na ta način so določili sedem različnih kristalografskih sistemov.*

Kristalni razredi oziroma singonije so dobili imena po določenih geometrijskih oziroma kristalografskih lastnostih posameznih kristalnih oblik. Trigonalni, tetragonalni in

heksagonalni sistemi so poimenovani na podlagi glavnih kristalografskih osi, ki so lahko trištevne, štirištevne ali šestštevne. Ti trije sistemi imajo lahko še po tri, štiri ali šest dvoštevni osi, ki so pravokotne na njihove glavne osi.

Ortorombski sistem pravzaprav nima glavnih osi, ker so vse tri kristalografske osi dvoštevne in med seboj pravokotne. Monoklinski sistem je opredeljen tako, da je ena od kristalografskih osi glede na ostali dve nagnjena za določeni kot. V triklinškem sistemu se kristalografske osi med seboj ne sekajo pod pravim kotom. Tudi v tem sistemu ni glavne osi, ker je v vseh točkah enoštevni. Kubični sistem je poimenovan po kocki. V tem sistemu so tri enako dolge in največ štirištevne osi, ki se sekajo pod pravim kotom. Števnost n je izraz, ki pove, kolikokrat se kak kristalni lik pokrije sam s seboj, če ga zavrtimo za 360 stopinj. Če je $n = 1$, je potreben cel obrat, da se kristalni lik zopet pokrije, pri $n = 2$ se pokrije na vsakih 180 stopinj, torej dvakrat v celem obratu, pri $n = 3$ na vsakih 120 stopinj ... Večja kot je števnost oziroma vrednost n , manjši kot je potreben za pokritje in večkrat pride do pokritja pri celem obratu

Dolgo je veljalo, da lahko katerakoli snov kristalizira le v enem od navedenih sistemov, ker kristalov s petštevni ali več kot šestštevni osmi pač ni bilo niti med



Risba 1: Simetrija je enoštevna takrat, kadar je potreben 360-stopinjski zasuk okoli osi, da se motiv, v tem primeru pravokotni trikotnik, zopet pokrije sam s seboj.

Risba: Mirjan Žorž.

minerali niti med drugimi kristaliziranimi substancami. Na tej podlagi so zaključili, da so take simetrije prepovedane.

Leta 1982 je izraelski znanstvenik D. Schechtman prvi opazil, da se v rentgenskih difraktogramih nekaterih magnezij-aluminijevih zlitin pojavljajo vzorci petštevni ikozaedričnih simetrij. Njegovo odkritje je bilo tako nenavadno in v popolnem neskladju z dogmo o prepovedanosti, da so se ga kolegi pričeli kar izogibati. Ker je bil dovolj vztrajen, se je njegova zgodba leta 2011 srečno končala z Nobelovo nagrado.

Po tem odkritju so sintetizirali vrsto novih spojin, katerih strukture oziroma kristali so tudi več kot šestštevni. Leta 2012 so ruski znanstveniki naposled odkrili tudi prvi naravni mineral s petštevno ikozaedrično simetrijo in mu naredili ime - le kako bi drugače - *ikozaedrit*. V našem razvrščanju bomo zato upoštevali tudi »prepovedane« simetrije in dodali k navedenim singonijam ikozaedrične, ki jih opredeljuje šest petštevni osi in pentagonalne, ki imajo eno petštevno os in še pet osi, ki so nanjo pravokotne in so največ dvoštevne.

Vsakega od teh sistemov delimo dalje na točkovne grupe oziroma simetrije. Posamezne simetrije imajo določene kristalografske značilnosti, kot so dodatne osi, ravnine simetrije in središče inverzije ter njihove značilne medsebojne kombinacije. Nekatero od teh kombinacij so take, da imajo simetrije lahko pol nižje števnosti. V tabeli 1 so prikazane posamezne singonije, njihove največje števnosti in število pripadajočih točkovnih grup oziroma simetrij.

Praviloma kristali ne rastejo v vseh smereh enakomerno, zato jih ni vedno mogoče brez težav razvrstiti v posamezne sisteme. Vsak kristal določenega minerala in njegova oblika sta rezultat okolja, procesov in razmer, v katerih je ta mineral kristaliziral. Le redko se zgodi, da je posamezni kristal teoretično oziroma modelno razvit. Take kristale opišemo z izrazom *idiomorfni*.

Poleg tega so tudi imena sistemov zavajajo-

Sistem	Največja števnost	Število točkovnih grup
Triklinski	1	2
Monoklinski	2	3 (1)
Ortorombski	2	3
Trigonalni	3	5
Tetragonalni	4	7 (2)
Kubični	4	5 (3)
Pentagonalni	5	5
Ikozaedrični	5	2
Heksagonalni	6	7 (2)

Tabela 1: Kristalni sistemi oziroma singonije so razvrščeni po naraščajoči števnosti glavnih kristalografskih osi. Vrednosti v oklepajih predstavljajo število simetrij v posameznem sistemu, katerih glavna kristalografska os ima pol nižjo števnost.

ča, kajti tri-, tetra- in heksagonalnost lahko razumemo tudi kot število kotov med ploskvami, kar nas posebej pri prizmatsko oblikovanih kristalih lahko docela zavede. Ortorombski kristali imajo pogosto šest prizmatskih ploskev, kar jim daje vtis heksagonalnosti. Podobno je pri tetragonalnih kristalih z različno razvitimi prizmatskimi ploskvami, ki dajejo ortorombski vtis, in obratno pri slednjih, kje so lahko ploskve po velikosti enake in hlinijo tetragonalnost. Kubični kristali so pogosto bolj razviti v eni smeri in imajo navidezno nižje simetrije. Ne glede na razvitost posameznih ploskev velja

Stensenov zakon, po katerem so koti med posameznimi ploskvami kristala določenega minerala vedno enaki.

Danes je priznanih več kot 4.000 mineralov in njihovo število nenehno narašča. Vsak mineral ima določeno simetrijo s pripadajočo števnostjo. V tabeli 2 so minerali razvrščeni glede na števnost simetrij.

Od 39 točkovnih grup oziroma simetrij, ki so navedene v obeh tabelah, so jih doslej na kristalih potrdili 33. Nekatere simetrije so redko zastopane v lepo kristaliziranih mineralih, zato se bomo v nadaljevanju posve-

n	Število simetrij	Odstotek mineralov
1	3	11,07
2	5	52,35
3	5	11,52
4 (tetragonalni)	7 (2)	7,81
4 (kubični)	5 (3)	9,66
5 (pentagonalni)	5	0
5 (ikozaedrični)	2	0,02
6	7 (2)	7,56

Tabela 2: Razvrstitev več kot 4.000 priznanih mineralov glede na števnost njihovih simetrij. Vrednosti v oklepajih predstavljajo število simetrij pri posamezni števnosti n, katerih glavna kristalografska os ima pol nižjo števnost. Minerali, katerih točkovne grupe so dvoštevne, so v izraziti večini, saj je takih več kot polovica.

tili tistim, ki se pogosto pojavljajo v dobro razvitih makroskopskih kristalih. Razvrstili jih bomo po njihovi števnosti, ki jo je na resničnih kristalih posameznih mineralov najlažje opaziti oziroma določiti.

Enoštevni minerali $n = 1$

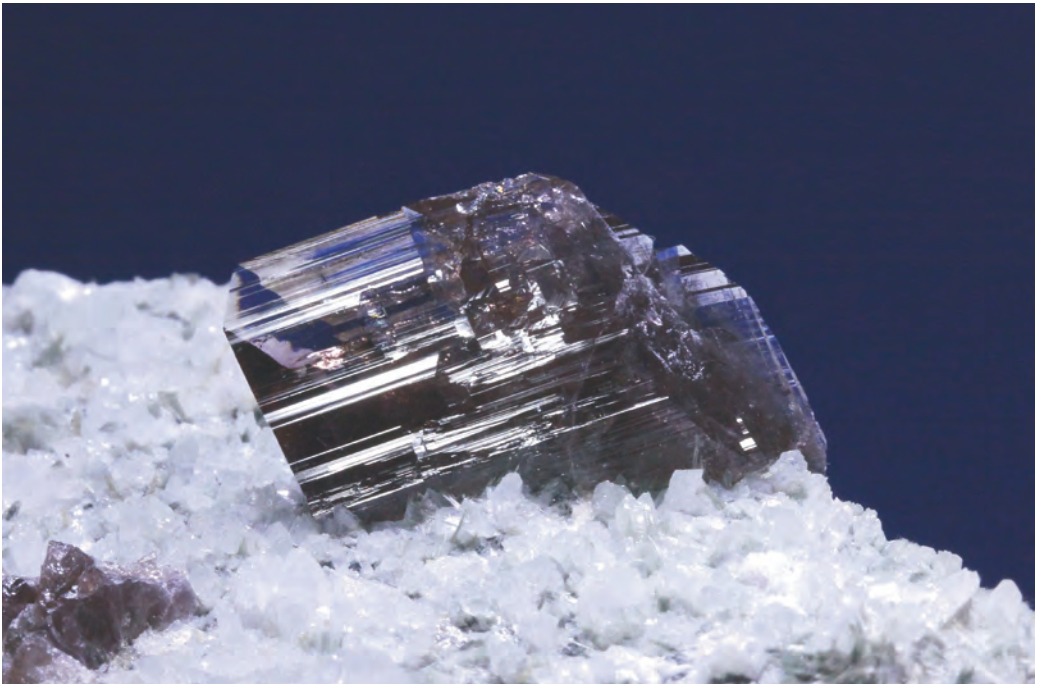
Tri simetrije imajo števnost ena. V vseh treh primerih je vseeno, kako kristale s takimi simetrijami orientiramo, ker so v vsaki točki enoštevni in zato pravzaprav nimajo glavne osi. Ne glede na to vsakemu mineralu vseeno vedno določijo glavno enoštevno os na podlagi nekaterih fizikalnih lastnosti. Za prvo je značilno, da imajo ploskve vseh kristalnih likov na kristalu svoj vzporedni par na diametralno nasprotni strani. Če vsako točko neke ploskve povežemo z diametralno naprotno točko parne ploskve, potem se vse povezovalne linije sekajo v točki, ki leži na sredini kristala (risba 2A). To točko imenujemo središče oziroma center inverzije i . Par vzporednih ploskev, ki je povezan na ta način, pa imenujemo *pinakoid*, kar je gr-

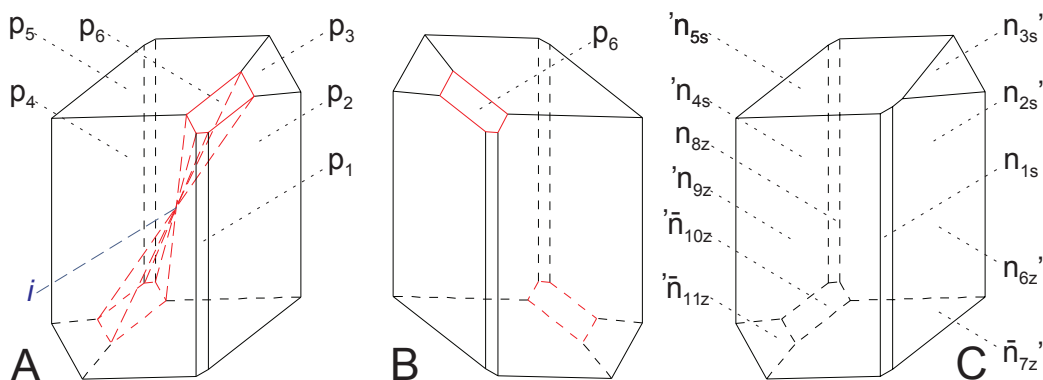
ški izraz za reženj. Značilnost te simetrije je v tem, da rotacija okoli osi, ki je pravokotna na enoštevno os, povzroči reorientacijo ploskev. Tiste, ki so imele sprva desno orientacijo, se spremenijo v levo orientirane in obratno (risbi 2A in 2B). Simetrije s središčem inverzije in tako lastnostjo so anti-morfne, kar izvira iz grškega *anti* za *proti* in *morphe* za *lik*.

Značilni mineral s to simetrijjo je feroaksinit. Kristali so sploščeni in imajo kot britev ostre robove. Orientacija kristala je lahko poljubna, ker je v vsaki točki enošteven. V ruskem nahajališču Pujva na Uralu so našli idiomorfne feroaksinitove kristale, ki so se neovirano razvili v aktinolitu.

Za naslednjo enoštevno simetrijo je značilno, da se njena gornja stran razlikuje od

Slika 1: Kristal feroaksinita iz francoskega nahajališča Bourg d'Oissans na kremenovi in adularjevi podlagi. Kristal je zelo sploščeni, zato ima ostre robove. Progavost je nastala zaradi stopničastega menjavanja ploskev dveh različnih pedionov. Kristal meri 23 milimetrov v dolžino. Foto: Mirjan Žorž.





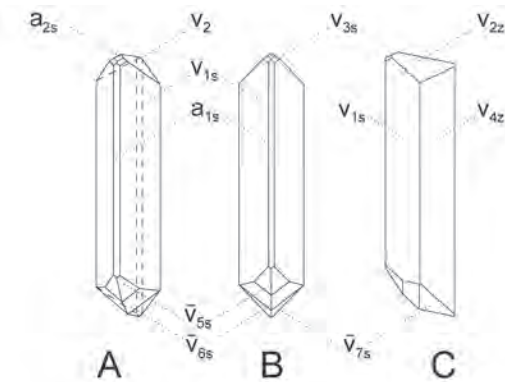
Risba 2: Mineral feroaxinit kristalizira v enoštevni antimorfni simetriji. Vsaka ploskev na kristalu ima svoj nasprotni par. Če diametralno nasprotni točke obeh ploskev povežemo z linijami, se vse sekajo v sredini kristala. Ta točka je središče inverzije i (A). Vrtenje kristala okoli osi, ki je pravokotna na poljubno enoštevno os, povzroči spremembo usmerjenosti ploskve istega kristalnega lika. Na risbi A ima rdeče označena ploskev pinakoida p_6 desno orientacijo, po zasuku pa se nasproti ležeča ploskev istega lika pojavi v levi orientaciji (B).

Če kristalu na risbi A odvzamemo eno samo ploskev, vse ostale ploskve na kristalu izgubijo svoje pare, celotni kristal pa ostane brez središča inverzije (C). Vsaka ploskev zase je sedaj kristalni lik, ki se imenuje pedion in je označen s črko n . V tej simetriji zato ločimo desne in leve, zgornje in spodnje ter sprednje in zadnje pedione. Kristalni indeks $'n_{5s}$ tako na primer označuje levi zgornji sprednji pedion, \bar{n}_{7z}' pa desni spodnji zadnji pedion. To je najnižja možna kristalna simetrija.

Risba: Mirjan Žorž.

Slika 2: Veliki kristali neptunita so pogosto zviti, kar še bolj poudari njihovo zanimivo simetrijo. Zgornji del kristala se razlikuje od spodnjega, pri čemer je njegova desna stran zrcalna slika njegove leve strani (slika levo), ravno tako pa sprednji del razlikuje od zadnjega (slika desno). Bele prevleke so drobni skupki minerala crossita. Kristal je velik 66 x 24 milimetrov. San Benito Gem Mine v bližini mesta New Idria v Kaliforniji v Združenih državah Amerike. Foto: Mirjan Žorž.





Risba 3: Risbe prikazujejo kristal neptunita v ortografski projekciji (A), s sprednje strani (B) in s strani (C). Večina kristalnih likov na kristalu je v parih enakih ploskev, od katerih ima ena desno in druga levo orientacijo, kar v tej simetriji ustreza kristalnemu liku dóme. Ta, za to simetrijo značilni kristalni lik je označen s črko **v**. Pri tej simetriji ločimo med sprednjimi in zadnjimi dómami, kar označimo tako, da oznaki **v** dodamo ustrezen indeks **s** oziroma **z**. Razlikujemo tudi zgornje in spodnje dóme, in sicer tako, da za spodnjo dómo nad oznako **v** dodamo še znak $\bar{}$. Tako na primer \bar{v}_{5s} označuje sprednjo spodnjo dómo. Oznaka a_{1s} ustreza kristalnemu liku pediona. To je kristalni lik, ki opredeljuje samo eno ploskev. Risba: Mirjan Žorž.

spodnje, njena prednja stran od zadnje, po sredini pa poteka ravnina simetrije, ki jo deli v dve enaki polovici, od katerih je ena leva, druga pa desna. Pri tej simetriji je določitev glavne osi enostavna, ker se ujema oziroma je vzporedna z ravnino simetrije. To je sicer tudi simetrija človeškega telesa, človek se mora obrniti okoli svoje osi za cel krog, to je za 360 stopinj, da zopet pride v začetni položaj. Med minerali, ki imajo tako simetrijo, je najznačilnejši neptunit (risba 3). Največji in najlepši kristali neptunita so v kalifornijskem nahajališču San Benito Gem Mine v bližini mesta New Idria. Na

manjših kristalih se to simetrijo težje opazi, zato pa mnogo bolj na večjih, ki so ponavadi tudi močno ukrivljeni (slika 1).

Če kristalu z enoštevno antimorfijo odvzamemo eno samo ploskev (risba 2A), izgubi središče inverzije, s tem pa dobimo najnižjo možno simetrijo, pri kateri se vse ploskve med seboj razlikujejo (risba 2C). Značilen lik je sedaj *pedion* (kar je grški izraz za ravnino), ki opredeljuje le še eno samo ploskev. Mineralov, ki bi imeli velike in lepo razvite kristale s to simetrijo, skoraj ni.

(Nadaljevanje prihodnjič.)

Patologija, kraljica medicine

Tomaž Rott

Kratka definicija patologije je, da je to veda o bolezenskih spremembah, prepoznavanju njihovih vidnih značilnosti, iskanju vzrokov zanje in razvoju bolezni. Patološka morfologija se je nekdaj osredotočala predvsem na opisovanje vidnih sprememb pri določenih boleznih, danes pa želimo poiskati vzroke zanje in spremljati razvoj bolezni, torej preučujemo tudi etiopatogenezo bolezni-

skih sprememb oziroma bolezni. Poznavanje in razumevanje bolezni sta bistveni za ustrezno zdravljenje bolnikov. Patologija povezuje osnovna znanja o biokemiji, sestavi in organiziranosti našega telesa, prepoznavanje bolezni in način njihovega nastanka ter bolj ali manj neposredno vpliv na nadaljnje zdravljenje. To je le nekaj razlogov, da jo nekateri imenujejo kraljica medicine.