

SZAKÁLL SÁNDOR,

ÁSVÁNY- ÉS KÖZETTAN ALAPJAI

9



A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

IX. A KRISTÁLYOK CSOPORTOSÍTÁSA A SZIMMETRIAELEMEK ALAPJÁN

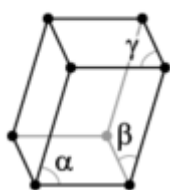
1. A HÉT KRISTÁLYRENDSZER

Mint az előzőekben már láthattuk, a hét primitív elemi cella szimmetriája meghatározza a hét kristályrendszer tengelykeresztjét. A hét kristályrendszeren belül a külső szimmetriaelemek kombinációja alapján pedig 32 kristályosztályt különböztetünk meg.

Ezekbe a kristályrendszerekbe és kristályosztályokba sorolható be a természetben ismert összes kristály. A továbbiakban itt csak a hét kristályrendszer legfontosabb (az egyes rendszereken belül maximális, minimális és jellemző) szimmetriaelemeit, illetve kristályformáit mutatjuk be. A legtöbb szimmetriaelem a *köbös*, míg legkevesebb a *triklin* kristályrendszerben található. A kristályrendszerek szimmetriája tehát a *triklintől* a *köbös* felé nő.

Triklin rendszer

$$\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$$



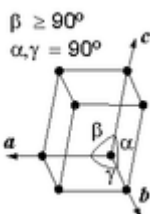
Minimális szimmetriaelem: *egyáltalán nincs*.

Maximális szimmetriaelem: *inverziós centrum*.

Nincs jellemző szimmetriaeleme, nincsenek tükörsíkok, nincsenek többértékű gírek.

Kristályformák: *pedion*, *véglap*.

Monoklin rendszer



Minimális szimmetriaelemek: *1 digír (vagy 1 tükörsík)*.

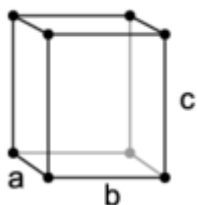
Maximális szimmetriaelemek: *b-tengely irányában 1 digír, reá merőlegesen 1 tükörsík, inverziós centrum*.

Jellemző szimmetriaelemek: *csak egy digírnk van*.

Kristályformák: *pedion*, *szfenoid*, *dóma*, *véglap*, *monoklin prizma*.

Rombos rendszer

$$a \neq b \neq c$$



Minimális szimmetriaelemek: *3 digír (vagy 1 digír és 2 tükörsík)*.

Maximális szimmetriaelemek: *3 digír, 3 tükörsík, inverziós centrum*.

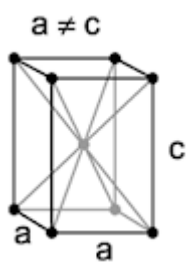
Jellemző szimmetriaelemek: *legtöbbször 3 digírnk van*.

Kristályformák: *pedion*, *dóma*, *véglap*, *rombos diszfenoid*, *rombos piramis*, *rombos prizma*, *rombos dipiramis*.

Főtengelyes rendszerek

Ezeknél a rendszereknél (*trigonális*, *tetragonális*, *hexagonális*) van egy tengely (ez mindig a függőlegesen elhelyezkedő *c-tengely*), melynek szimmetriaértéke magasabb mint többié. Ez a **főtengely**, míg az erre merőlegesen elhelyezkedő többi tengelyek egymással szimmetria szempontból egyenértékűek, egymással fölcserélhetők. Ezek a **melléktengelyek**. A főtengelyes rendszerekben csak a főtengelyre merőleges formák lehetnek **egy- vagy kétlapúak**. Ezeket **bázisnak** nevezzük (ez legtöbbször *véglap*).

Tetragonális rendszer



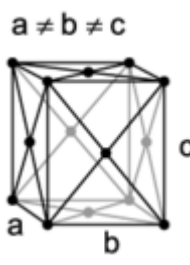
Minimális szimmetriaelem: 1 tetragír (vagy 1 inverziós tetragiroid).

Maximális szimmetriaelem: 1 tetragír, 4 digír, 4+1 tükörsík, inverziós centrum.

Jellemző szimmetriaelem: mindig van 1 tetragír, míg más rendszerekben nem.

Kristályformák: *pedion*, *véglap* (itt *bázislap*), *tetragonális piramis*, *tetragonális diszfenoid*, *tetragonális prizma*, *tetragonális dipiramis*, *tetragonális trapezoéder*, *ditetragonális prizma*, *ditetragonális piramis*, *tetragonális szkalenoéder*, *ditetragonális dipiramis*.

Trigonális rendszer



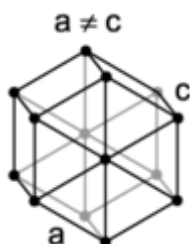
Minimális szimmetriaelem: 1 trigír (vagy 1 inverziós hexagiroid).

Maximális szimmetriaelem: 1 trigír, 3 digír, 3+1 tükörsík, inverziós centrum.

Jellemző szimmetriaelem: mindig van 1 trigír, míg más rendszerekben nem.

Kristályformák: *pedion*, *véglap* (itt *bázislap*), *trigonális piramis*, *hexagonális piramis*, *trigonális prizma*, *hexagonális prizma*, *trigonális dipiramis*, *hexagonális dipiramis*, *trigonális trapezoéder*, *romboéder*, *ditrigonális prizma*, *ditrigonális piramis*, *ditrigonális szkalenoéder*.

Hexagonális rendszer



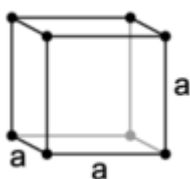
Minimális szimmetriaelemek: 1 hexagír (vagy 1 trigír).

Maximális szimmetriaelemek: 1 hexagír, 6 digír, 6+1 tükörsík, inverziós centrum.

Jellemző szimmetriaelem: mindig van 1 hexagír, míg más rendszerekben nem.

Kristályformák: *pedion*, *véglap* (itt *bázislap*), *trigonális piramis*, *hexagonális piramis*, *trigonális prizma*, *hexagonális prizma*, *hexagonális dipiramis*, *hexagonális trapezoéder*, *dihexagonális prizma*, *dihexagonális piramis*, *ditrigonális dipiramis*, *dihexagonális dipiramis*.

Köbös (szabályos) rendszer



Minimális szimmetriaelemek: 4 trigír (vagy 4 inverziós trigiroid).

Maximális szimmetriaelemek: 3 tetragír, 4 trigír, 6 digír, 9 tükörsík, inverziós centrum.

Jellemző szimmetriaelemek: mindig van 4 trigír, míg más rendszerekben nem.

Kristályformák: *tetraéder*, *pentagondodekaéder*, *rombdodekaéder*, *hexakisztetraéder*, *hexaéder*, *oktaéder*, *hexakiszoktaéder*, *tetragonális pentagondodekaéder*, *tetrakiszhexaéder*, *triakisztetraéder*, *deltoidkozitetraéder*, *triakiszoktaéder*, *deltoiddodekaéder*, *diakiszdodekaéder*, *pentagonikozetetraéder*.

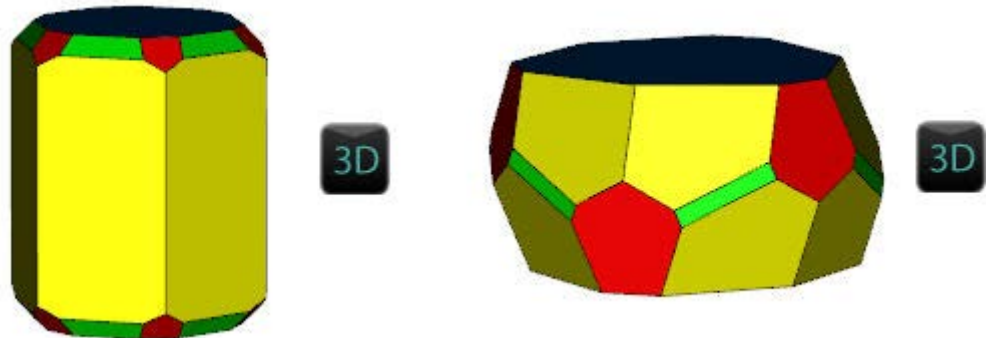
2. A KRISTÁLYOK HABITUSA ÉS TERMETE

Az eddigiekben ideálisan fejlett egykristályokat tanulmányoztunk azért, mert a szimmetriaviszonyokat, illetve a kristályformákat ideális kristályokon könnyebb azonosítani, megfigyelni (az egybevágó lapokat sokkal könnyebb felismerni).

A természetben azonban a jól fejlett, ideális egykristályok viszonylag ritkák. Elsősorban nem ilyenekkel találkozunk, sokkal általánosabbak a nem ideálisan kifejlődött, torzulást mutató egykristályok. A torzulás annyit jelent, hogy egy adott kristályformához tartozó (ideális esetben egybevágó) lapok nem egyenlő mértékben fejlődtek ki. Az eddigiekben ráadásul, – a könnyebb tanulhatóság miatt – nemcsak hogy ideális, hanem külön-külön egy-egy kristályformákkal foglalkoztunk.

A természetben azonban sokkal elterjedtebbek a több kristályforma együttes megjelenéséből álló kristálykombinációk.

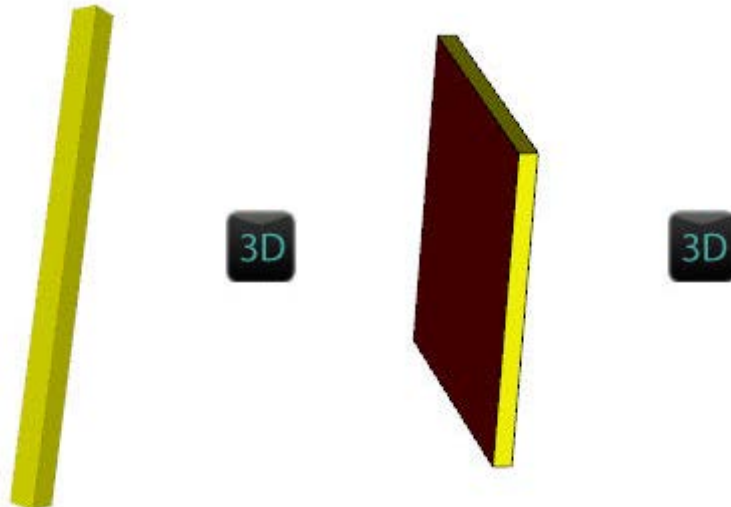
A nyitott formák egyébként is csak más formákkal kombinálódva zárhatják be a teret. Sőt, a legtöbb *reális kristály* több forma kombinációjaként jelenik meg a természetben. Nem ritkák a 4-6 forma kombinálódásával jellemezhető kristályok. Az alábbiakban minden kristályrendszerre bemutatunk egy-egy jellemző kombinációt.



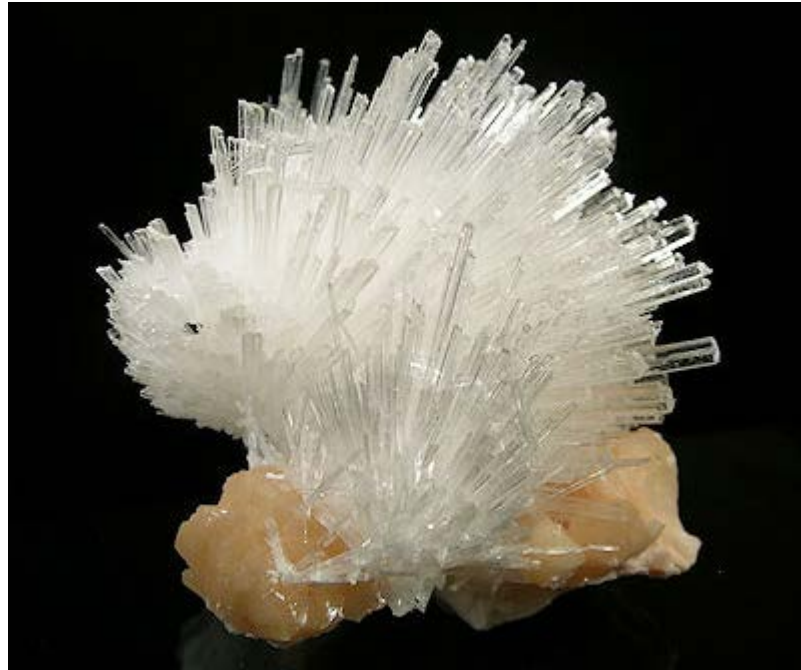
Egy-egy kristályrendszerre jellemző kristálykombinációk

Egyébként éppen a kristálykombinációk nagy variabilitásának köszönhető a kristályok végtelen változatos világa.

A kombinációk esetén a kristály ún. habitusát az uralkodó forma szabja meg. Ennek megfelelően beszélünk **izometrikus** (pl. hexaéderes, oktaéderes, dipiramisos), **prizmás** (oszlopos, tűs) és **táblás kristályokról**.



Különböző habitusú kristályok, melyek a prizma és véglap változó arányú kifejlődésével jöttek létre



Szkolecit tűs kristályai



Berill prizmás kristálya



Galenit izometrikus kristályai

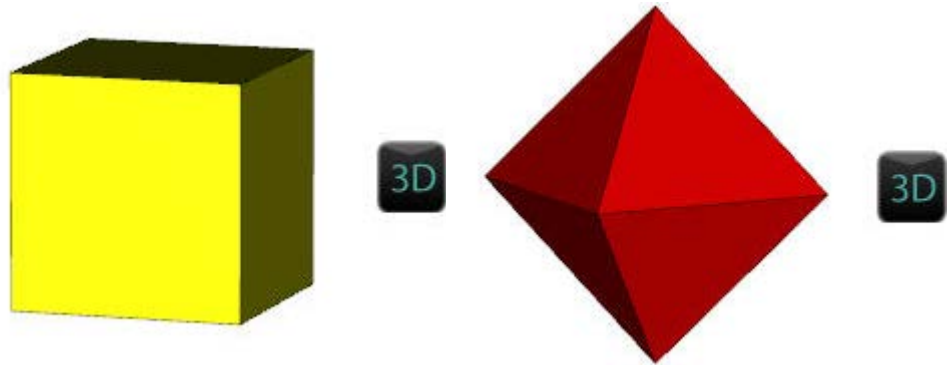


Wulfenit táblás kristályai

A habitust elsősorban a kristály növekedése során fennálló fizikai paraméterek (például hőmérséklet) határozzák meg. Így a kristályok habitusából sokszor vissza lehet következtetni a képződési körülményekre. A kvarcot éppen emiatt nevezik "*földtani hőmérőnek*" is, mert magas hőmérsékleten izometrikus, csökkenő hőmérséklettel prizmás, majd tűs habitusúak a kristályai.

Ezzel szemben a kristályok termetét az összes forma együttes kifejlődése eredményezi.

Az oktaéder és hexaéder formák különböző arányú kifejlődései eredményeznek egy kristálynak *oktaéderes*, *hexaéderes* vagy a kettő közötti, ún. *kubooktaéderes* termetet.



A kristály termetének változása a hexaéder és oktaéder formák más és más dominanciája alapján

Tovább nehezíti a helyzetünket, hogy a természetben általában nem egy kristály növekszik egy időben, hanem sok-sok kristály egyszerre. Így az egyes kristályoknak nem marad helyük, hogy jól kifejlődjenek.

A természetben tehát a sok kristály együttes növekedésével kifejlődött **polikristályos halmazok** a leggyakoribbak.

3. FELADATOK

Megoldások:	láthatók	nem láthatók
-------------	----------	--------------

1. Sorolja föl a triklin rendszer jellemző szimmetriaelemeit és gyakori formáit?

Megoldás: nincs jellemző szimmetriaeleme; pedion, véglap.

2. Sorolja föl a monoklin rendszer jellemző szimmetriaelemeit és gyakori formáit?

Megoldás: egy digír és rá merőleges tükörsík; véglap, monoklin prizma.

3. Sorolja föl a rombos rendszer jellemző szimmetriaelemeit és gyakori formáit?

Megoldás: három egymásra merőleges digír, és tükörsík; véglap, rombos dipiramis, rombos prizma.

4. Sorolja föl a trigonális rendszer jellemző szimmetriaelemeit és gyakori formáit?

Megoldás: 1 trigír (vagy 1 inverziós hexagiroid); romboéder, ditrigonális szkalenoéder, trigonális és ditrigonális prizmák, piramisok, dipiramisok.

5. Sorolja föl a hexagonális rendszer jellemző szimmetriaelemeit és gyakori formáit?

Megoldás: 1 hexagír; hexagonális és dihexagonális prizmák, piramisok, és dipiramisok.

6. Sorolja föl a hexagonális rendszer jellemző szimmetriaelemeit és gyakori formáit?

Megoldás: 4 trigír; tetraéder, pentagondodekaéder, rombdodekaéder, hexaéder, oktaéder.

7. Mit nevezünk kristálykombinációnak, és hogyan befolyásolhatja a kristály termetét és habitusát?

Megoldás: amikor egy kristályon többféle forma megjelenik. A kristály habitusát az uralkodó kifejlődésű forma határozza meg. Ezzel szemben a termetét minden forma jelenléte együttesen adja.

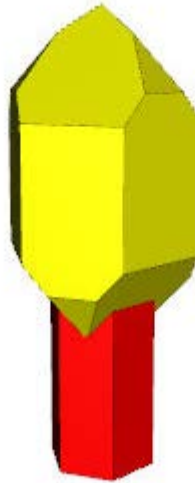
4. A KRISTÁLYOK ÖSSZENÖVÉSE

Azonos ásványok kristályainak összenövése

A természetben a kristályok legtöbbször tehát egymással összenöve fordulnak elő. Ha bizonyos szabályok szerint nőnek össze, akkor *szabályosnak* nevezzük az összenövést, ha nem, akkor *szabálytalannak*. Ez utóbbi az általános jelenség.

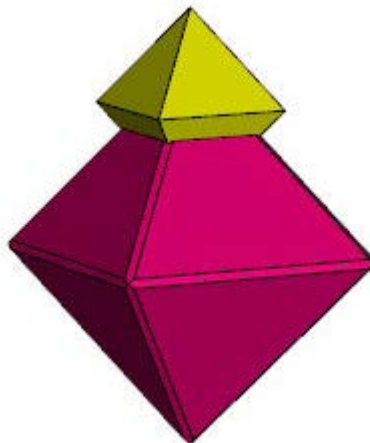
Szabályos összenövés

Párhuzamos összenövés: Két vagy több kristály párhuzamos összenövése esetén az egyenértékű lapok vagy élek egymással párhuzamosak, azonos orientációban vannak.



3D

Orientáltan összenőtt két kvarckristály



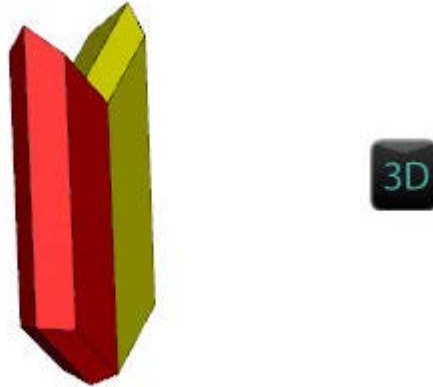
3D

Orientáltan összenőtt két kupritkristály

Ikerösszenövés: A szigorú szabályossággal képződő ikerösszenövésekről (ikrekről) akkor beszélünk, ha úgy nő össze két (vagy több) hasonló méretű kristály, hogy egy sík (az ikersík) szerint tükrözve, egy zónatengely (az ikertengely) körül legtöbbször 180° -kal elforgatva, vagy egy pont körüli inverzióval kerül fedésbe.

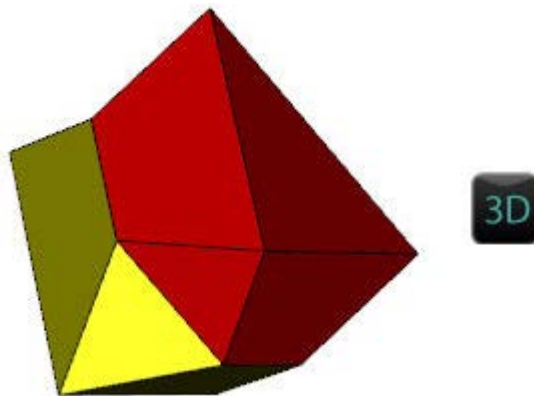
Ha az ikersíkot vagy ikertengelyt meghatározzuk, akkor egyben megadjuk az ásványra jellemző ikertörvényt. Az így összenőtt kristályok az **ikrek** vagy **ikerkristályok**. Bizonyos ásványok (például *kvarc*, *kalcit*, *aragonit*, *földpátok*) nagy hajlandóságot mutatnak ikerképződésre, erre a későbbiekben föl fogjuk hívni a figyelmet. Néhány típusukkal az alábbiakban megismerkedünk.

Érintkezési (vagy kontakt) ikreknél az iker egyedei az összenövési lapon érintkeznek egymással. Az ilyen ikrek létrejötte úgy vezethető le, mintha egy kristályt kettévágnánk és az egyik felét 180° -kal elforgatnánk. Gyakori példák: a *gipsz* fecskefark-alakú ikre – itt az ikersík az (100) lap, ikertengely az erre merőleges irány.



A gipsz fecskefark alakú ikerkristálya

A *spinell-iker* esetén az ikersík az (111) lap, ikertengely az erre merőleges *trigír* (ilyen ikreket képezhet például a *spinell* és a *gyémánt*).



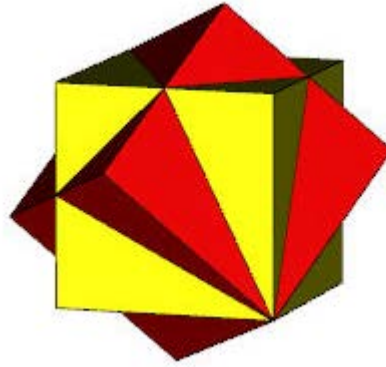
Spinell ásványok érintkezési ikre

Átnövési (vagy penetrációs) ikreknél az iker két (vagy több) egyede egymáson részben vagy teljesen keresztül nő. Jellemző példa az *ortoklász karlsbadi* ikre, itt az ikersík az (100) lap.



Ortoklász karlsbadi ikre

Eléggé elterjedt a *fluorit* (111) szerinti, illetve a *pirit* (110) szerinti ikre (egy híres érdemrend alakjához való hasonlatossága miatt vaskereszt-ikernek nevezik).



3D

A fluorit (111) szerinti átnövési ikre

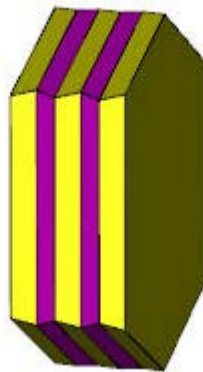


3D

Pirit (110) szerinti vaskereszt ikre

Vannak ásványok, melyek – szerkezeti okok miatt – különösen nagy hajlandóságot mutatnak ikerképződésre, ilyen a *kvarc* és az *aragonit*.

Többszörös (vagy poliszintetikus) ikreknél az ikerkristály nem 2, hanem 3, vagy akár sokkal több egyedből állhat. Ha az összenövési síkok párhuzamosak, akkor poliszintetikus lemezes ikrek keletkeznek. Erre a leggyakoribb példa a fontos kőzetalkotó földpát, az *albit* ikerkristálya.



3D

Albit poliszintetikus ikre

Ha viszont az ikerkomplexum egyedei ugyanannak a formának más és más lapja szerint alkotják az ikerösszenövést (az egyedek egymással nem párhuzamosak), úgy gyűrűs, csillag alakú stb. ikerkomplexumok keletkeznek. Az ikerképződést a beugró szögek megfigyelése nagyban elősegíti.

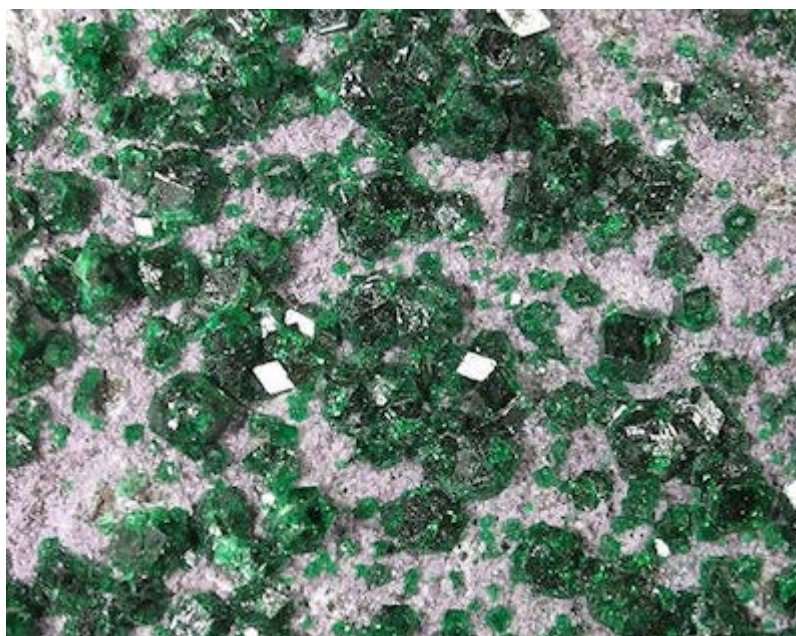
A poliszintetikus ikrek jelenlétéből sok esetben genetikai következtetéseket vonhatunk le. Magas hőmérsékleten magasabb szimmetriájú (pl. köbös) rendszerben kristályosodó ásványok lehűlve (miközben alakjukat megtartják) alacsonyabb szimmetriájú kristályrendszerek poliszintetikus ikerkristályaivá alakulhatnak át. A leucit 605°C fölött köbös, ez alatt tetragonális kristálylemezskéé poliszintetikus halmazá. A hexagonális (magas)kvarc 573°C alatt trigonális (alacsony)kvarccá alakul át.

Szabálytalan összenövés

Bár a szabályos összenövések bizonyos ásványoknál nem mondhatók ritkának, mégis az ásványok a természetben legtöbbször szabálytalanul nőnek össze egymással.

Attól függően, hogy a növekedés során milyen megjelenésű halmaz (**aggregátum**) jön létre, illetve a halmaz milyen termetű kristályegyedekből áll, a következő halmazalakokat (aggregátumokat) különböztük el:

- **szemcsés:** kristályai döntően **izometrikusak** (finom vagy durva szemcsés);
- **vaskos:** mindennemű jellemző halmazalak nélküli tömött tömeg;
- **földes:** szabad szemmel nem látható **kristallitokból** álló laza, földes halmaz;
- **pátos:** ha a kristályok több irányú kitűnő vagy jó hasadási lapjai megfigyelhetők;
- **leveles:** kristályai vékony táblások vagy pikkelyesek és egymáson fekszenek;
- **azbesztszerű:** finom tűs termetű kristályai egymással párhuzamosak;
- **rostos:** nyúlt prizmák többé-kevésbé párhuzamos összenövése;
- **kusza-szálas:** tűs termetű kristályok kusza halmaza;
- **tűs-sugaras:** tűs termetű kristályai sugarasan rendeződnek el;
- **gömbös-vesés:** gömbös-vesés felszínű halmazok;
- **dendrites:** mohaszerű halmazok vagy kis fácskákhoz hasonló alakzatok;
- **cseppköves:** barlangi cseppkövekhez hasonlatos megjelenés;



Szemcsés halmaz



Vaskos-tömeges halmaz



Vaskos-tömeges halmaz



Földes halmaz



Földes halmaz



Pátos halmaz



Leveles halmaz



Azbeszt halmaz



Rostos halmaz



Rostos halmaz



Kusza szálas halmaz



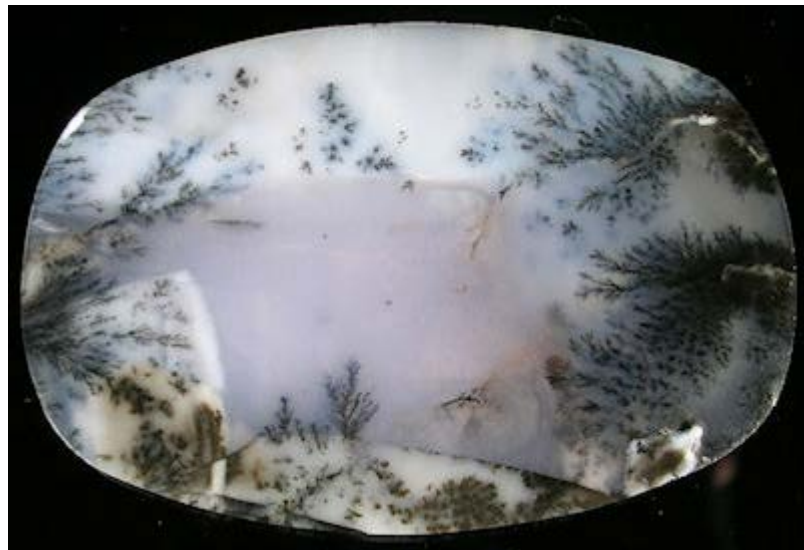
Tűs-sugaras halmaz



Gömbös-vesés halmaz



Gömbös-vesés halmaz



Dendrites halmaz



Cseppköves halmaz

Ez a terminológia azért fontos számunkra, mert egyes halmazalakok jellemzőek lehetnek bizonyos ásványokra, illetve bizonyos képződési környezetekre.

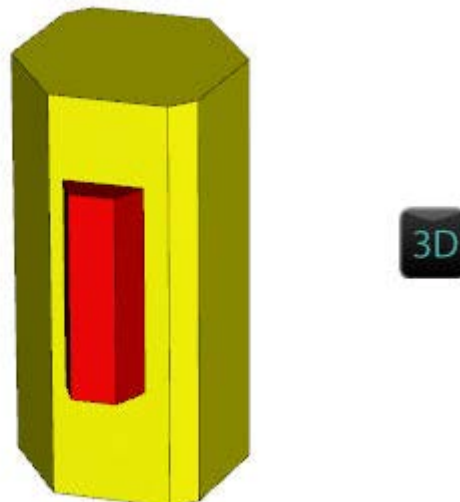
Különböző ásványok kristályainak összenövése

Szabályos összenövés

Különböző ásványok szabályos összenövése talán a legritkább eset az összenövések világában. Ezt a jelenséget **epitaxiának** nevezzük. Oka mindig a két különböző ásvány hasonló szerkezetében (a kristályrács viszonylag hasonló felépítése és hasonló mérete) keresendő.

Az epitaxia tehát két ásvány közötti olyan szabályos összenövés, ahol az egyik kristály elhelyezkedését a korábban képződött kristály szerkezete mintegy irányítja.

Klasszikus esete a *kianit-sztaurolit* (két szilikát ásvány) epitaxiája.



Kianit és sztaurolit orientált összenövése (epitaxiája)

Két különböző ásvány orientált összenövése sokszor akkor jön létre, amikor a két ásvány magas hőmérsékleten még elegykristályt alkot, alacsonyabb hőmérsékleten viszont szételegyednek (ezzel kapcsolatban bővebben a kristálykémiai ismeretanyagban fogunk találkozni). Ropant gyakori jelenség az ortoklász-albit, a magnetit-hematit, vagy a szfalerit-kalkopirit párosok esetében.

Szabálytalan összenövés

A legáltalánosabb jelenség több ásvány együttes növekedése során. A kőzetek döntő részében, a kőzetalkotó ásványok esetén éppen erről a jelenségről van szó. A kristályok a képződésük folyamán attól függően nőnek szorosan egymás mellett, ahogyan a növekedésüket a fiziko-kémiai viszonyok, illetve a rendelkezésre álló hely meghatározzák.

A kőzetalkotó ásványok kristályainak egymáshoz való viszonya, elhelyezkedése, abszolút és relatív mérete határozza meg a kőzetek szövetét, ami tanulmányozásuknál alapvető fontosságú.