

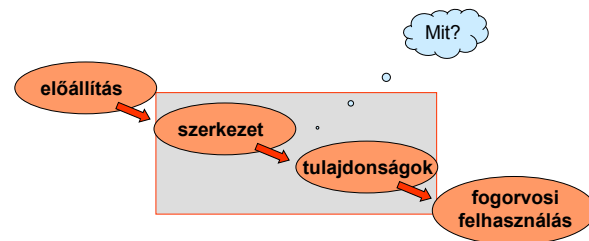


## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

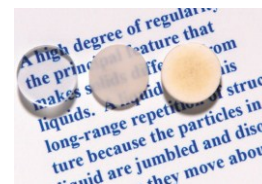
Bevezető

Miért?

1



Például:



mind:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  !

2

okt. hét	dátum	téma
1	09.12.	<b>Anyagszerkezeti alapok.</b> Atomai kölcsönhatások, kötések. Sokatomos rendszerek. Gázok. A hőmérséklet
2	09.19.	Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok
3	09.26.	Kohézió, adhézió, határfelületi jelenségek. Fázis, fázisdiagram, fázisátalakulások
4	10.03.	Szerkezetvizsgálati (diffrakciós, mikroszkópiai, spektroszkópiai) módszerek
5	10.10.	Anyagsaládok: fémek, ötvözetek
6	10.17.	Anyagsaládok: kerámiák, polimerek, kompozitok
7	10.24.	<b>Anyagok mechanikai és egyéb tulajdonságai.</b> Mechanikai tulajdonságok 1. – A rugalmas viselkedés
8	10.31.	Mechanikai tulajdonságok 2. – A képlékeny viselkedés, keménység
9	11.07.	Mechanikai tulajdonságok 3. – Reológiai tulajdonságok, viszkoelaszicitás
10	11.14.	Hőtani és elektromos tulajdonságok
11	11.21.	Optikai tulajdonságok. Fogászati anyagok tulajdonságainak összehasonlítása, értelmezése a szerkezet alapján
12	11.28.	<b>Biomechanikai alapok</b> Biológiai szövetek szerkezete, mechanikai és egyéb tulajdonságai
13	12.05.	Implantológia fizikai alapjai (vendégelőadó: Dr. Szűcs Attila egy. docens)
14	12.12.	Fogszabályozás fizikai alapjai (vendégelőadó: Dr. Fábrián Gábor egy. docens)

Hogyan?

3

„Mondd, és én elfelejtem.  
Mutasd meg, és én eszembe vésem.  
Hadd, hogy tegyem, és én megértem.”

(Kon-fu-ce)



The most exciting phrase to hear in science, the one that heralds new discoveries, is not 'Eureka!' (I found it!), but 'That's funny...'

(Isaac Asimov)

4

## Egyéb hasznos tudnivalók

- Tölgyesi Ferenc egy. docens ([ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu](mailto:ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu)) Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
- Intézeti honlap: <http://biofiz.sote.hu>
- max 3 hiányzás!
- Tölgyesi, Derka, Módos: Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai, elektronikus tankönyv, [www.tankonyvtar.hu](http://www.tankonyvtar.hu)
- Egyéb ajánlott irodalom:
  - W.D. Callister: Materials Science and Engineering. An Introduction (7th ed.), Wiley&Sons, 2007
  - K.J. Anusavice: Phillips' Science of Dental Materials (11th ed.), Saunders, 2003
  - Damjanovich, Fidy, Szöllösi: Orvosi biofizika, Medicina 2006
- 2 félévközi teszt:
  - 7. oktatási hét október 24. (csütörtök) 18:00-19:00, EOK Szent-Györgyi előadóterem
  - 13. oktatási hét december 04. (szerda) 18:00-19:00, EOK Szent-Györgyi előadóterem
- 2 konzultáció:
  - 7. oktatási hét október 21. (hétfő) 19:00-20:30, EOK Hevesy előadóterem
  - 13. oktatási hét december 02. (hétfő) 19:00-20:30, EOK Hevesy előadóterem
- vizsga: kollokvium (szóbeli); vizsgaanyag: előadási anyag + a tankönyv anyaga
- vizsgajegy:

$$\begin{array}{c} \text{1. teszt} \\ \text{20 pont} \end{array} + \begin{array}{c} \text{2. teszt} \\ \text{20 pont} \end{array} + \begin{array}{c} \text{szóbeli} \\ \text{50 pont} \end{array} = \begin{array}{c} \text{összesen} \\ \text{90 pont} \end{array}$$

minimum: 20 pont!!

45 ponttól **2**    55 ponttól **3**    65 ponttól **4**    75 ponttól **5** 😊

7

okt. hét	dátum	téma
1	09.12.	<b>Anyagszerkezeti alapok.</b> Atomi kölcsönhatások, kötések. Sokatomos rendszerek. Gázok. A hőmérséklet
2	09.19.	Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok
3	09.26.	Kohézió, adhézió, határfelületi jelenségek. Fázis, fázisdiagram, fázisátalakulások
4	10.03.	Szerkeztvizsgálati (diffrakciós, mikroszkópiai, spektroszkópiai) módszerek
5	10.10.	Anyagsaládok: fémek, ötvözetek
6	10.17.	Anyagsaládok: kerámiák, polimerek, kompozitok
7	10.24.	<b>Anyagok mechanikai és egyéb tulajdonságai.</b> Mechanikai tulajdonságok 1. – A rugalmas viselkedés
8	10.31.	Mechanikai tulajdonságok 2. – A képlékeny viselkedés, keménység
9	11.07.	Mechanikai tulajdonságok 3. – Reológiai tulajdonságok, viszkoelaszticitás
10	11.14.	Hőtani és elektromos tulajdonságok
11	11.21.	Optikai tulajdonságok. Fogászati anyagok tulajdonságainak összehasonlítása, értelmezése a szerkezet alapján
12	11.28.	<b>Biomechanikai alapok</b> Biológiai szövetek szerkezete, mechanikai és egyéb tulajdonságai
13	12.05.	Implantológia fizikai alapjai (vendégelőadó: Dr. Szűcs Attila egy. docens)
14	12.12.	Fogszabályozás fizikai alapjai (vendégelőadó: Dr. Fábán Gábor egy. docens)

7

## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

elektronikus tankönyv



Szerzők:

Tölgyesi Ferenc, Derka István, Módos Károly



Semmelweis Egyetem, Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet • Budapest, 2012

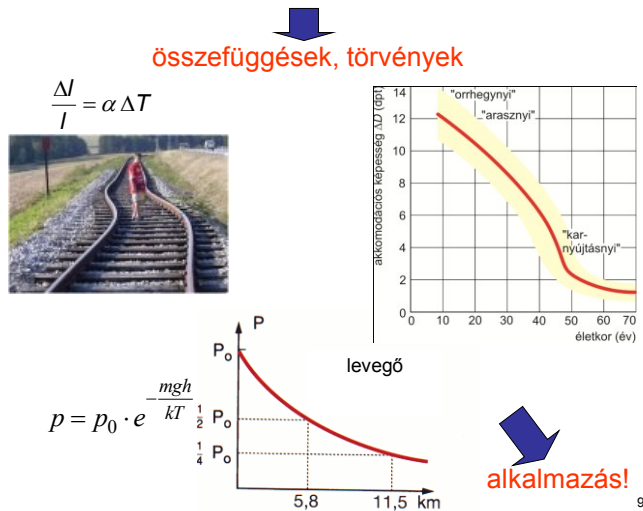
© Tölgyesi Ferenc, Derka István, Módos Károly, 2012

6

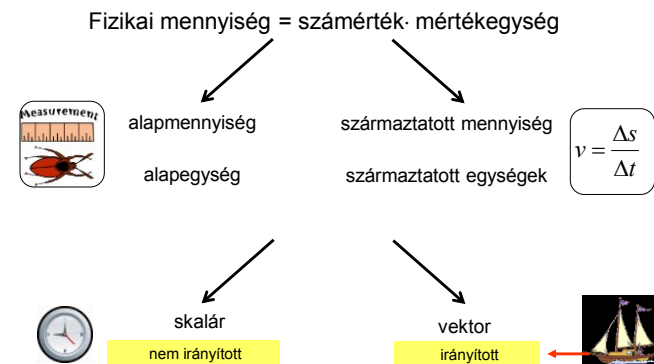
## Röviden a természettudományos gondolkodásról



8



## Fizikai mennyiség



Nagyon kicsi és nagyon nagy értékek kényelmes felírása.

prefixumok:

normál alak:

$$m \cdot 10^n \quad (1 \leq m < 10)$$

Például egy eritrocita átmérője  
 $0,000008 \text{ m} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 8 \text{ } \mu\text{m}$

**Kerekítés:**  
három értékes jegyre!  
pl.:  $0,0019588 \approx 0,00196$

prefixum		a megfelelő
neve	jele	szorzó
exa	E	$10^{18}$
peta	P	$10^{15}$
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
kilo	k	$10^3$
hekto	h	$10^2$
deka	da	10
deci	d	$10^{-1}$
centi	c	$10^{-2}$
milli	m	$10^{-3}$
mikro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
piko	p	$10^{-12}$
femto	f	$10^{-15}$
atto	a	$10^{-18}$

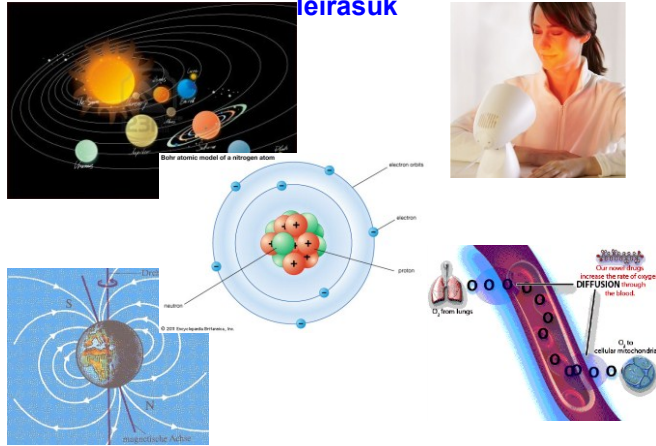


## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

1.

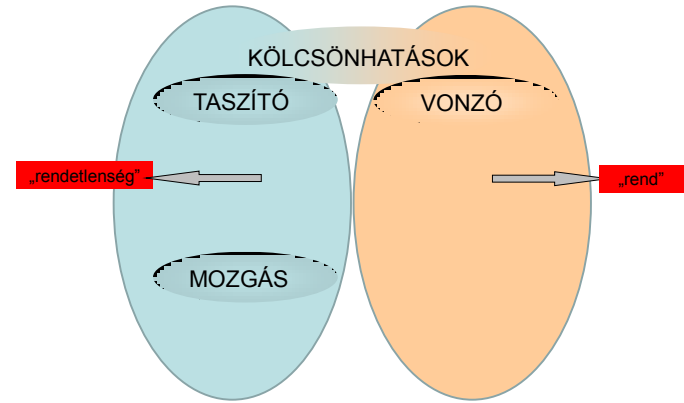
Általános anyagszerkezeti ismeretek  
Atomi kölcsönhatások, sokatomos rendszerek - gázok

## Kölcsönhatások, szerepük és kvantitatív leírásuk



13

## Testek felépülésének általános elvei



Hogyan tudjuk ezeket a jelenségeket kvantitatívan összehasonlítani?

14

## Némi ismételés a középiskolai fizikából



mechanikai kölcsönhatás!!

deformáció

mozgásállapot megváltozása

• erő ( $F$ ):  $F = m \cdot a$   $\left( \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N (Newton)} \right)$

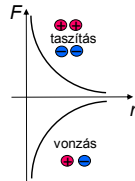
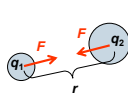
• Newton 2. törvénye (a mechanika alapegyenlete):  $\sum F_i = m \cdot a$

$$F \Rightarrow a$$

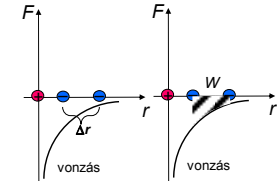
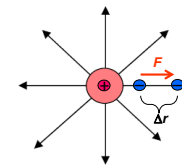
• erőtvények:

○ gravitációs törvény  $F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

○ Coulomb-törvény  $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$



15



• munka ( $W$ ):  $W = F \cdot \Delta r$  (Nm = J (Joule)) [De itt  $F$  nem állandó, ezért:  $W = \int F dr$ ]

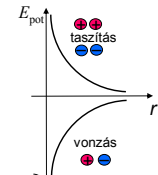
• energia ( $E$ ): a rendszerben tárolt munka (J)

• elektromos potenciális energia ( $E_{\text{pot}}$ ):  $E_{\text{pot}} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$

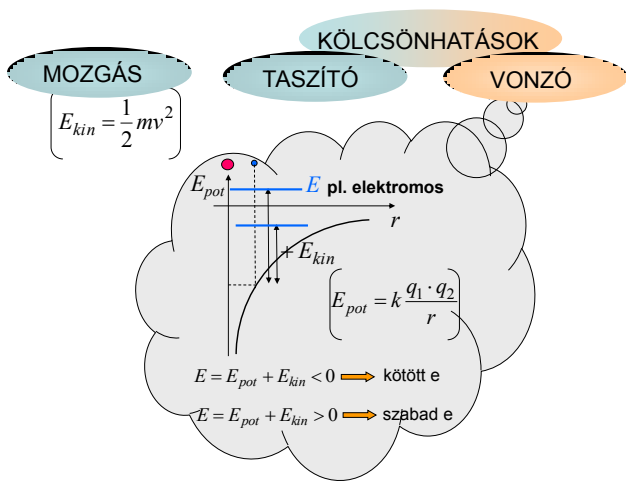
• mozgási (kinetikus) energia ( $E_{\text{kin}}$ ):  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$

• gravitációs helyzeti (potenciális) energia ( $E_{\text{pot}}$ ):  $E_{\text{pot}} = mgh$

$$\left[ E_{\text{pot}} = -\gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r} \right]$$



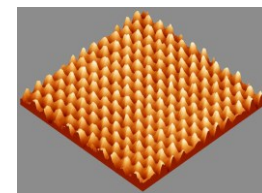
16



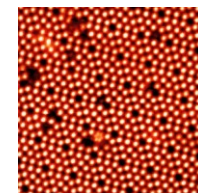
17

## Atomos felépítés

- Demokritos Kr.e 5.sz
- Dalton-féle atomelmélet 1803
- Modern mikroszkópok:



C atomok – hibátlan kristálysírk

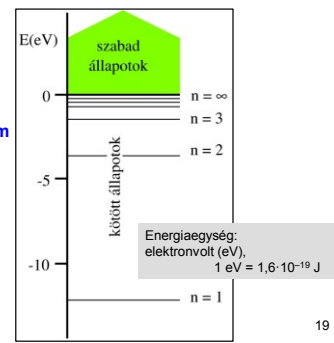
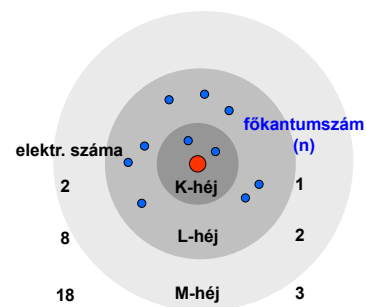


Si kristály - hibákkal

18

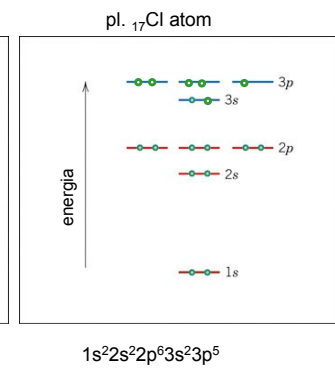
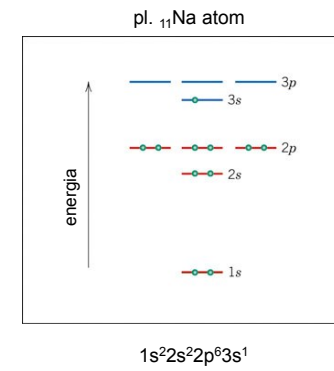
## Atom felépítése

- Rutherford szórás kísérlete
  - Spektroszkópiai megfigyelések
  - ❖ Diszkrét energiaállapotok
  - ❖ Energiaminimum
  - ❖ Pauli-elv



19

## Elektron konfiguráció:

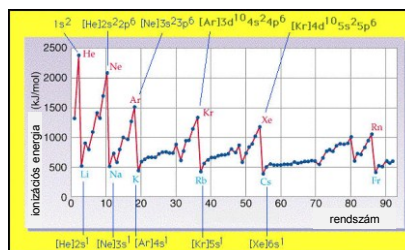


20

## Elektronegativitás

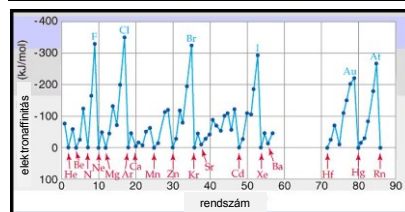
### Ionizációs energia ( $I$ ):

A legkülső elektron eltávolításához szükséges energia (eV/atom; kJ/mol)



### Elektronaffinitás ( $A$ ):

Egy elektron felvételekor felszabaduló energia (eV/atom; kJ/mol)

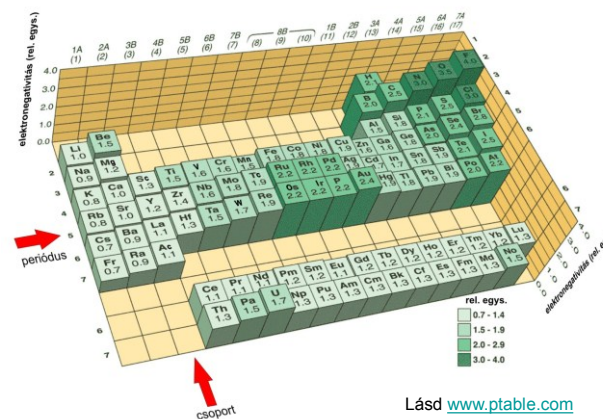


### Elektronegativitás (EN):

$$EN = I + |A|$$

21

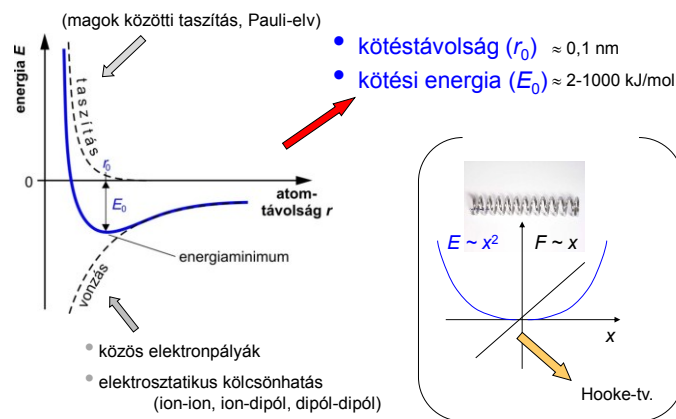
## Pauling-skála:



Lásd [www.ptable.com](http://www.ptable.com)

22

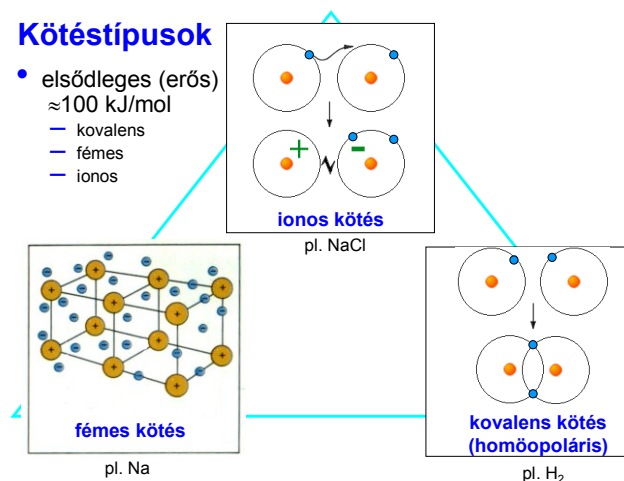
## Atomi kölcsönhatások



23

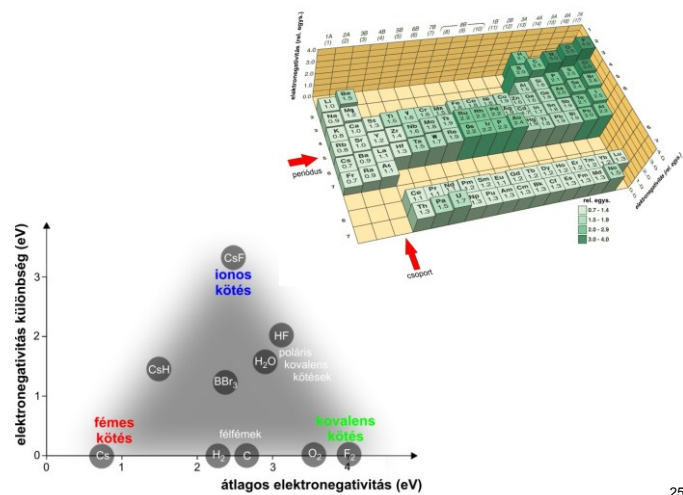
## Kötéstípusok

- elsődleges (erős)  $\approx 100$  kJ/mol
  - kovalens
  - fémcs
  - ionos



24



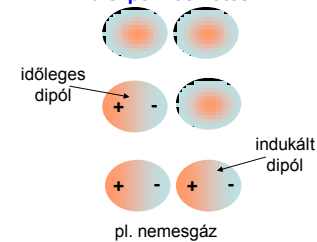


25

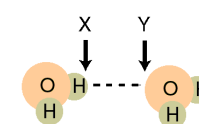
- másodlagos (gyenge)  $\approx 10$  kJ/mol

- van der Waals - dipólok között
- orientációs,
- indukciós,
- diszperziós
- H-kötés

#### Példa: van der Waals diszperziós kötés



#### H-híd kötés



2 nagy elektronegativitású pillér atom (pl. O, N, ...) között  
pl. víz

26

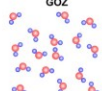
## Halmazállapotok

	T →		
	szilárd	folyékony	légnemű
saját térfogat	+	+	-
saját alak	+	-	-

folyékony H<sub>2</sub>O  
VÍZ



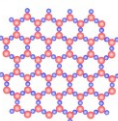
gáznemű H<sub>2</sub>O  
GŐZ



sűrűség ( $\rho$ ):

$$\rho = \frac{m}{V} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

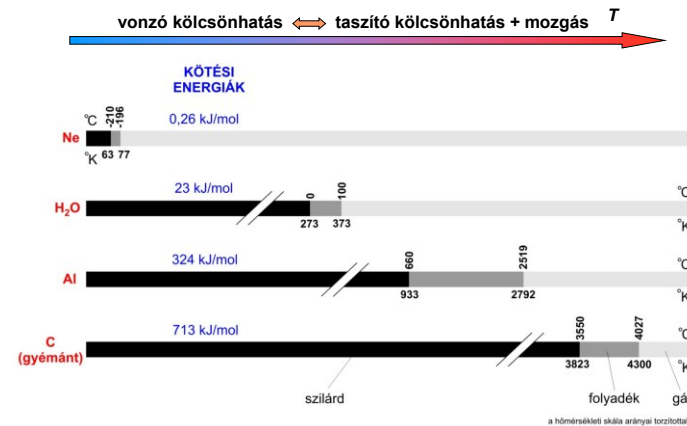
szilárd H<sub>2</sub>O  
JÉG



fajlagos térfogat ( $v$ ):

$$v = \frac{1}{\rho} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

27



28

## Gázok



Makroszkópikus leírás:

- nincs saját térfogat és alak
- izotróp

$$p, V, \nu, T$$

$$pV = \nu RT$$

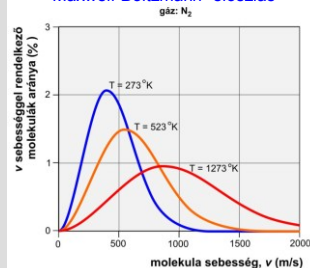
(ideális gázra)

Mikroszkópikus leírás:

- rendezetlen
- erős, nagy szabadsági fokú mozgás

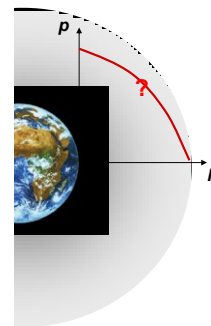


Maxwell-Boltzmann- eloszlás



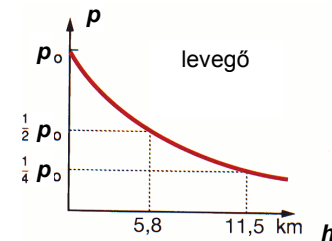
29

## Gáz erőterben – barometrikus magasságformula:



Termikus egyensúlyban:

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}$$



30

## Boltzmann-eloszlás

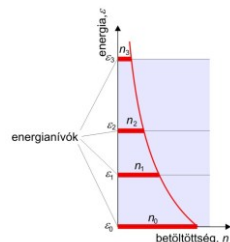
Részecskék megoszlása energianívók között termikus egyensúlyban ( $T = \text{konstans}$ ):

$$\left. \begin{array}{l} n_1 \\ \vdots \\ n_0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_0 \end{array} \Bigg\} \Delta \varepsilon$$



$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\varepsilon_i}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta \varepsilon}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}}$$

$$\left( \begin{array}{l} \Delta E = \Delta \varepsilon \cdot N_A \\ R = k \cdot N_A \end{array} \right)$$



31

Boltzmann-eloszlás alkalmazásai:

- barometrikus magasságformula
- elektronok termikus emissziója fémekből
- koncentrációs elemek, Nernst-egyenlet
- kémiai reakciók egyensúlya, sebessége
- termikus pont hibák koncentrációja kristályokban, makromolekulákban
- félvezetők vezetőképessége
- ...

**Tankönyv fejezetei:**  
1, 2, 3

**Következő előadás:**  
4, 5

**Feladatok:**  
1. fejt.:  
1, 3, 9, 10, 13,  
17, 19

32