

A krisztallográfia kifejezést ma általában olyan értelemben használjuk, hogy az a tudományterület, amely a kristályokkal, szűkebb értelemben azok atomi szerkezetével foglalkozik. E cikkben a krisztallográfia kifejlődéséhez vezető utat próbálom bemutatni. Tehát nem a fent említett szűkebb értelemben vett krisztallográfiáról fogok írni, hanem a kristályokról a régi korok hétköznapijaiban, majd arról, hogy miként jelentek meg a kristályok a tudományos kutatásban. A leíráshoz néhány, a kristályokhoz nem szorosán kapcsolódó tudománytörténeti érdekességet is hozzáfűzök az egyes személyek és korok jobb megismerése végett.

A kristály szó a görög κρύσταλλος szóból ered, amely eredetileg jeget jelentett és már *Homérosz Illiászában* is megtalálható (XXII. ének, *Devecseri Gábor* fordításában):

„Egy forrás langyos vízzel bugyog, és körülötte száll a magasba a gőz, mint füst, ha lobognak a lángok; másiknak vize nyáron hűvös, akárcsak a jégnek zápora, vagy mint hó, vagy mint kristályba fagyott víz.”

Idősebb Plinius (23–79) az ókor természettudományi ismereteit összegező munkájának XXXVII. könyvében kristály alatt a hegyikristályt (kvarcot) érti. Így ír róla [1]:

„Esővízből és tiszta hóból kell keletkeznie. Ezért nem állja a meleget, csak hideg italhoz használható. Miért hatszögűek az oldalai, arra, nehéz magyarázatot adni, annál is inkább, mert csúcsai nem ugyanúgy néznek ki, másrésztől pedig oldalainak simasága annyira tökéletes, hogy azt semmiféle műgonddal nem lehetne utolérni.” Néhány további mondata a kvarcra: „Ez is Keletről származik, minthogy az indiainál nincs kiválóbb. Előfordul Ázsiában is, valamint Cipruson, ezek igen silányak, viszont Európában az Alpok gerinceiről igen jók származnak... A legnagyobb méretű, amit eddig láttunk, az volt, amit Augustus felesége, Livia, a capitoliumi szentélynek ajánlott fel, súlya körülbelül 150 font volt. ... Sok hiba csökkentheti értékét: érdes lerakódás, felhőfolt, valamikor belekerült zárvány... Előfordul valamiféle vörhenyes rozsdá is, más darabokban repedéshez hasonlító hajszalér – ezt a mesterek a csiszolásnál eltüntetik. A teljesen hibátlan példányokat inkább érintetlenül hagyják, ezeket makulátlannak nevezik: nincs bennük semmi elszíneződés, olyanok, mint a tiszta víz. ... Azt találok az orvosoknál, hogy szerintük a test elhamvasztásának az a leghelyesebb módja, ha egy kristálygömböt a nap sugarai felé fordítva gyújtjuk meg a tüzet. ... A kristályokhoz megtévesztésig hasonlóak az üvegedények, de csodálatosképpen, míg ezek ára növekedett, a kristályoké nem csökkent.” Gyakran kis történeteket is fűz mondani-valójához: „Néró, amikor hírt vette, hogy elvesztette hatalmát, végső haragjában két kristálykelyhet tört össze a földhöz vágva. Ez volt a bosszúja, hogy korát

megbüntesse: nehogy más is ihasson belőlük.” Alig van ma is név szerint ismert drágakő, amelyről Plinius meg nem emlékezett volna. Targyalta színüket, keménységüket, megmunkálhatóságukat, felhasználási (köztük az orvosi) lehetőségeiket, értéküket, származási helyeiket. Plinius munkája sok évszázadig hatással volt az európai kultúrára. Csak *G. Agricola* (1494–1555) merete leírni, hogy az igazság hatalmasabb Pliniusnál is.

Az első, talán tudományosnak nevezhető kristályokon való vizsgálat az arab *Albiruni* (973–1048) nevéhez fűződik. Ő elsőként határozta meg több kristály (zafír, rubin, smaragd, kvarc) sűrűségét.

Néhány száz évvel később a kristályok növekedésével foglalkozott a dán *N. Steno* (1638–1686). Szerinte „a kristály úgy nő, hogy a már kialakult kristály külső lapjaira új kristályanyag rakódik rá. Eszerint semmi figyelmet nem érdemel azoknak a véleménye, akik azt állítják, hogy a kristályok úgy nőnek, mint a növények és hogy táplálékot vesznek magukba azon a végükön, amellyel az alapközethez tapadnak, úgy, hogy abból folyékony anyagot felszívva, azt a kristály még meg nem szilárdult belsejébe juttatják, hogy az ott a kristály már meglévő részecskéi közé sorakozhasson.” A dolgozatához mellékelt rajzok magyarázatában leszúri: az újabb kristályanyagnak a kristály lapjaira való ránövése által változhat „az oldalak hossza és száma, anélkül, hogy a szögek is megváltoznának”. „Non mutatis angulis” – lapszögek állandóságának törvénye. Steno (latinul Nicolai Stenosis) *De Solido intra solidum...* című 1669-es munkája messze kimagaslik az őt megelőző és jó darabig az őt követő munkák közül. Steno jelentős eredményeket ért el az őslénytanban és az anatómiában is. Bejárta Európát, Magyarországra is eljutott. Mivel katolizált, a koppenhágai egyetemen nem kaphatott állást, főleg külföldön dolgozott. Figyelme később a teológia felé fordult, 1677-ben püspök lett. *Szent II. János Pál* pápa 1988-ban boldoggá avatta.

Ugyancsak 1669-ben jelent meg a dán *Erasmus Bartholinus* (1625–1698) *Experimenta crystalli islandici...* című munkája Koppenhágában. Már a könyv címe is mutatja, hogy a kristály szó fogalma kiszélesedett. Kristályon nemcsak kvarckristályt, hanem mészpátot (kalcium-karbonátot) is értettek. Bartholinus tizenhét kísérletet ír le, amelyekben megfigyelte a hasadást (ütés hatására a kristály meghatározott lapok mentén válik részekre), a keménység anizotrópiáját, a triboelektromosságot és az optikai kettőtörést. Bartholinus vérbeli kísérleti fizikus volt, ezt mutatják fínom megfigyelései, kérdésseltevései. Könyve előszavában így ír: „Az emberek nagyra tartják a gyémántot, a drágaköveket és a gyöngyöt. Ezek azonban csak az embereknek, akik a szokatlan jelenségek megismerésében lelik örömeiket, úgy gondolom, nem kisebb



1. ábra. A *Crystallographia Hungarica* 240 éves.

örömet okoz a nemrégiben Izlandból hozott átlátszó kristály, amely a természet legnagyobb csodája lehet. Sokáig foglalkoztam ezzel a figyelemre méltó anyaggal, és sokféle kísérletet végeztem vele. Eredményeimet szívesen megosztom a természetkedvelőkkel és más érdeklődőkkel, mivel úgy gondolom, hogy okulásukra vagy legalábbis beszédtemául szolgálhatnak.” Bartholinus több helyre (közte a londoni Royal Societynek) elküldte könyvecskéjét. Az elismerés két évtizedig várattot magára. Ekkor a holland *Christian Huygens* (1629–1695) igazolta Bartholinus megfigyeléseit és az optikai kettőtörést kvarckristályon is kimutatta. Bartholinus tíz évig különböző egyetemeken tanított. A koppenhágai egyetemen először a matematika majd a medicina professzora lett. Érdekességként megemlítendő, hogy veje *Olaf Römer* a fénysebesség meghatározója volt.

A krisztallográfia szót először *Moritz Anton Cappellers* svájci orvos használta egy 1719-ben megjelent kristályosodással foglalkozó művében.

„Észak Plinius” a svéd *C. Linné* (1707–1778) nemcsak a flórával, faunával, hanem az ásványok világával (*Regnum lapideum*) is részletesen foglalkozott. Fő műve a *Systema Naturae* először 1735-ben tizenkét oldalon Hollandiában jelent meg. A könyv 12. latin kiadása 2400 oldalra nőtt. A harmadik kötetben, amelyet 1768-ban Stockholmban adtak ki, 236 oldalon tárgyalja az ásványokat. Sok ábrát közölt. Az ásványtan irodalmának részletes jegyzékét is megadja. Új lényeges eredményt azonban nem tudott elérni. Legnagyobb érdeme így abban rejlik, hogy többeket buzdított a kristályok tanulmányozására. Linné az uppsa-

lai egyetemen végzett, három évig külföldi tanulmányúton volt. 1741-ben nevezték ki az uppsalai egyetem orvosprofesszorává.

„A Habsburg birodalom Linnéje”, *G. A. Scopoli* (1723–1788) orvosként eredményesen foglalkozott botanikával, rovarlattal, higanybányákban a higanymérgezéssel. Tíz esztendőn át volt tanár Selmechányán (ma Banská Štiavnica). Itt írta *Crystallographia Hungarica* (1. ábra) című művét. Százharminckilenc oldalon és tizenkilenc rézmetszetű táblában 222 ábrán mutatta be legszebb kristályait. Rendszerezte őket, majd az egyes példányok leírását adta latin nyelven, rövid német nyelvű jellemzéssel. A kristályok több fizikai jellemzőjére, mint a szín, az optikai kettőtörés is utalt. A könyv előszavában így ír (fordította *Tóth Péter* [2]):

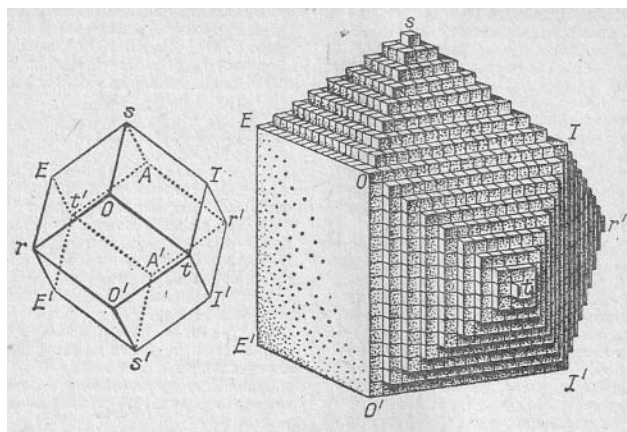
„Alig hiszem, hogy másutt is vannak ezen a földkerekségen bányák, amelyek nagyobb gazdagságában bővelkednének a legkülönbébb kristályoknak, mint az Alsó-Magyarországon fekvő selmeciek. ... Amikor ennek az országnak lettem lakosa, a dolgok megdöbbentő változatosságától késztetvén annyi követ és képződményt gyűjtöttem össze, írtam le, vizsgáltam meg és raktam végül rendszerbe, amennyit csak tudtam. ... Átnyújtom az olvasónak a Magyar Kristálytan első részét, amely a földtermészetű kristályokat mutatja be három rendbe csoportosítva; a rendek közül az első a mész-, a második a gipsz-, a harmadik pedig a kova- vagy kvarckristályokat öleli fel. Valamennyi kristály leírása rövid, nehogy túlságosan is nagy terjedelművé növekedjék e könyv, hiszen a ritkább kristályok rajzolatait is csatoltam a leírásokhoz.”

„Sok kísérletet is végeztem – amelyeket a *Historia Naturae* (2) 5. évfolyamában közöltem is a tudományos világgal – abból a célból, hogy a fémek és ércek kialakulásáról vallott, császári megbízatás alapján a hallgatóknak is átadandó nézeteim ne mások tapasztalataira, hanem saját megfigyeléseimre támaszkodjanak. Mindazonáltal – lévén, hogy a rosszindulatú emberek minden rossz értelművé csavarnak – voltak némelyek, akik elolvastván a kénről nyilvánosságra hozott kísérleteimet, nyíltan hirdették, hogy alchimiával foglalkozom, s hogy az istentagadók tömegéhez kell engem is sorolni. ... Rágcsálják csak ellenségeim rosszindulatú fogukkal írásaimat, ameddig akarják: számomra az a törvény, hogy türelmesen elviseljek mindent, ami reám méretik, mivel nagyon jól tudom, hogy soha senkinek sem ártottam és – ha szabad ezt mondani – mindig megelégedtem azzal, ami a tudomány világának és a reám bízott tisztségnek megfelel.”

„Nem kímél az irigység élőket, csak a holtak díja, jutalma a hír s név, amit az érdemük ad.”

„Kiadtam Selmeceen, az 1774. esztendőben, január kalendája előtti napon.”

Scopoli olasz származású, Dél-Tirolban született, az innsbrucki Egyetemen szerezte orvosi diplomáját, 1769-ben nevezték ki a jó nevű selmeci bányász-koház akadémia professzorává. C. Linnével levelezésben állt. 1779-ben a páviai egyetemen a kémia és botanika professzor lett, ott is halt meg.



3. ábra. Rombododekaéder felépítése kockaalakú molekulákból.

(décroissement) magyarázza a szekundér formák kialakulását (3. ábra).

Haüy abbé kezdetben latint tanított, de erősen érdeklődött a botanika, a kémia, a mineralógia és a kísérleti fizika iránt. Első cikke a gránát kristályok szerkezetéről harminckilenc éves korában, 1782-ben jelent meg. A következő évben a francia királyi akadémia tagjává választották. Székfoglaló előadásán a szárított virágok természetes színének megőrzéséről beszélt. Húsz éves egyházi szolgálat után nyugdíjba vonult, hogy csak ásványtannal, kristálytannal és fizikával foglalkozzon. A kristályok szerkezetének elméletéről szóló első könyvét 1783-ban publikálta. 1794-ben az *École Normale* fizikaprofesszora lett. 1809-től a *Sor-*

bonne ásványtanprofesszora. *Napóleon* megbízta, hogy fizikakönyvet írjon a francia líceumok számára. A *Traité de Cristallographie* halála évében, a *Traité de Minéralogie* második kiadása a halálát követő évben jelent meg. Összesen 147 munkáját nyomtatták ki.

A *Merriam-Webster* szótár szerint a „crystallography” angol szó először 1802-ben tűnt fel. (Természetesen ez nem azt jelenti, hogy angol szerzők korábban nem foglalkoztak volna kristályokkal. Talán elég csak *R. Hooke Micrographia* 1665-ben, vagy *R. Boyle An essay about the origine and virtues of gems* 1672-ben kiadott műveire emlékeztetni.)

A történeti visszatekintést ezen a ponton befejezem, hiszen a modern krisztallográfiáról szólnak e szám további cikkei.

A fenti cikkhez számos (köztük internetes) forrást felhasználtam. Az összefoglaló történeti művek sorszámait, a szétforgácsoltság csökkentése végett, a szövegben nem jeleztem.

Irodalom

1. C. Plinius Secundus: *Naturalis historia – Természettudományi Enciklopédia* Kiadó, Budapest, 2001.
2. Scopoli G. A.: *Magyar kristálytan*. Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc, Rudabánya, 1988.
3. Schmidt S.: *A kristálytan története*. Kir. Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, 1911. (posztumusz kiadás).
4. Shafranovskii I. I.: *A krisztallográfia története*. (oroszul). Nauka, Leningrád, 1978.
5. Kahr B., Shtukenberg A. G.: *Histories of Crystallography*. http://nanocrystallography.net/InTech-Histories_of_crystallography.pdf
6. Laue M.: *A fizika története*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1960.

EGY KÍSÉRLET, AMELY MEGVÁLTOZTATTA A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK FEJLŐDÉSÉT

Bombicz Petra, Kálmán Alajos

MTA Természettudományi Kutatóközpont, Budapest

Az utóbbi évek gyakorlatát¹ folytatva, az ENSz a 2014-es évet a *Krisztallográfia Nemzetközi Évének* nyilvánította. A Nemzetközi Krisztallográfiai Unió (International Union of Crystallography, IUCr) együttműködve az UNESCO-val nemzeti és nemzetközi rendezvényekkel, konferenciákkal, az alkalomhoz illő kiadványokkal stb. emlékezik meg azokról a tudomány történetében fordulópontot jelentő felfedezésekről, amelyek 1912 áprilisában kezdődtek és az elkövetkező pár évben (1912–1920) megváltoztatták az anyagi világról alkotott tudásunkat. A szilárd kristályokat felépítő atomok (kisebb és nagyobb molekulák) létezése elvont fikcióból mérhető, számokban kifejezhető egzakt ismeretté vált.

¹ 2009 a csillagászat, 2010 a Földbolygó, míg 2011 a kémia nemzetközi éve volt.

A centenáriumi ünnepek legfontosabb eseményei a röntgen-krisztallográfia 1912-ben történt születéséről való megemlékezés és az évszázadokra visszanyúló, a kristályokkal kapcsolatos munkákkal összegyűjtött ismeretek felelevenítése, seregszemléje. A következőkben a modern krisztallográfia kialakulásának rövid történeti áttekintése után beszámolunk a Krisztallográfia Nemzetközi Éve nyitóünnepségéről.

A civilizáció fejlődésének egyik fontos kísérője volt az emberi környezetben fellelt kristályos anyagok felismerése, gyűjtése, majd különböző formában történő hasznosítása. A „korai adatgyűjtés” hosszú, több évszázados periódusa után *Georgius Agricola* (német orvos) már 1556-ban szín, átláthatóság, csillogás, keménység, hajlékonyság, illetve hasadás szerint osztályozta az ismert, *ásványoknak* (minerals) nevezett, alakjukat megőrző szilárd anyagokat. A gyarapodó