

## Ideális gáz (modell)

- **nagyszámú** (Avogadro szám  $\sim 10^{23}$ ), **azonos tömegű, gömbalakú** részecske rendszertelen mozgást végez
- egymással és az edény falával **rugalmasan ütközhetnek**
- egyéb **kölcsönhatások** (pl. vonzás, taszítás) nincsenek
- a **részecskék összterfogata elhanyagolható**

## Gázkeverékek

### parciális nyomás

A **nyomás** és a **hőmérséklet** értelmezése (a modell alapján):

$$\frac{1}{2} m \overline{v_x^2} = \frac{1}{2} kT \quad \text{ekvipartíció}$$

A részecskék fallal való ütközésekor **impulzusváltozás** ( $\Delta m v = 2m v_x$ ) történik,

ami Newton II. törvénye szerint rövid idejű ( $\Delta t$ ) erőlökéseket eredményez:

$$\Delta m v = F \Delta t$$

Figyelembe véve az ütközések nagy számát ( $N$  nagyon nagy), a falra ható **átlagos** erő és a fal felületének hányadosa megadja a nyomást.

$$p = \frac{F}{A}$$

$$pV = NkT$$

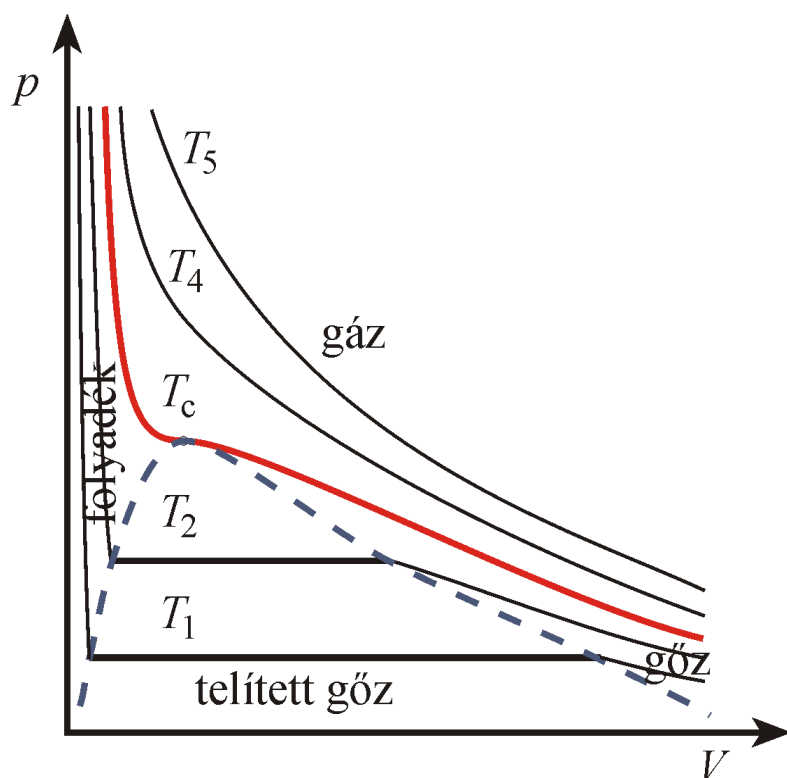
## Reális gáz

gőz, telített gőz,  
telített gőznyomás

Az új modellben  
figyelembe kell venni

- a részecskék térfogatát és
- a kölcsönhatásokat

$$n = N/V$$



$$p = \frac{NkT}{V - Nb}$$

$$p = \frac{NkT}{V - Nb} - an^2$$

## Boltzmann-eloszlás

Előzmények: ekvipartíció **termikus egyensúlyban** ( $T = \text{állandó}$ )

Két fontos paraméter:

$\varepsilon_i$  a részecskék lehetséges energiái,  $n_i$  betöltési számok

További feltételek:

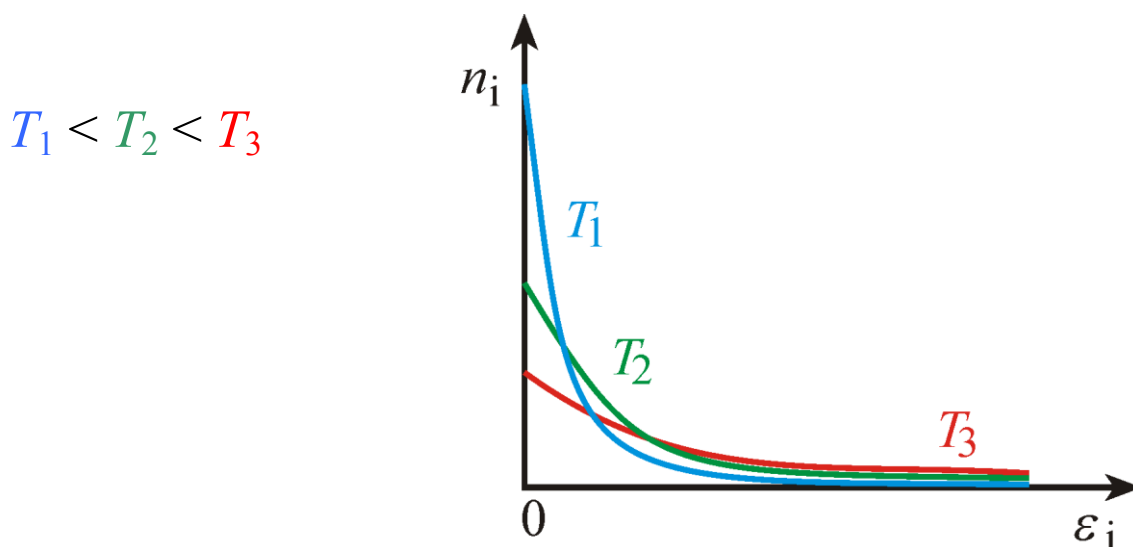
$$E = \sum_i n_i \varepsilon_i$$

$$N = \sum_i n_i$$

Két állapot ( $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ ,  $\Delta\varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ )

$$\frac{n_2}{n_1} = e^{-\frac{\Delta\varepsilon}{kT}} = e^{-\frac{\Delta E}{RT}} \quad (kN_A = R)$$

Pl. barometrikus magasságformula, kémiai reakciósebességek, stb.



### 3.3. Szilárd anyagok

#### 3.3.1. A kristályos állapot

Legfontosabb tulajdonsága a **periodikus hosszú távú rendezettség**. Az **ideális kristály** (egykristály) azonos szerkezeti elemeknek a térben szabályosan ismétlődő végtelen sorozata. Geometriai tulajdonságait, illetve szimmetriáját a **térhálós** jellemezzük, ami **elemi cellákból** építhető fel. Típusai: atom-, ion-, fémes és molekulaháló. A kristályos rend általában csak mikroszkopikus távolságokra terjed ki: mikrokristály. A kristályok **anizotropok**, vannak bennük kitüntetett irányok.

#### 3.3.2. Energiasávok

Amint az atomok a kristály felépülése érdekében egyre közelebb kerülnek egymáshoz, a **Pauli-elv érvényre jut**. Az azonos kvantumállapotok elkerülését a rendszer úgy valósítja meg, hogy a kölcsönhatásba kerülő **elektronok atomonként azonos energiaszintje  $N$  db közeli szintre „hasad fel”**. Mivel  $N$  igen nagy szám, ezért mindegyik atomi energiaszintből felhasadt közeli szintek sokasága egy-egy folytonos energiasávot képez: **vegyérték sáv**, **vezetési sáv**. A hol nincsenek megengedett energiaszintek azok a **tiltott sávok**.

#### 3.3.3. A tiltott sáv szélessége által meghatározott tulajdonságok; szigetelők, félvezetők, vezetők

Ha a vegyérték sáv teljesen betöltött és a vegyérték sáv és a vezetési sáv közötti tiltott sáv **„széles”** ( $\Delta E \gg kT$ , szobahőmérsékleten **néhány eV** nagyságú), akkor az anyag **szigetelő**. Ha ugyanez a tiltott sáv **„keskeny”** (szobahőmérsékleten **néhány tized eV** nagyságú), akkor az anyag szerkezeti vagy tiszta **félvezető**. Ha  $\Delta E = 0$ , ami **„részlegesen betöltött” vegyérték sáv** esetén lehetséges, akkor az anyag **vezető**.

A vezetési elektronok, mint  $n$ -típusú (negatív) töltéshordozók mellett a vegyérték sávban hátrahagyott elektronhiányok, a **lyukak**, mint  $p$ -típusú (pozitív) töltéshordozók szintén részt vesznek a vezetésben. A "sávmodell" alapján egyszerű képet alkotni az anyagok **optikai tulajdonságairól** is: a széles tiltott sávval rendelkező szigetelő anyagok **átlátszóak**.

#### 3.3.4. „Félvezető tulajdonság” létrehozása szennyezéssel

Kis mennyiségű idegen anyag (szennyező) bejuttatása egy teljesen betöltött vegyértéksávval rendelkező kristályrácsba olyan új elektronállapotok kialakulásához vezethet, amelyek az így létrehozott "új anyagnak" igen keskeny tiltott sávú félvezető jelleget kölcsönöznek. A **vezetési sávhoz közel** eső lazán kötött elektronállapot, ún. **donor nívó** esetén az elektron kis energia-felvétellel a vezetési sávba kerülhet, és részt vehet a vezetésben ( $n$ -típusú félvezető). A **vegyérték sávhoz közel** eső elektron-fogadó állapotot ún. **akceptor nívót** létrehozva azt a gazdarács vegyérték elektronjai kis energia-felvétellel betölthetik. Ilyenkor a visszamaradt lyuk vehet részt a vezetésben ( $p$ -típusú félvezető).

#### 3.3.5. A kristályszerkezet hibái

A rács hibák a kristályok természetes velejárói. Legfontosabb **ponthibák**: rácsluk (vakancia, Schottky-hiba), szennyezés, interstícium, összekapcsolt vakancia-interstícium képződmény (Frenkel-hiba). A Boltzmann-eloszlás segítségével megbecsülhető a Schottky-, illetve Frenkel-hibák száma:  $n_s \cong Ne^{-\varepsilon_s / kT}$ ,  $n_F \cong (NN')^{1/2} e^{-\varepsilon_F / 2kT}$ . A ponthibákból vonalak, élek, felületek (például szemcsehatárok) mentén újabb hibahelyek alakulhatnak ki.