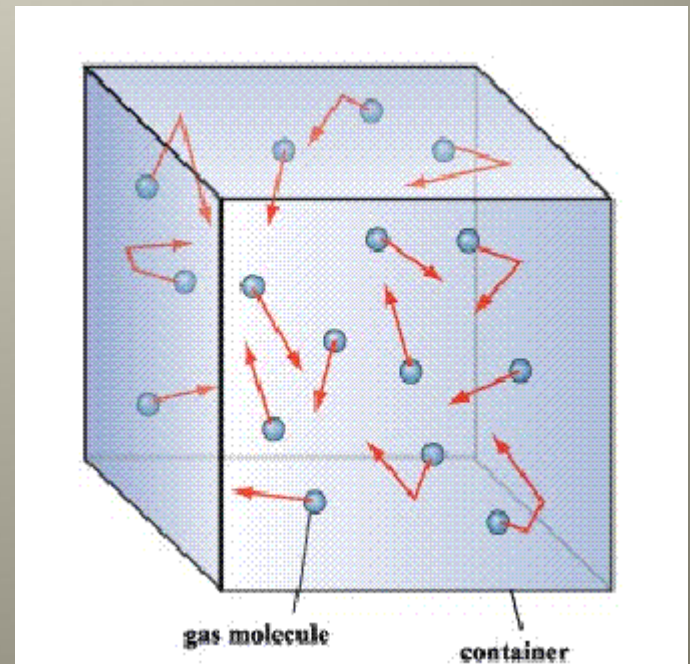


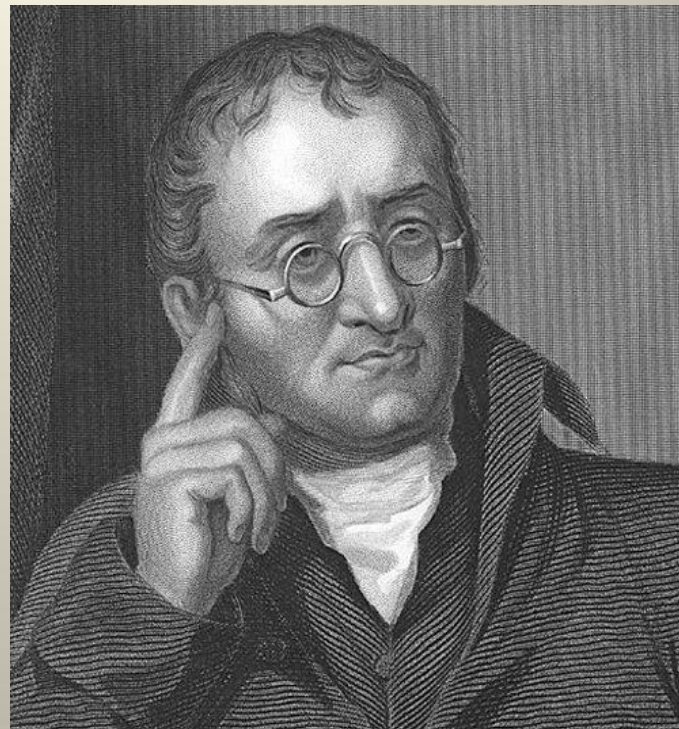
Gázok

Állapotváltásai, gáztörvények



Az anyag atomos szerkezete

Dalton feltevése szerint(1808) a **kémiai anyag részecskeszerkezetű**:
az elemek legkisebb részecskéje az **atom**,
a vegyületek elemi alkotórésze pedig az atomok kapcsolódásából létrejövő **molekula**.



John Dalton (1766–1844)
angol fizikus és kémikus, a
természettudományos
atomelmélet megalapítója

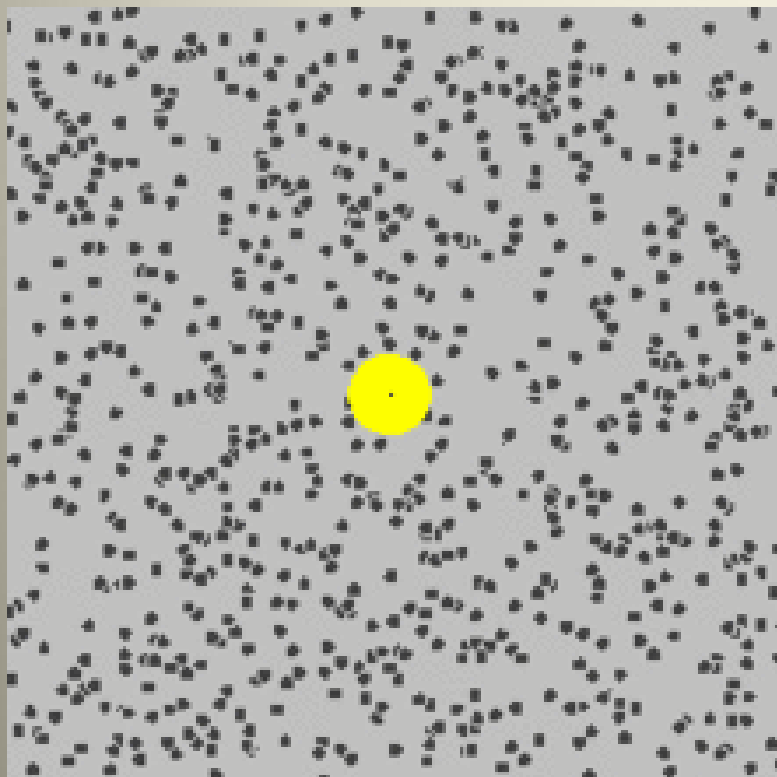
Brown mozgás



Az idős Brown 1855-ben

- Elsőként (1827-ben) Robert Brown (1773 – 1858) angol botanikus írta le mikroszkópos vizsgálatainak alapján, hogy vizes oldatban a virágporszemek zezugos mozgást végeznek.

Részecske természet bizonyítéka



Egy nagyobb részecske Brown-mozgásának számítógépes szimulációja. A különböző sebességgel mozgó kis részecskék (gázmolekulák) ütközése rendezetlen véletlenszerű mozgást eredményez

- A szilárd, a cseppfolyós és a légnemű halmazállapotú anyag részecske-felépítettségének egyszerű kísérleti bizonyítéka a **részecskék rendezetlen hőmozgása**.
- Ennek közvetett bizonyítéka az apró por- vagy füst részecskék zezzugos **Brown-mozgása** folyadékokban és gázokban, amit az atomok és molekulák rendezetlen hőmozgása okoz.

Mol, moláris tömeg

- Az atomi részecskék sokaságának jellemzője az **anyagmennyiség**. Jele: ***n***, egysége: **mol**.
- **1 mol anyagmennyiségben a részecskék száma $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.**
- (Ezt nevezzük **Avogadro-számnak**, amely a 12 g tömegű, tiszta szén-12 izotópban található atomok számával egyezik meg.)
- A **moláris tömeg** megadja az 1 mólnyi részecskesokaság teljes tömegét, jele **M**, egysége g/mol (vagy kg/mol).

Az ideális gázok részecskemodellje

Az atomi részecskék becsült mérete 10^{-10} m

- Az A_r relatív atomtömeg (röviden atomtömeg) az a viszonyszám, amely megadja, hogy egy adott atom tömege hányszorosa az egységül választott – u -val jelölt – atomi tömegegységnek.
- Az u atomi tömegegység a **C 12-es izotóp** tömegének 1/12-ed része.
- $u = 1,6605 \cdot 10^{-27}$ kg

Molekuláris hőelmélet

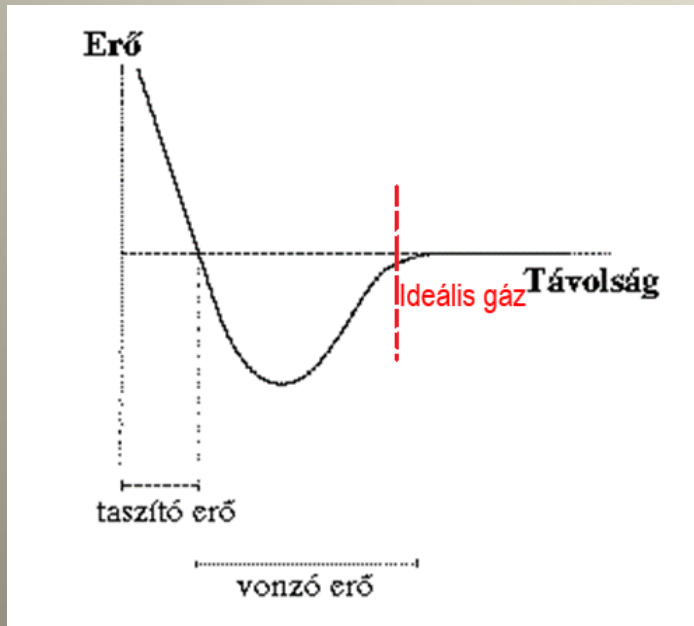
- *Rudolf Clausius* (1822–1889) német fizikus és matematikus, a molekuláris hőelmélet megalapozója.



Az ideális gázok részecskemodellje (más szóval a kinetikus gázmodell) a gáz oszthatatlan részecskékből áll.

Ideális gázok

A részecskék kiterjedés nélküli **tömegpontok**, amelyek egymással és a tartály falával **csak rugalmas ütközések révén kerülnek kölcsönhatásba** (a belső, molekuláris jellegű vonzóerőktől eltekintünk).



Van der Waals felismerése



Johannes Diderik van der
Waals (1837 – 1923)

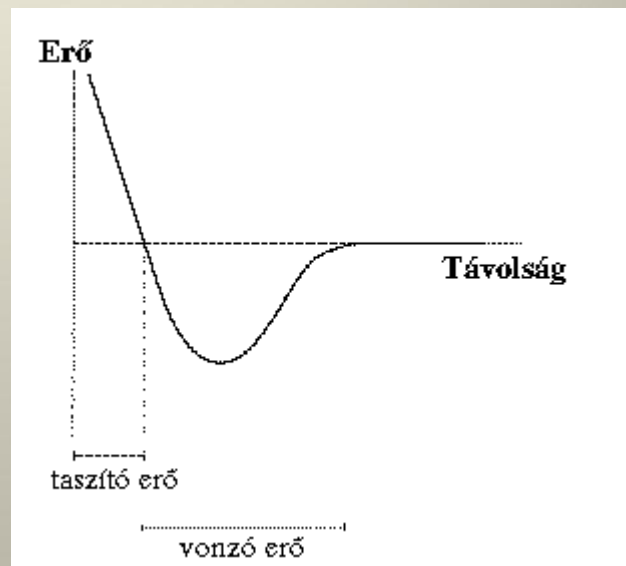
A létező (reális) gázok tulajdonságai többé-kevésbé eltérnek az ideális gázok tulajdonságaitól. Az eltérés oka abból adódik egyrészt, hogy a gázatomok, -molekulák kölcsönösen vonzzák egymást – ún. van der Waals-erők működnek közöttük –, másrészt nem pontszerűek, van kiterjedésük, azaz saját térfogattal rendelkeznek.

Reális gázok

- Van der Waals-erők

Reális gázok

Az ábrán két részecske közötti kölcsönhatási erőt látjuk a közöttük lévő távolság függvényében. Ha ez a távolság nagyon nagy (nagyon kis nyomás), akkor az erőhatás nulla. **Ez felel meg a tökéletes gáznak.** Ahogy a molekulák (vagy atomok) közelednek egymáshoz, először a vonzó erők, majd nagyon kis távolságnál a taszító erők válnak uralkodóvá.

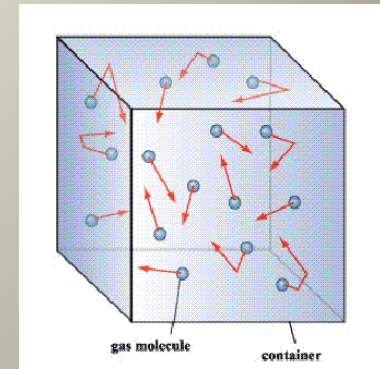


Az egymástól a kémiai kötés távolságánál távolabb lévő molekulák kölcsönhatásait összefoglalóan **van der Waals-erőknek**, más megfogalmazásban **van der Waals-kölcsönhatásoknak** nevezik.

Gázok hőtágulása, ideális gázok

Ha a gázt **állandó nyomáson melegítjük**, térfogata növekszik. A tágulás mértéke függ az eredeti térfogattól, és a hőmérséklet megváltozásától.

$$\Delta V = \frac{1}{273 \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot V_0 \cdot \Delta t$$

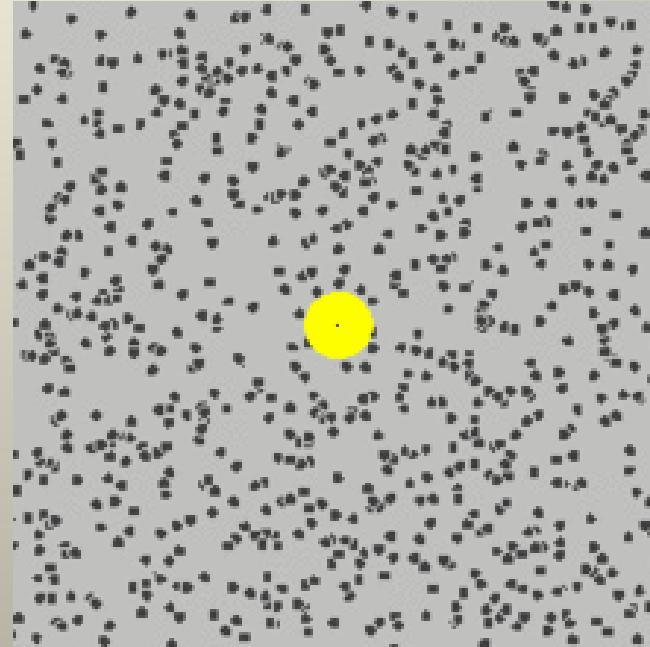
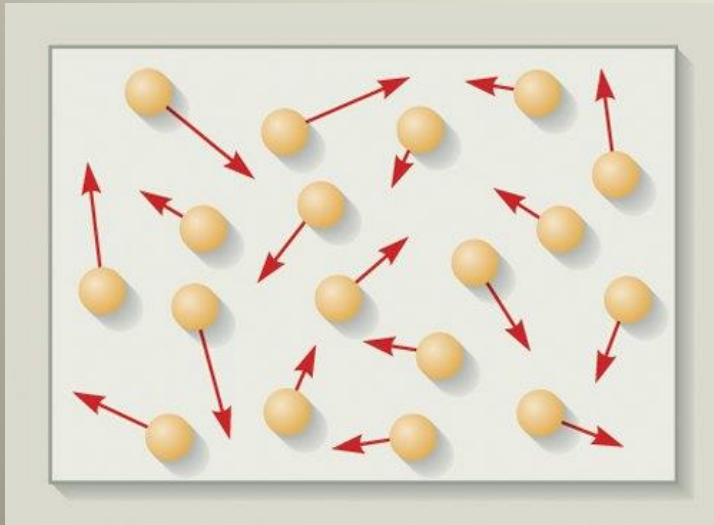


A hőtágulási együttható gázoknál **csak kevéssé függ az anyagi minőségtől**.

Ideális gázok másképp:

Azt a valóságot jól közelítő gázt, amelynek hőtágulási együtthatója pontosan $\beta = \frac{1}{273 \text{ } ^\circ\text{C}}$, **ideális gáznak** nevezzük.

Gázok nyomása



A kinetikus gázmodellel értelmezhetjük a gázok (tartály falára kifejtett, nyomásmérővel mérhető) nyomását.

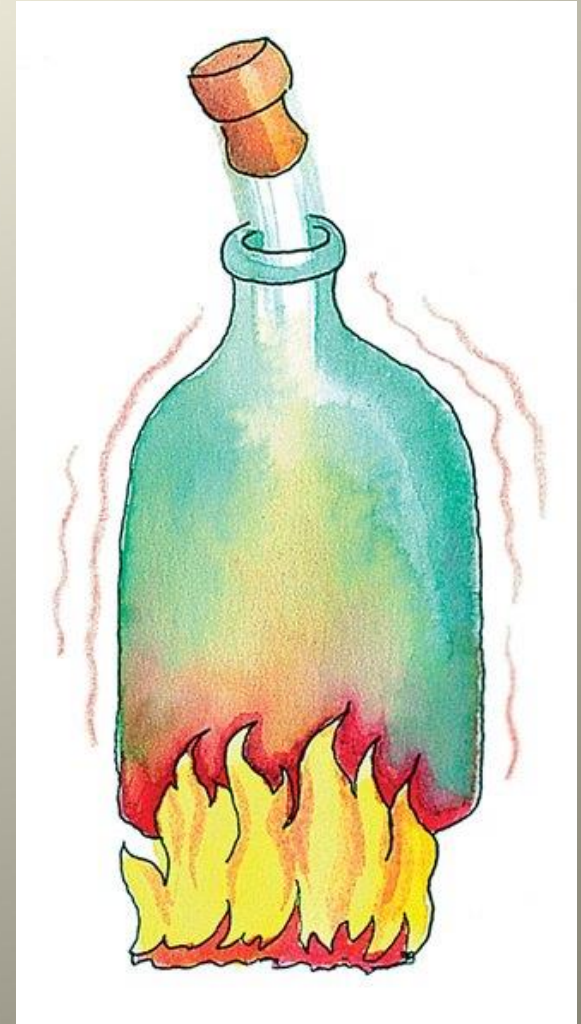
Gázok nyomása



A nagy sebességű sűrű záporosó nagyobb nyomást fejt ki az ernyőre, mint a szemerkélő eső.

Gázok nyomása

Amíg a levegő nem tágulhat, melegítéskor a nyomása növekszik.



Befőttés üveg problémája

Az elkészített, meleg befőtt légmentesen lezárt **üvegében lévő levegő nyomása a lehűlés után erősen lecsökken.**

Az üveg tetejét ezt követően igen nehéz levenni.



A megoldás.

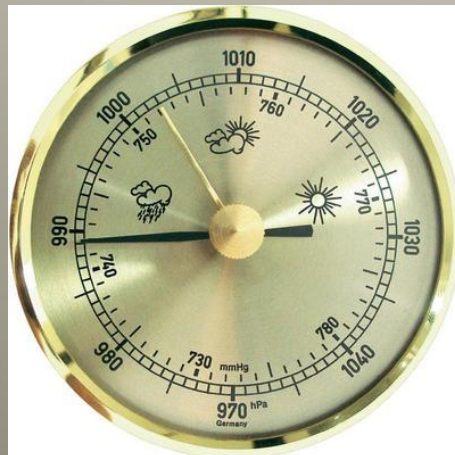
A légn nyomás



Evangelista
Torricelli



Blaise Pascal

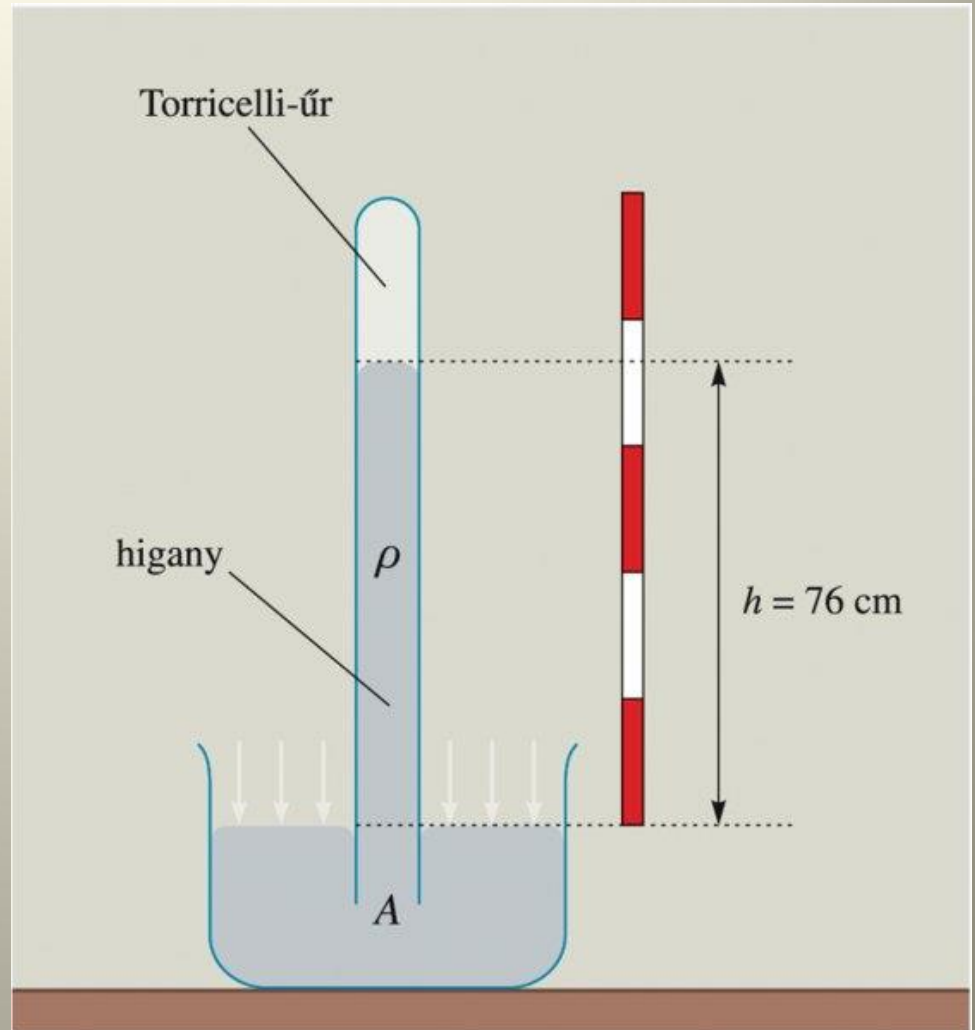


Otto von Guericke

Torricelli kísérlet

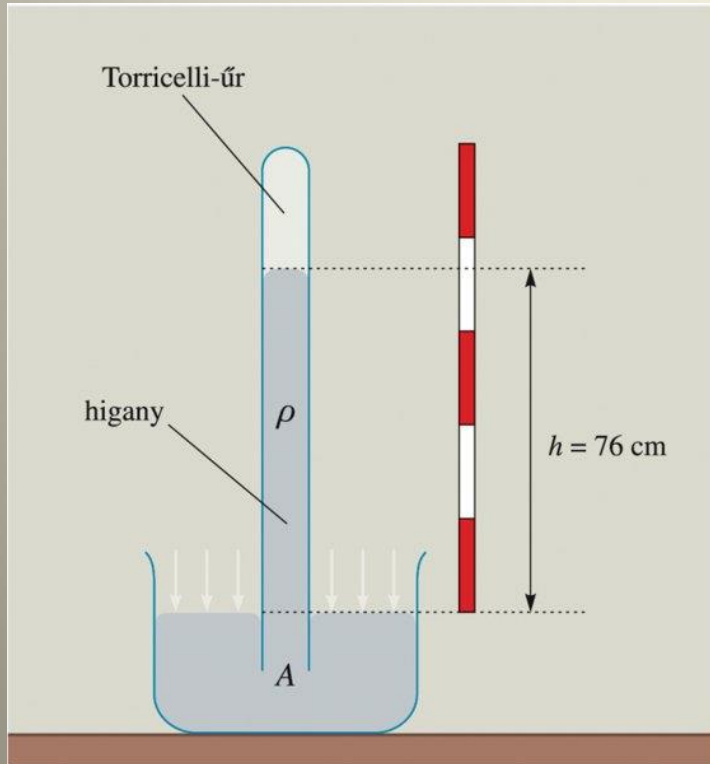


A levegő nyomását **Evangelista Torricelli** (1608–1647) olasz fizikus határozta meg először.



Tapasztalat: A levegő nyomása 76 cm magas higanyoszlopot képes megtartani.

Levegő nyomása



Egy h magasságú, A keresztmetszetű, ρ sűrűségű folyadékoszlop súlyából származó nyomás (úgynevezett hidrosztatikai nyomás):

$$p = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{A \cdot h \cdot \rho \cdot g}{A} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$p = 0,76m \cdot 13600 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 101325 Pa \approx 10^5 Pa$$

76 cm magas higanyoszlop nyomása 10^5 Pa (pascal) nyomásnak felel meg.

A légnyomás megadása nem SI mértékegységekkel

- A légköri nyomás átlagos értéke a tengerszint magasságában 76 cm magas Hg-oszlop nyomásával egyenlő.

- Szokás a nyomást higanymilliméterben is megadni **760 Hgmm**.

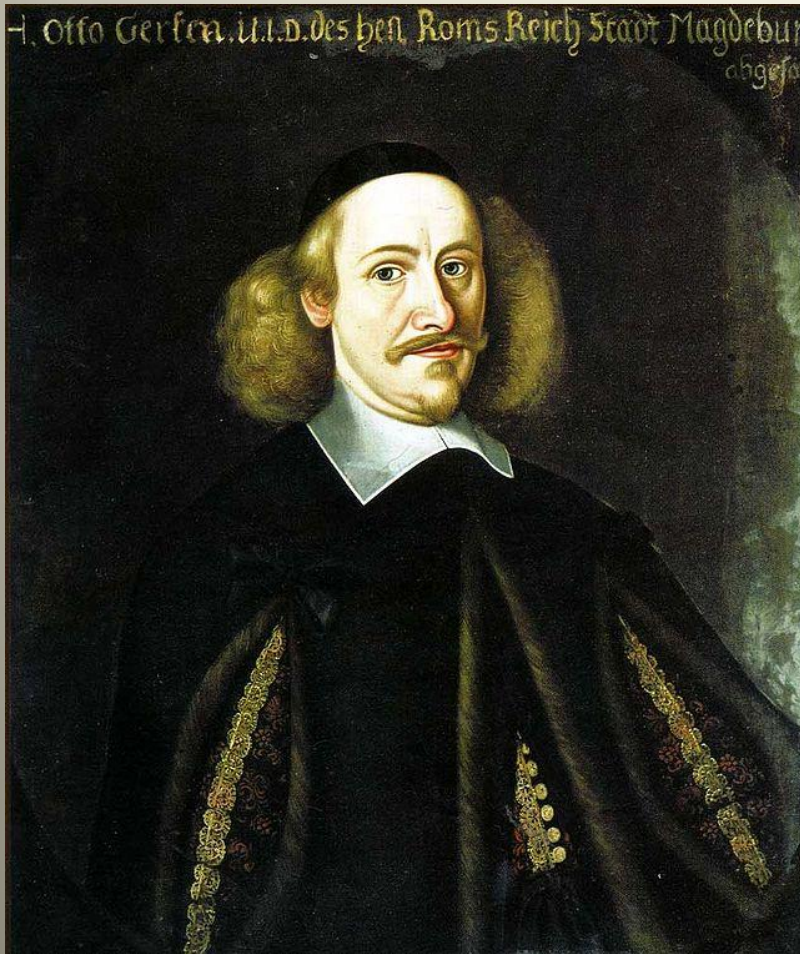
- A számítás alapján a légköri nyomás $1,014 \cdot 10^5$ Pa közelítőleg 100 kPa, amit szokás **1 atmoszférának** is nevezni, jele: **atm**.

További nem SI mértékegységek

A **bar** (jele **bar**) és a **millibar** (jele **mbar**, illetve **mb**) szintén a **nyomás** mértékegységei. Nem tartoznak az **SI** mértékegységek közé, ennek ellenére ma az 1 bar a nyomás általánosan használt standard értéke.

A korábbiak alapján 1 bar 100 kPa (**kilopascal**) nyomásnak felel meg, és megközelítőleg egyenlő a **Földön** a tengerszinten mérhető *atmoszferikus nyomással*.

Légszivattyú feltalálója



Otto von Guericke ['geʁike] (1602-1686. német tudós, feltaláló és politikus. A légszivattyú feltalálója.



A *magdeburgi féltekék* szobor a magdeburgi Ratswaageplatz-on, Thomas Virnich alkotása (Wikipedia)



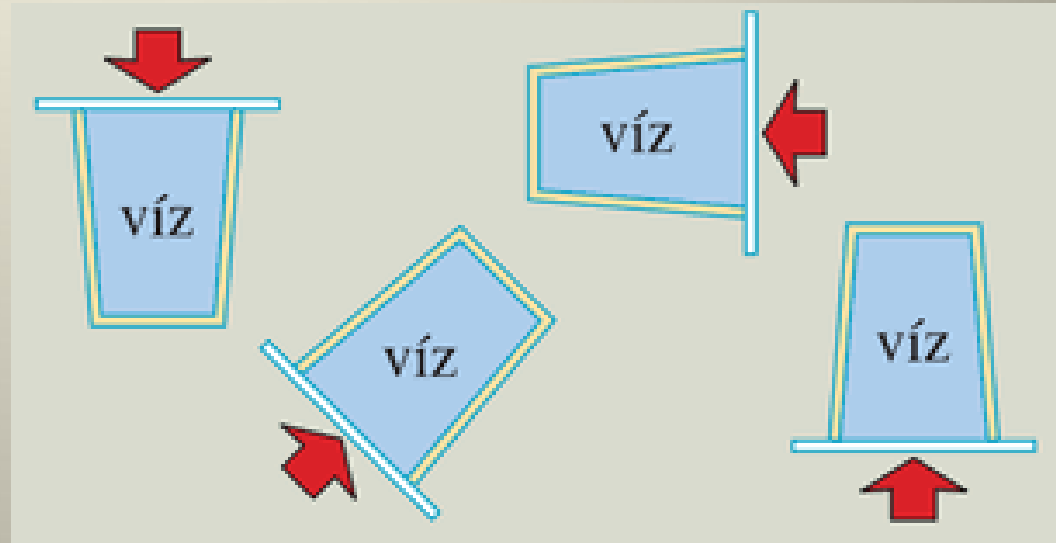


Otto von Guericke 1650-ben csapos légszivattyút szerkesztett átfuratlan dugattyúval, mellyel sok és tanulságos kísérletet tett, ezek közül legnagyobb feltűnést az keltette, melyet **1654-ben Regensburgban az egybegyűlt fejedelmek előtt mutatott be**. Ebben a kísérletében a maga által kifejlesztett légszivattyúval két üreges félgömb közül kiszivattyúzta a levegőt, mellyel vákuumot hozott létre. A gömb két ellentétes oldalára 8-8 lovat állítva és a lovakat húzásra kényszerítve azt tapasztalta, hogy **a 16 ló nem volt képes a két félgömböt széthúzni**.



Jófogás

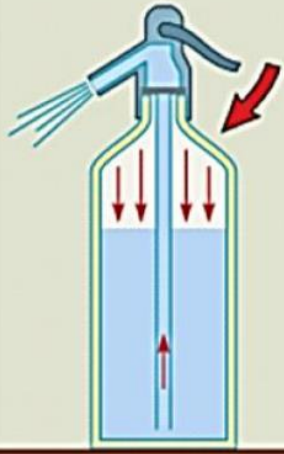
Kísérlet



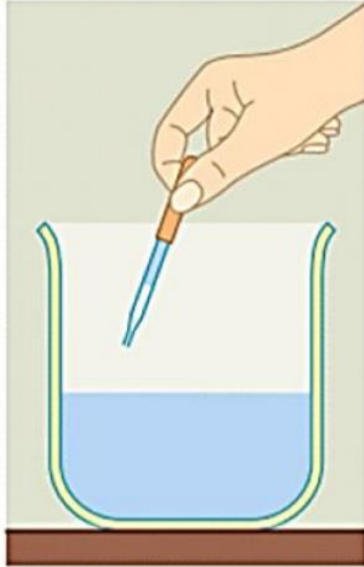
Milyen esetekben nem folyik ki a víz a lefelé fordított befőttesüvegből?

A légnyomás minden irányban tapasztalható.

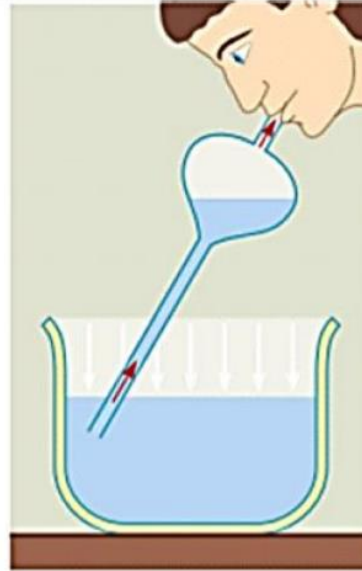
Nyomáskülönbségen alapuló eszközök



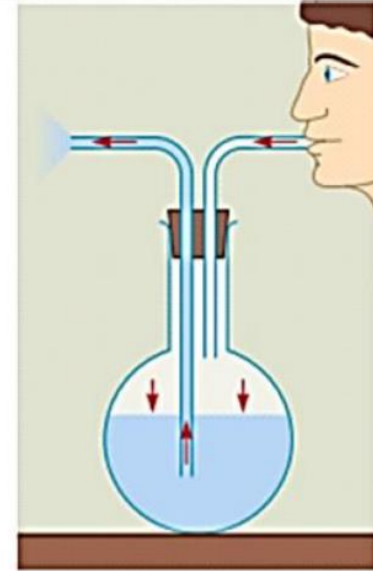
szódásüveg



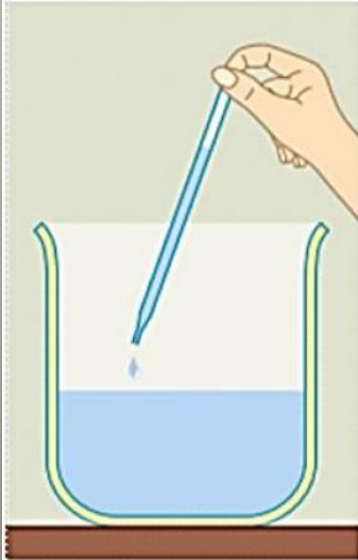
szemcseppető



lopó



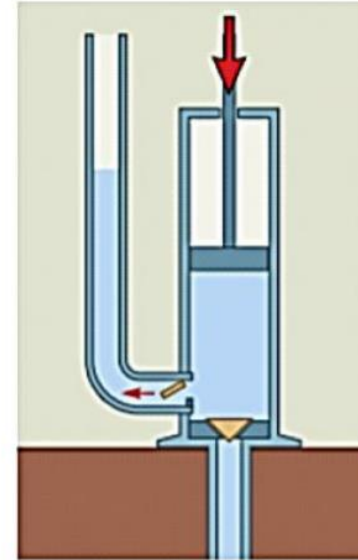
fecskendő



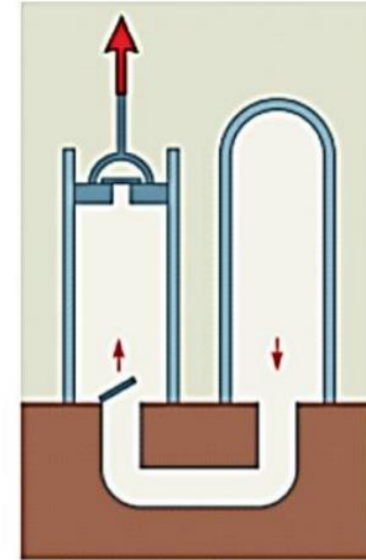
pipetta



szívókút

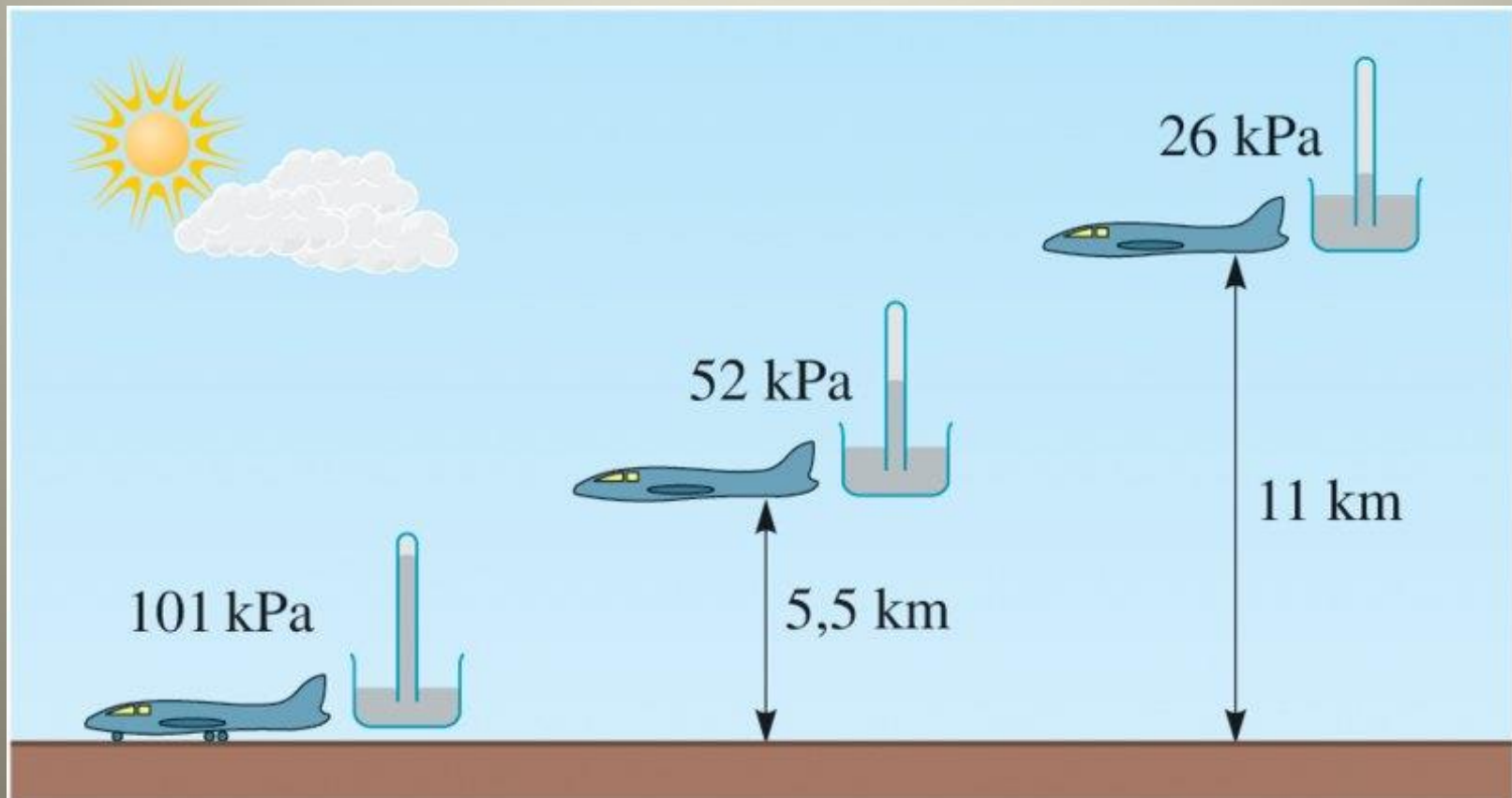


nyomókút



dugattyús légritkító

A légnyomás a magassággal csökken



Mitől függ a légnyomás nagysága? Mikor várható esős vagy napos

- A légnyomás a levegő páratartalmától is függ. idő?
- A páratartalom növekedésével a légnyomás csökken.
- A légnyomás csökkenéséből arra lehet következtetni, hogy esős idő várható!
- A nagyobb páratartalmú levegőnek kisebb a sűrűsége, mint a száraz levegőnek, amit az is bizonyít, hogy a felhők magasan vannak.



Hagyományos barométer

A gázok állapothatározói

Ha adott mennyiségű és térfogatú gáz belsejében mindenhol ugyanakkora a nyomás és a hőmérséklet értéke, akkor a **gáz egyensúlyi állapotban van**.

A gázok egyensúlyi állapotát bizonyos mérhető mennyiségek egyértelműen meghatározzák.

Az ilyen mennyiségeket **állapothatározóknak** nevezzük.



A gázok állapothatározói:

- nyomás (p) Összeadódó állapotjelzők: m ; V ; n
Kiegyenlítő állapotjelzők: p ; T
- térfogat (V)
- hőmérséklet (T)
- mólok száma (n)
- részecskék száma (N)

Különböző állapotváltozások megnevezése

- T =állandó **izoterm** állapotváltozás
- p = állandó **izobár** állapotváltozás
- V =állandó **izochor** állapotváltozás

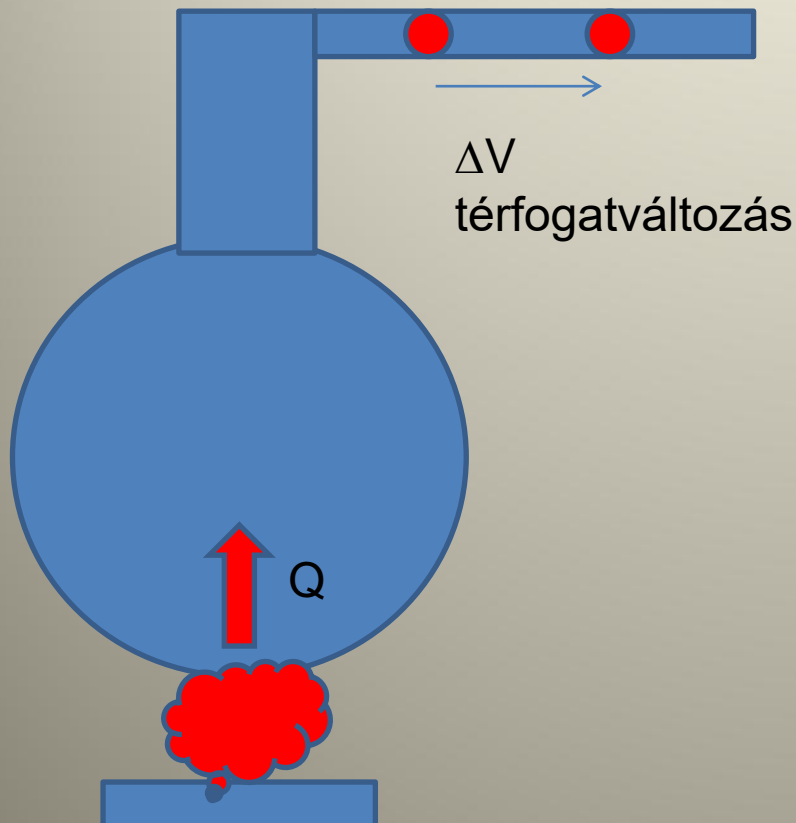
Gay-Lussac törvényei



Luis Joseph Gay-Lussac
1778-1850

Izobár állapotváltozás (p=áll, n=áll)

Gay-Lussac I. törvénye



- Kis nyomásváltozás hatására a golyó addig mozog, amíg a külső és belső légnyomás egyenlő nem lesz. Térfogatváltozás történik:

$$\Delta V = \frac{1}{273 \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot V_0 \cdot \Delta t$$

Gay-Lussac I. törvénye: A zárt térben lévő állandó tömegű és állandó nyomású gáz térfogata és hőmérséklete egyenesen arányos. $\frac{V}{T} = \text{áll.}$

Izochor állapotváltozás ($V=\text{áll}$, $n=\text{áll}$)

Gay-Lussac II. törvénye



- A közölt hő csak a gáz belső energiáját növeli.
- Tágulási munka nincs.
- **A belső nyomása folyamatosan növekszik.**

[video](#)

$$\Delta p = \frac{1}{273 \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot p_0 \cdot \Delta t$$

Gay-Lussac II. törvénye: A zárt térben lévő állandó tömegű és állandó térfogatú gáz nyomása és hőmérséklete egyenesen arányos. $\frac{p}{T} = \text{áll}$.

Izoterm állapotváltozás Boyle-Mariotte törvénye ($T=\text{áll}$, $n=\text{áll}$)



Robert Boyle
1627-1691

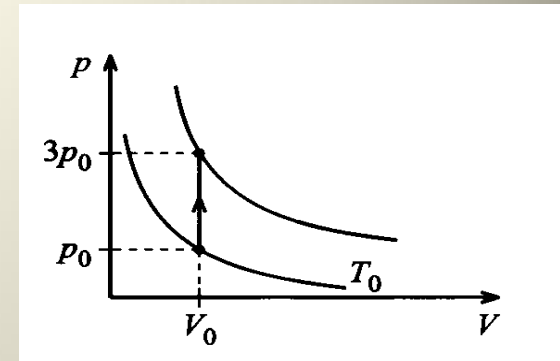
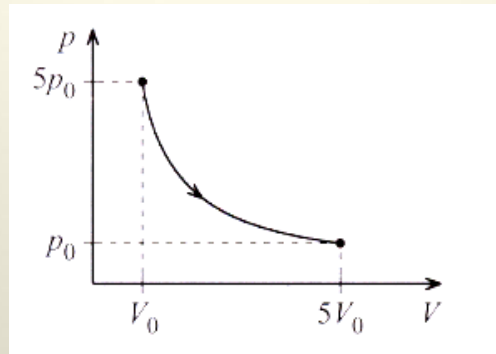
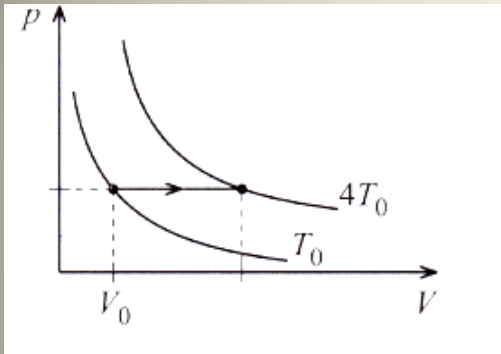


Robert Hooke
1635-1703



Edmé Mariotte
1620-1684

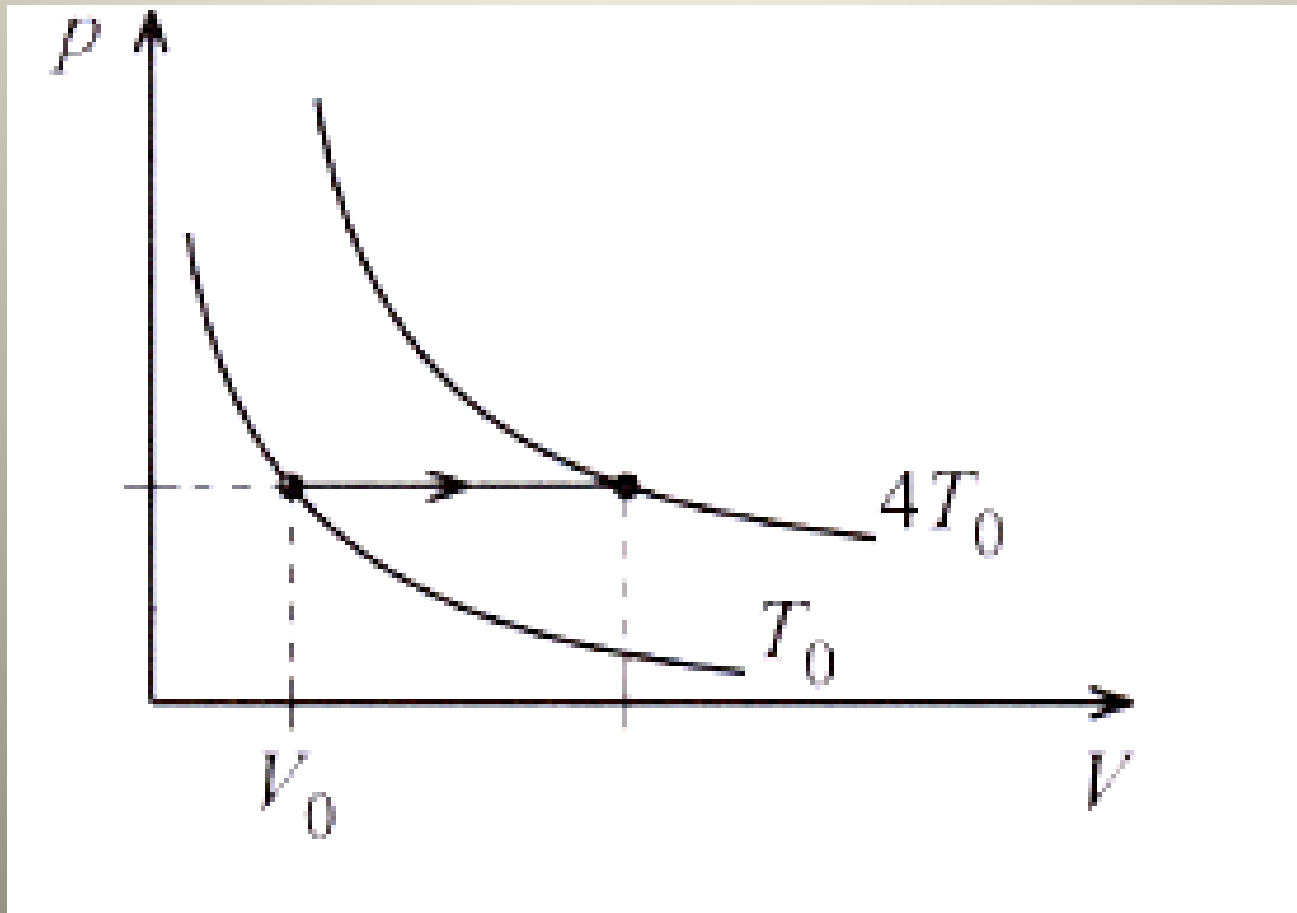
Boyle-Mariotte törvénye: A zárt térben lévő állandó tömegű és állandó hőmérsékletű gáz nyomása és térfogata fordítottan arányos. $p \cdot V = \text{állandó}$



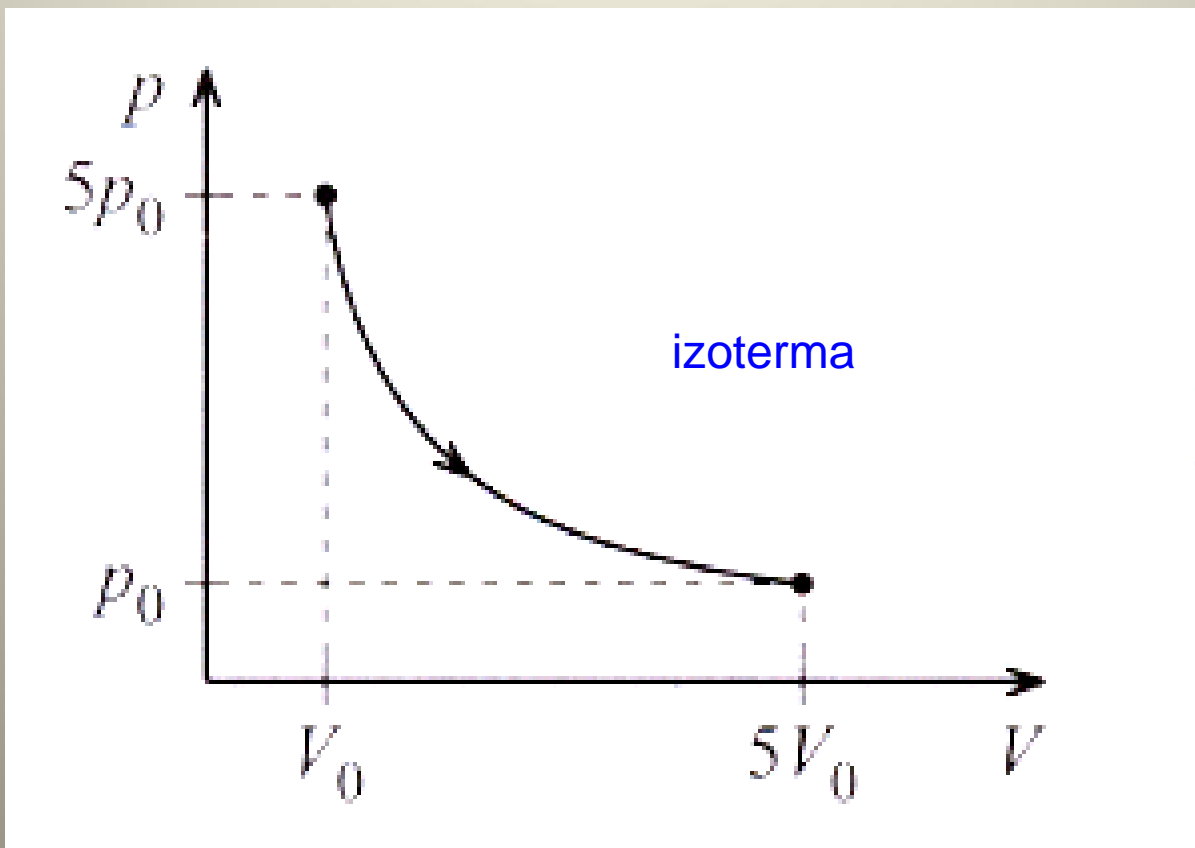
Állapotváltozások szemléltetése grafikonokon

A nyomást ábrázoljuk a térfogat függvényében

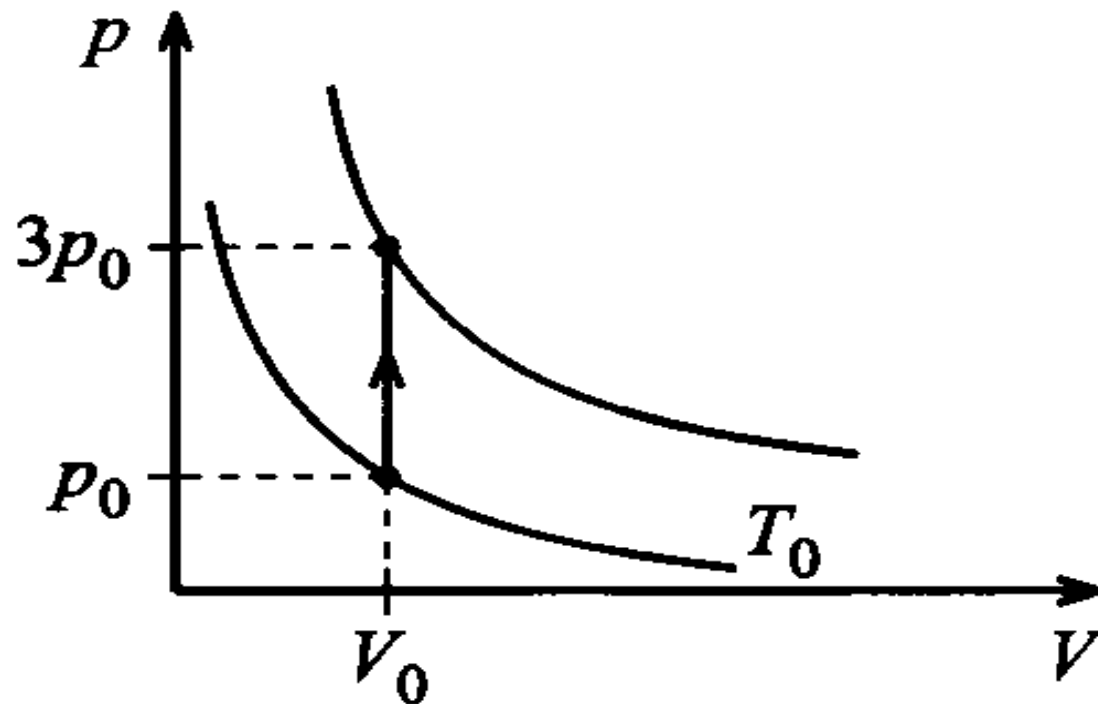
Izobár állapotváltozás



Izoterm állapotváltozás



Izochor állapotváltozás



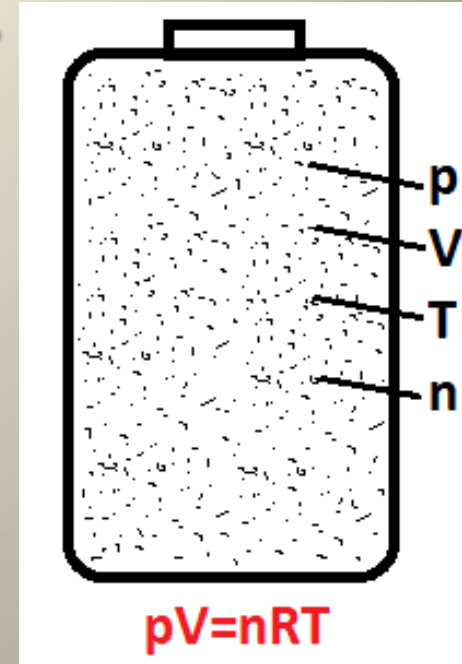
Összefüggés az ideális gázok állapotjelzői között

- Adott állapotban:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Ideális gázok állapotegyenlete

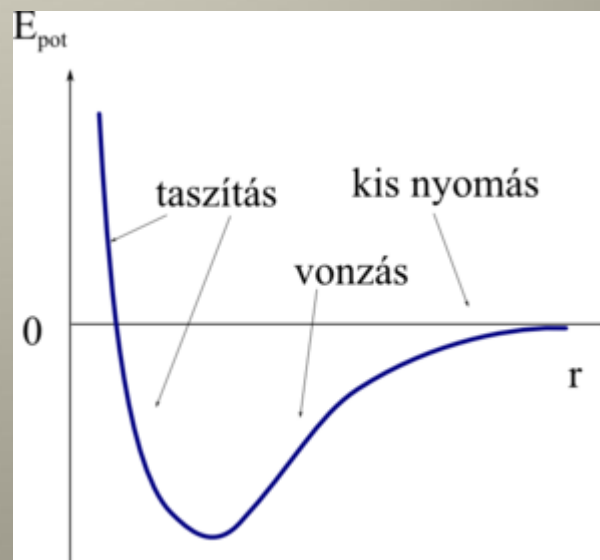
- p : a gáz nyomása
- V : a gáz térfogata
- n : mólok száma (1 mol anyagmennyiségben a részecskék száma $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$)
- $R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$ egyetemes gázállandó
- T : a gáz hőmérséklete K-ben megadva



Reális gázok állapotegyenlete

- Reális gázok
- Az ábrán két részecske kölcsönhatási energiáját látjuk a közöttük lévő távolság függvényében. Ha ez a távolság nagyon nagy (nagyon kis nyomás), akkor a potenciális energia nulla. **Ez felel meg a tökéletes gáznak.** Ahogy a molekulák (vagy atomok) közelednek egymáshoz, először a vonzó erők, majd nagyon kis távolságnál a taszító erők válnak uralkodóvá.

- $\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right) \cdot (V_m - b) = R \cdot T$
- Van der Waals-egyenlet



Gondolkodtató kérdés 1.

Mi történik a szoba levegőjének egy részével, ha a szobában befűtünk? Mi történik a szoba levegőjével lehűtéskor?

A nyílászárók nem tökéletesek!

Mit nevezünk természetes szellőzésnek?

- Fűtéskor a növekvő nyomás miatt a szoba levegőjének egy része távozik, lehűléskor pedig a szabadból jut levegő a szobába. Ez a természetes szellőzés.

Gondolkodtató kérdés 2.

- A hűtőszekrényből kivett üres üdítő üveg nyílására helyezzünk egy pénzérmet, majd melegítsük az a tenyerünkkel az üveg falát. Mit tapasztalunk?
- Melegítés hatására nő a gáz nyomása, az érme felemelkedik, majd a nyomás kiegyenlítődik. Az érme visszaesik. A jelenség többször ismétlődhet.
- Magyarázzuk a jelenséget!

Gondolkodtató kérdés 3.

- Miért poros a radiátorok fölött a szoba mennyezete?
- A radiátor feletti levegő kitágul és felfelé áramlik, így a légáramlással a levegőben lévő por a mennyezetre jut, ahol megtapad.

Feladat 1.

Mekkora a térfogata 6 mol, 27 °C hőmérsékletű ideális gáznak 5 MPa nyomáson?

Adatok:

$$t = 27 \text{ °C} \quad T = 300 \text{ K}$$

$$p = 5 \text{ MPa} = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$V = ?$$

Megoldás:

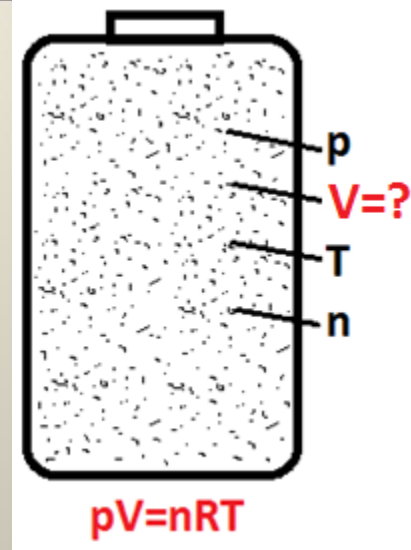
Ideális gázok állapotegyenlete:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

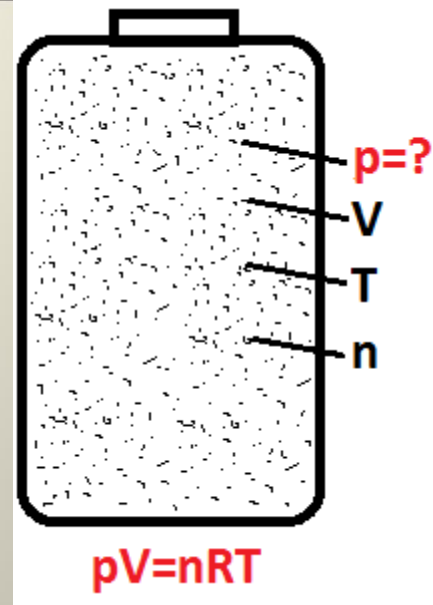
$$\text{Ebből: } V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

$$V = \frac{6 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}}{5 \cdot 10^6 \text{ Pa}} = 2,99 \text{ dm}^3$$

$$V \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 3 \text{ dm}^3$$



Feladat 2.



Mekkora a nyomása a
10 mol, 0°C
hőmérsékletű ideális
gáznak, ha a térfogata
 $16,62\text{ dm}^3$?

Adatok:

$$T = 0^{\circ}\text{C} \quad T = 273\text{ K}$$

$$n = 10\text{ mol}$$

$$V = 16,62\text{ dm}^3 = \\ = 16,62 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$$

$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$p=?$

Megoldás:

Ideális gázok állapotegyenlete:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\text{Ebből: } p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$$

$$p = \frac{10\text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273\text{ K}}{16,62 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3}$$

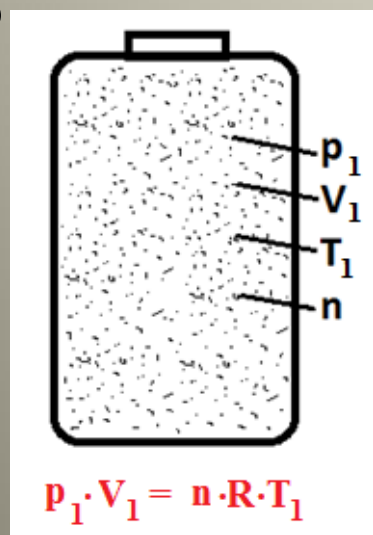
$$p = 1365000\text{ Pa} = \mathbf{1,37 \cdot 10^6\text{ Pa}}$$

Feladat 3.

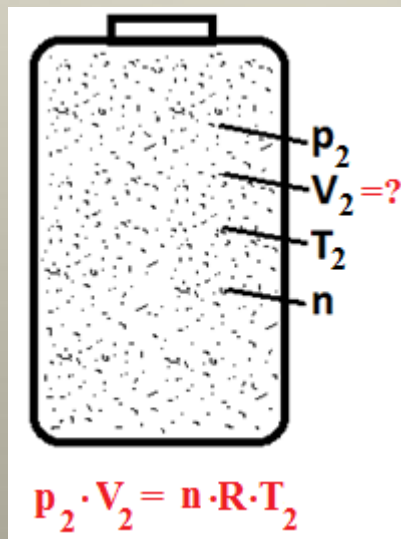
Egy 20 dm^3 -es gázpalackban $17 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű $10,13 \text{ Mpa}$ nyomású gáz van.

a) Mekkora lenne a gáz térfogata $0 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten és 10^5 Pa nyomáson?

b) Mekkora lenne ezután a palackba zárt gáz nyomása $27 \text{ }^\circ\text{C}$ -on?

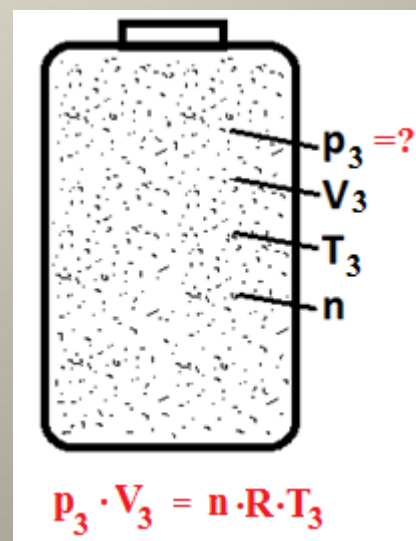


$$\begin{aligned} V_1 &= 0,02 \text{ m}^3 \\ T_1 &= 290 \text{ K} \\ p_1 &= 1,013 \cdot 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$



a)

$$\begin{aligned} T_2 &= 273 \text{ K} \\ p_2 &= 10^5 \text{ Pa} \\ V_2 &= ? \end{aligned}$$



b)

$$\begin{aligned} T_3 &= 300 \text{ K} \\ V_3 &= V_2 \\ p_3 &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= 1,9 \text{ m}^3 \\ p_3 &= 1,099 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

a) Mekkora lenne a gáz térfogata 0 °C hőmérsékleten és 10^5 Pa nyomáson?

Kezdeti állapotban:

$$p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1$$

$$V_1 = 0,02 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 290 \text{ K}$$

$$p_1 = 1,013 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

2. esetben:

$$p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$$

$$T_2 = 273 \text{ K}$$

$$p_2 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_2 = ?$$

A két egyenletet

egymással elosztva:

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1} = \frac{n \cdot R \cdot T_2}{n \cdot R \cdot T_1}$$

$$V_2 = \frac{273 \text{ K} \cdot 1,013 \cdot 10^7 \text{ Pa} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3}{290 \text{ K} \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$V_2 = 1,9 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{T_2 \cdot p_1 \cdot V_1}{T_1 \cdot p_2}$$

b) Mekkora lenne ezután a palackba zárt gáz nyomása 27 °C-on?

2. állapotban:

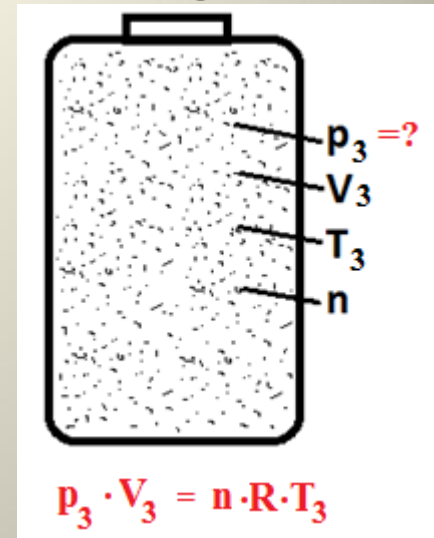
$$p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$$

3. állapotban

$$p_3 \cdot V_3 = n \cdot R \cdot T_3$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 273 \text{ K} \\ p_2 &= 10^5 \text{ Pa} \\ V_2 &= 1,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_3 &= 300 \text{ K} \\ \underline{V_3 = V_2} \\ p_3 &= ? \end{aligned}$$



A két egyenletet egymással elosztva:

$$\frac{p_3 \cdot V_3}{p_2 \cdot V_2} = \frac{n \cdot R \cdot T_3}{n \cdot R \cdot T_2}$$

$$p_3 = \frac{T_3 \cdot p_2}{T_2}$$

$$p_3 = \frac{300 \text{ K} \cdot 10^5 \text{ Pa}}{273 \text{ K}} = 1,099 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_3 = 1,099 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$