

# Bevezetés

Dr. Szabó Péter János  
[szabo.peter.janos@gpk.bme.hu](mailto:szabo.peter.janos@gpk.bme.hu)

Anyagszerkezetten és anyagvizsgálat  
BMEGEMTBGA1  
2024/2025/2



MT épület

Tanszékvezető: Dr. Szabó Péter János

Honlap: [www.att.bme.hu](http://www.att.bme.hu)

(Laboratóriumok: MT és G épület)





## ***BSc képzés (alapképzés)***

### **Gépészmérnöki Szak**

**Alaptárgyak:** Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat (~300 fő)  
Fémek technológiája (~200 fő)

**Anyagtechnológia specializáció** (80 fő)

(Képlékeny-) alakítástechnika, Hegesztés,  
Hőkezelés, Roncsolásmentes anyagvizsgálat  
Minőségirányítás

**Villamosmérnöki Szak** – Elektronikai technológia és  
anyagismeret (~450 fő)

**Terméktervező Szak** – Anyagismeret (~100 fő)

**Energetikai Szak** – Anyagok az energetikában (~100 fő)

**Mechatronikai Szak** – Anyagismeret (~100 fő)

## *MSc képzés (mesterképzés)*

### **Gépészmérnöki Szak**

**Alaptárgy:** Anyagtudomány (~120 fő)

**Anyagtechnológia specializáció** (~15 fő)

Alakító technológiák elmélete

Öntészet, porkohászat

Hegesztés

Végelelemes tervezés (MSC MARC)

Kerámiák, kompozitok

Orvostechnikai anyagok

Korrózió, károsodás (fáradás, törés)

Mikroszerkezeti vizsgálatok

## ***PhD képzés (doktori)***

**Anyag- és Gyártástechnológia alprogram**

**Anyagtechnológia részprogram**

## ***Hegesztő szakmérnök képzés***

3 féléves képzés (35 fő)

Magyar + EWE és IWE diploma



Hét	Dátum	Témakör
1.	02.12.	Bevezetés, atomszerkezet
	02.13.	Kristálytan
2.	02.19.	Kristálytan
	02.20.	Kristálytan
3.	02.26.	Mechanikai tul.
	02.27.	Mechanikai tul.
4.	03.05.	Mechanikai tul.
	03.06.	Mechanikai tul.
5.	03.12.	Ötvözetek szerkezete és termikus viselkedése
	03.13.	Ötvözetek szerkezete és termikus viselkedése
6.	03.19.	ZH I.
	03.20.	Ötvözetek szerkezete és termikus viselkedése
7.	03.26.	Állapotábrák, vas-szén állapotábra
	03.27.	Állapotábrák, vas-szén állapotábra
8.	04.02.	Állapotábrák, vas-szén állapotábra
	04.03.	Fázisátalakulások, hőkezelések
9.	04.09.	Fázisátalakulások, hőkezelések
	04.10.	Károsodás (törés, fáradás)
10.	04.16.	Károsodás (fáradás, kúszás)
	04.17.	TAVASZI SZÜNET
	04.23.	TAVASZI SZÜNET
	04.24.	TAVASZI SZÜNET
11.	04.30.	Károsodás (kúszás, korrózió)
	05.01.	NEMZETI ÜNNEP
12.	05.07.	Anyagvizsgálat
	05.08.	Anyagvizsgálat
13.	05.14.	ZH II.
	05.15.	Anyagvizsgálat
14.	05.21.	pótZH
	05.22.	Különlegességek

Előadások beosztása a 2023/24 tanév 2. félévére. Az előadások az Aud. Max. előadóban, 8.15–10.00 között, hetente csütörtökön és pénteken.

## Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat, BMEGEMTBGA1, 2024/25. tanév 2. félév

Csoport/hét	1. hét	2. hét	3. hét	4. hét	5. hét	6. hét	7. hét
A csoport 90 perc		<b>Fémek fizikai tulajdonságai</b> G épület, Hőkezelő	<b>Fémek fizikai tulajdonságai</b> G épület, Hőkezelő	<b>Keménységmérés</b> MT épület, Kék labor	<b>Keménységmérés</b> MT épület, Kék labor	<b>Mikroszkópia</b> G épület, G119	<b>Mikroszkópia</b> G épület, G119
B csoport 90 perc		<b>Keménységmérés</b> MT épület, Kék labor	<b>Keménységmérés</b> MT épület, Kék labor	<b>Fémek fizikai tulajdonságai</b> G épület, Hőkezelő	<b>Fémek fizikai tulajdonságai</b> G épület, Hőkezelő	<b>Szakítóvizsgálat</b> MT épület, Kék labor	<b>Szakítóvizsgálat</b> MT épület, Kék labor
Csoport/hét	8. hét	9. hét	10. hét	11. hét	12. hét	13. hét	14. hét
A csoport 90 perc	<b>Szakítóvizsgálat</b> MT épület, Kék labor	<b>Szakítóvizsgálat</b> MT épület, Kék labor	<b>Szilárdságnövelés, újrakristályosodás</b> G épület, Hőkezelő	<b>Szilárdságnövelés, újrakristályosodás</b> G épület, Hőkezelő	<b>Állapottenyezők</b> MT épület, Kék labor	<b>Állapottenyezők</b> MT épület, Kék labor	
B csoport 90 perc	<b>Mikroszkópia</b> G épület, G119	<b>Mikroszkópia</b> G épület, G119	<b>Állapottenyezők</b> MT épület, Kék labor	<b>Állapottenyezők</b> MT épület, Kék labor	<b>Szilárdságnövelés, újrakristályosodás</b> G épület, Hőkezelő	<b>Szilárdságnövelés, újrakristályosodás</b> G épület, Hőkezelő	

1. Az előadások legalább 70 %-án való részvétel kötelező. A félév során két zárthelyit írunk.
2. A laborok elvégzése kötelező. A laborokra történt felkészülést a labor elején ellenőrizzük, ha az nem megfelelő, a laboron nem lehet részt venni. A laborokra az előre kiadott jegyzőkönyv-mintákat kinyomtatva el kell hozni.

## Pótlási lehetőségek:

A hiányzó laborokat (max. kettő pótolható) célszerű a szorgalmi időszakban, más csoportok számára kiírt laboron pótolni (a pótlási héten gyakori időpont ütközések elkerülésére). A máshol végzett pótlást „Pótlási igazolás”-sal (letölthető a tanszéki honlapról) kell igazolni a saját laborvezetőnél. A labor jelenléteket nyilvántartjuk a Neptunban.

3. A félévi laborbeosztásban szereplő laborokról **jegyzőkönyvet** kell készíteni. A jegyzőkönyvek űrlapját a vonatkozó laborra el kell hozni. A jegyzőkönyves laborok akkor teljesek, ha a jegyzőkönyvet a laborvezető elfogadta. Az elfogadást nyilvántartjuk a Neptunban.

Beadási határidő: a következő labor.

4. A segédanyagokat, a jegyzőkönyvi űrlapokat és a „Pótlási igazolást” a tanszék honlapjáról lehet letölteni, melynek címe: [www.att.bme.hu](http://www.att.bme.hu).
5. A **vizsgára bocsátás** (a félévi aláírás) feltétele:
- Az előadások legalább 70%-án való részvétel;
  - Valamennyi labor elvégzése, a jegyzőkönyvek elfogadása;
  - Mindkét zárthelyi legalább elégségesre történő megírása (pótlási rend a honlapon!)

6. A félév végén **írásbeli és szóbeli vizsgát** kell tenni.
7. Az írásbeli alapján a kettes és a hármas érdemjegyet megajánljuk.

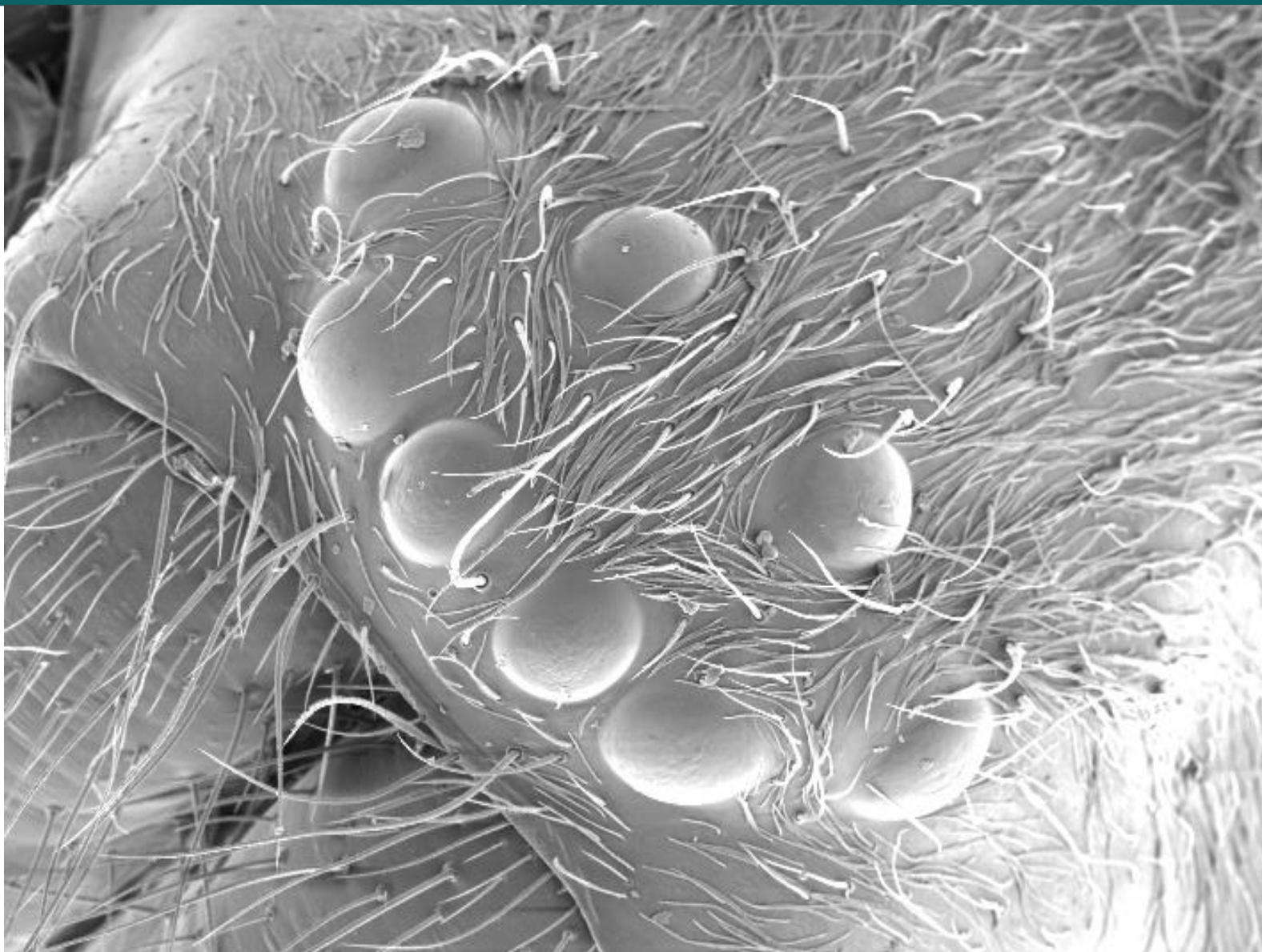
8. A tananyag elsajátításának alapvető forrásai az előadások, a laborok és a segédletek. A tanuláshoz az alábbi irodalmat javasoljuk:

- W.D Calister: Materials Science and Engineering – An Introduction 7th edition, John Wiley & Sons, 2006, 2007
- Ginsztler J. – Hidasi B. – Dévényi L.: Alkalmazott anyagtudomány Műegyetemi Kiadó, 2006 (Jegyzetszám: 45-048)
- Gillemot László: Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó, 1979
- Prohászka János: Bevezetés az anyagtudományba Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997

9. A félév közbeni konzultációs igényekkel a laborvezetőhöz kell fordulni.
10. A tantárgy kreditértéke: 6 pont.
11. A tantárggyal kapcsolatos további információk, az előadások, laborok és ellenőrzések részletes beosztása a tanszéki honlapon található.

- A tárgy **sokrétű** alapokra épít (fizika, kémia, matek, mechanika), ezért nehéz, vegyék komolyan.
- Az eddigiekhez képest **szokatlan** fogalmakat és ábrázolásokat alkalmaz.
- A felkészülés során a hangsúlyt a **megértésre** kell helyezni, a rögzítés saját felkészülési vázlat és ábrák segítségével oldható meg.
- **Önmagukban** az előadásdiák nehezen értelmezhetők, ajánlott az előadáson jegyzetelni.
- Amit a felkészülés során kihagynak, azt a vizsgán biztos **megkérdézik**.





- **Anyagtudomány**

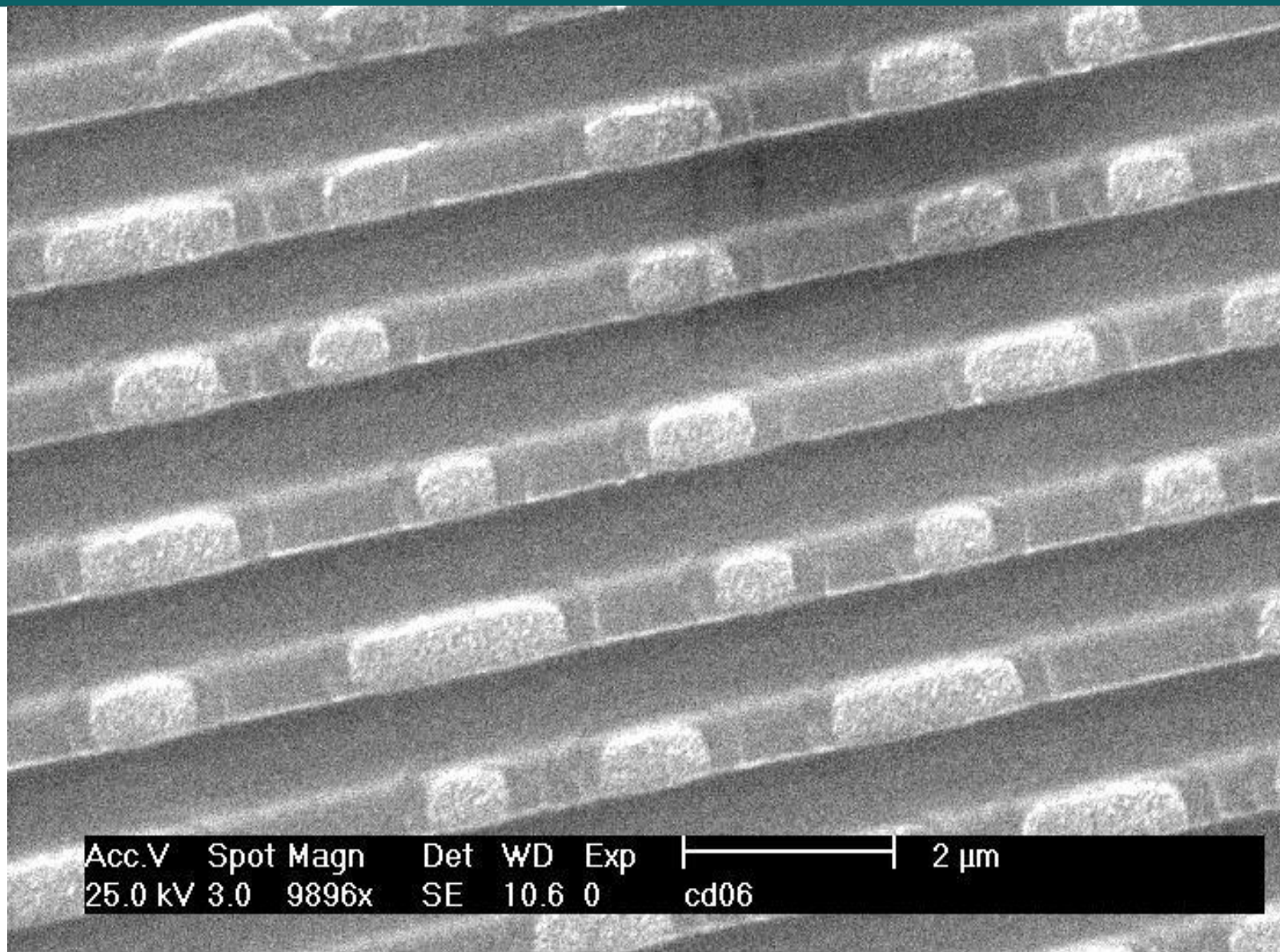
Az anyagszerkezet és a tulajdonságok közötti kapcsolat feltárása.

- **Anyagtechnológia**

A fenti kapcsolat alapján anyagok, mérnöki szerkezetek tervezése és gyártása, megfelelő tulajdonságok biztosítása.

- **Fémek és ötvözetek**
- **Kerámiák és üvegek**
- **Polimerek**
- **Kompozitok**

- **Mechanikai** (terhelés és alakváltozás hatása)
- **Elektromos** (elektromos tér hatása)
- **Hőfizikai** (hőmérséklet-mező hatása)
- **Mágneses** (mágneses tér hatása)
- **Optikai** (elektromágneses tér hatása)
- **Károsodási** (kémiai reaktivitás hatása)



Az emberiséget ősidők óta foglalkoztatja az a kérdés, hogy melyek az anyag alapvető építőkövei. **Thalész** szerint a víz minden lét alapja, ebből keletkezik, és ezzé válik minden. **Anaximenész** az alapelemet a levegőben, **Herakleitosz** pedig a tűzben találta meg, míg **Parmenidész** a világot és a létet homogén gömb formájában képzelte el.

**Arisztotelész** szerint a világ négy elem: a föld, a víz, a levegő és a tűz különböző arányú keverékéből és bomlásából jön létre.

**Démokritosz** időszámításunk előtt a negyedik században alkotta meg „valósággá lett álomnak” bizonyult elméletét, amely szerint:  
*Adott az oszthatatlan testek sokasága, végtelen számosságukban és alakjuk változatosságában... Mindegyikük természete ugyanaz...*

- **Atommag:** részecskékből (nukleonokból) áll
  - **Proton:** pozitív töltésű, a neutronnal megegyező tömegű
  - **Neutron:** semleges töltésű
- **Elektron:** negatív töltése a protonéval megegyező nagyságú, tömege négy nagyságrenddel kisebb mint az atommagé

- **Atomszám, rendszám (Z)**

**Z** – a protonok száma,

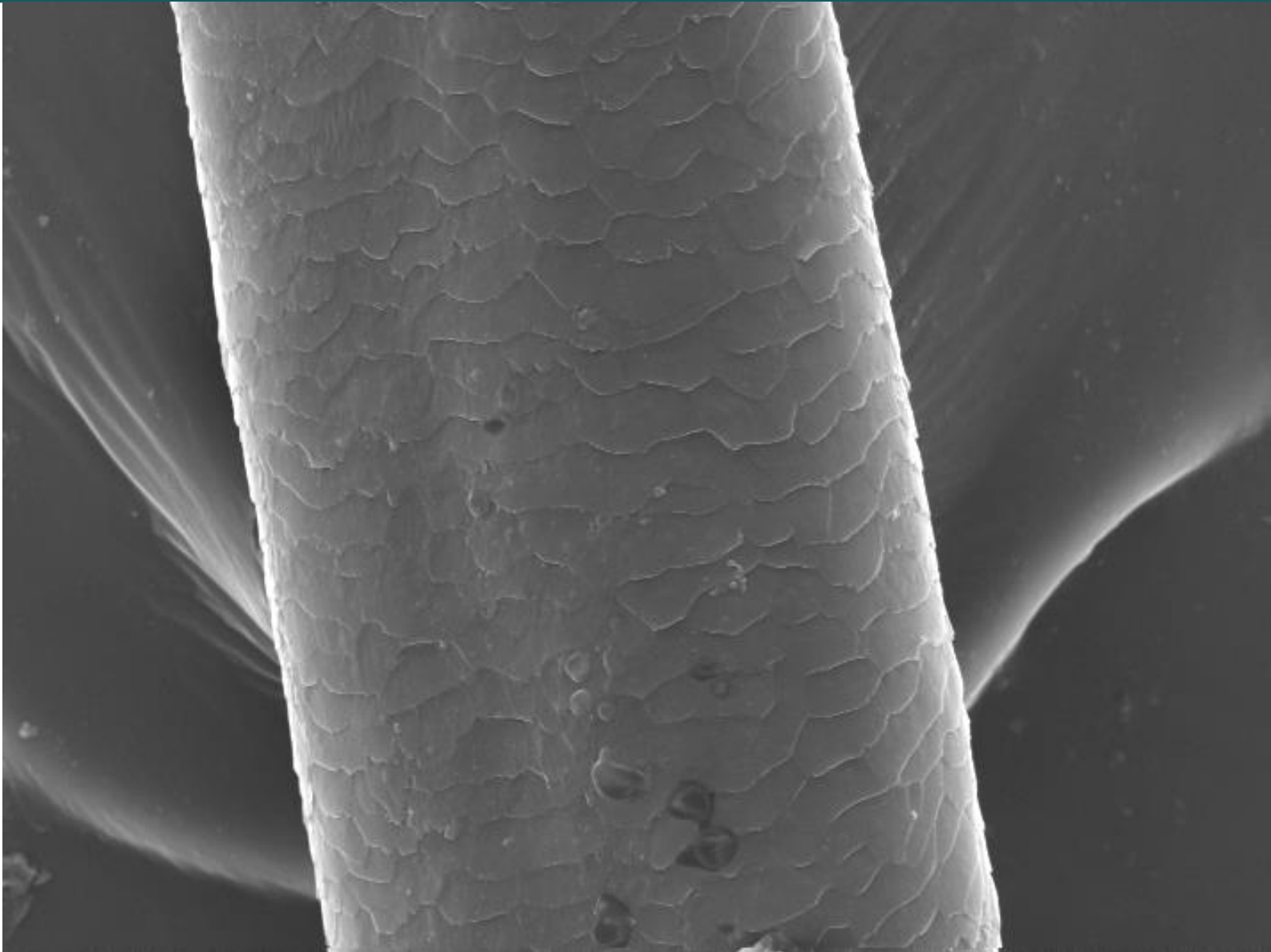
- **Tömegszám (A)**

**A = Z + N** ahol **N** – a neutronok száma

- Egy elem valamennyi atomjában azonos számú proton van.

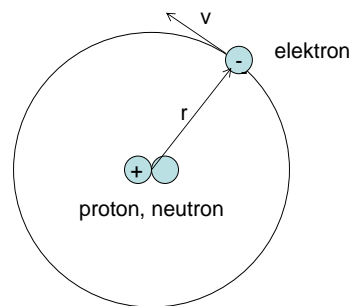
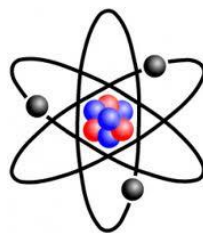


- **Izotóp:** azonos számú protont, de eltérő számú neutronot tartalmazó atom;
- **Relatív atomtömeg ( $A_r$ ):** viszonyszám, amely megmutatja, hogy az adott elem adott izotópja hányszor nagyobb tömegű a  $^{12}\text{C}$ -izotóp tömegének  $1/12$  részénél. (A periódusos rendszerben az adott elem különböző izotópjainak természetes arányához tartozó átlagos relatív tömeg szerepel.)
- **Kémiai anyagmennyiség (mol):**  
 $N_A = 6,023 \times 10^{23}$  db atom/molekula
- **Vegyértékelektron:** az atom külső héján található elektronok, amelyek részt vesznek más atommal való kötés kialakításában.



Az atomokban stacionárius pályák (**orbitok**) léteznek, amelyeken az elektron sugárzás nélkül keringhet.

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} = n\hbar$$



A centrifugális erő egyenlő az elektront a maghoz vonzó erővel:

$$\frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow v = \frac{e^2}{n\hbar}, \quad r = \frac{n^2\hbar^2}{me^2}, \quad E_n = -\frac{1}{2} \frac{me^4}{n^2\hbar^2}$$

Az elektron változtatja a pályáját, energia elnyelés / kibocsátás történik energiakvantum formájában:

$$E_{n+1} - E_n = h\nu$$

$h$ : Planck állandó,  $m$ : elektron tömege,  $v$ : elektron sebessége,

$r$ : pálya sugara,  $n$ : egész szám,  $e$ : elektron töltése,  $\nu$ : foton frekvencia

*„Az egyszerű testek tulajdonságai, a vegyületek típusai és tulajdonságai, valamint az elemek atomsúlya között periodikus összefüggés van”. (Mendelejev)*



A kémiai elemek az atommag és elektróhéj konfiguráció alapján periódusos táblázatba rendezhetők. A táblázat oszlopai az elektróhéj pozícióinak elektróonnal való betöltöttségét, a táblázat sorai az elektróhéjak számát jelzik. Az egy függőleges oszlopba tartozó elemek hasonló tulajdonságúak.

1  
IA

18  
0

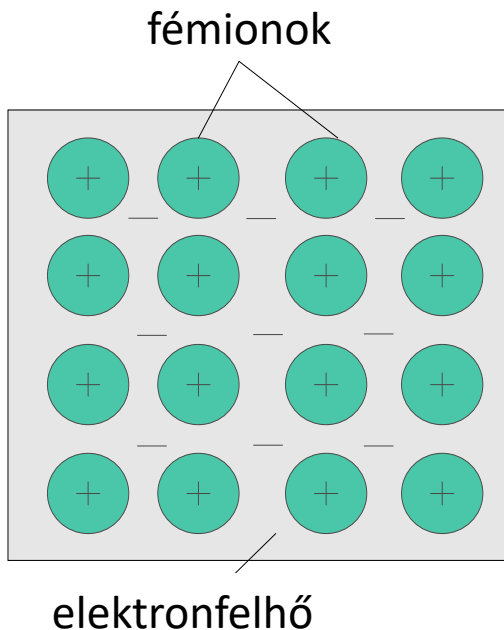
1 <b>H</b> 1.008	2 <b>He</b> 4.0026											13 <b>B</b> 10.811	14 <b>C</b> 12.011	15 <b>N</b> 14.007	16 <b>O</b> 15.999	17 <b>F</b> 18.998	18 <b>Ar</b> 39.948
3 <b>Li</b> 6.939	4 <b>Be</b> 9.0122											13 <b>Al</b> 26.982	14 <b>Si</b> 28.086	15 <b>P</b> 30.974	16 <b>S</b> 32.064	17 <b>Cl</b> 35.453	18 <b>Kr</b> 83.80
11 <b>Na</b> 22.990	12 <b>Mg</b> 24.312	3 <b>Sc</b> 44.956	4 <b>Ti</b> 47.90	5 <b>V</b> 50.942	6 <b>Cr</b> 51.996	7 <b>Mn</b> 54.938	8 <b>Fe</b> 55.847	9 <b>Co</b> 58.933	10 <b>Ni</b> 58.71	11 <b>Cu</b> 63.54	12 <b>Zn</b> 65.37	13 <b>Ga</b> 69.72	14 <b>Ge</b> 72.59	15 <b>As</b> 74.922	16 <b>Se</b> 78.96	17 <b>Br</b> 79.91	18 <b>Kr</b> 83.80
19 <b>K</b> 39.102	20 <b>Ca</b> 40.08	21 <b>Sc</b> 44.956	22 <b>Ti</b> 47.90	23 <b>V</b> 50.942	24 <b>Cr</b> 51.996	25 <b>Mn</b> 54.938	26 <b>Fe</b> 55.847	27 <b>Co</b> 58.933	28 <b>Ni</b> 58.71	29 <b>Cu</b> 63.54	30 <b>Zn</b> 65.37	31 <b>Ga</b> 69.72	32 <b>Ge</b> 72.59	33 <b>As</b> 74.922	34 <b>Se</b> 78.96	35 <b>Br</b> 79.91	36 <b>Kr</b> 83.80
37 <b>Rb</b> 85.47	38 <b>Sr</b> 87.62	39 <b>Y</b> 88.91	40 <b>Zr</b> 91.22	41 <b>Nb</b> 92.91	42 <b>Mo</b> 95.94	43 <b>Tc</b> (99)	44 <b>Ru</b> 101.07	45 <b>Rh</b> 102.91	46 <b>Pd</b> 106.4	47 <b>Ag</b> 107.87	48 <b>Cd</b> 112.40	49 <b>In</b> 114.82	50 <b>Sn</b> 118.69	51 <b>Sb</b> 121.75	52 <b>Te</b> 127.60	53 <b>I</b> 126.90	54 <b>Xe</b> 131.30
55 <b>Cs</b> 132.91	56 <b>Ba</b> 137.34	72 <b>Hf</b> 178.49	73 <b>Ta</b> 180.95	74 <b>W</b> 183.85	75 <b>Re</b> 186.2	76 <b>Os</b> 190.2	77 <b>Ir</b> 192.2	78 <b>Pt</b> 195.09	79 <b>Au</b> 196.97	80 <b>Hg</b> 200.59	81 <b>Tl</b> 204.37	82 <b>Pb</b> 207.19	83 <b>Bi</b> 208.98	84 <b>Po</b> (210)	85 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)	
87 <b>Fr</b> (223)	88 <b>Ra</b> (226)	104 <b>Rf</b> (261)	105 <b>Db</b> (262)	106 <b>Sg</b> (263)	107 <b>Bh</b> (264)	108 <b>Hs</b> (265)	109 <b>Mt</b> (266)	110 <b>Uuu</b> (269)	111 <b>Uun</b> (272)	112 <b>Uub</b> (277)							
Lantanidák		57 <b>La</b> 138.91	58 <b>Ce</b> 140.12	59 <b>Pr</b> 140.91	60 <b>Nd</b> 144.24	61 <b>Pm</b> (145)	62 <b>Sm</b> 150.35	63 <b>Eu</b> 151.96	64 <b>Gd</b> 157.25	65 <b>Tb</b> 158.92	66 <b>Dy</b> 162.50	67 <b>Ho</b> 164.93	68 <b>Er</b> 167.26	69 <b>Tm</b> 168.93	70 <b>Yb</b> 173.04	71 <b>Lu</b> 174.97	
Aktinidák		89 <b>Ac</b> (227)	90 <b>Th</b> 232.04	91 <b>Pa</b> (231)	92 <b>U</b> 238.03	93 <b>Np</b> (237)	94 <b>Pu</b> (242)	95 <b>Am</b> (243)	96 <b>Cm</b> (247)	97 <b>Bk</b> (247)	98 <b>Cf</b> (249)	99 <b>Es</b> (253)	100 <b>Fm</b> (253)	101 <b>Md</b> (256)	102 <b>No</b> (254)	103 <b>Lr</b> (257)	

halogének  
nemesgázok  
ritkaföldfémek

Alkáli fémek      Átmeneti fémek      Metalloidok  
Alkáli földfémek      Egyéb fémek      Nem-fémek

- **Elsődleges kötések**
  - Fémes
  - Ionos
  - Kovalens
- **Másodlagos kötések**

A fémes kötés akkor tud létrejönni, ha az elemek a külső elektronhéjon levő elektronjaikat képesek leadni egy közös elektronfelhőbe. A pozitív fémionok hosszútávon rendeződve térbeli rácsot, kristályos szerkezetet alkotnak .

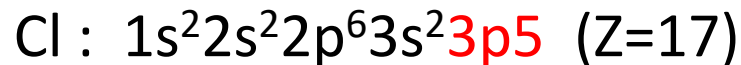
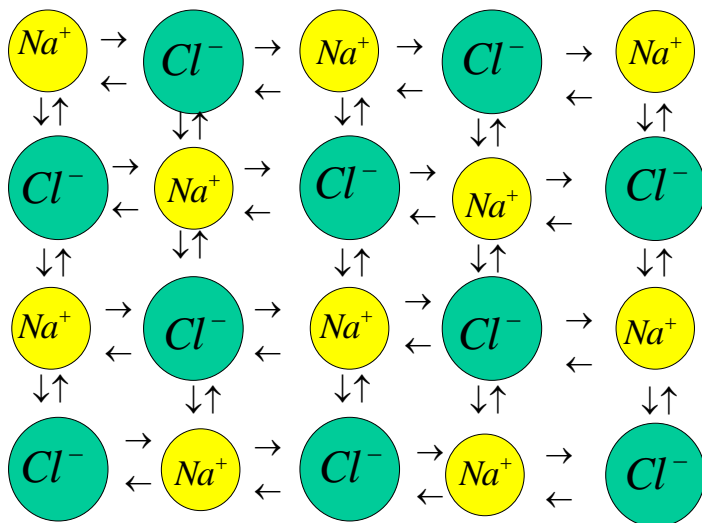


- Jó elektromos és hővezető képesség
- Kismértékű villamos ellenállás
- Nagymértékű képlékeny alakváltozás
- Iránytól független tulajdonságok.

**Elektropozitív elem:** elektront képes leadni, és ezáltal pozitív ionná válik.

**Elektronegatív elem:** elektront képes befogadni, és így negatív ionná válik.

Az ionos kötés előfeltétele, hogy különbség legyen az elemek elektronegativitásában. Az ionos kötés olyan elemek között valósul meg, amelyeknél a külső elektronhéjak betöltetlensége erősen eltérő, az egyik könnyen leadja, a másik pedig könnyen felveszi az elektront. Az ionos kötést a zárt elektronhéjak különösen nagy stabilitása biztosítja.



- Kation(+) – anion(-)
- Fém és nemfém elemek között
- Rossz hő és elektromos vezető
- Iránytól független tulajdonságok
- Rideg viselkedés
- Kerámiák tipikus kötése



1 H 2.1																	2 He -
3 Li 1.0	4 Be 1.5											5 B 2.0	6 C 2.5	7 N 3.0	8 O 3.5	9 F 4.0	10 Ne -
11 Na 0.9	12 Mg 1.2											13 Al 1.5	14 Si 1.8	15 P 2.1	16 S 2.5	17 Cl 3.0	18 Ar -
19 K 0.8	20 Ca 1.0	21 Sc 1.3	22 Ti 1.5	23 V 1.6	24 Cr 1.6	25 Mn 1.5	26 Fe 1.8	27 Co 1.8	28 Ni 1.8	29 Cu 1.9	30 Zn 1.6	31 Ga 1.6	32 Ge 1.8	33 As 2.0	34 Se 2.4	35 Br 2.8	36 Kr -
37 Rb 0.8	38 Sr 1.0	39 Y 1.2	40 Zr 1.4	41 Nb 1.6	42 Mo 1.8	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.2	46 Pd 2.2	47 Ag 1.9	48 Cd 1.7	49 In 1.7	50 Sn 1.8	51 Sb 1.9	52 Te 2.1	53 I 2.5	54 Xe -
55 Cs 0.7	56 Ba 0.9	57-71 1.1-1.2	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2	86 Rn -
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89-102 1.1-1.7															

NaCl

MgO

CaF<sub>2</sub>

CsCl

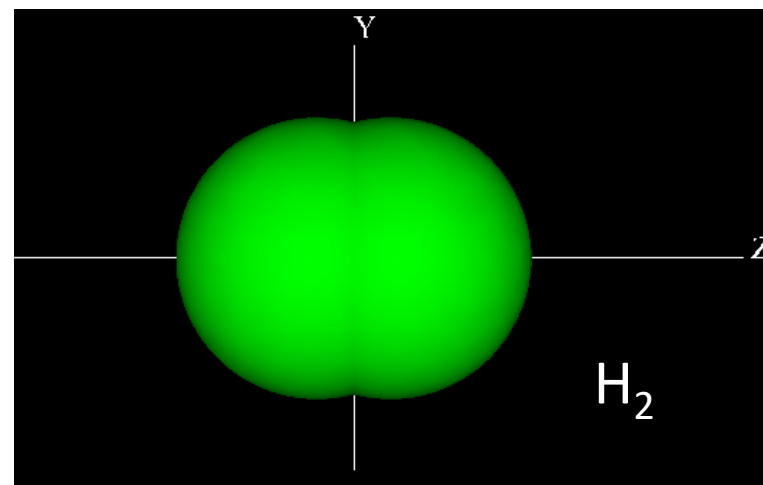
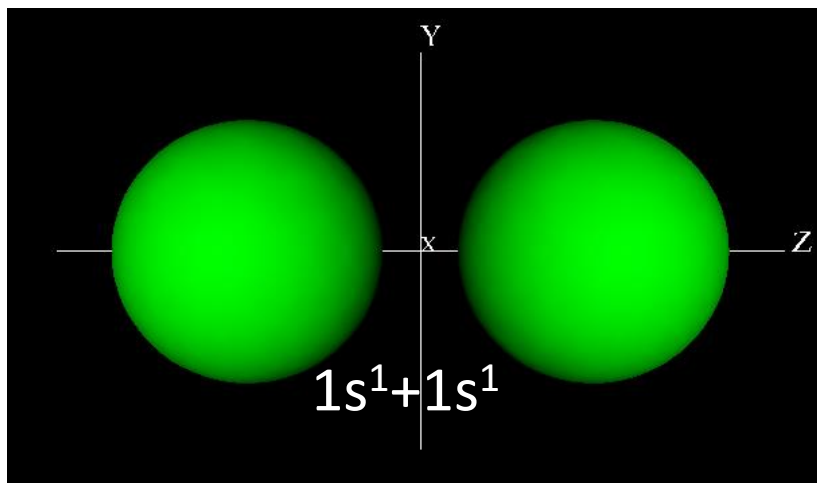
Elektron leadás

Elektron felvétel

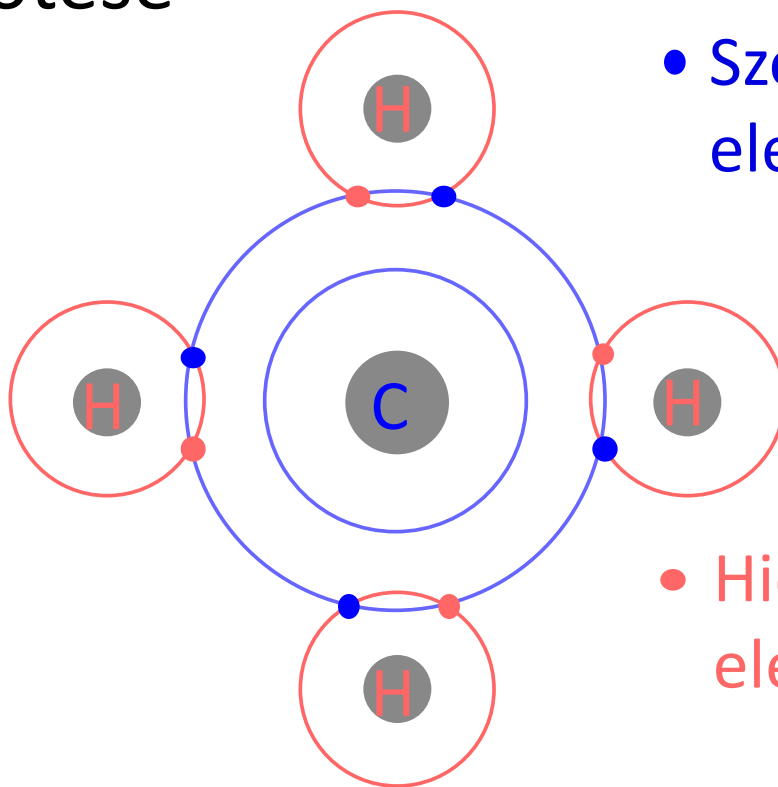
Kisebb elektronegativitás

Nagyobb elektronegativitás

A periódusos táblázat egymás melletti, vagy egymáshoz közeli elemei alkotják oly módon, hogy a kötésben részt vevő atomok úgy osztják meg egymás között a legkülső elektronhéjon lévő elektronjaikat, hogy a kötésben részt vevő atomok a nemesgázokra jellemző stabil elektron-konfigurációval rendelkezzenek.



## CH<sub>4</sub> kötése



- Szén atom megosztott elektronjai

- Hidrogén atom megosztott elektronjai

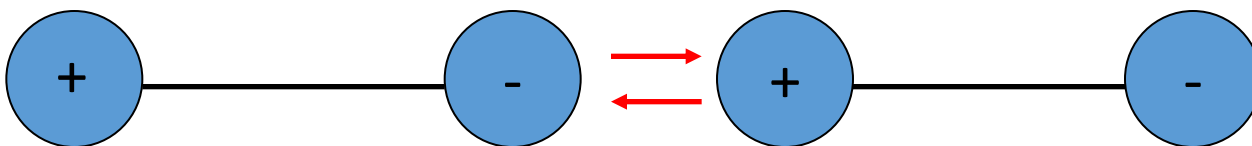
**C:** 4 vegyérték elektron van,  
kell még 4 e.

**H:** 1 vegyérték e van,  
kell még 1 e.

1 H 2.1																	2 He -
3 Li 1.0	4 Be 1.5											5 B 2.0	6 C 2.5	7 N 3.0	8 O 3.5	9 F 4.0	10 Ne -
11 Na 0.9	12 Mg 1.2											13 Al 1.5	14 Si 1.8	15 P 2.1	16 S 2.5	17 Cl 3.0	18 Ar -
19 K 0.8	20 Ca 1.0	21 Sc 1.3	22 Ti 1.5	23 V 1.6	24 Cr 1.6	25 Mn 1.5	26 Fe 1.8	27 Co 1.8	28 Ni 1.8	29 Cu 1.9	30 Zn 1.6	31 Ga 1.6	32 Ge 1.8	33 As 2.0	34 Se 2.4	35 Br 2.8	36 Kr -
37 Rb 0.8	38 Sr 1.0	39 Y 1.2	40 Zr 1.4	41 Nb 1.6	42 Mo 1.8	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.2	46 Pd 2.2	47 Ag 1.9	48 Cd 1.7	49 In 1.7	50 Sn 1.8	51 Sb 1.9	52 Te 2.1	53 I 2.5	54 Xe -
55 Cs 0.7	56 Ba 0.9	57 La 1.1	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2	86 Rn -
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89 Ac 1.1															

$H_2$  (points to H)
   
 $H_2O$  (points to H and O)
   
 $Cl_2$  (points to Cl)
   
 $F_2$  (points to F)
   
 $SiC$  (points to Si and C)
   
 $GaAs$  (points to Ga and As)

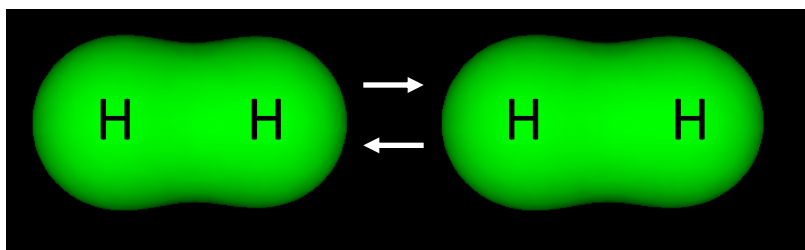
Atomi vagy molekuláris dipólusok között ható Coulomb erők hozzák létre.



## 1. Változó dipólus által indukált kötés

Elektromosan szimmetrikus atom v. molekula időlegesen polárossá válik, és a környezetében dipólust indukál. Pl.: nemesgázok szilárdulásakor,  $H_2$  és  $Cl_2$  molekulák között

Olvadás- és forráspont nagyon kicsi



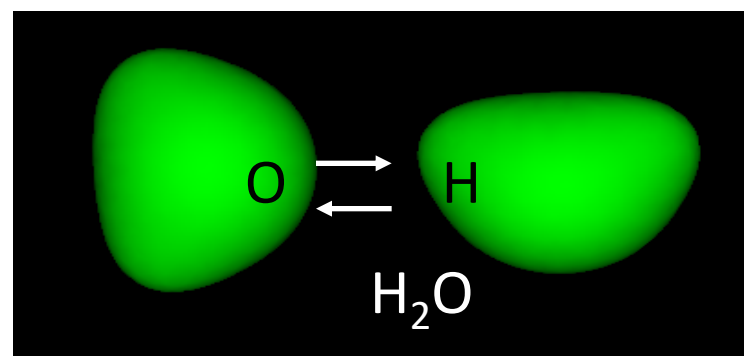
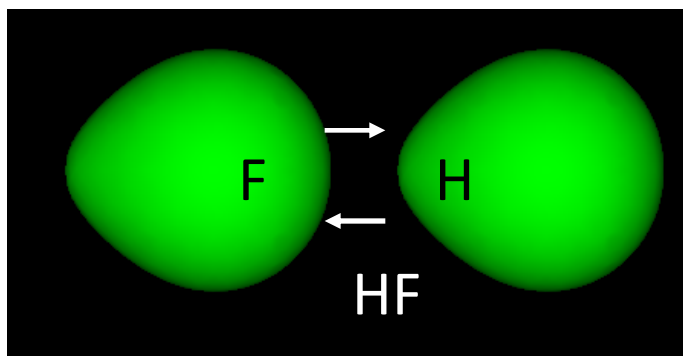
Leggyengébb kötés

## 2. Állandó dipólus által indukált kötés

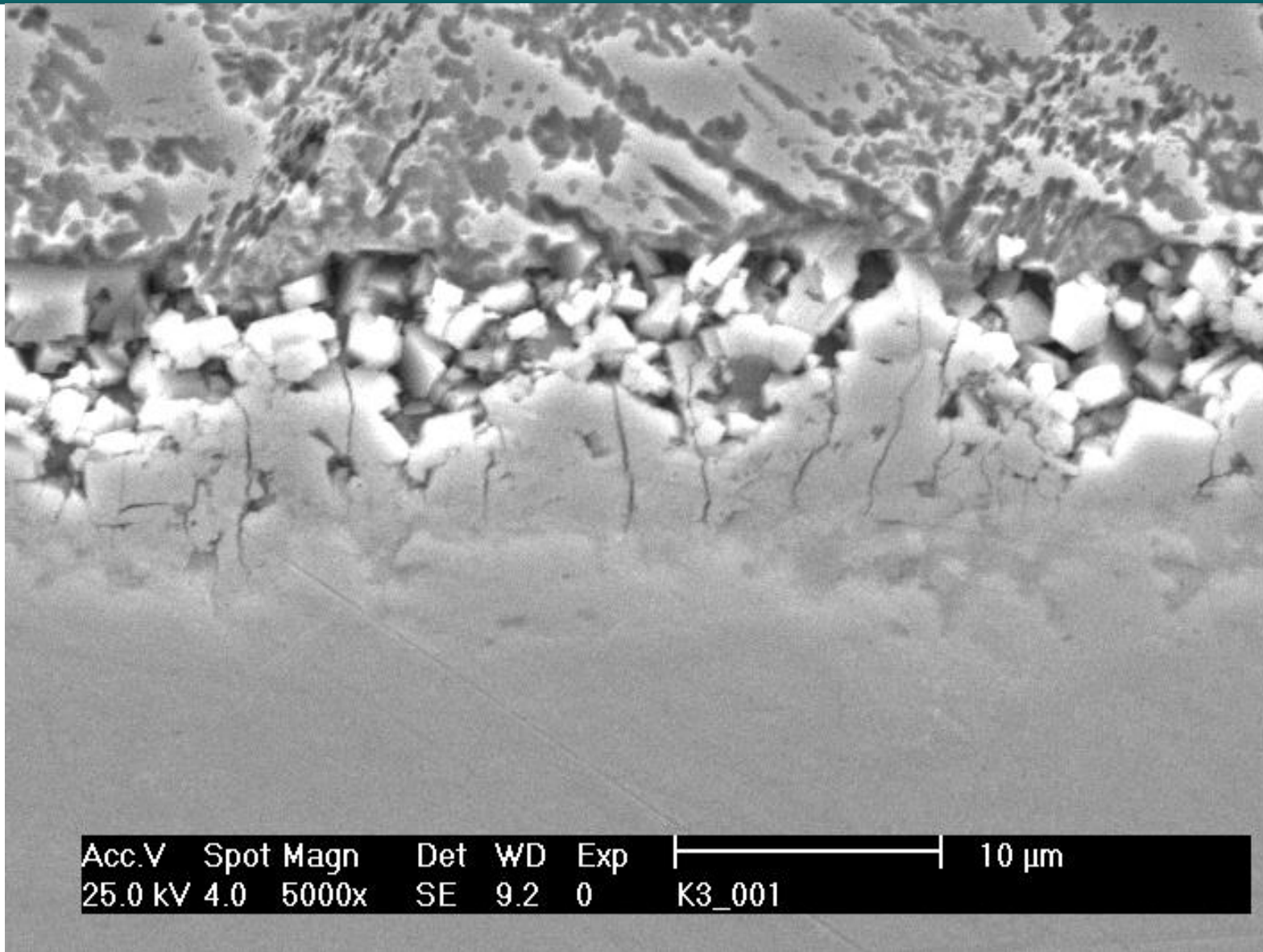
Aszimmetrikus töltéeloszlású molekulák apoláros molekulákat polárossá indukálnak. Pl.: HCl poláros molekula.

## 3. Állandó dipólusok közötti kötés (hidrogén kötés)

A H erős kovalens kötésű molekulákat alkot különböző elemekkel (HF, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>). Mindegyik H-F, H-O, H-N kötésnél az 1s<sup>1</sup> elektron a másik elemmel van megosztva, és a kötés végén pozitív töltésű állandó pólus alakul ki. A molekula másik része negatív töltésűvé válik.



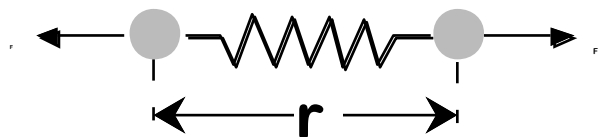
Pl.: óriásmolekulák (polimerek) közötti kötések.



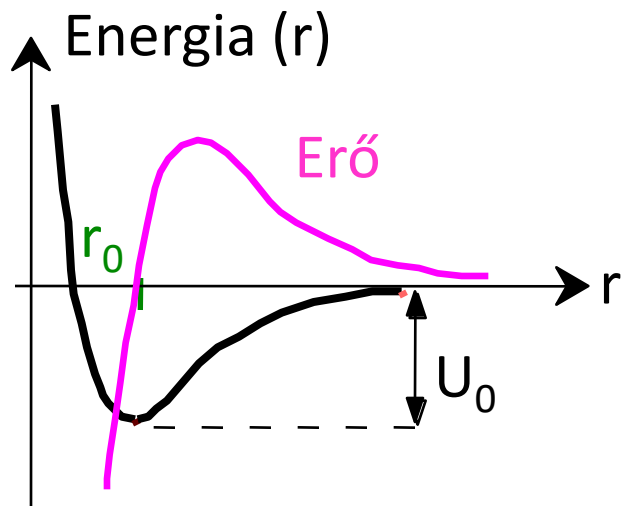
- **Atomtávolság:** az atomok közötti egyensúlyi távolság, amit a köztük fellépő vonzó és taszító erők eredője határoz meg.
- **Kötési energia:** az egyensúlyi távolságban lévő atomok között mérhető energia.



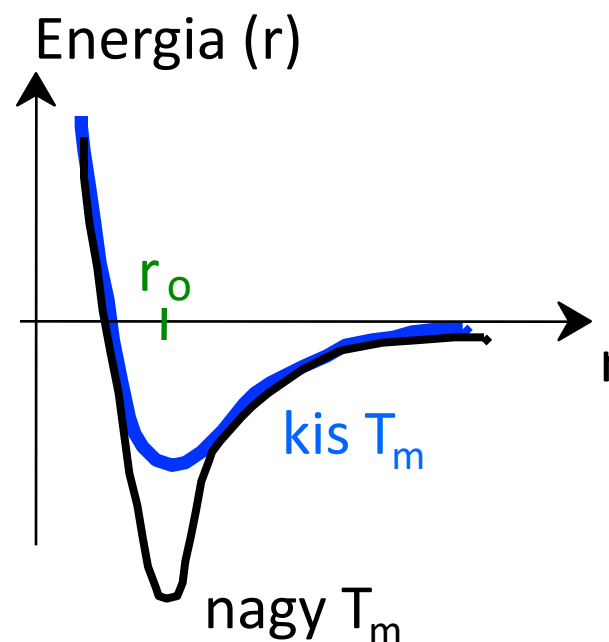
- **Kötéshossz,  $r$**



- **Kötési energia,  $U_0$**

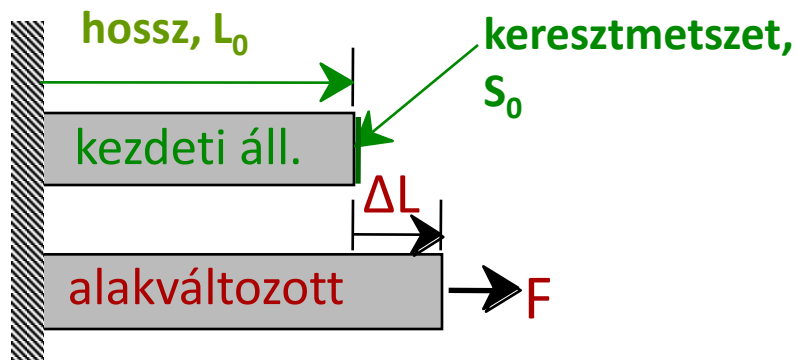


- **Olvadáspont,  $T_m$**



$T_m$  nagyobb, ha  $U_0$  nagyobb

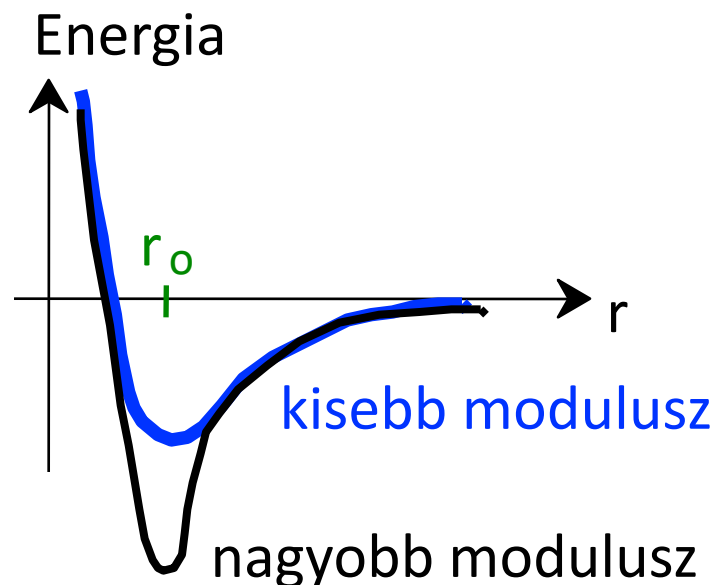
- Rugalmassági modulusz, E**



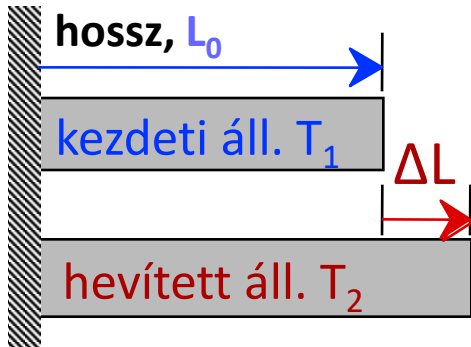
$$\frac{F}{S_0} = E \frac{\Delta L}{L_0}$$

E nagyobb, ha  $U_0$  nagyobb

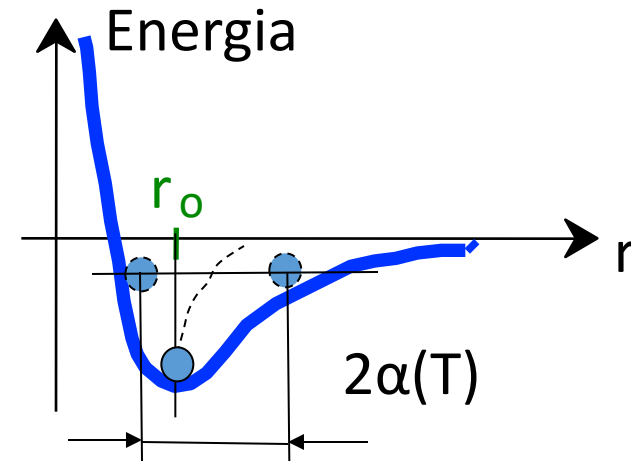
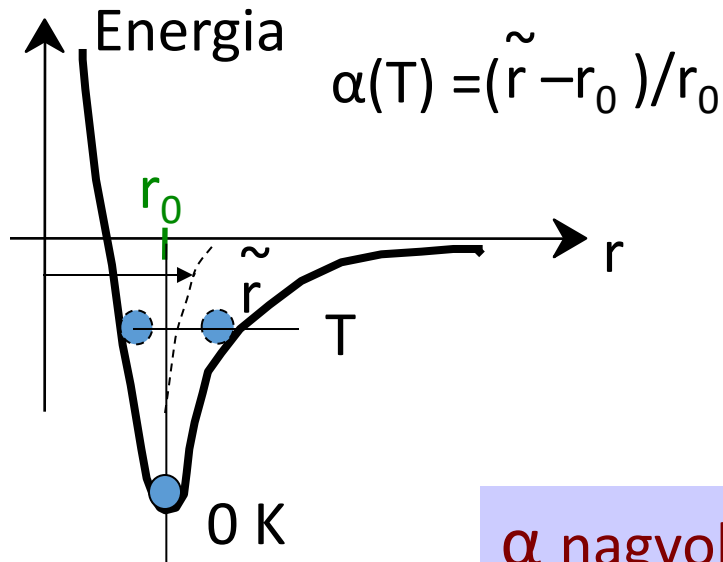
$E \sim$  görbület  $r_0$ -nál



- Hőtágulási tényező,  $\alpha$**



$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha (T_2 - T_1)$$



$\alpha$  nagyobb, ha  $U_0$  kisebb

<b>Típus</b>	<b>Kötési energia</b>	<b>Megjegyzés</b>
Ionos	nagy	irányítatlan kerámiák
Kovalens	változó nagy( pl. gyémánt) kisebb (pl. bizmut)	irányított félvezetők, kerámiák, polimerek
Fémes	változó nagy( pl. volfrám) kisebb (pl. higany)	irányítatlan fémek
Másodlagos	kicsi	irányított molekulák, polimer láncok között

