

 Anyagtudomány és Technológia Tanszék 

Bevezetés

Dr. Szabó Péter János
szabo.peter.janos@gpk.bme.hu

Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat
BMEGEMTBGA1
2024/2025/2

1



 Anyagtudomány és Technológia Tanszék 



MT épület

2

2

 Anyagtudomány és Technológia Tanszék 

Tanszékvezető: Dr. Szabó Péter János

Honlap: www.att.bme.hu

(Laboratóriumok: MT és G épület)

3

3

 Gillemot László Szakkollégium 



4

4

 Öntevékeny körök 



5

5

 Az ATT oktatási tevékenysége 

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)

6

6

 Az ATT oktatási tevékenysége 

MSc képzés (mesterképzés)


Gépészmérnöki Szak

Alaptárgy: Anyagtudomány (~120 fő)
Anyagtechnológia specializáció (~15 fő)

- Alakító technológiák elmélete
- Öntészet, porkohászat
- Hegesztés
- Végeselemes tervezés (MSC MARC)
- Kerámiák, kompozitok
- Orvostechnikai anyagok
- Korrózió, károsodás (fáradás, törés)
- Mikroszerkezeti vizsgálatok

7

7

 Az ATT oktatási tevékenysége 

PhD képzés (doktori)

Anyag- és Gyártástechnológia alprogram



Anyagtechnológia részprogram

Hegesztő szakmérnök képzés

3 féléves képzés (35 fő)
 Magyar + EWE és IWE diploma

8

8

 Előadások 

Nét	Dátum	Témakör
1.	02.12.	Bévezetés, 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.	ZH1.
	03.20.	Ötvözetek szerkezete és termikus viselkedése
7.	03.26.	Állapotbrák, vas-szén állapotbra
	03.27.	Állapotbrák, vas-szén állapotbra
8.	04.02.	Állapotbrák, vas-szén állapotbra
	04.03.	Fáradástulakok, hőkezelések
9.	04.09.	Fáradástulakok, hőkezelések
	04.10.	Károsodás (törés, fáradás)
10.	04.16.	Károsodás (fáradás, korrózió)
	04.17.	TAVASZI SZÜNET
	04.23.	TAVASZI SZÜNET
	04.24.	TAVASZI SZÜNET
11.	04.30.	Károsodás (fáradás, korrózió)
	05.01.	NEMZETI ÜNNEP
12.	05.07.	Anyagvizsgálat
	05.08.	Anyagvizsgálat
13.	05.14.	ZH II.
	05.15.	Anyagvizsgálat
14.	05.21.	PHD
	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.

9

9

		Anyagszerkezet és anyagvizsgálat, BMEGEMTBOLAI_2024/25, tanév 2. félév						
Csoport	1. hét	2. hét	3. hét	4. hét	5. hét	6. hét	7. hét	
A csoport 90 perc		Fémek fizikai tulajdonságai G éjszaki, Hétköznap	Fémek fizikai tulajdonságai G éjszaki, Hétköznap	Keménységmérés MT éjszaki, Kék labor	Keménységmérés MT éjszaki, Kék labor	Mikroszkópia G éjszaki, G119	Mikroszkópia G éjszaki, G119	
B csoport 90 perc		Keménységmérés MT éjszaki, Kék labor	Keménységmérés MT éjszaki, Kék labor	Fémek fizikai tulajdonságai G éjszaki, Hétköznap	Fémek fizikai tulajdonságai G éjszaki, Hétköznap	Szakítványvizsgálat MT éjszaki, Kék labor	Szakítványvizsgálat MT éjszaki, Kék labor	
Csoport	8. hét	9. hét	10. hét	11. hét	12. hét	13. hét	14. hét	
A csoport 90 perc	Szakítványvizsgálat MT éjszaki, Kék labor	Szakítványvizsgálat MT éjszaki, Kék labor	Szilárdságnóvélés, újratáplálás G éjszaki, Hétköznap	Szilárdságnóvélés, újratáplálás G éjszaki, Hétköznap	Állapotnyezők MT éjszaki, Kék labor	Állapotnyezők MT éjszaki, Kék labor		
B csoport 90 perc	Mikroszkópia G éjszaki, G119	Mikroszkópia G éjszaki, G119	Állapotnyezők MT éjszaki, Kék labor	Állapotnyezők MT éjszaki, Kék labor	Szilárdságnóvélés, újratáplálás G éjszaki, Hétköznap	Szilárdságnóvélés, újratáplálás G éjszaki, Hétköznap		

10

10

		Félévi követelmények – 1	
<ol style="list-style-type: none"> Az előadások legalább 70 %-án való részvétel kötelező. A félév során két zárthelyit írunk. 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. <p>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.</p>			



11

11

		Félévi követelmények – 2	
<ol style="list-style-type: none"> 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. A segédanyagokat, a jegyzőkönyvi űrlapokat és a „Pótlási igazolást” a tanszék honlapjáról lehet letölteni, melynek címe: www.att.bme.hu. A vizgára bocsátás (a félévi aláírás) feltétele: <ul style="list-style-type: none"> Az előadások legalább 70 %-án való részvétel; Valamennyi labor elvégzése, a jegyzőkönyvek elfogadása; Mindkét zárthelyi legalább elégségesre történő megírása (pótlási rend a honlapon!) 			

12

12



 Félévi követelmények – 3 

6. A félév végén **írásbeli és szóbeli vizsgát** kell tenni.

7. Az írásbeli alapján a kettes és a hármas érdemjegyet megajánljuk.

13

13



 Félévi követelmények – 4 

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. – Hidas B. – Dévényi L.: Alkalmazott anyagtudomány Műegyetemi Kiadó, 2006 (Jegyzetszám: 45-048)
- Gillemot László: Anyagszerkezetten és anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó, 1979
- Prohászka János: Bevezetés az anyagtudományba Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997

14

14

 Félévi követelmények – 4 


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.

15


15

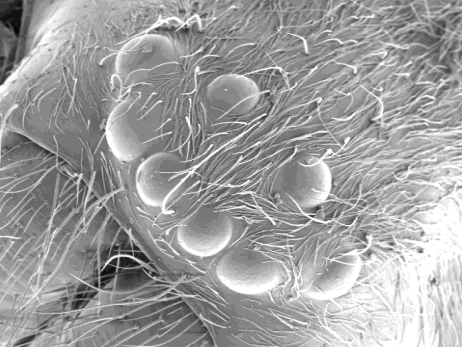
att Ajánlás 

- 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 előadási diák nehezen értelmezhetők, ajánlott az előadáson jegyzetelni.
- Amit a felkészülés során kihagynak, azt a vizsgán biztos **megkérdézik**.

16


16

att Kérdés 



17


17

att Diszciplínák 

- **Anyagtudomány**
Az anyagszerkezet és a tulajdonságok közötti kapcsolat feltárása.
- **Anyagtechnológia**
A fenti kapcsolat alapján anyagok, mérnöki szerkezetek tervezése és gyártása, megfelelő tulajdonságok biztosítása.

18


18

att Anyagok csoportosítása 

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

19


19

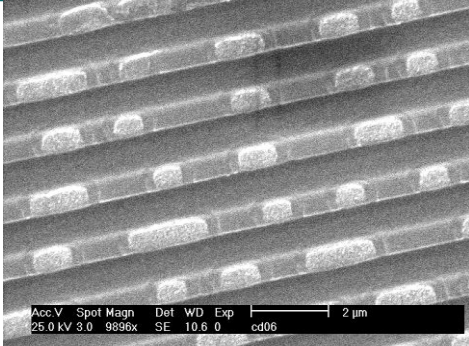
att Anyagtulajdonságok 

- **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)

20

20



att Kérdés 



Acc.V Spot Magn Det WD Exp | 2 μm
25.0 kV 3.0 9896x SE 10.6 0 cd06

21

21

 **Atomszerkezet** 



Az emberiséget ősidők óta foglalkoztatja az a kérdés, hogy melyek az anyag alapvető építőkövei. **Thalész** szerint a víz minden lét alapja, ebből keletkezik, és ezé válik minden. **Anaximénész** 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...*

22



22

 **Az atom felépítése** 

- **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

23


23

 **Alapfogalmak** 

- **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.

24


24

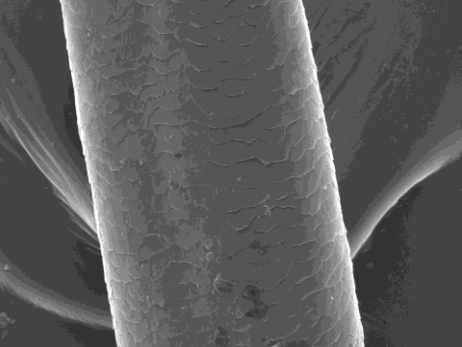
att Alapfogalmak 

- **Izotóp:** azonos számú proton, de eltérő számú neutron tartalmazó atom;
- **Relatív atomtömeg (A_r):** viszonyszám, amely megmutatja, hogy az adott elem adott izotópja hányszor nagyobb tömegű a ^{12}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.

25


25

att Kérdés 

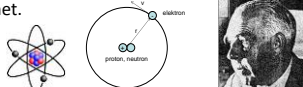


26

26

att Bohr-atommodell 

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:

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


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, ν : foton frekvencia

27

27

att A periódusos rendszer 


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



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

28

28

att A periódusos rendszer 

1 H 1.008	2 He 4.0026											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948									
3 Li 6.941	4 Be 9.0122											19 K 39.098	20 Ca 40.078					36 Kr 83.80								
11 Na 22.990	12 Mg 24.305	13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.62	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80	
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.906	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.4	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.6	53 I 126.91	54 Xe 131.3									
55 Cs 132.91	56 Ba 137.34	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm 144.91	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.5	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967										
87 Fr 223	88 Ra 226	89 Ac 227	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 252	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 262										


 halogének
 nemesgázok
 ritkaföldfémek

 Alkálifémek
 Átmeneti fémek
 Metalloidok
 Alkáliföldfémek
 Egyéb fémek
 Nem-fémek

Lantanidák
Aktinidák

29

29

att Atomi kötések 

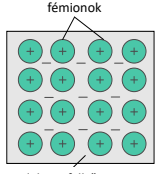
- **Elsődleges kötések**
 - Fémes
 - Ionos
 - Kovalens
- **Másodlagos kötések**

30

30

att Fémek kötés MŰEGYETEM 1782

A fémek 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.

fémionok

elektronfelhő

- 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.

31

31

att Ionos kötés MŰEGYETEM 1782

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

Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ($Z=11$)
Cl: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ($Z=17$)

Na + **Cl** → **Na⁺** + **Cl⁻**

NaCl (ionos kötés)

- Kation(+)
- Anion(-)
- Fémek és nemfémek között
- Rossz hő és elektromos vezető
- Iránytól független tulajdonságok
- Rigid viselkedés
- Kerámiák tipikus kötése

32

32

att Ionos kötés és elektronegativitás MŰEGYETEM 1782

NaCl
MgO
CaF₂
CsCl

1	H	2.1																	2	He	-																																
3	Li	1.0	4	Be	1.5											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	1.6	23	V	1.6	24	Cr	1.5	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	Lf	1.1	72	Hf	1.3	73	Ta	1.5	74	W	1.7	75	Re	1.9	76	Os	2.2	77	Pt	2.2	78	Au	2.2	79	Hg	2.4	80	Tl	1.9	81	Pb	1.8	82	Bi	1.9	83	Po	2.0	84	At	2.2	85	Rn	-			
87	Fr	0.7	88	Ra	0.9	89	Lt	1.1	102	Rf	1.3	103	Hs	1.5	104	Db	1.7	105	Sg	1.9	106	Bh	2.2	107	Ht	2.2	108	Cn	2.2	109	Nh	2.4	110	Fl	1.9	111	Mc	1.8	112	Uu	1.9	113	Uue	2.0	114	Uuq	2.2	115	Uup	2.2	116	Uuh	-

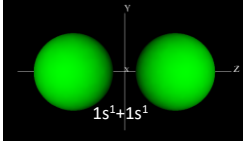
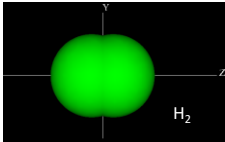
Elektron leadás → **Elektron felvétel**
Kisebb elektronegativitás → Nagyobb elektronegativitás

33

33

att Kovalens kötés MŰEGYTEM 1782

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.

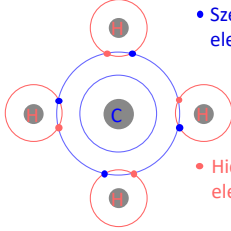



34

34

att Szénhidrogének kötése MŰEGYTEM 1782

CH₄ kötése



- Szén atom megosztott elektronjai
- Hidrogén atom megosztott elektronjai

C: 4 vegyérték elektron van, **H:** 1 vegyérték e van, kell még 4 e. kell még 1 e.

35

35


att Kovalens kötés példák MŰEGYTEM 1782

1 H 2.1																	2 He -
3 Li 1.0	4 Be 1.5															10 Ne -	
11 Na 0.9	12 Mg 1.2															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 1.8	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															

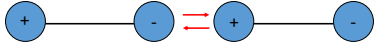
GaAs

36

36

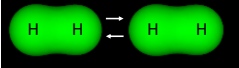
att Másodlagos (Van der Waals) kötések 

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, H₂ és Cl₂ molekulák között

Olvadás- és forráspont nagyon kicsi  Leggyengébb kötés

37

37

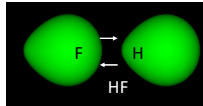
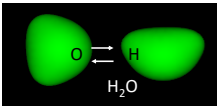
att Másodlagos (Van der Waals) kötések 

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, H₂O, NH₃). Mindegyik H-F, H-O, H-N kötésnél az 1s¹ elektron a másik elemmel van megosztva, és a kötés végén pozitív töltésű állandó pólus alakul ki. A molekula másik része negatív töltésűvé válik.

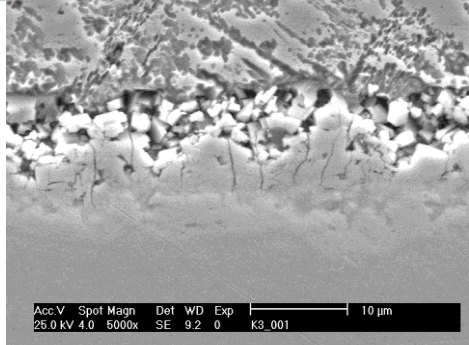



Pl.: óriásmolekulák (polimerek) közötti kötések.

38

38


att Kérdés 



Acc.V Spot Magn Det WD Exp | 10 μm
25.0 kV 4.0 5000x SE 9.2 0 K3_001

39


39

att Kötési energia, atomtávolság 

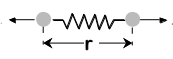
- **Atomtávolság:** az atomok közötti egyensúlyi távolság, amit a köztük fellépő vonzó és taszító erők eredője határoz meg.
- **Kötési energia:** az egyensúlyi távolságban lévő atomok között mérhető energia.

40

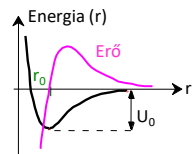
40

att Atomi kötés és a makroszkópikus tulajdonságok kapcsolata 

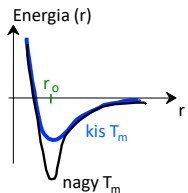
- **Kötéshossz, r**



- **Kötési energia, U_0**




- **Olvadáspont, T_m**



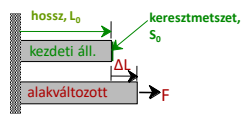
T_m nagyobb, ha U_0 nagyobb

41

41

att Atomi kötés és a makroszkópikus tulajdonságok kapcsolata 

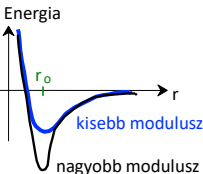
- **Rugalmassági modulusz, E**



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

E nagyobb, ha U_0 nagyobb

$E \sim$ görbület r_0 -nál



42

42

Atomi kötés és a makroszkópikus tulajdonságok kapcsolata

• **Hőtágulási tényező, α**

hossz, L_0
 kezdeti áll. T_1
 hevített áll. T_2

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

Energia $\alpha(T) = (\tilde{r} - r_0) / r_0$

0 K

α nagyobb, ha U_0 kisebb

43

43

Kötések összefoglalása

Típus	Kötési energia	Megjegyzés
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

44

44

Kérdés

45

45
