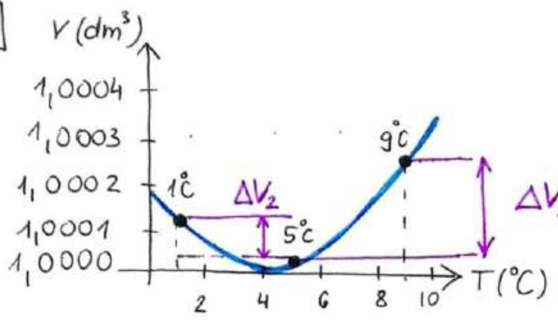
III. TERMODINAMIKA, HALMAZÁLLAPOT-VÁLTOZÁSOK

TESZTFELADATOK

1. $\boxed{A}$



- teljes térfogatváltozás negatív
  ↳ térfogatcsökkenés
- 9°C – 1°C tartományon:
  4°C-ig csökken a térfogata
  4°C-~~tól~~ 1°C-ig nő —"—
- és a 4°C pont nem a tartományunk közepén van

2. $\boxed{A}$ <u>gyors</u> összenyomás → nincs hőcsere ⇒ adiabatikus
lassú —"— → van hőcsere ⇒ izoterm
(T végig állandó)

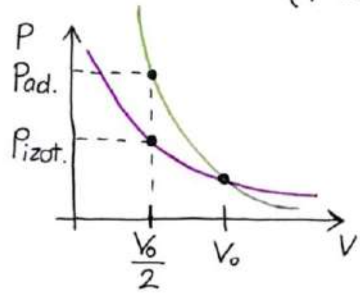
$p \cdot V = \text{állandó} \rightarrow p = \frac{\text{állandó}}{V}$

$p = \frac{NRT}{V}$

$p \cdot V^{\varkappa} = \text{állandó}; \ \varkappa > 1$

↳ $p = \frac{\text{állandó}}{V^{\varkappa}}$ „meredekebb"

izoterm
adiabata



$P_{ad.} > P_{izot.}$

3. $\boxed{D}$ <u>hirtelen</u> összenyomódik → adiabatikus folyamat

$p \cdot V^{\varkappa} = \text{állandó}$ NFT. 137. o.

$V \rightarrow V' = \frac{4}{5} \cdot V$

$p' = \boxed{} \cdot p$?

$p \cdot V^{\varkappa} = \text{állandó} = p'(V')^{\varkappa}$

$p \cdot V^{\varkappa} = p' \left(\frac{4}{5} V\right)^{\varkappa}$

$p \cdot \cancel{V^{\varkappa}} = p' \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{\varkappa} \cancel{V^{\varkappa}}$

$p' = \left(\frac{5}{4}\right)^{\varkappa} \cdot p$ Mivel $\varkappa > 1$ ⇒ $\left(\frac{5}{4}\right)^{\varkappa} > \frac{5}{4}$
NFT. 140. o.

4. $\boxed{C}$ $T = \text{állandó} \Rightarrow \Delta E = 0$ (belső energia) NFT. 141. o.

I. főtétel: $\Delta E = Q + W$

Most $\Delta E = Q + W = 0$; W: gázon végzett munka, Q: gázzal közölt hő

mi nyomjuk össze ⇒ $W > 0$ ⇒ $Q < 0$

A közölt hő negatív, azaz ő ad le ~~hőt~~ hőt („ő közöl velünk hőt")

5. $\boxed{C}$

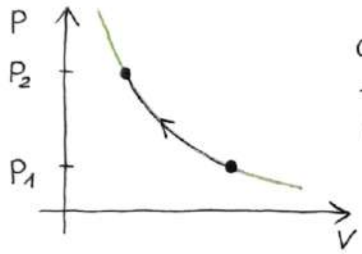
Hőtan II. főtétele: (Clausius)

A termikus energia hő alakjában a hidegebb testről a melegebb testre nem mehet át önként.

1H: 0°C vízből hő megy át egy részére → 5°C víz lesz, másik fele megfagy ↯

Hőtan első főtételét (általános megfogalmazása az energiamegmaradásnak) nem sérti, mert hőszigetelt edény, nem keletkezik többlethő / munka.

6. $\boxed{D}$ nincs hőcsere ⇒ Q = állandó ⇒ adiabatikus állapotváltozás



a nyomás mindig változik → nem izobár ~~A~~

〃 ~~B~~

nem izobár ~~C~~

$T\cdot p^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = \text{áll.} \longrightarrow pV^{\kappa} = \text{áll.} \Rightarrow \boxed{D}$

NFT

7. $\boxed{B}$ átlagsebesség:
(termikus)

$$T = \frac{2}{3k}\cdot\frac{m_0\overline{v^2}}{2} \longrightarrow \overline{v^2} = \frac{3kT}{m_0} \qquad \left(\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}\right)$$

NFT. 138. o. ↑ eredeti

$$\text{új: } \overline{(v')^2} = \frac{3k(2\cdot T)}{m_0} = 2\cdot \underbrace{\frac{3kT}{m_0}}_{=\overline{v^2}}$$

$$\overline{(v')^2} = 2\cdot\overline{v^2}$$

$$\overline{v'} = \sqrt{2}\,\bar{v}, \quad \text{mivel } \sqrt{2} < 2 \Rightarrow$$ kevesebb, mint kétszeresére

8. $\boxed{A}$

Megolvasztáshoz szükséges hő (→ energia)

$Q = L_0 \cdot m$ $\qquad$ L_0 nagyobb → Q nagyobb

↑ ugyanakkora

9. $\boxed{A}$ jég olvadása során keletkező víz kisebb térfogatú → T_{olv} csökken a nyomás növelésével

(Általában a szilárd anyag térfogata a kisebb → T_{olv} nő a nyomás növelésével)

Megj. korcsolyázás, jég átvágása huzallal

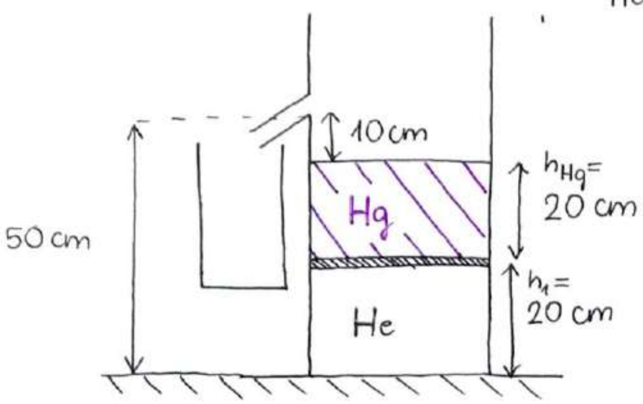
10. $\boxed{C}$

$$\text{szilárd} \underset{\text{fagyás}}{\overset{\text{olvadás}}{\rightleftarrows}} \text{folyékony} \underset{\text{lecsapódás}}{\overset{\text{párolgás}}{\rightleftarrows}} \text{légnemű}$$

⇓ Q exoterm (hőtermelő)

SZÁMOLÓS FELADATOK 1.

2014. október 27. 3. feladat



Adatok:

keresztmetszet: $A = 400\ cm^2$

He gáz hőmérséklete kezdetben: $T_1 = 300K$

He gáz magassága — " — $h_1 = 20\ cm$

Hg magassága — " — $h_{Hg} = 20\ cm$

$g = 9{,}8\ m/s^2$

$R = 8{,}3 \cdot J/mol \cdot K$

$\varrho_{Hg} = 13{,}6\ g/cm^3$

$p_0 = 10^5\ Pa$ (légköri nyomás)

$M_{He} = 4\ g/mol$

a) He gáz nyomása kezdetben $p_1 = ?$ Bezárt gáz tömege $m = ?$

- kezdetben: nyugalomban van a dugattyú => rá ható erők eredője nulla
nyomásból származó erő képlete: $F = p \cdot A$

Ez alapján: $\underbrace{p_1 \cdot A}_{\text{gáz által kifejtett}} = \underbrace{p_0 \cdot A}_{\text{külső lég-nyomásból}} + \underbrace{m_{Hg} \cdot g}_{\text{Higany súlya}}$

$m_{Hg} = \varrho_{Hg} V_{Hg} = \varrho_{Hg} \cdot h_{Hg} \cdot A \longrightarrow$ behelyettesítve: $p_1 \cdot \cancel{A} = p_0 \cdot \cancel{A} + \varrho_{Hg} \cdot h_{Hg} \cdot \cancel{A} \cdot g$

$\Rightarrow p_1 = p_0 + \varrho_{Hg}\, h_{Hg} \cdot g = 10^5\ Pa + 13{,}6 \cdot 10^3\ kg/m^3 \cdot 0{,}2\ m \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2} = 1{,}27 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$

Megj. $\varrho_{Hg} = 13{,}6\ g/cm^3 = 13{,}6 \cdot \frac{10^{-3} \cdot kg}{10^{-6} \cdot m^3} = 13{,}6 \cdot 10^3\ kg/m^3$

képlet + számítás = 2 + 1 pont

- ideális gáz állapotegyenlete: (kezdetben vett mennyiségekkel)

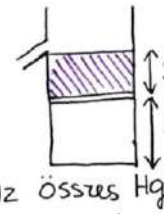
$p_1 \cdot V_1 = \frac{m}{M_{He}} \cdot R \cdot T_1$ NFT 137. o.

átrendezve: $m = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot M_{He}}{R\, T_1} = \frac{p_1 \cdot h_1 \cdot A \cdot M_{He}}{R \cdot T_1} = \frac{1{,}27 \cdot 10^5 \frac{J}{m^3} \cdot 0{,}2\,\cancel{m} \cdot 400 \cdot 10^{-4}\ \cancel{m^2} \cdot 4\ g/\cancel{mol}}{8{,}3\ J/\cancel{mol\,K} \cdot 300\,\cancel{K}} =$

$= 1{,}63\ g$

képlet + rendezés + számítás = 1 + 1 + 1 pont

b) • Mekkora a hőmérséklete a gáznak, amikor a Hg eléri a nyílást?



1 pont

Az összes Hg végig a gázon van (még nem folyt ki) => a nyomás nem változik a He gáz kitágulása alatt => izobár folyamat izobár állapotváltozásnál Gay-Lussac I törvénye:

$\frac{V}{T}$ = állandó azaz $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ NFT 137. o.

=> átrendezve: $T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 = \frac{\cancel{A} \cdot h_2}{\cancel{A} \cdot h_1} \cdot T_1 = \frac{30\,\cancel{cm}}{20\,\cancel{cm}} \cdot 300\,K = 450\,K$

képlet + számítás = 1 + 1 pont

- Gáz által végzett munka: $W_{gáz} = ?$

izobár állapotváltozásnál: $W_{gáz} = p \cdot \Delta V = p_1 (V_2 - V_1) = 1{,}27 \cdot 10^5\,Pa \cdot (V_2 - V_1) =$

NFT 140. o.

$= 1{,}27 \cdot 10^5 \cdot (400 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}3 - 400 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}2) = 508\,J$

képlet + számítás = 1 + 1 pont

c) Mekkora a hőmérséklete, amikor az összes Hg kifolyott?

Hg eltűnt a gáz tetejéről => már nem nyomja a dugattyút

Csak a légköri nyomás van jelen

$p_3 = p_0 = 10^5\,Pa = 10^5\,\frac{N}{m^2} = 10^5 \cdot 10^{-4}\,\frac{N}{cm^2} = 10\,\frac{N}{cm^2}$ 1 pont

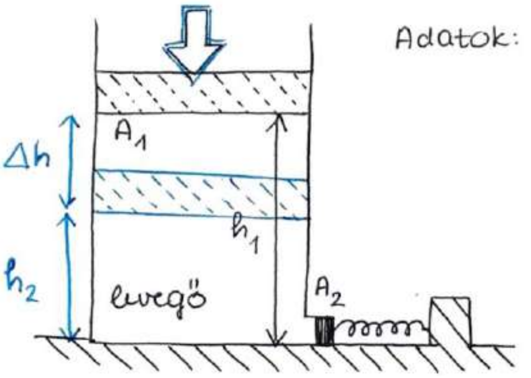
A gáz térfogata ekkor: $V_3 = h_3 \cdot A = 50\,cm \cdot 400\,cm^2 = 20\,000\,cm^3$ 1 pont

A gáz tömege állandó, de p, V, T változott a kezdeti és a jelen állapot között => egyesített gáztörvény: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$ NFT 136. o.

átrendezve: $T_3 = \frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} T_1 = \frac{p_3 \cdot \cancel{A} \cdot h_3}{p_1 \cdot \cancel{A} \cdot h_1} T_1 = \frac{10^5 \cdot 0{,}5}{1{,}27 \cdot 10^5 \cdot 0{,}2} \cdot 300 = 590\,K$ 1 pont

SZÁMOLÓS FELADATOK 2.

2018. május 22., 2. feladat



Adatok: súlytalan dugattyú területe: $A_1 = 2\ dm^2$
szelep területe: $A_2 = 1\ cm^2$
$h_1 = 50\ cm$
bezárt levegő nyomása: $p_{lev} = 10^5\ Pa$
szelepet záró rugó: $D = 20\ N/m$
rugó összenyomása: $\Delta l = 15\ cm$

$\boxed{?}$ Hány cm-rel kell a dugattyút lassan benyomni, hogy a szelep kinyíljon?

Szelep kinyílásának pillanata:
összenyomott levegő által a szelepre ható erő épp meghaladja a rugóerőt. 2 pont

Összenyomjuk a levegőt → Δp többletnyomása lesz → ebből eredő erőnek (F_{lev}) kell megegyeznie (ill. éppen nagyobb-nak lennie) a rugóerőnél

$F_{lev} = \Delta p \cdot A_2$ többletnyomásból származó, szelepre ható erő

$F_{rugó} = D \cdot \Delta l = 20 \frac{N}{\cancel{m}} \cdot 0{,}15\ \cancel{m} = 3\ N$ rugóerő

képlet + számítás = 1 + 1 pont

A szükséges többletnyomás kiszámítása:

$$F_{lev} = F_{rugó}$$

$$\Delta p \cdot A_2 = F_{rugó} \rightarrow \Delta p = \frac{F_{rugó}}{A_2} = \frac{3\ N}{1\ cm^2} = \frac{3\ N}{10^{-4}\ m^2} = 3 \cdot 10^4 \underbrace{\frac{N}{m^2}}_{Pa}$$

képlet + számítás = 1 + 1 pont

Lassan nyomjuk össze a levegőt → T állandó marad
T = áll. : izoterm folyamat – Boyle - Mariotte törvény:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$V_1 = A_1 \cdot h_1$ a térfogat kezdetben, $V_2 = A_1 \cdot h_2$ végső térfogat

$$p_1 \cdot \cancel{A_1} \cdot h_1 = p_2\ \cancel{A_1}\ h_2 \rightarrow \text{átrendezve: } h_2 = \frac{p_1 \cdot h_1}{p_2} = \frac{10^5\ Pa \cdot 0{,}5\ m}{1{,}3 \cdot 10^5\ Pa} = 38{,}5\ cm$$

1 pont 1 pont

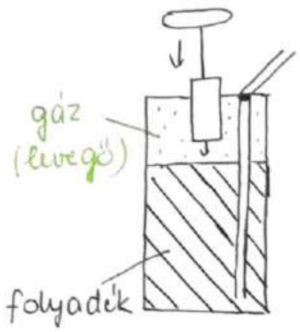
$p_2 = p_1 + \Delta p = 1{,}3 \cdot 10^5\ Pa$ 1 pont

Meghatároztuk a levegő összenyomott állapotában a magasságát.
Ebből a magasságváltozás = összenyomás:

$\Delta h = h_1 - h_2 = 50\ cm - 38{,}5\ cm = 11{,}5\ cm$ 1 pont

SZÁMOLÓS FELADATOK 3.

2019. május 20., 2. feladat



Adatok:

tartály térfogata: $V_{tart} = 5\,l$

folyadék kezdetben: $V_{foly} = 4\,l$ → levegő kezdetben: $V_1 = 1\,l$

külső légnyomás: $p_0 = 10^5\,Pa$

$p_{max} = 2{,}5 \cdot 10^5\,Pa$

$p_{min} = 1{,}25 \cdot 10^5\,Pa$

T = állandó

a, $V'_{foly} = ?$ az első pumpálást és permetezést követően?
Mennyi folyadék marad, amikor p_{min}-re csökken a nyomás?

Mivel T = áll., a folyadék feletti levegőre alkalmazható a Boyle–Mariotte-törvény a pumpálás után, a permetezés alatt. 2 pont

$T = \text{áll.} \rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

Itt most a permetezés kezdete és vége a két állapot, amire a törvényt felírjuk:

$$p_{max} \cdot V_1 = p_{min} \cdot V_2$$

1 pont
↳ p_{max} – p_{min} ciklusért

p_{max}: permetezés megkezdésekor a nyomás; V_1: levegő térfogata kezdetben; p_{min}: permetezés végén a nyomás; V_2: levegő tf-a a végén

⇒ A tartálybeli levegő térfogata a permetezés végén:

$$V_2 = \frac{p_{max} V_1}{p_{min}} = \frac{2{,}5 \cdot 10^5\,Pa \cdot 1\,l}{1{,}25 \cdot 10^5\,Pa} = 2\,l$$ 1 pont

⇒ Ugyekkor a folyadék térfogata: $V'_{foly} = V_{tart} - V_2 = 5 - 2 = 3\,l$ 2 pont

b, Hányszor kell pumpálnunk, amíg permetezni tudunk?

- A második pumpálás után + a permetezés után a levegő térfogata ugyanazt a számolást alkalmazva:

$$V_3 = \frac{p_{max} V_2}{p_{min}} = \frac{2{,}5 \cdot 10^5\,Pa \cdot 2\,l}{1{,}25 \cdot 10^5\,Pa} = 4\,l$$ 1 pont

ekkor $V''_{foly} = V_{tart} - V_3 = 1\,l$ → még maradt permet!

- A harmadik pumpálás és permetezés után ekkorára tágulna ki:

$$V_4 = \frac{p_{max} V_3}{p_{min}} = 8\,l$$ 1 pont

Ami nagyobb, mint a tartály ⇒ azaz ezalatt a permetezési ciklus alatt fogy ki a permet.

⇒ 3 pumpálás kell. 1 pont

c) Hányszor annyi levegőt kell a tartályba pumpálni a maximális nyomás eléréséhez a második pumpálásnál, mint az elsőnél?

A bepumpált levegő ideális gáznak tekinthető.
Emiatt érvényes rá termikus állapotegyenlet:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \quad \text{NFT 137. o.}$$

Tekintsük az első pumpálást!

1. pumpálás kezdete: $p_0 \cdot V_1 = \frac{m_0}{M} RT$ $\qquad$ p_0: légnyomás

1. pumpálás vége: $p_{max} \cdot V_1 = \frac{m_1}{M} RT$

Megj.: Kezdetben a gáz légnyomáson volt.
A pumpálás alatt a térfogat nem változik!

Első pumpálásnál a tömegváltozás: $\Delta m_1 = m_1 - m_0$

$$\left.\begin{aligned} m_0 &= \frac{p_0 \cdot V_1 \cdot M}{RT} \\ m_1 &= \frac{p_{max} \cdot V_1 \cdot M}{RT} \end{aligned}\right\} (p_{max} - p_0) \cdot \frac{V_1 \cdot M}{RT} = \Delta m_1$$

A kérdésben: $\frac{\Delta m_2}{\Delta m_1}$ -et kérdeztek $\Rightarrow$ nem kell ismernünk R, M, T-t, hiszen:

Δm_2-t hasonlóan felírhatjuk a 2. pumpálás kezdetére és végére felírt állapotegyenletből:

2. pump. kezd.: $p_{min} \cdot V_2 = \frac{m_1}{M} RT \rightarrow m_1 = p_{min} \cdot \frac{V_2 M}{RT}$

2. pump. vége: $p_{max} \cdot V_2 = \frac{m_2}{M} RT \rightarrow m_2 = p_{max} \frac{V_2 M}{RT}$

$$\rightarrow \Delta m_2 = m_2 - m_1 = (p_{max} - p_{min}) \frac{V_2 M}{RT}$$

Így az arányukban $\left(\frac{\Delta m_2}{\Delta m_1}\right)$-ben csak általunk ismert mennyiségek szerepelnek:

$$\frac{\Delta m_2}{\Delta m_1} = \frac{(p_{max} - p_{min}) V_2 \cdot \cancel{\frac{M}{RT}}}{(p_{max} - p_0) V_1 \cancel{\frac{M}{RT}}} = \frac{(2{,}5 - 1{,}25) \cancel{10^5 \text{Pa}} \cdot 2 \cancel{\ell}}{(2{,}5 - 1) \cdot \cancel{10^5 \text{Pa}}\, 1 \cancel{\ell}} = \frac{1{,}25 \cdot 2}{1{,}5} = \frac{5}{3}$$