

A levegő adiabatikus kitevőjének meghatározása

Elméleti bevezető

Ideális gáz esetén a termikus állapotegyenlet:

$$pV = \nu RT. \quad (1)$$

A mólhő pedig (az a hőmennyiség ami ahhoz szükséges, hogy egy mólnyi mennyiség hőmérsékletét egy fokkal megnöveljük):

$$C = \frac{1}{\nu} \frac{dQ}{dT}. \quad (2)$$

Ha a termodinamikai rendszer és a környezete közötti hőcsere állandó nyomáson megy végbe, a mólhő jelölése C_p , ha viszont állandó térfogaton, akkor a jelölés C_v . Arányuk:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad (3)$$

az ún. *adiabatikus kitevő*.

Különbségük ideális gáz esetén:

$$C_p - C_v = R \quad (4) \quad (\text{a Robert-Mayer-összefüggés})$$

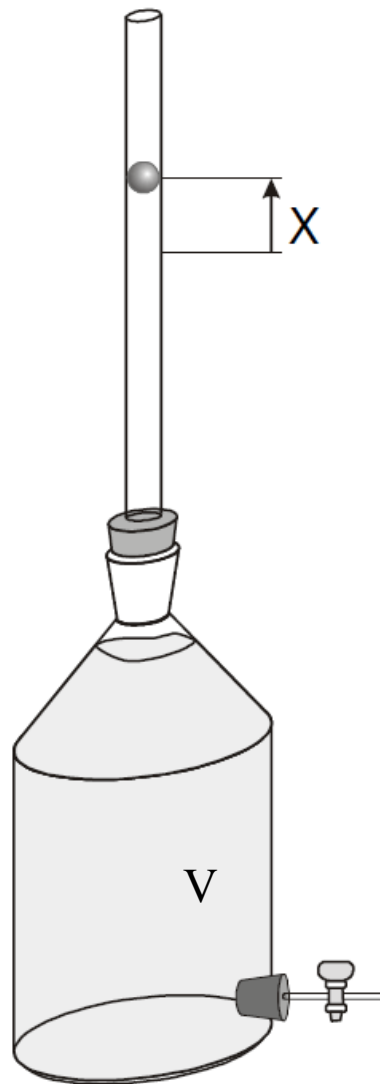
ahol R az egyetemes gázállandó ($R = 8,310 \text{ J/mol K}$).

Ideális gáz adiabatikus (hőcsere nélküli) folyamatára:

$$pV = \text{áll.} \quad (5)$$

A kísérleti módszer leírása

Rüchard módszerével, egy csőbe egzaktul illeszkedő vasgolyó rezgőmozgásának periódusidejéből határozzuk meg az adiabatikus kitevőt. A kísérleti berendezés az 1. ábrán látható. Ez egy viszonylag nagyméretű, V térfogatú üvegedényből áll, melybe egy S keresztmetszetű cső illeszkedik. Ebben található a fentebb említett, m tömegű fémgolyó, melynek külső átmérője szinte azonos a cső belső átmérőjével, tehát elég jól elzárja az edényben levő levegőt a környezettől.



1. ábra

Függőleges helyzetben, egyensúly esetén az edényben levő levegő nyomása:

$$p = p_0 + \frac{mg}{S}, \quad (6)$$

ahol p_0 a külső légköri nyomás.

Ha a golyót hirtelen kibillettjük ebből az egyensúlyi helyzetből (pl. kissé benyomjuk), akkor a levegő nyomása az edényben dp értékkel nő. Ezt úgy is értelmezhetjük, hogy a golyóra a benti levegő részéről egy nagyobb erő hat, tehát az eredő erő már nem nulla, hanem $F=S \cdot dp$. Így a golyó mozgásegyenletét a dinamika második törvénye alapján a következőképpen írhatjuk:

$$S \cdot dp = m \frac{d^2 x}{dt^2}. \quad (7)$$

Mivel a nyomásváltozás hirtelen történik és a levegő rossz hővezető, jó közelítéssel úgy tekinthetjük, hogy a folyamat adiabatikus, a rendszer nem cserél hőt a környezetével, tehát $pV=\text{állandó}$. Ezt az összefüggést differenciálva:

$$V \cdot dp + p \cdot \gamma \cdot V^{-1} \cdot dV = 0 \quad (8)$$

Ahonnán:
$$dp = -\frac{p \cdot \gamma}{V} dV = -\frac{p \cdot \gamma}{V} Sx \quad (9)$$

Ha dp -t behelyettesítjük a (7) –es összefüggésből, akkor:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{p \cdot \gamma \cdot S^2}{mV} x = 0 \quad (10)$$

Felimerjük, hogy ez egy

$$\omega = \sqrt{\frac{p \cdot \gamma \cdot S^2}{mV}} \quad (11)$$

körfrekvenciájú harmonikus rezgőmozgás mozgásegyenlete.

Tehát az adiabatikus kitevő kifejezhető a harmonikus rezgőmozgás periódusának segítségével, mint

$$\gamma = \frac{4\pi^2 mV}{S^2 p T^2} \quad (12)$$

Megjegyezzük, hogy a rezgőmozgás periódusa annál nagyobb minél nagyobb az edény térfogata, ezért előnyös minél nagyobb térfogatú edénnyel kísérletezni. A fenti levezetésben eltekintettünk a golyó és a cső fala között fellépő súrlódástól.

A kísérlet menete

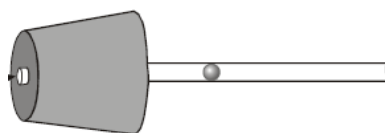
A kísérlet elvégzéséhez a következő eszközökre van szükség: fémgolyó, üvegcső, üvegedény, stopperóra, barométer, 1000 ml-es mérőhenger.

A fémgolyót minden egyes kísérlet előtt jól töröljék meg egy finom textíliával, hogy felülete a lehető legtisztább legyen. Az üvegedény aljára helyezünk egy gumidarabot, hogy ha a golyó mégis beesne az edénybe, ne törje azt el.

Az üvegedénybe az alján található csapon keresztül vezethetünk be más gázt is, de legegyszerűbb a kísérletet levegővel végezni.

A kísérlet lépései:

1. Elzárjuk a gáz bevezetésére szolgáló csapot;
2. A fémgolyót bevezetjük a csőbe;



3. Óvatosan (anélkül, hogy kézzel hozzáérnénk) a cső végére igazítjuk;
4. A cső végét tenyerünkkel befogjuk, hogy a golyó ne csússzon le, ha a csövet megfordítjuk
5. A cső alsó, gumival ellátott végét a nagy üvegedényre rögzítjük, jó szorosan.

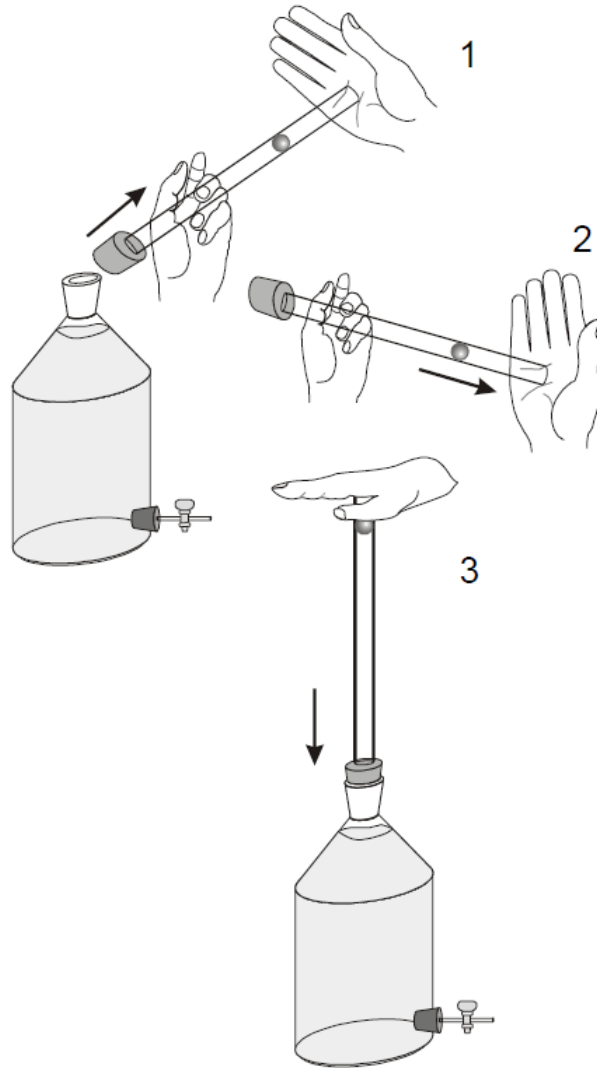


Figura 2

6. Elvesszük a tenyerünket a cső szájáról és észrevesszük, hogy a golyó csillapított rezgéseket végez a csőben;
7. Legalább 10-szer megmérjük 5 teljes rezgés idejét;
8. Megmérjük a golyó tömegét (m);
9. A mérőhenger segítségével megmérjük az edény térfogatát;

10. Tolómérce segítségével megmérjük az üvegcső belső átmérőjét, majd ebből kiszámítjuk az S keresztmetszetet;
11. A barométeren leolvassuk a légköri nyomás értékét;.

Megjegyzés: használjunk mágnest arra, hogy megakadályozzuk, hogy a golyó beleessen az edénybe. A mágnes segítségével a cső felső végéhez igazíthatjuk a golyót. Ezután zárva az edényen levő csapot, a kísérlet újra és újra elvégezhető.

Adatfeldolgozás

Ajánlott adatgyűjtő és -feldolgozó táblázat:

Sorszám i	T_i (s)	m (kg)	V_i (m^3)	V (m^3)	d (m)	S (m^2)	p (N/m^2)	γ_i	γ	$\Delta\gamma_i$	$\Delta\gamma$	$\frac{\Delta\gamma}{\gamma}$ (%)

Számítási képlet: $\gamma_i = \frac{4\pi^2 m V}{S^2 p T_i^2}$

Mely mérések befolyásolják jobban az eredményt?

Adjuk meg önállóan a maximális relatív hiba kiszámítására alkalmas összefüggést!