1. A SŰRŰSÉGMÉRÉS

a) A sűrűség

A *sűrűség* a térfogategységben foglalt anyag tömege, a *fajsúly* a térfogategységben foglalt anyag súlya, tehát:

$$\text{sűrűség} = \frac{\text{tömeg}}{\text{térfogat}}, \qquad \text{fajsúly} = \frac{\text{súly}}{\text{térfogat}}.$$

Megkülönböztetünk abszolút és relatív sűrűséget. A V ml térfogatú és m_0 g tömegű (légüres térre redukált súlyú) anyag abszolút sűrűsége t C°-on:

$$S_t = \frac{m_0}{V} \text{ g ml}^{-1} \tag{1}$$

A relatív sűrűség $(S_{t,r})$ két test abszolút sűrűségének $(S_t$ és $S_{v,t})$ viszonya:

$$S_{t,r} = \frac{S_t}{S_{v,t}}, \tag{2}$$

s ez a hányados dimenzió nélküli szám. Minthogy két test egyenlő térfogatban levő tömege $(m_0$ és $m_{v,t})$ úgy aránylik egymáshoz, mint abszolút sűrűségük, a relatív sűrűség az egyenlő térfogatú tömegekkel is kifejezhető:

$$S_{t,r} = \frac{m_0}{m_{v,t}}, \tag{3}$$

Az abszolút és relatív sűrűség közötti összefüggést tehát így is kifejezhetjük:

$$S_t = S_{v,t} \cdot S_{t,r} = \frac{m_0}{m_{v,t}} \cdot S_{v,t}, \tag{4}$$

s ebben az $S_{v,t}$ annak az anyagnak az abszolút sűrűsége t C°-on, melyre a relatív sűrűséget vonatkoztattuk. A relatív sűrűséget rendszerint a vizsgált anyaggal egyenlő hőmérsékletű $(S_{t/t})$, vagy 4 C°-os $(S_{t/4})$ vízre szokás vonatkoztatni. A 4 C°-os vízre vonatkoztatott relatív sűrűség igen közel az abszolút sűrűséggel egyenlő (minthogy 1 ml 4 C°-ú víz tömege 1 g, ebben az esetben a sűrűség számértéke egyenlő a fajsúlyéval).

A sűrűség – mint előbbiekből következik – változik a hőmérséklettel. Ezért a sűrűségérték megadásakor szükséges legalább a hőmérséklet jelzése. Különösen nagyobb hőmérsékleten jelentős a változás. Esetenként a hőmérsékletnek meg

felelő vízsűrűség értékével helyesbítünk. Minthogy 1 ml víz csak 4 C°-on 1 g súlyú, az ettől eltérő hőmérsékleten természetesen ez az érték módosul. A vízsűrűség (s_v) hőmérséklettől függő változásait a 1. táblázatban állítottuk össze.

II/1. táblázat

t, C°	s_v	t, C°	s_v
0,0	0,9998	18,0	0,99862
1,0	0,9999	19,0	0,99843
2,0	0,99997	20,0	0,99823
3,0	0,99999	21,0	0,99802
4,0	1,0000	22,0	0,99779
5,0	0,99999	23,0	0,99750
6,0	0,99997	24,0	0,99732
7,0	0,99993	25,0	0,99707
8,0	0,99987	26,0	0,99681
9,0	0,99981	27,0	0,99654
10,0	0,99973	28,0	0,99626
11,0	0,99963	29,0	0,99597
12,0	0,99953	30,0	0,99567
13,0	0,99940	31,0	0,99536
14,0	0,99927	32,0	0,99505
15,0	0,99913	33,0	0,99473
16,0	0,99897	34,0	0,99349
17,0	0,99880		

Mint alább bemutatjuk, az egyes bemért anyag súlyát a megfelelő s_v értékkel osztva, kapjuk a kiszorított víz térfogatát ml-ben, és ennek megfelelően a 4 C°-ra vonatkozó sűrűséget.

A sűrűség mint fizikai állandó, az ásványok egyik lényeges jellemzője. Így a sűrűségmérés az anyag minőségi meghatározásában van segítségünkre, tehát analitikai célokat szolgál. De a gondosan előkészített és lefolytatott mérések eredménye nemcsak az azonosítást könnyíti meg, hanem belőle esetenként az anyag egyneműségére, „megtartására", azaz ép vagy megváltozott (pl. metamikt) állapotára következtethetünk.

Izomorf elegykristály esetében a mérés eredményéből az *elegyösszetevők aránya* is meghatározható. A kétkomponensű (biner) szilárd elegyek kvantitatív összetételének megállapítására elvben alkalmazható a fajlagos térfogatra $\left(\frac{1}{S}\right)$ vonatkozó elegyszabály:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{S_1} \frac{c}{100} + \frac{1}{S_2} \frac{100 - c}{100} \tag{5}$$

(ahol S_1 és S_2 a két komponens sűrűségét, c pedig az S_1 sűrűségű összetevő százalékos koncentrációját jelenti), azonban ez az összefüggés az ásványokra, tehát a természetben keletkezett kristályos fázisokra általában nem, vagy csak kivételes esetben érvényes.

A gyakorlat az, hogy az elegykristályok sűrűségérték-változásait tapasztalati adatsorral írjuk le olyképpen, hogy más – jól mérhető – fizikai állandók (pl. fénytörésmutatók, kettőstörés, kioltási szög vagy rácsállandók) egy-egy adatsorával együtt grafikont szerkesztünk, s utóbbi mennyiségek eltérő jellege miatt az egyik koordinátatengelyt kétféle léptékkel látjuk el. Így nemcsak az elegyarányhoz tartozó értékek ellenőrizhetők kölcsönösen, hanem az elegyarány meghatározására kétféle mérési eljárás is igénybe vehető. Különösen A. N. WINCHELL (lásd Irodalom) ismerte fel az összefüggések jelentőségét, s nagy számban közölt „diagram"-jai nyomán készült újabb grafikonok ma már az általánosan használt segédeszközeink közé tartoznak.

b) A sűrűség mérése

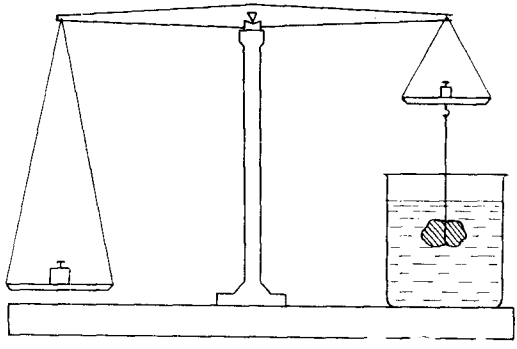
A méréshez nagyon gondosan (nagyítóval) kiválogatott, lehetőleg „tiszta", azaz egynemű anyagot válasszunk. Ügyeljünk tehát arra, hogy szennyeződések, zárványok ne hamisíthassák meg eredményeinket. A mérést általában szobahőmérsékleten végezzük. Nagyobb pontossággal történő meghatározásnál meg kell adnunk a meghatározás módját.

A légüres térre való redukciót mellőzhetjük*, mivel ez oly csekély mérési hibát jelent, hogy az ásványok sűrűségmeghatározásánál elhanyagolható. Lényeges azonban, hogy a vízsűrűség hőmérséklettel való változását is figyelembe vegyük.

A mérés lefolytatásához általában háromféle utat választhatunk: egyes nagyobb ásványdarabok sűrűségét célszerű *hidrosztatikai eljárás*sal meghatározni. Ha kevés, ill. 1–2 szemnyi anyag áll csak rendelkezésünkre, a *lebegéses módszer* az ajánlatos eljárás, de általában – főleg ha kellő mennyiségű s esetleg apróbb darabokra is törhető anyag mérését végezzük – *piknométerrel* határozzuk meg a sűrűséget.

* Lásd ERDEY-GRÚZ – PROSZT: Fizikai-kémiai praktikum. 1967, I. 168. old.

1. A *hidrosztatikai* sűrűségmeghatározás megfelelő érzékenységű mérleggel történik. A külön erre a célra szolgáló hidrosztatikai mérleg kétkarú érzékeny táramérleg, melynek egyik serpenyője rövidebb felfüggesztésű a másiknál (lásd *1. ábra)*, s e serpenyő alsó felületéhez kis horog is tartozik. Az ásványt hajszállal vagy hasonló vékony platina (esetleg cérna-) szállal hurkoljuk át, s erre a horogra függesztjük úgy, hogy a serpenyő alatt elhelyezett, vízzel telt üvegedénybe (hengerpohárba) merülhessen. (Természetesen használhatunk más, érzékenyebb táramérleget is, amikor a mérlegkar egyik végén eszközöljük a felfüggesztést, s a hengerpoharat megfelelő állványon a serpenyő fölött, a tartószárak között helyezzük el. Hasonló megoldást alkalmazhatunk két-, esetleg egykarú analitikai mérleg igénybevételénél is.)



1. ábra. Sűrűségmérés hidrosztatikai mérleggel

A mérés menete a következő: fémszál használatakor előbb megmérjük a vékony huzal súlyát, majd megmérjük a felfüggesztett ásványt, a kettő különbsége (μ_a) az ásvány súlya grammokban (nagyobb mintadarab esetén a fémszál súlya elhanyagolható). Ezután a vízzel telt hengerpoharat a rövidebb serpenyő (ill. felfüggesztett ásvány) alá helyezzük úgy, hogy a darab a vízben kellőképpen elmerüljön. (Az esetleg megtapadó légbuborékokat – vékony üvegcsőből kihúzott kapillárissal vagy platina huzalból készült hurokkal – eltávolítjuk.) Ezután újra mérlegelünk: a bemerítéssel megbomlott egyensúlyt helyreállítjuk, tehát a felfüggesztéses kar serpenyőjére tett súlyokkal megmérjük az ásványdarab által kiszorított víz súlyát (μ_v). A függesztőszál vízkiszorításától gyakorlatilag ugyancsak eltekinthetünk. Ha a mérés nem 4 C°-os vízben történt, az 1. táblázatban felsorolt megfelelő s_v-értékkel helyesbíteni kell, ezzel megkapjuk a kiszorított víz térfogatát ml-ben. Tehát

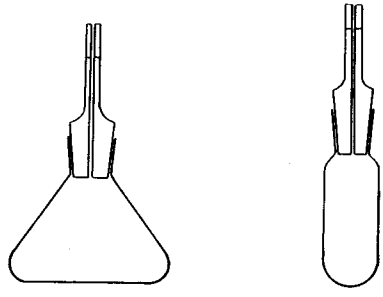
$$S_a = \frac{\mu_a}{\frac{\mu_v}{s_v}} = \frac{\mu_a \cdot s_v}{\mu_v}. \tag{6}$$

Amikor ugyanazon serpenyőn mérjük le a vízbe merült ásvány súlyát (μ_u), amelyen előbb a merülés előtti mérést végeztük, a hányados nevezőjébe a megfelelő különbségérték kerül:

$$S_a = \frac{\mu_a}{\mu_a - \mu_u}, \tag{7}$$

[A hőmérséklet-korrekciót (6) szükség esetén ez alkalommal is elvégezzük.]

2. A *piknométer* kis lombikszerű, adott térfogatú üvegedény, melyet ásványok sűrűségmérése céljaira bővebb ($\sim$ 6–8 mm átmérőjű) nyakkal készíttetünk. A nyaki rész becsiszolt üvegdugója hosszabb toldatban folytatódik, közepén kapil-



2. ábra. Piknométerek

láris csatornával *(2. ábra)*. A toldaton $^1/_2$–$^2/_3$ magasságban vékony jel legyen bekarcolva. (Pontosan a jelig kell a használt folyadékkal a piknométert megtölteni azonos térfogat mérése céljából.) Betöltés után a felesleges folyadékot vékonyra sodort szűrőpapírral vagy kenderszállal szívjuk fel.*

A mérés lényegében a szilárd test ismert súlymennyisége által a piknométerből kiszorított víz (vagy más, meghatározott sűrűségű folyadék) súlyának megállapításából áll.

* Gondosabb méréseknél, különösen ha erősen párolgó folyadékot (szén-tetrakloridot, benzolt stb.) alkalmazunk, szükséges, hogy a piknométernek jól záró kupakja is legyen, s a meniszkusz pontos beállítását állandó hőmérsékletű fürdőben végezzük.

A *mérés menete* a következő. Az üres (száraz) piknométert lemérjük: μ_1. Ezután a vizsgálandó anyagból lehetőleg minél többet juttatva a piknométerbe, megmérjük az anyag + piknométer súlyát: μ_2. Ebből megkapjuk az ásvány tiszta súlyát: $\mu_2 - \mu_1 = \mu_a$. Ezután a piknométerbe töltünk annyi desztillált vizet, hogy az ásványdarabokat jól ellepje, majd az edénykét óvatosan rázogatjuk a felületre tapadó légbuborékok eltávolítása céljából. Ha módunkban áll, a piknométer légterét vízsugárszivattyúval ritkítjuk, közben enyhén rázogatjuk, míg a buborékfelszállás megszűnik. (Célravezető az is, ha jól tapadó, könnyen mozgó – kis viszkozitású – folyadékot, pl. étert, benzolt, kloroformot alkalmazunk.) Ezután a piknométert az említett jelig feltöltjük és lemérjük: μ_3. Végül a piknométert kiürítjük, s csak vízzel (vagy a használt folyadékkal) töltjük meg: μ_4. Ezzel a sűrűségérték kiszámításához minden adat rendelkezésünkre áll.) A sűrűséget (ismerve a megtöltésre használt t C°-ú víz s_v értékét is) a (6)-nak megfelelő hányadossal fejezzük ki, csak most a kiszorított víz térfogatát grammokban (μ_v) a következőképpen kapjuk:

$$\mu_v = \mu_4 + (\mu_a - \mu_3). \tag{8}$$

Tehát

$$S_a = \frac{\mu_a \cdot s_v}{\mu_4 + (\mu_a - \mu_3)}. \tag{9}$$

Előnyös és a pontosságot fokozza, ha hőmérős piknométert alkalmazunk (az edénykе dugós toldata maga egyben hőmérő, s a térfogat kalibrálását a piknométer nyakánál oldalt beforrasztott segédcsövecskén végezzük. A víz hőmérséklete tehát azonnal leolvasható. De csak vízben nem oldódó ásványok sűrűsége határozható meg a leírt módon. Ellenkező esetben más, megfelelő folyadékot használunk víz helyett, de ilyenkor a folyadék sűrűségét ismernünk kell (vagy külön meg kell határoznunk), s a használt folyadékra megállapított s_f sűrűséget kell redukálni vízre.

Legyen μ_1 a piknométer súlya grammokban, ha az edényt s_f sűrűségű, t C°-ú folyadékkal töltöttük meg, μ_a a mérendő ásvány súlya, μ_3 pedig a piknométer súlya ásvánnyal és folyadékkal a jelig feltöltötten. A kiszorított folyadék súlya μ_u, s végül a kiszorított folyadék térfogata v_f.

$$s_f = \frac{\mu_u}{v_f} \tag{10}$$

vagy

$$v_f = \frac{\mu_u}{s_f} \tag{11}$$

a kiszorított folyadék μ_u súlya pedig

$$\mu_u = \mu_1 + (\mu_a - \mu_3). \tag{12}$$

Ha μ_u értékét (11)-be helyettesítjük:

$$v_f = \frac{\mu_1 + (\mu_a - \mu_3)}{s_f}, \tag{13}$$

a 4 C°-ú vízre vonatkoztatott sűrűség:

$$s_a = \frac{\mu_a}{v_f} \cdot s_v, \tag{14}$$

végül v_f helyébe (13)-at írjuk, s akkor az ásvány sűrűsége:

$$s_a = \frac{\mu_a \cdot s_v \cdot s_f}{\mu_1 + (\mu_a - \mu_3)}. \tag{15}$$

Mint mondottuk, az eljárás feltétele, hogy ismerjük a folyadék sűrűségét. (Meghatározását a következőkben ismertetjük.)

3. *Lebegéses módszer* olyankor ajánlható, ha kevés vagy kényes (pl. drágakő) és viszonylag kisebb, néhány mm-es ásványszem sűrűségének meghatározása a feladat. Az eljárás eléggé gyors, s az elérhető pontosság legtöbbször kielégítő.

A módszer lényege, hogy olyan folyadékelegyet állítunk elő, melynek sűrűsége az ásványéval megegyezik, majd a folyadékelegy sűrűségét határozzuk meg. Szükség van tehát olyan két, az ásvány anyagát meg nem támadó folyadékra, melynek egyike kisebb, a másik nagyobb sűrűségű a mérendő ásványénál, s a két folyadék egymással tetszés szerint elegyíthető.

A meghatározást a következőképpen végezzük: a nehezebb folyadékból kisebb mérőhengerbe vagy hengerpohárba öntünk 10–15 ml-t, s a mérendő ásványt belehelyezzük. A folyadéknál könnyebb ásvány természetesen a felszínen úszik. Most csapos tölcséren át vagy bürettából kezdetben bővebben, később cseppenként addig hígítjuk a nehéz folyadékot, míg az ásvány az elegyben lebegve nem marad. Ügyeljünk arra, hogy hígítás közben folytonos keveréssel biztosítsuk a teljes elegyedést; figyelemmel kell lenni arra is, nehogy a folyadékban keletkező lassú áramlások a lebegés látszatát keltve, félrevezessenek. Ha a nyugvó folyadékban az ásvány több másodpercig bárhol mozdulatlan marad, elértük azt, hogy az elegy sűrűsége az ásványét nagyon megközelítette, azaz gyakorlatilag a kettő egyenlő egymással. A lebegés elérése után lehetőleg azonnal határozzuk meg a folyadék sűrűségét, nehogy az közben megváltozhassék.

A folyadékelegy sűrűségét piknométerrel határozhatjuk meg: lemérjük a piknométert üresen, azután folyadékkal és végül vízzel töltve. Utóbbi két értékből levonjuk a piknométer súlyát, s megkapjuk az azonos térfogatú folyadék (μ_f) és víz súlyát (μ_v). A kettő hányadosa a folyadék sűrűsége t C°-ú vízre vonatkoztatva; ha az értéket a t C°-ú víznek az 1. táblázatból leolvasható sűrűségértékével megszorozzuk, a 4 C°-ra érvényes sűrűséget kapjuk.

A legismertebb nehézfolyadékok a következők.*

Thoulet-féle oldat, kálium-[tetrajodo-merkurát(II)], $K_2[HgI_4]$ vizes oldata; szobahőmérsékleten (18–20 C°) legtöményebb oldatának sűrűsége 3,19–3,20. Vízzel könnyen hígítható, lebegtetésnél a víz sűrűségéig terjedő hígításig használható.

Klein-féle oldat, kadmium-[boro-volframát(IV)], $2\ Cd(OH)_2 \cdot B_2O_3 \cdot 9\ WO_3 \cdot 16\ H_2O$ vizes oldata; legnagyobb sűrűsége szobahőmérsékleten 3,3. Vízzel hígítható, de karbonátásványok meghatározására nem alkalmas.

Rohrbach-oldat, bárium-[tetrajodo-merkurát(II)], $Ba[HgI_4]$ vizes oldata. Nagy sűrűségű, de bomlékony oldat. Sűrűsége – megfelelő kezeléssel – 3,58-ig fokozható. Ugyancsak vízzel hígítható.

Clerici-oldat, tallium-formiát (HCOOTl) és tallium-malonát $/CH_2(COOTl)_2/$ vizes oldata. Legnagyobb sűrűsége 18–20 C°-on 4,25. Vízzel hígítható.

Metilén-jodid (dijód-metán), CH_2I_2; sűrűsége 3,32. Hígítása a 0,72 sűrűségű éterrel, 1,58 sűrűségű szén-tetrakloriddal vagy a 0,88-as sűrűségű benzollal történik.

Bromoform, tribróm-metán, $CHBr_3$, viszonylag olcsó, jól tárolható, ásványokat meg nem támadó nehézfolyadék. Sűrűsége 2,9. Hígítható éterrel, benzollal, szén-tetrakloriddal. Laza üledékek, ásványi őrlemények sűrűség szerinti elválasztására is használatos.

A vízzel hígítható oldatokat vízfürdőn megfelelő párologtatással „töményíthetjük", és így közel az eredeti sűrűségük visszanyerhető. A szerves hígítók már körülményesebben, csak frakcionált desztillációval különíthetők el.

A felsorolt folyadékok (és hígítószerek) birtokában az eljárásnak határt szab a nehézfolyadékok maximális sűrűsége. Még a kőzetalkotó elegyrészekhez, főként szilikátokhoz alkalmazhatók legjobban, mert itt csak kivételesen találkozunk nagyobb sűrűséggel, mint pl. a koncentrált *Thoulet*- vagy *Klein*-féle oldat (3,2–3,3). A *Rohrbach*-oldatot alig használjuk, mert könnyen elbomlik, a *Clerici*-oldat pedig nagyon költséges és nehezen beszerezhető vegyületekből áll. Nagyobb sűrűségű ásványok – főként ércásványok – esetén mindenképpen más (hidrosztatikai vagy piknométeres) eljárásra vagyunk utalva.

Korábban használatos volt egyéb, hasonló elven alapuló gyors és közelítő pontosságú sűrűségmeghatározás is. Pl. egymásra rétegzett, fokozatosan kisebb sűrűségű folyadékokból diffúziós oszlop készítése, ennek kalibrálásához 15–20 fokozatú „fajsúlyindikátor-skála" volt szükséges. E közvetett eljárás ma már alig használatos, így ismertetése helyett a fejezet végén felsorolt irodalomra utalunk.

---

* Legtöbbjük hatékony méreg, kezelésük óvatosságot igényel!

Említeni kell még, hogy ásványoknál megkülönböztetünk *valódi* és *természetes* sűrűségértéket. A valódi sűrűség a hibátlan, hasadási rés-, likacs- (pórus-) nélkülinek és gáz-, folyadék-, idegen ásványi zárványtól mentesnek tekinthető (ideális) anyag térfogategységnyi tömege. Elmondottakból következik, hogy a természetes sűrűség eltér a valóditól, különösen, ha az ásvány sok gáz- vagy folyadékzárványt rejt magában, ilyenkor – miként a kőzeteknél – csak térfogatsúlyról beszélhetünk. Ha kellő aprítással a zárt üregesség javarészt megszüntethető, mérésünk megközelíti a valódi sűrűséget. A mérést azonban minden ilyen esetben is elvégezzük, mert a természetes sűrűségérték jellemző lehet az illető ásványtársulás genetikai viszonyaira.

2. A HASADÁS

A hasadás a kristályos (anizotróp) testek egyik legjellemzőbb sajátsága, mely az ásványok felismerése és azonosítása során nagy segítséget jelent.

Ha valamely éles, szilárd eszközzel (késpengével, acélékkel) a kristályt két részre akarjuk választani, e behatással szemben megnyilvánuló ellenállás (összefoglaló névvel *kohézió*) irányok szerint változó mértékben nyilvánul meg. Azt tapasztaljuk, hogy egyes irányokban az összetartó erő könnyedén legyőzhető, s a kristály *sík lapok mentén* válik széjjel. Ezt az (anizotróp) fizikai sajátságot nevezzük hasadásnak. Az összetartó erő a hasadási síkra merőleges irányban a legkisebb (kohéziómínimum), a hasadás síkjában pedig a legnagyobb (kohéziómaximum).

A leírt elválással nyert új felületet *hasadási lap*nak nevezzük. E sajátságra vonatkozóan még tudnunk kell a következőket:

a) A hasadási lap mindig valamely lehetséges (racionális indexű) kristálylappal párhuzamos sík.

b) Ha ez a sík több lapú kristályforma egyik lapja, úgy nemcsak ezzel, hanem valamennyi formalappal párhuzamosan hasadás tapasztalható. Így jön létre a *hasadási alak* (pl. kocka, oktaéder stb.).

c) Ugyanaz a kristály többféle forma lapjai szerint is hasadhat (pl. gipsz, anhidrit, földpát). Ilyenkor az egyes hasadási alakok felületének tükrözése különböző.

d) Amorf, ill. krisztallithalmaz alkotta testeknek nincsen hasadása.

A hasadási felület elméletileg egyenletesen sík. Valójában a felület az anyag természetétől függően, mindenekelőtt a kristályszerkezeti tényezők szerint alakul ki. Gyakorlatban a hasadási felület simasága és tükrözése (fénye) alapján, s ezzel összefüggésben a hasíthatóság mértéke szerint ún. *minőségi fokozatok* állíthatók fel:

1. A hasadás *kitűnő* (vagy „tökéletes"), ha könnyen előállítható, s a hasadási felület sima, tükröző, mely átlátszó-áttetsző ásványoknál *gyöngyház-* vagy *gyémántfénnyel*, ércásványok esetén *erős fém-* (tükör-) *fénnyel* csillog (pl. csillámok, gipsz és galenit, antimonit).

2. A hasadás *igen jó*, ha viszonylag könnyen előállítható, de már a hasadás sima lapja gyengébben *(üvegfénnyel)* tükröző (pl. barit).

3. A hasadás *jó*, ha a hasadási felület már nem egyenletes, s alig tükröző (zsírfény, szarufény), (pl. augit, amfibol).

4. Rossz a hasadás, ha az előállított felület többé-kevésbé zsírfényű, leginkább fénytelen (pl. gránát).

5. Igen rossz, ha a hasadásnak némi nyoma ismerhető csak fel.

A hasadás a kristály *térrácsszerkezetének* következménye. A térrácsok periodikus sajátságából következik, hogy a rácspontokon át síkok fektethetők, melyek egyenlő távolságra (párhuzamosan) következnek egymás után, és mindig egyenlő mértékben vannak atomokkal megterhelve. Természetesen a rácsban különböző helyzetű (indexű) síkok lehetségesek, melyeknek azonban változó a rácspontterhelése (rácspontsűrűsége) és egymástól való távolsága is. A rácssík legkisebb paralelogrammaegysége és a két identikus sík távolsága között fordított arányosság áll fenn. Eszerint az atomokkal viszonylag sűrűn megterhelt síkok nagyobb távolságra következnek egymás után, s minél ritkább az atomok elhelyezkedése a rácssíkokon, a síkok annál közelebb vannak egymáshoz. Ebből az is következik, hogy a sok atomot tartalmazó rácssíkon belül erős a kapcsolat, s e legjobban megterhelt síkban az összetartóerő a legnagyobb. Ugyanakkor az ilyen síkok vannak egymástól legtávolabb, s a területegységre ($Å^2$-re) eső kötések száma a legkisebb, így e síkokra merőleges összetartóerőnek is a legkisebbnek kell lennie: a síkokkal párhuzamosan hasadás jön létre. A sűrű rácspontú síkok egyben a leggyakoribb növekedési határfelületek, s a legegyszerűbb indexekkel jelölt lapok is. A leírt értelmezés azonban csak a kovalens- és esetleg a *van der Waals*-kötésekkel jellemzett rácsokra érvényes.

A heteropoláros kötésű rácsokban már az elektrosztatikai viszonyok is befolyásolják a hasadást. Pl. egymással szomszédos, de ellentétes töltésű síkok között szétválás nem lehetséges. Általában ionrácsokban ott jelentkezik hasadás, ahol területegységenként ($Å^2$) a legkevesebb kötés irányul a szomszéd sík felé (pl. kősó). Ilyenkor a hasadással keletkezett két felület elektromosan leginkább ki van egyenlítve. Ionkristályok hasadásának másik esete az, ahol azonos töltésű (anion-) síkok néznek egymással szembe (pl. fluorit), s a legkisebb mechanikai behatás – nyomásos eltolódás – elegendő ahhoz, hogy az egyik rácssík anionjai közelebb kerüljenek a másik anionsíkhoz. Ilyenkor az azonos töltés taszító hatást fejt ki, s a kristály a sík mentén elválik. Fémes kötésű kristályoknak nincsen hasadása.

Miként ismeretes, a kristályvegyület fizikai tulajdonságait döntő módon az szabja meg, hogy a rács koordinációs poliédereinek kapcsolódása térbelileg mindhárom dimenzió irányában egyenlően alakult-e ki, vagy csak két, illetőleg egy irányban jött létre erősebb kapcsolat. Utóbbi két esetben, a lánc-, ill. lemezszerkezetű rácsokban a hasadás mindig könnyen előidézhető.

A láncos-szalagos szerkezetű kristályokban a hosszirányra merőlegesen legkisebb az összetartás, így a láncokkal párhuzamosan a hasadás könnyen előidézhető (pl. antimonit, piroxének, amfibolok). Ugyanígy a lemezes rácsokban az egymásra következő lemezeket–rétegeket is gyenge kötőerők tartják össze: a rétegességgel párhuzamosan kitűnő hasadás nyilvánul meg (pl. grafit, molibdenit, csillámok).

35. FELADATOK A HASADÁS KÖRÉBŐL

Eszközök: kézinagyító (lupe); vékony acélék (késpenge, zsebkés); kisebb vasüllő (5–6 mm vastag és 16–20 cm^2 felületű vaslap); kalapács.

Az ásványok felismerése és azonosítása során a hasadás akkor válik valóban segítségünkre, ha előzőleg kellő gyakorlatot szereztünk annak közvetlen előidézésében. A művelet első lépése a kísérleti anyag alapos, lehetőleg nagyítóval való megszemlélése. Ha hasadási nyomot, vonalozottságot vagy hasadásnak vélhető lapot, laprészletet észlelünk, a jelentkező irány vagy irányok szerint megkíséreljük a kristály hasadását előidézni. A kis vasüllőre helyezzük az anyagot, az észlelt iránnyal, ill. lappal párhuzamosan a késpenge élét a felületre állítjuk, majd a penge fokára a kalapáccsal rövid, rugalmas ütést mérünk. Hasadás jelentkezése esetén a részek legtöbbször pattanva ugranak széjjel, a frissen előállt felület pedig a hasadás fokozata szerinti simaságot, ill. tükrözést árul el.

A hasadás előidézésének begyakorlására ajánlható példák: kősó, szfalerit, fluorit, antimonit, anhidrit, barit, topáz, augit, amfibol, csillámok, ortoklász. A 2. táblázat bemutatja az ismertebb hasadási lapindexeket, ill. hasadási formákat.

II/2 táblázat

Kristály-rendszer	Hasadási lap, ill. hasadási forma	Ásvány
szabályos	(100) a hexaéder	kősó, szilvin, galenit
	(111) az oktaéder	gyémánt, fluorit, kuprit
	(110) a rombdodekaéder	szfalerit, szodalit

II/2 táblázat folytatása

Kristály-rendszer	Hasadási lap, ill. hasadási forma	Ásvány
hexagonális és trigonális	(0001) a bázis	grafit, molibdenit, apatit berill (antimon, bizmut)
	$(10\bar{1}0)$ protoprizma	apatit, piromorfit, cinnabarit
	$(10\bar{1}1)$ törzsromboéder	kalcit és a kalcit izomorf sor tagjai
tetragonális	(001) a bázis	apofillit, anatáz
	(110) elsőrendű prizma	szkapolit, rutil
	(111) elsőrendű dipiramis	rutil, scheelit, (anatáz)
	(101) másodrendű dipiramis	scheelit
rombos	(100) az első véglap	anhidrit (zsírfény), olivin
	(010) a második véglap	anhidrit (üvegfény), antimonit, olivin, aragonit
	(001) a harmadik véglap	anhidrit (gyöngyházfény), topáz, barit, cölesztin
	(110) 3. fajta prizma	barit, cölesztin, andalúzit
monoklin	(100) az első véglap	gipsz (üvegfény), epidot
	(010) a második véglap	gipsz (gyöngyházfény), ortoklász (üvegfény), auripigment (gyöngyházfény), realgár, wolframit, dezmin
	(001) a harmadik véglap	ortoklász (üvegfény), csillámok (gyöngyházfény), ortokloritok, epidot
	(110) harmadik fajta prizma	piroxének, amfibolok, (ortoklász)
	$(1\bar{1}1)$ negyedik fajta prizma	gipsz (selyemfény)
triklin	(100) az első véglap	wollastonit (gyöngyházfény), disztén
	(010) a második véglap	plagioklászok, disztén
	(001) a harmadik véglap	plagioklászok wollasztonit (üvegfény),
	(110), $(1\bar{1}0)$ harmadik fajta véglap	plagioklászok

3. A KEMÉNYSÉG

Amikor valamely hegyes vagy éles eszközzel a kristályos test felületéről a belsejébe kívánunk hatolni, a mechanikai behatással szemben bizonyos ellenállást tapasztalunk, melyet egyszerűen *keménységnek* mondunk. Valójában keménységen a szilárdságbeli sajátságok összességét kell értenünk, mely a kristályrács felépítésétől, a kémiai kötésmódtól, az atomok közti távolságtól, ezek töltésétől, az atomok illeszkedésének sűrűségétől és azok koordinációs számától függ.

a) Karckeménység (Mohs-féle fokozatok)

A gyakorlatban a keménység nagyon jól használható sajátság: legegyszerűbben egyik ásvány hegyes csúcsával, élével igyekszünk megkarcolni a másik sima vagy sík felületét. Kölcsönös próbálgatással meg lehet állapítani, hogy melyik hagy látható nyomot (karcot) a másikon, vagyis melyik keményebb a másiknál. A viszonylagos keménység tehát aránylag könnyen megállapítható. Amikor pedig állandó összehasonlítási alapot választunk, a kérdéses ásvány keménységét ehhez viszonyítjuk. Ilyen célt szolgál (még a múlt század első feléből származó) jól bevált *Mohs*-féle keménységi sorozat. Ez az ismertebb vagy jobban hozzáférhető ásványok tíztagú sorozata (skálája), melynek tagjai tehát önkényesen választott keménységértéket képviselnek, és közöttük haladványszerű fokozódás nincsen. Az elv mindössze annyi, hogy egy-egy tag keményebb az előzőnél. E skála használata az ásványok jellemzésében annyira általánossá vált, hogy a tankönyvek a keménységet ma is a *Mohs*-féle relatív fokokban adják meg. A *Mohs*-féle 10 tagú keménységi sorozat a következő:

1. talk
2. kősó
3. kalcit
4. fluorit
5. apatit
6. földpát (ortoklász)
7. kvarc
8. topáz
9. korund
10. gyémánt

A skála használata egyszerű: az ismeretlen ásvány hegyes darabkájával megkíséreljük megkarcolni a mintasor ásványait, mégpedig a keményebbektől lefelé, hogy az alsóbb fokú tagokat a felesleges karcolgatástól megkíméljük. Ha a kísérlet során azt tapasztaljuk, hogy az 5. tagon (apatiton) már határozott karcnyomot idéztünk elő, akkor az apatittal megpróbáljuk ásványunkat viszontkarcolni.

Amikor az 5. fokozatú taggal nem lehet karcot előidézni, de a 6-os (a földpát) rajta észrevehető nyomot hagy: az ásvány keménysége 5 és 6 közötti, azaz 5,5. Ha pedig az ásvány egy skálatag élével, s ennek felülete az ásvány hegyével kölcsönösen karcolható, akkor ez a két ásvány egyező keménységét jelenti. A karcolás nyomát mindenkor gondosan (lehetőleg lupéval) vizsgáljuk meg.

Nem alkalmasak a skálatagokkal való meghatározásra a leveles, rostos alkatú ásványok (a könnyen szétválasztható rostok-szálak vagy lemezek miatt). Ugyanígy nem alkalmasak a földes külsejű vagy laza-szemcsés ásványok sem.

Ha nincs módunk megfelelő összehasonlításra, akkor is tájékozódni lehet az ásvány keménységéről, éspedig egészen egyszerű eszközökkel (körömmel, acéltűvel, késpengével, háromlapú kis reszelővel, üveglappal), a 3. táblázatba foglaltak szerint.

II/3. táblázat

Mohs-fok	karcolható	
1.	körömmel könnyen	
2.	körömmel nehezen	
3.	tűvel könnyen	késsel könnyen
4.	tűvel nehezen	
5.	késsel nehezen	reszelővel könnyen
6.	az üveget könnyen karcolja	acéllal megütve szikrázik
7.		
8.		
9.		
10.		

Már az egyszerű *Mohs*-féle módszer bevezetése után, de a többi, később kidolgozott eljárásokkal is tapasztalható volt, hogy a kristály ún. „keménysége" *vektoriális* tulajdonság, és nyilvánvaló, hogy a keménység és hasadás kristályfizikailag szoros kapcsolatban van egymással. Ezt bizonyítják a következő tapasztalatok is:

1. Kivehető keménységkülönbség elsősorban jó hasadású kristályon észlelhető. A keménység a hasadási lapon kisebb, a lapra merőleges helyzetű síkon nagyobb.

2. Utóbbi felületen kivétel a hasadással párhuzamos irány, mert itt – érthetőleg – a keménység a legkisebb.

3. Ha a hasadási sík a vizsgált felületet ferde szögben metszi, akkor irány és ellenirány eltérő keménységet árul el.

b) Mechanikai transzlláció

Mechanikai transzlláció alkalmával a kristályrészek vagy rétegek a behatásra párhuzamos sík(-ok) mentén elcsúsznak anélkül, hogy a helyben maradt és elmozdult részek között az összefüggés megszakadna. A transzlláció elvileg *korlátozás nélkül* megy végbe, gyakorlatilag csak a kristály terjedelme az, ami határt szab. A transzlációkészségből ered a kristály bizonyos képlékenysége, plaszticitása, mely mintegy biztonsági berendezés a kristály épségét, ill. összetartását fenyegető mechanikai (nyomó, zúzó, nyíró) behatásokkal szemben. A csúszás síkja legtöbbször egyszerű indexű és sűrű rácspontú sík. Az elmozgás feltétele itt is az, hogy az eltolódott rész atomjai vagy atomcsoportjai ugyanazon rácsrendben maradnak a másik résszel, csak a transzlációs sík mentén megfelelő számú periódussal tovasiklás történt. A rétegrácsos szerkezetek (talk, grafit, molibdenit) elcsúszása nagyon könnyen létrejön. A transzlláció más ásványokra is jellemző, és külsőleg görbült, csavart kristályaikról vagy a felületen észlelhető hullámos, gyűrődéses egyenetlenségekről ismerhető fel. Legismertebb transzlációja a tömött illeszkedésű fémeknek van. Tudjuk, hogy nyújthatóságuk, megmunkálhatóságuk e rácsok transzlációképességén alapszik.

5. AZ ÁSVÁNYOK PORA (KARCPRÓBAKÉSZÍTÉS)

Eszköz: érdes, fehér, máznélküli porcelán felület.

Az ásványok karcának, azaz finom porának színe és jellege némely esetben annyira sajátságos, hogy ennek révén egyes ásványok könnyen felismerhetők. A karc előidézése céljából az ásványt érdes (mázatlan) fehér porcelán laphoz szorítva egy, esetleg több vonalat húzunk. Ha ennek nyoma marad, akkor a dörzsölő mozgással keletkezett és a felület egyenetlenségeiben megtapadt porszerű részecskék sora vagy vonala adja a karcot. Főként az idiokromás (saját színű) ásványoknak van jellemző karca, de ennek színe általában világosabb az ásvány színénél. A színfémek karcszíne többnyire ugyanolyan, mint maga a fém, csak a karcnak nincsen fémes fénye, inkább bágyadt fényű, sőt egészen fénytelen (matt).

A színezett (allokrómás) ásványpor (karc) általában fehér vagy csak enyhén színezett.

Néhány példa a jellemzőbb karcok közül:

hematit	– sötét meggyvörös v. alvadt vérvörös
cinnabarit	– világos (cinóber-) piros
pirargirit	– cseresznyepiros
szfalerit	– bőrsárga
malachit	– világoszöld
azurit	– égkék
pirit	– feketésszürke
kalkopirit	– zöldesfekete

6. LÁNGFESTÉS ÉS SZÍNKÉPVIZSGÁLAT

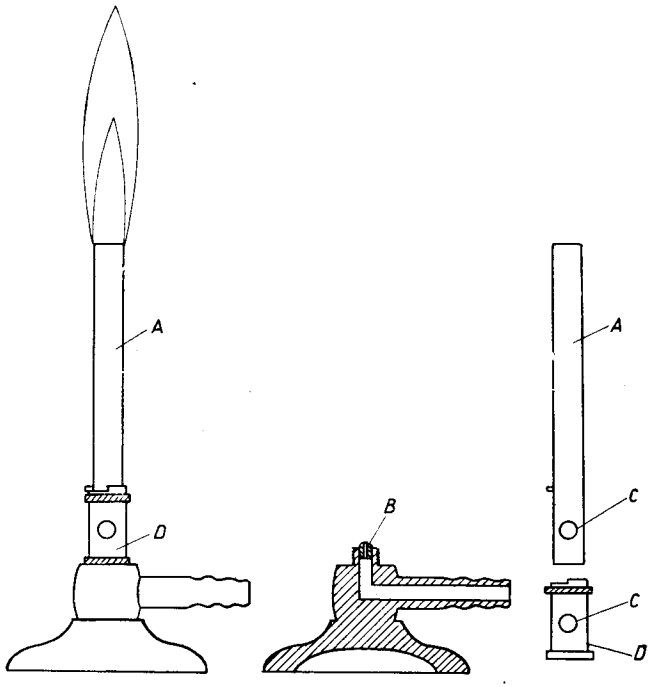
Az ásványi vegyületek összetevői közül egyes fémeknek főképpen a haloidsói színtelen *Bunsen*-lángban izzítva elpárolognak, s gőzük a lángot jellemző színűre festi. Az aránylag könnyen illanó fémsók molekulái a láng hőmérsékletén alkotórészeikre disszociálnak, és a fématomok jellemző színű fényt sugároznak ki. A fématomok külső elektronjai ugyanis a hőenergia gerjesztő hatására magasabb energiaszintű pályára váltanak át, majd a gerjesztés megszüntével visszatérnek eredeti pályájukra, és az abszorbeált energiát meghatározott hullámhosszú fény alakjában emittálják. A hullámhossz tehát a gerjesztett pálya és az eredeti elektronpálya közti energiakülönbségnek felel meg. (A disszociált halogének fénysugárzása rendkívül csekély, így a láng színe vagy a spektroszkópban észlelhető vonalak csakis a lángba vitt fématomtól származnak.)

Az ásványok azonosítása, ill. minőségi vizsgálata során az alkáliföldfémeken (Ca, Sr, Ba) kívül még sajátos színkibocsátásra, azaz izzítással jellemző lángfestésre gerjeszthetők a Li, Na, K, továbbá a Cu, Mo, Tl, Te, valamint az As, Sb, Se, Pb, de a H_3BO_3 (bórsav) és H_3PO_4 (foszforsav) is. Jelenlétük gyors kimutatása lángfestési próbával történik.

a) Lángfestés

Eszközök: Bunsen-égő, vékony üvegcsőbe foglalt platina huzal (kacs), csipesz, óraüvegen sósav (esetenként kénsav), sötét kobaltüveg prizma.

Az anyag hevítését *Bunsen*-égővel végezzük *(10 a ábra)*. A cső alakú *(A)* égő rendszerint sárgarézből készül, alsó részén kis gázfúvóka *(B)* van beépítve. A fúvókával egy magasságban a csövön két, egymással szembenéző *(C)* levegőnyílás van, melyeket kis gyűrű alakú köpennyel *(D)* szabályozni lehet (ennek is két átellenes környílása van). Amikor a levegőbeáramlást a gyűrű elfordításával egészen elzárjuk, a gáz világító és kormozó lánggal ég, ugyanis a gáz szénhidrogénjei (metán, etán, propán stb.) levegő hiányában szénre (korom) és hidrogénre bomlanak, és az izzó koromszemecskék világítóvá teszik a lángot. Ha azonban a szűk fuvókán átáramló gáz a csőben kis nyomáscsökkenést okozva a kinyitott alsó nyílásokon betóduló levegővel a gáz meggyúlása előtt kellően keveredik, tökéletesebb égés folytán a láng színtelenné válik (a szénhidrogének vízgőzzé és szén-monoxiddá, a láng külső szélén szén-dioxiddá égnek el). Ugyanakkor a láng hőmérséklete is jelentősen növekszik.

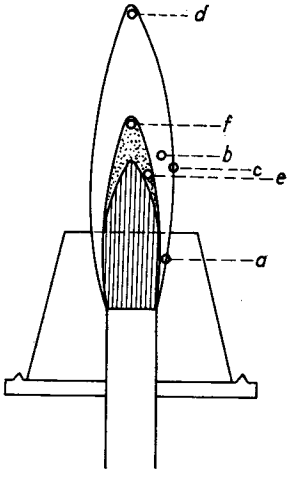


a)

10 a ábra. Bunsen-égő

A *Bunsen*-láng részeit további munkánkhoz ismerni kell. E célból a levegőnyílást úgy szabályozzuk, hogy a láng ne világítson, csak egészen kis sárga kúp legyen látható a lángon belül. Ekkor a következő részek különböztethetők meg (lásd *10 b ábra*).

1. Belső sötét kúp vagy „mag". Ennek belsejében égés nincsen, hőmérséklete a legalacsonyabb (az ábrán vonalozás jelzi).



10 b ábra A láng részei

2. Sárga világító kúp vagy *redukáló tér*. Az égés itt még tökéletlen, a benne izzó szénrészecskék miatt erős a redukáló hatása (az ábrán pontozás jelzi a sárga kúpot).

3. Külső, gyengén kékes, alig látható *oxidációs* köpeny: itt az égés a legtökéletesebb, a hőmérséklet a legnagyobb.

4. A láng legalsó részén a csőperemtől kiinduló *világoskék öv* látható (a rajz nem különíti el), mely a C-nek CO-dá történő elégése helyén keletkezik.

A lángfestéshez és a további vizsgálatokhoz egyaránt szükséges, hogy a *Bunsen*-láng különböző hatásfokú pontjait ismerjük. Ezek a következők:

a) Lángbázis, a 4. pontban leírt kék szegély szélén. E pontban a láng hőmérséklete aránylag alacsony, mert az áramló levegő és a fémcső közelsége azt lecsökkenti. E szegélyt igen illékony anyagok lángfestésekor használjuk.

b) Olvasztótér, kb. a lángmagasság felében, a külső köpeny közepén. A hőmérséklet itt a legmagasabb (1200–1400 C°), az ásványok olvadási vizsgálatát itt kell végezni.

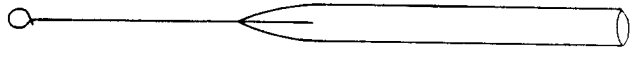
c) Alsó oxidációs tér: a külső lángköpeny széle, az olvasztótérnél valamivel alacsonyabban.

d) Felső oxidációs tér: a külső köpeny felső csúcsában; itt legerélyesebb az oxidáló hatás.

e) Alsó redukálótér: a belső sárga kúp alsó része, itt kevésbé erélyes a redukció (s csak csendes, ill. egyenletes láng esetén használható), e térben könnyen redukálható fém-oxidot tartalmazó bórax- és foszforsógyöngyöt izzítunk.

f) Felső redukciós tér: a sárga kúp felső csúcsa az erélyesebb redukció helye. A hőmérséklet itt valamivel kisebb ugyan, s a redukálás hosszabb időt igényel, de eredményes.

A lángfestési próbához még egy segédeszközre van szükség: vékony platina huzalra. Ehhez 4–5 cm hosszú és 0,3 mm vékony platina szál végét kb. 6 cm hosszú (lángban kihúzással elvékonyított) üvegcsőbe forrasztjuk (lásd *11. ábra).*



11. ábra. Üvegcsőbe forrasztott platina szál

A huzal külső végén grafitceruza hegyének segítségével (és nem fémcsipesszel!) kis *hurkot*, karikát formálunk. Ezután a kész huzalt a hurokkal együtt a szennyezésektől gondosan megtisztítjuk; óraüvegbe vagy kis kémcsőbe sósavat öntünk, s a platinát izzítva, időnként a sósavba mártjuk. Ezt mindaddig ismételjük, míg az a színtelenre szabályozott lángban csak izzik, de a lángot nem színezi.

A megtisztított platina hurokra most már felvehetjük a vizsgálandó anyag kis szemecskéjét vagy porát (melyet előzőleg másik óraüvegen helyeztünk el). Az anyag megtapadása céljából a huzalt előbb sósavval megnedvesítjük vagy a felizzott huzalt mártjuk az anyagba. A hurkon megtapadt anyagot előbb a láng külső széléhez (alsó oxidációs övbe) visszük, majd fokozatosan az olvasztótérbe tartjuk.

Lángfestésünk mindig intenzívebb akkor, ha a platinára csak kevés anyagot veszünk és fentebb megadott vékonyságú huzalt használunk. (Ennél vastagabb fémszál sok hőt von el, s az anyag elpárolgását meglassítja.)

A vizsgálat során ügyeljünk arra, hogy se az anyagot, se a platinát *kézzel ne* érintsük a Na-szennyezés veszélye miatt. (Tudjuk, hogy a Na erősebben színez minden más anyagnál, már $3 \cdot 10^{-6}$ mg-nyi mennyisége intenzív lángfestést ad!)

Fémes fényű ismeretlent, főleg ha sejthetően fém-szulfid, ne vigyük platinával a lángba, mert azt megtámadja, s a huzal még a lángban letörik. Az ilyen ásványból előbb kis szilánkot fogjunk csipeszbe, s vigyük – tájékozódás céljából – a lángba. Legjobb azonban ismeretlenünk egy részét mindjárt kémcsőben, méginkább (egyik végén beforrasztott) zárt üvegcsövecskében jól kiizzítani, így már sósavba mártott platina huzalon is vizsgálható. Az egyszerű lángfestési eljárással kimutatható elemeket az 5. táblázat foglalja össze.

Az ásványokból lángfestéssel kimutatható elemek II/5. táblázat

Lángszín	Színező elem	Jegyzet
téglavörös	Ca	A Ca-vegyületek közül csak a haloidok illékonyak! Pl. $CaSO_4$-ot előzőleg redukálni kell, s ezután visszük (sósavval) lángba. Szilikátásványok közül csak néhány (pl. wollastonit, Ca-zeolit) ad némi lángszínt.
bíborvörös	Sr	Szulfátját előbb redukáló térben SrS-dá alakítjuk, majd sósavval megnedvesítve visszük lángba. Sok Ba mellett nem észleljük a vörös lángszínt (de kézi spektroszkóppal különválaszthatók, lásd 191. o.).

II/5. táblázat folytatása

Lángszín	Szí-nező elem	Jegyzet
fakózöld	Ba	A gyakori, de nem illékony $BaSO_4$-ot előzőleg redukálni kell, s a BaS-ot visszük (sósavval nedvesítve) a lángba. Ba-szilikátok nem festik a lángot; általában a reakció nem nagyon érzékeny.
karminvörös	Li	Nagyobb mennyiségű Na jelenléte esetén ennek intenzív sárga színe a Li-ét elfedi. Azonban kobaltüvegen át a Na színe elnyelődik, s a Li világosvörösen észlelhető. Li-szilikátok nehezen adnak csak némi lángszínt, előzőleg szódás vagy savas feltárás ajánlatos.
sárga	Na	
fakóibolya	K	A K-sók igen illékonyak, ezért a lángot nagyon rövid ideig festik! Ha a K-hoz Na is társul, utóbbi színe elnyomja a káliumét. Ilyenkor kobaltüveget használunk, melyen át a K-láng élénk karminvörösnek látszik; ha a Na-hoz képest a K mennyisége csekély, akkor az élénk rózsaszín festés jelzi a jelenlétét.
smaragdzöld	Cu	Sósavas nedvesítéskor a próba körül élénk kék mag látható; a lángszínt még a szilikátok is adják.
almazöld	B	Ha az anyagot porrá törjük, kénsavval megnedvesítjük, s egy-két csepp alkoholt adunk hozzá: bórsavas etilészter keletkezik, melynek gőze jól festi a lángot.
sárgászöld „csíz-zöld"	Mo	A lángot csak enyhén színezi.
élénk zöld	Tl	A Tl halogénvegyületei festik a lángot legjobban. A Tl-kimutatásnak ez a legegyszerűbb és legbiztosabb módja. Gőze mérgező.

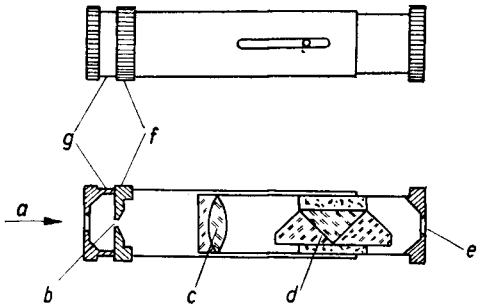
II/5. táblázat folytatása

Lángszín	Színező elem	Jegyzet
zöldes	Te	
fakókék	As	A lángfestést fehér (As_2O_3-) füst és fokhagymára emlékeztető sajátos szag kíséri.
búzavirágkék	Se	Lángfestés közben barna füst képződik és romlott retek szaga érezhető.
gyengén zöldeskék	Sb	Szagtalan fehér füst képződik
kékesszürke	Pb	Ha a gyakori As, Sb társelemek is jelen vannak, elfedik a Pb-láng színét. (Más kimutatáshoz kell folyamodnunk.)

b) Színképvizsgálat

Eszközök: kézi spektroszkóp, *Bunsen*-égő, platina huzal, sósav, vasháromláb, azbesztlap, granulált cink, réz-szulfát-oldat.

Egyszerű lángfestéskor nem minden esetben megbízható az észlelésünk. Egyrészt a hasonló színek és színárnyalatok könnyen összetéveszthetők, másrészt a majdnem mindig jelenlevő Na erős sárga lángfestése a színhatást befolyásolja vagy egészen elfedheti. Ezért bizonytalanság esetén legjobb spektroszkóppal a láng vonalas színképét megfigyelni. A legegyszerűbb kézispektroszkóp képét és metszetrajzát a *12. ábra* mutatja be.



12. ábra. Kézi (egyenes látású) spektroszkóp

β) A Sr bíborvörös lángszíne már több spektrumvonalból tevődik össze. A nátriumvonaltól balra (a nagyobb hullámhossztartományban) több vörös vonal jelenik meg, közöttük kettő a legjellemzőbb: egyik a sárgához közeli telt narancs (hullámhossza 605 nm), amelyen túl (650 nm-ig) még 6 vonal sorakozik, és egy belőlük a kalcium vonalával egyezik. Másik jellemző Sr-vonal a zöldes árnyalatú kék (hullámhossza 461 nm).

γ) Végül harmadik feladat a fakózöld lángfestésű Ba színképének beállítása. Ezen a színképen főként a sárgától jobbra, a zöld színtartományban (554–514 nm között) látunk élénkzöld vonalakat. Ezek szélső tagja a Ca zöld vonalával (554 nm) egyezik, s ezért kevésbé jellemző. A zöld vonalsoron kívül néhány gyenge sárga és narancssárga vonal is látható (ábránk ezt nem jelzi). Általában a Ba jelenlétét a színképen kívül tanácsos más reakcióval is kimutatni!

Spektroszkópban még az alkálifémeknek van jellemző és jól észlelhető színképe. A Li-nak egy intenzív vonala van a vörös ($\lambda = 670$ nm) hullámhossztartományban. A K-ra pedig két vonal: egy szélső telt vörös (678 nm) és egy ibolyáskék (405 nm) jellemző. Utóbbi ibolyáskék vonal ugyancsak szélső helyzete miatt – az egyszerűbb készülékekben – csak ritkán észlelhető.

7. A FÚVÓ- (FORRASZTÓ-) CSŐ ÉS ALKALMAZÁSA

A fúvócső egyszerű segédeszköz, aminek az ásványok minőségi vizsgálatában (azonosításában) ma is nagy hasznát vesszük. Alkalmazzuk irányított erélyes oxidáló és redukáló láng előállítására, próbaanyag faszénen történő izzítására, ásványok olvadáspontjának közelítő meghatározására, faszénen fém-oxid-verődék előállítására; ásványok szódás feltárására, színfémmé (regulussá) redukálására. A fúvócsövet használják még a metallurgiában, ötvösiparban, esetenként a kémiai laboratóriumban is.

A fúvócső (forrasztócső) nagyon régi eszköze az anyagvizsgálatnak. A XVII. századból már írásos utalások (ERASMUS BARTHOLINUS, 1669) jelzik alkalmazását. A következő évszázadban általánosan elterjedt elemző eszközzé lépett elő. A XIX. század elején BERZELIUS (1812) ismertette kémiai tankönyvében az addig használatos fogásokat, sőt 1820-ban önálló kiadványban adta közre a saját tapasztalataival kiegészített módszereket. A múlt századbeli kutatók közül, még C. F. PLATTNER neve emelkedik ki, akinek alapvető metodikai könyve hosszú évtizedeken át számos kiadást ért meg.

A jó minőségű fúvócső argentán ötvözetből (újezüstből) (50% Cu, 25% Ni, 25%Zn) készül. Részei *(15. ábra)* a következők: *(a)* a fúvócső szára (hengeres, egyik végén keskenyedő fémcső), mely egy szélesebb hengerbe *(c)* torkollik. Utóbbi arra szolgál, hogy tartós fúvás folytán a csőben lecsapódó nedvességet visszatartsa. A hengerbe oldalt rövidebb kis cső *(b)* illeszkedik, s ennek külső, szabad része vékony platina béléssel ellátott fúvókában végződik *(d)*. A 0,5 mm átmérőjű fúvókanyíláson át jut a kifúvott levegő a lángra. Az *e* szájrész arra szolgál, hogy az ajkak illesztését, s így a fúvást megkönnyítse.

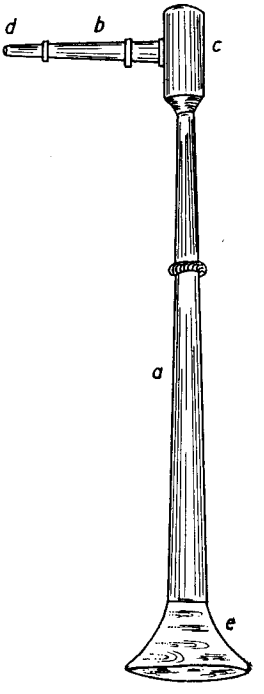
A fúvókára – az eredményes munka érdekében – gondosan ügyelnünk kell. Eltömődés, bekormozódás esetén nem szabad szilárd eszközzel (pl. tűvel) megnyitni, mert a nyílás kitágul, megrongálódik, s a fúvócső használhatatlanná válik! Csakis oxidáló lángba tartva, izzítással szabad a fúvókát tisztítani.

A cső tartására különösebb szabály nincsen. Ujjaink közt kényelmesen, az alsó karunkat az asztalon megtámasztva tartsuk.

A *fúvás* a következőképpen történik: az orron át nyugodtan lélegezve a szájüreget megtöltjük levegővel (az arcot jól „felfújjuk"), s a levegőt az arcizmok segélyével a csőbe nyomjuk. Amint a levegő a szájüregben fogytán van, anélkül, hogy az orron át a nyugodt lélegzetvételt megszakítanánk, a garaton át az elfogyott levegőt pótoljuk, az arcizmok újra megfeszülnek, s ezzel egyenletesen fúvott lángot állítunk elő. *Nem szabad a fúvást tüdőből végezni*, mert hamar kifáradunk, a légáram nem lesz egyenletes, sőt a csövön át gázt is beszívhatunk! Kezdőknek a művelet eleinte nehézségekkel jár, de igyekezettel és kellő *gyakorlás* útján könnyen, rövid idő alatt elsajátítható.

Ha a fúvás gyakorlásában annyira haladtunk, hogy már képesek vagyunk huzamosabb ideig kifáradás nélkül egyenletes légáramot fújni, áttérhetünk az *oxidáló* és *redukáló* láng fúvásának elsajátítására.

Ilyenkor a *Bunsen*-lángot mindig úgy szabályozzuk be, hogy a sötét mag felett a sárga kúp is látható legyen.



15. ábra. Fúvó- (forrasztó-) cső

Oxidáló lángot úgy állítunk elő, hogy a forrasztócső fuvókáját a láng közepébe visszük, s annak nyílása a mag (sötét kúp) felső csúcsába ér. Ha a csövön át most légáramot fúvunk, hegyes, kúp alakú, kékes láng keletkezik, melyet egy világosabb (színtelen), tűhegyesen végződő köpeny vesz körül. Utóbbinak a *16 a ábrán* (fekete körrel) megjelölt helyén van a legerősebb oxidáló hatású és legmagasabb hőmérsékletű (~ 1400 C°-os) pontja.

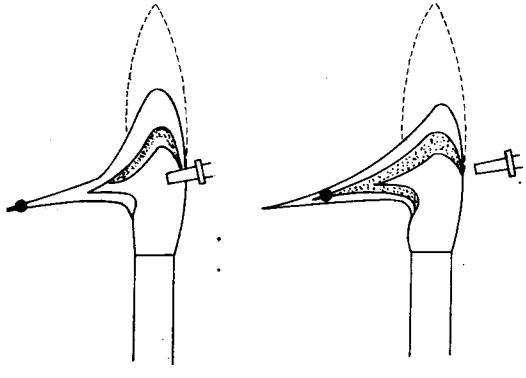
Redukáló láng fúvásakor a forrasztócső végét *nem* helyezzük a lángba, hanem annak csak a külső széléhez, anélkül, hogy a lánghoz érne. Ezúttal is hegyesen kinyúló, de sárgán világító kúp keletkezik, melyet gyengén kékes köpeny vesz körül. A fúvócsővel lényegében a *Bunsen*-égő redukáló lángját irányítjuk a vizsgálati anyagra. A kifúvott és vékonyan elnyúló sárga kúpban izzó szénrészecskéknek erélyesen redukáló hatása van. A lángnak a *16 b ábrán* megjelölt helyén lehet a legeredményesebb redukciót végezni, de a jó (egy pontra irányuló és nem imbolygó) redukáló láng fúvásához nagyobb gyakorlat szükséges.

Olvadási fokozatok

Eszközök: Bunsen-égő, lupe, fúvócső, keskeny azbesztszalag, platina huzal, fémcsipesz, kisebb kalapács és vasüllő.

Az ásványok lángban való viselkedése, azaz a megolvadás módja és mértéke jellemző sajátság, s esetenként az azonosítás során jó tájékoztatást nyújthat. A vizsgálatot *Bunsen*-lángban végezzük, és szükség szerint a fúvócsövet is igénybe vesszük.

Az ásványból lehetőleg kis hegyes szilánkot ütünk le, s ezt platina huzalon, vagy ha az ásvány fémfényű, azbeszt lapocskán, esetleg csipeszbe fogva huzamosabb ideig a láng olvasztóterébe (lásd *10 b ábrán*) tartjuk. Majd kivesszük, kissé



16 a, b. ábra. Fúvócsővel előállított
a — oxidáló, *b* — redukáló láng