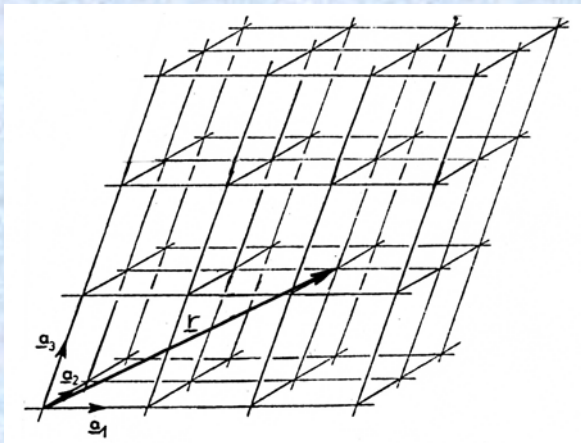


# Kristályrács-szerkezet

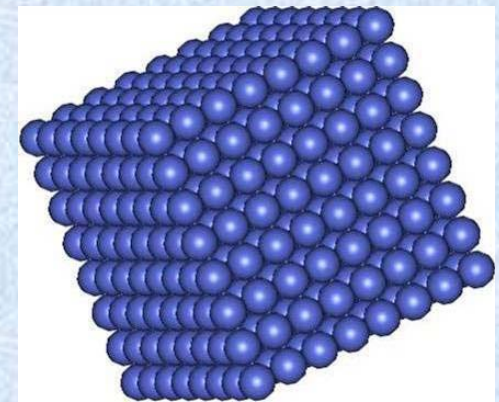
## (szubmikroszkópikus szerkezet)

**TÉRRÁCS:**  $\underline{r} = l \cdot \underline{a}_1 + m \cdot \underline{a}_2 + n \cdot \underline{a}_3$ , ahol  $l, m, n$  egész számok;  
 $\underline{a}_1, \underline{a}_2, \underline{a}_3$  a **periodikus rendezettség** három térbeli irányába mutató transzlációs egységvektorok

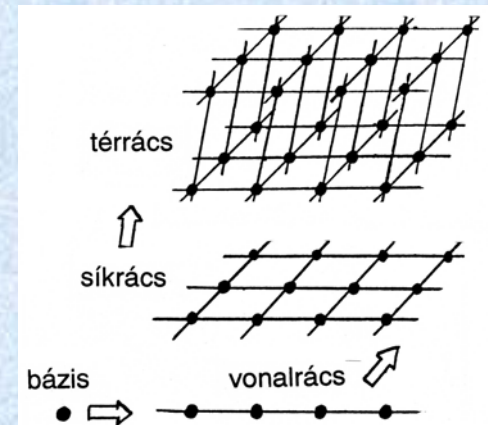


**KRISTÁLYRÁCS:**  
térrács + bázisok;

← ← ↓  
atomok, ionok, molekulák  
**transzlációs szimmetriával**  
építik fel a kristályrácsot,  
a szilárd anyag szemcséit



kristályos anyagok transzlációs szimmetriája:  
**a térrács geometriai elemeinek**  
(csúcsok, élek, lapok)  
**szabályos ismétlődése:**

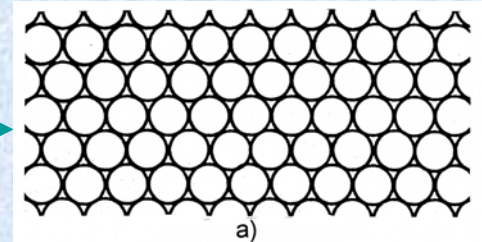




# Periodikus rendezettség kiterjedése

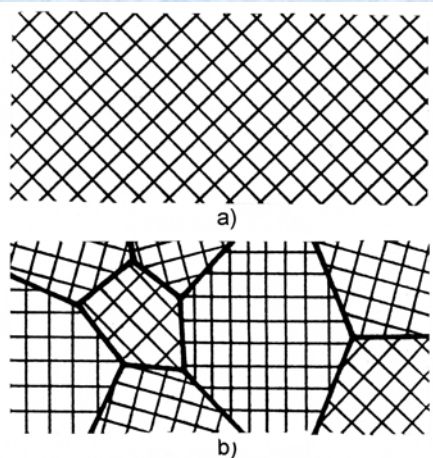
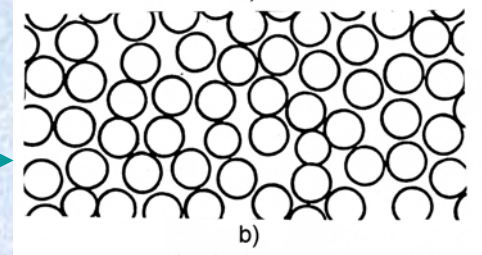
kristályos anyagszerkezet

**hosszútávú rendezettség**: →



Amorf anyagszerkezet

**rövidtávú rendezettség**: →

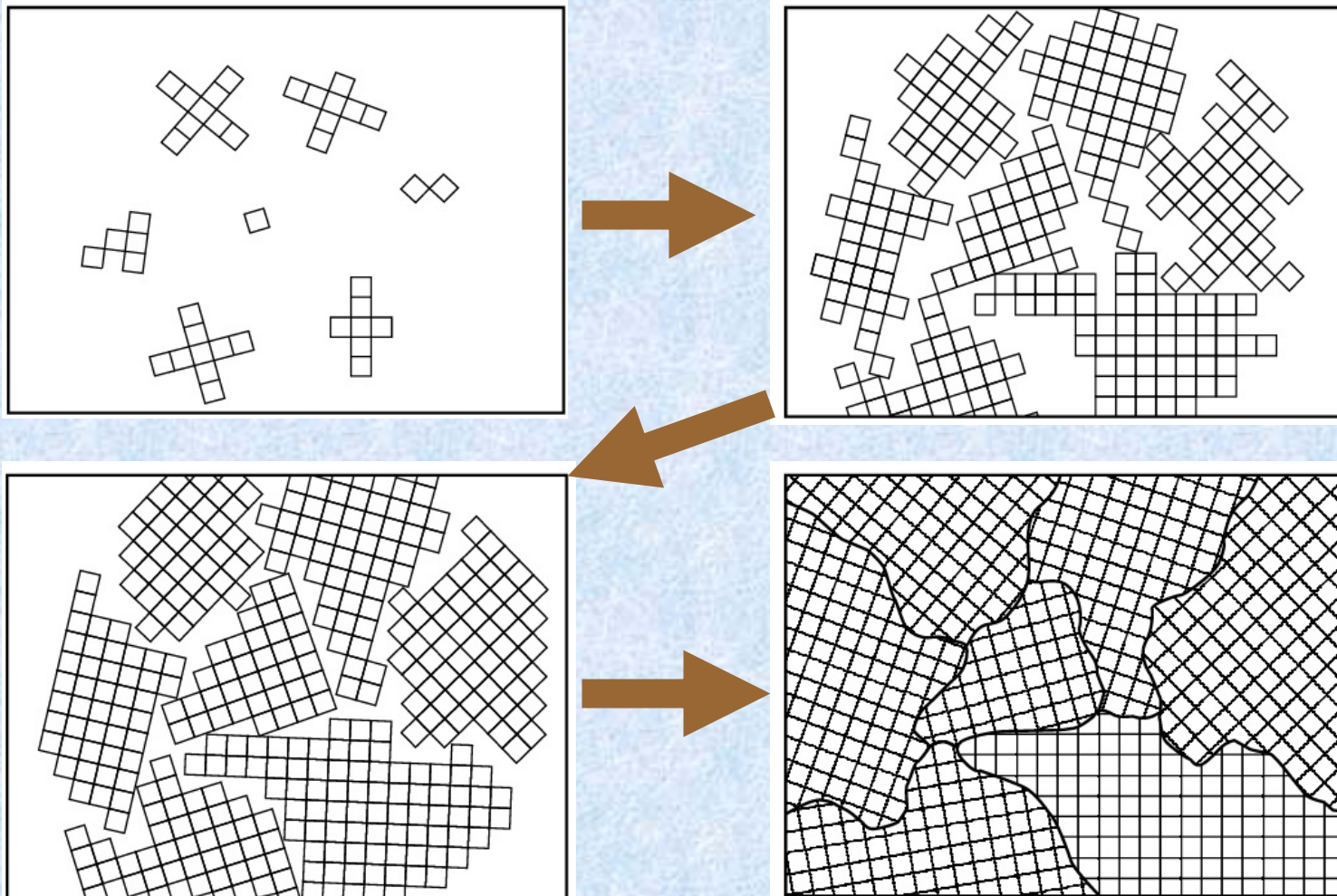


a rendezettség a külső makroszerkezeten belül nem vált orientációt, azaz egyetlen szemcsét épít fel ⇒ **monokristályos** anyag (egykristály)

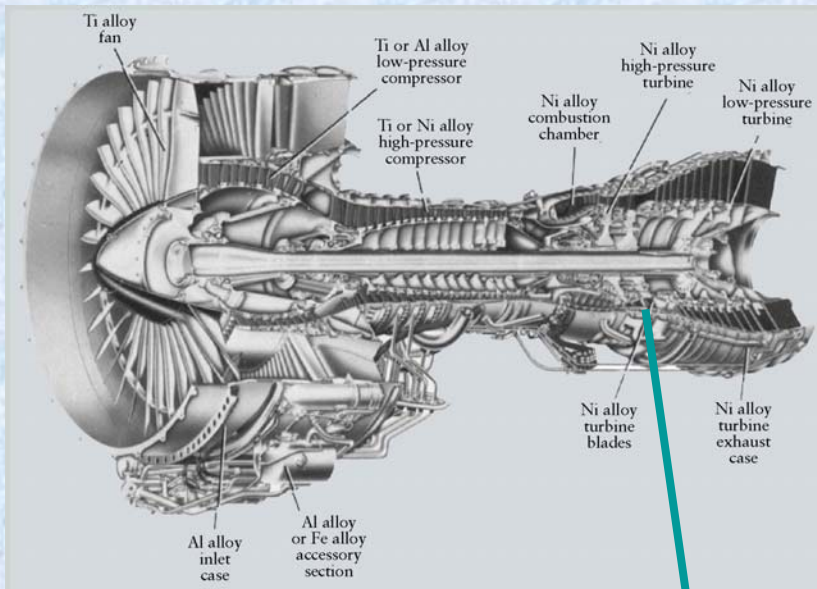
a hosszútávú rendezettség a különböző orientációjú fázisok, ill. szemcsék határáig áll fenn ⇒ **polikristályos** anyag



# Polikristályossá dermedés olvadék állapotból



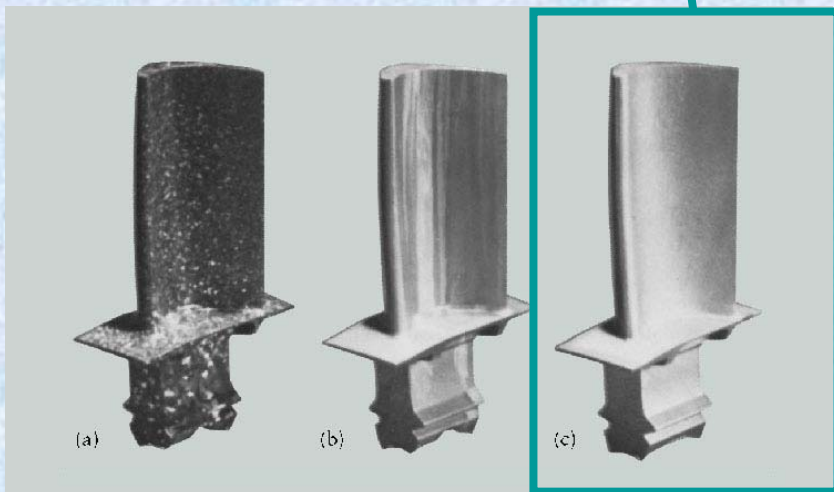
# Egykristályos fém alkalmazása



## Sugárhajtómű

Nikkelötvözetből készített  
**turbinalapát:**

- a) hagyományosan öntött polikristályos
- b) irányítottan dermedezett oszlopos polikristályos
- c) monokristályos**





# Mono- és polikristályos ásványok I.



**Termésréz**



**Fluorit**



**Szfalerit**



**Magnetit**



**Termésarany**



**Termésvas**



**Gyémánt**



**Pirit**



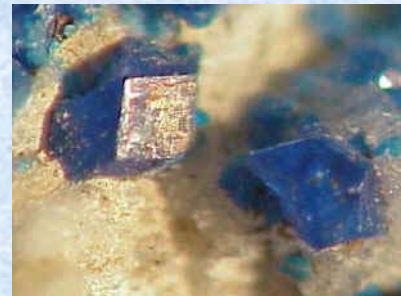
**Magnetit**



# Mono- és polikristályos ásványok II.



Cirkon



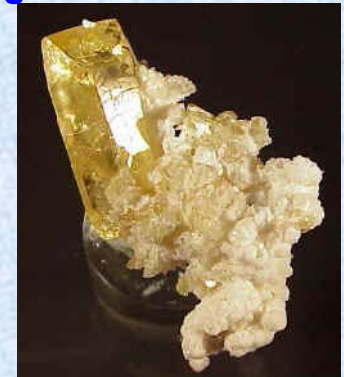
Cumengit



Cölesztin



Barit



Fluellit



Topáz





# Mono- és polikristályos ásványok III.



**Berill (Smaragd)**



**Elbait**



**Henmilit**



**Kvarc (Hegyikristály)**



**Kvarc (Ametiszt)**



**Grafit**



**Armenit**



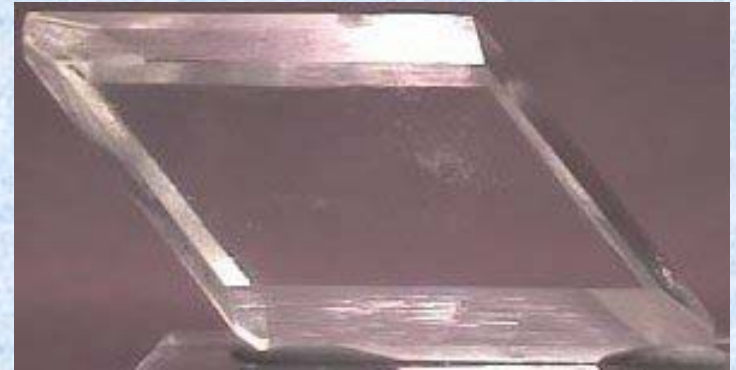
# Mono- és polikristályos ásványok IV.



**Hematit**



**Turmalin**



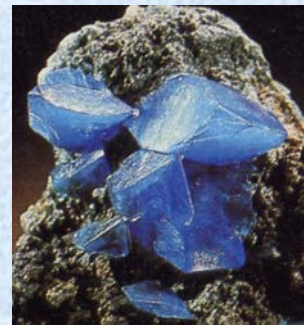
**Gipsz**



**Korund (Zafír)**



**Kriolit**



**Kalkantit  
(Rézszulfát)**



**Albit**

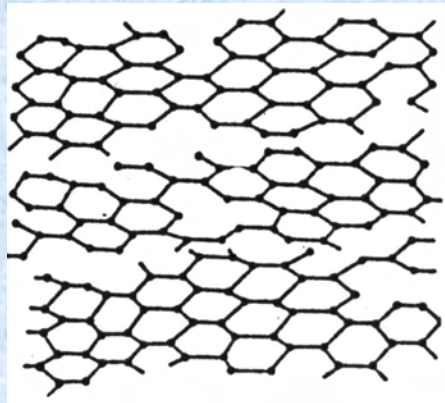


# Térirányok menti rendezettség, dimenzionális szabályosság

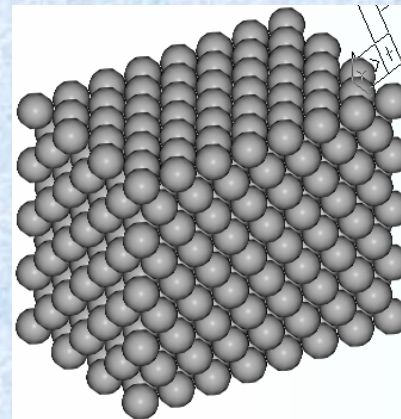
**Null-  
dimenziós  
kristály:**  
folyadékkristályos  
szerkezet



**Egy-  
dimenziós  
kristály:**



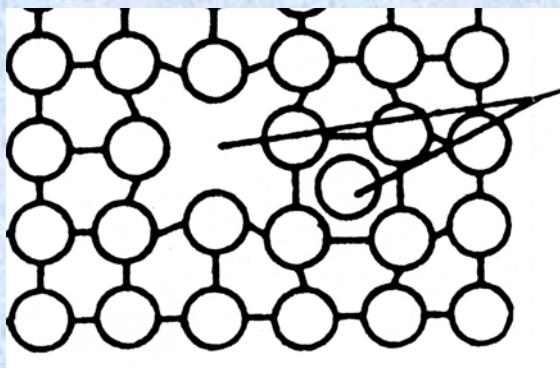
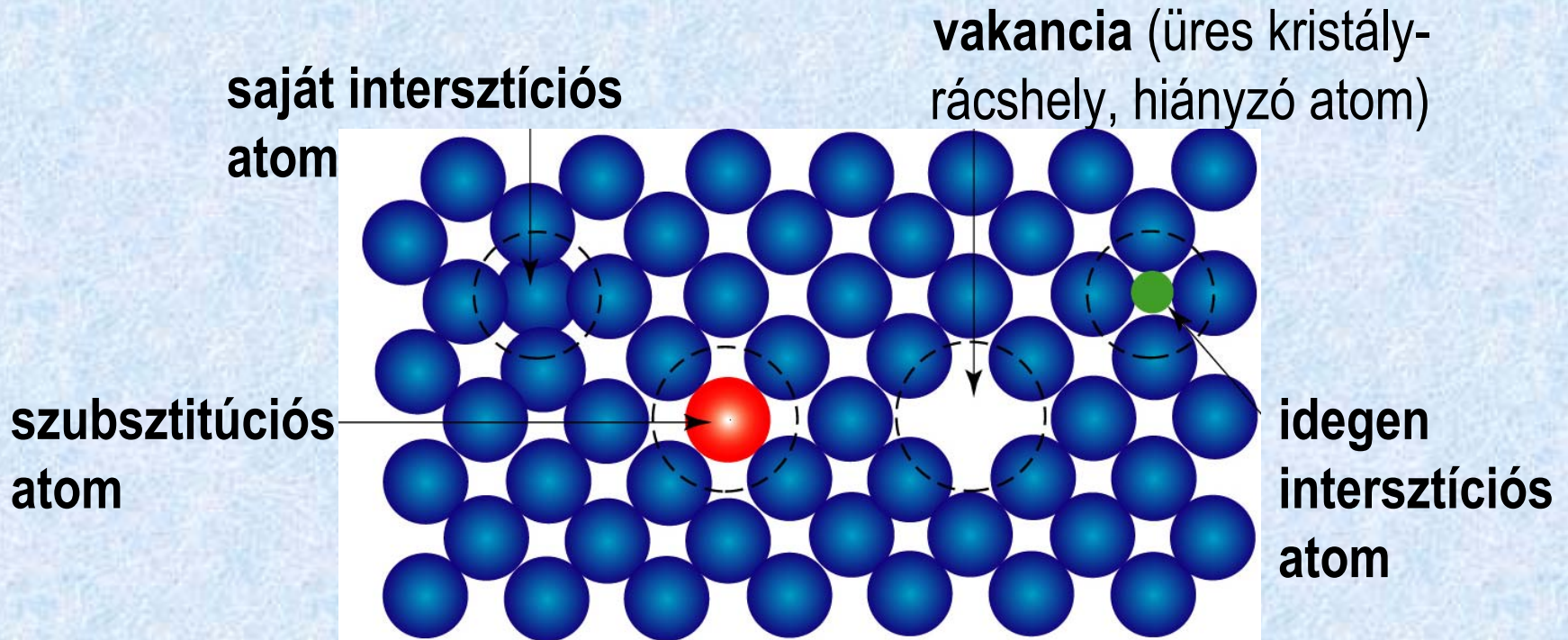
**Két-  
dimenziós  
kristály:**



**Három-  
dimenziós  
kristály:**



# Nulldimenziós (pontszerű) kristályhibák



egyidejűleg keletkező vakancia és saját intersztíciós atom:  
**Frenkel-hibapár**



# Egydimenziós (vonalszerű) kristályhibák

## él- és csavardiszlokációk

Kristályrácsbeli helyzetüknél fogva az **anyag alakváltozását megkönnyítik**.

Jelenlétük esetén nem kell az egész atomsíkot egyszerre elcsúsztatni a szomszédjához képest, hanem az szakaszonként történhet:

- mint a nagyméretű szőnyeg mozgatása,
- mint a százlábú mozgása.

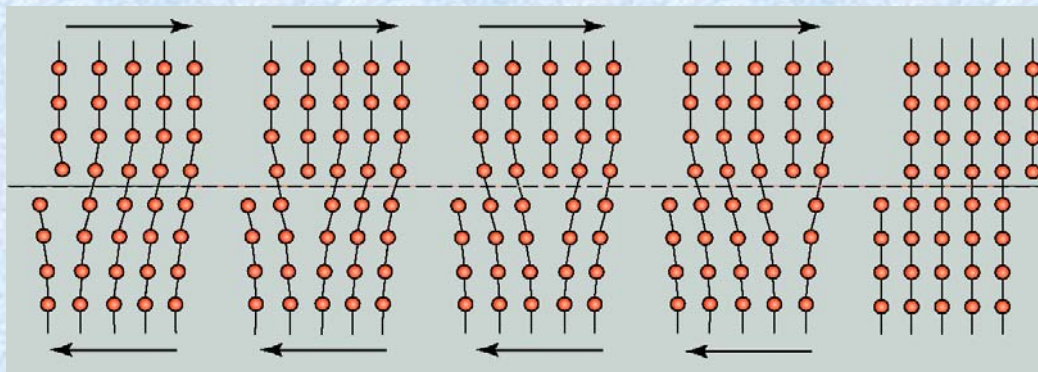
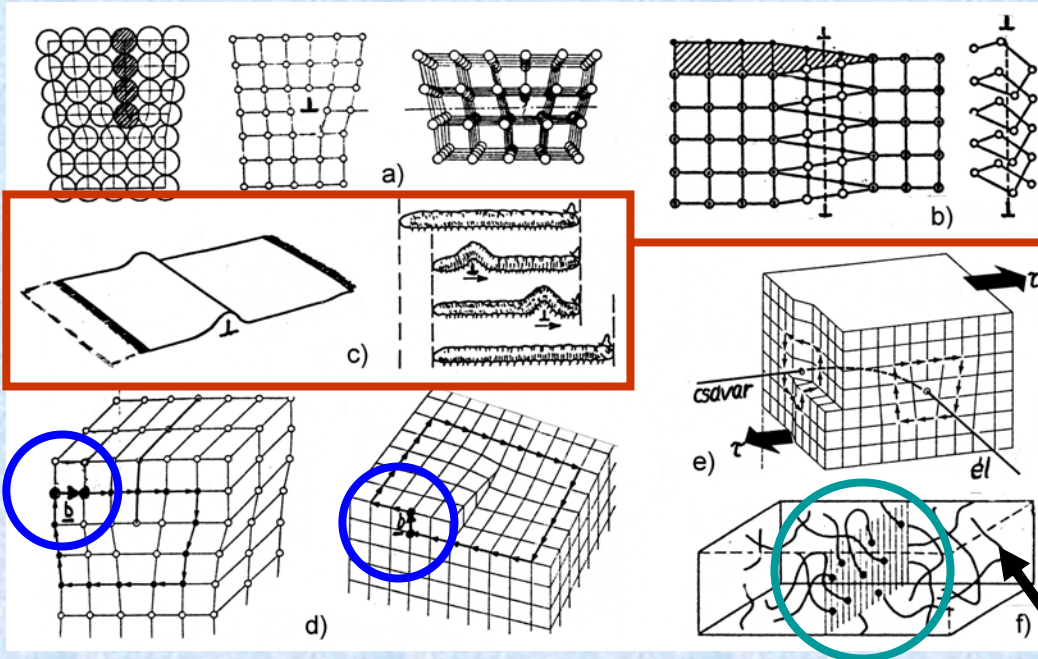
A diszlokációk **az elcsúszott és az el nem csúszott kristályrészek elválasztó atomsorai**.

A diszlokációk **nagyságát** jellemzi a **b Burgers-vektor**.

A diszlokációvonalak általában összetettek, a kristályrácsban "ágas-bogas" hálózatot alkotnak.

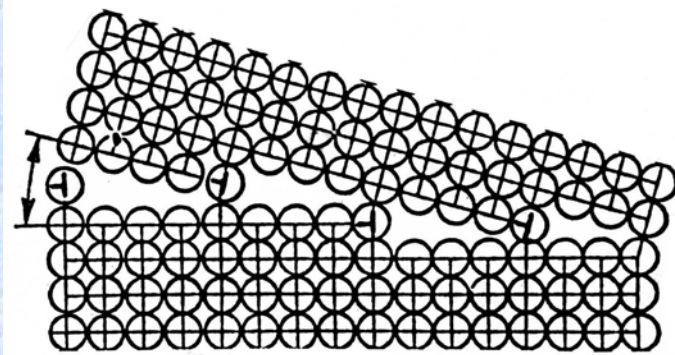
A diszlokációk **mennyiségét** jellemzi a **diszlokációsűrűség**, az egységnyi felületen lévő diszlokációvonal-metsződések száma.

- nem alakított (lágított) anyag kristályrácsában  $10^8 \dots 10^9 / \text{cm}^2$ ,
- hidegalakítás után  $10^{11} \dots 10^{12} / \text{cm}^2$  nagyságrendűvé válik.

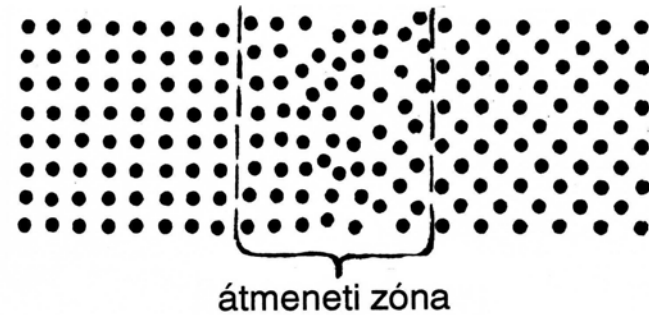




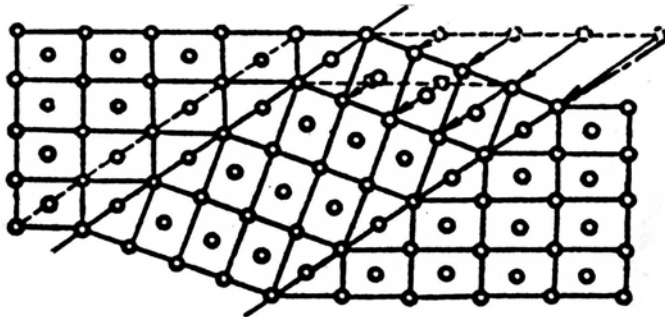
# Kétdimenziós (felületszerű) kristályhibák



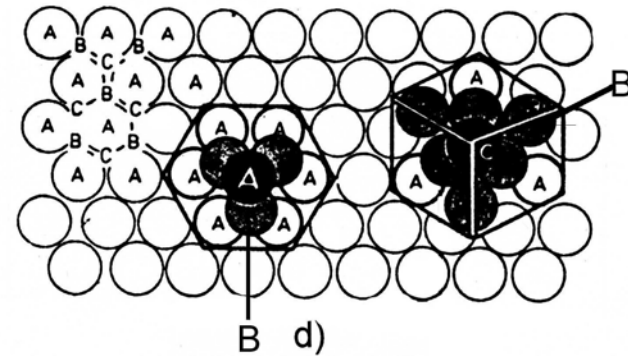
a)



b)



c)



d)

a) kisszögű szemcsehatár

b) nagyszögű szemcsehatár

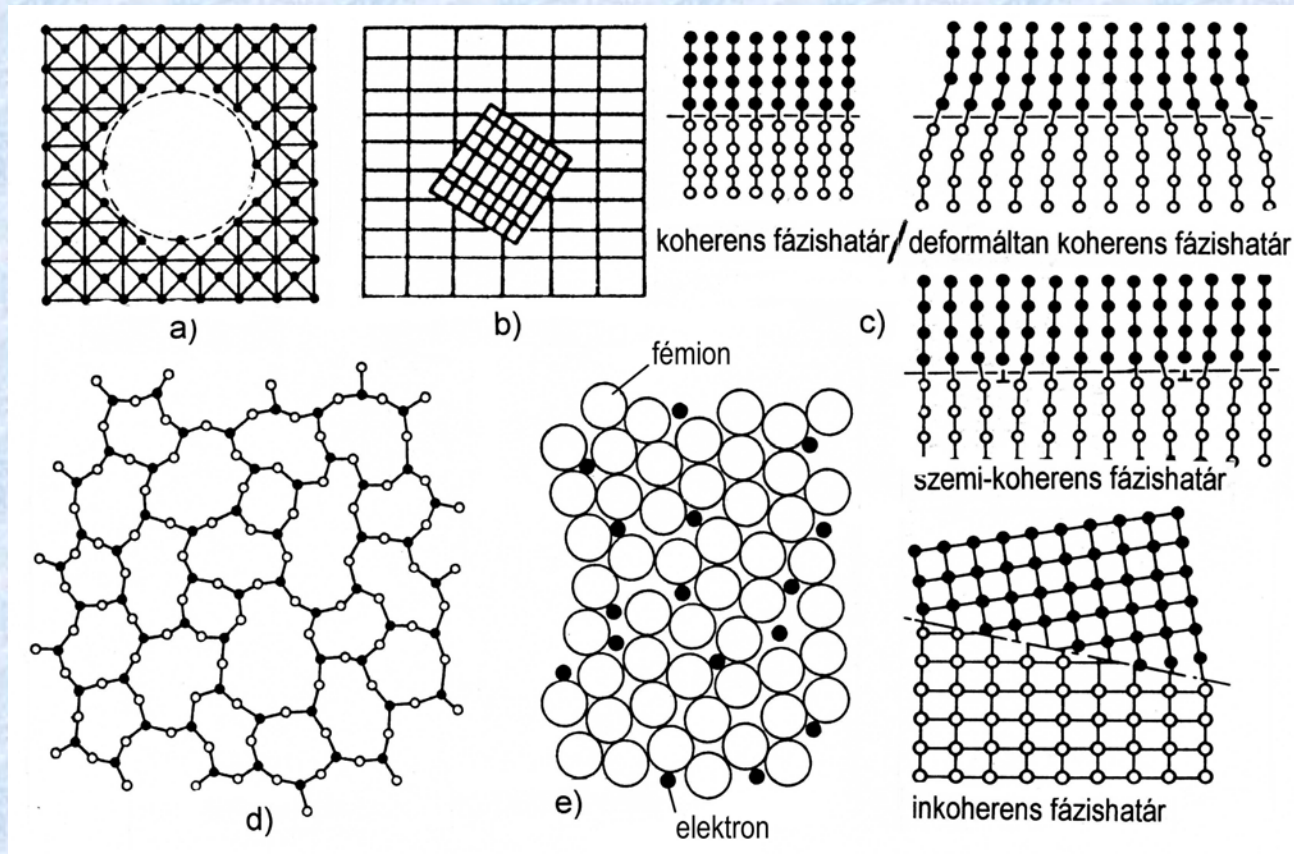
c) Ikerhatár

d) rétegződési hiba

+ anyagfelületek



# Háromdimenziós (térfogatszerű) kristályhibák



a) pórus

b) zárvány, fáziskiválás

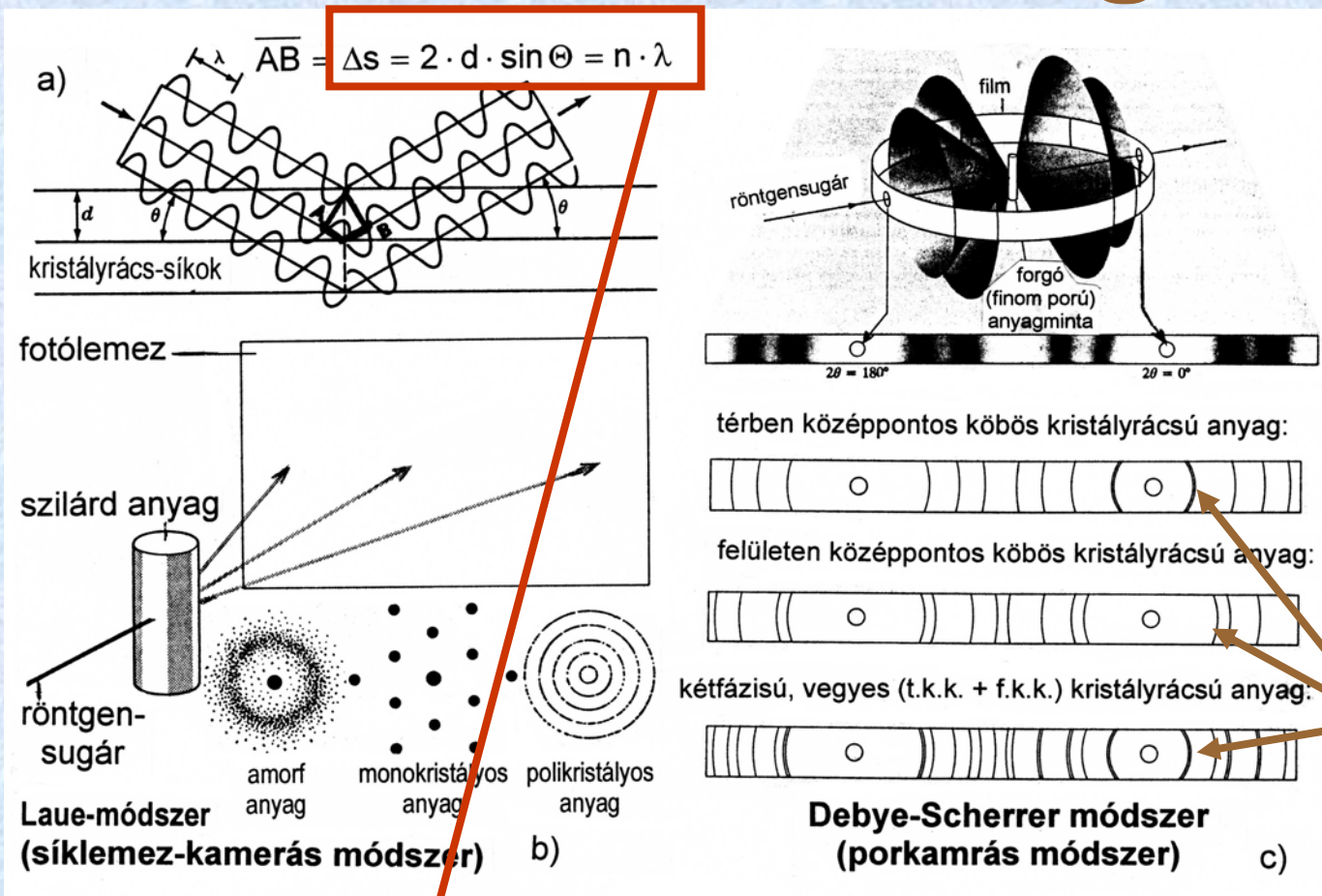
c) különböző fázishatárral

d) szilikátüveg (amorf kerámia)

e) fémüveg (amorf fém)



# Diffrakációs vizsgálatok



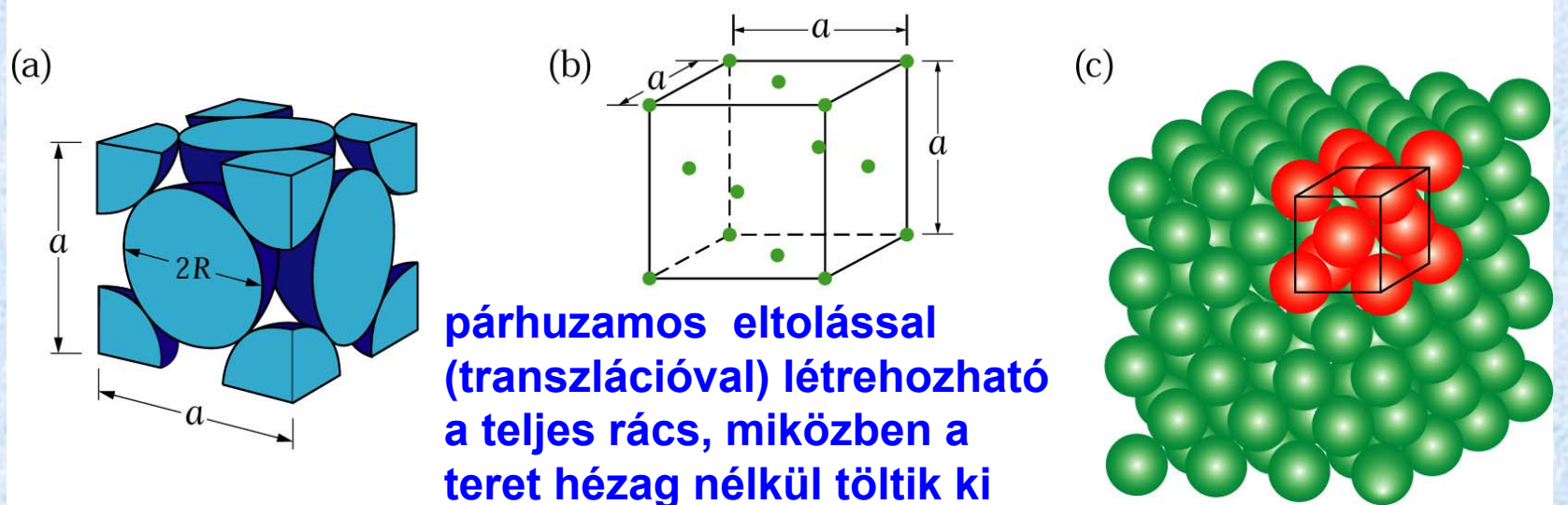
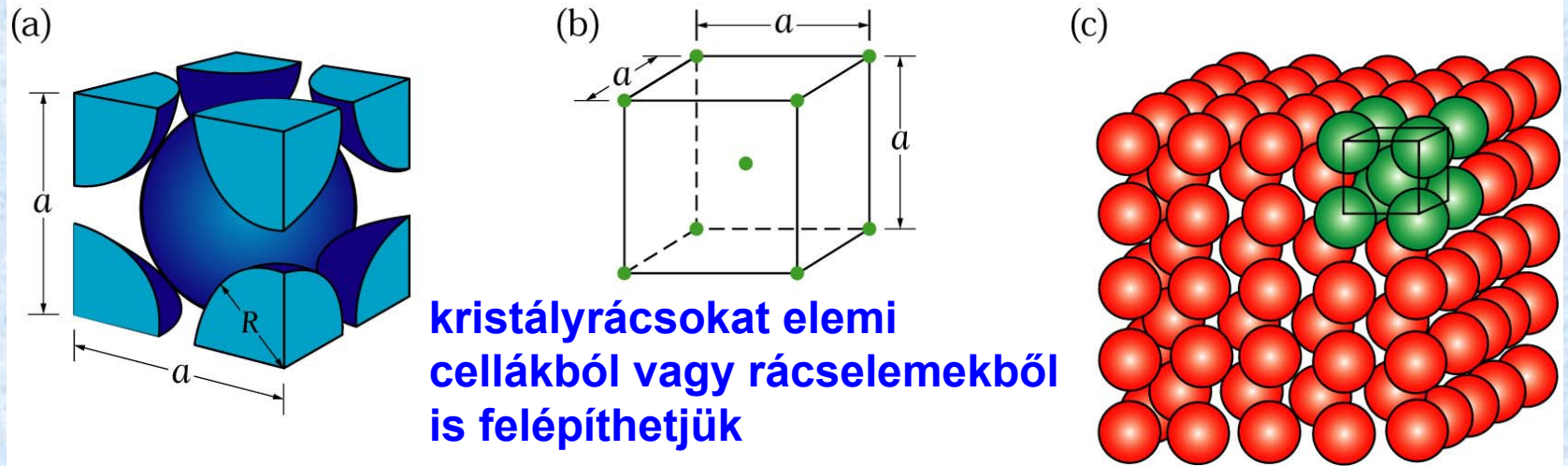
**Radiokrisztallográfiai vagy diffrakációs képek készítése**

$n$  a reflexió foka,  
 $\downarrow$   
 ha a legkisebb fényes gyűrűt vesszük alapul, akkor  $n = 1$

**Bragg-egyenlet:** az adott  $\Theta$  beesési szögű, monokromatikus (egy adott  $\lambda$  hullám-hosszúságú) **röntgensugarak** hatására "reflektáló" kristályrács-síkok  $d$  távolsága, vagyis a **kristályos anyag** térbeli **kristályrács-szerkezetének geometriai szabályossága** akár  $10^{-4}$  nm pontossággal meghatározható .




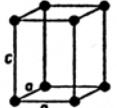
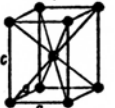
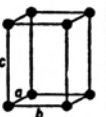
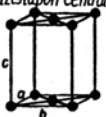
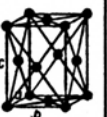
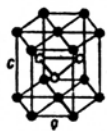
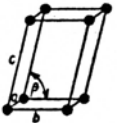
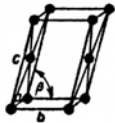
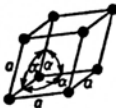
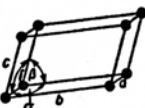


# Kristályrácselem-szerkezet





# Kristályrendszerek és rácselemeik

TRANZLÁCIÓS VEKTOROKKAL KÉPZETT KRISTÁLYRENDSZEREK		BRAVAIS RÁCSOK		
<b>KÖBÖS</b>	$ a_1  =  a_2  =  a_3 $ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$ $a_1, a_2, a_3 = 0$	egyszerű köbös (e.k.) 	felületen középpontos (lapközepes) köbös (f.k.k.) 	térben középpontos (térközepes) köbös (t.k.k.) 
<b>TETRAONÁLIS</b>	$ a_1  =  a_2  \neq  a_3 $ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$			
<b>ORTOROMBOS</b>	$ a_1  \neq  a_2  \neq  a_3 $ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$		<b>bázislapon centrált</b> 	
<b>HEXAGONÁLIS</b>	$ a_1  =  a_2  \neq  a_3 $ $\alpha_1 = \alpha_2 = 120^\circ \neq \alpha_3 = 90^\circ$ $(\cdot ha \  a_1  =  a_2 )$			
<b>MONOKLIN</b>	$ a_1  \neq  a_2  \neq  a_3 $ $\alpha_2 = \alpha_3 \neq \alpha_1 = 90^\circ$			
<b>ROMBOÉDERES</b>	$ a_1  =  a_2  =  a_3 $ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 \neq 90^\circ$			
<b>TRIKLIN</b>	$ a_1  \neq  a_2  \neq  a_3 $ $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq 90^\circ$			

## 7 kristályrendszer

a három translációs egységvektor egymással bezárt szöge (vagy az ezt kifejező skaláris szorzata), ill. abszolút értéke (az adott irány szerinti rácspanperiodicitás) alapján

## 14 féle Bravais-rács

(Auguste Bravais-ról /1811-1863/ elnevezve)

## 4-féle altípus

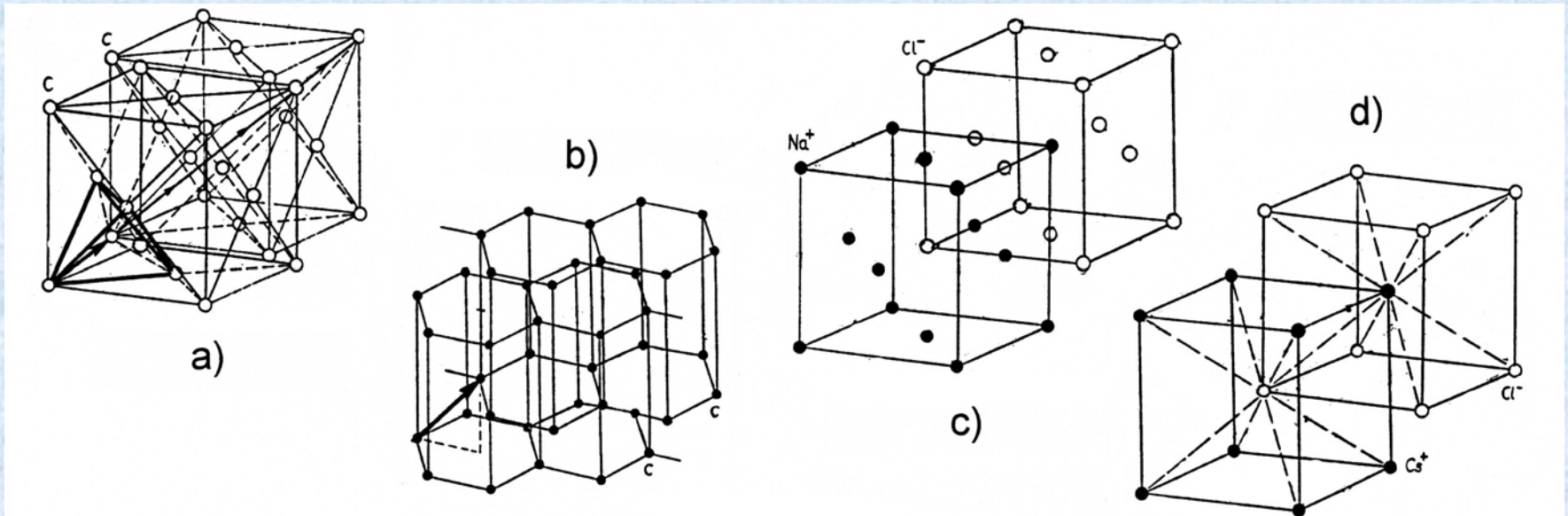
különbözőségüket az adja, hogy a kristályrácselem (elemi cella) csúcsain kívül bázis előfordulhat a cella közepén, a két szemközti alaplapján, vagy mind a hat oldallapján is

A rácselem éleinek abszolút hossza a kristályrácásban helyet foglaló anyagi részecskék fajtájától (méretétől) függő érték, vagyis anyagra jellemző **rácspanparaméter**, ami pl. **diffrakciós vizsgálatokkal határozható meg.**



# Összetett rács(elem)szerkezetek származtatása

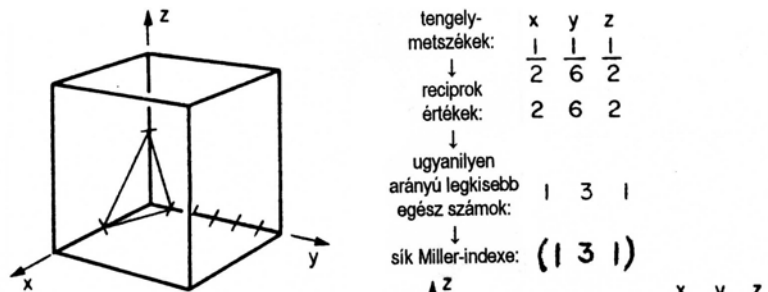
- Bravais-rácsok "összetételével, elpozicionálásával",
- Bravais-rácsok hézagaiba új (többlet) részecskék "behelyezésével, beillesztésével",
- Bravais-rácsok egyes részecskéinek "kivételével, kicserélésével"



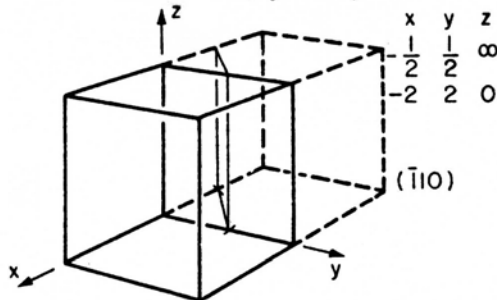
a) gyémántrács; b) grafitrács; c) NaCl- (nátrium-klorid) típusú rács;  
d) CsCl- (cézium-klorid) típusú rács



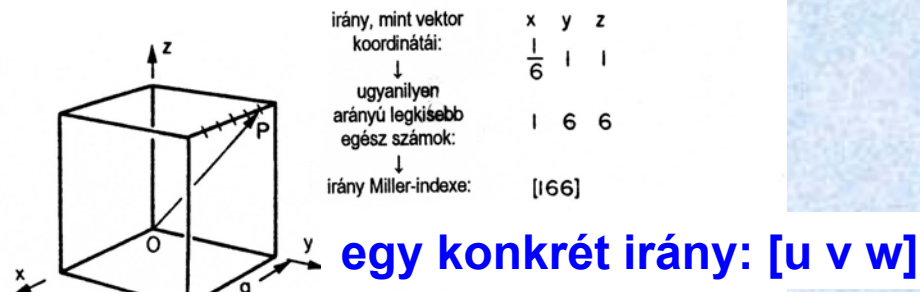
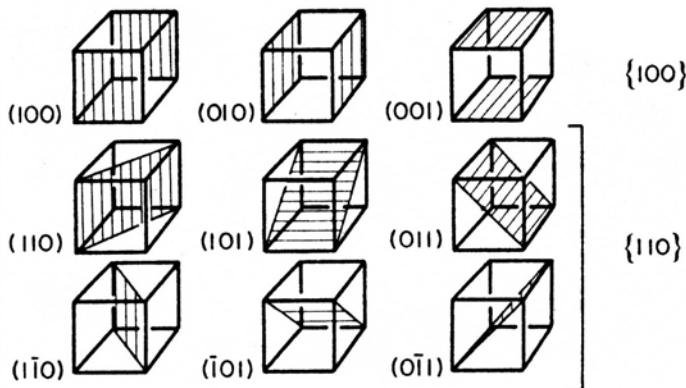
# Kristálytani síkok és irányok hivatkozó jelölése, egyértelmű azonosítása Miller-indexekkel



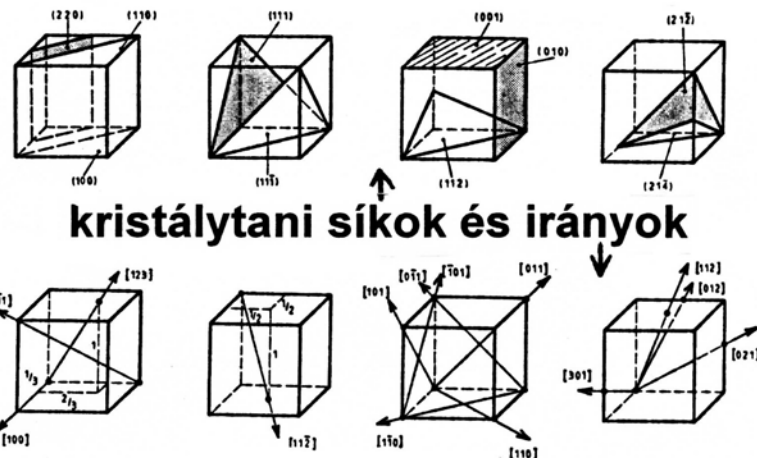
egy konkrét sík:  $(h \ k \ l)$



egyenértékű síkok:  $\{h \ k \ l\}$

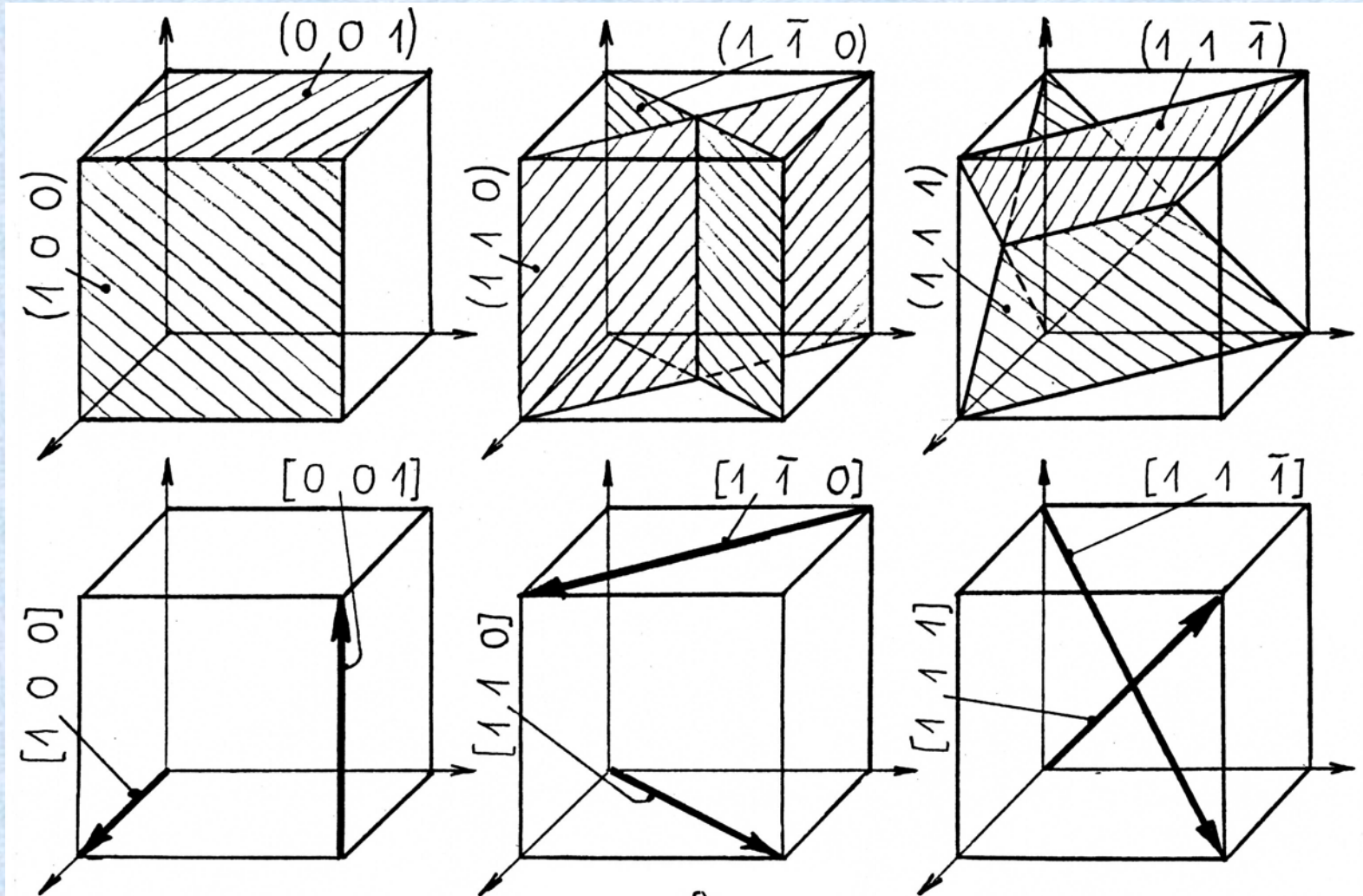


egyenértékű irányok:  $\langle u \ v \ w \rangle$





# Köbös kristályrendszer néhány síkjának, ill. irányának Miller-indexei





**Köbös kristályrendszerben határozzuk meg az  $(1\ 1\ 1)$  és az  $(1\ 1\ \bar{1})$  Miller-indexű síkok  $\alpha$  hajlásszögét ill. metszésvonalának  $[u\ v\ w]$  irányát**

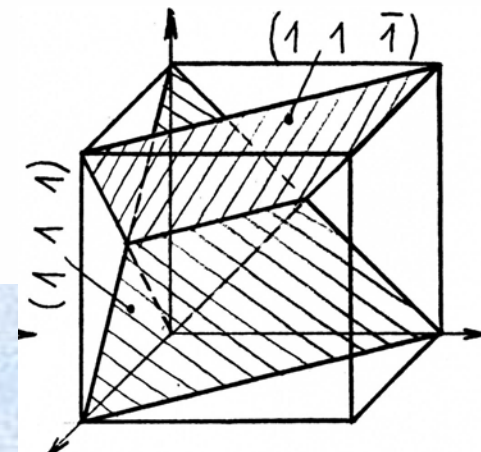
A hajlásszög a skaláris szorzás formulájának felhasználásával:

$$\alpha = \arccos \frac{(111) \cdot (1\bar{1}\bar{1})}{\sqrt{1^2+1^2+1^2} \cdot \sqrt{1^2+1^2+\bar{1}^2}} = \arccos \frac{1+1-1}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}} = \arccos \frac{1}{3} = 70^\circ 31' 44''$$

A metszésvonal-irány a vektoriális szorzás formulájával:

$$[u\ v\ w] \Rightarrow \begin{vmatrix} \underline{a}_1 & \underline{a}_2 & \underline{a}_3 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & \bar{1} \end{vmatrix} = (1 \cdot \bar{1} - 1 \cdot 1)\underline{a}_1 - (1 \cdot \bar{1} - 1 \cdot 1)\underline{a}_2 + (1 \cdot 1 - 1 \cdot 1)\underline{a}_3 =$$

$$= \bar{2}\underline{a}_1 + 2\underline{a}_2 + 0\underline{a}_3 = \bar{1}\underline{a}_1 + 1\underline{a}_2 + 0\underline{a}_3 \Rightarrow [\bar{1}10]$$





# Kristályrendszerek geometriai krisztallográfiai adatai

**koordinációs szám:** egy rácspontbeli atom legközelebbi szomszédainak száma; kisebb érték (pl. 4) nagyobb keménységre, nagyobb érték (pl. 12) nagyobb alakváltozó-képességre utal.

merev gömbnek tekintett **atomok átmérője** a radiokrisztallográfiai (diffrakciós) úton meghatározott rácsparaméterhez viszonyítva  $\Rightarrow$  utal az adott anyag szubsztitúciós (atomhelyettesítéses) ötvözhetőségére.

**rácselemben foglalt atomok száma** (pl. a köbös rácselem csúcsán lévő atom  $\frac{1}{8}$ , az élén lévő  $\frac{1}{4}$ , a lapján lévő  $\frac{1}{2}$  részben veendő számításba).

**térkitöltési tényező:** a gömböknek feltételezett atomok által kitöltött rácselem- térfogatnak és a rácselem teljes térfogatának a hányadosa.




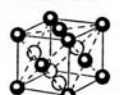

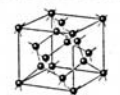
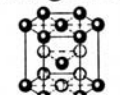

**kristályrác legnagyobb hézagainak helye és nagysága**  $\Rightarrow$  utal az intersztíciós (atombeékelődéses) ötvözési lehetőségekre.

{**legsűrűbb vagy legszorosabb illeszkedésű síkok**}

<**legsűrűbb vagy legszorosabb illeszkedésű irányok**>

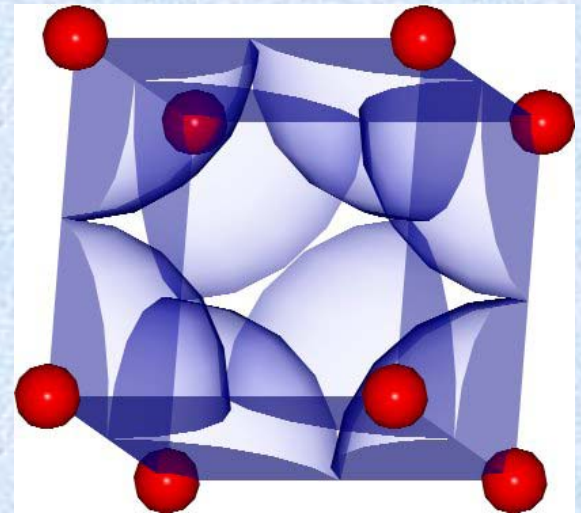
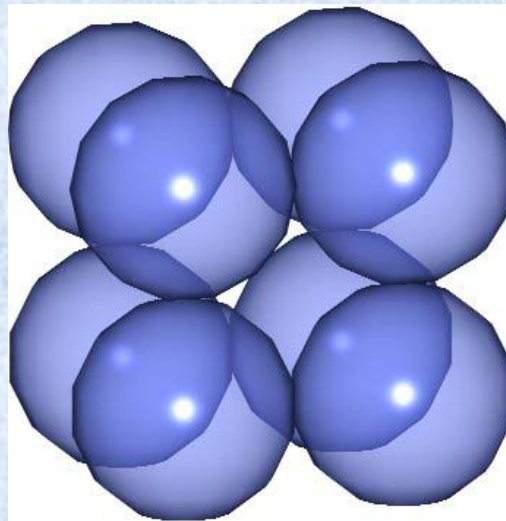
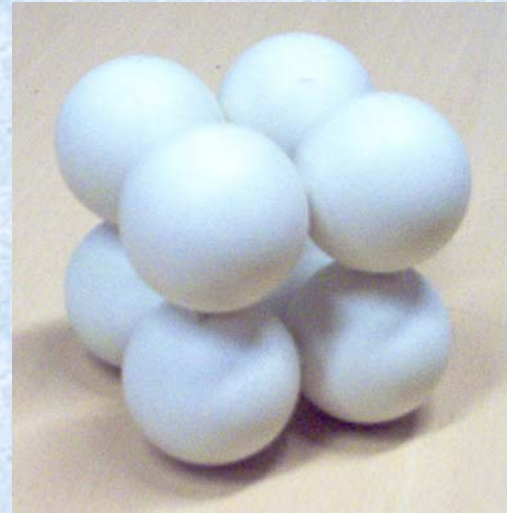
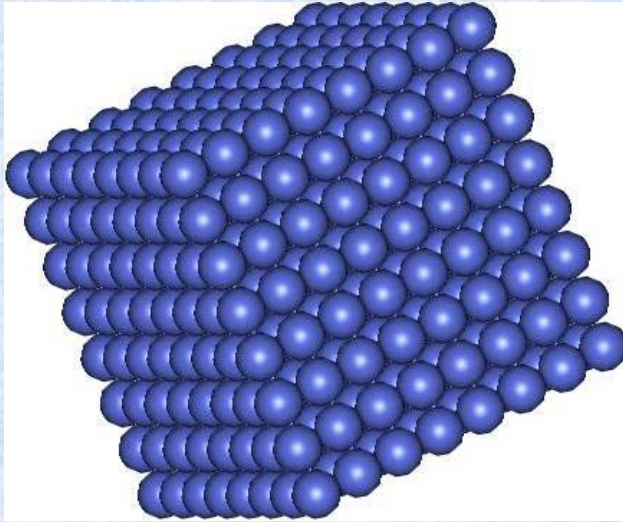


# Legfontosabb kristályszerkezetek geometriai kristallográfiai adatai

Kristályszerkezet és rácseleme	Anyagpéldák (periódusos rendszer elemei közül)	Koordinációs szám	Atomátmérő az „a” rácsparaméterrel kifejezve	Rácselemben foglalt atomok száma	Rácselem térkitöltési tényezője	Kristályrác legnagyobb hézagainak nagysága és helye	Legszorosabb illeszkedési síkok és irányok
<b>Egyszerű köbös</b> 	O, F	6	a	$8 \cdot 1/8 = 1$	$\pi/6 = 0,5236$ (52,36 %)	$(\sqrt{3}-1) \cdot a = 0,732 \cdot a$ méretű az $1/2, 1/2, 1/2$ helyen	{100} síkok (oldallapok), <100> irányok (oldalélek)
<b>Térközepes köbös</b> 	Li, Na, K, $\beta$ -Ti, V, Cr, Mn, $\alpha$ -Fe, $\delta$ -Fe, Rb, Nb, Mo, Cs, Ba, Eu	8	$(\sqrt{3}/2) \cdot a \approx 0,866 \cdot a$	$8 \cdot 1/8 + 1 = 2$ 	$\sqrt{3} \cdot \pi/8 = 0,6802$ (68,02 %)	$(\sqrt{5}-\sqrt{3}) \cdot a/2 = 0,252 \cdot a$ méretű az $1/2, 1/4, 0$ helyeken	{110} síkok (két testátlós síkok), <111> irányok (testátlók)
<b>Lapközepes köbös</b> 	Al, Ca, $\gamma$ -Fe, Ni, Cu, Sr, Rh, Pd, Ag, Ce, Yb, Ir, Pt, Au, Pb, Ac	12	$(\sqrt{2}/2) \cdot a \approx 0,707 \cdot a$	$8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ 	$\sqrt{2} \cdot \pi/6 = 0,7405$ (74,05 %)	$(1-[\sqrt{2}/2]) \cdot a = 0,293 \cdot a$ méretű az $1/2, 1/2, 1/2$ ill. $1/2, 0, 0$ helyeken.	{111} síkok (három lapátlós síkok), <110> irányok (lapátlók)
<b>Gyémánt-rácsú köbös</b> 	C (gyémánt), Si, Ge, $\alpha$ -Sn	4	$(\sqrt{3}/4) \cdot a \approx 0,433 \cdot a$	$8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 + 4 = 8$	$\sqrt{3} \cdot \pi/16 = 0,3401$ (34,01 %)	$(1-[\sqrt{3}/4]) \cdot a = 0,567 \cdot a$ méretű az $1/2, 1/2, 1/2$ ill. $1/2, 0, 0$ helyeken.	{110} síkok (két testátlós és egy tetraéder oldalélű síkok), <110> irányok
<b>sűrűilleszkedésű Hexagonális</b> 	Be, C (grafit), Mg, Sc, $\alpha$ -Ti, Co, Zn, Se, Y, Zr, Ru, Cd, Te, La, Pr, Nd	12	a $c = (2 \cdot \sqrt{2}/\sqrt{3})a = 1,633 \cdot a$	$12 \cdot 1/6 + 2 \cdot 1/2 + 3 = 6$ 	$\sqrt{2} \cdot \pi/6 = 0,7405$ (74,05 %)	0,449·a méretű a tetraéderek közép-pontjaiban	{0001} síkok (hatszöges síkok), [1120] irányok (hatszögátlók)

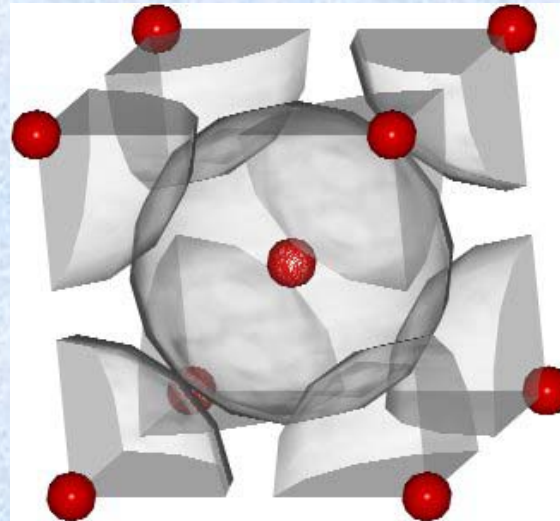
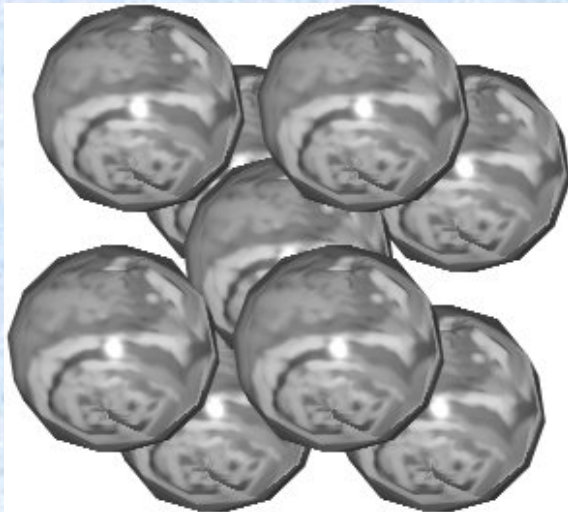
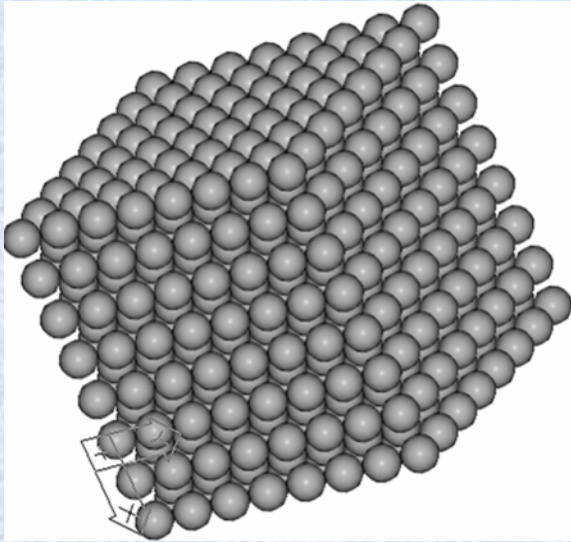


# Egyszerű köbös kristályszerkezet



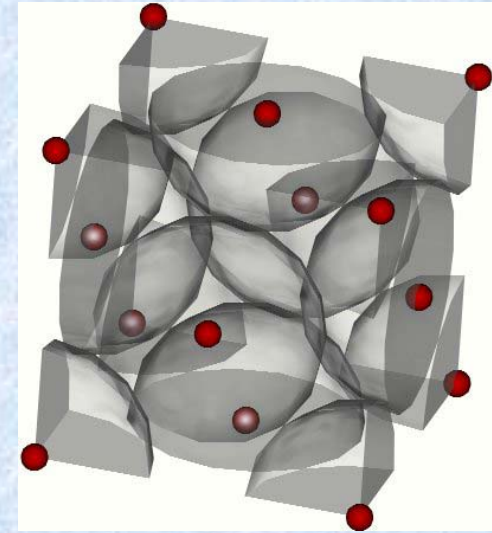
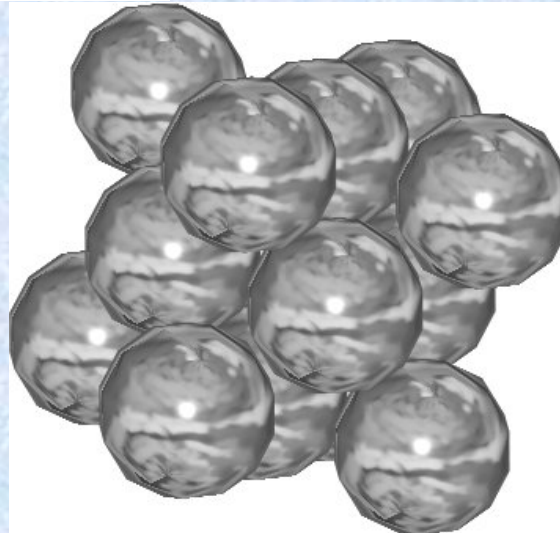
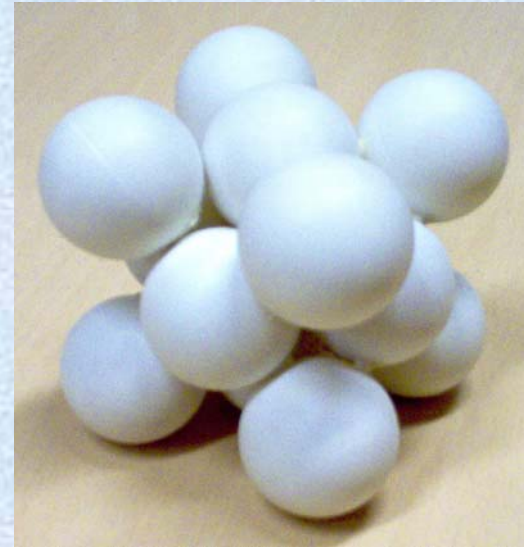
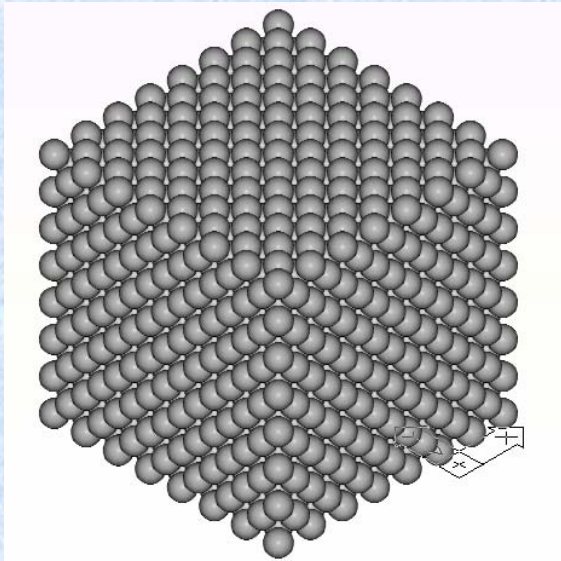


# Térközepes köbös kristályszerkezet



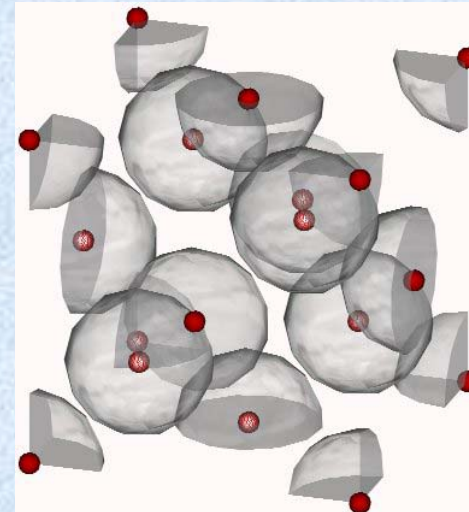
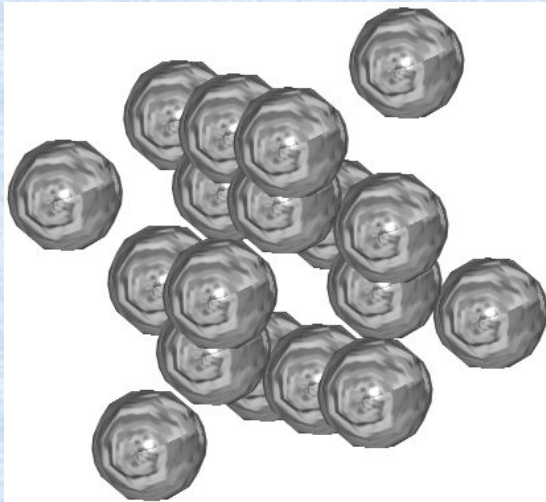
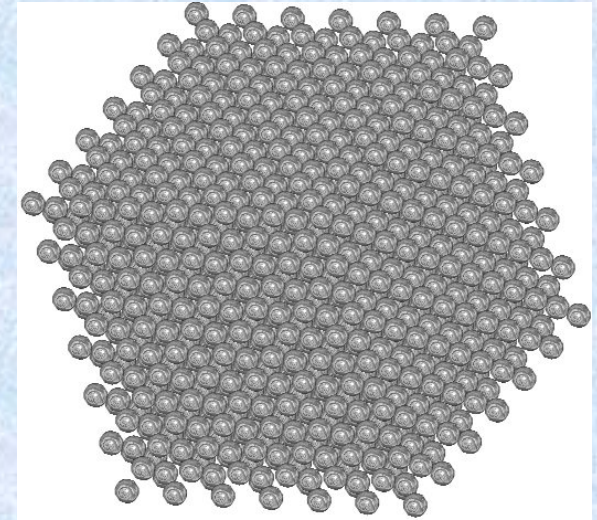
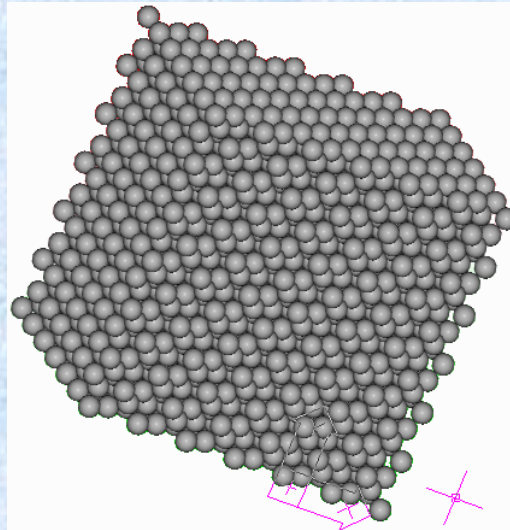


# Lapközepes köbös kristályszerkezet



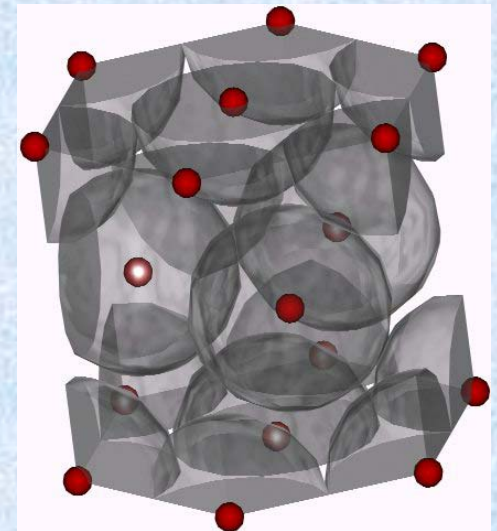
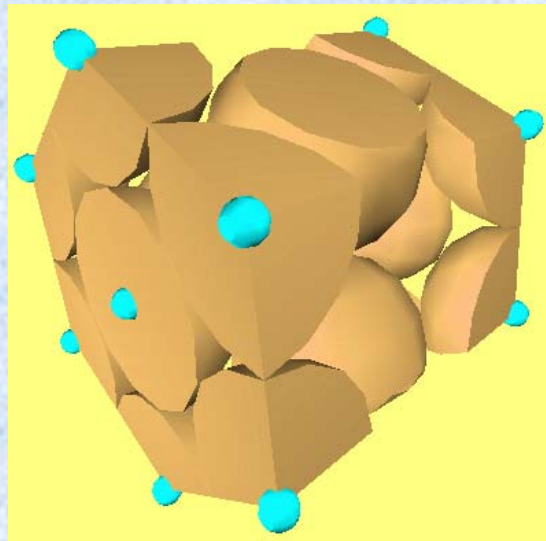
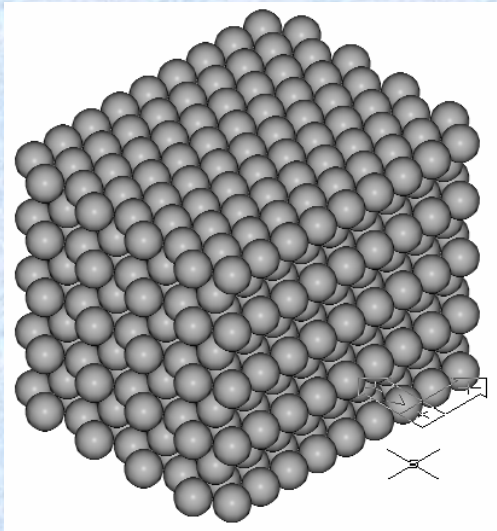


# Gyémántrácsú köbös kristályszerkezet



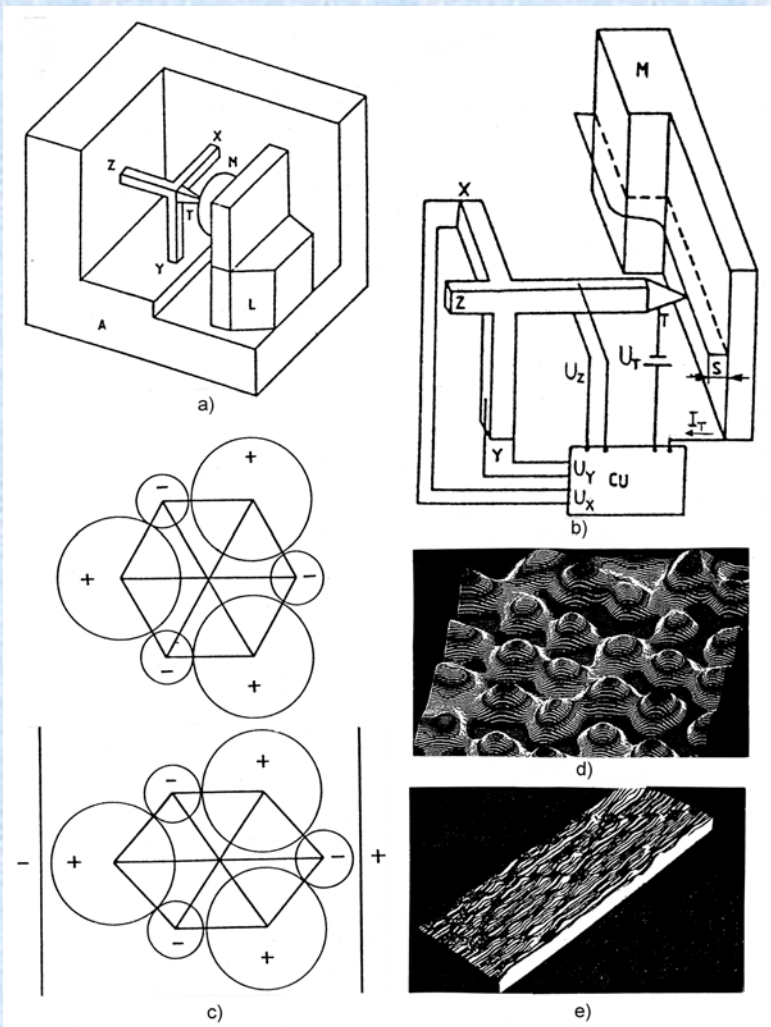


# Sűrűilleszkedésű hexagonális kristályszerkezet





# Letapogató alagútmikroszkóp (STM = scanning tunneling microscope)



Az elektromosan vezető, atomosan tiszta felületű anyag-mintával szemben kb.  $s = 1$  nm-es állandó távolságban a nagyon „hegyes” volfrámtű (T) végig vonul soronként és pontonként, híven követve a mintafelület "egyenetlenségeit,,.

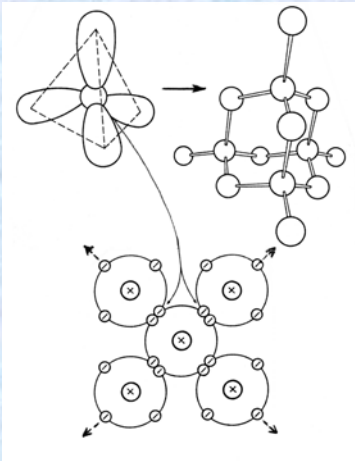
$I_T$  alagút (tunnel) áram létesül, melynek egy teljes nagyságrendnyi erősség-változását okozza 0,1 nm távolság-változás: pl.  $U_T = 0,05$  V mellett ha  $s = 1$  nm, akkor  $I_T = 1,5 \cdot 10^{-9}$  A, és ha  $s = 1,1$  nm, akkor  $I_T = 1,66 \cdot 10^{-10}$  A.

A központi egység (CU) észleli az  $U_T$  feszültség nyomán keletkezett  $I_T$  alagútáramot, ha pedig  $I_T$  meg akar változni, mert a mintán kiemelkedés (atom), vagy gödör (rácshézag) van, azonnal módosítja az  $U_Z$  feszültséget úgy, hogy a tű "s" távolsága a mintától - és vele együtt az  $I_T$  alagútáram - ne változzék.

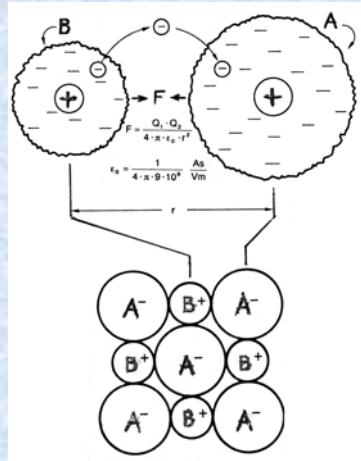
Az  $U_X$  feszültség végigvezeti állandó  $U_Y$  mellett a volfrámtűt a minta egy felületi profilgörbéje mentén, eközben  $U_Z$  híven reprezentálja a minta felületének egyenetlenségeit (atomos domborzatát). A digitálisan felvett  $U_Z$  értékek képernyőre vihetők X függvényében, miközben  $U_Y$  értékének fokozatos változtatásával (Y-irányban) a felület profilgörbéit egymás után lehet rögzíteni.



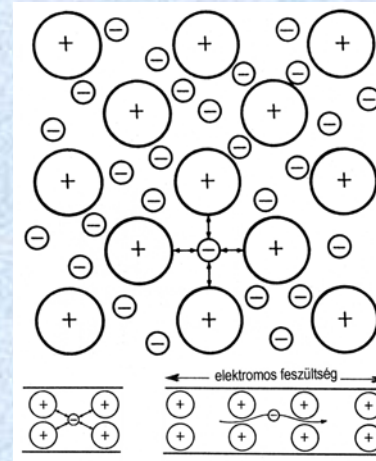
# Atomi kötés szerkezetek



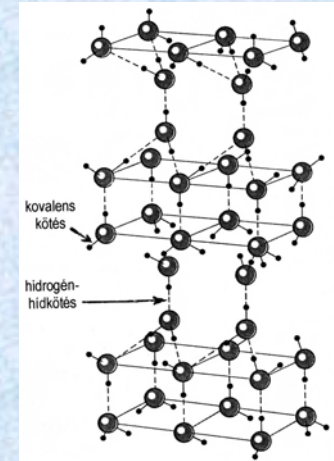
**kovalens kötés  
(atomrács)**



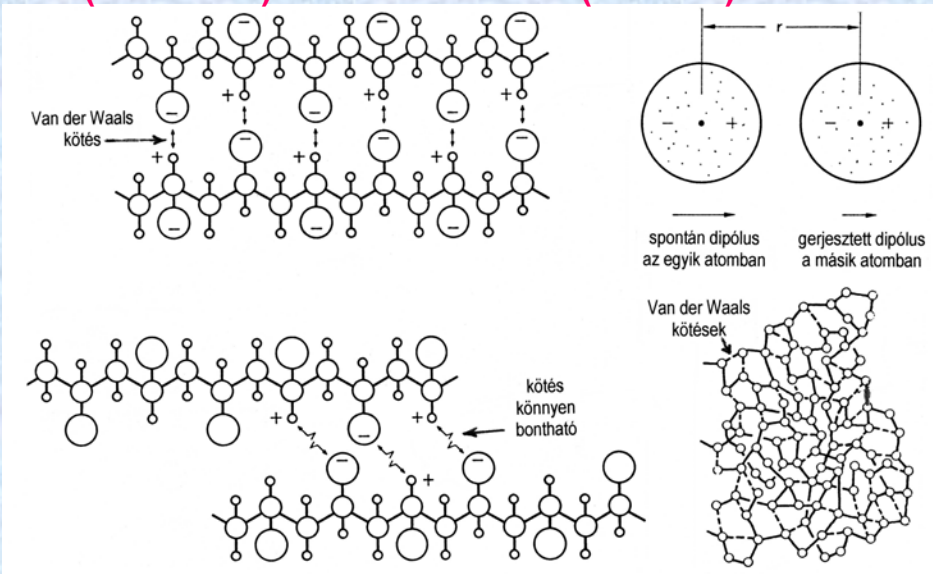
**ionos kötés  
(ionrács)**



**fémes kötés  
(fémrács)**



**hidrogén-hidkötés**



**H-atom kicsi mérete révén erősen tud hatni egy közelébe kerülő B-C dipólus erősen elektronegatív B végére**

**van der Waals kötések: dipólusok elektrosztatikus kölcsönhatása**

- **orientációs vagy Keesom-kölcsönhatás:** állandó dipólusok között
- **indukciós vagy Debye-kölcsönhatás:** állandó és gerjesztett dipólusok között
- **diszperziós vagy London-kölcsönhatás:** spontán kialakuló és gerjesztett dipólusok között

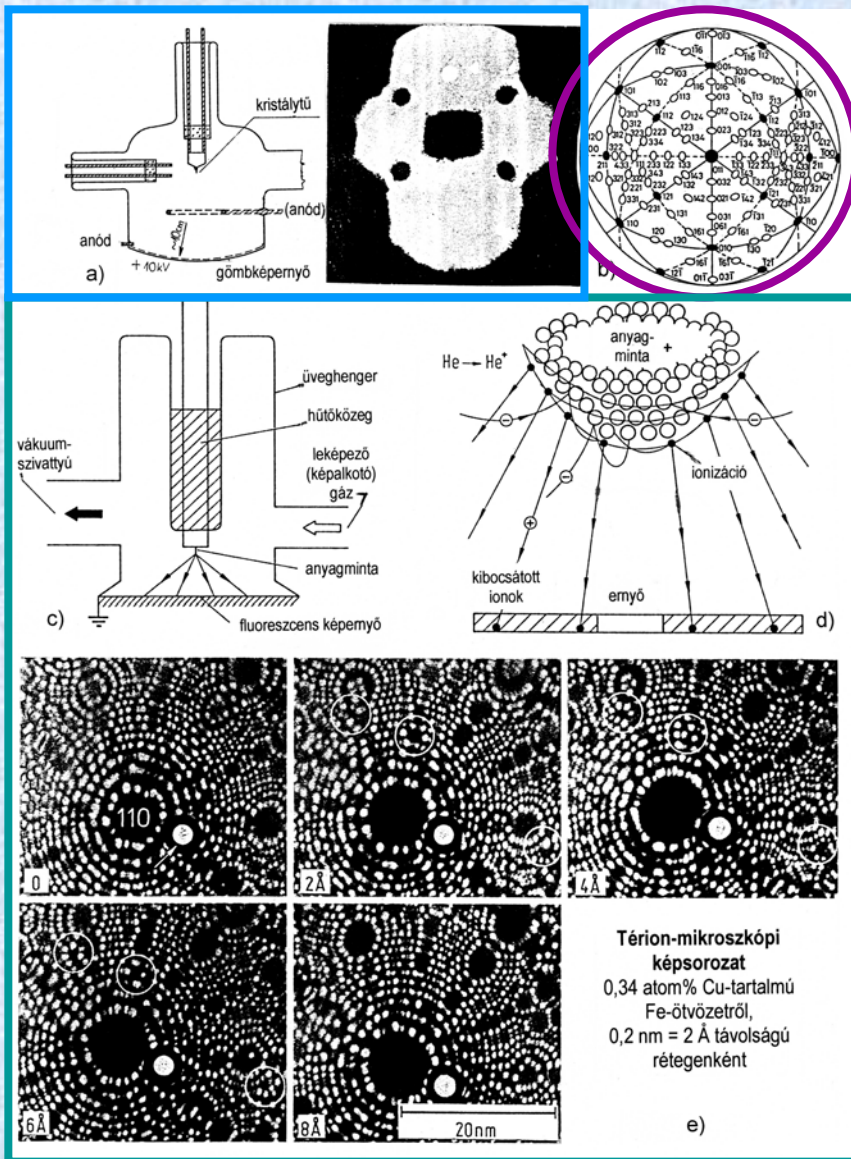


# Kötésszerkezet és anyagtulajdonságok összefüggése

Kötésszerkezet	Kovalens kötés (homöopoláros kötés)	Ionos kötés (heteropoláros kötés)	Fémes kötés (delokalizálódott kötés)	van der Waals kötés (láncmolekulák közötti)
Anyagcsoport	<b>Kerámiák</b>		<b>Fémek</b> (egyensúlyi állapotúak)	<b>Polimerek</b> (hőre lágyulók)
Anyagtulajdonságok				
<b>Sűrűség</b> (~ kötésben résztvevő elemek rendszáma)	kicsi - közepes		nagy - közepes	kicsi
<b>Merevség, szilárdság</b> (~ kötési energia, kötéserősség)	nagy		közepes - kicsi	kicsi
<b>Alakíthatóság, szívósság</b> (~ kötésben résztvevő részecskék koordinációs száma)	kicsi		nagy	közepes
<b>Oladási hőmérséklet</b> (~ kötési energia, kötéserősség)	nagy		közepes - kicsi	kicsi
<b>Hővezető képesség</b> (~ kötésben résztvevő elektronok elmozdulási lehetősége)	kicsi		nagy	kicsi
<b>Elektromos vezetőképesség</b> (~ kötésben résztvevő elektronok elmozdulási lehetősége)	kicsi		nagy	kicsi
<b>Hőállóság</b> (~ kötés termikus stabilitása)	nagy		közepes	kicsi
<b>Korrózióállóság</b> (~ kötés vegyi stabilitása)	nagy		kicsi	közepes



# Téremissziós mikroszkópia



vizsgálattechnika elektronok hidegemisszióján (azaz téremisszióján, kibocsátásán), irányított mozgatásán alapul

## térelatron-mikroszkóp:

a tűhegynél (a kis görbületi sugár miatt) nagyon nagy sugárirányú elektromos térerősség (pl.  $10^8$  V/cm) alakul ki, melynek hatására a tűhegyből negatív térelatronok lépnek ki

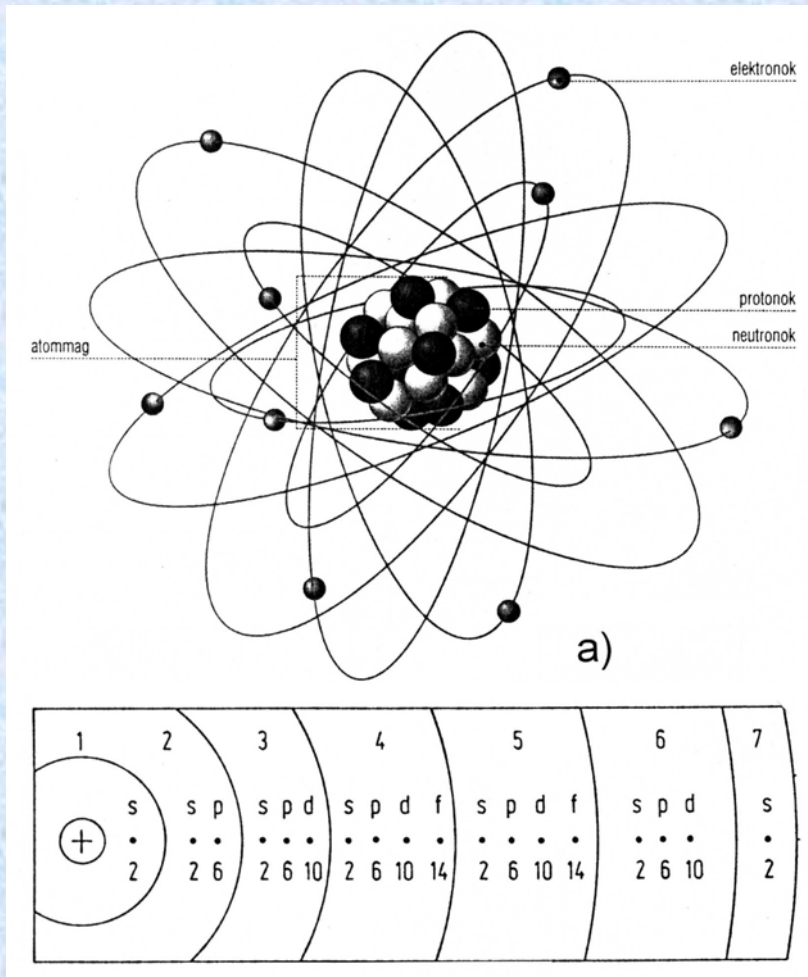
ezek a kvantummechanikai alagút-effektussal emittálódó elektronok a tűhegy felületére merőlegesen (a normálvektor irányában) nagy sebességgel száguldanak a pozitív gömbfelület felé és a képernyőre kirajzolják a tűhegy (egykristálycsúcs) egyfajta **sztereografikus projekcióját**, ami az adott kristályrendszer jellegzetes síkjainak, ill. a hozzájuk tartozó irányoknak az ún. póluspontjait képezi le

## térion-mikroszkóp:

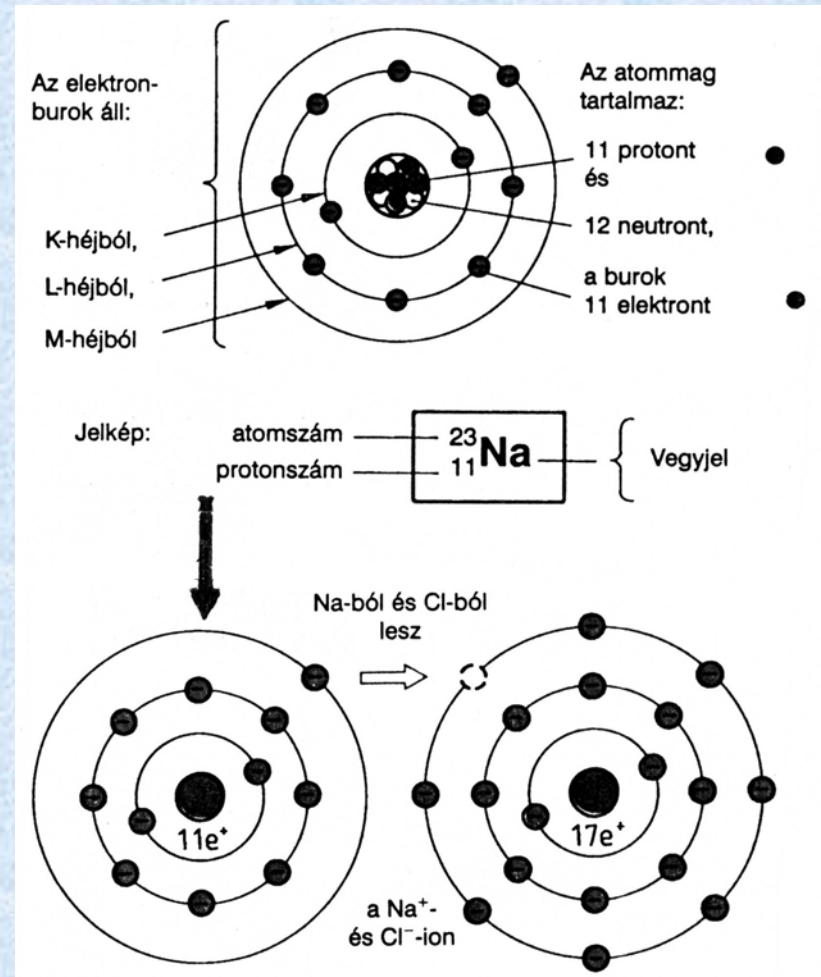
a tűhegy közeli nagy térerősség (kb.  $10^8$  V/cm) az arra "kószáló" gázatomokról elektronokat szakít le, majd a keletkezett pozitív ionok innen nagy sebességgel távolodva kirajzolják a képernyőre a tűhegyszerkezet képét



# Atomszerkezet



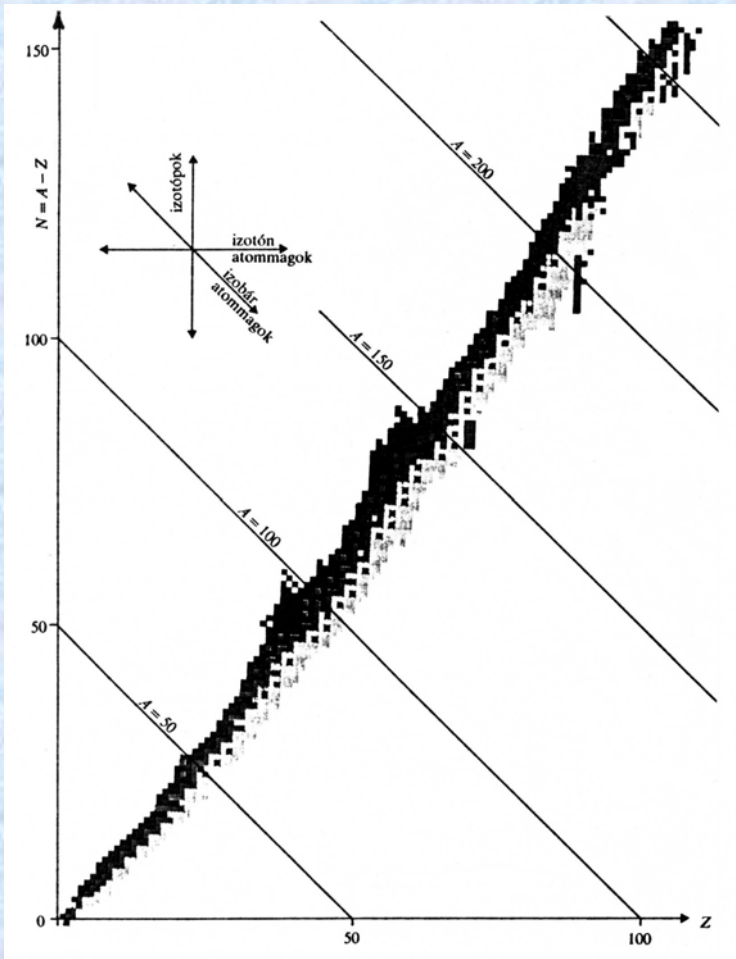
**Bohr-féle atommodell:  
atommag (nukleonok) + elektronhéjak**



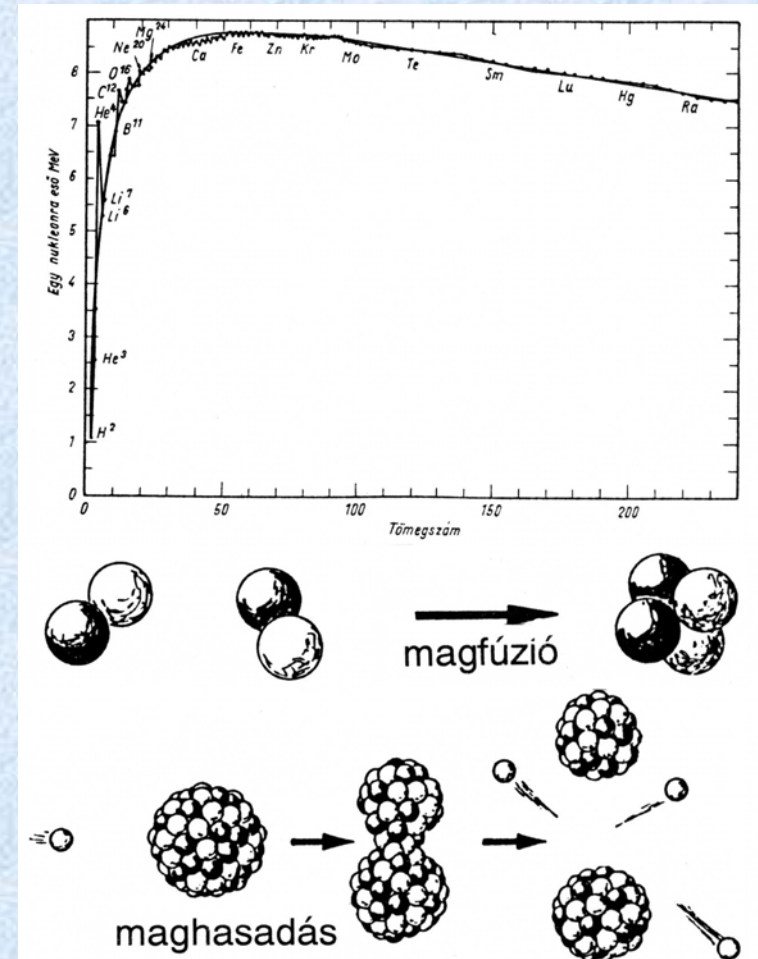
**atomok ionizációja:  
pozitív vagy negatív ion képződése**



# Atommagok jellemzői



**Izotópok:** azok az elemek, amelyeknek atommagja azonos számú protont, de eltérő számú neutron tartalmaz



Atommagok **kötési energiája:** magfúzió vagy maghasadás lehetősége



# Elektronhéj jellemzése: kvantumszámok

Az elektronok mozgásállapota **négy kvantumszám** segítségével jellemezhető.

Az elektron energiája (energiaszintje) az  $n$  **főkvantumszám** és az  $l$  **mellékvantumszám** függvénye:

- A **főkvantumszám** az elektronnak az atommagtól való átlagos távolságára (energianívójára) jellemző, értéke 1-től kezdve pozitív egész szám lehet, melyhez nagybetűvel jelölt **elektronhéjak**at rendelünk:  $n=1$  a K héj;  $n=2$  az L héj;  $n=3$  az M héj,  $n=4$  az N héj;  $n=5$  az O héj;  $n=6$  a P héj;  $n=7$  a Q héj.
- A **mellékvantumszám** arra utal, hogy az **elektronok pályája** a feltételezett atommodell-beli körpályától eltér, értéke 0-tól  $(n-1)$ -ig bármely pozitív egész szám lehet. A számok helyett gyakran kisbetűket használunk:  $l=0$  helyett s,  $l=1$  helyett p,  $l=2$  helyett d,  $l=3$  helyett f betű írható.
- Az elektronpályák síkjának térbeli iránya általában tetszőleges lehet, ha nincs a térben egy kitüntetett irány, amelyet valamilyen mágneses tér szab meg. Az elektronpályák térbeli irányát az  $m$  **mágneses kvantumszám** jellemzi, melynek értéke  $-l$ -től  $+l$ -ig terjedhet a nullát is beleértve ( $m=-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$ ).
- A negyedik kvantumszám az s-sel jelölt **spinquantumszám**, mely arra utal, hogy az elektron saját tengelye körül is forog és értéke csak  $1/2$  vagy  $-1/2$  lehet (utalva a forgás két lehetséges irányára).

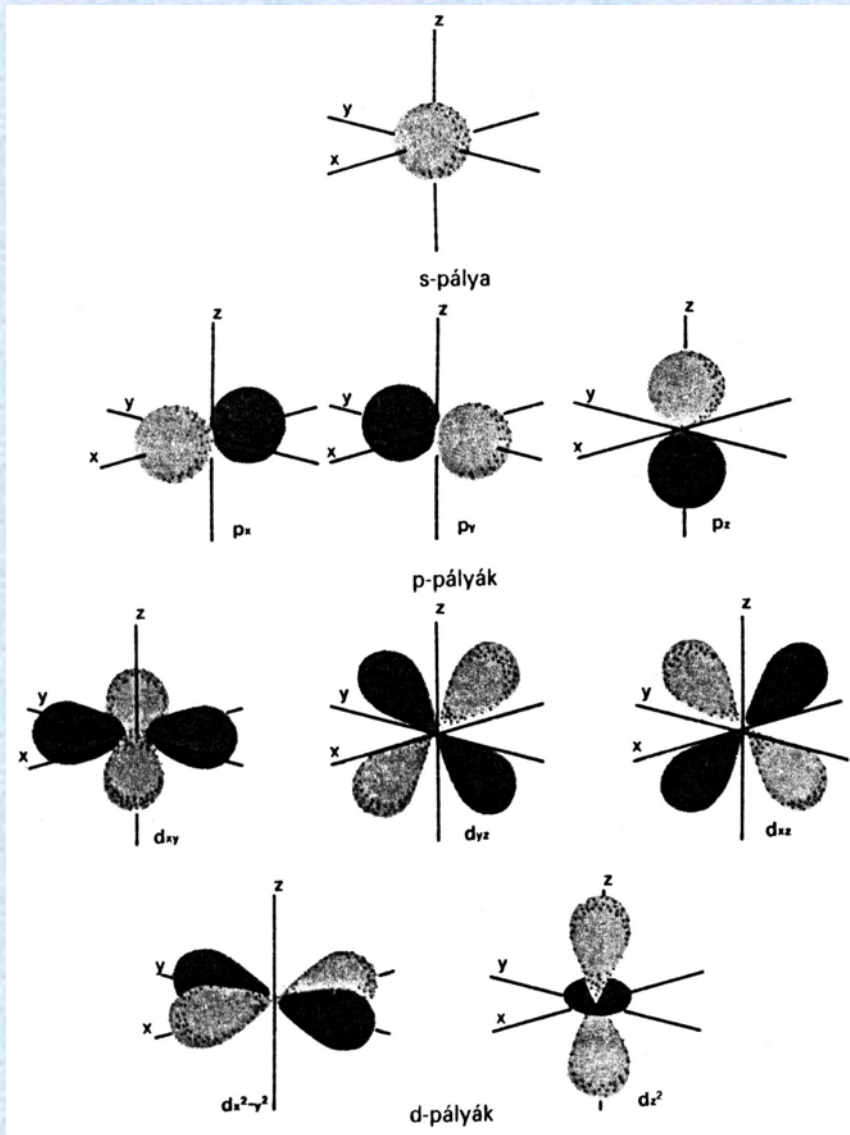


# Fő- és mellékkvantumszámok az elektronhéjak feltöltődési sorrendjével

	$l = 0$ s alhéj (sharp) max. $2e^-$	$l = 1$ p alhéj (principal) max. $6e^-$	$l = 2$ d alhéj (diffuse) max. $10e^-$	$l = 3$ f alhéj (fundamental) max. $14e^-$	elemek száma a periódusban
<b>n = 7</b> Q héj 7. periódus	7s 87 Fr 88 Ra	113 Uut   114 Uuq   115 Uup   116 Uuh   117 Uus   118 Uuo 7p	89 Ac   90 Th   91 Pa   92 U   93 Np   94 Pu   95 Am   96 Cm   97 Bk   98 Cf	99 Es   100 Fm   101 Md   102 No   103 Lr   104 Db   105 JI   106 Rf   107 Bh   108 Hn   109 Mt   110 Uun   111 Uuu   112 Uub	32
<b>n = 6</b> P héj 6. periódus	6s 55 Cs 56 Ba	81 Tl   82 Pb   83 Bi   84 Po   85 At   86 Rn 6p	71 Lu   72 Hf   73 Ta   74 W   75 Re   76 Os   77 Ir   78 Pt   79 Au   80 Hg 5d	57 La   58 Ce   59 Pr   60 Pm   61 Nd   62 Sm   63 Eu   64 Gd   65 Tb   66 Dy   67 Ho   68 Er   69 Tm   70 Yb 5f	32
<b>n = 5</b> O héj 5. periódus	5s 37 Rb 38 Sr	49 In   50 Sn   51 Sb   52 Te   53 I   54 Xe 5p	39 Y   40 Zr   41 Nb   42 Mo   43 Tc   44 Ru   45 Rh   46 Pd   47 Ag   48 Cd 4d	4f	18
<b>n = 4</b> N héj 4. periódus	4s 19 K 20 Ca	31 Ga   32 Ge   33 As   34 Se   35 Br   36 Kr 4p	21 Sc   22 Ti   23 V   24 Cr   25 Mn   26 Fe   27 Co   28 Ni   29 Cu   30 Zn 3d		18
<b>n = 3</b> M héj 3. periódus	3s 11 Na 12 Mg	13 Al   14 Si   15 P   16 S   17 Cl   18 Ar 3p			8
<b>n = 2</b> L héj 2. periódus	2s 3 Li 4 Be	5 B   6 C   7 N   8 O   9 F   10 Ne 2p			8
<b>n = 1</b> K héj 1. periódus	1s 1 H 2 He				2



# Valós elektronpályák és sávdigramok



<b>fémes vezető</b>	<b>fémes vezető</b>
	<i>részen betöltetlen</i> vezetési sáv
<i>átlapoló</i> dó vezetési és vegyértéksáv	<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv
<b>(szennyezetlen) félvezető</b>	<b>szigetelő</b>
	<i>szinte üres</i> vezetési sáv
<i>részen betöltött</i> vezetési sáv	széles tiltott sáv
<i>keskeny</i> tiltott sáv	
<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv	<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv
<b>n-típusú, elektronvezetéses (szennyezett) félvezető</b>	<b>p-típusú, lyukvezetéses (szennyezett) félvezető</b>
vezetési sáv <i>mozgékony negat. elektronok</i>	vezetési sáv
<i>donorok leadott elektronjai</i> tiltott sáv	tiltott sáv <i>akceptorok felvett elektronjai</i>
<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv	<i>mozgékony pozitív lyukak</i> vegyértéksáv

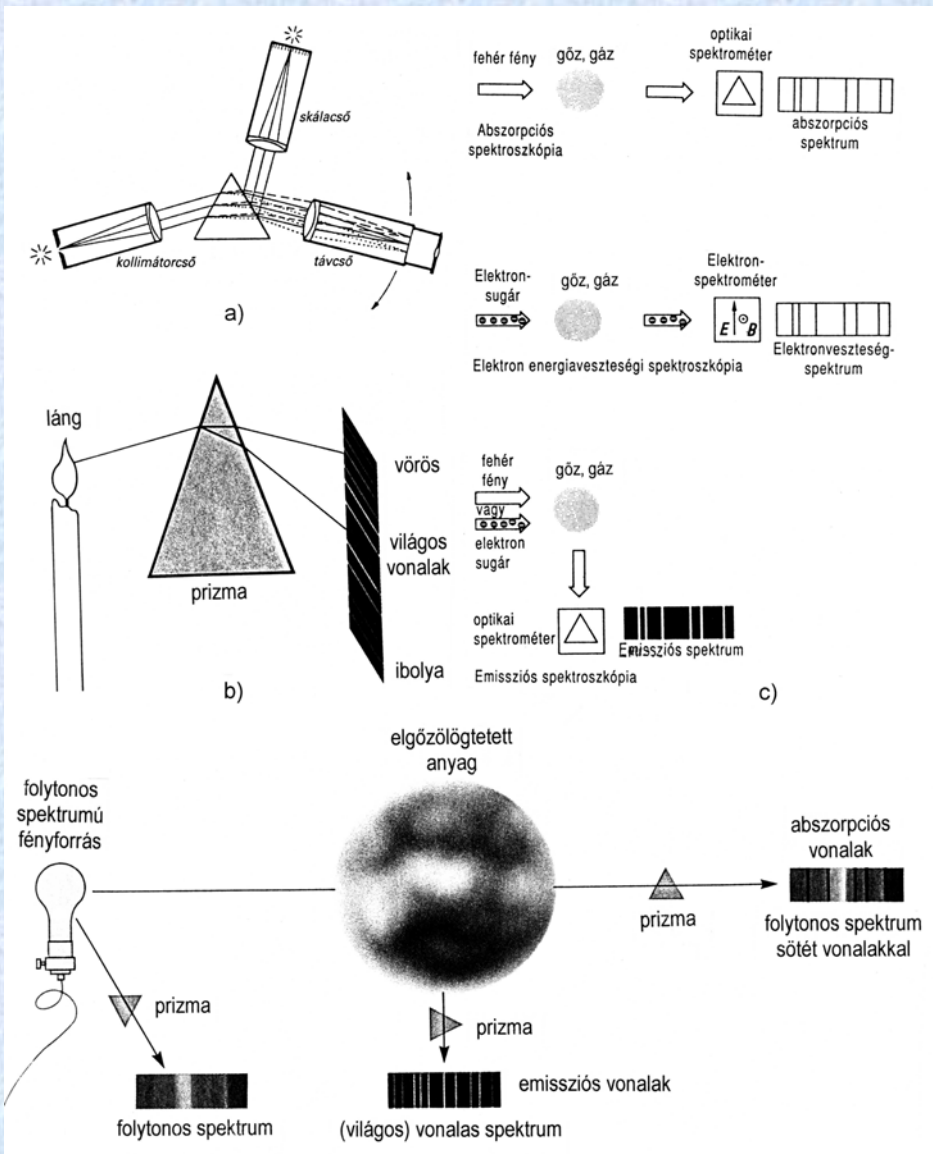


# Az elemek periódusos rendszere

1. főcsoport alkálifémek	2. főcsoport alkáli- földfémek	átmeneti fémek										3. főcsoport bőr- csoport földfémek	4. főcsoport szén- csoport	5. főcsoport nitrogén- csoport	6. főcsoport kalkogén (ércképző) elemek	7. főcsoport halogének (sóképzők)	8. főcsoport nemésgáz												
1 he H 0,07 Hidrogén - 252,9 °C - 259,3 °C												5 ro B 2,34 Bór + 2550 °C + 2079 °C	6 he C <sup>G</sup> 2,27 Szén + 4827 °C + 3550 °C	7 he N 0,97 Nitrogén - 195,8 °C - 209,9 °C	8 ek O 1,11 Oxigén - 183 °C + 44,1 °C	9 ek F 1,31 Fluor - 188,1 °C + 119 °C	2 he He 0,14 Hélium - 268,9 °C - 272,2 °C												
3 tk Li 0,53 Litium + 1347 °C + 180,5 °C	4 he Be 1,83 Berillium + 2970 °C + 1278 °C											11 tk Na 0,97 Nátrium + 882,9 °C + 97,8 °C	12 he Mg 1,74 Magnezium + 1090 °C + 684,8 °C	3. mellék- csoport szkandium -csoport ritka földfém										13 tk Al 2,70 Alumínium + 2467 °C + 660,4 °C	14 fk Si 2,33 Szilícium + 2355 °C + 1410 °C	15 tk P <sup>a</sup> 1,83 Foszfór + 280,5 °C + 44,1 °C	16 ro S 2,07 Kén + 444,7 °C + 119 °C	17 ro Cl 2,49 Klór - 34,6 °C - 101 °C	18 fk Ar 1,38 Argon - 185,9 °C - 189,4 °C
19 tk K 0,86 Kálium + 774 °C + 63,7 °C	20 fk Ca 1,55 Kalcium + 1484 °C + 839 °C	21 he Sc 2,99 Szkandium + 2831 °C + 1541 °C	22 he Ti 4,51 Titán + 3287 °C + 1660 °C	23 tk V 6,11 Vanádium + 3380 °C + 1890 °C	24 tk Cr 7,19 Krom + 2672 °C + 1857 °C	25 tk Mn 7,44 Mangán + 1962 °C + 1244 °C	26 tk Fe 7,87 Vas + 2750 °C + 1538 °C	27 he Co 8,89 Kobalt + 2878 °C + 1494 °C	28 fk Ni 8,91 Nikkel + 2732 °C + 1453 °C	29 fk Cu 8,96 Réz + 2567 °C + 1083 °C	30 he Zn 7,14 Cink + 907 °C + 419,6 °C	31 ro Ga 5,93 Gallium + 2403 °C + 29,8 °C	32 fkD Ge 5,32 Germánium + 2830 °C + 937,4 °C	33 ro As <sup>a</sup> 5,73 Arzén + 613 °C (+ 817 °C)	34 he Se 4,80 Szelén + 685 °C + 217 °C	35 ro Br 3,12 Bróm + 58,6 °C - 7,3 °C	36 fk Kr 2,90 Kripton - 153,3 °C - 157,1 °C												
37 tk Rb 1,53 Rubidium + 688 °C + 38,9 °C	38 fk Sr 2,63 Stroncium + 1384 °C + 769 °C	39 he Y 4,47 Ittrium + 3338 °C + 1522 °C	40 he Zr 6,51 Cirkónium + 3580 °C + 1852 °C	41 tk Nb 8,57 Nióbium + 4742 °C + 2468 °C	42 tk Mo 10,2 Molibdén + 4612 °C + 2617 °C	43 he Tc <sup>a</sup> 11,6 Technécium + 4877 °C + 2172 °C	44 he Ru 12,5 Ruténium + 3900 °C + 2310 °C	45 fk Rh 12,4 Ródium + 3730 °C + 1963 °C	46 fk Pd 12,0 Palládium + 3140 °C + 1554 °C	47 fk Ag 10,5 Ezüst + 2212 °C + 961,9 °C	48 he Cd 8,65 Kadmium + 765 °C + 321,1 °C	49 te In 7,31 Indium + 2080 °C + 156,6 °C	50 fkD Sn <sup>a</sup> 7,39 Ón + 2270 °C + 231,9 °C	51 ro Sb 6,69 Antimon + 1750 °C + 630,7 °C	52 he Te 6,25 Tellúr + 989,8 °C + 449,5 °C	53 ro I 4,93 Jód + 184,4 °C + 113,5 °C	54 fk Xe 4,53 Xenon - 108,1 °C - 111,8 °C												
55 tk Cs 1,87 Cézium + 678,4 °C + 28,4 °C	56 fk Ba 3,51 Bárium + 1640 °C + 725 °C	57 he La 6,17 Lantán + 3457 °C + 921 °C	58 he Hf 13,3 Hafnium + 4600 °C + 2227 °C	59 tk Ta 16,7 Tantál + 5425 °C + 2996 °C	60 tk W 19,3 Vollfrám + 5660 °C + 3410 °C	61 he Re 21,0 Rénium + 5630 °C + 3180 °C	62 he Os 22,6 Ozmiium + 5027 °C + 3045 °C	63 fk Ir 22,4 Iridium + 4130 °C + 2410 °C	64 fk Pt 21,5 Platina + 3827 °C + 1772 °C	65 fk Au 19,3 Arany + 2807 °C + 1063 °C	66 80 201 Hg + 356,7 °C - 38,9 °C	67 81 204 Tl + 1457 °C + 303,5 °C	68 82 207 Pb + 1740 °C + 327,5 °C	69 83 209 Bi + 1560 °C + 271,4 °C	70 84 (209) Po + 962 °C + 254 °C	71 - At - Asztácium + 337 °C + 302 °C	72 85 (210) Rn - 61,8 °C - 71 °C												
87 (223) tk Fr 2,50 Francium + 677 °C + 27 °C	88 (226) tk Ra 5,50 Rádium + 1140 °C + 700 °C	89 (227) ek Ac 10,1 Aktínium + 3200 °C + 1050 °C	104 (261) Db <sup>*</sup> Dubnium Ku <sup>*</sup> Kurcsatovi.	105 (262) Jl <sup>*</sup> Joliotium Hahnum	106 (263) Rf <sup>*</sup> Rutherfordi. Sg <sup>*</sup> Seaborgium	107 (264) Bh <sup>*</sup> Bohrium Ns <sup>*</sup> Nielsbohrium	108 (265) Hn <sup>*</sup> Hahnium Hs <sup>*</sup> Hassium	109 (266) Mt <sup>*</sup> Meitnerium	nemesfémek		110 Uun <sup>*</sup> Unun- nilium	111 Uuu <sup>*</sup> Unun- unium	112 Uub <sup>*</sup> Unun- bium	113 Uut <sup>*</sup> Unun- trium	114 Uuq <sup>*</sup> Unun- quadium	115 Uup <sup>*</sup> Unun- pentium	116 Uuh <sup>*</sup> Unun- hexium	117 Uus <sup>*</sup> Unun- septium	118 Uuo <sup>*</sup> Unun- octium										
transzaktinoidák																													
ceritföldiek (ritkaföldfémek)																													
itterföldiek (ritkaföldfémek)																													
R: rendszám	ceritföldiek (ritkaföldfémek)																												
A: rel. atomtömeg	itterföldiek (ritkaföldfémek)																												
S: sűrűség [10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ]																													
K: kristályszerkezet:																													
R	A																												
K Vegyj. S																													
Elem neve																													
forr.pont																													
olv.pont																													
Gáz, Foly.	*mesterséges																												



# Spektroszkópai vizsgálatok elve és információtartalma



A szilárd anyagok **fény- ill. röntgensugárzással** (elektromágneses sugárzással), **elektronokkal, ill. ionokkal** (részecskesugárzással) való vizsgálata megadja annak lehetőségét, hogy e primer sugárnyalábok segítségével az **atomi tartományokban** is **információkat** nyerjünk az anyagokról.

A vizsgálati eljárások általában a **gerjesztő primer sugárzás és a vizsgálandó anyagminta közötti kölcsönhatáson** alapulnak.

A vizsgálati anyagminta atomjainak elektronhéjaiból származó részecske- ill. elektromágneses sugárzás, mint **keletkező szekunder sugárzás spektrális, vagyis hullámhossz szerinti szétválasztása** az anyagban lévő **atom- vagy ionfajtákról** tájékoztat.

Az egy elemfajtából emittált (egy adott hullámhosszhoz tartozó), ún. karakterisztikus **sugárzás intenzitásának** méréséből ennek az elemnek az anyagbeli **tömeghányadára** következtetünk.