

11. A cseppfolyós és a szilárd halmazállapot. Kristályrács típusok I.

A **folyadékokban** és a **szilárd anyagokban** a részecskék közt erős kölcsönhatás működik. A vonzó hatások megakadályozzák az állandóan mozgó részecskék túlzott eltávolodását. A taszító hatások meglétére a folyadékok és a szilárd anyagok összenyomhatatlanságából következtethetünk. A két ellentétes hatás együttesen alakítja ki a folyadékok és a szilárd anyagok viszonylag állandó térfogatát.

A *folyadékok* részecskéi egymáson elgördülhetnek (vagyis rájuk is jellemző a diffúzió jelensége), ezért alakjuk nem állandó. Különböző erősségű kölcsönhatásaik befolyásolják a folyadék belső sűrűlódását, *viszkozitását* . A felszínen lévő részecskékre a folyadék belsejéből ható vonzóerő nagysága határozza meg a folyadék *felületi feszültségét* .

A *szilárd anyagok* részecskéi többnyire szabályos *kristályba* rendeződnek, annak képzeletbeli rácspontjain rezegnek.

A kristály felépítését az ún. *elemi cellával* jellemezhetjük. Ez a kristály legkisebb olyan részletét modellezi, amelyet a tér három irányában eltolva megkaphatjuk az egész kristályt. A kristály másik jellemző adata a *koordinációs szám* , amely a rács térkitöltésének mértékére utal. A koordinációs szám a kristályban lévő részecske legközelebbi szomszédainak számát jelenti. Minél nagyobb ez a szám, annál szorosabb illeszkedésű kristályrácsról van szó (az érték általában 4 és 12 között mozog).

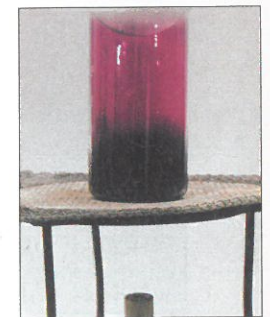
A kristályban a rácsösszetartó erők nagyságát a *rácsenergiával* jellemezhetjük, amely a kristály szabad részecskékből való képződését követő moláris energiaváltozás. Mértékegysége kJ/mol, előjele – minthogy mindig felszabaduló energia – negatív.

Az *amorf szilárd* anyagoknak nincs éles olvadáspontjuk, fokozatosan lágyulnak, mert bennük a részecskék *nem* rendeződnek szabályos rácsba.

A *forráspont* az a hőmérséklet, amelyen a részecskék elegendő energiával rendelkeznek ahhoz, hogy a folyadék összes részecskéje leküzdje a köztük működő vonzóerőt. Az *olvadáspont* pedig az a hőmérséklet, amelyen a részecskék elegendő energiával rezegnek ahhoz, hogy a teljes kristály összeomoljon. A különböző anyagok adott nyomáson mért forráspontjának, illetve olvadáspontjának összehasonlításával következtethetünk a folyadékban és a szilárd kristályban működő kémiai kötések erősségére.

A korábbi leckékben tárgyalt, molekulákból álló anyagi halmazok szilárd halmazállapotban általában **molekularácsba** rendeződnek.

A molekularácsos kristályokban a rácspontokon molekulák vannak, amelyeket a molekulák közti másodrendű kötések tartanak össze. Ezek általában gyenge kölcsönhatások, így a molekularácsos anyagok olvadás- és forráspontja alacsony. Közülük sok csak igen alacsony hőmérsékleten rendeződik kristályba: a közönséges körülmények között gáz-halmazállapotú és folyékony anyagok mind molekularácsos kristállyá fagyaszthatók. Szobahőmérsékleten, standard



74. Jód szublimációja

légköri nyomáson a szerves anyagok közül például a jód alkot molekularácsot. A rácsban működő gyenge kölcsönhatást igazolja, hogy a jód melegítve szublimál (74. ábra). A szerves vegyületek többsége molekularácsos anyag.

A molekularácsban működő másodrendű kölcsönhatások közül valamennyi kristályban előfordul a *diszperziós kölcsönhatás*. Ezt az *apoláris molekulákból* álló halmazokban vizsgálhatjuk jól, mivel ezekben más rácsösszetartó erő nem fordul elő. A diszperziós kölcsönhatás a molekulatömegtől függő gyenge kölcsönhatás.

72 Vizsgáljuk meg a táblázatban (75. ábra) szereplő adatokat! Mi a kapcsolat a diszperziós kölcsönhatás és a moláris tömeg között?

Képlet	M (g/mol)	Forráspont (°C)	Képlet	M (g/mol)	Forráspont (°C)
F ₂	38	-188	CH ₄	16	-161
Cl ₂	71	-35	SiH ₄	32	-112
Br ₂	160	58	GeH ₄	77	-88
I ₂	254	(183)	SnH ₄	123	-52

75. Apoláris molekulájú anyagok forráspontja

A molekularács legjellemzőbb tulajdonsága éppen a gyenge másodrendű rácsösszetartó erő, s az ebből adódó viszonylag alacsony olvadási- és forráspont. Ezek alapján a nemesgázok is a molekularácsos képező anyagok közé sorolhatók. A rácspontjaikon lévő atomokat „egyatomos molekulának” nevezzük – megkülönböztetve az atomrácsos anyagoktól, amelyekben a rácsösszetartó erő erős kovalens kötés.

A dipólusos molekulák között *dipólus-dipólus kölcsönhatás* is kialakul. Ennek létét az bizonyítja, hogy az azonos moláris tömegű apoláris, illetve dipólusos molekulákból álló anyagok forráspontja eltér egymástól.

73 Hasonlítsd össze és értelmezd a táblázatban (76. ábra) feltüntetett anyagok forráspontját!

Képlet	M (g/mol)	Forráspont (°C)	Képlet	M (g/mol)	Forráspont (°C)
F ₂	38	-188	HCl	36,5	-84
SiF ₄	104	-65	SO ₂	64	-10

76. Apoláris és dipólusmolekulájú anyagok forráspontja

A dipólusmolekulájú vegyületek kristályaiban működő diszperziós kölcsönhatást bizonyítja, hogy a moláris tömeg növekedésével ezeknél az anyagoknál is nő a forráspont.

Képlet	ΔEN	Moláris tömeg (g/mol)	Forráspont (°C)
HCl	0,9	36,5	-85,1
HBr	0,7	81	-67,1
HI	0,4	128	-35,1

77. Néhány hidrogénhalogenid adata

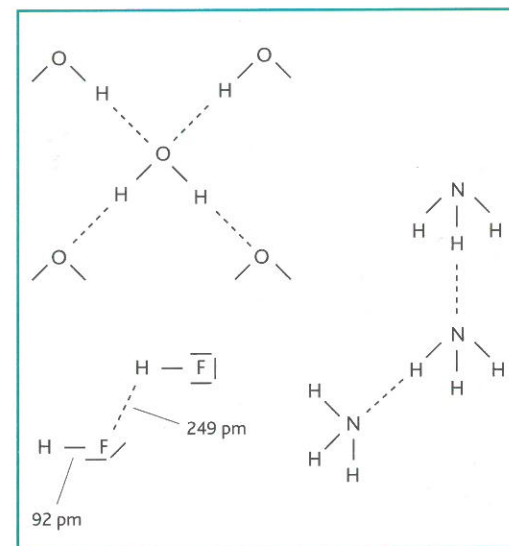
A molekularácsos anyagok oldhatósága polaritásuktól függ.

A *hasonló hasonlót old elv* értelmében az apoláris molekulájú oldószerek az apoláris anyagokat oldják jól. A dipólusmolekulájú oldószerek viszont a dipólusmolekulájú anyagokat képesek jól oldani.

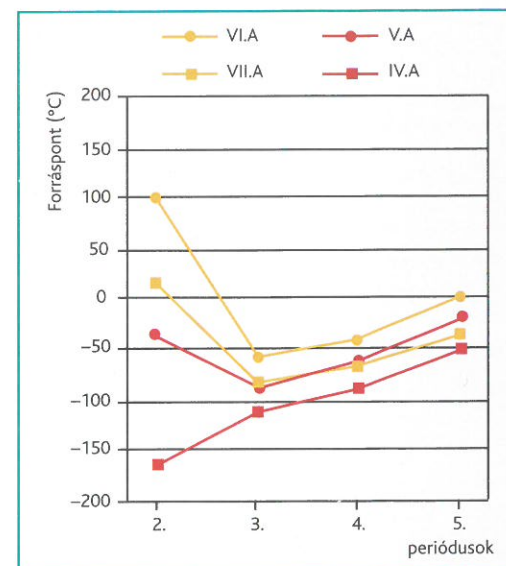
A hidrogéntartalmú vegyületek között egyes esetekben kiugróan magas olvadási-, illetve forráspontot figyelhetünk meg (78. ábra).

A *hidrogénkötés* kialakulásának egyik feltétele, hogy a molekulában a hidrogén egy nagy elektronegativitású (nitrogén, oxigén vagy fluor) atomhoz kapcsolódjék. Ez az elektronban elszegényedett hidrogén képes egy másik nitrogén-, oxigén- vagy fluoratom nemkötő elektrópárjával a szokásosnál erősebb kapcsolatot létesíteni.

A hidrogénkötés erőssége a többi másodrendű kötés (amelyeket összefoglalóan *van der Waals*-kötéseknek is neveznek) és az elsőrendű kötés közé esik. A hidrogénkötés kialakítására képes anyagok moláris tömegükhöz viszonyítva magasabb olvadáspontúak. Oldhatósági sajátosságuk is jelentősen eltér: elsősorban a vízben való oldhatóságot növeli meg a hidrogénkötésre való hajlam. A hidrogénkötések növelhetik a folyadékok viszkozitását is (pl. glicerin, glikol).



79. Hidrogénkötések



78. Hidrogéntartalmú szerves vegyületek forráspontja

Jó, ha tudod!

A hidrogénkötésnek köszönhető a földi élet adó víz cseppfolyós halmazállapota. A fenti ábra alapján megbecsülhető, hogy a kis molekulájú víz olvadási- és forráspontja a hidrogénkötések hiányában jóval alacsonyabb lenne. Az élővilág az ósöcéanokban alakult ki. Az élő rendszerek működése nem lenne lehetséges az oldószerként, szállító- és reakcióközegként funkcionáló víz hiányában. A Földről szinte teljesen hiányozna a cseppfolyós halmazállapot, hiszen néhány fém kivételével nincs más szerves anyag a természetben, amelynek – közönséges körülmények között – az olvadási- és forráspontja ezt lehetővé tenné. Hidrogénkötés nélkül a szerves vegyületek kémiaja is egészen más lenne.



80. A víz a Föld fontos cseppfolyós vegyülete amelynek – közönséges körülmények között – az olvadási- és forráspontja ezt lehetővé tenné. Hidrogénkötés nélkül a szerves vegyületek kémiaja is egészen más lenne.

Kísérlet

Oldjunk fel – folyamatos keverés közben – 100 cm³ abszolút alkoholban néhány gramm polioxietilént! Az oldást elősegíthetjük az oldat vízfürdőn történő melegítésével. A kapott folyadékot vízzel elegyítve nyúlós anyaghoz jutunk (81. ábra). (Ha fluoreszceint is adunk az anyaghoz, akkor horrorisztikus, a sötétben zölden világító nyák állítható elő.)

A nagy molekulájú polioxietilén $-O-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-O-$ molekulaláncaiban az oxigénatomokhoz odaférnek a kisméretű vízmolekulák, és erős hidrogénkötéseket hoznak létre. Ezáltal a láncok között a vízmolekulák hidakat képeznek, és a kialakuló térhálós szerkezet miatt válik viszkózussá az anyag. Az alkohol molekulái (CH_3-CH_2-OH) nagyobbak, így nem képesek létrehozni ezt a térhálós rendszert.



81. Kísérlet polioxietilénnel

74 Válaszd ki a következő szerves anyagok közül azokat, amelyek tiszta halmazában hidrogénkötések alakulhatnak ki: H_2 , H_2O_2 , H_2SO_4 , SbH_3 , HI , BH_3 , HNO_3 .

75 Milyen típusú kémiai kötések fordulnak elő közönséges körülmények között a következő anyagokban (82., 83. ábra)?

- oxigéngáz
- kén
- cseppfolyós kén-dioxid
- szárazjég (szilárd szén-dioxid)

Atomrácsos kristályt képeznek a periódusos rendszer középső oszlopaiban elhelyezkedő, viszonylag nagy elektronegativitású elemek (B, C, Si, Ge). E rács típus tipikus képviselője a gyémánt. A rács pontokon lévő atomtörzseket erős, elsőrendű *kovalens kötések* tartják össze (103. ábra).

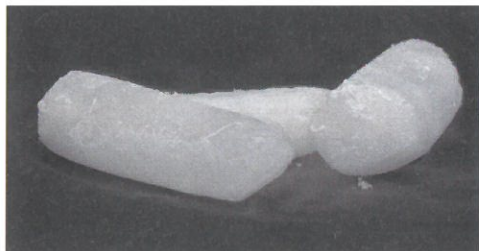
***76** Mekkora a koordinációs szám a gyémánt-rácsban (103. ábra)?

77 Milyen fizikai sajátságok következnek a rácsot összetartó kötések erősségéből?

Az atomrácsos anyagok magas olvadáspontú (lásd a táblázatot), gyakorlatilag oldhatatlan, kemény anyagok. A gyémánt átlátszó és szigetelő, de az atomrácsos anyagok között előfordulnak szürkés, fémesen csillogó félvezetők is.



82. Kénkristály



83. Szárazjég



84. Gyémánt

Kémiai jel	Olvadáspont (°C)
B	2300
C (grafit)	3727
Si	1410
Ge	937
SiO ₂ (kvarc)	1550

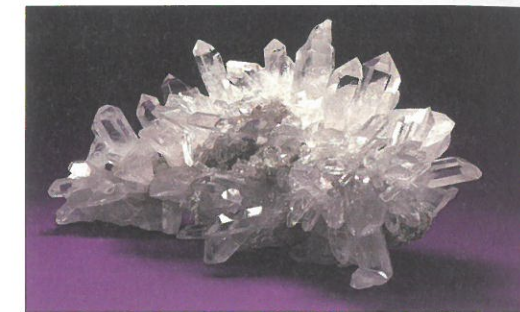
85. Atomrácsos anyagok és olvadáspontjuk



86. Grafit

78 Állapítsd meg, mi az összefüggés az atomrácsos anyagok olvadáspontja és az atomtörzs mérete között! (Használd a 85. ábra adatait!)

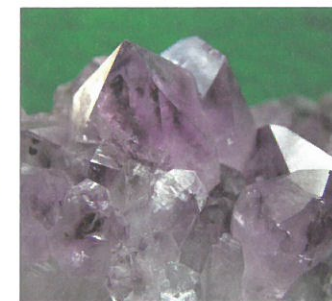
A vegyületek közül tipikusan atomrácsos a szilícium-dioxid. A gyémántnál alacsonyabb olvadáspontú tiszta állapotban színtelen, kristályos anyag. Egyik módosulata a kvarc, amely a közönséges kavicsnak is fő összetevője.



87. SiO₂; kvarc



88. Szilíciumtartalmú anyag: opál



89. Szilíciumtartalmú anyag: ametiszt



90. Szilíciumtartalmú anyag: agyag



Jó, ha tudod!

Általános iskolában azt tanultatok, hogy egy anyag ilyen vagy olyan. A valóság azonban nem ilyen egyszerű. A legtöbb anyag nem tisztán atomrácsos. Az említetteken túl számos más olyan vegyület is van, amelyeket tulajdonságai alapján atomrácsos jellegűnek tekintünk. Olyan esetben, amikor a fémmen mérete kicsi, töltése pedig nagy, az anion pedig könnyen deformálható, ionrács helyett gyakran jön létre atom-



91. Piritgumó



92. Korund

rács. Viszonylag könnyen polarizálhatók a szulfidionok, így a p- és d-mező fém-szulfidjainak nagy része [a természetben megtalálható ásványok közül például a *pirit* (FeS_2)] atomrácsos jellegű. Ugyancsak atomrácsosak ugyanezen fémek szilikáttjai is. Az alumínium-oxid-tartalmú, régen sürolásra, smirgli készítésére használt *korund* is atomrácsos jellegű.

Összefoglalás

A folyadékok

- részecskéi közel vannak egymáshoz, kölcsönhatásban vannak, de elgördülnek egymáson,
- sűrűségét, viszkozitását, forráspontját a részecskék közti kötések jelentősen befolyásolják.

A szilárd anyagok

- részecskéi közel vannak egymáshoz, kölcsönhatásban vannak, helyhez kötöttek, de állandó rezgésben vannak,
- részecskéinek elrendeződése lehet szabályos (kristályos állapot) vagy rendezetlen (amorf állapot),
- kristályos állapota az elemi cellával, a koordinációs számmal és a rácsenergiával jellemezhető,
- sűrűségét, keménységét, rugalmasságát, olvadáspontját a részecskék közti kötések jelentősen befolyásolják.

Kristályrács típusok

	Molekulárcsós anyagok	Atomrácsos anyagok
A kristályrács rácspontjain	molekulák vagy nemesgázatomok	atomtörzsek
A rácsot összetartó kötés	másodrendű (diszperziós, dipólus-dipólus, hidrogénkötés)	kovalens kötés
Olvadáspont, forráspont	viszonylag alacsony (a moláris tömeg növekedésével általában nő)	magas (az atomtörzs méretének növekedésével csökken)
Halmazállapot 25 °C-on, standard légköri nyomáson	gáz, folyadék vagy szilárd (az anyagi minőségtől függ)	szilárd
Oldhatóság	a molekula polaritásától függ	nincs oldószerük

93. Kristályrács típusok szerkezete és tulajdonságai

79 Sorold fel az atomrácsos anyagok azon felhasználási területeit, amelyek az atomrácsból adódó tulajdonságokon alapulnak!

80 Foglald össze a leckében szereplő két kristályrács tulajdonságai alapján, hogyan befolyásolja a rácsösszetartó erő típusa az anyag olvadási- és forráspontját, illetve oldhatóságát! (A válaszadásban a 75–77. és a 85. ábra is segít.)

12. Kristályrács típusok II.

Az **ionrácsos** anyagok kristályrácsában a rácspontokon ellentétes töltésű ionok vannak.

81 Van-e ionrácsban kristályosodó elem? Indokold válaszodat! Vedd figyelembe azt is, hogy mi a feltétele az ionkötés létrejöttének!

82 A korábbiakban megismert ionvegyületek tulajdonságai közül sorolj fel olyanokat, amelyek az ionrács közös jellemzőiből következnek!

Az ionvegyületek kristályában a koordinációs szám 6, illetve 8, tehát a molekula- és atomrácsos anyagoknál szorosabb illeszkedésűek a kristályaik.

Az ionrácsos anyagokban a rácsösszetartó erő az ellentétes töltésű ionok között működő erős elektrosztatikus vonzás, amelyet *ionkötésnek* nevezünk. Az ionkötés erősségére a rácsenergia értékéből következtethetünk. A rácsenergiát meghatározza az ionok mérete, azok töltése és az ionrács típusa (koordinációs szám).

Az erős elsőrendű kötések miatt az ionvegyületek magas olvadáspontúak, közönséges körülmények között valamennyi képviselőjük szilárd halmazállapotú.

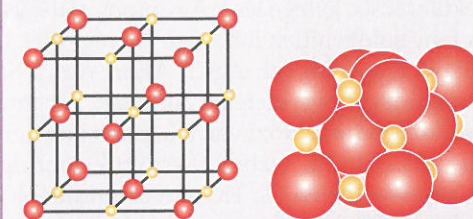
83 Válaszd ki az alábbi táblázat (94. ábra) adatai alapján az ionrácsos halogénideket!

Vegyület	Olvadáspont
AlCl ₃	194 °C
KI	723 °C
NaBr	755 °C
SnCl ₄	-33 °C
BaF ₂	1368 °C
PbCl ₂	500 °C

94. Néhány halogénid olvadáspontja

Jó, ha tudod!

A koordinációs szám a kation és az anion méretviszonyaitól függ. Az egyik alaptípust az ún. NaCl típusú rács képezi (95. ábra), amelynek elemi cellájában egy-egy síkban egymás mellett felváltva található a kationok és az anionok (a kisméretű kation befér az anionok közé). Egy-egy ionnal egy síkban négy, illetve fölötte és alatta egy-egy szomszédos, ellentétes töltésű ion van.

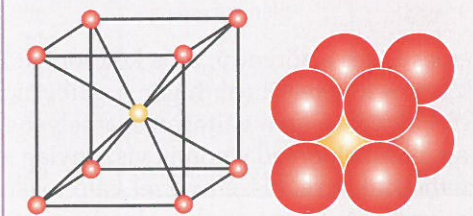


95. A NaCl típusú ionrács



96. NaCl – kősó kristály

Ha a kation sugara közel azonos az anionéval, akkor a CsCl típusú ionrács (97. ábra) jön létre. Ebben az azonos töltésű ionok egy síkban helyezkednek el. Egy-egy ionhoz legközelebb a fölötte, illetve alatta elhelyezkedő 4-4 ellentétes töltésű ion van, vagyis a koordinációs szám 8.



97. A CsCl típusú ionrács

Az ionrácsos anyagok szilárd állapotban nem vezetnek az elektromos áramot, mert az ionok helyhez kötöttek, olvadáskor vagy vizes oldatuk viszont jó vezetők (erős elektrolitok). Apoláris oldószerben általában nem vagy alig oldódnak, dipólusos oldószerben, különösen vízben jól oldódnak.

Mely vegyületek ionrácsosak? A kis elektronegativitású fémek ionjai az anionok többségével ionvegyületet képeznek. Az ammóniumsók is tipikus ionvegyületek. Az anionok közül a szulfát- és nitrátionok a fémionokkal ionvegyületeket alkotnak. Néhány ionos szulfátnak (pl. BaSO_4) azonban olyan nagy a rácsenergiája, hogy azért nem oldódik vízben.

A kötéstípusok között folyamatos az átmenet. A viszonylag kis méretű, illetve nagy töltésű, nagy elektronegativitású fémionok deformálni (*polarizálni*) képesek az anionok elektronfelhőjét. Ezáltal az ilyen kötés a kovalensbe hajlik: a vegyületnek atomrácsos vagy molekularácsos jellege lesz. Az anion polarizálhatósága a méret növekedésével egyre nagyobb. A fém-halogenidnek többsége ionvegyület, bár a halogenidionok a nagyobb elektronegativitású fémekkel (pl. AgCl , AgBr , AgI , PbI_2) már kovalens jellegű, vízben gyakorlatilag nem oldódó vegyületeket alkotnak. A halogenidok közül a legnagyobb méretű aniont tartalmazó jodidok közt van a legtöbb kovalens jellegű vegyület. A fém-oxidok nagy része is rosszul oldódik vízben. Közöttük több igen magas olvadáspontú, atomrácsos jellegű anyag van (pl. Al_2O_3 , TiO_2). A szulfidionok is erősen polarizálhatók: a p- és d-mező fémeknek szulfidjai vízben rosszul oldódnak, az oldatból kicsapódnak.

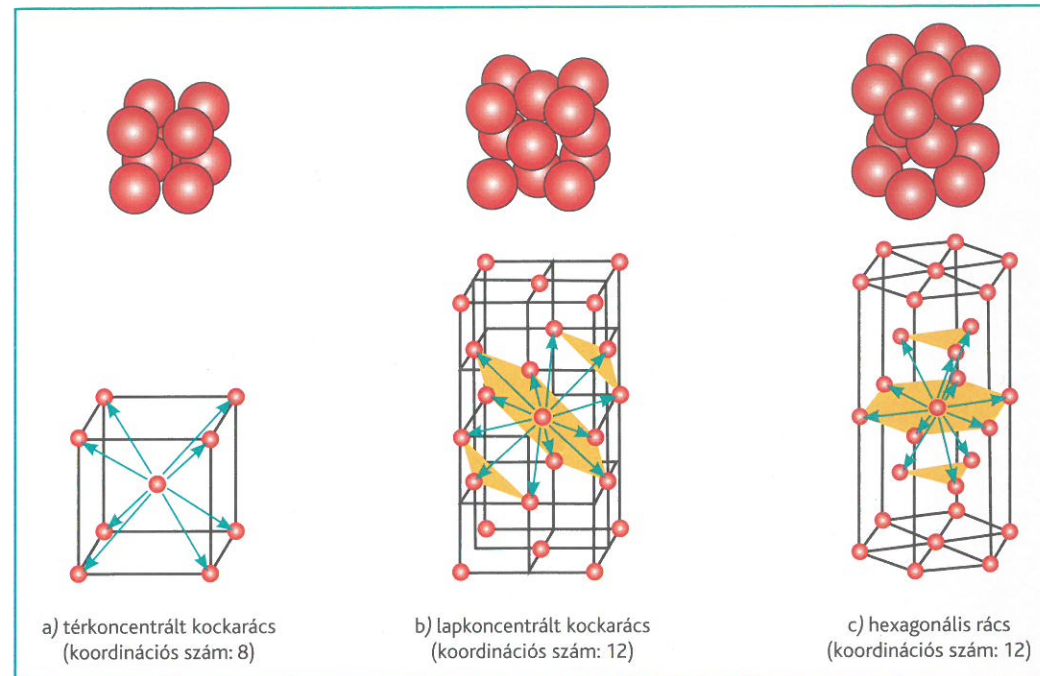
84 Korábbi tanulmányaid során milyen tulajdonságait ismerted meg a fémeknek?

A **fémrácsos** anyagok általában szürkés színűek, csillogó felületűek. Jó elektromos és hővezető képességükből arra következtethetünk, hogy bennük viszonylag könnyen elmozduló, delokalizált elektronok vannak. A rács delokalizált elektronfelhője az atomok vegyértékelektronjaiból, illetve azok egy részéből jön létre. Ez az ún. *fémek kötés*, amelynek feltétele a kis elektronegativitás.

Ezek az elektronok könnyen gerjeszthetők, ezért a fénysugarak közül bármely színűt (azaz bármelyik energiáját) képes elnyelni a fém. Ha csupán fényelnyelés történne, akkor a fémek színe fekete lenne. A csillogó szürkeséget az okozza, hogy a *fémfelület* a fénysugarak egy részét *visszaveri*.

A fémrácsos anyagok térkitöltése nagy. Három különböző elrendeződésű rács a legjellemzőbb a fémekre. A tércentrál kockarácsban a koordinációs szám 8, a legszorosabb illeszkedésű lapcentrál kockarácsban és hexagonális rácsban pedig 12 (98. ábra).

A fémek kötés elsőrendű, erős kölcsönhatás, ezért közönséges körülmények között a fémek kevés kivételtől (pl. higany, gallium, cézium) eltekintve szilárd anyagok. *Olvadáspontjuk* azonban igen változatos, amelyet a rács típus (az elemi cella fajtája) is befolyásol. Az alkálifémek olvadáspontja viszonylag alacsony. Kísérleti tapasztalatainkból is következtethetünk erre, hiszen vízzel való reakciójukkor a víz tetején lévő fém a reakcióhőből megolvadt. A legmagasabb olvadáspontú d-mezőbeli fémeknél a telítetlen d-pályák elektronjai alkotnak erős kötések.



98. Fémrács típusok és koordinációs számaik

85 A táblázat (99. ábra) az alkáli- és alkáliföldfémek rács típusát és olvadáspontját foglalja össze. Állapítsd meg az adatok alapján, miként befolyásolja az atom mérete az olvadáspontot! Mely adatokra alapoztad következtetéseidet és miért?

Az olvadáspontot a fémeknél az atomsugár és a rács típus mellett az alapállapotú atomok párosítatlan, illetve a delokalizációban részt vevő elektronjainak száma is befolyásolja. A d-mező egyes fémeknél igen magas olvadáspontját az alsóbb, nem telített alhéjak kölcsönhatásai révén kialakuló erős kötések okozzák.

A fémek felhasználását a megmunkálhatóság mellett *sűrűségük* is befolyásolja. Az 5 g/cm^3 -nél kisebb sűrűségű *könnyűfémek* közé a tömegükhöz képest nagy atomsugárú s-mezőbeli fémek, valamint a p-mezőből például az alumínium tartozik. A nagyobb moláris tömegű p-mezőbeli fémek (pl. ón, ólom), illetve a tömör, tömegükhöz képest kis atomtér fogatú d-mezőbeli fémek a *nehézfémek* csoportját alkotják.

Kémiai jel	Rács típus	Olvadáspont
Alkálifémek		
${}^3\text{Li}$	tércentrál kockarács	180 °C
${}^{11}\text{Na}$		98 °C
${}^{19}\text{K}$		64 °C
${}^{37}\text{Rb}$		39 °C
${}^{55}\text{Cs}$		28 °C
Alkáliföldfémek		
${}^4\text{Be}$	hexagonális	1289 °C
${}^{12}\text{Mg}$		650 °C
${}^{20}\text{Ca}$	lapcentrál kockarács	842 °C
${}^{38}\text{Sr}$		769 °C
${}^{56}\text{Ba}$	tércentrál kockarács	729 °C

99. Az alkáli- és alkáliföldfémek olvadáspontja és rács típusa

Az elemi fémek általában nem oldódnak sem apoláris, sem poláris oldószerekben. A higany sok fémeket kitűnően old (ún. amalgám keletkezik). A különböző fémek olvadákat elegyítve olyan ötvözetekhez jutunk, amelyek – sajátos rácsszerkezetük miatt – mind fizikai, mind kémiai sajátságaikban jelentősen eltérnek a tiszta fém tulajdonságaitól.



100. Amalgám-tömés



Érdekesség

A rács típus jelentősen befolyásolja a fémek megmunkálhatóságát. A tércentrált kockarácsú alkálifémek puhák, késsel vágathatók, ugyanakkor közönséges körülmények között a nehezen alakítható vas is e kristályrácsban kristályosodik. A megmunkálhatóság szempontjából a lapcentrált kockarács a legoptimálisabb: ilyen a kiválóan nyújtható, hengerelhető alumínium rácsa. A vasat is azért kovácsolják izzó állapotban, mert ezen a hőmérsékleten átkristályosodik. A hexagonális rácsban kristályosodó fémek (pl. Zn) ridegek, rosszul megmunkálhatók.



101. Hexagonális rácsban kristályosodó fém a cink



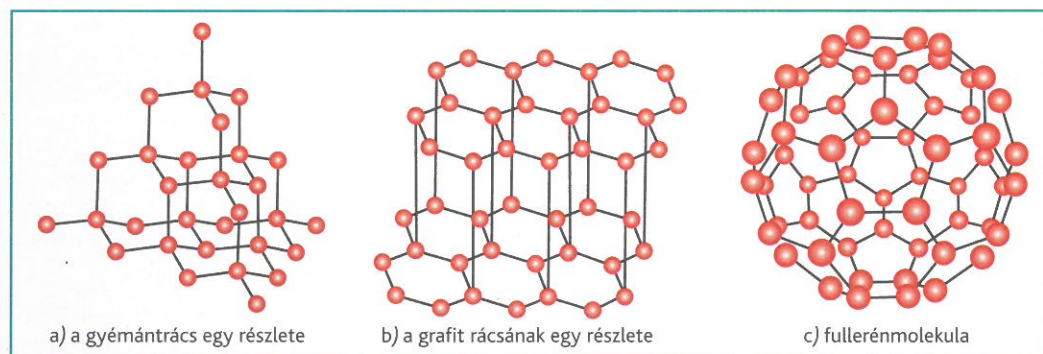
Jó, ha tudod!

A vegyületek között is találunk fémrácsúakat. Például a szulfidionokkal a fémek nemcsak atomrácsos, hanem sok esetben fémrácsos kristályt alakítanak ki.



102. Antimonit (Sb_2S_3)

A **kötéstípusok közti átmenetre** több példát ismertünk meg az elemeknél. Az elemek eltérő rács típusú vagy molekulás szerkezetű allotróp módosulatai közül a szénnel és a foszforral részletesebben foglalkozunk. A gyémánt tipikus atomrácsa mellett a szénatomok rétegrácsos szerkezetet is felvehetnek (103. ábra). A *grafitban* egy-egy sík atomrácsos szerkezetű, a szénatomok azonban egyik vegyértékelektronjuk révén a síkok között delokalizált elektronrendszert képeznek. A grafít – a gyémánttal szemben – szürkés színű, puha, és vezeti az elektromos áramot.

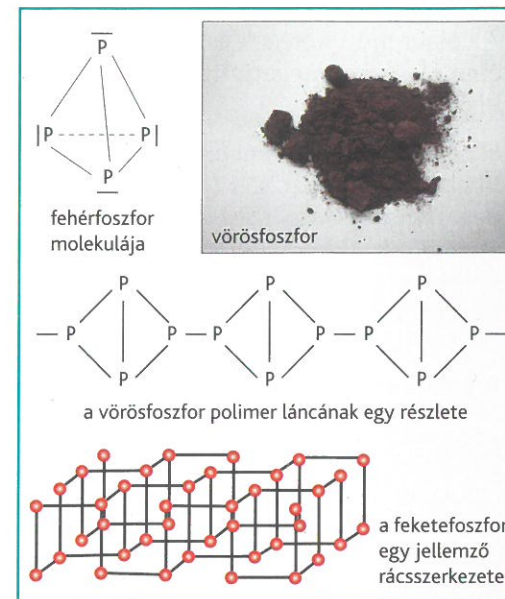


103. A szén három allotróp módosulata: gyémánt, grafít, fullerén

86 A grafít egyes tulajdonságai mely rács típusra jellemzők, és hogyan indokolhatók a rács szerkezete alapján?

A szén harmadik módosulatának számító *fullerének* molekuláris anyagok. A rács típus bizonyítéka, hogy a fullerén kitűnően oldódik apoláris oldószerekben.

A foszfor jellegzetes, molekuláris módosulata *sárgásfehér* színű, apoláris oldószerekben oldódó, négyatomos molekulákat tartalmazó anyag. A *vörösfoszforban* a tetraéderek egymással összekapcsolódva hosszú láncokat hoznak létre. Ez a magasabb gyulladási hőmérsékletű, gyakorlatilag oldhatatlan anyag már inkább az atomrácsos anyagokhoz hasonlít. Létezik *feketefoszfor* is, amely félvezető tulajdonságú, az atomrács és a fémrács sajátságait viseli magán.



104. A foszformódosulatok szerkezete

Összefoglalás

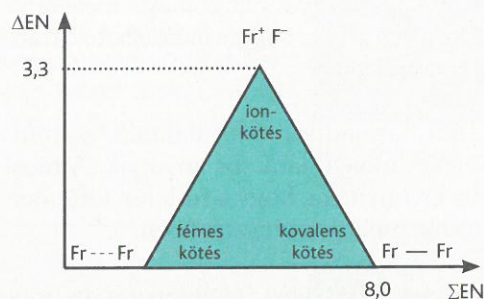
A kémiai kötések fajtái

Elsőrendű			Másodrendű		
kovalens kötés	ionkötés	fémek kötés	hidrogénkötés	dipólus-dipólus kötés	diszperziós kölcsönhatás
elektronpárok atomtörzsek között, nagy EN	ellentétes töltésű ionok vonzása, nagy ΔEN	delokalizált elektronfelhő fémionok között, kis EN	N-hez, O-hez, F-hoz kapcsolódó hidrogén és egy másik N, O vagy F nemkötő elektronpárja közti kötés	dipólus-molekulák között	molekulák közötti, a moláris tömegtől függő kötés
atomrácsban, molekulákon, összetett ionokon belül	ionrácsban	fémrácsban		molekularácsban	
erős			gyenge		

105. A kémiai kötések fajtái

Az elsőrendű kötések és az alkotóelemek elektronegativitásának viszonya

Ha a kötést létesítő két elem elektronegativitásának különbségét (ΔEN) az elektronegativitás-összeg (ΣEN) függvényében ábrázoljuk, akkor a különböző elsőrendű kötések egy képzeletbeli háromszög csúcsai közelébe eső pontok képviselik.



106. Az EN és a kémiai kötések kapcsolata

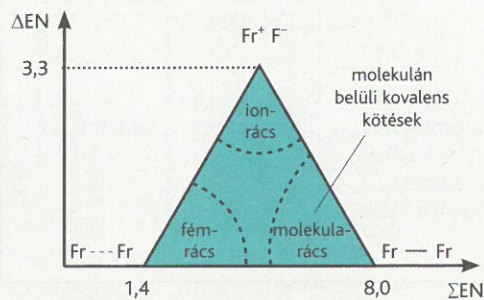
A kristályrácsok típusai

	Molekularács	Atomrács	Ionrács	Fémrács
Rácspontokon	molekulák, nemesgázatomok	atommörzsek	ellentétes töltésű ionok	„fémionok” (fématomok)
Rácsösszetartó erő	másodrendű kötések	kovalens kötés	ionos kötés	fémek kötés
Olvasás- és forráspont	alacsony, a méret növekedésével nő	magas, a méret növekedésével csökken	magas, a méret növekedésével csökken	változó
Oldhatóság	a polaritástól függ	—	vízben általában jó	egymásban
Elektromos vezetés	szigetelők	szigetelők vagy félvezetők	szilárd állapotban szigetelők, olvadátkban, oldatban vezetők	vezetők
Egyéb jellemző tulajdonság	közönséges körülmények között sok gáz és folyadék	kemények		csillogó, általában szürke színű anyagok
Példák	a nagyobb elektronegativitású elemek és vegyületeik	közepes elektronegativitású nemfémek, illetve vegyületeik	csak vegyületek, nagy elektronegativitás-különbség esetén	kis elektronegativitású elemek, illetve azok egyes vegyületei

107. Kristályrácsok típusai

A rács típus és az alkotórészek elektronegativitásának viszonya

Az előbbi grafikonon a kötéseknek megfelelő rács típusok helye:



108. Az EN és a rács típus kapcsolata