

Termodinamika

Szerkesztette:

Popa Márta,

János Zsigmond Unitárius Kollégium, Kolozsvár

1. Egy adott mennyiségű ideális gázt adiabatikusan összenyomnak. A végső állapotban:

a. A gáz belső energiája nagyobb lesz, mint a kezdeti állapotban.

b. A gáz belső energiája kisebb lesz, mint a kezdeti állapotban.

c. A gáz sűrűsége kisebb lesz, mint a kezdeti állapotban.

d. A gáz sűrűsége azonos lesz, mint a kezdeti állapotban.

Az ideális gáz belső energiája: $U = \nu C_V T$

Ha a gázt összenyomjuk, a térfogata (V) csökken, ami azt jelenti, hogy a gáz negatív munkát (L) végez.

$\Delta U = -L$, amiből az következik, hogy $\Delta U > 0$, tehát a belső energia nő.

vagy

$T V^{\gamma-1} = \text{ct}$, ha $V \downarrow$ csökken, a $T \uparrow$ nő, mert az adiabatikus kitevő a $\gamma > 1$, a belső energia nő, ha a hőmérséklet is nő!

Gyakorlati alkalmazások:

- A dízelmotorban a hirtelen összenyomott levegő annyira felmelegszik, hogy az ekkor befecskendezett üzemanyag öngyulladással elég. Az égéstől forróbbá váló, nagy nyomású gázkeverék a gyors táguláskor pozitív munkát végezve lehűl.
- Ha a kerékpártömlőt gyorsan pumpáljuk, akkor a pumpában levő levegő és a hengerének fala felmelegszik, amit a kezünkkel is érzékelhetünk.

2. Egy fűtetlen, $V = 30 \text{ m}^3$ térfogatú szoba levegője normál fizikai körülmények között van. A kétatomos gáznak tekinthető levegőt felmelegítik $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletre. Feltételezzük, hogy a szobát nem tekintjük zárt fizikai rendszernek.

Határozzátok meg a levegő belső energiáját!

a. a kezdeti állapotban

b. a végső állapotban

c. Hasonlítsátok össze az előző két alpontban kapott eredményt, és magyarázzátok meg a jelenséget!

Megoldás:

$$t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, T_0 = 273 \text{ K}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$V = 30 \text{ m}^3$$

$$C_V = 5/2R$$

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}, T = 293 \text{ K}$$

$$\text{a. } U_0 = ?$$

$$\text{b. } U_1 = ?$$

$$\text{c. } \Delta U = ?$$

2. Egy fűtetlen, $V = 30 \text{ m}^3$ térfogatú szoba levegője normál fizikai körülmények között van. A kétatomos gáznak tekinthető levegőt felmelegítik $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletre. Feltételezzük, hogy a szobát nem tekintjük zárt fizikai rendszernek. Határozzátok meg a levegő belső energiáját!

a. a kezdeti állapotban

b. a végső állapotban

c. Hasonlítsátok össze az előző két alpontban kapott eredményt, és magyarázzátok meg a jelenséget!

Megoldás:

$$\text{a. } U_0 = \nu C_V T_0 = \nu \frac{5}{2} R T_0 = \frac{5}{2} p_0 V = \frac{5}{2} \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 30 \text{ m}^3 = 75 \cdot 10^5 \text{ J} = 7,5 \text{ MJ}$$

$$U_0 = 7,5 \text{ MJ}$$

2. Egy fűtetlen, $V = 30 \text{ m}^3$ térfogatú szoba levegője normál fizikai körülmények között van. A kétatomos gáznak tekinthető levegőt felmelegítik $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletre. Feltételezzük, hogy a szobát nem tekintjük zárt fizikai rendszernek. Határozzátok meg a levegő belső energiáját!

a. a kezdeti állapotban

b. a végső állapotban

c. Hasonlítsátok össze az előző két alpontban kapott eredményt, és magyarázzátok meg a jelenséget!

Megoldás:

$$\text{b. } U_1 = \nu_1 C_V T_1 = \nu_1 \frac{5}{2} R T_1 = \frac{5}{2} p_0 V = 7,5 \text{ MJ}$$

$$U_1 = 7,5 \text{ MJ}$$

$$p = p_0$$

2. Egy fűtetlen, $V = 30 \text{ m}^3$ térfogatú szoba levegője normál fizikai körülmények között van. A kétatomos gáznak tekinthető levegőt felmelegítik $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletre. Feltételezzük, hogy a szobát nem tekintjük zárt fizikai rendszernek.

Határozzátok meg a levegő belső energiáját!

a. a kezdeti állapotban

b. a végső állapotban

c. Hasonlítsátok össze az előző két alponban kapott eredményt, és magyarázzátok meg a jelenséget!

Megoldás:

c. $U_1 = U_0$

Bár melegítették a gázt, azonban a szoba nem zárt, ezért csökkent a levegő tömege, így a belső energia nem változott.

3. Három, különböző tömegű, azonos ideális gázt, az ábrán látható, V-T koordináta-rendszerben ábrázolt, termodinamikai átalakulásoknak vetnek alá. Az átalakulások azonos nyomáson mennek végbe.

A három gáztömeg közötti helyes összefüggés a következő:

- a. $m_1 < m_2 < m_3$
- b. $m_2 < m_1 < m_3$
- c. $m_1 = m_2 = m_3$
- d. $m_3 < m_2 < m_1$

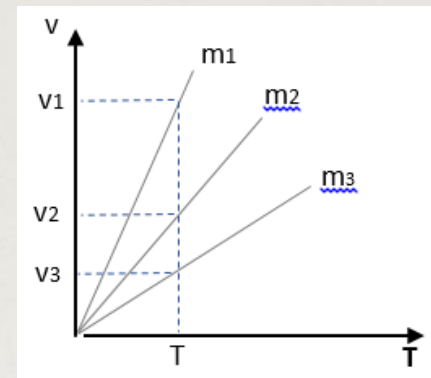
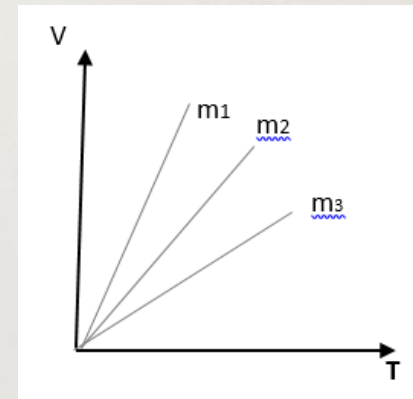
Megoldás:

$$p V = \frac{m}{\mu} R T$$

$$m = \frac{p V \mu}{R T} = \text{ct } V$$

$$m_1 > m_2 > m_3$$

A helyes válasz a **d**.



4. Egy három literes palackban nitrogén ($\mu_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}$) található, $p_1 = 1,662 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomáson és $t_1 = 27^\circ \text{C}$ hőmérsékleten. A palackba még bejuttatunk egy adag oxigént ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$) azonos hőmérsékleten, úgy, hogy a gáz nyomása 60% - kal nő a kezdeti értékhez képest, a hőmérséklet nem változik.

Feltételezve, hogy mindkét gáz ideális, számítsátok ki:

- A palackban található nitrogén mennyiségét, a kezdeti állapotban.
- A palackba juttatott oxigénmolekulák számát.
- A gázkeverék belső energiáját ($C_V = 2,5R$).
- Azt a T_2 hőmérsékletet, amelyre az elegyet le kell hűteni, hogy nyomása a p_1 kezdeti érték legyen.

Megoldás:

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

$$\mu_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}$$

$$p_1 = 1,662 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$\mu_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$$

$$p_2 = 1,6 \cdot 1,662 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

4. Egy három literes palackban nitrogén ($\mu_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}$) található, $p_1 = 1,662 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomáson és $t_1 = 27^\circ \text{C}$ hőmérsékleten. A palackba még bejuttatunk egy adag oxigént ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$) azonos hőmérsékleten, úgy, hogy a gáz nyomása 60%-kal nő a kezdeti értékhez képest, a hőmérséklet nem változik.

Feltételezve, hogy mindkét gáz ideális, számítsátok ki:

a. A palackban található nitrogén mennyiségét, a kezdeti állapotban.

b. A palackba juttatott oxigénmolekulák számát.

c. A gázkeverék belső energiáját ($C_V = 2,5R$).

d. Azt a T_2 hőmérsékletet, amelyre az elegyet le kell hűteni, hogy nyomása a p_1 kezdeti érték legyen.

Megoldás:

a. $p_1 V = \nu_{\text{N}_2} R T_1$

$$\nu_{\text{N}_2} = \frac{p_1 V}{R T_1} = \frac{1,662 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{K}}$$

$\nu_{\text{N}_2} = 0,2 \text{ mol}$

4. Egy három literes palackban nitrogén ($\mu_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}$) található, $p_1 = 1,662 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomáson és $t_1 = 27^\circ \text{C}$ hőmérsékleten. A palackba még bejuttatunk egy adag oxigént ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$) azonos hőmérsékleten, úgy, hogy a gáz nyomása 60%-kal nő a kezdeti értékhez képest, a hőmérséklet nem változik.

Feltételezve, hogy mindkét gáz ideális, számítsátok ki:

a. A palackban található nitrogén mennyiségét, a kezdeti állapotban.

b. A palackba juttatott oxigénmolekulák számát.

c. A gázkeverék belső energiáját ($C_V = 2,5 R$).

d. Azt a T_2 hőmérsékletet, amelyre az elegyet le kell hűteni, hogy nyomása a p_1 kezdeti érték legyen.

Megoldás:

$$\text{b. } p_2 = 1,6 p_1$$

$$\nu = \nu_{\text{N}_2} + \nu_{\text{O}_2}$$

$$p_2 V = (\nu_{\text{N}_2} + \nu_{\text{O}_2}) R T_1$$

$$\nu_{\text{N}_2} + \nu_{\text{O}_2} = \frac{p_2 V}{R T_1}$$

$$\nu_{\text{O}_2} = \frac{p_2 V}{R T_1} - \nu_{\text{N}_2} = 1,6 \cdot 0,2 \text{ mol} - 0,2 \text{ mol} = 0,12 \text{ mol}$$

$$\nu_{\text{O}_2} = \frac{N_{\text{O}_2}}{N_A}$$

$$N_{\text{O}_2} = \nu_{\text{O}_2} \cdot N_A = 0,12 \text{ mol} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \frac{\text{molekula}}{\text{mol}}$$

$$N_{\text{O}_2} \cong 72 \cdot 10^{21} \text{ molekula}$$

4. Egy 3 literes palackban nitrogén ($\mu_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}$) található, $p_1 = 1,662 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomáson és $t_1 = 27^\circ \text{C}$ hőmérsékleten. A palackba még bejuttatunk egy adag oxigént ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$) azonos hőmérsékleten, úgy, hogy a gáz nyomása 60%-al nő a kezdeti értékhez képest, a hőmérséklet nem változik.

Feltételezve, hogy mindkét gáz ideális, számítsátok ki:

a. A palackban található nitrogén mennyiségét, a kezdeti állapotban.

b. A palackba juttatott oxigénmolekulák számát.

c. A gázkeverék belső energiáját ($C_V = 2,5R$).

d. Azt a T_2 hőmérsékletet, amelyre az elegyet le kell hűteni, hogy nyomása a p_1 kezdeti érték legyen.

Megoldás:

$$\begin{aligned} \text{c. } U &= U_1 + U_2 = \nu_{\text{O}_2} C_V T_1 + \nu_{\text{N}_2} C_V T_1 = \\ &= (\nu_{\text{O}_2} + \nu_{\text{N}_2}) C_V T_1 = 0,32 \text{ mol} \cdot \frac{5 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} 300 \text{ K}}{2} = 1994,4 \text{ J} \cong 2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$U = 1,994 \text{ kJ} \cong 2 \text{ kJ}$$

4. Egy három literes palackban nitrogén ($\mu_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}$) található, $p_1 = 1,662 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomáson és $t_1 = 27^\circ \text{C}$ hőmérsékleten. A palackba még bejuttatunk egy adag oxigént ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$) azonos hőmérsékleten, úgy, hogy a gáz nyomása 60%-kal nő a kezdeti értékhez képest, a hőmérséklet nem változik.

Feltételezve, hogy mindkét gáz ideális, számítsátok ki:

a. A palackban található nitrogén mennyiségét, a kezdeti állapotban.

b. A palackba juttatott oxigénmolekulák számát.

c. A gázkeverék belső energiáját ($C_V = 2,5R$).

d. Azt a T_2 hőmérsékletet, amelyre az elegyet le kell hűteni, hogy nyomása a p_1 kezdeti érték legyen.

Megoldás:

d. Mivel az elegy tömege és térfogata nem változik, az állapotváltozás izochor.

$$\frac{p_2}{T_1} = \frac{p_1}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{p_1}{p_2} T_1 = \frac{300 \text{ K}}{1,6} = 187,5 \text{ K}$$

$$T_2 = 187,5 \text{ K}$$

5. Egy r sugarú szappanbuborék belsejében a levegő nyomását a $p = \frac{a}{r} + b$ összefüggés adja meg, ahol a és b állandó. Ha a fizikai mennyiségek jelölései megegyeznek a fizika tankönyvekben használt jelölésekkel, akkor az a állandó mértékegysége a N.R. - ben:

- a. $N \cdot m$ b. $\frac{N}{m}$ c. $N \cdot m^2$ d. $\frac{N}{m^2}$

Megoldás:

Mivel az egyenlet bal oldalán a p jelölés a nyomást jelenti, ezért a jobb oldalán is annak kell lennie. Mind az $\frac{a}{r}$, mind a b nyomást. A nyomás mértékegysége N. R. - ben $\frac{N}{m^2}$

$$\frac{N}{m^2} = \frac{a}{m}$$

Ebből következik, hogy az a mértékegysége $\frac{N}{m}$. A helyes válasz b .

Összefoglalás

	ΔU	Q	L	Törvény
Izobár	$\upsilon C_v \Delta T$	$\upsilon C_p \Delta T$	$p \Delta V = \upsilon R \Delta T$	$\frac{V}{T} = ct$
Izochor	$\upsilon C_v \Delta T$	$\upsilon C_v \Delta T$	0	$\frac{p}{T} = ct$
Izoterm	0	$\upsilon R T \ln \frac{V_2}{V_1} =$ $\upsilon R T \ln \frac{p_1}{p_2}$	$\upsilon R T \ln \frac{V_2}{V_1} =$ $\upsilon R T \ln \frac{p_1}{p_2}$	$p V = ct$
Adiabatikus	$\upsilon C_v \Delta T$	0	$-\upsilon C_v \Delta T$	$p V^\gamma = ct$ $T V^{\gamma-1} = ct$

$$p V = \upsilon R T = \frac{m}{\mu} R T$$

Köszönöm a figyelmet!