

# Folyadékok és szilárd anyagok

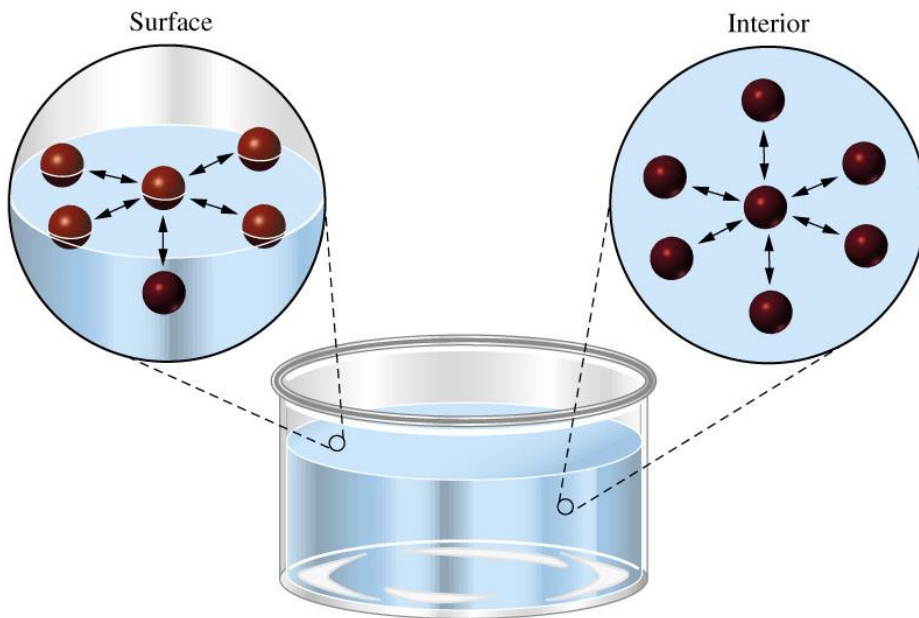
- 7-1 Intermolekuláris erők, folyadékok tulajdonságai
- 7-2 Folyadékok gőztenziója
- 7-3 Szilárd anyagok néhány tulajdonsága
- 7-4 Fázisdiagram
- 7-5 Van der Waals kölcsönhatások
- 7-6 Hidrogénkötés
- 7-7 A kémiai kötés mint rácsösszetartó erő  
atomrácsok
- 7-8 Kristályok
- 7-9 Kristályok rácsenergiája

*Fókusz: Folyadékkristályok*

# 7-1 Intermolekuláris erők, folyadékok tulajdonságai

- Kohézív erők
  - azonos molekulák közötti erők.
- Adhézív erők
  - különböző molekulák közötti erők.
- Felületi feszültség
  - A felület növeléséhez szükséges munka.
- Viskozitás (légnemű v. folyadék)
  - Csúsztató feszültséggel szembeni ellenállás
  - Dinamikai (Pa·s)
  - Kinematikai ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

# Molekulák közötti erők



# A felületi feszültség



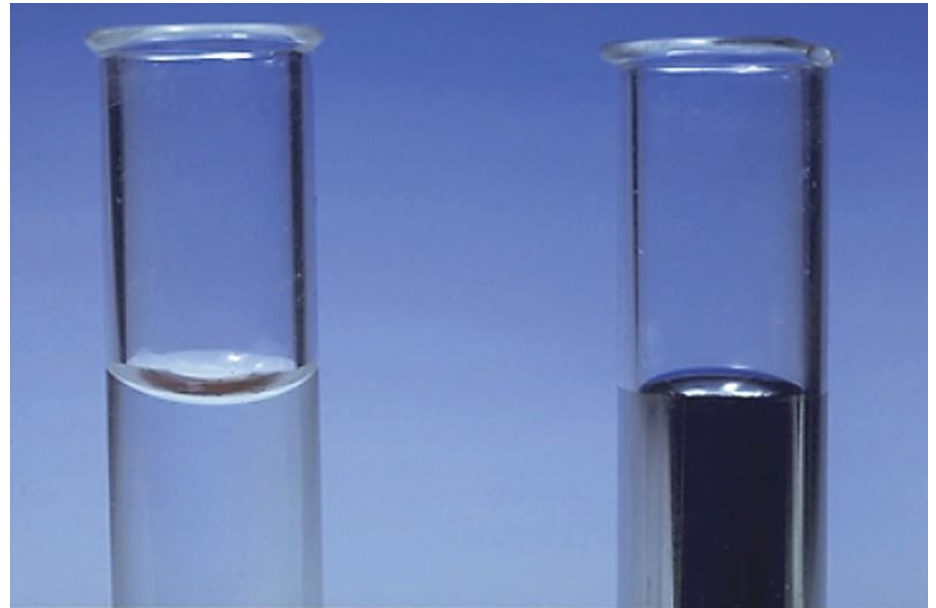
# Molekulák közötti erők



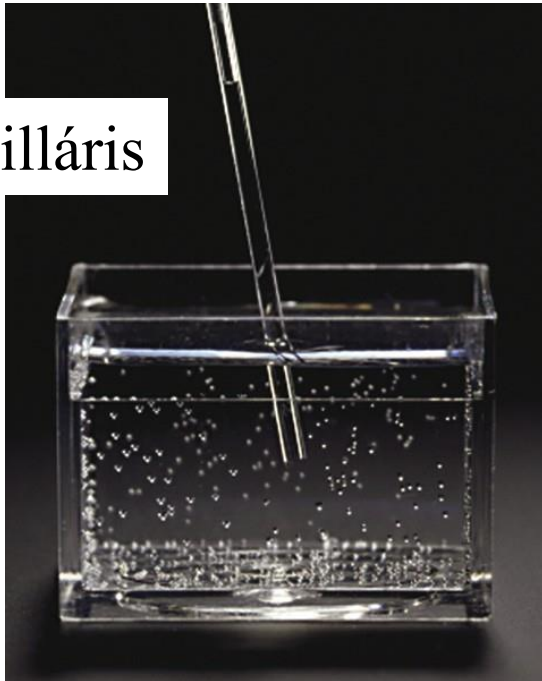
Nedvesítés

Víz

Hg

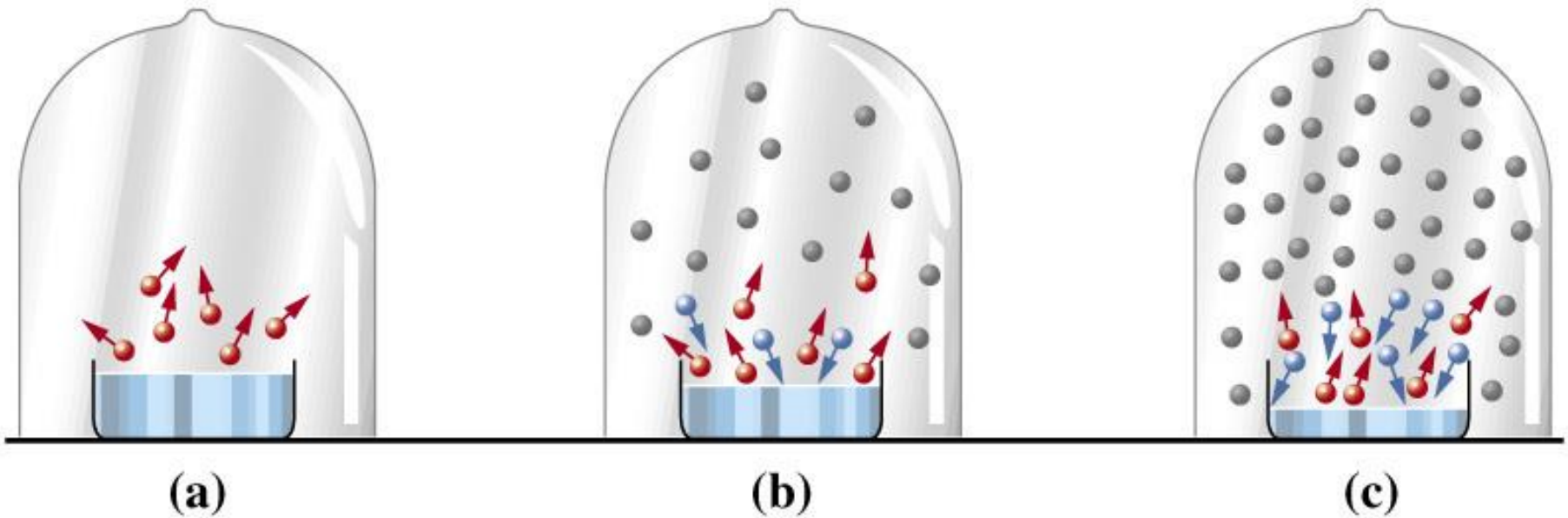


Kapilláris



# 7-2 Folyadékok gőzteniója

- Molecules in vapor state
- ➔ Molecules undergoing vaporization
- ➔ Molecules undergoing condensation



# Párolgási entalpia

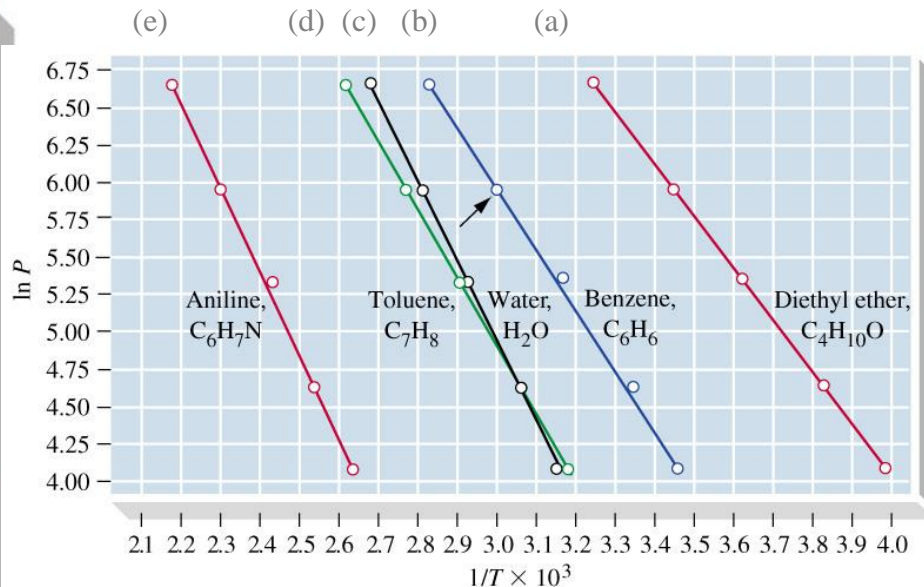
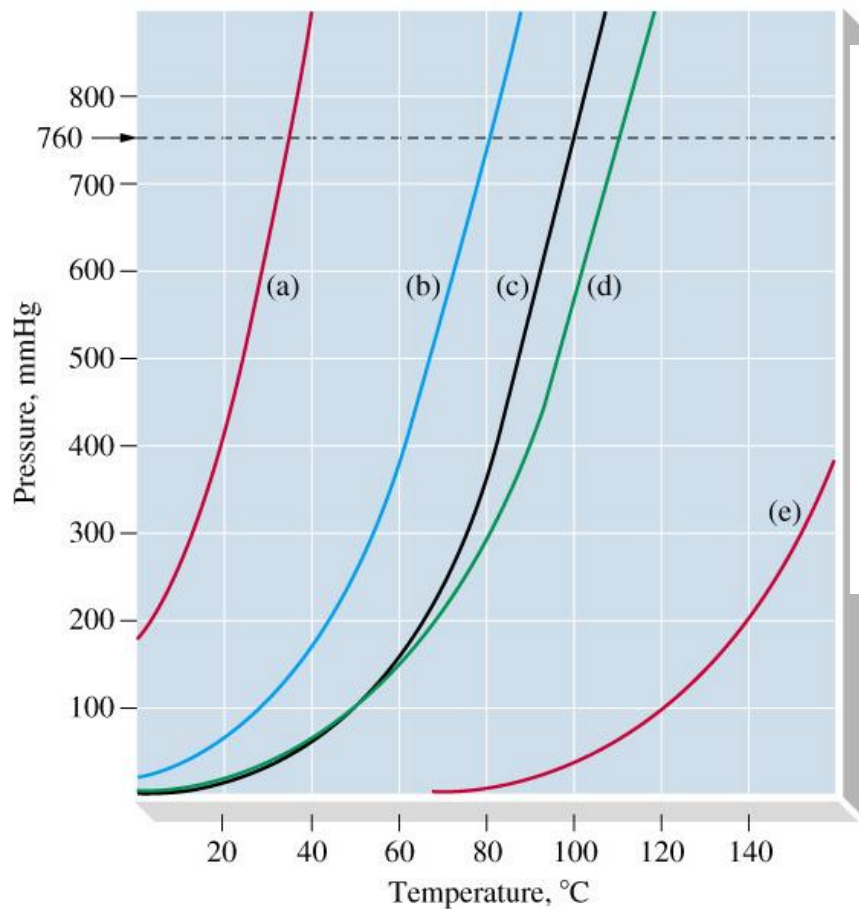
$$\Delta H_{\text{párolgás}} = H_{\text{gőz}} - H_{\text{folyadék}} = -\Delta H_{\text{kondenzáció}}$$

**TABLE 13.1** Some Enthalpies of Vaporization at 298 K<sup>a</sup>

<b>Liquid</b>	<b><math>\Delta H_{\text{vap}}</math>, kJ/mol</b>
Diethyl ether, (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	29.1
Methyl alcohol, CH <sub>3</sub> OH	38.0
Ethyl alcohol, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	42.6
Water, H <sub>2</sub> O	44.0

<sup>a</sup>  $\Delta H_{\text{vap}}$  values are somewhat temperature-dependent (see Exercise 96).

# Gőznyomás és forráspont



$$\ln P = -A \left( \frac{1}{T} \right) + B$$

$$A = \frac{\Delta H_{\text{párolgás}}}{R}$$

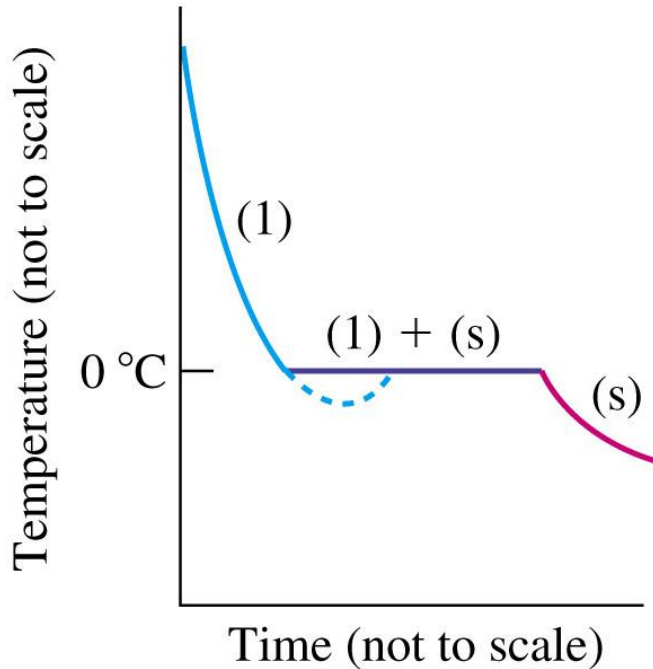
# Clausius-Clapeyron egyenlet

$$\ln P = -A \left( \frac{1}{T} \right) + B$$

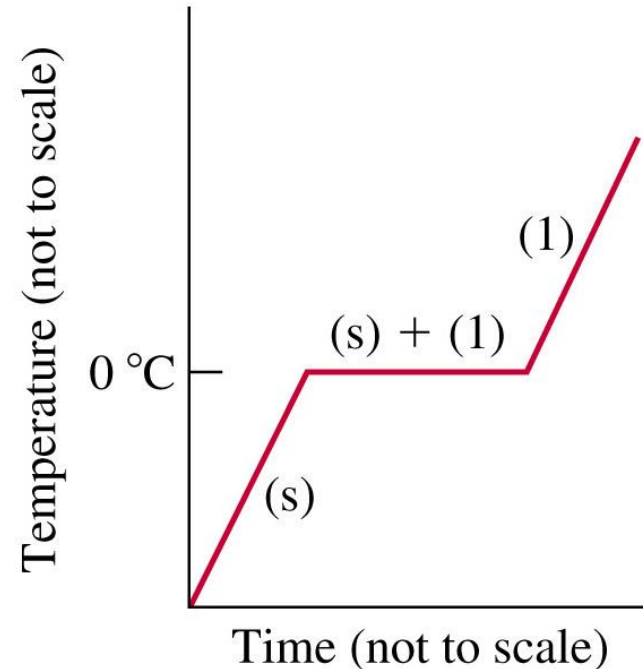
$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{\text{párolgás}}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

# 7-3 Szilárd anyagok néhány tulajdonsága

Fagyás pont



Olvadás pont



$$\Delta H_{\text{fagy}}(\text{H}_2\text{O}) = -6.01 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{olv}}(\text{H}_2\text{O}) = +6.01 \text{ kJ/mol}$$

# Szublimáció



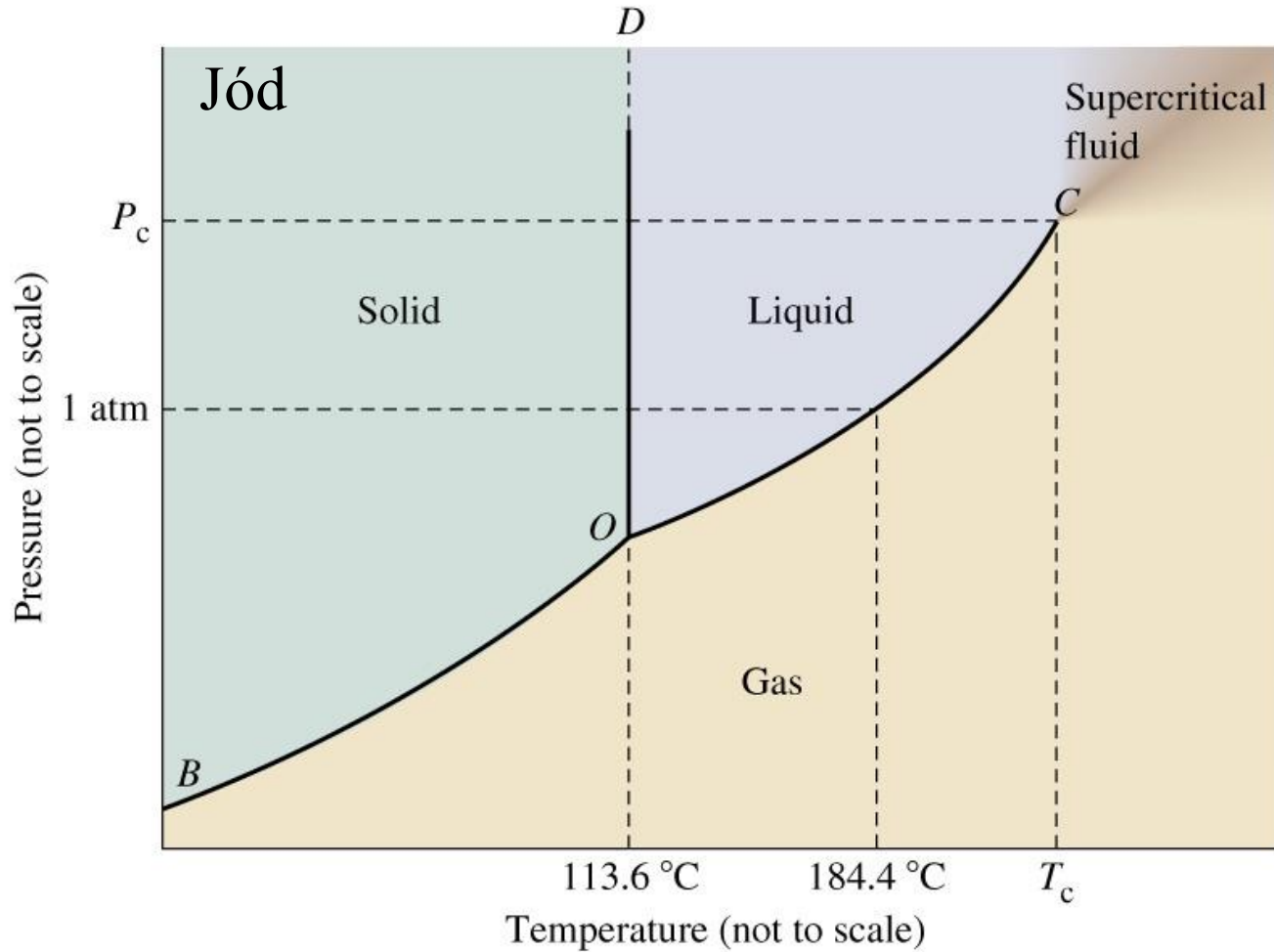
Molekularácsos anyagok:

Jód, kámfor, ...

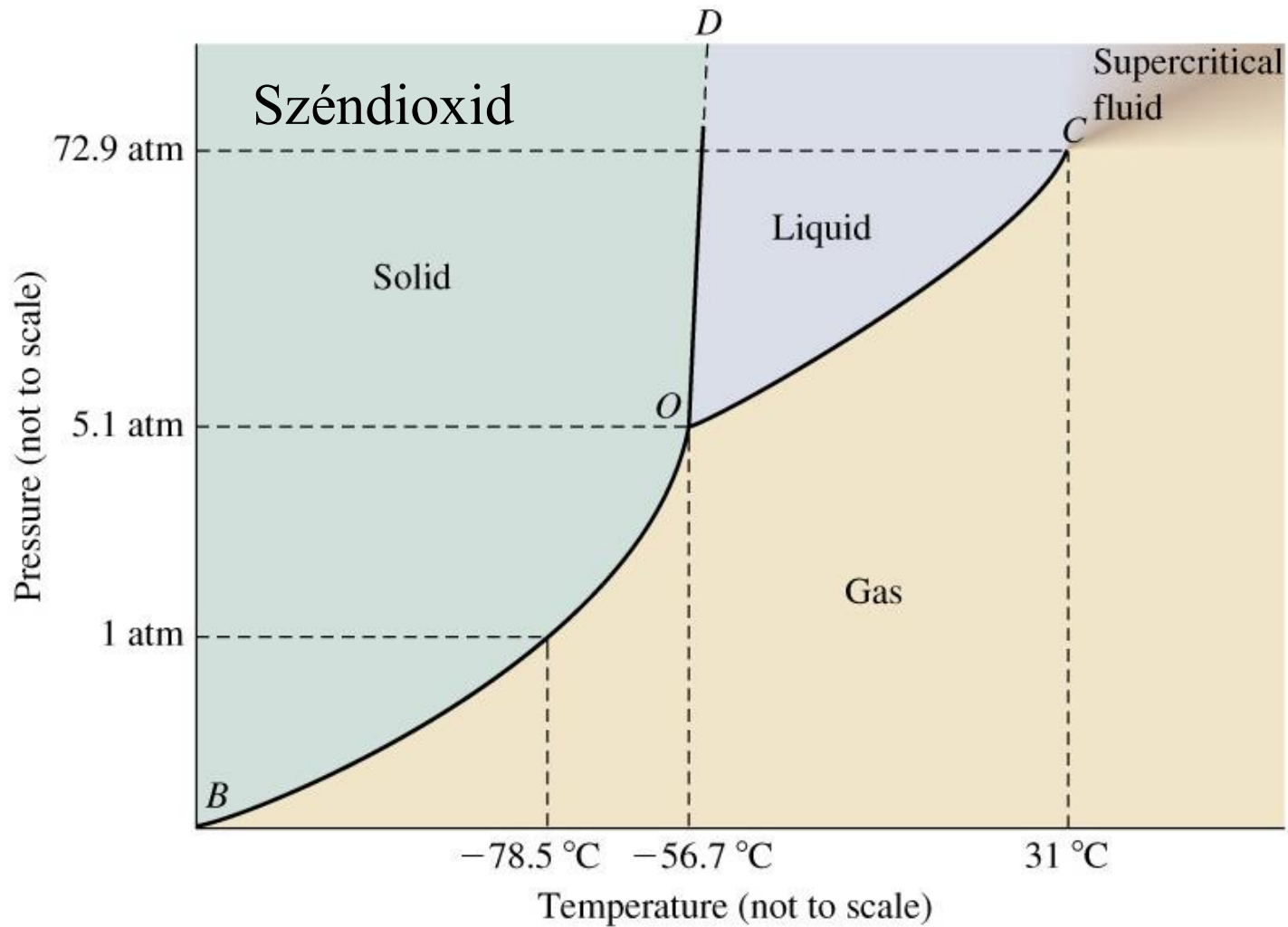
$$\Delta H_{\text{szubl.}} = \Delta H_{\text{olv.}} + \Delta H_{\text{pár.}}$$

$$= -\Delta H_{\text{depozíció}}$$

# 7-4 Fázisdiagram (jód, tiszta anyag)



# CO<sub>2</sub>



# A kritikus pont



About 10 °C  
below  $T_c$



About 1 °C  
below  $T_c$



Critical  
temp  $T_c$

# Kritikus hőmérséklet és nyomás

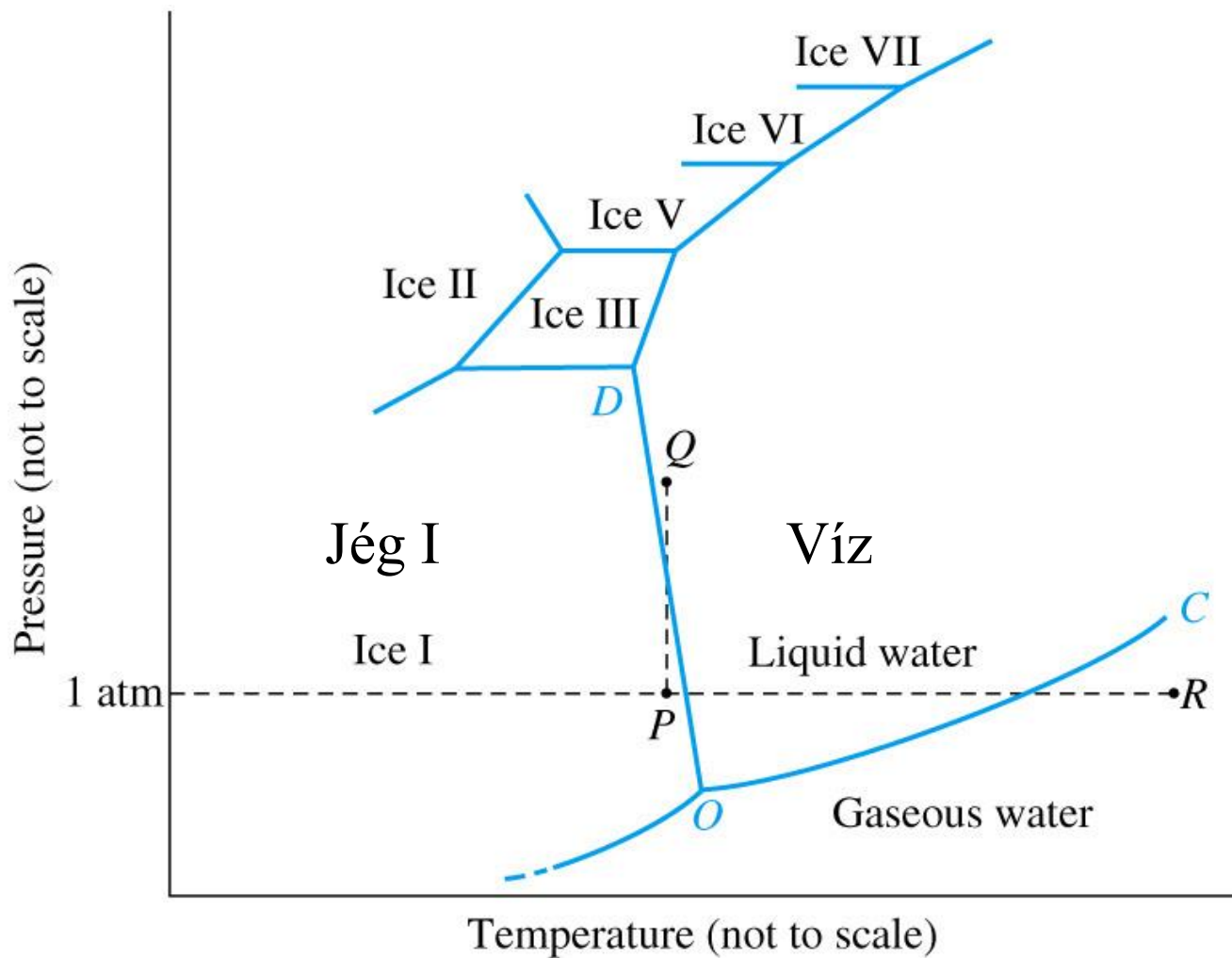
TABLE 13.3 Some Critical Temperatures,  $T_c$ , and Critical Pressures,  $P_c$

Substance	$T_c$ , K	$P_c$ , atm
<b>“Permanent” gases<sup>a</sup></b>		
H <sub>2</sub>	33.3	12.8
N <sub>2</sub>	126.2	33.5
O <sub>2</sub>	154.8	50.1
CH <sub>4</sub>	191.1	45.8
<b>“Nonpermanent” gases<sup>b</sup></b>		
CO <sub>2</sub>	304.2	72.9
HCl	324.6	82.1
NH <sub>3</sub>	405.7	112.5
SO <sub>2</sub>	431.0	77.7
H <sub>2</sub> O	647.3	218.3

<sup>a</sup>“Permanent” gases cannot be liquefied at 25 °C (298 K).

<sup>b</sup>“Nonpermanent” gases can be liquefied at 25 °C.

# Víz



## 7-5 Van der Waals kölcsönhatások

Dipól-dipól: 0.5-2 kJ/mol

Dipól-indukált dipól: 1 kJ/mol

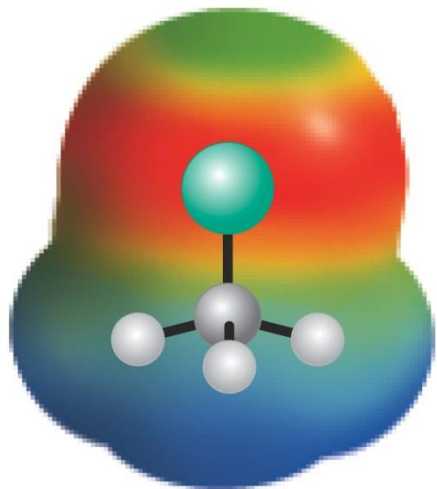
London diszperzió: 2 kJ/mol

Befolyásolják a forráspontot és az olvadáspontot.

Nemesgáz atomok közötti vonzás: csak London diszperzió.

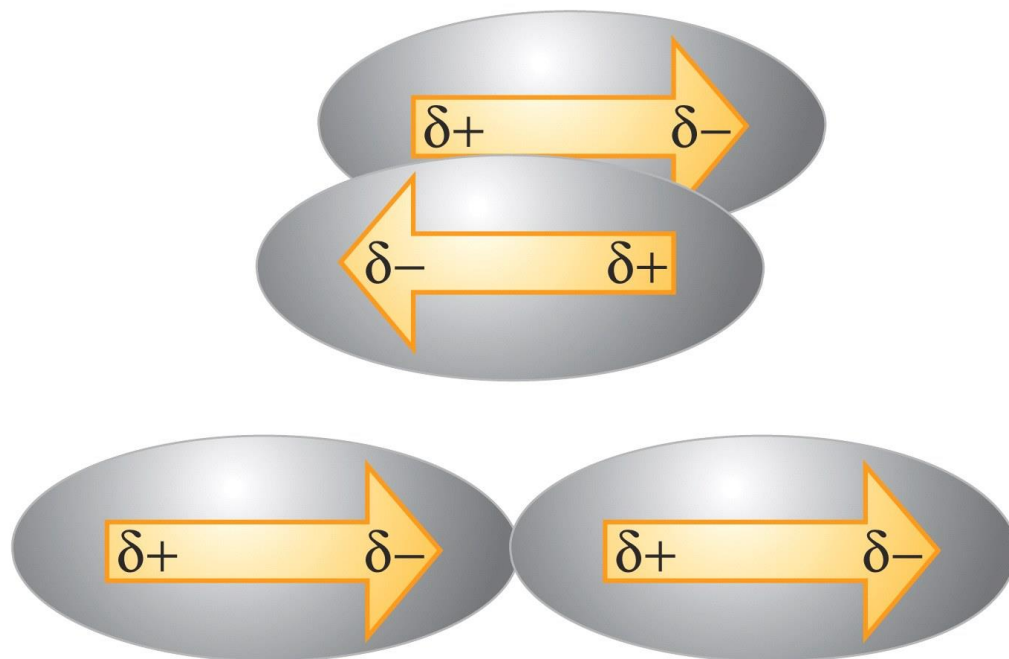
# Dipól dipól kölcsönhatás

Poláris molekula



**2** Chloromethane,  $\text{CH}_3\text{Cl}$

Dipólok elrendeződése



# A potenciális energia függése a távolságtól

Két ion potenciális energiája:

$q_1$  és  $q_2$  töltések,  $r$  a távolság

$$E_{Coulomb} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r}$$

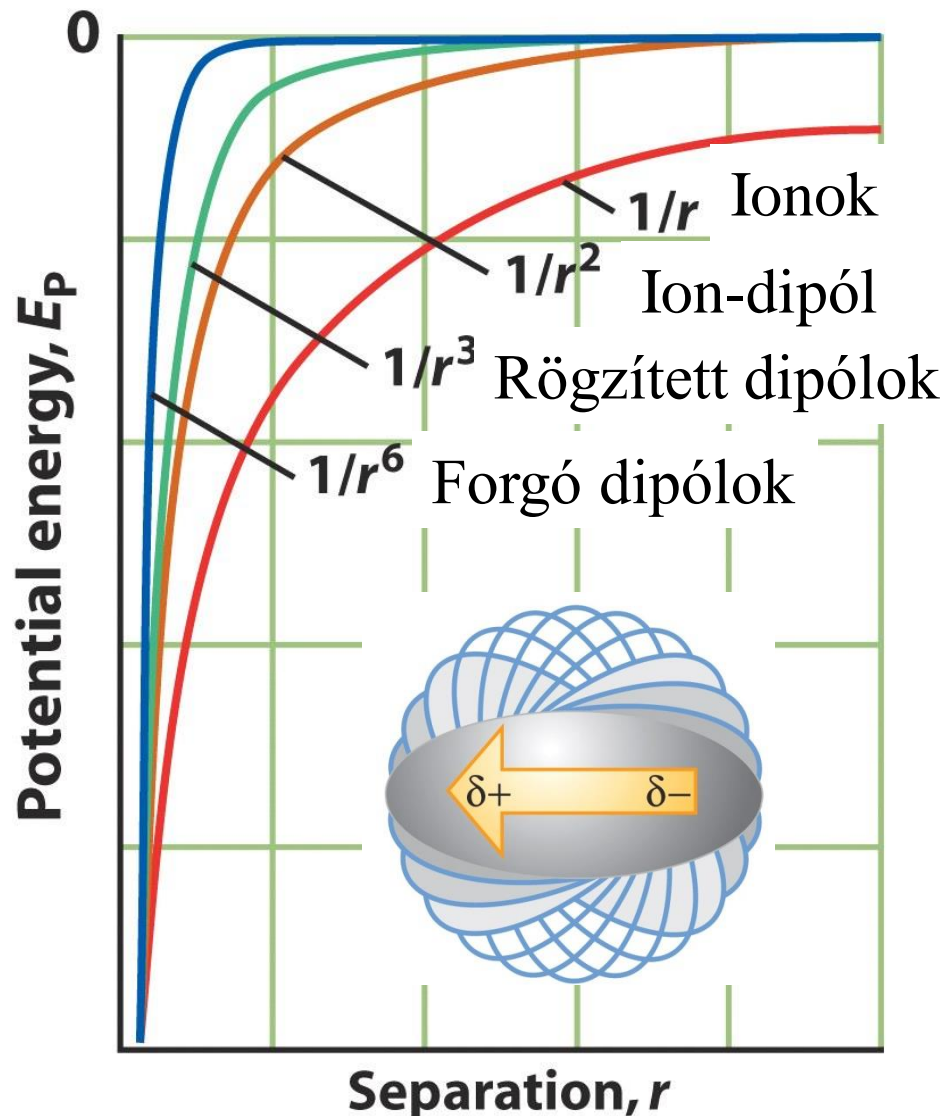
Két dipól kölcsönhatása,

$$E_{Dipól} = \frac{-D^2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^3}$$

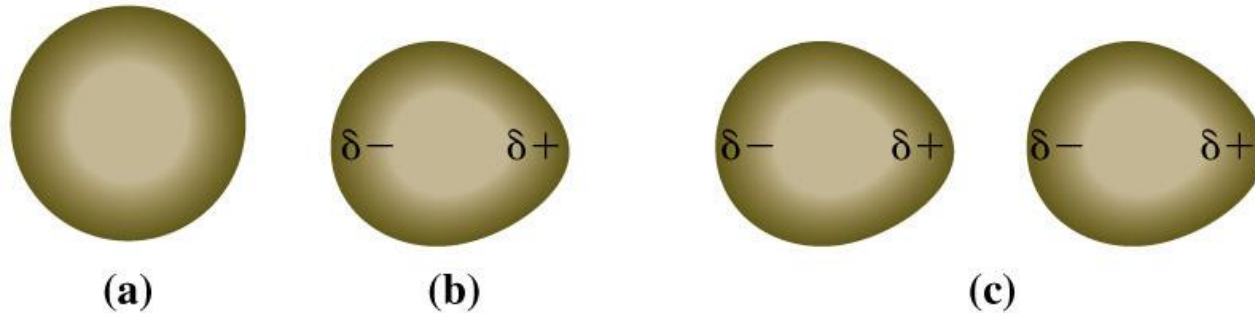
ahol  $D$  a dipólus momentum.

Pl. HCl-HCl, 200 pm:

8,8 kJ mol<sup>-1</sup>.



# Pillanatnyi és indukált dipól



Apoláros atomokban (a) spontán keletkezik dipól (b)

Dipól egy másik atom elektron felhőjét polarizálja, dipólt

Indukál (c)

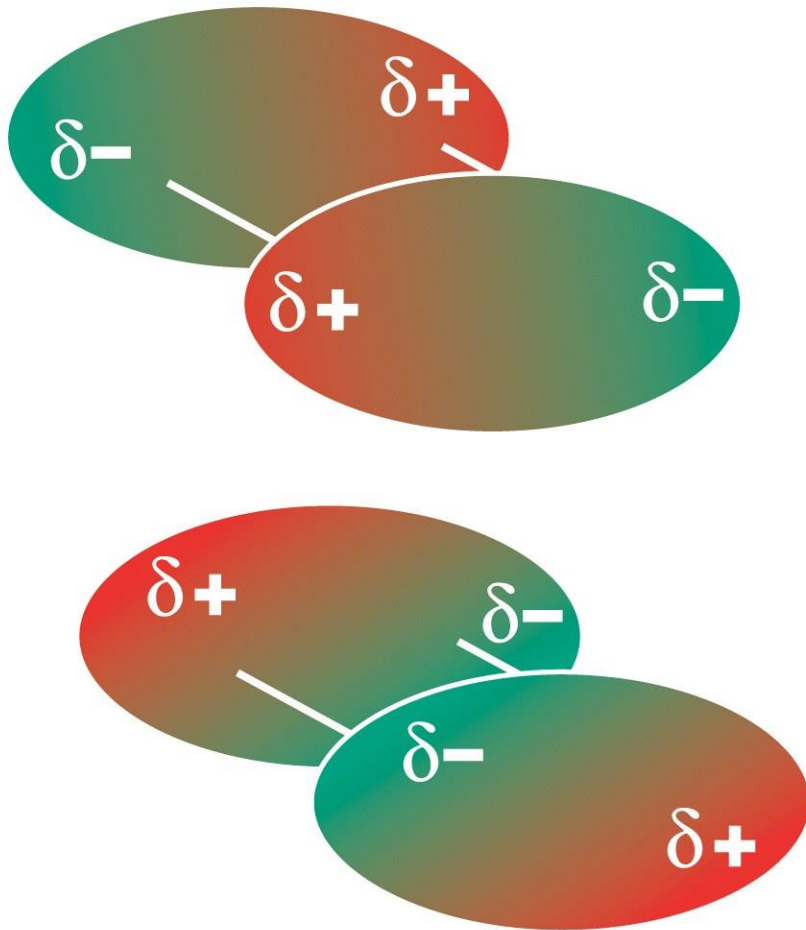
**Polarizálhatóság:** milyen könnyen deformálható az elektronfelhő

# A polarizálhatóság

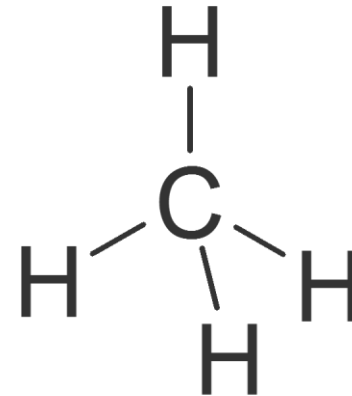
- Arányossági tényező az indukált dipól és az indukáló elektromos mező között.
- A polarizálhatóság nő:
  - ha az elektronok által elfoglalt térfogat nő
  - egy perióduson belül csökken
  - egy oszlopban lefelé haladva nő
  - Példák:  $\text{Be}^{2+}$ , F kevésbé polarizálható, Cs, Fr, I könnyen polarizálható.

# London-diszperzió

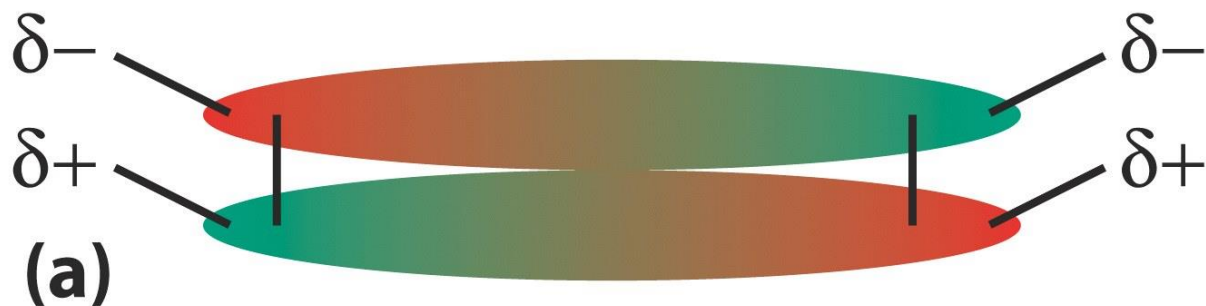
pillanatnyi dipólus vonzás



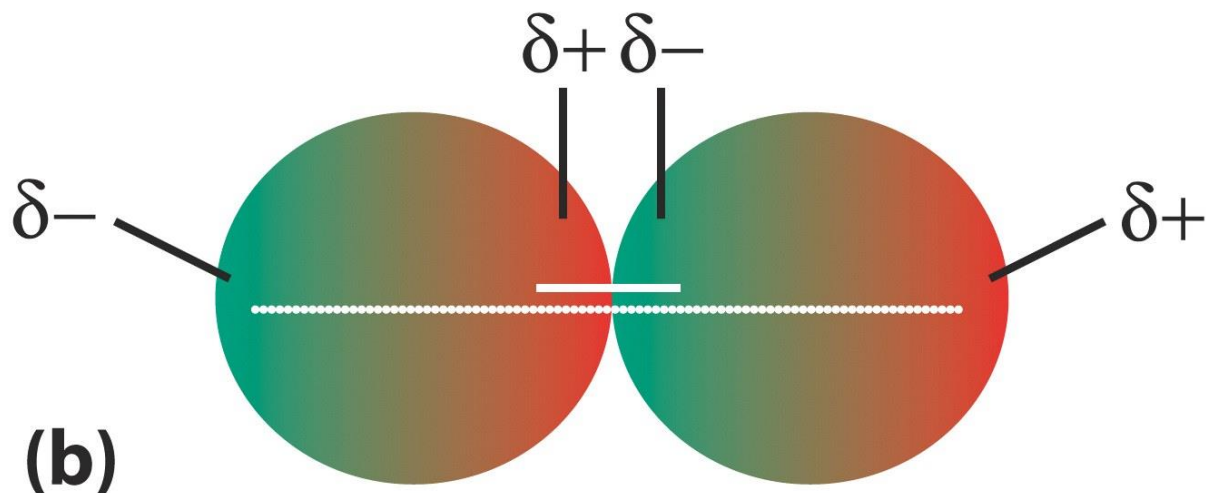
*Nem poláris molekulák között*



# A London diszperzió függ az alaktól

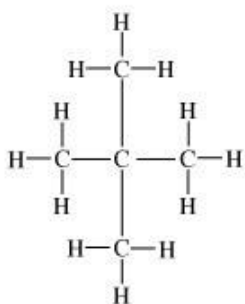


Erősebb  
Pl. DNS  
láncok  
stabilitása

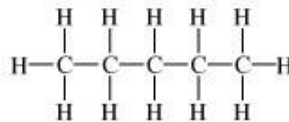


Gyengébb

# A polarizálhatóság függése a molekula alakjától



(a)  $T_{\text{fp}} = 9,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

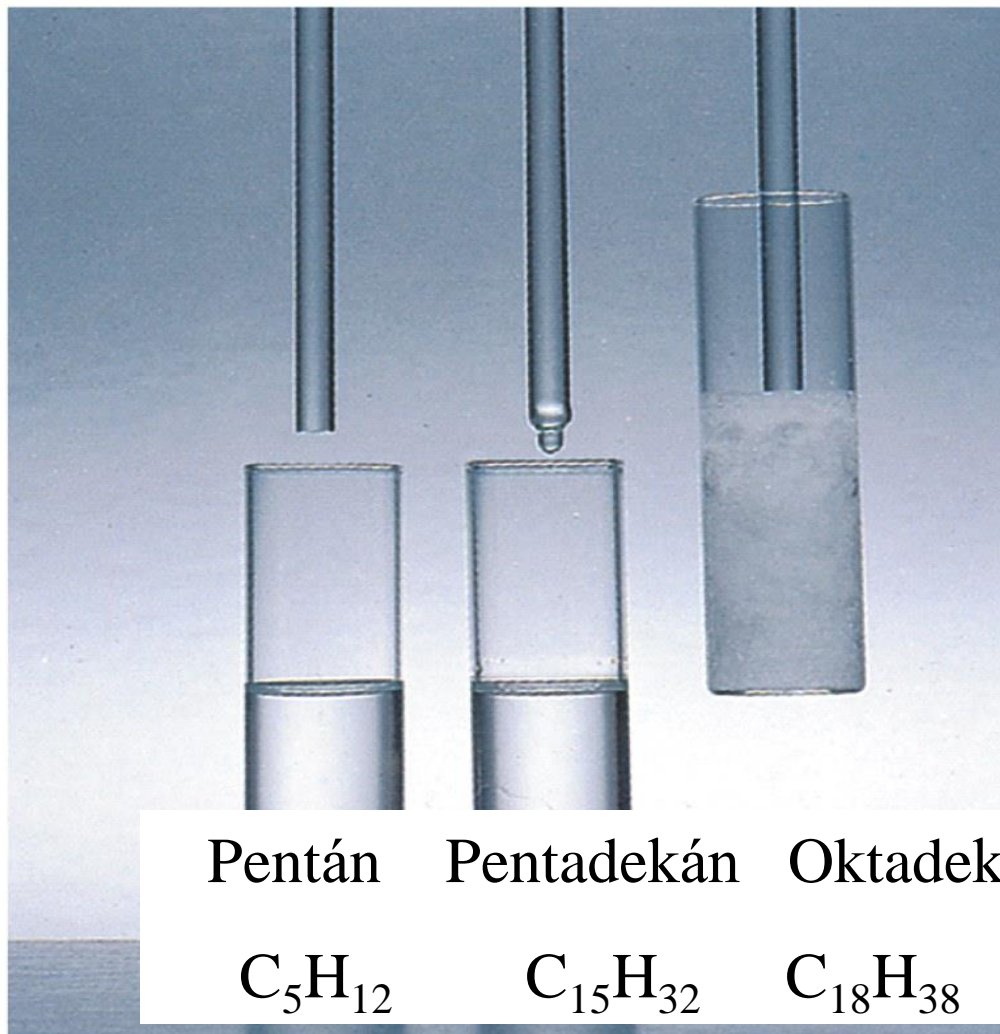


(b)  $T_{\text{fp}} = 36,1 \text{ } ^\circ\text{C}$

A hosszú n-pentán könnyebben polarizálható, mint a kompakt neopentán, ezért magasabb a forráspontja.

(London-diszperzió)

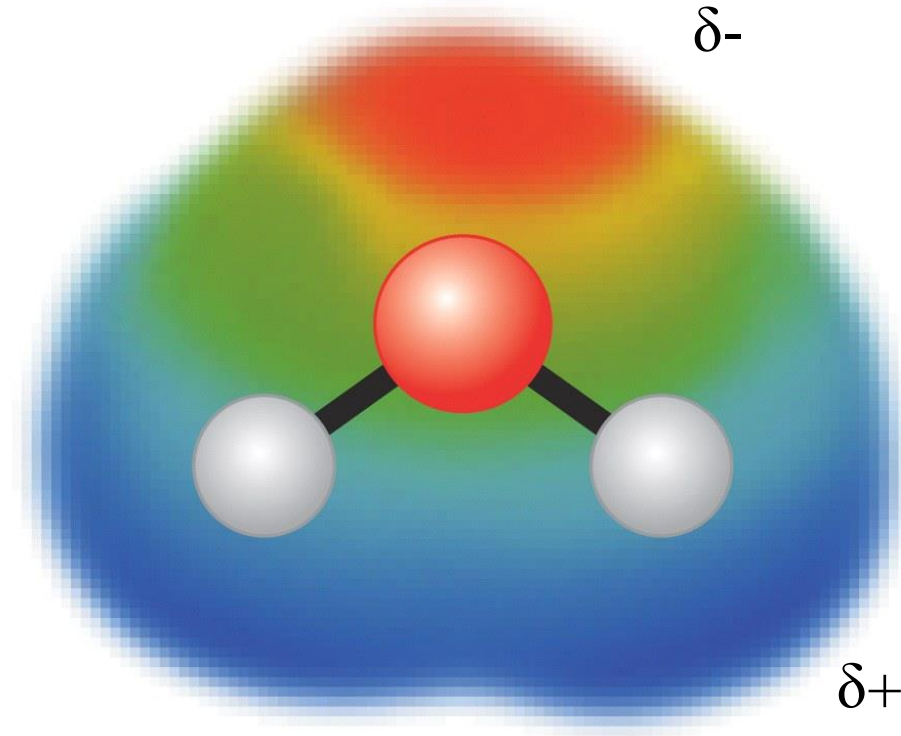
# London-diszperzió szénhidrogénekben



# A víz molekula (dipól)

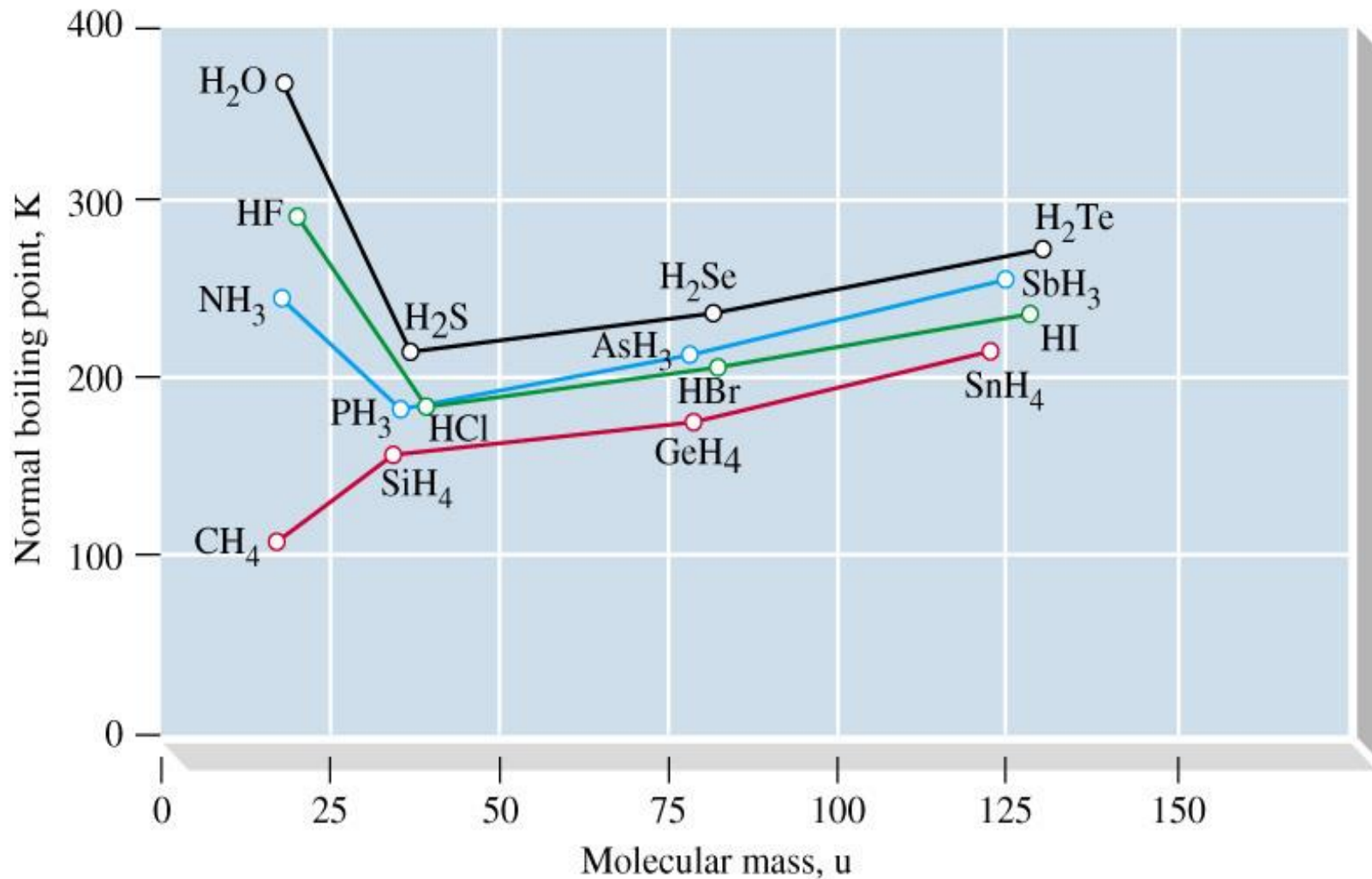
Dipólus momentum :  $\mu = 1.85$  Debye

Polarizálhatóság:  $\alpha = 1.48 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$

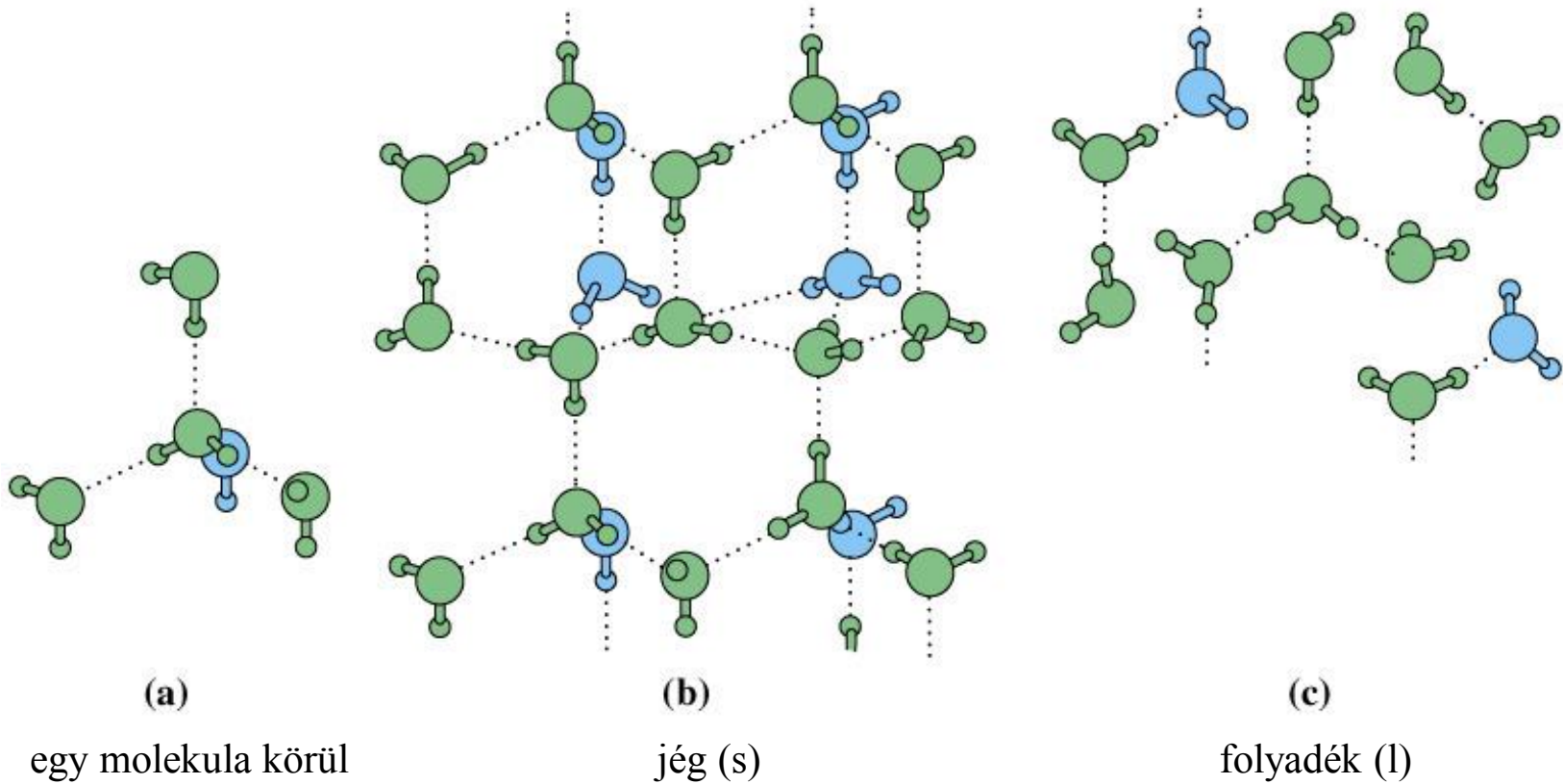


# 1 Water, H<sub>2</sub>O

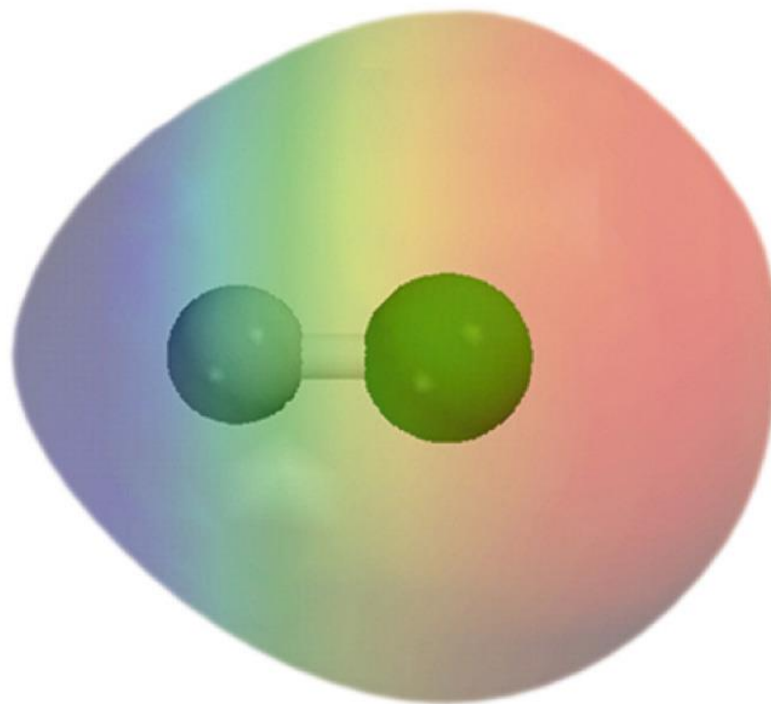
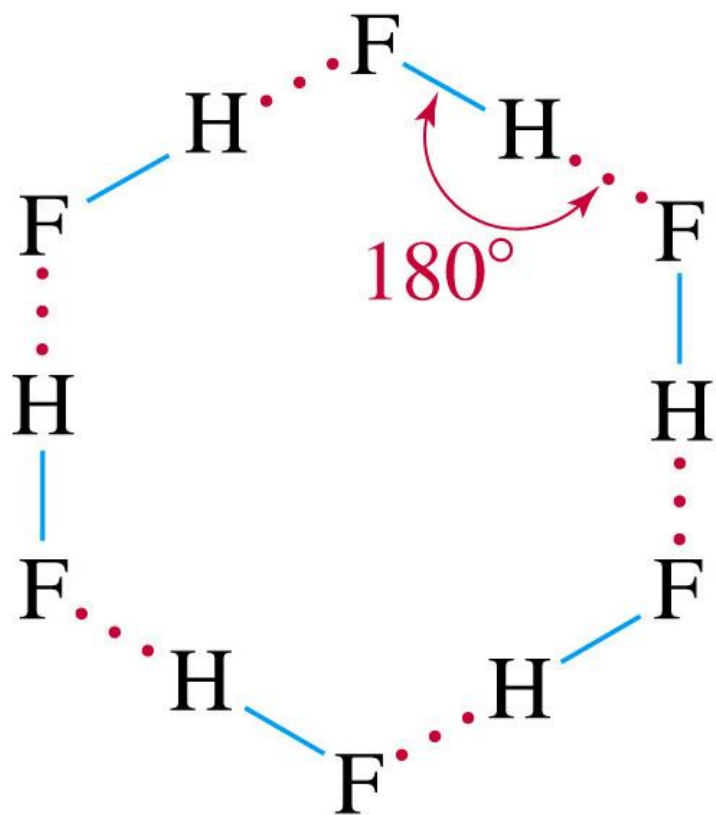
# 7-6 Hidrogén kötés – forráspont



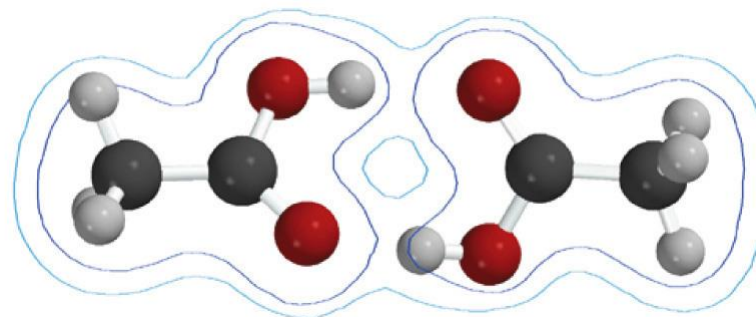
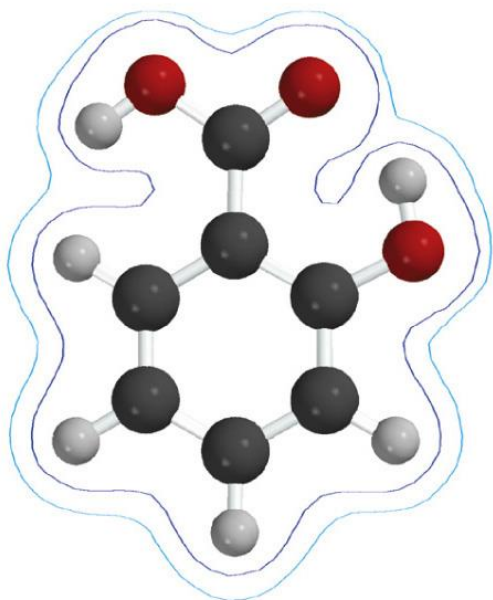
# Hidrogénkötés: víz



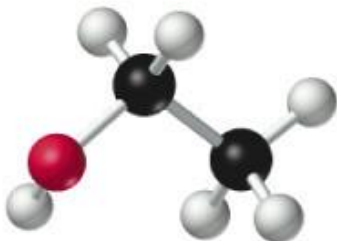
# Hidrogénkötés: HF(g)



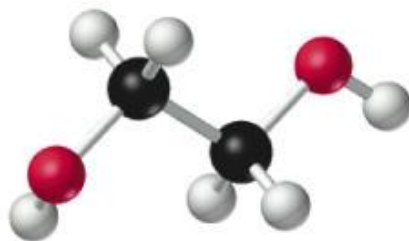
# Hidrogénkötés, további példák



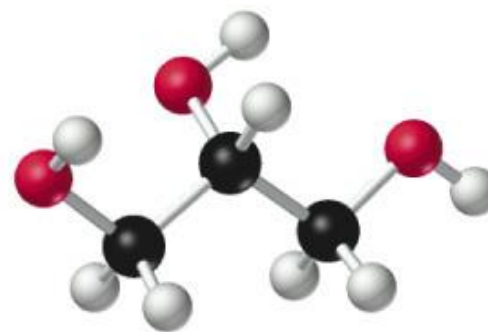
## Viszkozitás



Ethyl alcohol  
(ethanol)  
at 20 °C: 1.20 cP

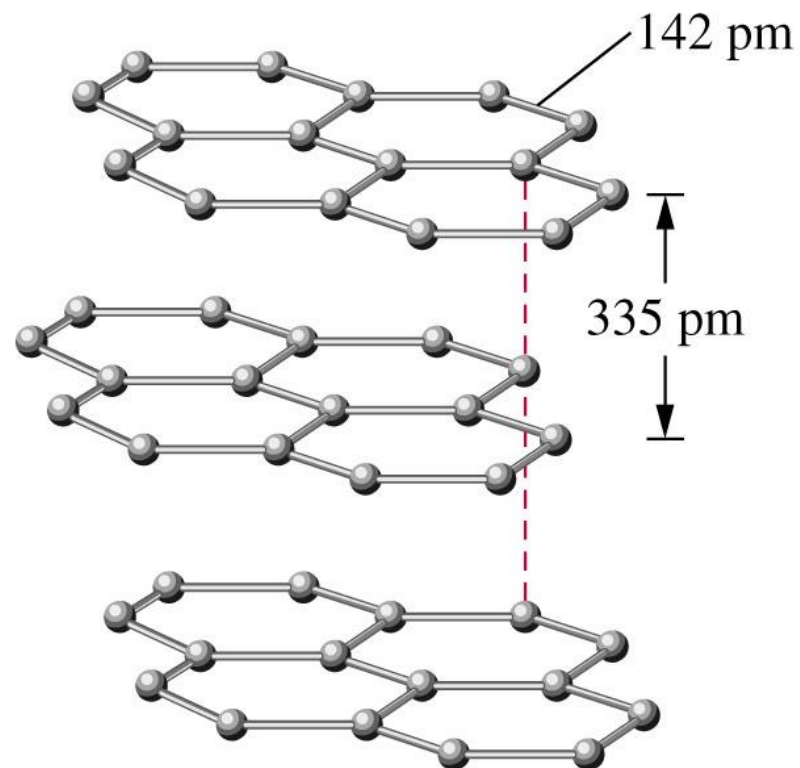
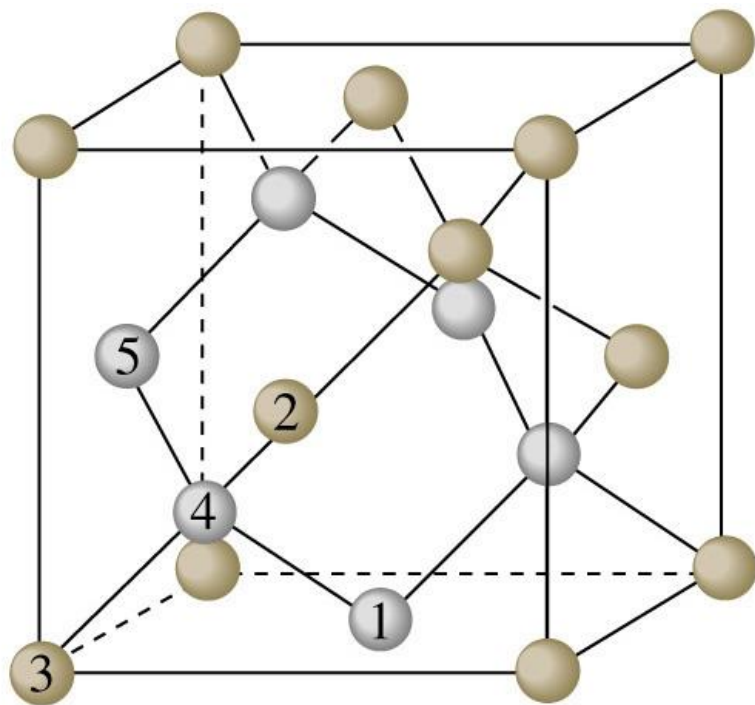


Ethylene glycol  
(1,2-ethanediol)  
at 20 °C: 19.9 cP



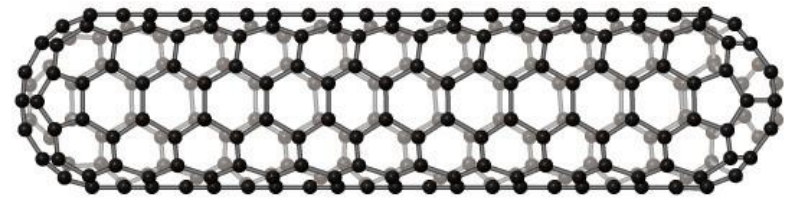
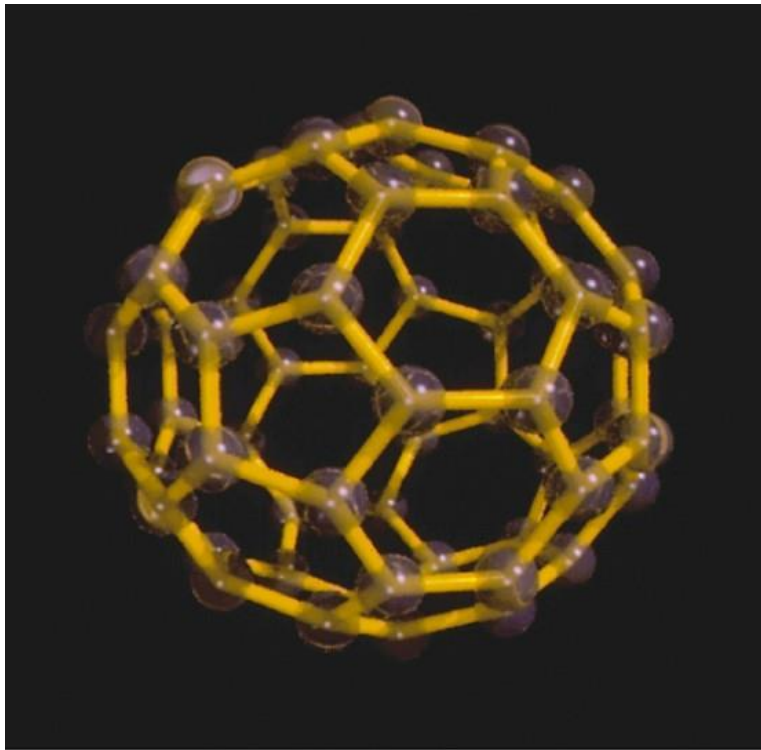
Glycerol  
(1,2,3-propanetriol)  
at 20 °C: 1490 cP

# 7-7 A kémiai kötés, mint rácsösszetartó erő, atomrácok

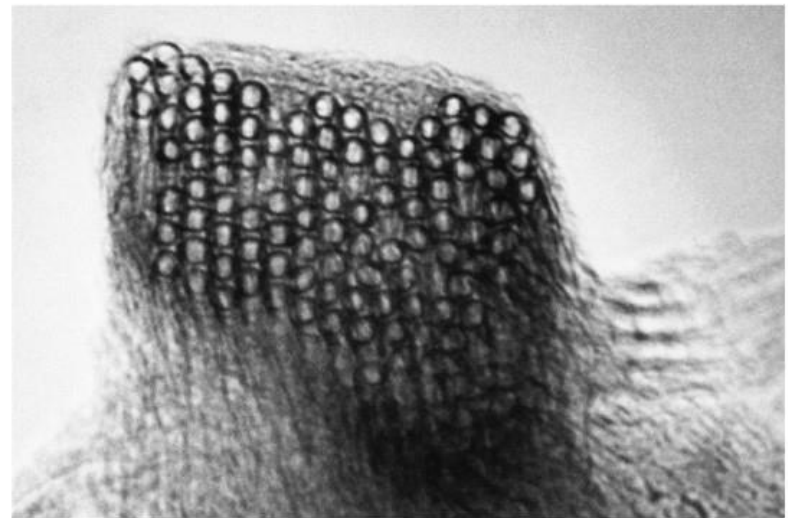


A gyémánt és a grafit a szén két allotróp módosulata

# Más szén allotrópok



(a)



(b)

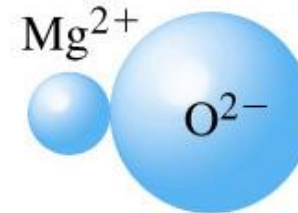
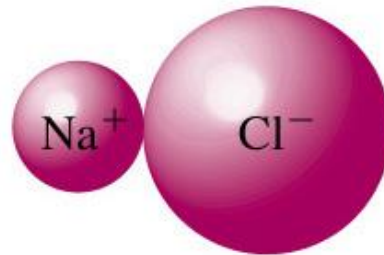
# Ionok közötti kölcsönhatás

Relative  
attractive  
force:

$$E_{ion} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r_0}$$

$q_i$ : töltés

$r_0$ : távolság



Radius:

$\text{Na} = 99 \text{ pm}$   
 $\text{Cl}^- = 181 \text{ pm}$

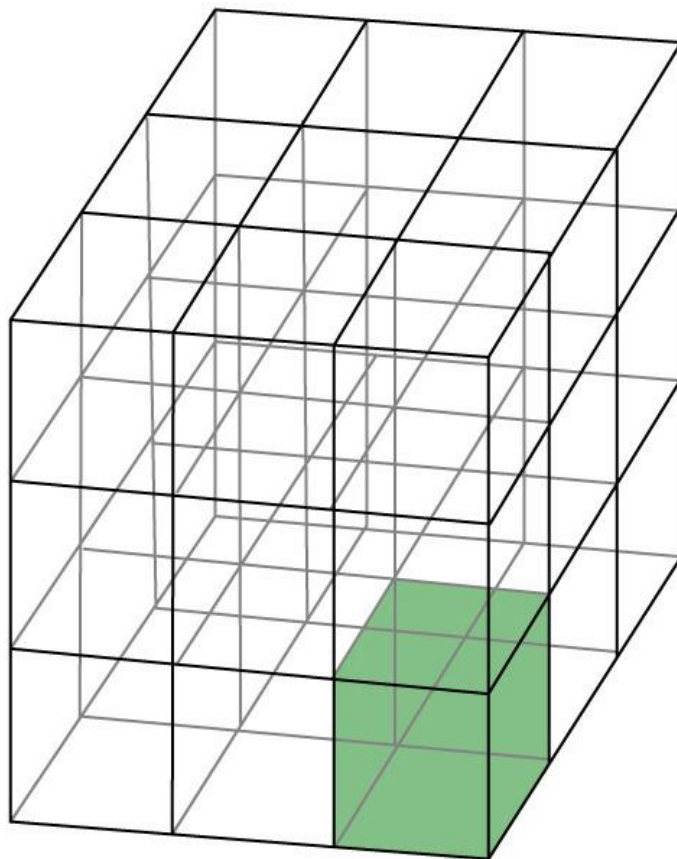
$\text{Mg}^{2+} = 72 \text{ pm}$   
 $\text{O}^{2-} = 140 \text{ pm}$

Radius sum =  
distance between  
center of ions:

280 pm

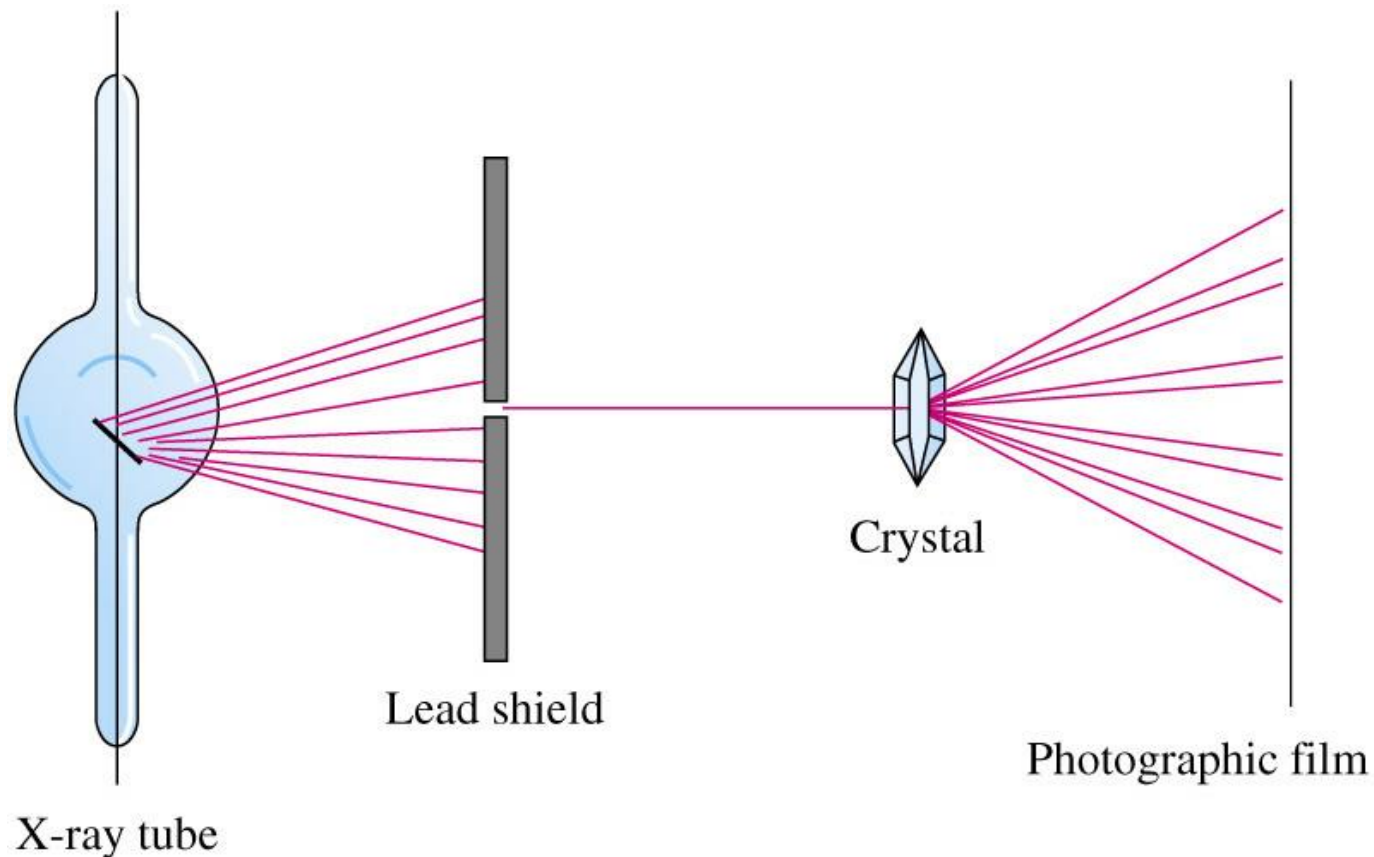
212 pm

# 7-8 Kristályok

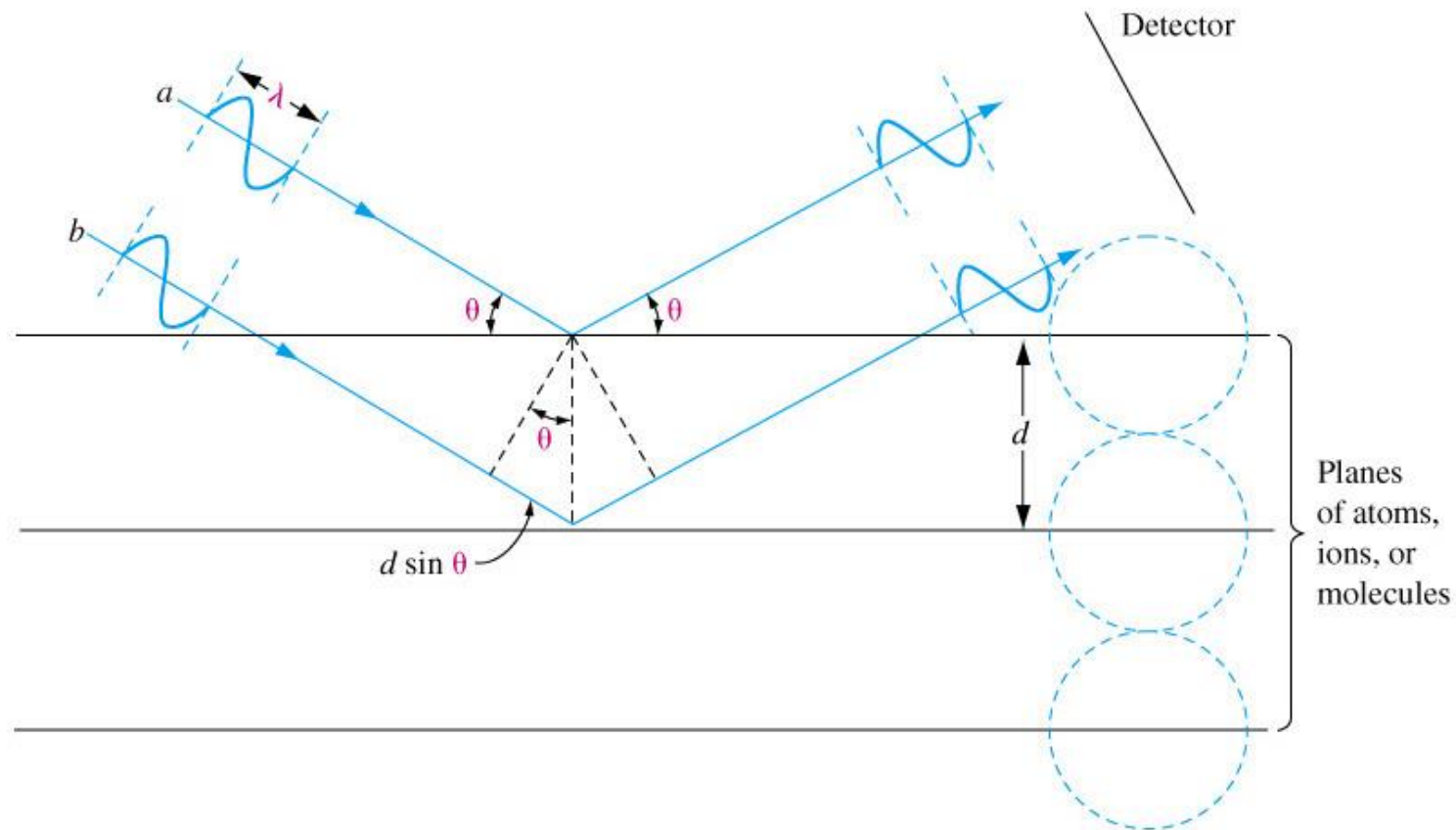


Az elemi cella (zöld) megsokszorozásával épül fel a kristály

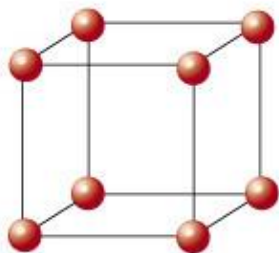
# Röntgen diffrakció



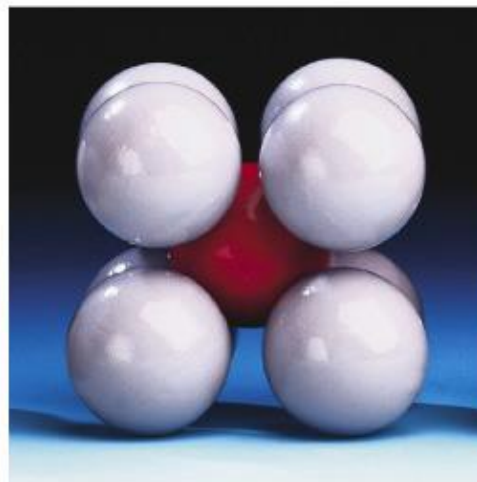
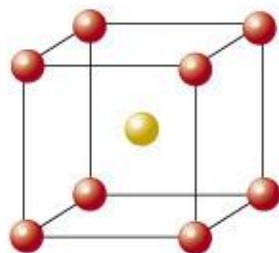
# Röntgen diffrakció



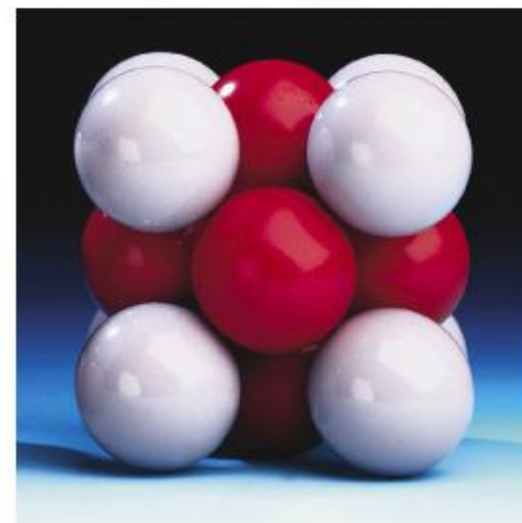
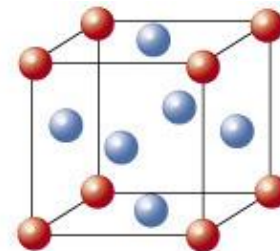
# Köbös kristályok elemi cellái



Simple cubic

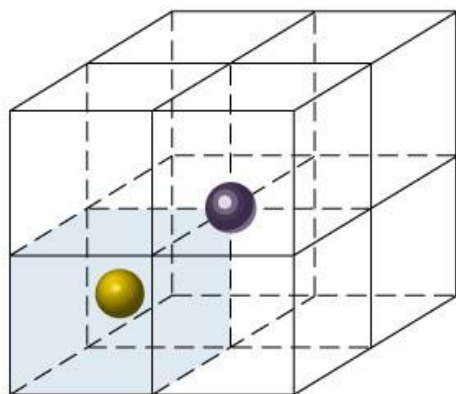


Body-centered cubic

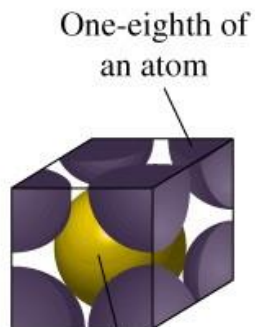


Face-centered cubic

# Az elemi cellák betöltöttsége

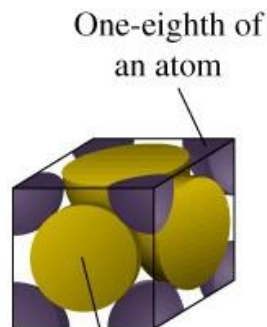


(a)



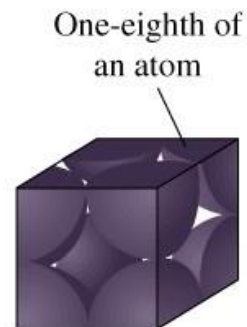
One atom  
(b)  
Body-centered  
cubic

$$1 + 8 \frac{1}{8} = 2$$



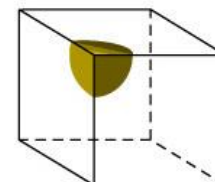
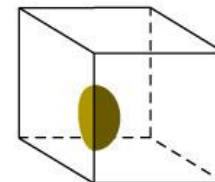
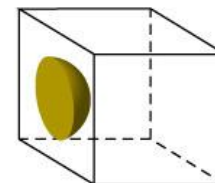
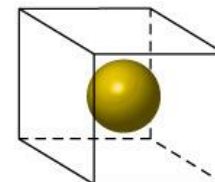
One half of an atom  
(c)  
Face-centered  
cubic

$$6 \frac{1}{2} + 8 \frac{1}{8} = 4$$

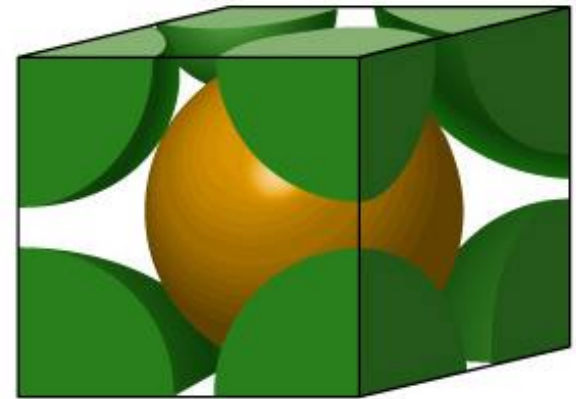
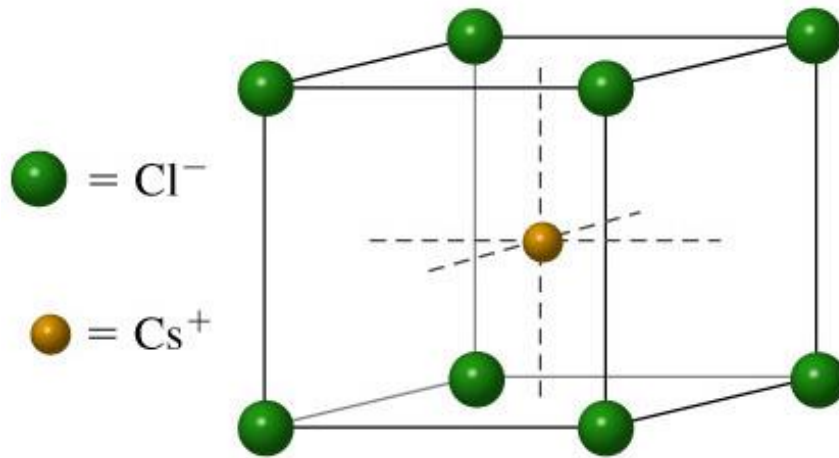


(d)  
Simple  
cubic

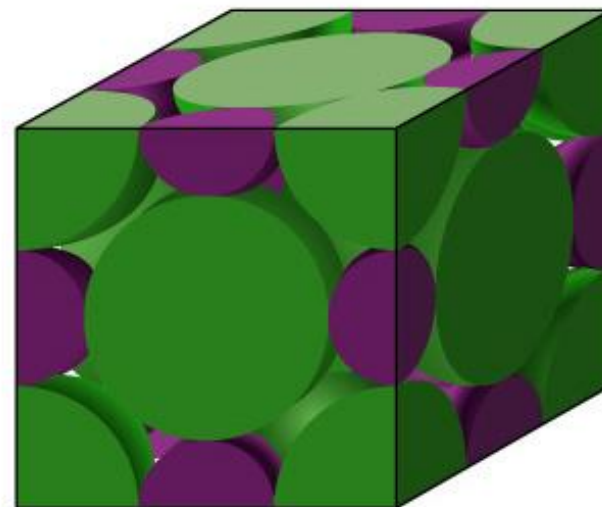
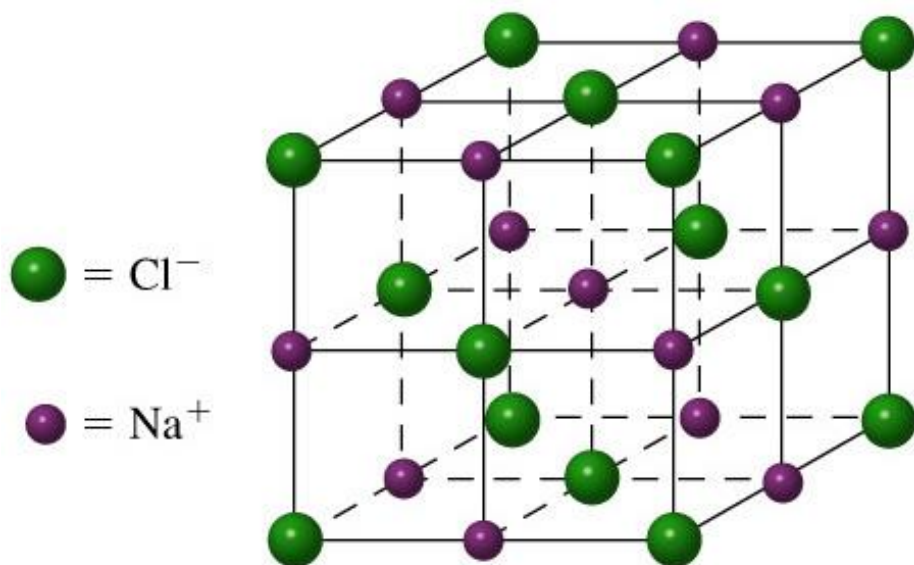
$$8 \frac{1}{8} = 1$$



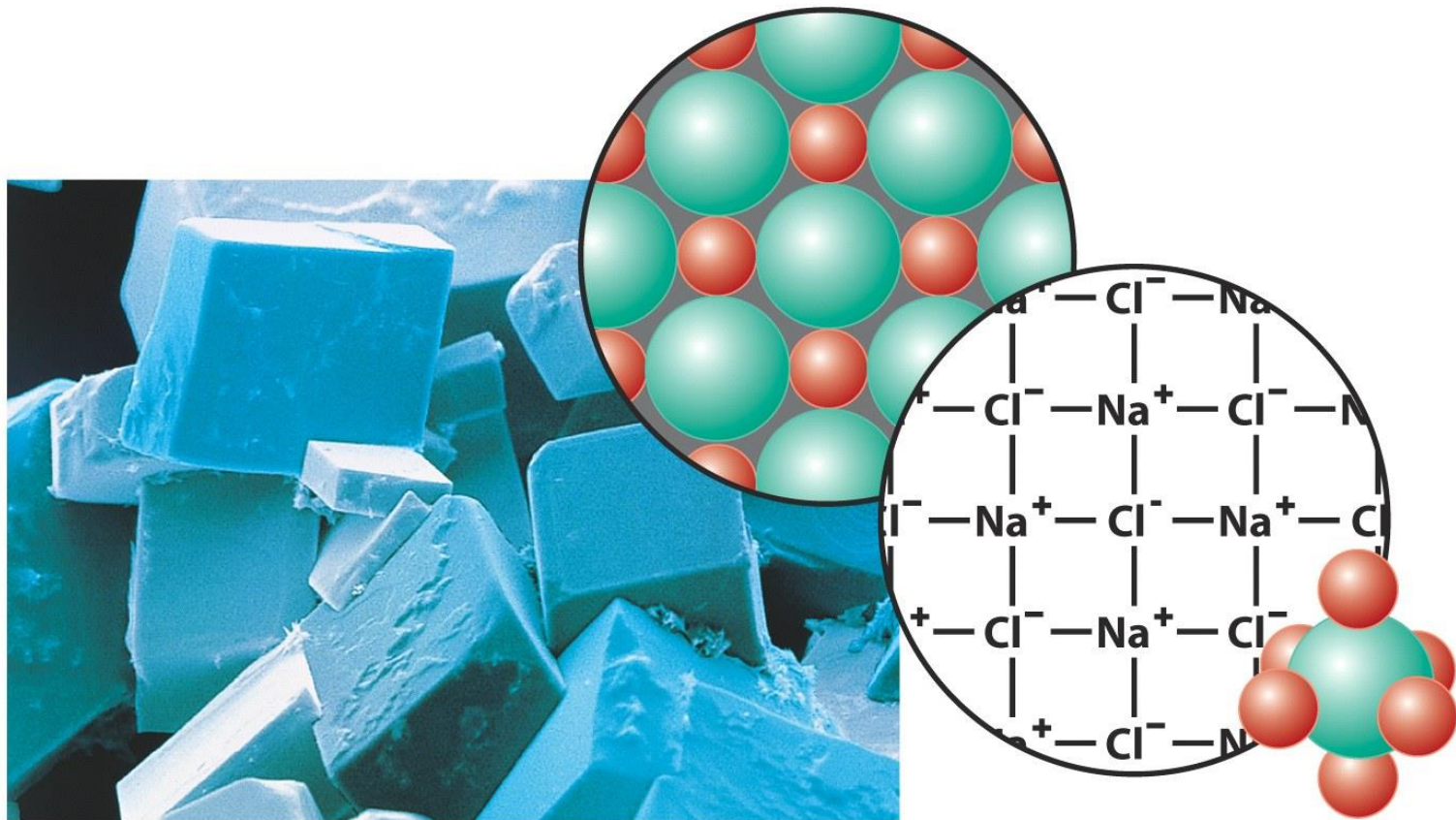
# Céziom klorid



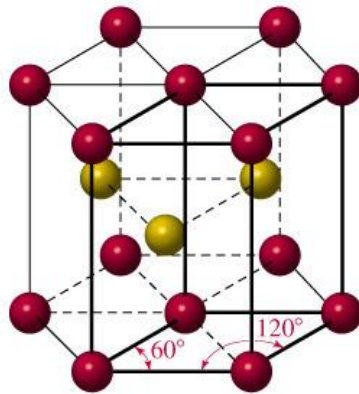
# Nátrium klorid



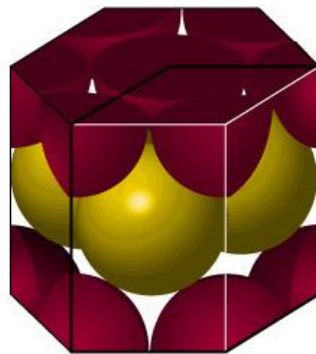
# NaCl



# Hexagonális (hcp)

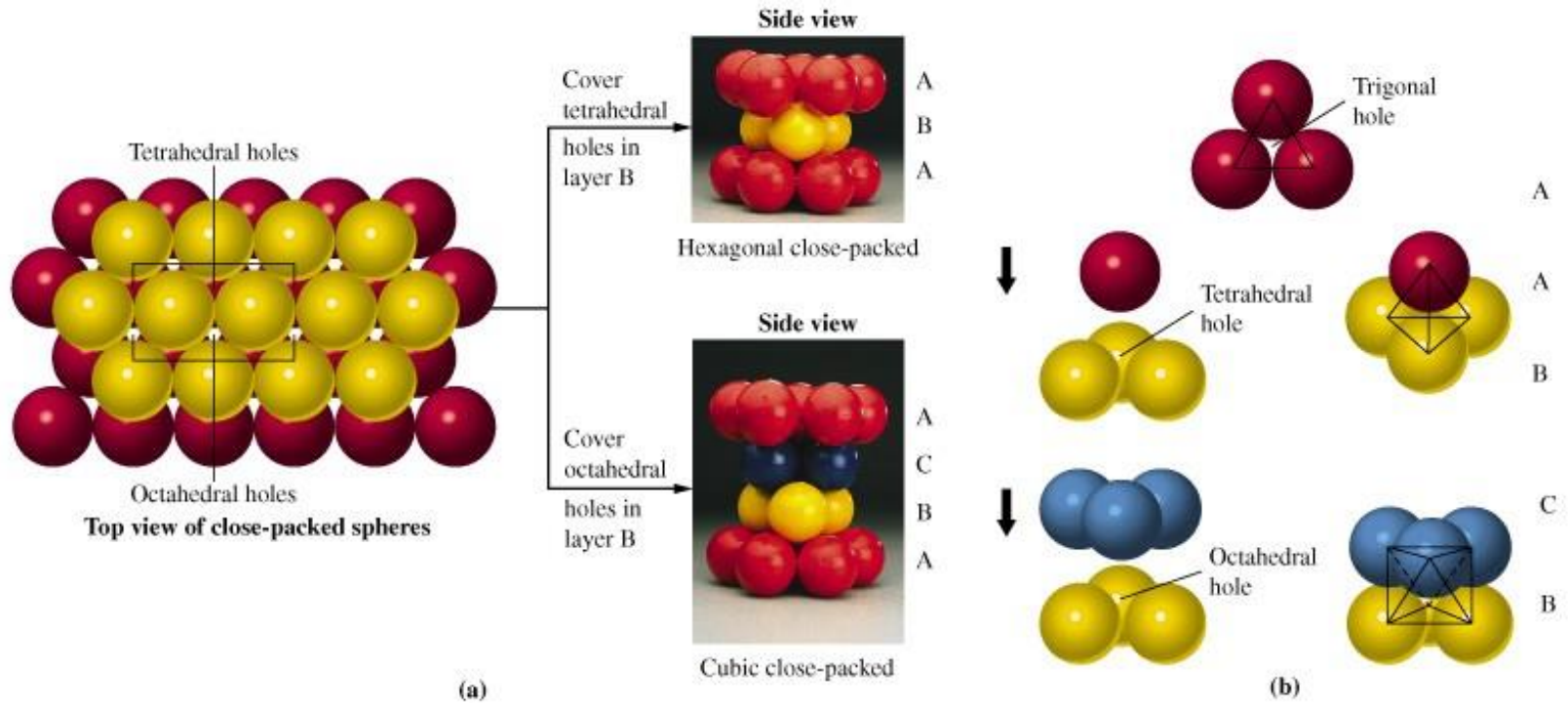


(a)

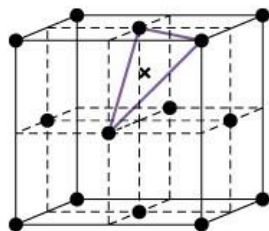


(b)

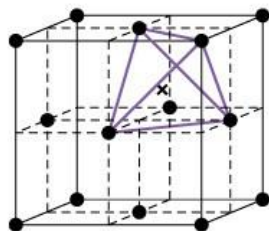
# Üregek a kristályokban



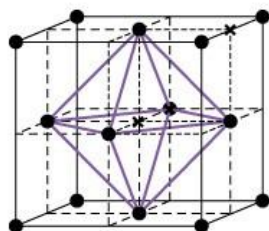
# Üregek a kristályokban



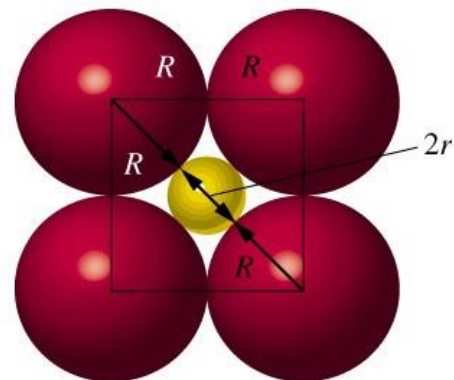
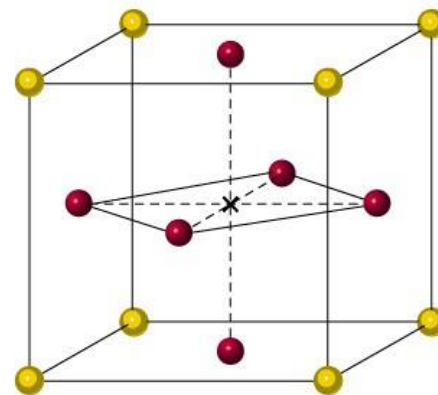
(a) Trigonal hole



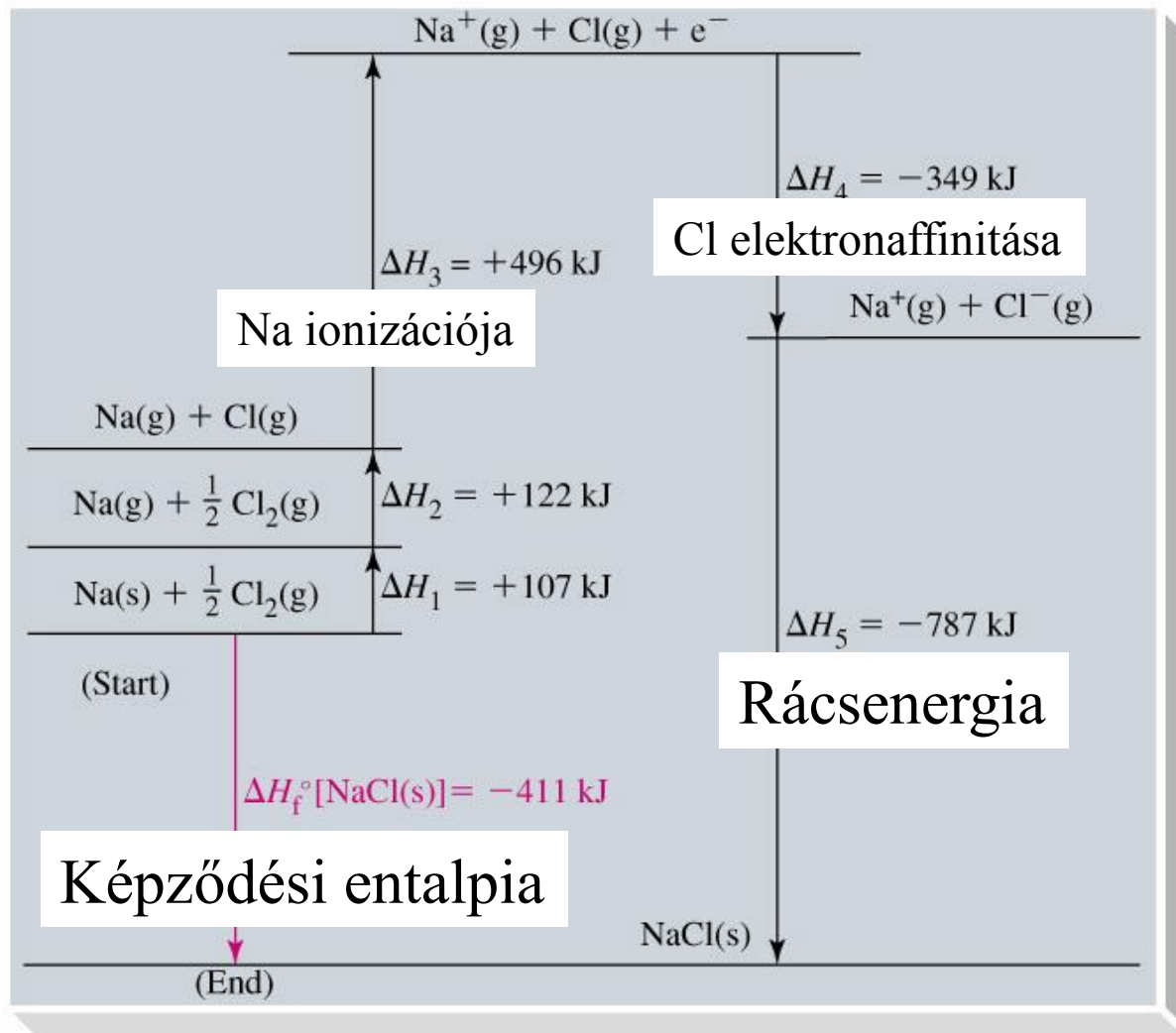
(b) Tetrahedral hole



(c) Octahedral hole



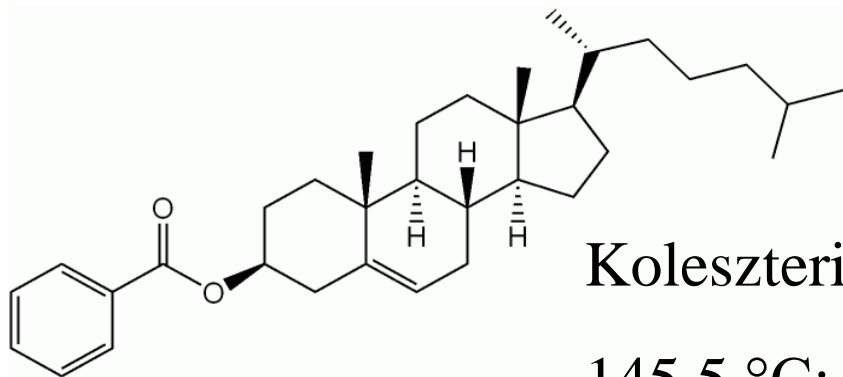
# 7-9 Ionos kristályok rácsenergiája



# Fókusz: Folyadékkristályok

- A **folyadékkristályok** molekuláinak alakja: hosszúkás vagy banánhoz hasonló.
- Folyik, de doméneken rendezett, mint egy kristály.
- A domének között eltérő az orientáció.
- Melegítéskor úgy viselkedik, mintha több olvadáspontja lenne.
- A folyadékkristályok különböző hőmérsékleten különböző színűek lehetnek.

# Folyadékkristály (2)



Koleszteril benzoát

145.5 °C: egy homályos folyadékká olvad

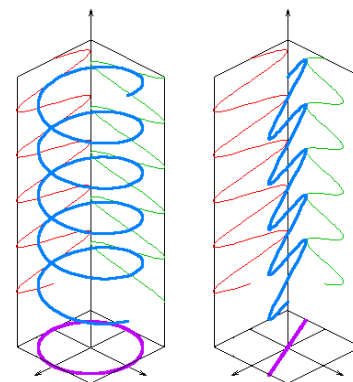
178.5 °C: kitisztul. A folyamat reverzibilis

Visszaveri a cirkulárisan polarizált fényt.

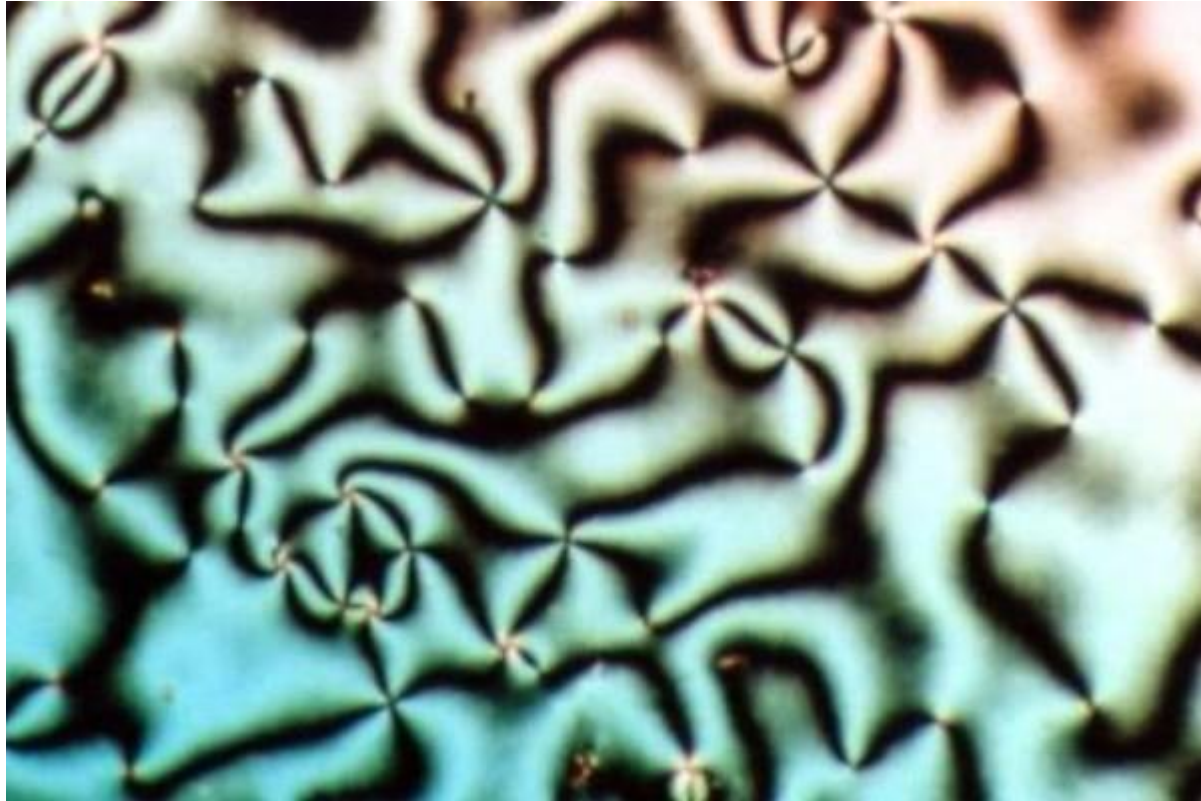
Elforgatja a síkban polarizált fény síkját.

80 évig nem kutatták a felfedezés (1888) után.

Nobel díj 1991: Pierre-Gilles de Gennes (1932-2007)

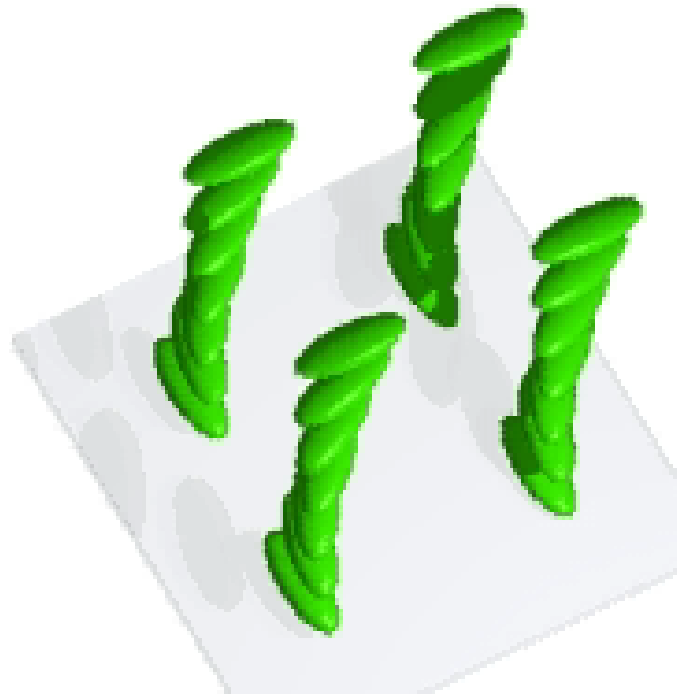


# Folyadékkristály (3)



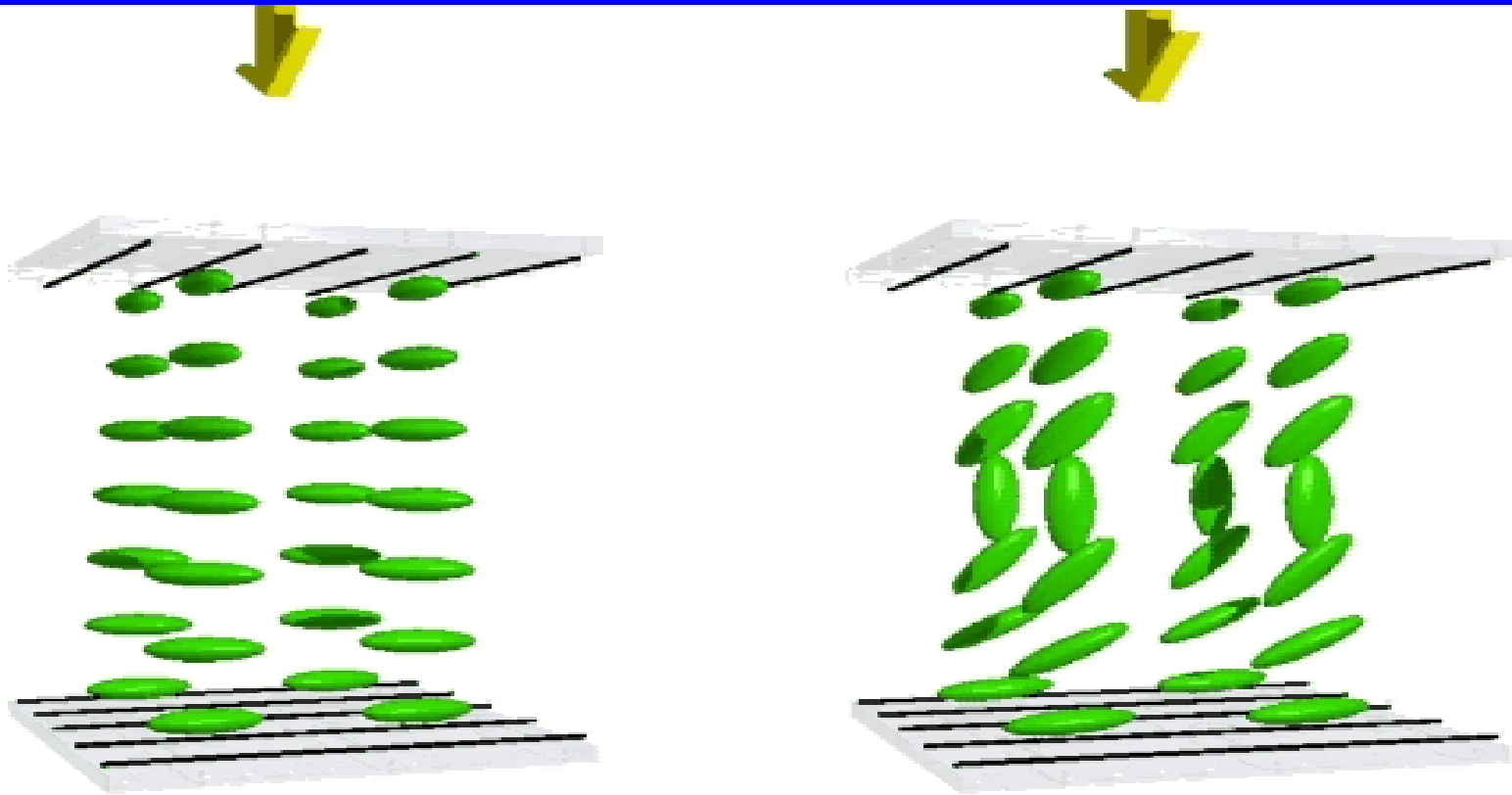
Forrás: Wikipédia

# Folyadékkristály (4), LCD



Csavart elrendezés

# Folyadékkristály (4), LCD



A fény visszaverődése

A fény nem halad át

# OLED

Az LCD TFT képernyőket rövidesen kiszoríthatják az OLED képernyők (2008-), pl. Samsung Galaxy S4.

Felfedezői:

Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid & Hideki Shirakawa received the [2000 Nobel Prize in Chemistry](#) for "The discovery and development of conductive organic polymers".