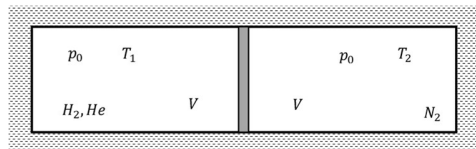


Problema I

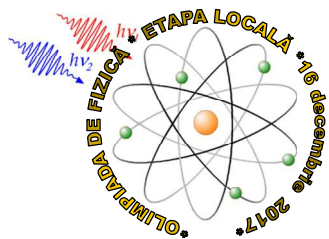
Cilindrul din figură, cu pereți exteriori imobili și izolat adiabatic, este împărțit în două compartimente de volume egale, V printr-un piston care se poate deplasa fără frecare, aflat inițial în echilibru. Valoarea presiunii în cele două compartimente este $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$, iar temperaturile inițiale au valorile $T_1 = 560 \text{ K}$ și $T_2 = 280 \text{ K}$. Pistonul devine termoconductor. În compartimentul din stânga se află cantități egale ($\nu_{H_2} = \nu_{He}$) de H_2 ($C_V = \frac{5}{2}R$) și He ($C_V = \frac{3}{2}R$), iar în compartimentul din dreapta se află N_2 ($C_V = \frac{5}{2}R$). Determinați:



- Temperatura de echilibru care se stabilește în cilindru după un timp suficient de lung.
- Valoarea presiunii în cele două compartimente la echilibru termic.
- După stabilirea echilibrului termic pistonul devine permeabil doar pentru H_2 . Care va fi raportul volumelor compartimentelor în noua poziție de echilibru a pistonului?

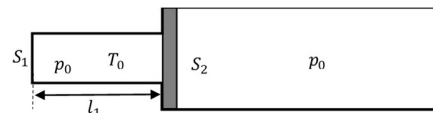
Prof. Oprea Lucian, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân” - Constanța

3p	a)	Notăm cu ν_0 cantitatea de hidrogen și respectiv heliu. Cantitatea de substanță din primul compartiment este $\nu_1 = 2\nu_0$ $p_0 V = \nu_1 R T_1 = \nu_2 R T_2 \Rightarrow \nu_1 T_1 = \nu_2 T_2$ $2\nu_1 = \nu_2$	1 punct
		Energia internă totală, a ambelor compartimente, este constantă $U_{total\ inițial} = \frac{\nu_1}{2} \cdot \frac{5}{2} R T_1 + \frac{\nu_1}{2} \cdot \frac{3}{2} R T_1 + 2\nu_1 \frac{5}{2} R T_2 = \nu_1 R (2T_1 + 5T_2)$ $U_{total\ inițial} = \frac{\nu_1}{2} \cdot \frac{5}{2} R T_e + \frac{\nu_1}{2} \cdot \frac{3}{2} R T_e + 2\nu_1 \frac{5}{2} R T_e = 7\nu_1 R T_e$	1,5 puncte
		$T_e = \frac{2T_1 + 5T_2}{7} = 360 \text{ K}$	0,5 puncte
2p	b)	$\begin{cases} pV_1 = \nu_1 R T_e \\ pV_2 = 2\nu_1 R T_e \end{cases} \Rightarrow p(V_1 + V_2) = 3\nu_1 R T_e$	1 punct
		$V_1 + V_2 = 2V \Rightarrow 2pV = 3\nu_1 R T_e \Rightarrow$ $p = \frac{3\nu_1 R T_e}{2V} = \frac{3\nu_1 R T_1}{2V} \cdot \frac{T_e}{T_1} = \frac{3}{2} p_0 \cdot \frac{360}{560} \cong 0,96 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	1 punct
4p	c)	Vom nota presiunile parțiale ale componentelor gazoase cu p^* și cu p'' presiunea după stabilirea noului echilibru $\begin{cases} p_{H_2}^* 2V = \frac{\nu_1}{2} R T_e \\ p_{He}^* V_1' = \frac{\nu_1}{2} R T_e \\ p_{N_2}^* V_2' = 2\nu_1 R T_e \end{cases}$	2 puncte
		$p'' = p_{H_2}^* + p_{He}^*$ în compartimentul din stânga $p'' = p_{H_2}^* + p_{N_2}^*$ în compartimentul din dreapta	1 punct
		$p_{He}^* = p_{N_2}^*$, împărțind ultimele două ecuații din sistem obținem	0,5 puncte
		$\frac{V_1'}{V_2'} = \frac{1}{4}$	0,5 puncte



Problema II

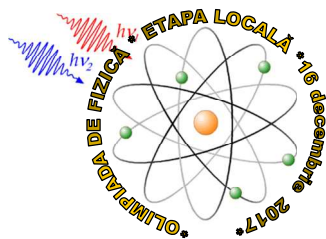
Un dublu cilindru fix, închis la capătul cu secțiunea S_1 și deschis la capătul opus, de secțiune S_2 , este prevăzut cu un piston care poate culisa în zona cu aria secțiunii S_2 , presiunea aerului din exterior fiind p_0 (vezi figura). Compartimentul de secțiune S_1 conține aer, aflat inițial la presiunea atmosferică p_0 și temperatura T_0 , și are lungimea l_1 . Căldura molară la volum constant pentru aer este C_V . Pistonul se poate deplasa la o valoare a forței de frecare la alunecare F_f . Considerăm cunoscută valoarea constantei gazelor ideale, R .



- Determinați temperatura la care trebuie încălzit gazul astfel încât pistonul să înceapă să se deplaseze. Ce cantitate de energie sub formă de căldură a primit gazul în acest timp?
- Gazul se încălzește în continuare până când volumul său se dublează. Care este deplasarea pistonului? Determinați noua valoare a temperaturii. Ce cantitate de căldură a absorbit gazul în acest timp?
- Reprezentați grafic transformările descrise în cerințele anterioare, în diagrame $p = f(V)$, $p = f(T)$ și $V = f(T)$.

Prof. Oprea Lucian, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân” - Constanța

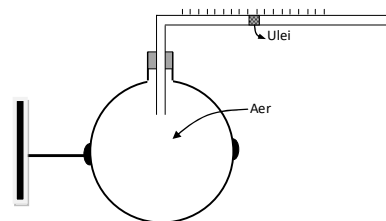
3p	a)	Până când presiunea în compartimentul de secțiune S_1 nu atinge valoarea $p_1 = p_0 + \frac{F_f}{S_2}$ pistonul nu se poate deplasa, gazul suferind o transformare izocoră.	1 punct
		$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1} \Rightarrow T_1 = T_0 \frac{p_1}{p_0} = T_0 \left(1 + \frac{F_f}{p_0 S_2} \right)$	1 punct
		$p_0 l_1 S_1 = \nu R T_0 \Rightarrow \nu = \frac{p_0 l_1 S_1}{R T_0}$ $Q_V = \nu C_V (T_1 - T_0) = \nu C_V T_0 \frac{F_f}{p_0 S_2}$	1 punct
3p	b)	$V_2 = l_1 S_1 + x S_2 = 2V_1 = 2l_1 S_1 \Rightarrow x S_2 = l_1 S_1 \Rightarrow x = \frac{l_1 S_1}{S_2}$	1 punct
		Deoarece F_f rămâne constantă pe durata deplasării pistonului $p_1 = p_0 + \frac{F_f}{S_2} = \text{const.} \Rightarrow$ transformarea este izobară, așadar $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = 2T_1$	1 punct
		$C_p = C_V + R, Q_p = \nu C_p (T_2 - T_1) = \nu C_p T_1$	1 punct
3p	c)		1 punct
			1 punct
			1 punct



Problema III

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.

4p	a)	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										
		<table><tr><td>$t(^{\circ}\text{C})$</td><td>17,95</td><td>18,97</td><td>20</td><td>21,03</td><td>22,05</td><td>23,96</td><td>24,98</td></tr><tr><td>$V(\text{cm}^3)$</td><td>198,6</td><td>199,3</td><td>200</td><td>200,7</td><td>201,4</td><td>202,7</td><td>203,4</td></tr></table>	$t(^{\circ}\text{C})$	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
	$t(^{\circ}\text{C})$	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												
2p	b)	Graficul $V = f(t)$							2 puncte										
1p	c)	$l = \frac{\Delta V}{S} = \frac{203,4 - 198,6}{20} \cdot 10^3 \text{mm} = 240 \text{mm} = 24 \text{cm}$							1 punct										
1p	d)	$V_0 = \frac{VT_0}{T} = 186,35 \text{cm}^3$ (volumul ocupat de aer la 0°C) 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.							1 punct										
1p	e)	- eroarea de paralaxă - eroarea instrumentului $\Delta V = \pm 200 \text{mm}^3 = 0,2 \text{cm}^3$ - tubul nu este perfect orizontal - pot apărea fluctuații ale presiunii atmosferice - dacă încălzirea nu este realizată extrem de lent (cvasistatic) picătura de ulei va ieși din tubul orizontal							1punct										