



Az ásványok világa

A Herman Ottó Múzeum utazó kiállítása
általános és középiskolák számára



GEODA

A magyar ásványbarátok színes folyóirata

A Magyar Minerofil Társaság tagjai díjmentesen kapják az évi három alkalommal teljesen színes kivitelben megjelenő folyóiratot. Ebben ismertetik a hazánkból ki-mutatott új ásványfajokat, az újonnan felfedezett és régebben ismert lelőhelyek ásványait. Emellett az olvasó hasznos ismereteket szerezhet egyes ásványcsoportok keletkezési körülményeiről, tulajdonságairól, a házilag is elvégezhető vizsgálatokról. Az érdekesebb külföldi lelőhelyek bemutatásán túl beszámolókat olvashat a helyi ásványgyűjtő szervezetek tevékenységéről is.

További információ:
Magyar Minerofil Társaság
1725 Budapest, Pf. 254.
Tel.: (30) 313-0477
E-mail: mamit@mamit.hu
Internet: www.mamit.hu

Az ásványok világa

A Herman Ottó Múzeum utazó kiállítása
általános és középiskolák számára



Herman Ottó Múzeum
Miskolc, 2006



A kiadvány megjelenését támogatták
NEMZETI KULTURÁLIS ALAP
NEMZETI KULTURÁLIS ÖRÖKSÉG MINISZTERIUMA
MAGYAR ÁSVÁNYOKÉRT ALAPÍTVÁNY

A kiállítás-vezetőt írták
SZAKÁLL SÁNDOR, FEHÉR BÉLA ÉS JÁGER VIKTOR

A kiállítást rendezték
FEHÉR BÉLA, JÁGER VIKTOR, KÁROLYI ÉSZTER ÉS SZAKÁLL SÁNDOR

A fotókat készítették
JÁGER VIKTOR, KULCSÁR GÉZA ÉS SZAKÁLL SÁNDOR

Technikai szerkesztő
FEKETÉNÉ BÍRÓ EDIT

A kiállítás-vezetőt tervezte
FEKETE RÓBERT

A címlapon
Krokoit, Dundas, Tasmánia (Ausztrália)
A képkivágat szélessége: 5 cm

Felelős kiadó
DR. VERES LÁSZLÓ megyei múzeumigazgató
Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Múzeumi Igazgatóság

ISBN 963 9271 51 9

Nyomdai munkálatok
LITOGRAFIA NYOMDAIPARI ÉS KERESKEDELMI KFT.
4034 Debrecen, Pipóhegy u. 16.

Mi az ásvány és mi a kőzet?

A Föld kialakulása és fejlődése során alapvető fontosságú volt a szilárd földkéreg létrejötte. Ez a folyamat évmilliárdokkal ezelőtt kezdődött, de napjainkban is fokozatos átalakuláson megy keresztül. Ehhez hasonlóan szilárd anyagok vesznek részt a Naprendszerben, az ún. Föld típusú bolygók (Merkúr, Vénusz, Mars), illetve egyes bolygók körül keringő holdak felépítésében. A kozmikus térből hozzánk érkező meteoritok szintén szilárd anyagokból állnak, ezeket egykori égitestek maradványainak tartjuk. A bolygók és holdak szilárd kérge, illetve a meteoritok anyaga mindenütt alapvetően ásványokból áll.

Az **ásványok** tehát természetes úton képződött (képződő), határozott kémiai összetétellel és rendezett szerkezettel rendelkező szilárd vegyületek, sokkal ritkábban elemek (1. ábra). Tekintettel azonban arra, hogy ezek a vegyületek (és elemek), mivel nem laboratóriumi tisztaságú viszonyok között jönnek létre, az ideálistól (az ideális kémiai összetételtől és az ideális kristályszerkezettől) többé-kevésbé szinte mindig eltérnek. Épp az ideálistól való eltérések eredményezik roppant sokféleségüket. Ha egy-egy fizikai, morfológiai vagy kémiai sajátosság látványosan eltér az ideálistól, azt sokszor külön névvel illetjük. Ezek lesznek az **ásványok változatai**. A földkéreg egyik leggyakoribb ásványa, a kvarc (kémiai képlete SiO_2 ; kristályrendszere trigonális) például ideálisan színtelen, de kristályszerkezeti torzulások vagy nyomelemek jelenléte által sokszor színesen jelenik meg. A lila színű kvarc neve például ametiszt, a sárgáé citrin, a füstszínűé füstkvarc (2. ábra), sőt ebben az esetben még a színtelennek is van változatneve: ez a hegyikristály. A kvarc koncentrikusan sávós, mikrokristályos változata az achát (3. ábra), míg rostos, sárgásbarna változatának neve tigrisszem (4. ábra). A legelterjedtebb karbonátásvány, a kalcit például a karbonátion mellett ideális esetben csak kalciumot tartalmaz (kémiai képlete CaCO_3 ; kristályrendszere trigonális), de a természetben a kalciumot sokszor helyettesíti több-kevesebb mangán. A mangántartalmú kalcit változatneve épp emiatt sokáig manganakalcit volt.

Az ásványok speciális változatai a **drágakövek**. Ezeket a ritkaságuk, szépségük, ebből adódóan a drágaságuk emeli ebbe a kategóriába. Fontos azonban megjegyezni, hogy a drágakövek közé nemcsak ásványok tartoznak, hanem tisztán biológiai úton képződött anyagok (korall, gyöngy), vagy akár mesterséges anyagok („szintetikus kövek”) egyaránt. (A szintetikus gyémánt ugyanolyan szépségű lehet, mint a természetes gyémánt, más kérdés, hogy ezek értéke kisebb, lévén ezekből elvileg bármennyi előállítható.)

Nem tartoznak az ásványok közé a tisztán biológiai úton létrejött anyagok, bár sokszor hasonló kémiai összetételűek és szerkezetűek. Jó példa ezekre

a csigák vagy kagylók CaCO_3 -ból álló háza. Nem ásványok egyes növények gyantái, még akkor sem, ha az idők során megkeményednek (gyanták = borostyánok). A fenti meghatározás szerint nem tarthatjuk ásványoknak az ember által előállított szilárd anyagokat sem. Hiszen ezek a mesterséges anyagok, bár kémiai összetételüket vagy kristályszerkezetüket tekintve teljesen hasonlóak lehetnek a természetben képződöttekhez, nem természetes úton jöttek létre (5. és 6. ábra). Nem tartoznak az ásványok közé a folyékony vagy légnemű vegyületek (és elemek) sem, ez alól egyetlen kivétel van, a higany.

Az ásvány fogalmának tisztázása után írjunk néhány szót az eddig ismert ásványok számáról és elterjedéséről. Jelenleg hozzávetőleg 4200 ásványt (ásványfajt) mutattak ki, és évente 50–60 újabbat találnak a kutatók. A Földön kívüli ásványok ismerete még gyerekcipőben jár, leginkább a Hold ásványairól rendelkezünk adatokkal. Ezek alapján száz körüli a Földön kívül meghatározott ásványok száma. Vajon miért ismerünk ennél nagyságrendekkel több ásványt a Földön? Ennek fő oka nyilvánvalóan az, hogy az itteni anyagokhoz lényegesen jobbák a hozzáférési lehetőségeink. Másik oka az lehet, hogy az ásványok létrejöttében nagy szerepet játszik a hidroszféra, atmoszféra és bioszféra (a víz, a levegő és az élőlények jelenléte). Ezt látszik alátámasztani az, hogy a Föld mélyebb rétegeiben csupán csak néhány száz ásványt ismerünk. Minden bizonnyal a földkéregnek a bioszférával, atmoszférával és hidroszférával való kölcsönhatása eredményezi a Föld felszínén és a felszínközelségben található nagy ásványgazdagságot.

Az ásványok sokfélesége emberemlékezet óta az ásványok csoportosítására sarkallta az embert. Csoportosították őket a színük (pl. zöld kövek, sárga kövek, kék kövek), vagy a felhasználhatóságuk (pl. festékföldek, gyógyító kövek, fémek) szerint. Az ásványok „tudományos” csoportosításával már az ókor gondolkodói foglalkoztak, ennek során leginkább fémek, földek, kövek, drágakövek, fossziliák csoportosítást alkalmaztak. Ebbe az „ásványdefinícióba” tehát még beletartoztak a mai értelemben vett kőzetek és ősmaradványok is. A valóban tudományos ásványtan a 20. század eleje óta kémiai és kristályszerkezeti alapon rendszerezi az ásványokat. Ennek alapján a következő **tíz ásványosztályt** különböztetjük meg: (termés)elemek, szulfidok, oxidok és hidroxidok, halogenidok, karbonátok és nitrátok, borátok, szulfátok, foszfátok és arzenátok, szilikátok, végül szerves ásványok.

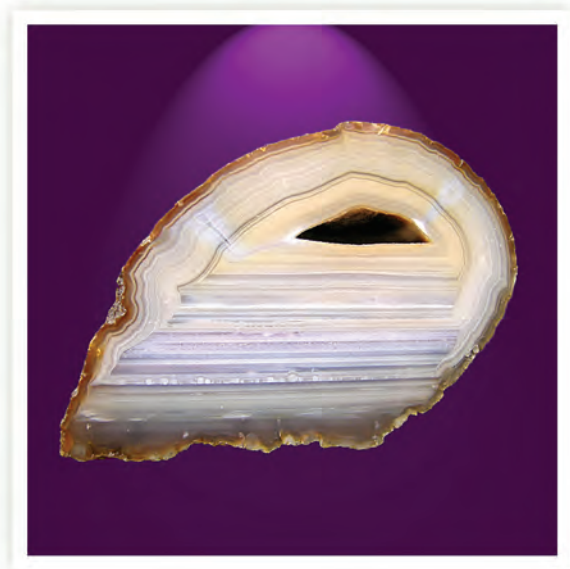
Az egyes ásványok (vagy ásványcsoportok) elterjedésében, gyakoriságában – miként a kémiai elemek esetében is – óriási különbségek vannak. A földkéreg ásványos összetételére készült becslések szerint a földpátok 38%, a piroxének 18%, a kvarc 12%, az olivinek 7%, a rétegszilikátok 7%, az amfibolok 5% körüli mennyiséget képviselnek. Tehát néhány, a szilikátok osztályába tartozó ásványcsoport (és a kvarc) közel 90%-kal részesedik a földkéreg felépítéséből! Az összes többi ásvány összességében kb. 10%-ot képvisel. Egy-egy ásványosztályon



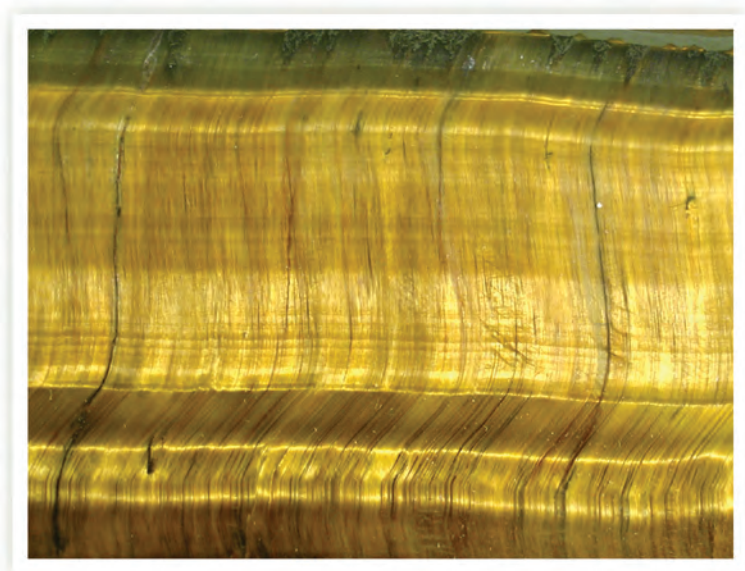
1. ábra. Cölesztin (stroncium-szulfát ásvány) halványkék zömök kristályai egy geodában. Mahajanga Sakoany, Madagaszkár. A példány nagysága: 16 cm



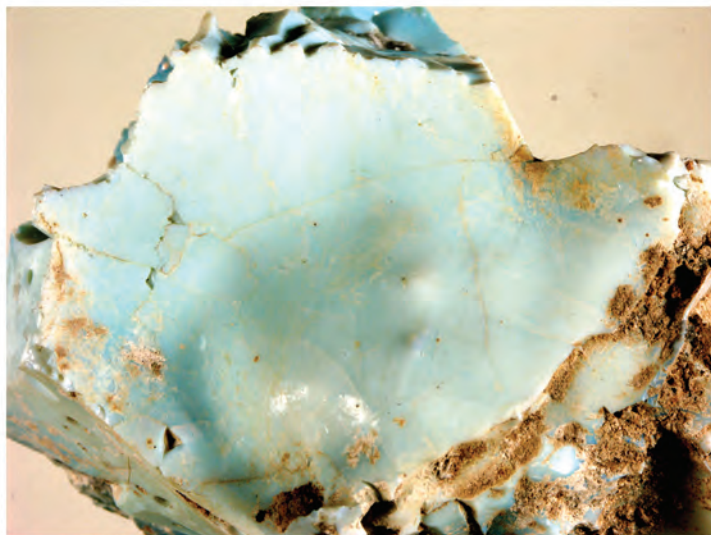
2. ábra. Füstkvarc (kvarc füstszínű változata). Dodo, Sarki Urál, Oroszország. A példány magassága: 27 cm



3. ábra. Achát (kvarc koncentrikusan sávos változata).
Mínas Gerais, Brazília. A példány átmérője: 18 cm



4. ábra. Tigrisszem (kvarc sárgásbarna, rostos változata).
Prieska, Fokföld, Dél-Afrikai Köztársaság. A képkivágat szélessége: 6 cm



5. ábra. Üvegmáz, szintetikus termék.
A példány nagysága: 8 cm



6. ábra. Mesterségesen növesztett tímórkristályok.
A példány nagysága: 7 cm

belül is rendkívül nagy gyakorisági különbségek vannak, így például a karbonátoknak közel 90%-a kalcit. Nagyon nagy szerencse, hogy számos ásványnak – dacára földkéregbeli roppant kis mennyiségének – jelentős dúsulási hajlama van és ennél fogva nagyobb telepeket alkothatnak. Ez igaz például a szulfidokra, melyek gyakorisága a földkéregben együttesen sem több mint 0,2%. Ha ez nem így lenne, nagyon közönséges fémeket (pl. ólom, cink, ezüst, antimon), melyek forrásai főként szulfidok, nem tudnánk gazdaságosan kinyerni ásványaikból.

A **kőzetek ásványok keverékei**, melyek alapvetően nagy földtani folyamatok során képződnek. Kőzetekből állnak hegységeink, dombságaink, és alföldjeink egyaránt. De kőzetek alkotják az óceánok, tengerek aljzatát is. Bár a természetben, mint fentebb láttuk, jelenleg mintegy 4200 ásványt ismerünk, ehhez képest az ismert kőzetek száma csak néhány száz. Ennek fő oka, hogy döntően csak elenyésző számú ásvány vesz részt a nagy földtani folyamatok során a kőzetképződésben. Ezeket a nagy gyakoriságú, fentebb már említett ásványokat nevezzük **kőzetalkotó ásványoknak**. Az elterjedtebb kőzetalkotó ásványok száma azonban csupán 10–20 közötti!

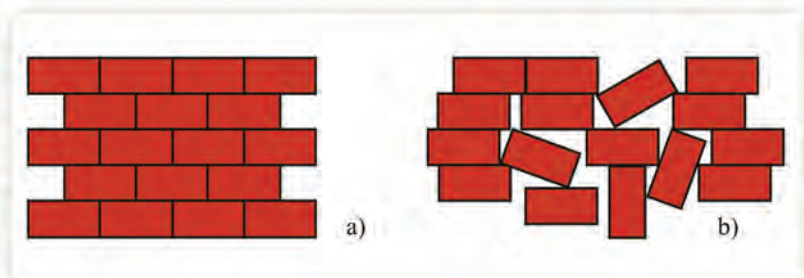
A kőzetek döntő része két vagy több ásvány kémiai értelemben vett keveréke (7. ábra). A kőzetek elnevezésének alapja eszerint az ásványos összetétel, illetve az ebből következő kémiai összetétel meghatározása. A kőzeteket azonban emellett a kőzetalkotó ásványi elegyrészek egymáshoz viszonyított elhelyezkedése, relatív és abszolút mérete (vagyis szövete) alapján is osztályozzák. Itt fontos megjegyezni, hogy a kőzetek felépítésében esetenként nemcsak ásványok vesznek részt. Különösen a felszínen vagy felszínközélen gyorsan megszilárduló vulkáni kőzetekben találunk üvegszerű megjelenésű, rosszul kristályos szerkezetű, változó kémiai összetételű elegyrészeket (ezt éppen emiatt nevezik kőzetüvegnek). Olykor az is előfordul, hogy teljesen üveges megjelenésű a kőzet (pl. obszidián). Sőt meteoritok becsapódásakor, a kőzetanyag hirtelen megolvadása során is képződnek üvegszerű kőzetek (pl. tektit). Meg kell még említeni, hogy vannak kőzetek, melyek alapvetően csak egy ásványból állnak, de ezek kivételeknek számítanak. Ilyen a díszítőkőnek évezredek óta felhasznált márvány, mely kalcitkristályok milliárdjaiból épül föl.

Az ásványok alakja

Az ásványok felismeréséhez az alakjuk megfigyelése nyújtja az egyik legnagyobb segítséget. Mint ismert, az ásványokat atomok, ionok vagy molekulák építik fel. Ezek az alkotóelemek a tér három irányában meghatározott rendben, sokkal ritkábban rendezetlenül vesznek részt a szilárd anyag felépítésében. Az első esetben az anyagot kristályosnak, míg a második esetben amorfnak mondjuk.



7. ábra. Gránit (mélységi magmás kőzet) Mongóliából: zöld amazonit, fekete biotit és szürke kvarc kristályaiból felépülő masszív tömeg. A példány nagysága: 24 cm



8. ábra. a) A kristályos szerkezetű anyagokat felépítő tömegpontok (atomok, ionok, molekulák) szabályos rendben helyezkednek el, akár a gondosan felépített fal téglái. b) A véletlenszerűen elhelyezett téglákból álló fal az előzőnél kevésbé stabil, ez az amorf állapotot reprezentálja

(A természetben azonban a rendezett és rendezetlen állapot közötti, ún. rövid távon rendezett szerkezetű anyagok is előfordulnak.)

Az **amorf** (vagy magyárosan alakatlan) ásványoknak nincs határozott alakjuk, azaz nem rendelkeznek kristálylapokkal, s rendszerint szabálytalan felületek határolják őket. A legismertebb amorf (vagy sokszor rövid távon rendezett szerkezetű) ásvány az opál, melyet általában kagylós megjelenésű törési felületek határolnak.

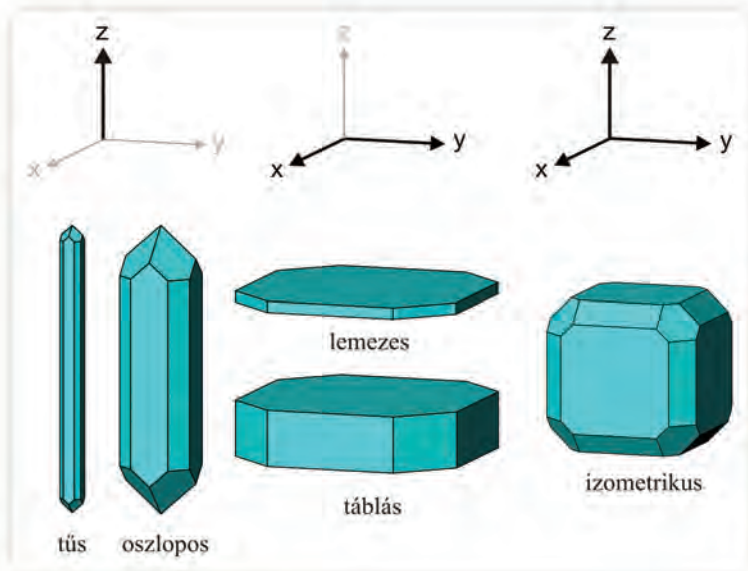
Az ásványok – néhány kivételtől eltekintve – **kristályos** anyagok. Ez azt jelenti, hogy az őket felépítő atomok, ionok, molekulák rendezett módon építik fel szerkezetüket. Miért van ez így? Helyettesítsük az egyes atomokat téglákkal, a téglafal pedig magát az ásványt jelképezze. A 8. ábrából jól érzékelhető, hogy az a téglafal sokkal stabilabb, amelyet gondosan elrendezett téglákból építettek, mint a mellette lévő, melyet az előzővel megegyező téglákból, de véletlenszerű elrendezésben készítettek. Mivel a kristályos szerkezet alacsonyabb energiaállapotot jelent, mint az amorf, ezért az anyagok (így az ásványok is) rendezett belső szerkezet kialakítására törekednek.

Még ha rendezetlen, pl. üveges állapotban kristályosodik is egy anyag, idővel a rendezettség irányába törekszik, ezt lehet megfigyelni régi üvegtárgyakon, melyek az idők folyamán az átlátszóból áttetszővé válnak, mintegy jelezve a rendezett szerkezet kialakulását. Ugyanakkor a fordított eset is előfordulhat, mégpedig radioaktív elemeket tartalmazó ásványok esetében. Ilyenkor az eredetileg kristályos anyag radioaktív sugárzás hatására rendezetlen szerkezetűvé válik, miközben megtartja eredeti, külső kristályalakját. Ezt a jelenséget *metamikt* szétesésnek nevezzük.

Amikor az ásványok alakjáról beszélünk, akkor meg kell különböztetnünk az egykristályok alakját a kristályhalmazok (aggregátumok, polikristályok) alakjától. Az **egykristályok** alakját legegyszerűbben a tér három irányában való kifejlődésükkel jellemezhetjük (9. ábra). Ha a kristály a tér egyik irányában lényegesen nagyobb kiterjedésű, mint a másik két irányban, akkor a növekvő vastagsággal a következő kifejezéseket alkalmazhatjuk: szálas, tűs, oszlopos (10. ábra). Ez utóbbin belül beszélhetünk még vékony, vastag, ill. zömök oszlopos kristályokról.

Ha a kristály a tér két irányában sokkal jobban fejlett, mint a harmadik irányban, akkor lemezes vagy táblás kristályokról beszélünk (11. ábra). Természetesen ezekben az esetekben is használhatók a vékony és vastag jelzők. Végezetül, ha a kristály a tér mindhárom irányában nagyjából azonos mértékben fejlett, akkor – megfelelő magyar szó híján – izometrikusnak (esetenként gömbszerűnek) mondjuk (12. ábra).

Az egykristályok alakjának fenti beosztása nagyon szemléletes, ugyanakkor egy meglehetősen hozzávetőleges, durva első közelítés. Az ásványok alakjának pontosabb meghatározásához a következő lépést a kristályok szimmetriájának meghatározása jelenti. A megfigyelhető szimmetriaelemekre (szimmetriaközpont,



9. ábra. A kristályok természetét a tér három irányában való növekedésük szabja meg. Így beszélhetünk tűs, oszlopos (egy irányban fejlett), lemezes, táblás (két irányban fejlett) és izometrikus (három irányban fejlett) kristályokról



10. ábra. Tűs antimonit-kristályokból álló csoport (Felsőbánya, Románia).
A képkivágat szélessége: 7 cm

szimmetriatengely, szimmetriásík) most részletesen nem térünk ki, csak jelezzük, hogy a kristályok szimmetriaviszonyainak alapján hét **kristályosztályt** szokás megkülönböztetni. Ezek a növekvő szimmetria szerint sorrendbe állítva a következők: triklin (háromhajlású), monoklin (egyhajlású), rombos, trigonális (háromszöges), tetragonális (négyzetes), hexagonális (hatszöges) és köbös (szabályos).

Minden egyes kristályosztályhoz meghatározott kristályformák tartoznak. Eből következően egy-egy ásványon csak meghatározott, az adott szimmetriaviszonyoknak eleget tevő kristályformák fordulhatnak elő. Ha ezeket a kristályformákat ismerjük (a többi szemmel megfigyelhető fizikai tulajdonságokkal együtt), akkor már nagy lépést tettünk az adott ásvány meghatározása felé. Megfelelő gyakorlat után, ha újra találkozunk egy korábban már általunk vizsgált ásvánnyal, régi ismerősként köszönhetjük, s ugyanolyan könnyen fel fogjuk ismerni őket, mint egy-egy rokonunkat vagy barátunkat az utcán.

A kristályok ritkán fordulnak elő a természetben egymagukban, hanem döntően összenövéseket alkotnak. Az összenövések lehetnek szabályosak vagy szabálytalanok (ez utóbbi eset sokkal gyakoribb). A szabályos összenövéseknek két fő típusa ismert: ikerösszenövés és párhuzamos összenövés. Ha két vagy több, hasonló méretű kristály valamilyen szimmetria szerint nő össze egymással, akkor ikerkristályokról beszélünk. Egy ilyen jellegzetes ikerkristályt mutatunk be a 13. ábrán. Ha két vagy több kristály úgy nő össze egymással, hogy megfelelő éleik, illetve lapjaik párhuzamosak, akkor párhuzamos összenövésről beszélünk (14. ábra).

A kristályok csak akkor tudnak saját alakjukban megjelenni, ha zavartalan növekedésükhöz megfelelő hely áll rendelkezésükre. Ilyen például az az eset, amikor kőzetek üregeiben melegvizes oldatokból válnak ki ásványok, vagy amikor képlékeny agyagban növekednek.

A legtöbbször a kristályok növekedésükben korlátozottak, gyakran ugyanazon ásvány más kristályai gátolják a növekedést. Az így keletkező, sok kristályból álló együttest **kristályhalmaznak**, polikristálynak, vagy idegen szóval **aggregátumnak** nevezzük. A kristályhalmazok alakja igen változatos lehet. Néha ezek az alakok jellemzőek egy adott ásványra, annak meghatározott képződési típusára, így megfigyelésük fontos támpontot adhat az ásványhatározáshoz, és akár az ásvány kialakulásának megfejtéséhez is.

Sokféle kristályhalmaz-alakot ismerünk, melyek közül csak a gyakrabban megfigyelhetőket emeljük ki. *Tömött-vaskos* halmaz esetén az aggregátumot felépítő kristályok szabad szemmel nézve nem különülnek el, hanem egy homogén tömeget alkotnak. A *szemcsés* halmazokat általában izometrikus kristályok szoros összenövése építi fel. Ezen belül beszélhetünk durvaszemcsés, középszemcsés, finomszemcsés halmazokról (ilyen például a gipsz „alabástrom” nevű változata). Nagyon finom szemcsékből felépülő, porlódó anyagok *földes* halmazokat alkotnak (pl. a kaolinit). Ha az aggregátumot felépítő kristályok lemezesek, táblásak, s a



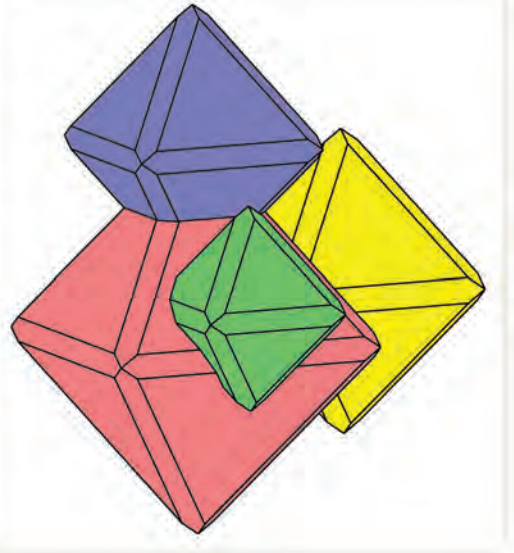
11. ábra. Táblás megjelenésű baritkristályok (Kapnikbánya, Románia).
A példány magassága: 13 cm



12. ábra. Izometrikus, kocka alakú piritkristály (Navajún, Spanyolország). A kocka élhosszúsága: 4 cm



13. ábra. Szaurolit-ikerkristály csillámpalában (Kejvi masszívum, Kola-félsziget, Oroszország). A példány hosszúsága: 9 cm



14. ábra. Párhuzamosan összenőtt oktaéderez természetű kristályok

lemezek párhuzamosan helyezkednek el, akkor *lemezés*, *levelés* halmazokról beszélünk (pl. a csillámok). Ha a lemezek elhelyezkedése egy pontból kiindulva megközelítőleg sugárirányban történik, akkor *legyező alakú* vagy *kéveszerű* aggregátumok képződnek. Néha a táblás kristályok iránya többé-kevésbé szabálytalan, ilyenkor rozettákról beszélünk (15. ábra). Tűs, illetve oszlopos kristályok *rostos*, *szálas* vagy *rudas* halmazokat alkothatnak (pl. a rostos gipsz). Ezekben az aggregátumokban a kristályok nagyjából párhuzamosan helyezkednek el. Más esetben a tűs kristályok sugaras elrendeződést mutatnak, ilyenkor *sugaras*, esetleg *csillag alakú* halmazokról beszélünk. Ha a tűs kristályok gömböt formálnak, akkor *sugaras-gömbös* aggregátumok állnak elő (16. ábra). Gél állapotú, vagy kolloidális kiindulási anyagból sokszor mikrokristályos, *gömbös-vesés* halmaz képződik (pl. a goethit „vaskobak” nevű változata). Az sem ritka eset, amikor egy ásványszemcsére más ásvány kristályai koncentrikus rétegeket alkotva nőnek rá. Így képződnek az ún. *ooidok* (pl. a goethit esetében). Barlangokban gyakran megfigyelhetők *cseppkőes* aggregátumok, melyek apró kristályokból álló oszlopszerű képződmények. Ha egy ásvány kristálya túl gyorsan növekszik, akkor a kristálylapok növekedési üteme nem tud lépést tartani a kristályélek és -csúcsok növekedésével. Így állnak elő a vázkristályok, melyek halmazokba rendeződve páfrányhoz vagy fenyőfához hasonlító, úgynevezett *dendrites* aggregátumokat alkotnak. Mangán-oxidokból álló, pompás fekete dendritekkel sokféle kőzet repedéseiben találkozhatunk. A jég hexagonális szimmetriájú vázkristályait figyelhetjük meg télen az ablaküvegen.

Az ásványok fizikai tulajdonságai

Az ásványok gyors felismerésében az előző fejezetben tárgyalt alaktani (idegen szóval morfológiai) sajátságok mellett a fizikai tulajdonságok megismerésének van a legnagyobb jelentősége. Az ásványok következő fizikai sajátosságai figyelhetők, illetve határozhatók meg a legkönnyebben: keménység, hasadás, törés, szín, átlátszóság, karcszín (vagyis az ásvány karcolási porának színe) és fény. Néhány más, itt nem részletezendő fizikai tulajdonság (pl. mágnesség, lumineszcencia) megfigyelése szintén nagyban megkönnyítheti egyes ásványok felismerését.

Keménység

A mindennapi életben az ásványokat általában kemény anyagoknak tartjuk. Az egyes ásványok keménysége között azonban lényeges különbség lehet, mely könnyen mérhető. A legrégebben, de még napjainkban is a leggyakrabban alkalmazott, a karcolási keménységen alapuló mérési eljárást Friedrich Mohs német mineralógus dolgozta ki a 19. század első felében. Tíz ásványból álló, úgynevezett keménységi skálát készített, melynek tagjai a növekvő keménységük szerint



15. ábra. Homokszemeket összecementáló, táblás gipszkristályokból álló rozetta alakú csoport („sivatagi rózsák”) Marokkóból. A példány átmérője: 12 cm



16. ábra. Gömbös sziderithalmazok („szferosziderit”) andezit nagyméretű hólyagüregében (Erdőbénye, Mulató-hegy). A képkivágat szélessége: 11 cm

a következők: 1. talk, 2. gipsz, 3. kalcit, 4. fluorit, 5. apatit, 6. ortoklász, 7. kvarc, 8. topáz, 9. korund és 10. gyémánt.

A keménység meghatározásának menete a következő. Készítsünk a fenti ásványokból mi is egy keménységi sort. Mivel a 7-esnél keményebb ásványok meglehetősen ritkák, elég csak a kvarcig beszerezni a keménységi sor tagjait. Vegyük kezünkbe a kérdéses ásványunkat és próbáljuk a keménységi sorunk darabjaival egyenként megkarcolni, kezdve a legkisebb, vagy a legnagyobb keménységű taggal. Amelyik ásvány nem karcolja a példányunkat, annál keményebb a darabunk, amelyik pedig karcolja, annál puhább. Fontos hangsúlyozni, hogy ezzel relatív keménységet állapítunk meg (az illető példány mitől keményebb, és mitől puhább).

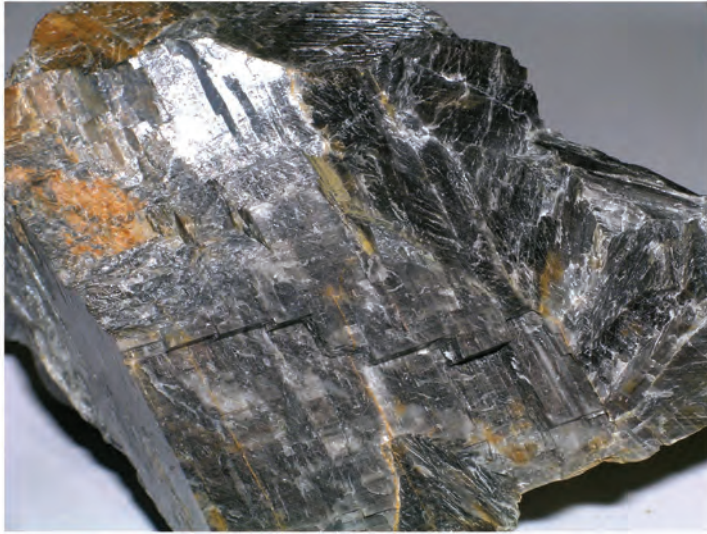
Ha a fenti ásványsor nem áll rendelkezésünkre (pl. kirándulásaink, gyűjtőútjaink alkalmával), akkor tájékoztató jellegű keménység-meghatározást végezhetünk körmünk, egy tű, egy zseb kés, egy reszelő és egy üveglap segítségével az 1. táblázat szerint.

1. táblázat

Keménység	Ásvány	Meghatározási lehetőség
1.	talk	körömmel könnyen karcolható
2.	gipsz	körömmel még nehezen karcolható
3.	kalcit	körömmel nem, tüvel könnyen karcolható
4.	fluorit	tüvel nehezen, késsel könnyen karcolható
5.	apatit	tüvel nem, késsel nehezen karcolható, reszelő könnyen fogja
6.	ortoklász	reszelővel karcolható
7.	kvarc	az üveget karcolják
8.	topáz	
9.	korund	
10.	gyémánt	

Hasadás

Hasadásról akkor beszélünk, ha az ásvány valamilyen határozott mechanikai behatásra (például ütésre, nyomásra) meghatározott síkok mentén elválik. Ezek a hasadási lapok általában egyszerű kristályformáknak felelnek meg és jellegét szigorúan a kristályszerkezet határozza meg. Általában azt mondhatjuk, hogy csak kristályos anyagok mutatják a hasadás jelenségét. A hasadás és annak minősége nagyon hasznos jellemzője egy ásványnak, így a határozásnál perdöntő lehet. A hasadás minőségét egyszerű jelzőkkel írhatjuk le. *Kitűnő* vagy *tökéletes* a hasadás, ha a hasadási sík könnyen, kis erőfelfejtésre előállítható és az elválási sík sima, tükröző felület (pl. csillámok, kalcit; 17. ábra). *Jó* a hasadás, ha könnyen létrehozható, a hasadási lap sima és gyengén tükröz (pl. amfibolok, piroxének, földpátok, barit). *Rossz* hasadásról akkor beszélünk, ha nehezen hozható létre, s az elválási sík egyenetlen és nem tükröz (pl. nefelin). Azonban vannak olyan ásványok is, melyek



17. ábra: Kalcitkristály hasadási síkjai. A példány lelőhelye: Polgárdi, Szár-hegy.
A képkivágat szélessége: 7 cm



18. ábra: Kagylós törési felületek opálon (Telkibánya, Kutvaszorító).
A példány átmérője: 3 cm

egyáltalán nem hasadnak. Ilyen a földkéreg egyik leggyakoribb ásványa, a kvarc. Az ilyen, nem hasadó ásványokon csak egyetlen törési felületeket láthatunk.

Törés

Az ásványon határozott mechanikai behatásra (pl. ütésre, nyomásra) megjelenő, kristálytani irányoktól független elválási felületet törési felületnek nevezzük. Minél jobban hasad egy ásvány, annál nehezebb rajta törési felületet létrehozni. A törési felület jellemzésére sokféle, leíró jellegű jelző létezik. Ilyenek például: *kagylós*: a felületen kagylóhéjhoz hasonló bemélyedések jelentkeznek (pl. opálok; 18. ábra), ez általában rövid távon rendezett vagy rendezetlen szerkezetű (úgynevezett amorf) ásványokra jellemző; *egyenetlen*: a törési felület teljesen szabálytalan (pl. berill, kalkopirit); *egyenes*: a felület többé-kevésbé sima (pl. a kvarc jáspis nevű változata); *szilánkos*: a törési felületen apró szilánkok, szálkák jelennek meg (pl. a kvarc tűzkő nevű változata); *horgas*: a törési felületen kisméretű, görbült szálak, horgak figyelhetők meg (pl. termésrés); *földes*: a fénytelen törési felületen finom por marad vissza (pl. kaolinit).

Szín

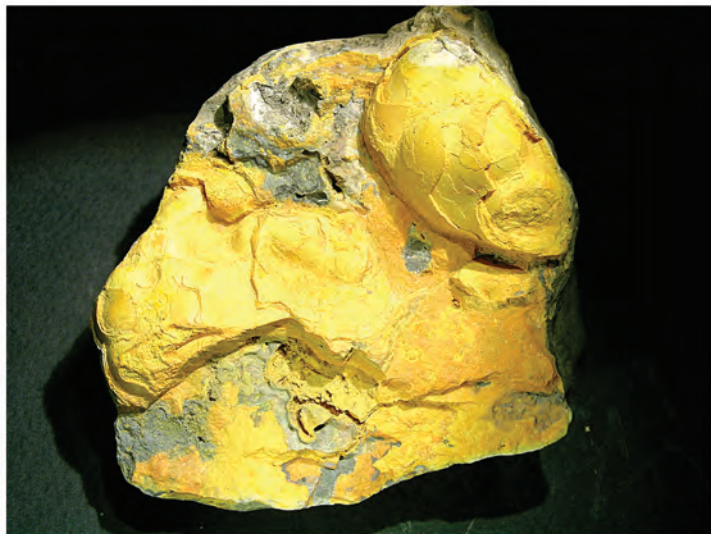
Az ásványok egyik legszembevetőbb fizikai tulajdonsága a szín. Nem túlzás azt állítani, hogy az ásványok a szivárvány minden színében megjelenhetnek. Sok ásvány azonban csak egyféle színben (pontosabban egyféle szín árnyalataiban) fordul elő a természetben. Ezek a *saját színű* (idegen szóval idiokrómás) ásványok, melyek színe ily módon fontos határozó bélyeg. Ilyen ásvány például a zöld malachit, a kék azurit, a vörös krokoit, az ólomszürke galenit és még sorolhatnánk. Ezek az ásványok tehát mindig csak egyféle, bár esetenként különböző árnyalatú színben fordulnak elő (19., 20. és 21. ábra).

Az ásványok másik csoportját az *idegen színű* (vagy allokrómás) ásványok alkotják. Ezeket a színeket leginkább idegen kémiai elemeknek a kristályszerkezetbe való beépülése, vagy finom eloszlású zárványok okozhatják. A nagyon színgazdag ásványok (pl. kvarc, opál, turmalin, fluorit) mind ebbe a csoportba tartoznak (22. ábra). Ezeknél az ásványoknál tehát a szín nem fontos határozó bélyeg. Érdemes megjegyezni, hogy sok esetben az ásványok felületén bevonatok, futtatási színek figyelhetők meg, melyek a legtöbb esetben eltérnek az ásvány valódi színétől.

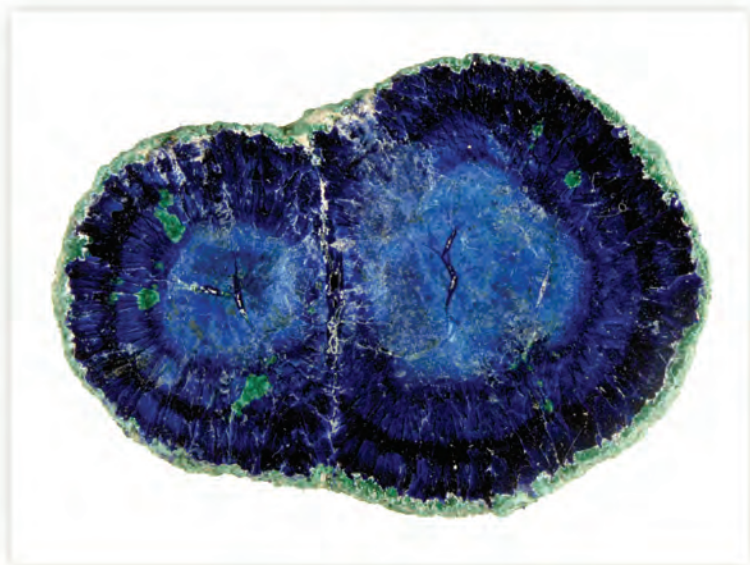
Gyakran a szín saját vagy idegen természete nehezen határozható meg, ezért az azonosításra megfelelőbb a karcolási por színének megfigyelése.

Karcszín

Vegyünk egy fehér színű, mázatlan porcelánlapot, és húzzuk rajta végig ásványunkat. A porcelánlap apró egyenetlenségeiben az ásványunkból levált porszemcsék ülnek meg. Saját színű ásvány esetében a karcolási por színe megfelel az ásvány



19. ábra. Sárga színű auripigment (Kovászna, Románia). A példány nagysága: 8 cm



20. ábra. Kék színű azurit (Dzsezkazgan, Kazahsztán).
A példány hosszúsága: 4,5 cm

színének, legfeljebb annyi eltéréssel, hogy halványabb árnyalatú (23. ábra). Idegen színű ásvány esetében a karcszín és a szín merőben eltérő (ezek karcszíne ugyanis szinte mindig fehér). Jó példa erre, hogy bármilyen színű kvarc (a lila ametiszt, a sárga citrin, a fekete morion stb.) karcolási pora fehér színű. Általánosságban elmondhatjuk, hogy egy ásvány karcolási porának színe sokkal kisebb skálán mozog, mint a kézipéldányon megfigyelhető színe, ezért az ásvány meghatározásához a színnél sokkal hasznosabb határozó bélyeg.

Fény

Az ásványok fénye könnyen megfigyelhető tulajdonság, mely nagyban megkönnyíti az ásványhatározást. Fényük alapján az ásványokat alapvetően két nagy csoportra, *fémes fényű* és *nem fémes fényű* ásványokra bonthatjuk. Gyakran egy további, harmadik csoportot is megkülönböztetnek, ezek a *félig fémes fényű* ásványok, mely az előző két csoport közti átmenetnek felel meg.

A nagy fényvisszaverő-képességgel rendelkező, átlátszatlan (idegen szóval opak) ásványoknak *fémes fényük* van. Ebbe a körbe tartoznak a termésvémek (pl. terméсарany, termésvézüst, termésvéz), valamint a legtöbb szulfidásvány (pl. pirit, galenit) és néhány fémtartalmú oxid (pl. magnetit, piroluzit).

Félig fémes fényük van azoknak az olykor áttetsző, színes ásványoknak, amelyek fényvisszaverő-képessége alig valamivel kisebb, mint a fémeké. Ilyen ásvány pl. a kuprit vagy a cinnabarit.

A legtöbb áttetsző, illetve átlátszó ásvány *nem fémes fényű*. Ezen belül a fényvisszaverő-képességük alapján még több kategóriát lehet megkülönböztetni. *Gyémántfényük* van a viszonylag még jelentős fényvisszaverő-képességgel rendelkező, de már áttetsző-átlátszó ásványoknak (pl. gyémánt, cerusszit, cirkon). Az *üvegfényű* (pl. kalcit, földpátok, olivinek) és *zsvírfényű* (pl. nefelin) ásványok fényvisszaverő-képessége már csekély. *Fénytelenek* a földes megjelenésű, szubmikroszkopikus kristályokból álló ásványok (pl. kaolinit). A tökéletesen hasadó ásványok (pl. csillámok, gipsz) hasadási lapján sokszor jellegzetes *gyöngyházfény* figyelhető meg (24. ábra). Nagyon finom szálás-rostos kristályhalmazok *selyemfény* mutathatnak (pl. rostos gipsz, vagy azbeszt megjelenésű ásványok).

Az ásványok keletkezése

A litoszférát (mely a Föld kérgét és a köpeny legfelső részét foglalja magába) kőzetek alkotják. A kőzetek építőelemei döntően ásványok. Vannak azonban kőzetek, melyek például többé-kevésbé szerves eredetű anyagokból állnak (ilyen pl. a kőszén, alginit). Keletkezésük egymástól nagyon eltérő környezetben történhet és sok esetben nagyon összetett. Tekintsük most át azokat a legfontosabb természetes folyamatokat, amikor ásványok képződnek.



21. ábra. Rózsaszínű rodokrozit (Kapnikbánya, Románia). A példány hosszúsága: 17 cm

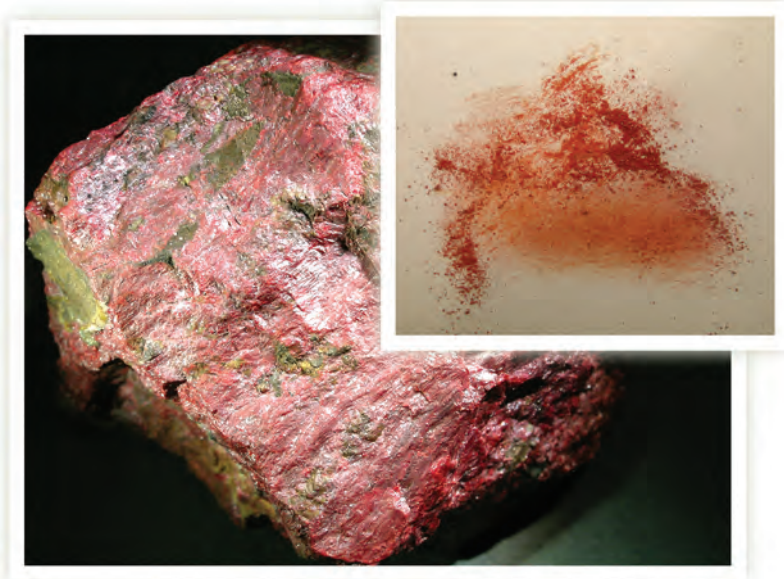


22. ábra. Zöld színű fluorit Kinából.
A példány magassága: 6 cm

Ásványok akkor alakulnak ki, amikor a természetben bizonyos folyamatok eredményeként gőzök, olvadékok lehűlnek, oldatok túltelítődnek vagy vegyi reakciók lejátszódásaként az anyagi részecskék szilárd, kristályos állapotba mennek át. Vagyis rendezetlen állapotból (gőzök, oldatok, olvadékok) rendezett struktúra (kristályos állapot) jön létre. A kristályosodás *kristálycsírák* képződésével indul meg. Ha az oldat vagy olvadék lehűlése lassú, úgy kevés, de nagy kristály képződik, amennyiben a lehűlés gyorsan megy végbe, a kristálycsíráknak sem lesz idejük növekedni, mintegy megdermednek és sok apróbb kristály képződik. A kialakuló kristályban minden felület, azaz kristálylap önmagával párhuzamosan terjed, növekszik. A növekedés iránya pedig a kialakuló lapokra merőleges. Egy ásvánnyal sok esetben több másik ásvány is képződhet párhuzamosan, így előfordul, hogy nem marad hely a kristálylapok kifejlődéséhez, az ásványok egymásra is nőhetnek, illetve a korábban kivált egyedekre ránőhet egy később kikristályosodó ásvány, így a korábban kikristályosodott ásvány *zúrvány*ként fordul elő (25. ábra).

Az ásványok képződése azonban egymástól nagyon különböző földtani környezetben és feltételek mellett valósul meg. Ásványok a Föld keletkezése óta mind a mai napig képződnek. Sőt, ha eltérő fiziko-kémiai környezetbe kerülnek folytonosan átalakulnak. Ez a földtörténet során sokszor előfordulhat, emberi időléptékkal mérve azonban csak a felszíni folyamatok sebessége számottevő. Most vegyük sorra azokat a különböző földtani folyamatokat és környezeteiket, ahol az ásványok kialakulnak.

Első helyen kell megemlíteni a Föld belsőbb öveiben, a felszíninél jóval nagyobb hőmérsékleten és nyomáson képződött, magmából kikristályosodott ásványokat, melyeket magmás eredetű ásványoknak hívunk. A magma olyan szilikátolvadék, amelyben még oldott illóanyagok (pl. hidrogénklorid, széndioxid, vízgőz) és szinte az egész periódusos rendszer kémiai elemei megtalálhatók. A magma a Föld mélyebb zónáiban képződik, ahol a szilárd kőzetek bizonyos behatásokra részlegesen megolvadnak. A hőmérséklet az olvadás kezdetén meghaladja az 1300 °C-ot. Olvadás akkor történik amikor a): a Föld nagyon mély rétegeiből (több száz km) kisebb sűrűségénél fogva lassan felemelkedő, a környezeténél magasabb hőmérsékletű anyag hőtadó hatására a környező kőzetek megolvadnak (az olvadék a felszínre jutva a „forró foltos” vulkanizmust hozza létre, így alakult ki pl. a Hawaii szigetcsoport); b): vagy a földkéregben történő kéregelvékonyodás belsőbb zónákra gyakorolt nyomáscsökkentő hatására lecsökken a kőzetek olvadáspontja és megolvadnak, (pl. a Vörös-tengeri-árok képződésekor); c): végül akkor is magma keletkezik, amikor az üledékekből, magmás és metamorf kőzetekből álló óceáni kőzetlemez alábukik a kontinentális litoszféra (kőzetlemez) alá, és az emelkedő hőmérséklet hatására az óceáni litoszférát alkotó víztartalmú ásványok dehidratálódnak (víztelenednek). Először az amfibolok veszítik el kristályvizüket kb. 80–100 km-es mélység és 650 °C-ig, majd 100–300 km körül, és 750 °C-nál



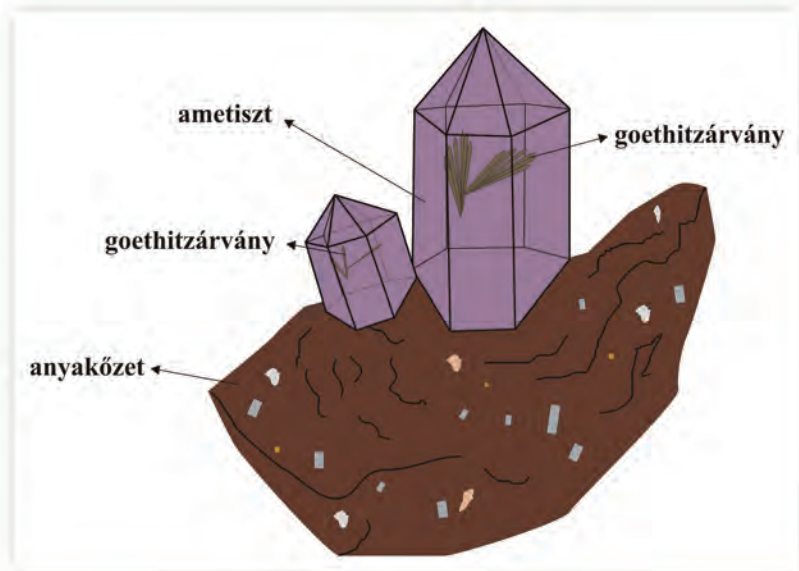
23. ábra. Sötétvörös cinnabarit (Otösbánya, Szlovákia) cinöbervörös karcolási porszint mutat.
A példány mérete: 9 cm



24. ábra. Gyöngyházfényű muszkovit (Macsramezö, Románia).
A példány hosszúsága: 17 cm

magasabb hőmérsékleten a szerpentinásványok, talk, flogopit vesztik el a kristályvizüket, így az ásványok dehidratációja során felszabaduló víz hatására a földköpenybe hatoló óceáni litoszféra felett a „köpenyék” olvadáspontja lecsökken és részleges olvadás indul el, melynek hatására az olvadékok részleges kristályosodás közben felemelkednek és a felszínre érve hevesen működő vulkánosságot produkálnak. (A Kárpátok vulkáni koszorúja is ilyen folyamatok hatására jött létre). Ha a környezeténél kisebb sűrűségű, felfelé hatoló magma kijut a földfelszínre, *lávának* hívjuk. Ritkább eset, amikor idős (akár több mint 2 milliárd éves) kontinentális (szárazföldi) litoszférolemez alatt felgyülemelő, illódús köpenyből származó magmás kőzetek (például a gyémánttartalmú kimberlit) heves felszínre robbanásakor a mélyben kikristályosodott magmatit kerül a felszínre. A forró láva is folyamatosan kristályosodó kőzetolvadék, melyben a gyors kihűlés hatására nem mindig van idejük az ásványoknak kikristályosodniuk, sok esetben igen aprók a kristályok, extrém gyors kihűlés hatására akár üveggé szilárdulhatnak meg. Amennyiben a magma nem éri el a földfelszínt, behatol a földkéreg repedéseibe, vagy akár magába is olvasztja a kőzeteket, vagy felboltozódásokat hozhat létre. A környékbeli kőzetek jóval hidegebbek a magmánál, így az olvadék a peremi részeken kezd el kihűlni először, és itt válnak ki az első ásványok is csökkenő olvadáspontjuk szerint, majd a nehézségi erő hatására az olvadék aljára süllyednek. Az olvadékban lévő kén a vascsoport elemeivel kölcsönhatásba lépve a legmagasabb hőmérsékleten kivált ásványtársulásokat hozzák létre. Ilyen ásványok pl. a kalkopirit, pirit, pentlandit. Kénszegény magmákból kromit, magnetit, ilmenit kristályosodik ki. A hőmérséklet további csökkenésével nagyobb tömegben kristályosodnak ki az előbbiektől kissé alacsonyabb olvadáspontú ásványok, mint pl. az olivin-, piroxén- és amfibol-csoport ásványai (26. ábra). A gyorsan kihűlő magmakamra peremén kisebb, míg a magma belsejében nagyobb kristályok képződnek. Ahogy a hőmérséklet tovább csökken, az egyre alacsonyabb olvadáspontú ásványok válnak ki, így pl. a plagioklász földpátok, kálföldpátok, biotit, kvarc.

Amint az olvadék nagy része kikristályosodott, a magmaradékban oldhatatlan gázok (vízgőz, széndioxid, kénhidrogén, hidrogénfluorid, hidrogénklorid stb.) mennyisége többszörösére nő, így az olvadék-fluidum rendszer belső súrlódása (viszkozitása) nagymértékben lecsökken, a könnyenilló-tartalom tovább tartja oldva a kémiai elemeket, és a kb. 2–12 km-es képződési mélység, 600–800 °C-os, igen lassan változó hőmérséklet nyugodt, egyensúlyi helyzethez közeli kristályosodást tesz lehetővé, így ezen hatások eredményeképp óriási, akár több méteres kristályok képződhetnek. Például a világ legnagyobb berillkristálya is természetesen pegmatitos képződésű (Madagaszkár), egymaga 18 méter hosszúságú és 380 tonnát nyom. Azonban létezik egy részben még feltáratlan! (valószínűleg ma is bányászott) mikroklin (kálföldpát) kristály is, mely egykristály volta bizonytalan



25. ábra. A korábban kivált ásványok zárványként fordulhatnak elő egy később kikristályosodó ásványban (zárványrajz az ametisztről és goethitről)



26. ábra. Az olivin-csoport ásványai (fayalit, forsterit) a magmából elsőként kivált ásványok közé tartoznak. Zöld forsteriteszemcsékből álló zárvány bazalttufában (Szentbékállá). A példány mérete: 10 cm

ugyan, de 15 908 tonnára és 49 méter hosszúra becsülik, mely megfelel egy közepes templom méretének!

Ezt az utómagmás szakaszt hívják *pegmatitos* fázisnak (27. ábra). Itt azok a kémiai elemek dúsulnak fel, melyek nagyobb ionméretük és töltésük miatt nem tudtak egyik – már korábban kikristályosodott – ásvány szerkezetébe sem beépülni, ezek pedig zömmel ritkább elemek, mint pl. a lítium, berillium, volfrám, bór, ón, uránium. Jellegzetes pegmatitos ásványok pl. a berill- és turmalin-csoport ásványai.

A pegmatitos kőzetek képződése során a kőzethasadékok nagyrészt kitöltődnek, így a kovasavban szegényebb, de vízgőzben és a kémiailag igen agresszív halogénekben gazdagabb fluid állapotú rendszer belső nyomása megnövekszik, megrepesztí a környező kőzeteket, a repedésekben a lehülés során ásványokat rak le, illetve reakcióba is lép a mellékkőzetekkel a fluor-, klór-, bórtartalmú, agresszív fluidumoknak köszönhetően. Ilyen eset az, amikor a káliföldpátot fluortartalmú gőzök és oldatok topázra kristályosítják át, vagy bór jelenlétében turmalinok jöhetnek létre a földpátból. E fázist régebben *pneumatolitos* fázisnak hívták, manapság gyakrabban beszélünk *metaszomatózisról*, illetve „*greizenesedésről*” (a greizen a Licsillámból, kvarcból, topázból, turmalinból álló, átalakult gránit, melyben gyakori az ón-molibdén-volfrám ércesedés) (28. ábra).

A magmás működés vége felé a kőzetretegeken átáramló gőzök 400 °C alá hűlnek, megjelenik a forró vizes oldatrendszer, vagy *hidrotermás fázis* (29. ábra), mely részben magmás eredetű, részben a környező kőzetek rétegvizeinek beáramlásából, illetve azok felfűtéséből jön létre, (tehát az ebben a fázisban képződött ásványok csak részben magmás eredetűek). Az óceánközépi hátságok környezetében is, ahol a forró magma szakaszosan ömlik ki az óceán fenekére, a kőzetek repedéseiben leszivárgó tengervíz a magma fűtő hatására felmelegszik, egy sor ásványi anyagot old magában és hidrotermális tevékenység indul be. Jellegzetes képződmények az óceánközépi hátságok mentén létrejövő „black-smokerek” (fekete füstölők), melyek mentén a Földön egyedül itt jött létre a Naptól független élet a mélyből kiáramló, kénhidrogént oxidáló baktériumi táplálékra épülve, férgek, rákok életközösségét létrehozva. Az ilyen repedésekbe leszivárgó, 300 °C körüli hőmérsékletű tengervízből (hidroterma) kicsapódó ásványokból (pirit, kalkopirit, szfalerit stb.) álló tornyos képződmények keletkeznek. A hidrotermás oldatok repedésekbe-üregékbe hatolnak be, majd a lehülés és bizonyos tényezők hatására ásványkiválásokat hoznak létre. Számos esetben magát a kőzetet is átkristályosíthatják, új ásványegyütteseket létrehozva, ekkor *hidrotermás metaszomatózisról* beszélünk. A hidrotermás fázis fontos alkotói a különböző oldott anionok (pl. kén, arzén, klór, bróm, jód), melyek a forró vizes rendszerben cirkuláló fémionokat (arany, ezüst, ólom, réz, bizmut, vas stb.) oldatban tartják, majd bizonyos körülmények hatására (pl. az oldat kémhatásának, koncentrációjának megváltozása,



27. ábra. A pegmatitos ásványok összetétele és nagy mérete kis belső sűrűdésű, nagy illóanyag-tartalmú maradékolvadék nyugodt kristályosodását jelzi.

Fekete, oszlopos sörl nagy, táblás ortoklászkrisztályon (Murzinka, Urál, Oroszország). Az ásványcsoport mérete: 14 cm



28. ábra. A „greizen” fluor-, klór- és bórtartalmú agresszív fluidumok jelenlétében képződik, ahol a földpátokat megtámadva gyakran alakítják át őket turmalinná, topázzá. Cínovec, Csehország. A példány hosszúsága: 8 cm

lehülése) ezek a fémionok szilárd fázisba lépnek, bizonyos elemekkel társulva kicsapódnak. Így jönnek létre a hidrotermás érctelepek, mint pl. a Mátrában Gyöngyösoroszi, Parádsasvár érces telérei, melyekben az ércásványok közül a szfererit, galenit, pirit, kalkopirit a leggyakoribbak. Az érceket „meddő” ásványok kísérik, melyek a fémekhez hasonlóan az oldatok és a környezet fizikai-kémiai állapotától függően csapódnak ki. Ilyen ásványok pl. a kvarc, kalcit, barit, fluorit.

Mint láttuk, magmás ásványképződés magából a magmából kikristályosodva, illetve annak anyagából szeparálódott alkotókból, részben pedig a magma által felfűtött, esetenként átalakított környezetben zajlik le.

A következő ásványképző folyamat már az üledékes ciklusba tartozik. A hidrotermás (melegvízes) fázisnál jóval alacsonyabb hőmérsékleten, mondhatni hideg vizekből (patakok, tavak, tengerek, réteg- és talajvizek) *vegyi úton* kivált üledékes eredetű ásványok összességét foglalja magában. Ilyen pl. a döntően kalcitból álló „cseppkő”, a kősó, anhidrit, gipsz, a legfontosabbak közül. A barlangi cseppkő, vagy a mészgazdag patakok forrásmészköve úgy keletkezik, hogy a víz a magával hozott, vagy talajból-levegőből adszorbeált széndioxidtartalma szén-savvá alakul, mely karbonátos kőzetekkel érintkezve oldatba viszi azokat, mészkő esetén kalcium-hidrogénkarbonát formájában. Azonban amikor az ilyen kalcium-hidrogénkarbonátban gazdag víz alacsonyabb nyomású helyre érkezik, pl. vízesés, barlang faláról lecsöpöppenve, vagy a vízi növények fotoszintézise során a növények széndioxidot vonnak el a vízből, barlangok esetében cseppkő, patakokban forrásvízi mészkő keletkezik. A kősó és gipsz is hasonlóan oldva található a tavakban, tengerekben, melyekből akkor válik ki, ha azokból annyi víz párolog el, hogy az oldat túltelítetté válik, betöményedik. Gyakori eset ez tengeröblökben, kisebb sós tavakban, mikor is a víz elpárolog, az addig oldott nátrium-klorid kősó, illetve kalcium-szulfát anhidrit formájában kicsapódik.

A felszíni időjárás viszontagságoknak (pl. víz, jég, szél, hőmérsékletingadozás) kitett kőzetek, érctelepek a levegő és csapadékvizek hatására mállani kezdenek. A magmás folyamatok során keletkezett ásványok stabilitása annál inkább csökken, minél jobban eltérnek a környezeti feltételek attól a környezettől, ahol keletkezett. Így például a már említett olivin-csoport ásványai, melyek a magmából kristályosodnak ki magas hőmérsékleten és akár nagy nyomáson, a felszínre kerülve vízfelvétellel hamar elmállanak szerpentinásványokká, illetve más szilárd fázisokra esnek szét (vasoxidok, kvarc). Hasonlóan vizes közeg hatására mállanak el a földpátok agyagásványokká (kaolinit, illit, montmorillonit, szeladonit, nontronit stb.), illetve kloritokká. A szulfidos ércek a vízben oldott oxigén hatására oxidálódnak szulfátokká, majd oxidokká (oxid-hidroxidokká) alakulnak át, savak fejlődése közben, melyek további reakciókat eredményeznek és egy sor ún. másodlagos ásványt hoznak létre. Ez az *oxidációs-zóna*. Karbonátos közegben a karbonát



29. ábra. A hidrotermás telérekben gyakran jelennek meg ritmikus ásványkiválások, melyeket „zebraérc”-nek is neveznek. Kvarc, galenit és szfalerit együttese (Gyöngyösoroszi). A példány mérete 10 cm



30. ábra. A felszíni oxidáció és oldatvándorlás hatására számos szulfidos ércásvány bomlik el idővel, melyekből másodlagos ásványok keletkeznek. Így jön létre a zöld malachit (Rudabánya, Adolf bányarész). A példány hosszúsága: 12 cm

semlegesítheti a savas oldatokat és a réz kiválthat malachit (30. ábra) vagy azurit formájában. Ha a savas vizek fémeket visznek oldatba, ezek az oxidációs-zónából a talajvízszint alá jutva az el nem bomlott szulfidokkal, szerves anyaggal, (vagy egyéb redukáló elemmel) találkozáva természetként kiválhatnak. Így természetes, természetesen, természetesen, természetesen stb. csapódhat ki.

Létezik ún. biológiai mállás is, mely során az élő szervezetek, *biogén folyamatok* (pl. növények gyökerei környékén képződő savas oldatok, mikroorganizmusok stb.) hatására oldják az ásványok-közetek felszínét, illetve maguk is okozhatnak mikroszkopikus ásványi kiválásokat.

Az intenzív felszíni mállás és folyóvízi lehordás hatására a felszínen lévő kőzetek teljesen szétaprózódnak, vagy elmállanak, anyaguk behordódik a folyókba, tavakba, majd tengerekbe, ahol lerakódnak, majd megszilárdulnak és egy újfajta kőzetet, az üledékes kőzetet hozzák létre.

A folyók kanyarulataiban, zátonyainál, ahol a víz sebessége lecsökken, a kőzetekből kipergő, felaprózódó, majd a folyó által elszállított ásványok sűrűségük szerint rakódnak le, így gyakran találhatunk egy azonos ásványfajból felépülő homokos részeket a hordalékban, pl. ha a folyó homokja vöröses színű, az sok esetben a gránátszemcséktől van (31. ábra), ha fekete, akkor magnetittől, ilmenittől, ha zöld, klorittól, amfiboloktól, piroxénektől, ha fehér, kvarctól és földpáttól, hozzávetőlegesen. A szulfidásványokban zárványként előforduló arany is hasonló körülmények hatására kerül az üledékekbe: a szulfidok felszíni mállása során az arany a folyókba kerül, ahol a folyókanyarulatokban, zátonyos *torlatok*ban halmozódik fel.

Külön említést érdemelnek a *biogén eredetű* ásványok. Bizonyos élőlények, mint például az egysejtű algák, vagy egyes baktériumok meszet, kavasavat, vagy éppen vasat képesek kiválasztani, melyek az élőlények vázát alkotják és elhalásuk után felhalmozódik, majd lassú folyamatok során kőzetté válik. Az így felhalmozódott kova, mészvázú, vasat tartalmazó szervezetekből álló kőzetek később a kőzetet átjáró melegvizet hatására átkristályosodhatnak kalcitá, kvarccá, hematitá.

Az oxigénhiányos, elzárt állóvizek iszapjában a redukív környezet és mikroorganizmusok hatására gyakran válik ki „gélpirít”, elhullott állatok testrészeinek bomlása során felszabaduló foszforsavból és vas(II)-hidrogén-karbonát-oldatból pedig vivianit, mely sok esetben magának a nagy foszfortartalmú részeknek (csontok, fogak) az átkristályosodásával jön létre. Lápfoldeken, mocsarakban vagy guanótelepeken is képződnek ásványok, ilyen például az ammónium-magnézium-foszfát ásvány, a struvit.

Az ún. szerves ásványok ezzel szemben vagy szerves savak sói, mint például a mellit, whevellit, vagy pedig szénhidrogén vegyületek, melyek főleg széntelepeken fordulnak elő.



31. ábra. A folyók által szállított ásványzemcsék a víz mozgási energiájának csökkenésekor lerakódva (pl. belső kanyarulatokban, vizesékek alján) csökkenő fajsúlyuk szerint torlatos telepeket képeznek. Almandinból, spinellből és diopszidból álló torlat (Szentendre, Bükkös-patak).
A legnagyobb kristály 3 mm-es

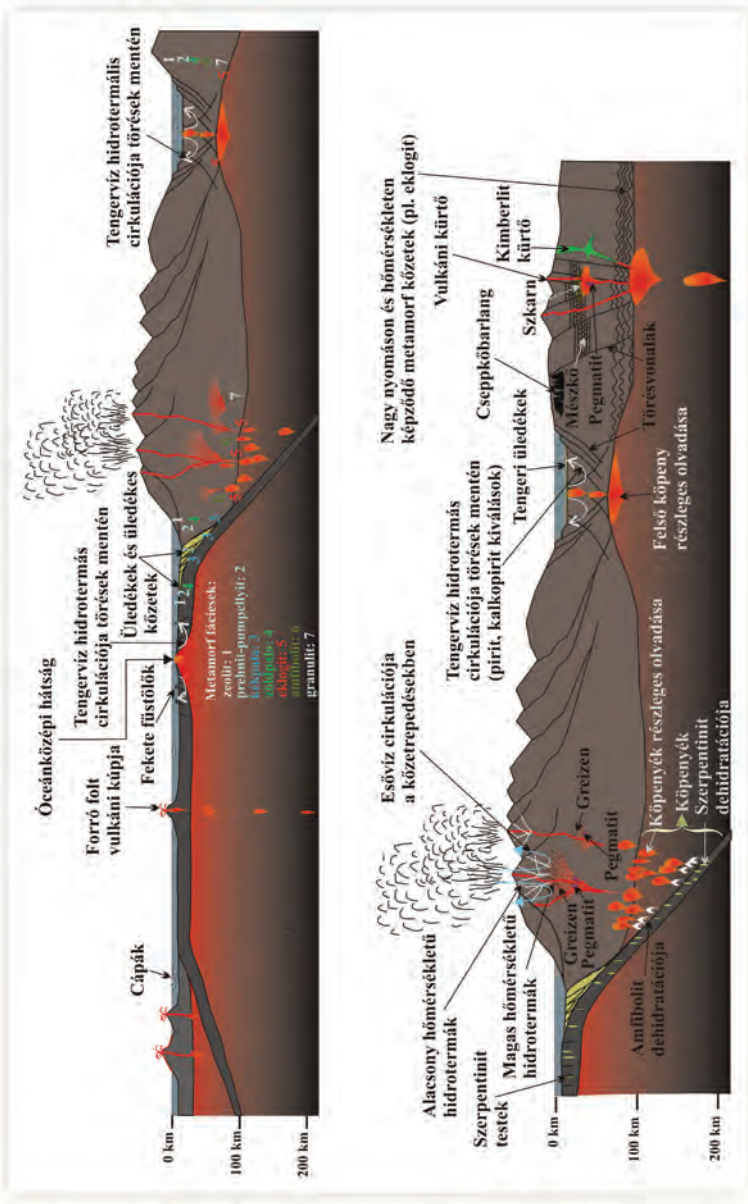


32. ábra. Meszes üledékekbe, üledékes kőzetekbe hatoló magmák kőzet-átalakító hatására új ásványtársulások jönnek létre, ahol sokféle kalcium- és alumínium-szilikátos összetételű ásvány is képződik. Ezen kőzetek összefoglaló neve: „szkarn”. Andraditból álló szkarn (Vaskő, Románia). A példány hosszúsága: 12 cm

Végül mind a magmás, mind az üledékes eredetű ásványok átkristályosodhatnak egy újabb ásványfázissá, mely folyamatnak metamorfózis a neve. A metamorfózis során a még át nem alakult ásvány az átalakulás alatt is döntően szilárd fázisú marad – bár a legújabb kutatások szerint ezek sem tisztán szilárd fázisú átalakulások, hanem szubmikroszkopos méretekben pl. fluidumok is megjelenhetnek –, de kémiai összetétele, illetve kristályszerkezete megváltozik. Metamorfózis széles hőmérsékleti- és nyomáshatárok között – lokális vagy regionális méretekben – történhet.

Termális vagy *kontakt* metamorfózis akkor léphet fel *lokálisan*, amikor magma-intrúzió nyomul be különböző minőségű kőzetrétegekbe. Ilyenkor mind a megszilárduló magmás kőzetben, mind a mellékkőzetben ún. kontakt-övek alakulnak ki, és a magas hőmérséklet, valamint a távozó könnyenillók hatására új ásványfázisok alakulnak ki (Ilyen kőzetátalakulások során a nyomás szerepe igen csekély). Így pl. márgákba, agyagos mészkövekbe hatoló magmás intrúzió kalcium-alumíniumszilikátokból álló ásványtársulásokat hoz létre, így epidot, gránát, wollastonit, diopszid képződik, ennek a kőzetnek a neve *szekarn* (32. ábra). Ha kémiailag tiszta mészkövet ér kontakthatás, úgy a mészkő márvánnyá kristályosodik. Agyagokból ún. *szaruszirt* jöhet létre, az eredeti agyagásványok pedig sillimanittá, cordieritté, andaluzittá kristályosodnak át. A kontakt metamorfózis eredményeként gazdag réz-, cink-, ólomércesedés jelenhet meg, nem elhanyagolható arany-, ezüst- és ritkafém-tartalommal társulva.

Regionálisan a hőmérséklet és nyomás értékének megváltozásával a nagy kőzetmozgások, illetve metasztatikus folyamatok hatására keletkeznek új ásványfázisok. Nagy vonalakban elkülöníthetők kis, közepes és nagy nyomáson képződött ásványtársulások, ahol a hőmérsékletnek is kitüntetett szerepe van. A metamorf kőzetek gyakran palás szerkezetűek (ez a jelenség sokszor a nevükben is megjelenik: agyagpala, csillámpala), vagy gyűrtek a nyomás irányítottaságától függően. Kis nyomáson és alacsony hőmérsékleten (kb. 0–5 kilobar között és 300 °C alatt) képződnek pl. a prehnit, pumpellyit, szerpentinásványok, és különösen a zeolitok, közepes nyomáson és hőmérsékleten (kb. 5–7 kilobar és 300–700 °C körül) az epidot, aktinolit, hornblende, plagioklászok, sztaurolit, sillimanit, míg nagy nyomáson (6–7 kilobar felett) kianit, jadeit, pirop a jellemzőbb ásványok. A metamorfózis mértékét ún. indexásványok jelzik, melyek csak bizonyos nyomás és hőmérsékleti intervallumban fordulnak elő, így gyakran a terepen felismerhető az adott metamorf kőzet képződési körülménye. Azokat a metamorf kőzeteket, melyek azonos feltételek között metamorfizálódtak, metamorf fácieseknek soroljuk. A legkisebb fokú metamorfózis kőzetei a zeolit fáciesbe tartoznak (itt uralkodóak a zeolit-csoport ásványai, és a zeolit indexásvány is erre a fáciesre nézve). A legnagyobb fokú metamorf fácies pedig (9 kilobar és 550 °C feletti tartomány) az eklogit fácies.



33. ábra. Idealizált földtani szelvény a különböző ásvány- és kőzetképző folyamatok megjelenítéséhez

Befejezésül meg kell említeni, hogy az ásványképződési folyamatok a Föld keletkezése óta folyamatosan zajlanak napjainkig, és mind a magmás, metamorf és üledékes ásvány-, illetve kőzetképződés egymással szoros összefüggésben áll. Például a magmás kőzetek a lemeztektonikai folyamatok révén idővel felszínre kerülhetnek, a légköri viszonyok hatására egyes ásványai átalakulnak, illetve lepusztulnak, törmelékes üledékek, majd más üledékes kőzetek alkotóivá válnak. Ezen üledékes kőzetek a folyamatosan rárakódó további üledékek súlyától, illetve a kéregmozgások hatására nagyobb mélységbe kerülve, nagy nyomáson és hőmérsékleten átkristályosodhatnak, metamorf kőzetekké válnak. Bizonyos nyomáson és hőmérsékleten azonban részlegesen ezek a kőzetek is megolvadnak, újabb magmát majd magmás kőzetet létrehozva, és a folyamat újakezdődik. Ezen a példán is láthatjuk, hogy az ásványokat felépítő kémiai elemek bolygónkon folyamatos körforgásban vannak. Az eddig említett földtani (ásvány- és kőzetképződési) folyamatokat a 33. ábrán követhetjük nyomon.

Az ásványok és az ember

Mióta az ember megjelent a Földön, nemcsak állandó kapcsolatban volt az ásványokkal és kőzetekkel, hanem minden bizonnyal a kezdetektől fel is használta azokat a legkülönbözőbb célokra. Nem véletlen, hogy az emberiség korai történetében két nagy korszakot jeleznek kövekkel (a csiszolatlan kőkort vagy paleolitikumot, illetve a csiszolt kőkort vagy neolitikumot). Az ókorban pedig az ún. fémkorok (rézkor, bronzkor, vaskor) szintén ásványok felhasználásához kapcsolódnak. De folytathatnánk a sort az acél vagy az alumínium korával, illetve napjainkban az atomkorral. Bizony, mind-mind a földkéregben képződött ásványokon alapul. Csak az ember egyre kifinomultabb technikákkal nyeri ki az elemeket az ásványokból.

Az emberiség őskorában leginkább az alábbi tevékenységekre használtak ásványokat és kőzeteket: eszközkészítés, festékkészítés, építkezés, díszítés, gyógyítás és mágia. Ez a nyersen felhasznált vagy alig megmunkált ásványok kora (34. ábra). Az ókor folyamán robbanásszerűen megnöttek az ásványokkal kapcsolatos ismereteink. Amellett, hogy a fentebbi felhasználások tovább éltek, megindult a megfelelő, (magas fémtartalmú) ásványokból a fémek kinyerése. Mindemellett, illetve ezt megelőzően a természetes állapotban talált termésvémeket munkálták meg. Elsők között minden bizonnyal a rezet és az aranyat. A nyersanyagként felhasznált ásványok korát onnan számolhatjuk, amikor az ásványokat különböző módszerekkel – a megfelelő cél elérése érdekében – kémiaiilag és/vagy szerkezetiileg átalakították, vagyis felfedezték az ércek kohósításának titkait. A vegyületekből olvasztással és kovácsolással előállított fém tárgyak roppant módon megkönnyítették az emberek mindennapi életét. Ehhez hasonlóan nagy jelentőségű



34. ábra. Obszidián és kovakészkezők a Tokaji-hegységből.
Képszeleesség: 8 cm



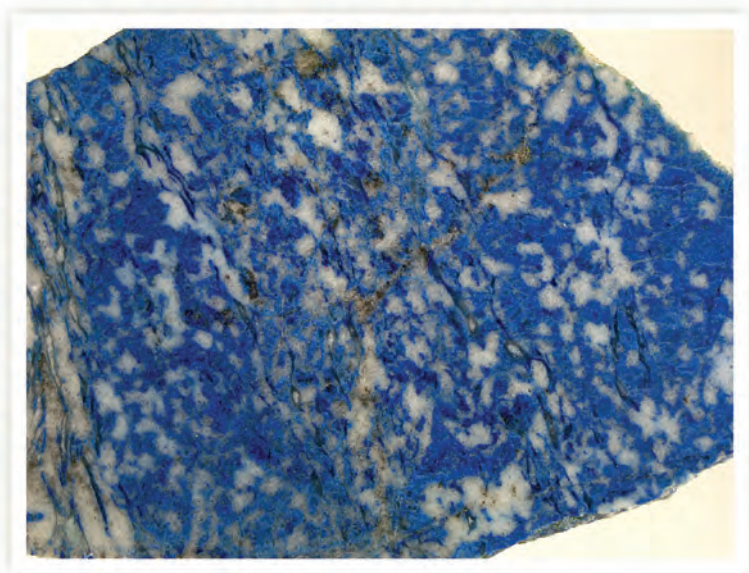
35. ábra. Csiszolt drágakövek: ametiszt (lila), rubin (vörös), topáz (sárga).
Képszeleesség: 3 cm

volt az agyagközetek égetésével nyert téglá, cserép és kerámia megismerése. Ez az építkezést, illetve mindennapos használati tárgyainkat forradalmasította. A kvarcból és alkálifém-vegyületekből olvasztással nyert üveg, a hasonló módon készített üvegmáz, sokkal később a porcelán kaolinból történő előállítására mind-mind nagy előrelépést jelentett az ember számára. Emellett az ember mindig szerette a szépet és a maradandót, ezért nagyon megbecsülte a színes, nagy keménységű kőveket, melyek szépségét csiszolással tovább fokozta. Igen, itt a drágakövekről van szó (35. ábra). Idősebb Plinius híres Természetrájában – közel kétezer esztendeje, – már több mint 150 ásványt és kőzetet említ, és részletesen tudósít sokirányú felhasználásukról. Kiemelten foglalkozik az ásványoknak a művészetekben történő felhasználásáról, hiszen a görögök és a rómaiak sokféle díszítőkövet használtak művészeti és építési célokra (36–37. ábra).

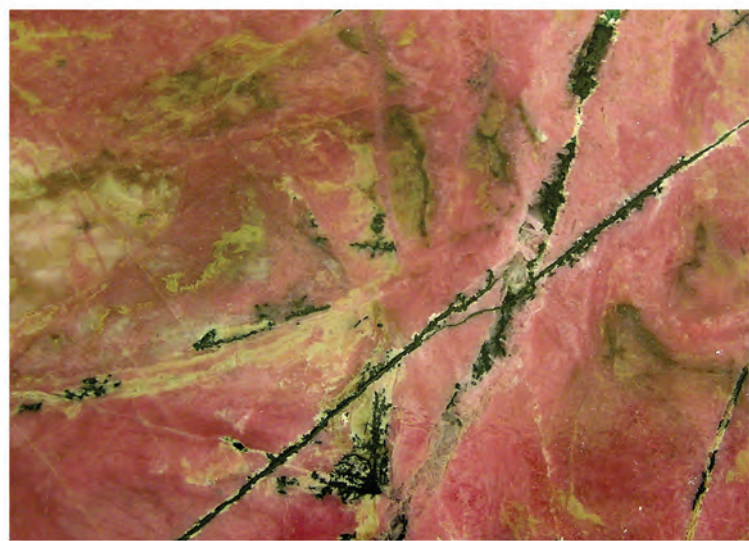
A középkor sajnos nem sokat lendített az ásványokkal kapcsolatos elméleti és gyakorlati tudásunkon. Gyakorlatilag több mint ezer évig nem gazdagodott jelentősen az ásványokkal és felhasználásukkal kapcsolatos ismeretünk. Ugyanúgy bányászkodtunk, ugyanazokat a fémeket ismertük, szinte ugyanazokat a munkálási technikákat használtuk. A nagy áttörést – miként másban is – a reneszánsz kora hozta el az emberiség számára. A Szász-érchegység szülötte, Georgius Agricola örökbecsű, nagy művei nyitották ki – az ókor óta újra –, szemünket a természet ezen „országára”. A reneszánszsal ugrásszerűen megnöttek ismereteink az ásványok bányászatával, kohászatával és sokirányú felhasználásával kapcsolatosan. Ebben egyre nagyobb segítséget nyújtott a kialakulófélben lévő kémia, melyet abban az időben – igaz más és más céllal – alkímisták, kohászok és orvosok egyaránt űztek.

Az ásványok felhasználása a 17–19. században, az ipari forradalomnak köszönhetően, újabb látványos szakaszt hozott. Létrejöttek a nagyüzemek, melyek igen nagy mennyiségű ásványi nyersanyagot igényeltek. Ennek a nagy tempónak meg kellett feleljen a bányászat és a kohászat is. Az első nagyüzemek éppen a kohászathoz és fémiparhoz (gépiparhoz) kapcsolódtak. Ezek megalkotásához, vagy más szóval a technika fejlődéséhez a fizika és a kémia robbanásszerű fejlődése nyújtotta az alapot. És valóban, a 18–19. század a nagy természettudományi felfedezések kora. És ebben világvizonylatban is nagy szerep jutott Magyarországnak. Mind bányászati-kohászati, mind a fémek feldolgozási technikájának úttörő fejlesztésében nagy szerepe volt a magyar és osztrák tudósoknak (az akkori Osztrák–Magyar Monarchiában). Legendás központja volt ennek a felvidéki Selmecbánya. Ennek fényében egyáltalán nem véletlen, hogy a világ legelső bányászati-kohászati felsőoktatási intézményét éppen itt alapították, 1735-ben.

A 19. században is megismertek egy fémeket, ami már a 20. században forradalmi változásokat hozott az iparban, illetve mindennapi életünkben. Ekkor állították elő ugyanis az alumíniumot máig legfontosabb ércéből, a bauxitból. Ezzel



36. ábra. Lazurit, vágott és polírozott felületű díszítőkö. Malo Bisztrinszkoje, Szibéria, Oroszország.
A példány nagysága: 28 cm



37. ábra. Rodonit, vágott és polírozott felületű díszítőkö. Boroduliszkoje, Urál, Oroszország.
A példány nagysága 24 cm



38. ábra. Az ólom legfontosabb érce: sötétszürke galenit, kvarc társaságában. Madan, Bulgária.
A példány nagysága: 23 cm



39. ábra. A porcelán nyersanyaga, a kaolin. Bodrogszegi. A példány nagysága: 11 cm



40. ábra. Egy csető ásvány, a kőső kocka alakú kristályai. Wieliczka, Lengyelország.
A példány nagysága: 15 cm

párhuzamosan más könnyűfémeknek (pl. magnézium és berillium) is nagy keletje lett a repüléstechnikában, később pedig az űrtechnikában. A 20. század elején, lényegében a radioaktivitás felfedezése adta meg a jelet az atomkornak, melynél az ásványvilág – eddig egyedülálló módon – energiaforrásként szerepel. (Ha tágabb értelemben ide vesszük a szént, a kőolajat és földgázt, akkor már korábban is használtak energia előállítására kőzeteket.)

Befejezésként két fogalmat kell tisztáznunk, egyik az **érc**. Ércnek nevezünk minden olyan kőzetet, melyből egy adott kor technológiai szintjén gazdaságosan fémeket nyerhetünk ki (38. ábra). Kulcsszó tehát a gazdaságosság, mely a technikai színvonal fejlődésével koronként változik. Ami ma ércnek minősül, az ókorban bizonyára nem lett volna az. Az a kőzet, amit ma még nem használunk fől fém kinyerésére, könnyen lehet, hogy 50 év múlva ércként nyer majd felhasználást. Az aranyat az ókorban olyan telepekből bányászták, ahol szabad szemmel látható méretben megjelent. Ma pedig a tonnánként 2 gramm aranyat tartalmazó kőzet már aranyércnek minősül (feltéve persze, ha megfelelő mennyiségben jelenik meg).

Az ércel ellentétben **nemérc**nek azt a kőzetet nevezzük, melynek valamely nem fémes komponensét használjuk. Ilyenek a fentebb említett agyagkőzetek, közöttük például a kaolin (39. ábra). De itt említhetjük meg az emberi táplálkozás nélkülözhetetlen ásványi nyersanyagát, a kősót (40. ábra). A mai világra különösen

jellemző az újabb és újabb nemércek megjelenése. Más szóval egyre több kőzetről derül ki, hogy az ember számára valamilyen célra jól hasznosíthatók. Újabb keletű nemércek például a zeolitok, melyeket roppant sokféle célra felhasználnak: környezetvédelem, víztisztítás, mezőgazdaság, talajjavítás, gyógyászat stb.

Az érceket és nemérceket együttesen **ásványi nyersanyagoknak** nevezzük. A jövő célja, hogy egyre több és több ásványt, illetve kőzetet bevonjunk a hasznosítható ásványi nyersanyagok közé. Feladatunk lesz, hogy a természetben nehezen dúsuló ásványokat valamilyen technikákkal mesterségesen dúsítsuk. Az emiatt eddig kevésbé felhasznált fémes vagy nemfémes komponenseiket jobban megismerjük. Nem kétséges, hogy még számos olyan ásvány fontos lesz számunkra, melyeket még alig hasznosítunk. Másik feladatunk lesz, hogy a már ismert nyersanyagokat jobban tanulmányozva, még több felhasználási lehetőségeket találjunk. Végül az is a feladatunk kell legyen, hogy az ásványi nyersanyagok körének szélesítését oly módon végezzük, hogy Földünk készleteit lehetőleg ne merítsük teljesen ki.

Amint az eddigiekből látható, az újkort bemutató igen vázlatos összeállításban az ásványoknak alapvetően az ipari tevékenységgel kapcsolatos szeletét tárgyaltuk. Nem említettünk még ezernyi más felhasználási területet, mint az építéset, mezőgazdaság, gyógyászat, művészetek. Mindezek együttesen bizonyítják, hogy az ásványok és a kőzetek az emberiség történetének minden periódusában nagy szerepet játszottak, és bizonyosak lehetünk benne, hogy legalább ilyen nagy fontosságúak lesznek a továbbiakban is.

MAGYARORSZÁG ÁSVÁNYAI

Adatbázis az Interneten

A Magyarországról eddig kimutatott összes ásványfaj részletes bemutatása rengeteg fotóval, megadva az ismert hazai lelőhelyeket.



www.mineral.hermuz.hu

Földünk szilárd kérgét, melyen élünk, illetve bizonyos mélységig az alatta elhelyezkedő mélyebb övezeteket ásványok építik fel. De ásványokból állnak más bolygók és holdak szilárd részei, a meteoritok, valamint a csillagközi por is. Összességében megállapíthatjuk, hogy a természet felépítésében az ásványokhoz képest az élőlények (növények, állatok) szerepe elenyészően csekély. Ugyanakkor ásványok, illetve ásványokhoz hasonló szerkezetű és kémiai összetételű anyagok képződnek bizonyos állatok vagy növények élettevékenységével is. Az emberiség történelmében, a technikai fejlődésben az ásványok felhasználása szintén meghatározó jelentőségű volt, s az is maradt mind a mai napig. Szinte nincs olyan pillanat az életünkben, amikor ne látnánk ásványokat, ne vennének körül bennünket ásványokból készült tárgyak. Sőt, nem tudunk úgy levegőt venni, hogy ne kerülnének parányi ásványok légzőszerveinkbe.

Ehhez képest mit tudunk az ásványokról? Vajon tudjuk-e mit nevezünk ásványnak? Tudjuk-e hogyan képződnek? Tudjuk-e mi mindent állítanak elő belőlük? Tudjuk-e, hogy valójában nem létezhetne élet ásványok nélkül? Sajnos jelenleg Magyarországon az ásványtan, illetve szélesebb tudományterülete, a földtan (vagy idegen szóval geológia) nem szerepel önálló tárgyként az alap- és középfokú oktatásban. Csupán a földrajz és a kémia tárgyakban, de ott is igen érintőlegesen szerezhethetnek ásványtani ismereteket a tanulók. Így aztán egyáltalán nem meglepő, ha a diákok nagy része még az ásványtani alapfogalmakkal sincs tisztában.

Ezt a hiányt szeretnénk némiképp pótolni, ha nem is tanórákkal vagy tankönyvekkel, de egy olyan utazó kiállításal és hozzá kapcsolódó vezetővel, melyek a fenti – véleményünk szerint az átlagos műveltséghez szorosan hozzá tartozó – kérdésekre választ adnak.