

Az ásványok alapvető fizikai tulajdonságai

Az olvasólecke célja: az ásványok fizikai tulajdonságainak áttekintése, különös tekintettel makroszkópos ásványhatározásnál fontos jellegekre. Átlagos olvasási idő: 45 perc.

Az előző leckékben megismerkedtünk a kristálykémia alapjaival. Láttuk, hogy a kristályos anyagok kémiai tulajdonságai és szerkezetük között szoros ok-okozati összefüggés van. Nincs ez másként a fizikai tulajdonságaikkal sem. Elsőként **tekintsük át az ásványfizika alapfogalmait!**

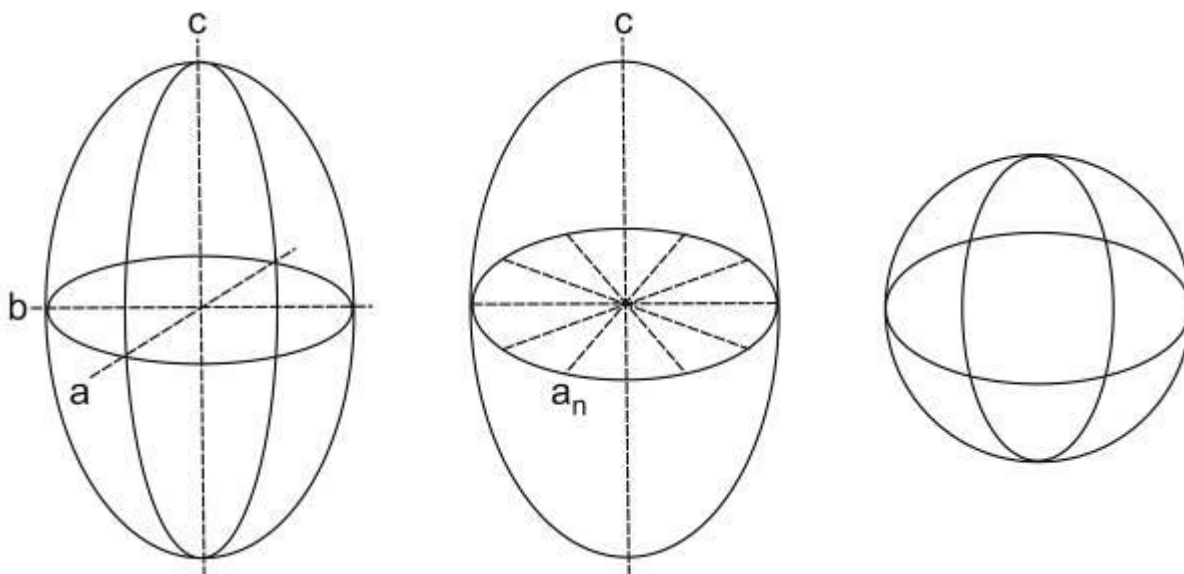
Az ásványfizika alapfogalmai

A fizikai tulajdonságok egy része iránytól független (skaláris) jellemző. Ilyen például a sűrűség (a térfogategységbe foglalt tömeg). A térrácsszerkezet alapvetően irányokhoz kötött, geometriailag megszabott rendje okán azonban a kristályos anyagok fizikai tulajdonságainak túlnyomó része nem skaláris, hanem **irányfüggő, azaz vektoriális sajátság**. Ezek vagy ugrásszerűen változnak az irány függvényében (pl. hasadás, transzláció), vagy fokozatosan változnak (pl. optikai, hőtani tulajdonságok). A fizikai sajátságok döntő része **bipoláris**, azaz egy irányban és ellenirányban a kristály hasonlóan viselkedik. Poláris szimmetriatengelyű kristályoknak azonban lehetnek olyan poláris fizikai tulajdonságai is, melyek egy irányban és ellenirányban nem azonos értékűek (pl. elektromossággal kapcsolatban).

Ha a kristályos anyagok vektoriális fizikai tulajdonságainak térbeli elrendeződését szeretnénk szemléletessé tenni, akkor képzeljük el, hogy az adott fizikai tulajdonság különböző irányokban mért értékeit hosszúságegységgé konvertáljuk és a kristály középpontjához, mint közös origóhoz rendeljük! Ekkor az tapasztaljuk, hogy a kristályok vektoriális fizikai jellemzői háromféle ellipszoidot határozhatnak meg:

1. a nem főtengelyes rendszerbe tartozó kristályok háromtengelyű (általános) ellipszoidot;
2. a főtengelyes rendszerek valamelyikébe tartozó kristályok egytengelyű (forgási) ellipszoidot;
3. a köbös rendszerbe tartozók gömböt.

A kristályos anyagok világából kissé kitekintve azt tapasztaljuk, hogy az amorf anyagok vektoriális fizikai tulajdonságainak térbeliségét leíró ellipszoid szintén gömb. Mindez azt vonja maga után, hogy kristályszerkezetük függvényében vannak olyan ásványok (a köbös és az amorf anyagok), amelyeknek egyébként vektoriális fizikai tulajdonságai iránytól függetlenek. Az ilyen anyagokat **izotróp anyagok**nak nevezzük. A többi ásvány vektoriális fizikai tulajdonságai irányfüggők, vagyis ezek **anizotróp anyagok**.



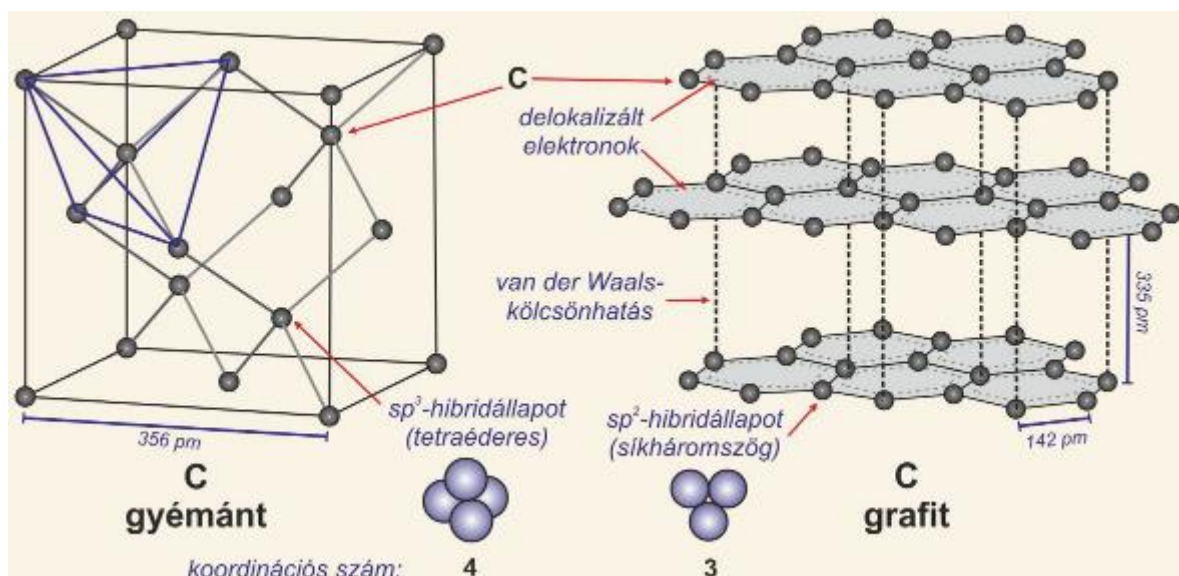
A vektoriális fizikai tulajdonságok térbeliségét szemléletessé tevő ellipszoidok. A nem főtengelyes kristályokra háromtengelyű (balra), a főtengelyesekre forgási (középen), a köbökre a gömb (jobbra) jellemző.

A következőkben tekintsük át azokat a fizikai tulajdonságokat, amelyek az ásvány kézipéldányok makroszkópos meghatározásában lényeges szerepet töltenek be!

A sűrűség

A sűrűség a térfogategységre eső tömeg ($\rho = m/V$ [g/m³]). Egy ásvány esetében értelemszerűen a felépítésében résztvevő részecskék atom-, illetve molekulatömege, valamint a szerkezet „tömöttsége” határozza meg a sűrűséget. Utóbbira két szemléletes példa az elemi szén, illetve a szilícium-dioxid esete. Az elemi szén két gyakori polimorf módosulata a gyémánt és a grafit. Értelemszerűen a két ásvány kémiai összetétele azonos, elméletileg csak szénatomok építik fel őket; ez alapján tehát hasonló sűrűségértéket várhatnánk tőlük. Közismert azonban, hogy a szerkezetükben komoly eltérés tapasztalható, aminek drámai következménye van a sűrűségükre nézve. A gyémánt sokkal „tömöttebb” kristályszerkezete azt eredményezi, hogy térfogategységre több szénatom jut. Így nem meglepő, hogy míg a grafit sűrűsége ~2,23, addig a gyémánté ~3,52 g/cm³, ami csaknem 60%-os különbség! Tovább bonyolítja a képet az a tény, hogy nagyon sok ásvány szilárd oldatot képez és az elméleti szélső tagok sűrűségében komoly eltérés figyelhető meg. Ilyenkor az aktuális, vizsgált elegykristály sűrűsége a szélső tagok

arányától függően elég tág intervallumban ingadozhat. Szép példa erre a földkéreg egyik gyakori ásványának, az olivinnek az esete. Ez a szigetszilikát egy elegykristály, a két szélső tag a forsterit (Mg_2SiO_4) és a fayalit (Fe_2SiO_4). Szerkezetük (és ebből fakadó „tömöttségük”) lényegében megegyezik. A szélső tagok sűrűsége (forsterit $\approx 3,27 \text{ g/cm}^3$; fayalit $\approx 4,39 \text{ g/cm}^3$) azonban számottevő eltérést mutat, ami a magnézium és a vas atomtömegének (és a két ásvány ebből fakadó moláris tömegének) különbségére vezethető vissza.



A gyémánt és a grafit szerkezete.

<http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

Az ásványok sűrűségének a felismerésük terén akkor van igazán jelentősége, ha a vizsgált kézipéldány makroszkópos léptékben egyetlen ásványból áll; polimineralikus példányok esetén értelemszerűen az egyes alkotók sűrűségének térfogatarányos eredője lesz az aktuális sűrűség. Ráadásul makroszkópos ásványhatározás esetén nem használunk (akár a sűrűség meghatározására alkalmas) műszert, eszközt, így csupán szubjektív módon, manuálisan tudjuk megbecsülni az adott példány sűrűségét. Némi gyakorlást követően tapasztalatot szerezhethetünk abban, hogy a lényeges közetalkotó szilikátásványok $2,5\text{--}4,0 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűségéhez képest nagy, vagy kicsi a sűrűsége az aktuális, meghatározásra váró mintának, függetlenül annak számszerű értékétől.

A hasadás és a törés

A **hasadás** a kristályos anyagok azon tulajdonsága, hogy irányított erőhatásra kristálytanilag meghatározott síkoknak megfelelően elválnak. Ha az elválási felület

szabálytalan, nem kristálylapnak megfelelő sík, akkor **törésről** beszélünk.

A hasadás annak a következménye, hogy a kristályrácsban az összetartó erő (**a kohézió**) irányok szerint változó. A hasadás a legkisebb összetartó erő irányára (a kohézióminimumra) merőleges, a hasadás iránya tehát szerkezetileg adott. A hasadáskor keletkezett sík, a hasadási lap, tömegpontokkal mindig igen sűrűn terhelt, tehát alacsony Miller-indexű kristálylap. E síkban érvényesül a legnagyobb összetartó erő (**kohéziómaximum**). A hasadás preferált síkjai tehát a szerkezet következményei, így sok esetben az ásvány hasadási idomai árulkodnak a belső szerkezet geometriájáról. Közismert példa a grafit, amely vékony lemezekre hasad, de hasonló struktúrát mutatnak a rétegszilikátok (pl. a csillámok), amelyek jellegzetes pikkelyes, lemezes habitusa szintén a hasadás következménye. Másik példaként említhetők a trigonális karbonátok, amelyek romboéderes kristályszerkezete a szintén romboéderes hasadásban is tetten érhető, vagy a láncszilikátok általában c-tengely irányában megnyúlt rostos, tűs vagy oszlopos kifejlődése, amely a szerkezetet alkotó elemi szilikátláncok mentén, azaz a c-tengellyel párhuzamos irányban bekövetkező hasadás eredménye.

A hasadást a keletkezett hasadási lap minősége és a kialakításához szükséges erő alapján jellemezhetjük. Így megkülönböztetünk **tökéletes hasadást**, ha a hasadási lap sima, jól tükröző, a hasadási lapra merőlegesen nehezen törik. **Jó hasadásról** beszélünk, ha a sima hasadási lap gyengén tükröző és merőlegesen viszonylag könnyen törhető. **Rossz a hasadás**, ha nehezen alakítható ki a hasadási lap, sokszor az az ásvány egészéhez képest kis felületű és egyenetlenségeket is mutat. **Igen rossz a hasadás**, ha a hasadási lap egyenetlen, alig különbözik a törési felülettől.



A fluorit oktaéderes (balra) és a kalcit romboéderes (jobbra) hasadási idoma.

A hasadással szemben, akkor beszélünk egy ásvány töréséről, ha mechanikai hatásra kristálytani

irányoktól függetlenül megjelenő, egyenetlen felületek mentén válik részekre. Általános szabály, hogy minél jobban hasad valamely ásvány, annál nehezebb kristályán törési felületet előidézni.

A törési felület jellege alapján lehet **kagylós**, mint például az opálé. A felületen a kagylóhéjhoz hasonló bemélyedéseket látunk. Teljesen szabálytalan felület esetén **egyenetlen** törésről beszélünk, ilyen például a kalkopirit törése. A többé-kevésbé sima, hasadásra emlékeztető törési felület esetén **egyenes** törésről van szó. Ha a törési felületen apró szilánkokat, szálkákat látunk, akkor a törés **szálkás** (pl. tűzkő), ha kis görbült, horogszerű szálakat látunk, akkor pedig **horgas** (pl. fémes rácsú ásványok). A nagyon kis (gyakran nanométeres) szemcseméretű agyagok esetén a törési felületen finom por marad vissza; ilyenkor földes töréssel van dolgunk.



A kagylós törésű opál (balra), az egyenetlen törésű kalkopirit (középen) és a földes törésű kaolin (jobbra) jellegzetes törési felületei.

A keménység

A keménység az az ellenállás, amelyet a kristály felülete mechanikai behatásokkal szemben tanúsít. A keménység az ásványoknak egy jellegzetes, nemcsak meghatározásuk, hanem inkább a technika szempontjából nagyon fontos jellemzője. Mint láttuk, a keménység is vektoriális sajátság, és nagymértékben függ a hasadástól. Az ásványok keménysége többféle módon határozható meg. Ennek megfelelően létezik **karcolási, csiszolási, nyomási és fúrási keménység**. **Az ásványtanban a leggyakrabban a karcolási keménységet határozzuk meg.**

1812-ben Mohs a természetben viszonylag gyakori, standardként kiválasztott ásványokból egy tíz tagú skálát állított össze, amelyben minden nagyobb sorszámú ásvány karcolja az előtte álló, nála kisebb sorszámúakat.

A Mohs-féle skála:

1. talk (zsírkő), körömmel könnyen karcolható;
2. gipsz, körömmel nehezebben karcolható;
3. kalcit, körömmel nem, tűvel könnyen karcolható;
4. fluorit, tűvel nehezen, késsel könnyen karcolható;
5. apatit, tűvel nem, késsel nehezebben karcolható, reszelő könnyen fogja;
6. földpát, késsel nem karcolható, reszelő fogja;
7. kvarc, üveget karcolja, acéllal szikrázik;
8. topáz, üveget karcolja;
9. korund, üveget karcolja;
10. gyémánt, üveget karcolja.



Carl Friedrich Christian Mohs portréja.

https://hu.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Mohs#/media/F%C3%A1jl:FriedrichMohs.jpg

TIPP: Ha jobban szeretne elmélyülni a kristályos anyagok keménységének méréstechnikai vonatkozásaiban, sok hasznos és érdekes információhoz juthat az alábbi honlapon:

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0012_szerkezeti_anyagok/ch04s09.html

2020

A nyomási keménység meghatározására adott méretű, nagy keménységű acélgömbnek (Brinell), vagy egy gyémántoktaéder csúcsának (Vickers) a kristálylapba való benyomásához szükséges erőt mérik. Utóbbi módszer az elterjedtebb, mert a nyert nyomási idomok (tkp. piramisok) oldalhossza mikroszkóp alatt könnyen mérhető. Ezt a módszert általában mikroszkópos érc- és fémvizsgálatra alkalmazzák. Pfaff és Jagger fúrési módszere szerint állandó méretű gyémántcsúcs forog egyenletes sebességgel a vizsgálandó kristálylemezen és ezt egyenlő terheléssel egyenlő mélységig fúrja. A fúrás időtartama függ az ásvány ellenállásától, tehát alkalmas a keménység mérésére. A csiszolási vagy koptatási módszert Rosiwal dolgozta ki. A keménységet a vizsgálandó ásvány 4 cm² területű darabjának standard körülmények között végzett csiszolásának eredményeként bekövetkező tömegvesztés, illetve térfogatcsökkenés reciproka értékével állította arányba, 100-nak választva a kvarc (0001) lapján mért csiszolási értéket.

A keménység függését a rácsszerkezettől már a hasadással való szoros kapcsolat is mutatja, de legélesebben bizonyítja ezt a szénnek két eltérő rácsszerkezetű kristályos változata, a grafit és a gyémánt keménysége közötti óriási különbség. A keménység az atomok, illetve ionok távolságával fordítva arányos. Míg a gyémánt rácsában a szénatomok egymástól való távolsága mindig 1,54 Å, addig a grafit rácsában a rétegek közötti távolság 3,40 Å. A nagyobb atomok, illetve ionok nyilván távolabb esnek egymástól, mint a kisebbek, ezért teljesen azonos rács típus és kötésjelleg mellett, az atom-, illetve ionsugár növekedésével csökken a rács tömörsége és ezzel együtt a keménység.

Általában tehát a keménység növekvő vegyértékkel és csökkenő iontávolsággal növekszik, az ezek kapcsán növekedő elektrosztatikai vonzás ugyanis tömöttebbé, szilárdabbá teszi a rácsot. A karcolási keménység értéke változik a hőmérséklettel is! A jég keménysége olvadáspontja közelében 1–2 közötti, de -15°C-on 2–3, míg -50°C hőmérsékleten már kb. 6. A viszonylag gyenge van der Waals-kötés igen kis keménységet eredményez; nem meglepő, hogy a molekularácsú kristályok általában lágyak a kovalens, vagy ionos kötésű rácsokhoz képest. Viszonylag kicsi a keménysége a kristályvizet tartalmazó ásványoknak is, mert a kristályrácsban kötött vízmolekulák semlegesek, és csak gyenge molekulakötéssel kapcsolódhatnak. Csökkenti a keménységet translációs síkok jelenléte is, mert a sziklatható kristályrészek egymás mellett könnyen elmozdulhatnak.

Az ásványok fénye és színe

Az ásványok fénye fényvisszaverő képességüktől függ. A fényvisszaverő képesség kiszámításánál a törésmutatónak és elnyelési együtthatónak van szerepe. Az úgynevezett opak ásványoknál, ahol az elnyelési együttható értéke jelentős, elsősorban ennek, átlátszó ásványoknál, ahol az elnyelési együttható értéke elhanyagolhatóan kicsi, a törésmutatónak az értéke szabja meg az ásvány fényét. Az ásvány fénye függ a tükröző lap felületétől is, az csak akkor érvényesül, ha a tükröző lap teljesen sima. A fényt legtökéletesebben az opak anyagok verik vissza, fényüket fémek fényének nevezzük. Fémek fényük van a termésmémeknek, a legtöbb szulfidnak és néhány fémoxidnak. Gyémántfényük van a nagy fénytörésű ásványoknak, amelyeknek a fényvisszaverő képessége még jelentős; pl. gyémánt, szfalerit. Üvegfénye van azoknak az átlátszó ásványoknak, amelyeknek a fénytörése közepes és fényvisszaverő képessége csekély. A legtöbb átlátszó ásványnak ilyen, ún. üvegfénye van (pl. kvarc, földpát, kalcit, amfibolok, piroxének). Zsírfeje van a kis fénytörésű, igen kis visszaverőképességű ásványoknak, pl. a nefelinnek, opálnak. Fénytelenek a földes megjelenésű anyagok, pl. az agyagásványok. A rétegrácsú, átlátszó ásványoknak a hasadás irányára merőlegesen (az interferencia folytán előálló) gyöngyházfényük van. A finom szálas ásványcsoportok fénye az ún. selyemfény (pl. rostos gipsz, tigrisszem).

TIPP: Az optika, mindenekelőtt a törésmutató és a fényelnyelés jelenségének elméleti hátterét foglalják össze az alábbi elektronikus tananyagok:

<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/fizika-11-evfolyam/a-fenytores/a-toresmutato>

http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jamu_optika/ch01.html

[http://titan.physx.u-](http://titan.physx.u-szeged.hu/tamop411c/public_html/Fizikai%20optika/a_komplex_trsmutat.html)

[szeged.hu/tamop411c/public_html/Fizikai%20optika/a_komplex_trsmutat.html](http://titan.physx.u-szeged.hu/tamop411c/public_html/Fizikai%20optika/a_komplex_trsmutat.html)

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Lambert%E2%80%93Beer-t%C3%B6rv%C3%A9ny>

Az opak anyagok színe reflexió, úgynevezett fémek szín, a legnagyobb mértékben visszavert fénysugarak színéből tevődik össze. Ilyenek az ezüstfehér, aranyárga, bronzbarna, rézsárga szín. Az átlátszó anyagok, melyek a látható spektrum minden hullámhosszából egyformán átbocsátanak fénysugarakat, színtelenek vagy víztiszta. Ha az anyag bizonyos hullámhosszú fénysugarakat elnyel, akkor színjelenséget tapasztalunk. A színes ásványok mindig azon

hullámhosszú fénysugarak színét mutatják, amelyeket átbocsátanak magukon, melyekre tehát elnyelési együtthatójuk a legkisebb.

A színes ásványokat aszerint, hogy a színük anyaguk jellemző sajátosága vagy sem, saját színű (idiokrómás) és idegen színű (allokrómás) ásványok csoportjába osztjuk.

Saját színűek csak azok az ásványok lehetnek, amelyek kémiai alkotórészei között kromofór ionok vannak. Ezek azok az ionok, melyek le nem zárt belső héjukon (jellemzően a *d*-pályákon) könnyen gerjeszthető elektronokkal rendelkeznek, amelyeket a látható fény energiája is alacsonyabb energianívójú pályáról magasabbra emeli. Ilyenkor a látható fény kvantuma gerjeszti ezeket az elektronokat és az energiaátmenetnek megfelelő fény szelektíven abszorbeálódik. A folyamat eredményeként a fehér fényből bizonyos hullámhosszú sugarak „eltűnnek”, a fény tehát színessé válik. Elsősorban a vas-csoport tagjai, illetve a réz hoz létre az erős saját színt az ásványok esetében. Érdekes, hogy a változó vegyértékű ionoknak a vegyértékkel együtt az abszorbanciája is változik. Jellemzően a réz(II) ion kék, a vas(II) ion rendszerint zöldes, a vas(III) ion vöröses színt okoz.

A saját színű ásványok pora, mázatlan porcelánon nyert karca az ásvány saját színét mutatja (pl. a cinnabarit vörös, az azurit kék). Kivételesek az opak ásványok, ahol az ásvány és a karc színe eltérő, mert az ásvány nagyobb darabja a visszavert, pora (lévén apró ásványszemcsék halmaza alkotja) pedig az áteső fény színét mutatja. A karc színe azonban ezekre az ásványokra is jellemző. Pl. a hematit nagyobb darabban sötét acélszürke, pora, karc vörösesbarna, a pirit aranysárga színű, karc, pora sötétzöldes, szinte fekete.



Az azurit kék saját színét a benne lévő Cu(II) ionok okozzák (balra). A fémfényű, szürke hematit porszíne sötétvörös, aminek oka a felépítésében résztvevő Fe(III) ionokban keresendő (jobbra).

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Azurit#/media/F%C3%A1jl:Azurite-136086.jpg>

Az idegen színű ásványok nem tartalmaznak kromofór iont, ezek az ásványok tehát eredetileg színtelenek (pl. kvarc SiO_2 , kalcit CaCO_3 , fluorit CaF_2 , korund Al_2O_3). A színtelen ásványokat a kromofór iont tartalmazó vegyületek vagy a rácsukba rendkívül csekély mennyiségben beépülő (a sztöchiometrikus képletükből hiányzó), kromofór ionok „megfesthetik”. Ha a színező anyag annyira finom eloszlású, hogy a színezett ásvány teljesen átlátszó marad és a színező anyag nem különíthető el önálló fázisként, akkor **dilut színezés**ről beszélünk. A rendkívül színgazdag kvarcváltozatok, vagy a legismertebb színes drágakövek (pl. a rubin és a zafír nevű korundváltozatok, a smaragd, az akvamarin nevű berillváltozatok) mind dilut színezett, idegen színű ásványok. A dilut idegen szín nem mindig állandó, hevítésre, ultraibolya vagy röntgensugár hatására igen gyakran megváltozik. Így pl. az ametiszt nevű kvarcváltozat ibolya színe, ha levegőtől elzárva hevítjük, sárgára, a cirkon sárga színe kékre vagy színtelenre változik. Színezhettek az idegen színű ásványt zárványok is. Rendkívül finom eloszlású, néhány mikrométeres nagyságrendű gáz-, folyadékzárványok tömege a színtelen ásványt fehérre színezi, kisebb mennyiségben zavarossá, felhőssé teszi. Színes ásványok szilárd zárványként szereplő részecskéi az illető színes ásvány színét adják az idegen színű ásványnak. A zárványok festette idegen színű ásványok átlátszóságukat elveszítik, áttetszőkké vagy alig áttetszőkké lesznek. Az idegen színű ásványokra a szín nem jellemző, poruk, karcuk fehér vagy szürkésfehér, nem mutatja a darab színét.



Az egyébként színtelen korund piros változata a rubin. Színét a rácsban dilut módon elhelyezkedő Fe(III) és Cr(III) ionok okozzák (balra). A káliföldpát rózsaszínű megjelenését nagyon finom szemcseméretű hematitpikkely zárványok okozzák (jobbra).

https://en.wikipedia.org/wiki/Ruby#/media/File:Ruby_cristal.jpg

<https://en.wikipedia.org/wiki/Orthoclase#/media/File:OrthoclaseBresil.jpg>

Mágneses tulajdonságok

Ha valamely H mágneses erőter egy kristály 1 cm^3 -ében M mágneses momentumot hoz létre, akkor a $\chi_v = M/H$ hányadost **mágneses szuszceptibilitás**nak nevezzük. Minden, nem köbös rendszerbe tartozó kristályban az indukált mágneses tér erőssége az iránytól függ, **a kristályok tehát mágnesesen anizotrópok**. Mágneses sajátságai alapján a kristályokat három csoportba osztjuk:

1. Diamágneses kristályok. A diamágneses kristályokat a mágnes taszítja, a belőlük készült rúd a mágnes két sarka között keresztben helyezkedik el. Ilyen pl. a kőszó, kalcit. Szuszceptibilitásuk $\chi_v < 0$.

2. Paramágneses kristályok. A paramágneses kristályokat a mágnes vonzza, átmenetileg mágnesesíthetők, a belőlük készült rúd a mágnes két sarka között hosszában helyezkedik el. Ilyen viselkedésű pl. a sziderit. Ebben a csoportban a $\chi_v > 0$, ellentétben a diamágneses kristályokkal.

3. Ferromágneses kristályok. Ezeknél a kristályoknál a $\chi_v \gg 0$, a szuszceptibilitás igen magas értékeket érhet el. Ebbe a csoportba tartozik pl. a magnetit (mágnesvasérc). A ferromágnesesség (a dia- és paramágnesességgel ellentétben) nem a rácsot felépítő részecskék sajátsága, hanem a kristályszerkezeté. Ha a szerkezet megváltozik, megváltoznak a mágneses sajátságok is. Például, a tércentrált rácsú, 25% Ni-t tartalmazó nikkel-vas-ötvözet ferromágneses, de ha 580°C -ra hevítjük, rácsa megváltozik és paramágnesessé lesz. A ferromágneses anyagok maguk is aktív mágnesek lehetnek, bennük a mágnesesség a legerősebben indukálható, amire a földi mágnes tér is képes. Ha egy ferromágneses anyagból, pl. magnetitből kivágott rudat felfüggesztünk, az úgy helyezkedik el, hogy egyik vége a mágneses északnak, a másik a mágneses délnek mutat. A ferromágneses egykristályok mágnesezése anizotrop sajátság, e kristályokban léteznek különösen könnyen mágnesezhető irányok. A szabályos tércentrált elemi vas esetében a legkedvezőbb irány (100)-al, a szabályos lapon centrált nikkelnél az (111)-gyel párhuzamos. Míg tehát a vasnál hat, a nikkelnél nyolc legkedvezőbb iránya van a mágnesezhetőségnek.

Az ásványok makroszkópos meghatározásánál a ferromágneses tulajdonságnak van szerepe, mert egyszerű eszközzel (mágnesrúd), könnyen azonosíthatóvá teszi a kérdéses anyagot.

TIPP: A mágnesesség fizikájáról hasznos információhoz juthatunk az alábbi honlapokon:

https://mersz.hu/dokumentum/m552ai_79/

<https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/ferromagnetic/printall.php>

Hasznos olvasnivalók az ásványfizika témájában:

Koch, S., Sztrókay, K. (1986): Ásványtan. Tankönyvkiadó, Budapest.

<http://mek.oszk.hu/04700/04799/pdf/asvanytan1.pdf>

Pápay, L. (2006): Kristálytan, ásvány-, kőzettan. JATEPress, Szeged.

Szakáll, S. (2011): Ásvány- és kőzettan alapjai. E-tananyag, Miskolci Egyetem.

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6101/adatok.html

Putnis, A. (1992): Introduction to Mineral Science. Cambridge University Press, Cambridge.

Varga, A. (2019): Híd a kémiához. A földtudományok általános, szerves és fizikai kémiai alapjai. Egyetemi tankönyv (elektronikus tananyag), Szegedi Tudományegyetem, TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged

<http://eta.bibl.u-szeged.hu/2088/>

Önellenőrző kérdések (az ásványok alapvető fizikai tulajdonságai):

1. Mit értünk az izotrópia és az anizotrópia fogalmán az ásványtanban?
2. Milyen tényezők befolyásolják az ásványok sűrűségét?
3. Mi a különbség egy ásvány hasadása és törése között?
4. Állítsa sorba Mohs-féle keménységük szerint az alábbi ásványokat:
gipsz, gyémánt, kvarc, földpát
5. Mi a kapcsolat az ásványok kémiai kötése és a keménységük között?
6. Mi okozhatja az allokrómás ásványok színét?
7. Milyen tényezők állnak az idiokrómás ásványok saját színének kialakulása mögött?