

SZAKÁLL SÁNDOR,

ÁSVÁNY- ÉS KÖZETTAN ALAPJAI

17



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

XVII. HŐTANI, MÁGNESES, ELEKTROMOS, RADIOAKTÍV TULAJDONSÁGOK

1. HŐTANI TULAJDONSÁGOK

A hőszugarak a színek vörös színén túl lépnek fel (infravörös tartomány). A kristályokra eső hőszugarak azokról részben visszaverődnek, részben elnyelődnek.

Az amorf anyagok és a köbös rendszerbe tartozó kristályok a hőszugarakkal szemben izotrópként viselkednek, az összes többi kristályrendszerbe tartozó kristályok pedig anizotrópként. Tehát a hőtani sajátságok is vektoriális jellegűek (lásd korábban a kvarc példáján).

A **hővezetés** függ a kristályrács felépítésétől, a tömegpontokkal sűrűbben terhelt irányokban jobb. Különösen szembevetendő ez a lánc- és rétegszerkezetű kristályoknál. A grafitnál például a rétegek síkjában a hővezetőképesség négyszer akkora, mint arra merőlegesen. Ugyanígy van a csillámoknál (rétegszerkezetű szilikátok) is, ezért használták egykor vékony csillám-lemezeket a nagy hőmérsékletű kazánok ajtajánál kukucskáló ablakok céljaira.

A hővezetés kristálytani irányoktól való függése az alapja a kőzetek aprózódásának (ez a fizikai mállás egyik fajtája, markánsan látható ez sivatagi körülmények között), hiszen a hőmérséklet-ingadozásra a különböző irányokban táguló-összehúzódó kristálykák közötti összetartás ily módon könnyebben meglazul, így a kompakt kőzetdarab az őt felépítő ásványok szemcséire esik szét. Az ásványok döntő része rossz hővezető. Így a legfontosabb kőzetalkotó ásványok is, ezért alkalmas a legtöbb kőzet – természetesen a megfelelő kőzetfizikai paraméterek megléte esetén – építőipari célokra.

A hőmérséklet folyamatos emelkedésével az ásvány egy bizonyos hőfokon megolvad, szilárból cseppfolyós halmazállapotba megy át (bizonyos vegyületek és elemek pedig szilárból közvetlenül légnemű halmazállapotba kerülnek).

Az olvadáspont az a hőmérséklet, mellynél valamely anyag szilárd és folyékony fázisa egy atmoszféra nyomáson egyensúlyban van egymással. A kristályok olvadáspontja nagymértékben függ a kristályrácsban ható kötőerőktől.

A gyenge van der Waals kötéssel rendelkező molekulárcsú kristályok alacsony, míg az erős kovalens kötéssel bíró kristályok magas hőmérsékleten olvadnak. Azonos rácstípus, azonos kötésfajta, azonos iontöltés esetében az olvadáspont a növekvő atom- vagy iontávolsággal csökken.

Amikor a kristály megolvad, az anyag fizikai tulajdonságai hirtelen, diszkontinuálisan megváltoznak. Azonban csak azoknak a kristályoknak van határozott olvadáspontjuk, melyek összetétele olvadékban is ugyanaz, mint szilárd halmazállapotban.

Az így viselkedő ásványokat kongruensen olvadóknak mondjuk (kősó, kvarc). Vannak viszont ásványok, főként a szilikátok között, melyek megolvadáskor összetevő vegyületeikre bomlanak, ezeket inkongruensen olvadó ásványoknak mondjuk (földpátok, gránátok).

Az izomorf elegykristályoknak sincsen határozott olvadáspontjuk, mert – az illető elegykristály összetételétől függő – hőmérséklet-intervallumban olvadnak.

Mivel a természetben előforduló ásványok nagy része izomorf elegy, ezért aránylag kevésnek van határozott olvadáspontja, így ennek a sajátságnak gyakorlatilag kevés határozóértéke van.

A víztartalmú ásványok, például a zeolitok hevítésre bizonyos hőmérsékleten elvesztik víztartalmukat, a szulfidok kéntartalmukat, a karbonátok hevítésekor pedig széndioxid szabadul fel. Azok az ásványok, melyek hevítésre kémiai összetételük megváltozása nélkül közvetlenül gőzzé alakulnak át, majd lehűlve változatlan összetételű kristályokká alakulnak, szublimálnak (cinnabarit, realgár).

Ha valamely ásvány hevítve olyan változást szenved, melynek során hő szabadulhat fel, – ezt nevezzük exoterm (hőtermelő) folyamatnak –, illetve hő nyelődhet el – ezt nevezzük endoterm (hőelnyelő) folyamatnak – a hőtartalom változásából következtethetünk az illető ásványra. Ha ezeket a hevítés során végbemenő folyamatokat pontosan regisztráljuk, meg tudjuk határozni a folyamatban résztvevő ásványokat. Ez az alapja az ún. termoanalitikának.

2. MÁGNESES TULAJDONSÁGOK

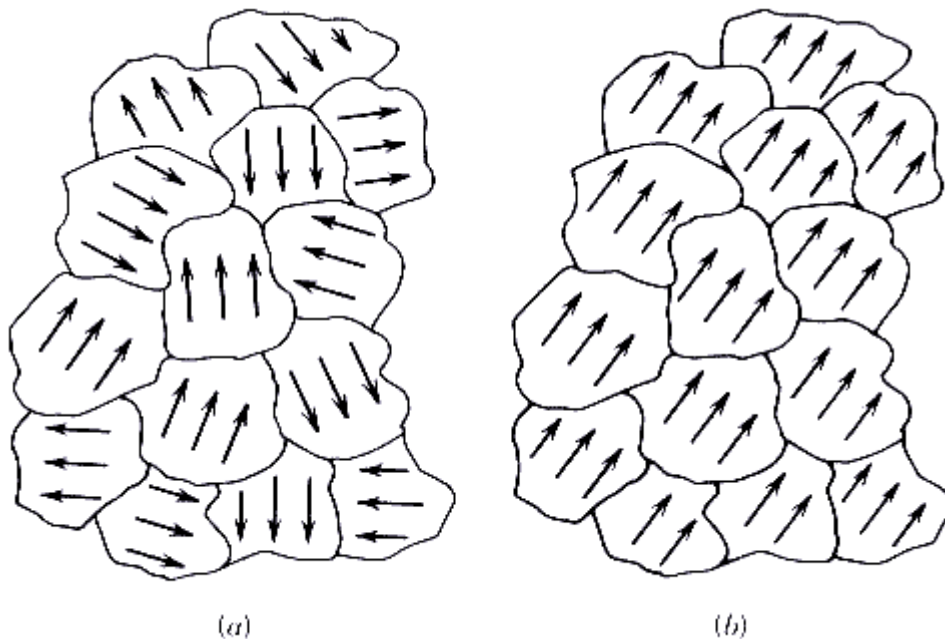
A kristályos anyagok kevés kivételtől eltekintve nem mutatnak mágneses sajátságot. Külső mágneses mező hatására azonban mágneseződhetnek. A köbös rendszerbe tartozó kristályokon kívül a többiekben az indukált mágneses mező erőssége irányfüggő, az ilyen ásványok tehát mágneses szempontból anizotrópok.

Ha valamely H mágneses mező egy kristályban M mágneses momentumot hoz létre, akkor a $x = M/H$ hányadost **mágneses szuszceptibilitás**nak nevezzük.

A kristályokban az elektronok mozgása idézhet elő mágneses mezőt, a legfontosabb ilyen mozgásfajta az ún. elektronspin.

A mágneses szuszceptibilitás értéke alapján a kristályokat három csoportba soroljuk:

1. **Diamágneses kristályok:** x értéke < 0 . Az ezeket felépítő atomok, ionok csak párosított elektronokat tartalmaznak, ezért nincs permanens mágneses terük (kőszó, jég, kalcit, kvarc). Külső mágneses mező azonban ezekben is indukálhat mágneses momentumot.
2. **Paramágneses kristályok:** x értéke > 0 . Ezek tartalmaznak olyan atomokat, ionokat, melyekben párosítatlan elektronok is vannak (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+}), így gyenge permanens mágneses momentumuk van (sziderit, hematit, ilmenit, alabandin). Külső mágneses mező hatásának kitéve könnyen mágnesezhetőek.
3. **Ferromágneses és ferrimágneses kristályok:** x értéke $\gg 0$. Ez a sajátság – ellentétben a dia- és paramágnesességgel – alapvetően nem az atomok, ionok sajátsága, hanem a kristályszerkezeté (termésvas, magnetit, pirrotin). Ezekben ugyanis többé-kevésbé orientáltan mágneses dipólusok helyezkednek el, de nem az egész makroszkópos kristályban, hanem egyes doménekből.



Mágneses domének ferromágneses anyagban. A) Rendezetlen domének; B) Külső mágneses mező által orientálódott domének

A ferro- és ferrimágneses kristályok maguk is aktív mágnesként szerepelhetnek, bennük a mágneseesség a legerősebben indukálható. Legismertebb képviselőjük a magnetit éppen erről kapta nevét (mágnesvaskő).



A ferromágneses magnetit magához vonzza a vasreszeléket

Az $AFe^{3+}_2O_4$ általános képlettel leírható spinelleket (ahol A = Mn, Co, Fe, Zn, Cu két vegyértékű kation) ferriteknek is nevezik (ide tartozik a magnetit is). A ferriteknek nagy az elektromos ellenállása, ezért nagy rezgésszámú tekercsek magjául alkalmazzák őket. Mágneses és elektromos sajátságaik érzékenyen függenek a kation-összetételtől. Az elektronikai ipar fontos anyagai.

A mágneses sajátságok különbözőségén alapul az ásványok szeparálásának egyik módja, amit elektromágnessel végeznek el. Geofizikai mérések során a földmágnesesség vizsgálatával értelepek, és bizonyos nagyobb kőzettestek lehatárolását lehet elvégezni. Mivel a kőzetalkotó magnetit megszilárdulásakor megőrzi az akkori Föld mágneses terének jellemzőit, kitűnően alkalmas a kőzetlemez-mozgások rekonstrukciójára.

3. ELEKTROMOS TULAJDONSÁGOK

Vezetők, félvezetők, szigetelők

Az elektromos árammal szemben tanúsított viselkedésük alapján az ásványok lehetnek vezetők (termésvémekek, grafit, hematit), szigetelők (ide tartozik a legtöbb ásvány: például terméskén, kősó, fluorit, szulfátok, szilikátok) és félvezetők (termésszilícium, termésszelén).

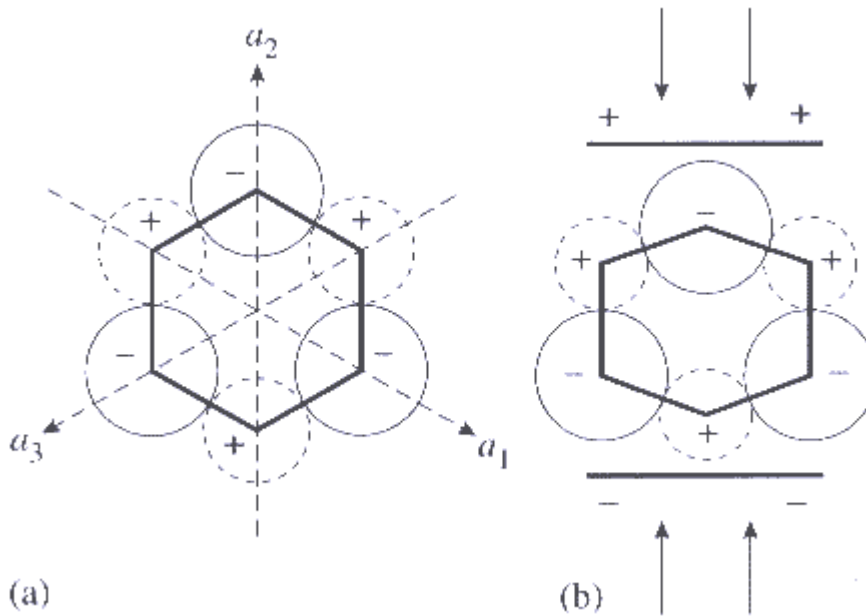
Az elektromosságot alapvetően a fémes rácsú, illetve fémes kötést tartalmazó kristályok vezetnek jól. A kovalens vagy ionos kötésűek, illetve a molekularácsúak nagyon rosszul vezetnek az elektromosságot, tehát gyakorlatilag szigetelők. (Az ionrácsúak csak olvadék állapotban vezetnek az elektromos áramot.)

Az elektromos vezetőképesség hőmérsékletfüggése alapján az anyagokat két nagy csoportra osztjuk: fémes vezetők és félvezetők. A fémes vezetők vezetőképessége a hőmérséklet növekedésével csökken, a félvezetők pedig éppen fordítva, a hőmérséklet növelésével nő. A félvezetők között a gyakorlatban ionvezetőket és elektronvezetőket különböztetnek meg. A félvezetőknek elsősorban az elektronikában van fontos szerepe.

Piezoelektromosság

Az a jelenség, amikor bizonyos kristályok határfelületein, a kristály megfelelő deformálásakor ellentétes előjelű töltések lépnek fel, más szóval a kristály deformáció hatására polarizálódik. Ez olyan ionrácsú kristályokon megfigyelhető sajátság, melynek

nincs szimmetriaközpontja. A jelenséget először francia fizikusok, Jacques és Pierre Curie figyelték meg 1880-ban kvarckristályokon. A kvarckristályból az egyik poláros melléktengelyre merőlegesen kivágott lemezre, ha rá a poláros melléktengely irányában nyomást gyakorolunk, a melléktengelyre merőleges egyik lapján pozitív, míg a másikon negatív elektromos töltést nyer.



A piezoelektromosság elve kvarc példáján

Ha viszont húzóhatás éri a kvarclemezt, akkor a két oldallap elektromos töltése fölcserélődik. Ha ilyen módon elkészített kvarclemezt elektromos térbe helyezünk, úgy a kristály kitér és összehúzódik. Ha a kristály váltakozó elektromos térbe kerül, váltakozva kitér-összehúzódik, tehát mechanikai rezgésbe jön. A kvarcon kívül piezoelektromosságot mutat még a turmalin és a szfalerit is. A jelenség gyakorlati jelentőségét például a kvarcórában és a rádiótechnikában ismerjük.

Piroelektromosság

Először az ókorban, Theophrastus görög filozófus által említett jelenség. A középkorban parázsba tett, felmelegedett turmalin-kristályoknál figyelték meg, hogy a hamut magukhoz vonzzák. A jelenség magyarázata: ha egy turmalin-kristályt egyenesen hevítünk, a poláris főtengely egyik végén a kristály pozitív, míg másik végén negatív elektromos töltést nyer.

Olyan nem vezető, szimmetriaközpont nélküli kristályok mutatnak ilyen sajátságot, melyeknek egy poláros tengelyük van (a turmalinnak például a trigonális főtengelye poláros). Ha a kristályt erősen lehűtjük, akkor is létrejön a töltésselődés, de ellenkező irányban. Néhány más kristályon is megfigyeltek piroelektromosságot, de azoknál messze nem ilyen látványosan mutatkozik.

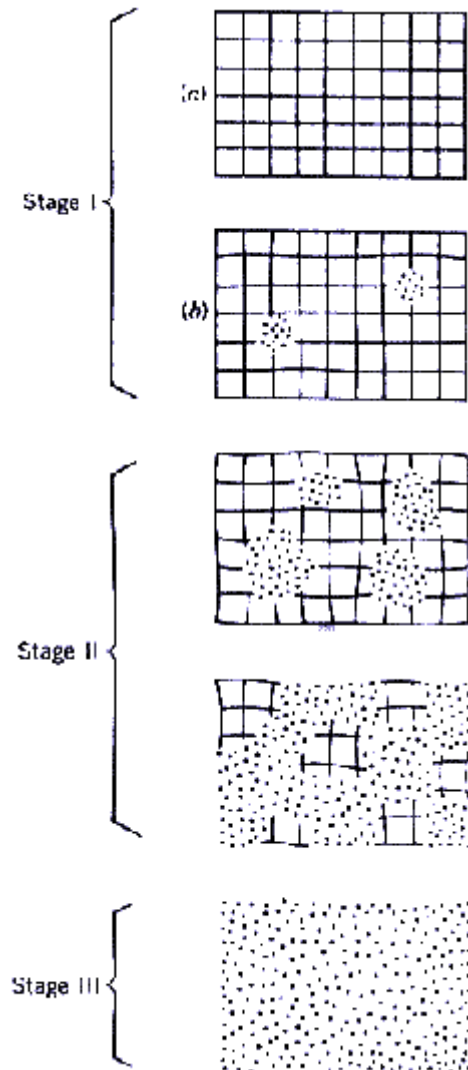
4. RADIOAKTÍV SAJÁTSÁGOK

A radioaktív elemeket (urán, tórium) vegyületalkotóként vagy nyomelemként tartalmazó ásványok mutatnak radioaktív sajátságokat (mintegy 400 ásvány).

A radioaktív elemek spontán bomlása miatt ezek az ásványok radiometrikus kormeghatározásra alkalmasak. Ha a radioaktív bomlás végtermékeként keletkezett ólomizotópok mennyiségét ismerjük és a radioaktív elem eredeti mennyisége ismert, meghatározhatjuk a radioaktív ásvány (egyúttal az azt befogadó kőzet) képződési idejét.

Az urán és tórium önállóan is alkot ásványokat, de helyettesítés révén sokféle kőzetalkotó ásványban is jelen vannak (például cirkon, epidot, monacit). A radioaktív elemek jelenléte miatt ezek kristályai körül a radioaktív bomlástól sokszor észlelhető körkörös elszíneződés, ún. **pleokroos udvar**.

Ennek oka a metamikt átalakulás, amikor a kristályrács a radioaktív sugárzás hatására elbomlik. Ebben az esetben tehát a kristályos anyag idővel (a radioaktív bomlás révén) amorfá válik.



Metamikt átalakulás elvi sémája

Az elszíneződést alapvetően a radioaktív elemek által kisugárzott alfa-sugárzás kristályszerkezetet romboló hatása okozza. Ez is jól felhasználható kormeghatározásra (hasadvány-nyom kormeghatározás), hiszen a pleokroós udvar átmérőjéből következtetni lehet a radioaktív hatás idejére, egyúttal a kőzet korára.

5. FELADATOK

Megoldások: láthatók nem láthatók

1. Mitől függ az ásványok hővezetése és mi a jelentősége?

Megoldás: a hővezetés szerkezetfüggő, és ezért irányfüggő sajátság. A szimetriaviszonyoktól függően vannak anizotróp és izotróp módon viselkedő ásványok hővezetés szempontjából. A hővezetés anizotrópiájának a kőzetek aprózódásában van nagy jelentősége.

2. Mit tud az ásványok olvadáspontjáról?

Megoldás: Az olvadáspont alapvetően az ásványokban ható kötőerőktől függ, kisebb kötőerők kisebb olvadáspontot eredményeznek (termésken, antimonit). Az izomorf elegykristályoknak nincs határozott olvadáspontjuk. Emellett csak azoknak az ásványoknak van határozott olvadáspontjuk, melyek összetétele olvadékaállapotban ugyanaz, mint szilárd halmazállapotban.

3. Hogyan csoportosítjuk az ásványokat mágneses sajátságuk alapján?

Megoldás: a mágneses szuszceptibilitás (ξ) értéke alapján. A diamágneses ásványok ξ értéke kisebb mint 0, a paramágneses ásványok ξ értéke kicsit nagyobb mint 0, míg a ferro- és ferrimágneses ásványok ξ értéke sokkal nagyobb 0-nál. Aktív mágnesekként az utóbbiak jellemezhetők.

4. Hogyan csoportosíthatók az ásványok elektromos sajátságaik alapján? Nevezzen meg két speciális elektromos jelenséget, amit ásványokon fedeztek fel!

Megoldás: vezetők, félvezetők és szigetelők. A piromágnesesség és piezomágnesesség.

5. Milyen ásványok mutatnak radioaktív sajátságokat?

Megoldás: amelyekben vegyületalkotóként, vagy nyomelemként ismertek radioaktív elemek, leginkább az urán és a tórium.

6. Mit nevezünk metamikt átalakulásnak?

Megoldás: amikor a radioaktív sugárzás hatására a kristályrács összeomlik. Ennek révén a hosszú távon rendezett szerkezetű ásványból rövid távon rendezett szerkezetű, végül amorf jellegű anyag jön létre. A metamikt átalakulást jelzi az ásvány körül mikroszkópban megfigyelhető pleokroos udvar.