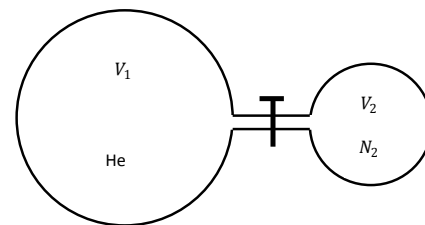


Subiectul 1.

Două baloane din sticlă sunt conectate printr-un tub de volum neglijabil, prevăzut cu un robinet inițial închis, sistemul astfel format fiind considerat izolat de exterior. Baloanele de volume $V_1 = 3l$ și $V_2 = 1l$ conțin, în starea inițială, He la temperatura $T_1 = 300K$, respectiv azot molecular la temperatura $T_2 = 400K$ la presiuni egale $p = 10^5 Pa$. Căldurile molare la volum constant pentru cele două gaze sunt $C_{V_1} = \frac{3}{2}R$ și $C_{V_2} = \frac{5}{2}R$. Aflați:



- temperatura de echilibru în urma deschiderii robinetului;
- presiunea amestecului la echilibru;
- masa molară a amestecului cunoscând $\mu_1 = 4 \frac{g}{mol}$ și $\mu_2 = 28 \frac{g}{mol}$;
- raportul cantităților de He din fiecare balon în starea finală.

Prof. Sorina Leu – Liceul Teoretic "Ovidius"

Prof. Sanda Oprea – Colegiul Național "Mircea cel Bătrân"

Soluție și barem

- a) Din ecuațiile termice de stare:

$$pV_1 = \nu_1 RT_1 \quad (0,5 \text{ puncte})$$

$$pV_2 = \nu_2 RT_2 \quad (0,5 \text{ puncte})$$

$$\text{Rezultă } \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{T_1 V_2}{T_2 V_1}, \text{ de unde } \nu_1 = 4\nu_2 \quad (1 \text{ punct})$$

Din legea conservării energiei:

$$U_1 + U_2 = U'_1 + U'_2 \quad (1 \text{ punct})$$

$$\nu_1 C_{V_1} T_1 + \nu_2 C_{V_2} T_2 = \nu_1 C_{V_1} T + \nu_2 C_{V_2} T$$

$$\text{Rezultă } T = \frac{\nu_1 C_{V_1} T_1 + \nu_2 C_{V_2} T_2}{\nu_1 C_{V_1} + \nu_2 C_{V_2}} = 329,4K \quad (1 \text{ punct})$$

$$b) \quad p'(V_1 + V_2) = (\nu_1 + \nu_2)RT \quad (1 \text{ punct})$$

$$p(V_1 + V_2) = \nu_1 RT_1 + \nu_2 RT_2$$

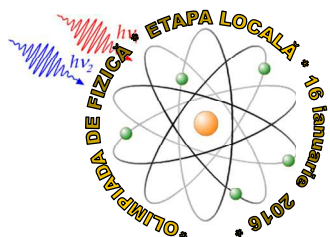
$$\text{Rezultă } \frac{p'}{p} = \frac{5T}{4T_1 + T_2} \cong 1,03 \Rightarrow p' \cong 1,03 \cdot 10^5 Pa \quad (1 \text{ punct})$$

$$c) \quad \bar{\mu} = \frac{m_1 + m_2}{\nu_1 + \nu_2} \quad (1 \text{ punct})$$

$$\bar{\mu} = \frac{\mu_1 \nu_1 + \mu_2 \nu_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{4\mu_1 + \mu_2}{5} = 8,8 \frac{g}{mol} \quad (1 \text{ punct})$$

- d) Din condiția ca presiunile parțiale sau concentrațiile de He să fie aceleași, rezultă:

$$\frac{\nu'_1}{V_1} = \frac{\nu''_1}{V_2} \Rightarrow \frac{\nu'_1}{\nu''_1} = \frac{V_1}{V_2} = 3 \quad (1 \text{ punct})$$



Subiectul 2.

Într-un cilindru cu înălțimea $h = 40\text{cm}$ și secțiunea $S = 10\text{cm}^2$ așezat vertical se află, în echilibru mecanic, un piston greu aflat inițial la jumătatea cilindrului. Sub piston se află numai oxigen, iar deasupra lui se află heliu la presiunea $p_{He} = 10\text{kPa}$. Pistonul se poate deplasa fără frecări și este permeabil doar pentru heliu.

- a) În urma difuziei heliului pistonul se deplasează. Cu cât s-a deplasat pistonul dacă la încetarea difuziei sub el se află o fracție $f = 0,75$ din heliul aflat inițial deasupra pistonului?
- b) Aflați masa pistonului, cunoscând $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
- c) Care va fi poziția pistonului față de unul dintre capetele cilindrului, dacă acesta este adus în poziție orizontală? Temperatura rămâne tot timpul constantă.

Prof. Sorina Leu – Liceul Teoretic "Ovidius"

Prof. Sanda Oprea – Colegiul Național "Mircea cel Bătrân"

Soluție și barem

a) Starea de echilibru la difuzie se atinge atunci când concentrația de He devine aceeași în ambele compartimente.

$$\frac{N'_1}{V_1} = \frac{N_1 - N'_1}{V_2} \quad (1 \text{ punct})$$

$$\frac{\frac{1}{4}v_1}{V_1} = \frac{\frac{3}{4}v_1}{V_2} \quad (1 \text{ punct})$$

$$\text{Rezultă } \begin{cases} V_2 = 3V_1 \\ V_2 + V_1 = V \end{cases} \Rightarrow V_1 = \frac{V}{4} \Rightarrow \frac{h}{2} - x = \frac{h}{4} \Rightarrow x = \frac{h}{4} = 10\text{cm} \quad (1 \text{ punct})$$

b) Ecuațiile termice de stare (indicele 1 corespunde compartimentului superior):

$$(1) p_1 \frac{V}{2} = \nu_1 RT \quad (0,5 \text{ puncte})$$

$$(2) p_2 \frac{V}{2} = \nu_2 RT \quad (0,5 \text{ puncte})$$

$$(3) p'_1 \frac{V}{4} = \frac{1}{4}\nu_1 RT \quad (0,5 \text{ puncte})$$

$$(4) p'_2 \frac{V}{4} = \left(\frac{3}{4}\nu_1 + \nu_2\right) RT \quad (0,5 \text{ puncte})$$

$$\text{Din (1) și (3) avem } p'_1 = \frac{p_1}{2}$$

$$\text{Din (1), (2) și (4) avem: } \begin{cases} \frac{3}{4}p'_2 = \frac{3}{8}p_1 + \frac{p_2}{2} \\ p'_2 = \frac{2}{3}p_2 + \frac{p_1}{2} \end{cases} \quad (1 \text{ punct})$$

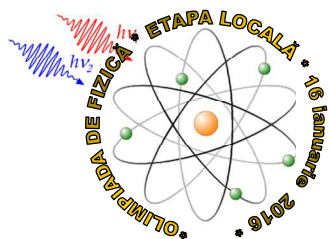
Condițiile de echilibru mecanic ale pistonului:

$$(5) \begin{cases} p_2 S = p_1 S + mg \\ p'_2 S = p'_1 S + mg \end{cases} \Rightarrow p_2 - p_1 = p'_2 - p'_1$$

$$\text{Înlocuind } p'_1 \text{ și } p'_2 \text{ în (5) avem că } p_2 = 3p_1 \text{ (ceea ce implică și } \nu_2 = 3\nu_1) \quad (0,5 \text{ puncte})$$

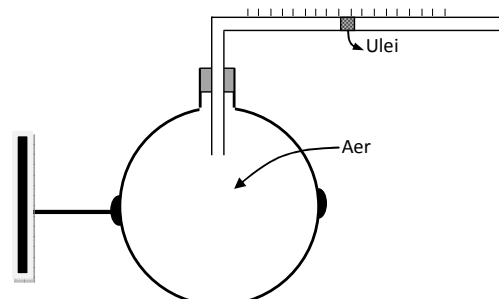
$$\text{Așadar: } mg = (p_2 - p_1)S \Rightarrow m = \frac{(p_2 - p_1)S}{g} = \frac{2p_1 S}{g} = 2\text{kg} \quad (0,5 \text{ puncte})$$

c) Pistonul se va lipi de peretele compartimentului în care s-a aflat heliu (2 puncte)



Subiectul 3.

Avem la dispoziție un balon de sticlă prevăzut cu un dop din cauciuc traversat de un tub de sticlă cu secțiunea interioară $S = 20\text{mm}^2$ ca în figură. Partea orizontală a tubului este gradată în milimetri. Aerul din balon este separat de exterior cu o picătură de ulei. La temperatura $t = 20^\circ\text{C}$ volumul ocupat de aer este $V = 200\text{cm}^3$. Tabelul de mai jos conține măsurătorile volumului de aer închis în balon la diferite temperaturi. ($T_0 = 273\text{K}$)



$t(^{\circ}\text{C})$			20				
$V(\text{cm}^3)$	198,6	199,3	200	200,7	201,4	202,7	203,4

- Completați tabelul cu valorile temperaturilor corespunzătoare.
- Reprezentați grafic $V = f(t)$.
- Aflați lungimea minimă a porțiunii orizontale a tubului necesară pentru a obține datele din tabel.
- Precizați ce s-ar întâmpla la 0°C dacă volumul balonului fără tub este $V_b = 190\text{cm}^3$.
- Identificați cel puțin trei surse de erori ce apar în acest experiment.

Prof. Sorina Leu – Liceul Teoretic "Ovidius"

Prof. Sanda Oprea – Colegiul Național "Mircea cel Bătrân"

Soluție și barem

- a) Presiunea aerului rămâne constantă și egală cu presiunea atmosferică.

Așadar: $\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} = \dots = \frac{V_n}{T_n} \Rightarrow T_k = \frac{V_k T}{V}; T = T_0 + t$

(1 punct)

$t(^{\circ}\text{C})$	17,95	18,97	20	21,03	22,05	23,96	24,98
$V(\text{cm}^3)$	198,6	199,3	200	200,7	201,4	202,7	203,4

(3 puncte)

- b) Graficul $V = f(t)$

(2 puncte)

c) $l = \frac{\Delta V}{S} = \frac{203,4 - 198,6}{20} \cdot 10^3 = 240\text{mm} = 24\text{cm}$

(1 punct)

d) $V_0 = \frac{V T_0}{T} = 186,35\text{cm}^3$ (volumul ocupat de aer la 0°C)

(1punct)

- Observăm că acest volum este mai mic decât volumul balonului, deci la scăderea temperaturii sub $t = 5,35^\circ\text{C}$ picătura de ulei cade în interiorul balonului.

- e) - eroarea de paralaxă
- eroarea instrumentului $\Delta V = \pm 200\text{mm}^3 = 0,2\text{cm}^3$
- tubul nu este perfect orizontal

(1punct)

- pot apărea fluctuații ale presiunii atmosferice
- dacă încălzirea nu este realizată extrem de lent (cvasistatic) picătura de ulei va ieși din tubul orizontal