

Molekuláris hőelmélet

Fizika 10. évfolyam

Hőtan

2019. szeptember 4.

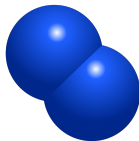
Tartalomjegyzék

- 1 Az ideális gáz
- 2 Az állapotjelzők molekuláris értelmezése
- 3 A speciális állapotváltozások magyarázata
- 4 Az állapotegyenlet mennyiségi értelmezése
- 5 A gázok belső energiája
- 6 A hőtan első főtétele
- 7 A hőtan második főtétele
- 8 Irodalomjegyzék

Az ideális gáz, mint egy valóságról alkotott modell

A valódi gázokat apró golyóknak tekintjük, melyekre igaz, hogy:

- A molekulák mérete kicsi az átlagos távolságukhoz képest.
- A molekulák térfogata jóval kisebb, mint a tartály térfogata.
- Egymásra sem vonzó, sem taszító hatást nem fejtenek ki.
- Egymással és az edény falával rugalmasan¹ ütköznek.
- A részecskék sebessége egyedül a hőmérséklettől függ.
- A tartály falai tökéletesen merevek és nem mozognak.



Egy modell mind felett: A N_2 és az O_2 gáz kinetikus energiája azonos².

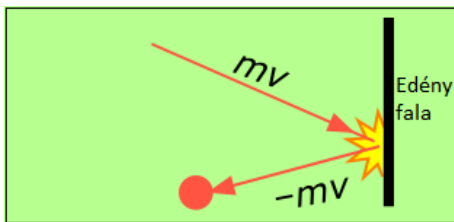
¹Nincs energiaveszteség, az ütközéskor sebességet cserélnek, irányt váltanak.

²Amennyiben az edényekben a hőmérséklet és a molekulák száma is azonos.

Az állapotjelzők molekuláris értelmezése

A nyomás oka a molekulák szintjén

A gázt alkotó atomi **részecskék** – a rendezetlen hőmozgás során – a gázt tartalmazó edény falával **rugalmasan ütköznek**. Eközben a részecskék lendülete változik, és ez erőhatást eredményez a részecske és a fal között. A mikroütközések következtében a részecskék a falra egy átlagos **erőt**, ill. átlagos nyomást fejtenek ki. Ezt a gáz **nyomásaként** érzékelhetjük.



A gáz nyomásának oka, hogy a részecskék rugalmasan ütköznek az edény falával.

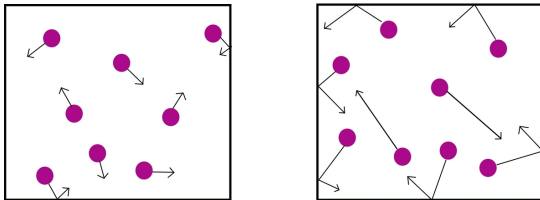
Az állapotjelzők molekuláris értelmezése

A hőmérséklet a molekulák szintjén

Egyetlen gázmolekula kinetikus (mozgási) energiája függ a sebességtől.

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

A gáznak energiát átadva növekszik a hőmérséklet, és ezzel együtt a részecskék mozgási energiája és átlagsebessége is nő.



A hideg és a meleg gáz átlagsebessége különböző.

A speciális állapotváltozások magyarázata

A tanult állapotváltozásokat megmagyarázzuk a modell segítségével.

- 1. Izobár: melegítem a gázt, megnő a térfogata.
- 2. Izochor: melegítem a gázt, megnő a nyomása.
- 3. Izoterm: összenyomom a gázt, megnő a nyomása.

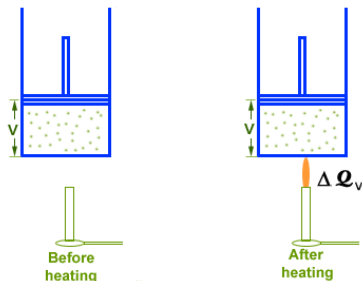
1. Izobár: a gáz nyomása állandó

- A melegedés miatt a részecskék átlagos sebessége megnő, gyorsabbak lesznek, de ritkábban helyezkednek el, mert a térfogat nő. Így ritkább, de nagyobb erejű ütközés éri az edény falát, tehát a nyomás állandó.
- A hőmérséklet csökkenés miatt a részecskék lassabbak lesznek, de sűrűbben helyezkednek el a lecsökkent térfogatban. Több, kisebb erejű ütközés éri az edény falát, így a nyomás állandó marad.

A speciális állapotváltozások magyarázata

2. Izochor: a gáz térfogata állandó

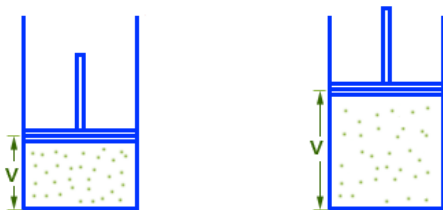
- A tartály mérete fix, és melegítéskor a gázcseppkék hőmozgása fokozódik, az átlagos sebességük megnő. Erősebben ütik a tartály falát, ezt a gáz nyomásának növekedéseként érzékeljük.
- Hűtéskor a hőmozgás intenzitása csökken, ezért az átlagos sebesség is kisebb. Kevésbé ütögetik a tartályt, tehát a nyomás csökken.



A speciális állapotváltozások magyarázata

3. Izoterm: a gáz hőmérséklete állandó

- A térfogat csökkentésével a gáz sűrűbb lesz. Azonos a sebesség, tehát ugyanakkora erővel ütögetik a tartály falát, de adott térfogaton több a részecske, ezért nagyobbak értékeljük a nyomást.
- A térfogat növelésével ritkább a gáz, átlagosan kevesebb részecske ütközik a fallal, tehát csökken a gáz nyomása.



Az izoterm állapotváltozás során a térfogat megnő, míg a nyomás csökken.

Az állapotegyenlet mennyiségi értelmezése

A részecskék száma (N) és az Avogadró-szám N_A összefügg a mólszámmal:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{N}{6 \cdot 10^{23}} \quad (1)$$

Az ideális gáz állapotegyenlete a következő:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T \quad (2)$$

Ahol n a mólok száma és az R egyetemes gázállandó értéke $8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.
Bevezetve, hogy $k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ az állapotegyenlet átírható:

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T \Rightarrow p = \frac{N}{V} \cdot k \cdot T \quad (3)$$

A gáz nyomása egyenesen arányos az $\frac{N}{V}$ részecskesűrűséggel és T abszolút hőmérséklettel. A k arányossági tényező neve **Boltzmann-állandó**.

Az ideális gáz belső energiája

Hogyan számítható ki a teljes gáz belső energiája?

A gáz alkotó összes N db gázmolekula kinetikus energiáját össze kell adni:

$$U = E_{kin} + E_{kin} + E_{kin} + \dots + E_{kin} = N \cdot E_{kin} \quad (4)$$

A mozgási energia kétféleképpen is felírható

- Mechanikailag így írtuk fel: $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- Levezethető másképpen is: $E_{kin} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot k \cdot T$

Miből van három?

Három lehetséges mozgásirány van! Az x , az y és a z tengely irányában mozoghat a részecske, mindegyik irányra jut $\frac{1}{2} \cdot k \cdot T$ energia.

A szabadsági fok

Az atomok rendezetlen hőmozgása több lehetséges mozgásformából áll össze. Minden mozgás azonban két alapvető mozgásra bontható fel, ez a haladás és a forgás. Mindegyikhez tartozik egy irány és egy sebesség (vagy egy szögsebesség). Ezen tagok száma a szabadsági fok.

Minden szabadsági fokra $\frac{1}{2} \cdot k \cdot T$ energia jut.

- 1 atomos ideális gáz (3 féle lehet a mozgásirány): $E_{kin} = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot k \cdot T$
- 2 atomos ideális gáz (3 irány + 2 forgásirány): $E_{kin} = 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot k \cdot T$
- 3 atomos ideális gáz (3 irány + 3 forgásirány): $E_{kin} = 6 \cdot \frac{1}{2} \cdot k \cdot T$

N darab molekulából álló f szabadsági fokú gáz teljes belső energiája:

$$U = N \cdot E_{kin} = N \cdot \frac{f}{2} \cdot k \cdot T \quad (5)$$

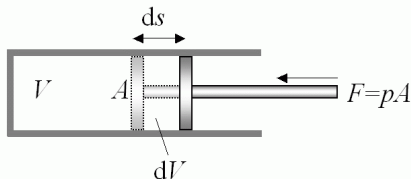
A hőtán első főtétele:

Egy rendszer U belső energiája kétféleképpen változhat meg:

- A rendszerrel Q hőmennyiséget közlünk, tehát melegítjük, vagy hűtjük.
- A rendszeren W munkát végzünk, a gáz kitágul, vagy összehúzódik.

Ez az **energiamegmaradást** fejezi ki. A rendszerrel közölt hőenergia és a munkavégzéssel elvesztett energia egyenlő a belső energia megváltozásával:

$$\Delta U = Q + W \quad (6)$$



Dugattyúval elzárt, ideális gáz térfogatváltozása során fellépő térfogati munka.

A hőtán első főtételének következménye:

Nincs elsőfajú Perpetuum mobile

- Az örökmozgó olyan hipotetikus^a gép, amit ha egyszer beindítunk, örökké mozgásban marad, miközben nem von el energiát a környezetétől, és a belső energiája is állandó szinten marad.
- Az elsőfajú örökmozgó olyan gép, ami több munkát végez, mint amennyi energiát felvesz a környezetétől hő formájában. Az elsőfajú örökmozgó hatásfoka több, mint 100%.
- Az első főtétel szerint^b készíthető soha elsőfajú örökmozgó.
- Egy elsőfajú örökmozgó melegítés során felvenne összesen pl. $1000J$ -nyi hőt és $1200J$ mechanikai munkát végezne.

^aJelentése: elképzelt, állítólagos, feltételezett

^bMely kimondja, hogy a rendszer energiája pontosan annyival nő, amennyivel a környezeté csökken.

A hőtan második főtétele

A fizikai folyamatok két típusa:

- Megfordítható (reverzibilis): tökéletes ingamozgás, rugózás, súrlódás nélkül pattogó golyó egy rugalmas lemezen. Ezek a folyamatok videóra véve és visszafelé lejátszva is valóságosak maradnak.
- Visszafordíthatatlan (irreverzibilis): az űrből érkező meteorit felforrósodik a zuhanás miatt, de ha lehűtöm a becsapódott kődarabot, nem fog az égbe visszarepülni. Az autó fékje felmelegszik fékezéstől, viszont hiába hűtöm le a féket, attól nem indul el az autó.

A termodinamika második főtétele kimondja, hogy:

A termikus kölcsönhatások során létrejövő valós folyamatok irreverzibilisek. Emiatt a zárt rendszer állapota mindig az **egyensúly** felé törekszik. Az italodban elolvad a jég, mert a jég lehűti az italt. A közös hőmérséklet (tehát az egyensúlyi állapot) felé tart a rendszer, a **rendetlenség** felé.

A második főtétel következményei:

Nincs másodfajú Perpetuum Mobile

A másodfajú örökmozgó a környezetéből felvett hőenergiát veszteségek nélkül munkavégzésre tudja fordítani. Egy ilyen gép hatásfoka pontosan 100% lenne. A hőtan II. főtétele alapján ilyen gép nem lehet készíthető, mindig van leadott hőveszteség is, ezért vannak kémények a gyárakon és kipufogók az autókon. Ezért mennek tönkre a dolgok.

Nem készíthető ún. Kelvin-gép

Nincs olyan folyamat, amelyben egy hőtartály által felvett hő teljes egészében munkává alakítható, mert ekkor a hatásfok: $\eta = 100\%$

Nem készíthető ún. Clausius-gép

Nincs olyan folyamat, amelynek eredményeképpen a hő az alacsonyabb hőmérsékletű rendszer felől a magasabb hőmérsékletűnek adódik át.

Irodalomjegyzék

Internetes linkek:

- <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszet tudomanyok/fizika/fizika-10-evfolyam>
- [https://hu.wikipedia.org/wiki/Ideális_gáz](https://hu.wikipedia.org/wiki/Ide%C3%A1lis_g%C3%A1z)
- <https://www.youtube.com/watch?v=Qsa4aAdpHfY> (emelt szint)
- <https://www.youtube.com/watch?v=Lf1kTsT0ebc>
- <https://www.youtube.com/watch?v=8ZhvoHAL33A>

Könyvek:

- Jurisits-Szűcs: Fizika 10. Mozaik kiadó ISBN: 9636973628