

SZAKÁLL SÁNDOR,

ÁSVÁNY- ÉS KÖZETTAN ALAPJAI

7



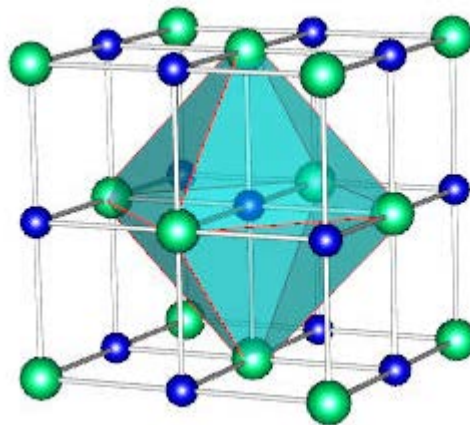
A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

VII. A KRISTÁLYOK SZIMMETRIÁJA

1. BEVEZETÉS

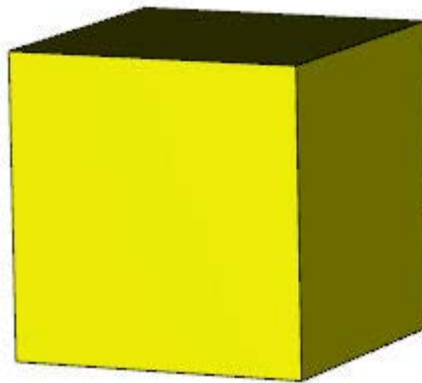
Az **elemi cella** és ebből eredően a **térrácsnak** a szimmetriáját a kristályok esetében az atomok, ionok vagy molekulák meghatározott irányokban történő periodikus ismétlődése jelenti. Ezt nevezzük **belső szimmetriának**. A belső szimmetria viszont meghatározza a kristályok külalakját (külső szimmetriáját). Külső szimmetrián a kristályok lapjainak, élleinek és csúcsainak a szimmetria által meghatározott ismétlődését értjük.

Éppen a szimmetria biztosítja a térrácsokban és a kristályok alakjában (morfológiájában) megfigyelhető rendet, arányosságot, szépséget. Tehát a kristályok külső és belső szimmetriája között a legszorosabb összefüggés áll fenn.



3D

A halit (kősó) térrácsa (kocka alakú rács)



3D

A halit (kősó) jellemző kristálya (kocka)

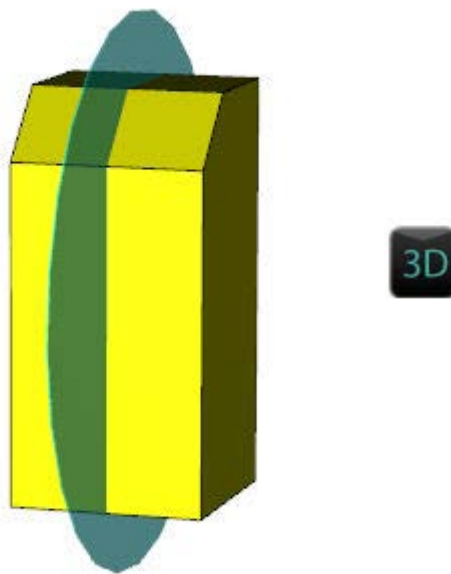
2. SZIMMETRIAELEMEK

A kristályok szimmetriáját, – egyúttal a hét kristályrendszer valamelyikébe történő besorolását – a szimmetriaelemek tanulmányozásával tudjuk meghatározni. A kristálytanban ismerünk *belső* és *külső*, *egyszerű* és *összetett* szimmetriaelemeket.

A továbbiakban itt csak az *egyszerű*, *külső szimmetriaelemekkel* ismerkedünk meg. Ezekkel alapjaiban már jellemezni tudjuk a kristályok morfológiáját. A kristályok külső szimmetriája az ún. **fedési műveletekkel** állapítható meg. Minden fedési művelethez egy megfelelő szimmetriaelem tartozik, ezek:

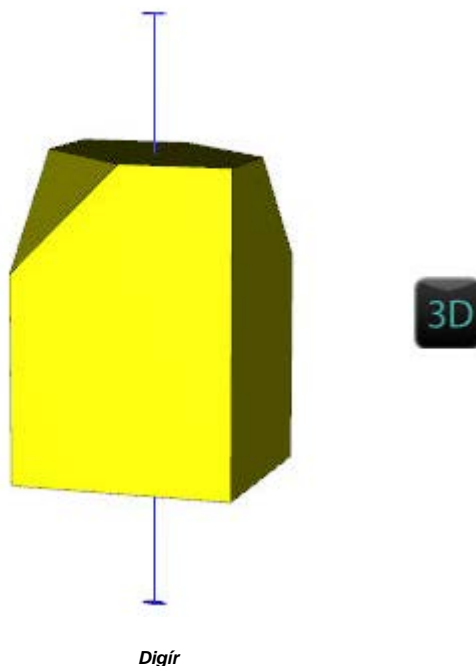
Fedési művelet	Szimmetriaelem
tükrözés	tükörsík (szimmetriasík)
forgatás	szimmetriatengely (gír)
inverzió	inverziós centrum

1) **Tükrözés** (tükörszimmetria). Szimmetrialeme a **tükörsík (szimmetriasík)**, amely a kristályt két egybevágó részre bontja. Jele: σ (*mirror*). Vannak kristályok, melyen nincs és vannak olyanok, melyeken akár több irányban is találunk tükörsíkot.

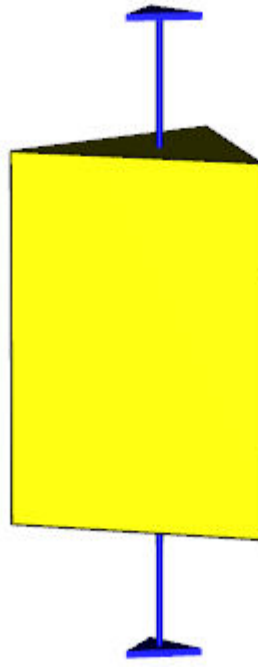


A tükörsík két egybevágó félre osztja a kristályt

2) **Forgatás** (forgási szimmetria). Szimmetrialeme a **forgástengely (gír)**. A kristályt egy szimmetriatengelye körül teljesen (360° -kal) körbeforgatva önmagával többször fedőhelyzetbe kerülhet. Attól függően, hogy a teljes körforgatás során 180, 120, 90 vagy 60 fokként (kétszer, háromszor, négyszer vagy hatszor) kerül az eredeti helyzettel megegyező fedőhelyzetbe a szimmetriatengelyünk 2, 3, 4 vagy 6 értékű (*digír, trigír, tetragír vagy hexagír*).

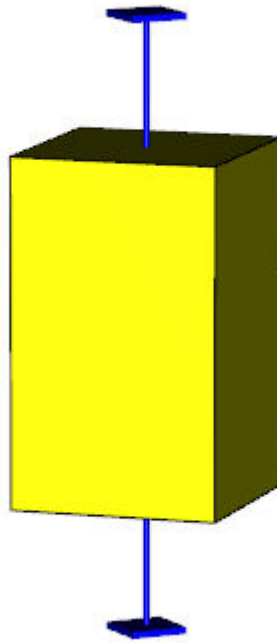


Digír



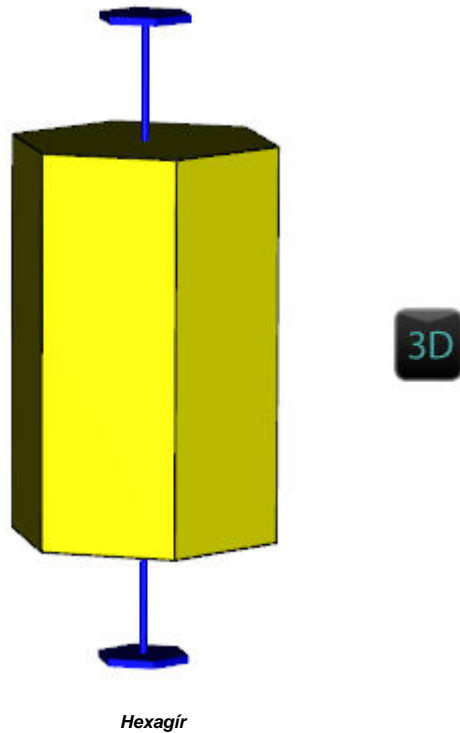
3D

Trigír



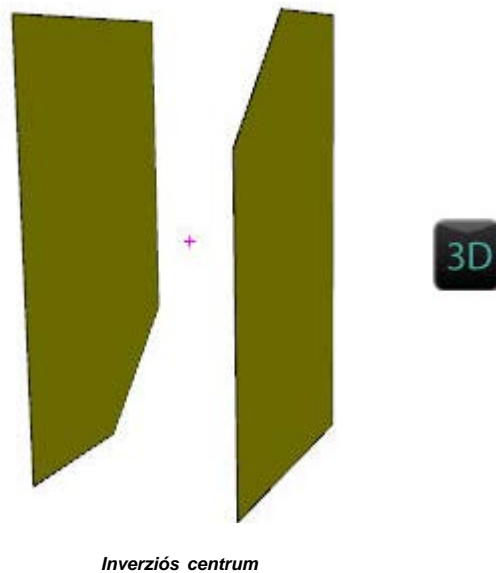
3D

Tetragír



Jelük: xxxxxx A kristályok esetében csak ilyen értékű szimmetriatengelyek ismertek (ennek oka, hogy a térrácsokban hézag nélküli kitöltés ötszög vagy hatszögnél nagyobb sokszögek esetében nem lehetséges).

3) **Inverzió**. Szimmetrieleme az **inverziós centrum**, mely a kristálynak olyan pontja, melyből adott irányban, adott távolságra eső pont az ellenkező irányban ugyanolyan távolságra megismétlődik. Mindig a kristály középpontjában helyezkedik el, ha van a kristálynak inverziós centruma. Jele: \bar{Z} (*Zentrum*).

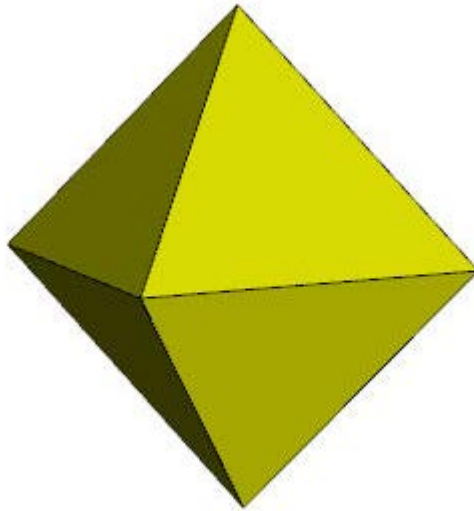


3. A KRISTÁLYOK TÉRRÁCS FELÉPÍTÉSÉBŐL KÖVETKEZŐ TÖRVÉNYSZERŰSÉGEK

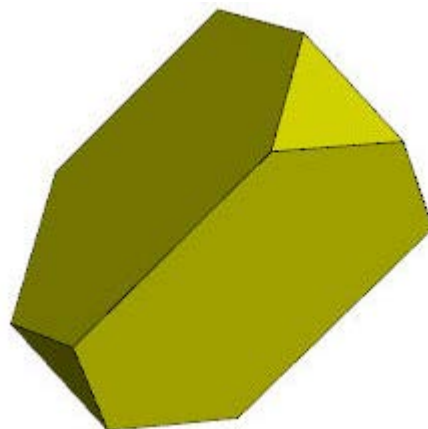
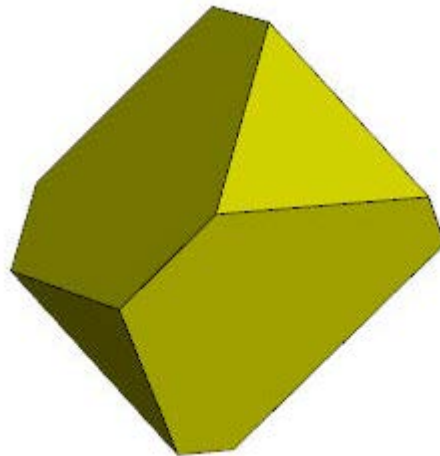
Szögállandóság törvénye

Ugyanazon kristályos anyag (például egy ásvány) különböző kifejlődésű kristályain a megfelelő lapok által bezárt szög az illető anyagra jellemző, állandó érték.

Ezt először egy dán kutató **Nicolaus Steno** mondta ki a XVII. században. Ha a kristály el van torzulva, vagyis az egyenértékű lapok önmagukkal párhuzamosan el vannak tolódva, a hajlásszögek nem változnak meg.



Szabályos oktaéder



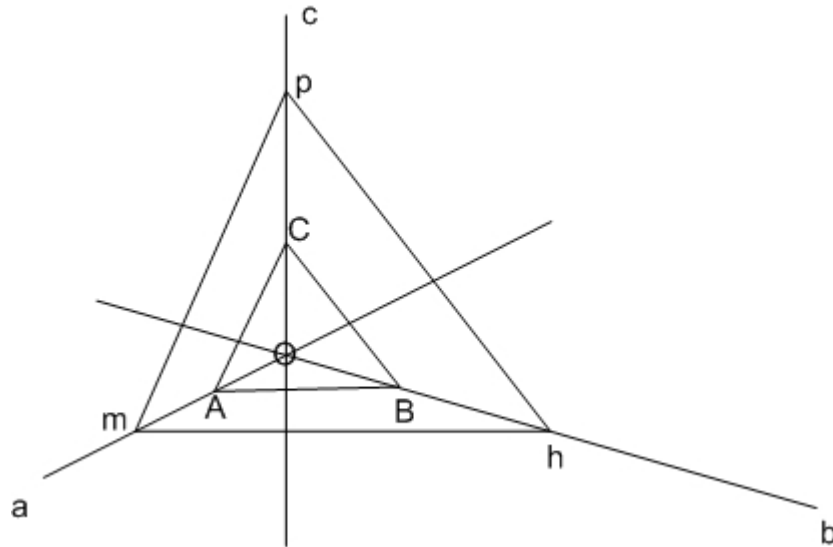
Torzulást mutató oktaéderek

A továbbiakban magunk idealizált kristálymodelleket tanulmányozunk, de tudnunk kell, hogy a természetben ilyenekkel ritkán találkozhatunk. A kristálylapok közötti szögek mérésére ún. **goniométert** használunk.

Paraméter-törvény

A kristálylapok térbeli rögzítése a kristálytani tengelyekkel történik. Egy kristálylapot nem a nagysága és nem a középponttól való távolsága, hanem a tengelyekhez képest elfoglalt helyzete jellemzi. A kristálylapok a tengelyeket bizonyos távolságban metszik, e lemetszett darabokat hívjuk **paramétereknek**.

Legyenek a lemetszett szakaszok: $OA = a$, $OB = b$, $OC = c$. A többi kristálylap helyzete csak olyan lehet, hogy az első tengelyt ma , a másodikat nb , illetve a harmadikat pc távolságra metszi, ahol m , n és p racionális számok, vagyis a paramétereknek egymáshoz viszonyított aránya $ma : nb : pc$.



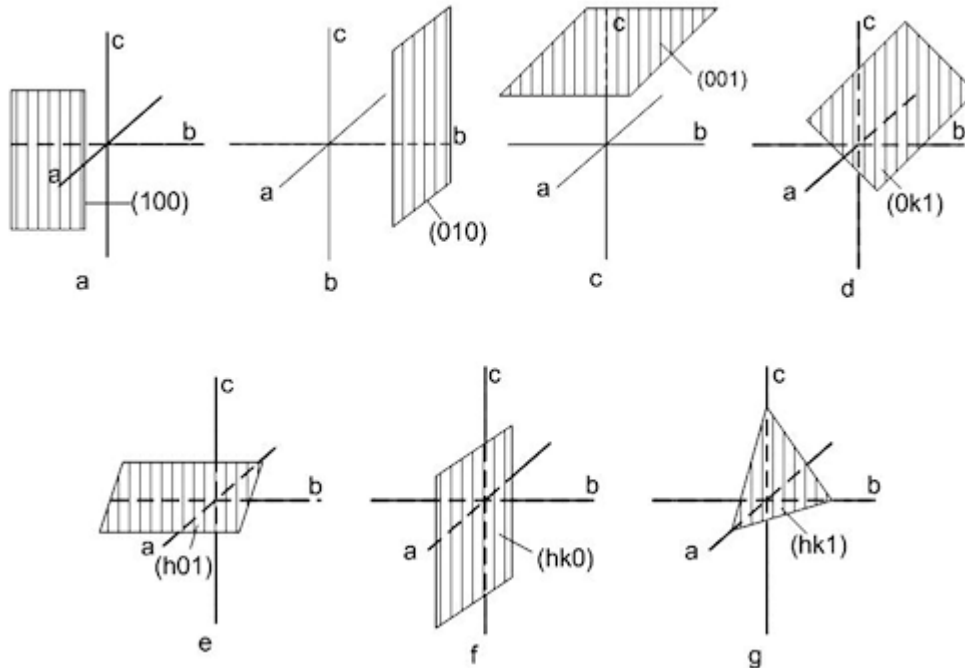
Paraméterek, egy kristálylap által a tengelyek által lemetszett darabok

Ez a tengelyarány minden ásvány kristályaira jellemző érték. A paraméter tehát nem egy abszolút távolság, hanem egy arány. Ha a lap az egyik tengellyel párhuzamos, akkor azt csak a végtelenben metszi.

A paraméter-törvény kimondja, hogy a paraméter-viszonyyszámok mindig racionális számokkal, vagy végtelennel egyenlők (**René Just Haüy**, 1781).

A kristálylapok jelölésére **William Miller** brit *krisztallográfus* javaslatára a paraméter-viszonyyszámok reciprok értékeit használjuk, azaz $h = 1/m$, $k = 1/n$, $l = 1/p$. Ezeket az illető kristálylap **Miller-indexeinek** nevezzük. A paraméter-törvény értelmében az indexek értéke egyszerű egész számokkal és nullával fejezhető ki. Ha nem egy lapot, hanem egy egész formát akarunk megjelölni, akkor az indexet kapcsos zárójelbe kell tenni: $\{100\}$, $\{111\}$.

Azokat a formákat, melyek lapjai csak egyetlen meghatározott paraméter arányban metszik el a kristálytani tengelyeket, **határozott formák**nak nevezzük, ilyen például az $\{111\}$ forma. Ábra Azok a formák, melyek viszont többféle arányban tudják elmetszeni a tengelyeket, a **nem határozott formák**: pl. (hkl) , $(hk0)$



A kristálylapok helyzete a tengelyekhez viszonyítva

4. FELADATOK

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

1. Mit nevezünk külső és belső szimmetriának a kristálytanban?

Megoldás: belső szimmetrián a térrácsban az atomok, ionok vagy molekulák meghatározott irányokban történő periodikus ismétlődését értjük. Külső szimmetrián pedig a kristályok lapjainak, élleinek és csúcsainak a belső szimmetria által meghatározott ismétlődését értjük.

2. Milyen egyszerű külső szimmetriaelemeket ismerünk?

Megoldás: szimmetriasík, szimmetriatengely (gír) és inverziós centrum. A szimmetriatengelyek lehetnek két-, három-, négy- és hatértékűek (digír, trigír, tetragír és hexagír).

3. Mit nevezünk a szögállandóság törvényének?

Megoldás: egy bizonyos kristályos anyag (például ásvány) különböző kifejlődésű kristályain a megfelelő lapok által bezárt szög az illető anyagra jellemző, állandó érték.

4. Mit nevezünk paraméternek, és mi a paraméter-törvény?

Megoldás: a kristálylapok a kristálytani tengelyeket bizonyos távolságban metszik, e lemetszett darabokat hívjuk paramétereknek. A paraméter azonban nem egy abszolút távolság, hanem egy arány. A paraméter-törvény azt mondja ki, hogy a paraméter-viszonyszámok mindig racionális számokkal vagy végtelennel egyenlők.

5. Mit nevezünk Miller-indexeknek?

Megoldás: a kristálylapok jelölésére használják. Három- vagy négyjegyű, számokból és nullából állhatnak. Mindig a paraméter-viszonyszámok reciprok-értékei.