

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

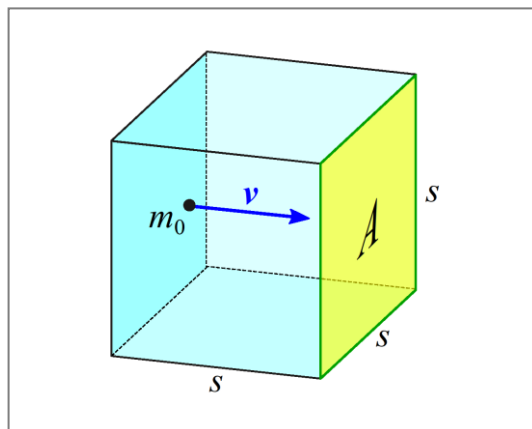
A részecskék sebessége a gázban

A gázok nyomását azzal magyaráztuk, hogy a gáz részecskéi mozognak, és mozgásuk során az edény falával ütköznek. Most az ideális gáz modelljéből kiindulva először meghatározzuk az ebből származó nyomást, majd a kapott összefüggés átalakításával a gáz részecskéinek sebességét.

A nyomás meghatározásához képzeljük el, hogy a gáz egy olyan kocka alakú tartályban van, amelynek élhosszúsága s . Jelölje a gáz részecskéinek számát N , egyetlen részecske tömegét pedig m_0 !

Három további feltevéssel *egyszerűsítsük tovább a gázmodellünket!*

1. Minden gázcsepe azonos nagyságú sebességgel mozog.
2. A részecskék csak valamelyik határolólap felé mozognak.
3. Mind a hat lehetséges irányba a részecskék hatodrésze mozog.



(Ezek a feltevések csak a matematikai kezelhetőséget könnyítik, de az eredményt nem befolyásolják.)

Válasszuk ki az egyik lapot, például az ábrának megfelelően a tartály jobb oldali lapját! Bármely időpillanatban a részecskék hatodrésze ennek a lapnak az irányába halad. *Jelöljük Δt -vel azt az időtartamot, amely alatt a részecskék a két szemközti lap közti távolságot megteszik!* Ha a részecskék sebességének nagyságát v -vel jelöljük, akkor

$$s = v \cdot \Delta t. \tag{1}$$

A Δt időtartam alatt minden egyes, kezdetben jobbra mozgó részecske eléri a jobb oldali lapot, és egyszer ütközik vele. Ezalatt a többi részecske nem ütközik ebbe a lapba. (A kiválasztott lappal párhuzamosan haladók ugyanis sohasem ütköznek vele, a balra

haladók pedig csak a bal oldali lapról visszapattanva juthatnának el hozzá. Ehhez azonban Δt -nél több időre volna szükségük.)

A rugalmas ütközés közben minden részecske sebessége v -ről $-v$ -re változik. A tartály fala által egyetlen részecskére kifejtett \bar{F}_0 átlagerő megegyezik a részecske tömegének és átlaggyorsulásának szorzatával, így:

$$\bar{F}_0 = m_0 \cdot \bar{a} = m_0 \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = m_0 \cdot \frac{(-v) - v}{\Delta t} = m_0 \cdot \frac{-2 \cdot v}{\Delta t} = \frac{-2 \cdot m_0 \cdot v}{\Delta t}.$$

A hatás-ellenhatás törvénye alapján a részecske által a tartály lapjára kifejtett erő:

$$\bar{F}_{\text{lap},0} = -\bar{F}_0 = \frac{2 \cdot m_0 \cdot v}{\Delta t}.$$

A Δt időtartam alatt a jobb oldali lap felé haladó összes ($N/6$ db) részecske mindegyike egyszer ütközik a lappal, és mindegyikük $\bar{F}_{\text{lap},0}$ átlagerőt fejt ki rá. Ezek eredője:

$$\bar{F} = \frac{N}{6} \cdot \bar{F}_{\text{lap},0} = \frac{N}{6} \cdot \frac{2 \cdot m_0 \cdot v}{\Delta t} = \frac{N \cdot m_0 \cdot v}{3 \cdot \Delta t}. \quad (2)$$

A gáz által a kiválasztott lapra kifejtett erő nagysága:

$$\bar{F} = \frac{N \cdot m_0 \cdot v}{3 \cdot \Delta t}.$$

A jobb oldalon a törtet v -vel bővítve, majd az (1) összefüggést felhasználva:

$$\bar{F} = \frac{N \cdot m_0 \cdot v}{3 \cdot \Delta t} = \frac{N \cdot m_0 \cdot v^2}{3 \cdot v \cdot \Delta t} = \frac{N \cdot m_0 \cdot v^2}{3 \cdot s}.$$

A lapra ható nyomás a nyomóerő és a nyomott felület hányadosa, ezért:

$$p = \frac{\bar{F}}{A} = \frac{\frac{N \cdot m_0 \cdot v^2}{3 \cdot s}}{s^2} = \frac{N \cdot m_0 \cdot v^2}{3 \cdot s^3}.$$

Az s^3 éppen a kocka alakú tartály térfogata, ezért a gáz által kifejtett nyomás:

$$p = \frac{N \cdot m_0 \cdot v^2}{3 \cdot V}. \quad (3)$$

Ezt az összefüggést a következő fejezetben még fel fogjuk használni egy levezetésben. Most fejezzük ki ebből a képletből a gázcsepp sebességét!

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot V}{N \cdot m_0}}.$$

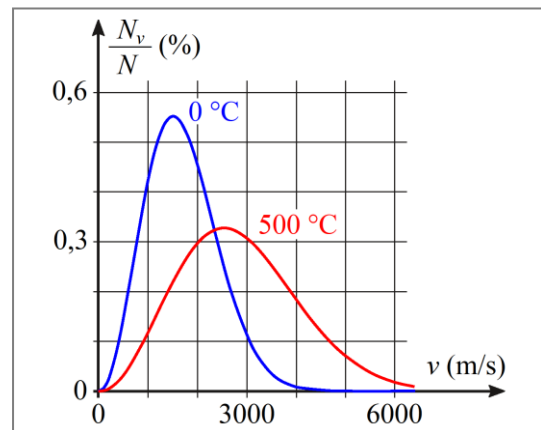
A nevezőben álló szorzat megegyezik a gáz tömegével, így

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot V}{m}}$$

A gáz részecskéinek sebessége közvetlenül nem mérhető, de a könnyen megmérhető nyomás, térfogat és tömeg ismeretében a most kapott összefüggés alapján egyszerűen kiszámítható.

Kiegészítések

1. A gáZRészecskék a levezetés során alkalmazott egyszerűsítésekkel ellentétben különböző nagyságú sebességgel mozognak. A kapott összefüggés csak a részecskék sebességének egyfajta középértékét (négyzetes közép) adja meg. A gázban azonban ennél lényegesen gyorsabban, illetve lassabban mozgó részecskék is vannak. A rajzon a hidrogén molekuláinak sebesség szerinti eloszlása látható két különböző hőmérsékletnél. (Ezt Maxwell-féle sebességeloszlásnak nevezzük.)



A részecskék sebességének iránya a valóságban szintén tetszőleges lehet. A kiválasztott lapra ható nyomás nagyságát a részecske sebességének a lapra merőleges összetevője befolyásolja. Sok részecske esetén azonban bármilyen irányú sebesség azonos valószínűséggel fordul elő. Az ezt figyelembe vevő számítások eredménye megegyezik az általunk kapottakkal.

2. A levezetésben a Δt időtartam megválasztása önkényesnek tűnhet. Könnyen belátható azonban, hogy például ennek az időtartamnak a fele ($\Delta t/2$) alatt nem $N/6$ db részecske, hanem annak fele ($N/12$) ütközik a kiválasztott lappal. Emiatt a (2) helyett ilyenkor az alábbi összefüggés alapján számítható ki az erő:

$$\bar{F} = \frac{N}{12} \cdot \bar{F}_{\text{lap},0}^* = \frac{N}{12} \cdot \frac{2 \cdot m_0 \cdot v}{\frac{\Delta t}{2}} = \frac{N \cdot m_0 \cdot v}{3 \cdot \Delta t}$$

Ez pedig megegyezik a (2)-ben kapott értékkel, azaz a lapra ható erő nem függ a választott Δt időtartamtól.

Példa

Mekkora a hidrogénmolekulák sebessége a normálállapotú hidrogéngázban?

$$p_0 = 101\,325 \text{ Pa}$$

$$T_0 = 0 \text{ °C}$$

$$M = 0,002 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

$$v = ?$$

Jelöljük a gáz anyagmennyiségét n -nel! Ekkor

$$V = n \cdot V_{m,0}$$

$$m = n \cdot M$$

A hidrogénmolekulák sebessége:

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot V}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot n \cdot V_{m,0}}{n \cdot M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot V_{m,0}}{M}}.$$

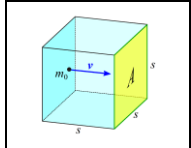
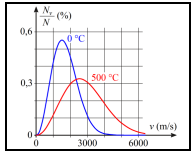
Az adatokat behelyettesítve:

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot 101\,325 \text{ Pa} \cdot 0,0224 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}}{0,002 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}} \approx 1845 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

A normálállapotú *hidrogén* molekulái eszerint 1845 m/s sebességgel mozognak. (Ez több mint ötszöröse a levegőben mérhető hangsebességnek, és jóval nagyobb egy puskagolyó sebességénél.)

Ehhez hasonlóan kiszámítható, hogy a normálállapotú levegőben a *nitrogénmolekulák* 493 m/s, az *oxigénmolekulák* 431 m/s sebességgel mozognak.

Képek jegyzéke

	<p>Rajz a részecskék sebességének levezetéséhez © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0255.svg</p>
	<p>A hidrogénmolekulák sebességeloszlása © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0256.svg</p>

Jelmagyarázat:

© **Jogvédtett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.