MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII ȘI TINERETULUI
www.edu.ro

Olimpiada Județeană de Fizică

19 februarie 2005

Proba teoretică

Barem

XI

Subiect		**Parțial**	**Punctaj**
1.	**Barem subiect 1**		**10**
a)	Ascensiunea capilară pe care o poate realiza lichidul în tub este: $h_0 = \dfrac{2\sigma}{\rho g r}$	1,00	3
	Numeric: $h_0 = 1,49\,cm$	0,25	
	Deoarece $h_0 > y$, rezultă că meniscul superior **nu va fi emisferic**. Aplicăm principiul fundamental al hidrostaticii pentru coloana de lichid din porțiunea de tub de lungime y: $p_0 - \left(p_0 - \dfrac{2\sigma}{R}\right) = \rho g y$	1,00	
	Se obține: $R = \dfrac{2\sigma}{\rho g y}$	0,50	
	Numeric: $R = 1,49\,mm$ (se observă că $R > r$)	0,25	
b)	Lungimea maximă se obține pentru meniscul inferior **emisferic**, cu raza egală cu raza tubului. Aplicăm principiul fundamental al hidrostaticii pentru coloana de lichid care rămâne în tub: $\left(p_0 + \dfrac{2\sigma}{r}\right) - \left(p_0 - \dfrac{2\sigma}{r}\right) = \rho g h_{max}$	1,00	3
	Se obține: $h_{max} = 2\dfrac{2\sigma}{\rho g r} \Rightarrow h_{max} = 2h_0$	0,25	
	Numeric: $h_{max} = 2,98\,cm$	0,25	
	Lungimea minimă (fără să scuturăm tubul!) se obține pentru meniscul inferior **plan**. Aplicăm principiul fundamental al hidrostaticii pentru coloana de lichid care rămâne în tub: $p_0 - \left(p_0 - \dfrac{2\sigma}{r}\right) = \rho g h_{min}$	1,00	
	Se obține: $h_{min} = \dfrac{2\sigma}{\rho g r} \Rightarrow h_{min} = h_0$	0,25	
	Numeric: $h_{min} = 1,49\,cm$	0,25	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

Subiect		**Parțial**	**Punctaj**
c)	Masa unei picături care cade liber din capilar este egală cu masa lichidului corespunzător ascensiunii capilare (*se punctează integral și fără demonstrație*): $m_0 = \frac{2\pi r\sigma}{g} = \rho h_0 \pi r^2$	0,25	
	Lungimea minimă de lichid care poate să rămână în tub este h_0. Masa corespunzătoare de lichid este m_0. Dacă m este masa inițială a lichidului din tub, atunci numărul de picături care cad liber este: $N = \left[\frac{m - m_0}{m_0}\right]$	0,50	
	Rezultă: $N = \left[\frac{\rho h \pi r^2 - \rho h_0 \pi r^2}{\rho h_0 \pi r^2}\right] \Rightarrow N = \left[\frac{h}{h_0} - 1\right]$	0,25	
	Numeric: $N = [5,37 - 1] = [4,37] = 4$	0,25	3
	Coloana de lichid care rămâne în tub are înălțimea: $h_1 = h - Nh_0 \;\Rightarrow\; h_1 = 2,04\,cm$	0,25	
	Se observă că $h_{min} < h_1 < h_{max}$, de unde rezultă că meniscul inferior are forma unei **calote sferice** cu raza $R_1 > r$. Aplicăm principiul fundamental al hidrostaticii pentru coloana de lichid care rămâne în tub: $\left(p_0 + \frac{2\sigma}{R_1}\right) - \left(p_0 - \frac{2\sigma}{r}\right) = \rho g h_1$	1,00	
	Rezultă: $R_1 = \frac{h_0 r}{h_1 - h_0}$	0,25	
	Numeric: $R_1 = 2,7\,mm$	0,25	
Oficiu			1
2.	**Barem subiect 2**		**10**
a)	Pentru sistemul termodinamic format din gazele aflate în cele două vase: $\begin{cases} \Delta U = Q - L \\ Q = 0 \\ L = 0 \end{cases} \Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow U = \text{const.}$	0,50	3
	Notând cu T temperatura de echilibru, din conservarea energiei interne a sistemului se obține:	1,00	

<table>
<tr><th colspan="2">Subiect</th><th>Parțial</th><th>Punctaj</th></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td>$\nu_1 C_{V1} T_1 + \nu_2 C_{V2} T_2 = \nu_1 C_{V1} T + \nu_2 C_{V2} T$</td><td></td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td>Dar:
$C_{V1} = C_{V2}$ (ambele gaze sunt diatomice)</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>Rezultă:
$T = \dfrac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>Numeric:
$T = 340\,K$</td><td></td></tr>
<tr><td>Din ecuația termică de stare scrisă pentru gazul din fiecare vas se obțin presiunile finale:
$\begin{cases} p_1 V = \nu_1 RT \\ p_2 V = \nu_2 RT \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_1 = \dfrac{\nu_1 RT}{V} \\ p_2 = \dfrac{\nu_2 RT}{V} \end{cases}$</td><td>0,50</td></tr>
<tr><td>Numeric:
$\begin{cases} p_1 = 169524\,Pa \\ p_2 = 113016\,Pa \end{cases}$</td><td>0,50</td></tr>
<tr><td rowspan="3">b)</td><td>Din aceleași considerente, energia internă a sistemului se conservă și în acest caz. Se obține:
$T = \dfrac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$
$T = 340\,K$</td><td>2,00</td><td rowspan="3">3</td></tr>
<tr><td>Presiunea finală:
$2pV = (\nu_1 + \nu_2)RT \Rightarrow p = \dfrac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{2V}$</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>Numeric:
$p = 141270\,Pa$</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>c)</td><td>Datorită termostatării la temperaturi diferite, hidrogenul are o distribuție neomogenă în cele două vase. Condiția de stare staționară pentru hidrogen trebuie impusă la nivel microscopic: numărul de molecule de hidrogen care trec din vasul (1) în vasul (2) în intervalul de timp Δt (fie acesta ΔN_X) trebuie să fie egal cu numărul de molecule de hidrogen care trec din vasul (2) în vasul (1) în același interval de timp (fie acesta ΔN_Y).
Pentru starea staționară a hidrogenului, utilizăm următoarele notații:
Pentru vasul menținut la temperatura T_1:
ν_X - cantitatea de hidrogen
n_X - concentrația hidrogenului</td><td></td><td>3</td></tr>
</table>

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

Subiect		Parțial	Punctaj
	v_X - viteza termică a moleculelor de hidrogen Pentru vasul menținut la temperatura T_2: ν_Y - cantitatea de hidrogen n_Y - concentrația hidrogenului v_Y - viteza termică a moleculelor de hidrogen		
	Considerând mişcarea moleculelor printr-o suprafață oarecare de arie Δs paralelă cu orificiul din peretele comun celor două vase, din condiția de stare staționară pentru hidrogen obținem: $\Delta N_X = \Delta N_Y \Rightarrow n_X \mathrm{v}_X \Delta t \Delta s = n_Y \mathrm{v}_Y \Delta t \Delta s$	0,50	
	Rezultă (μ_2 masa molară a hidrogenului): $n_X \sqrt{\frac{3RT_1}{\mu_2}} = n_Y \sqrt{\frac{3RT_2}{\mu_2}} \Rightarrow n_X \sqrt{T_1} = n_Y \sqrt{T_2}$	0,25	
	Dar (N_A numărul lui Avogadro): $\begin{cases} n_X = \frac{\nu_X N_A}{V} \\ n_Y = \frac{\nu_Y N_A}{V} \end{cases}$	0,25	
	Rezultă: $\nu_X \sqrt{T_1} = \nu_Y \sqrt{T_2}$	0,25	
	Cantitatea totală de hidrogen nu se modifică: $\nu_X + \nu_Y = \nu_2$	0,25	
	Rezolvând sistemul, obținem: $\begin{cases} \nu_X = \frac{\nu_2 \sqrt{T_2}}{\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}} \\ \nu_Y = \frac{\nu_2 \sqrt{T_1}}{\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}} \end{cases}$	0,50	
	Numeric: $\begin{cases} \nu_X = 0,54\,mol \\ \nu_Y = 0,46\,mol \end{cases}$		
	În starea finală, presiunile din cele două vase sunt: $\begin{cases} p_1 = \frac{(\nu_1 + \nu_X) RT_1}{V} \\ p_2 = \frac{\nu_Y RT_2}{V} \end{cases}$	0,50	
	Numeric:	0,50	

Subiect		**Parțial**	**Punctaj**
	$\begin{cases} p_1 = 203428{,}8\,Pa \\ p_2 = 61161{,}6\,Pa \end{cases}$		
Oficiu			1
3.	**Barem subiect 3**		**10**
a)	Pistonul începe să urce în momentul în care: $p_1 S = p_0 S + Mg \;\Rightarrow\; p_1 = p_0 + \dfrac{Mg}{S}$	0,50	3
	Până la presiunea p_1, gazul din compartimentul superior suferă o transformare **izocoră**, în care temperatura sa crește cu ΔT_1: $\dfrac{p_0}{T_1} = \dfrac{p_1}{T_1 + \Delta T_1}$	0,50	
	Rezultă: $\Delta T_1 = \dfrac{p_1 T_1 - p_0 T_1}{p_0} \;\Rightarrow\; \Delta T_1 = \dfrac{Mg}{p_0 S} T_1$	0,25	
	Numeric: $\Delta T_1 = 60\,K$	0,25	
	Deoarece sistemul termodinamic format din gazele din cele două compartimente este izolat termic de exterior, căldura cedată de gazul din compartimentul inferior este integral absorbită de gazul din compartimentul superior: $Q_1 = -Q_2$	0,50	
	Căldura absorbită de gazul din compartimentul superior pentru ca temperatura sa să varieze izocor cu ΔT_1 este: $Q_1 = \nu_1 C_V \Delta T_1$	0,25	
	Gazul aflat din compartimentul inferior suferă o transformare **izocoră** în care temperatura sa variază cu ΔT_2. Căldura pe care o cedează în acest proces este: $Q_2 = \nu_2 C_V \Delta T_2$	0,25	
	Rezultă: $\nu_1 C_V \Delta T_1 = -\nu_2 C_V \Delta T_2 \;\Rightarrow\; \Delta T_2 = -\dfrac{\nu_1}{\nu_2}\Delta T_1$	0,25	
	Numeric: $\Delta T_2 = -30\,K$	0,25	
b)	Deoarece sistemul termodinamic format din gazele din cele două compartimente este izolat termic de exterior, căldura cedată de gazul din compartimentul inferior este integral absorbită de gazul din compartimentul superior: $Q_1' = -Q_2'$		3

Subiect		**Parțial**	**Punctaj**
	Din momentul în care pistonul începe să urce, gazul din compartimentul superior suferă o transformare **izobară** până când temperatura celor două gaze devine aceeaşi. În acest proces, gazul absoarbe căldura: $Q_1'=\nu_1 C_P\left[T-\left(T_1+\Delta T_1\right)\right]$	1,00	
	Până în momentul în care temperaturile celor două gaze devin egale, gazul din compartimentul inferior cedează **izocor** căldura: $Q_2'=\nu_2 C_V\left[T-\left(T_2+\Delta T_2\right)\right]$	1,00	
	Rezultă: $T=\dfrac{\nu_1 C_P\left(T_1+\Delta T_1\right)+\nu_2 C_V\left(T_2+\Delta T_2\right)}{\nu_1 C_P+\nu_2 C_V}$	0,50	
	Dar: $C_P=C_V+R \Rightarrow C_P=\dfrac{5}{2}R$	0,25	
	Se obține pentru T: $T=365,45\,K$	0,25	
c)	Aplicăm principiul I pentru gazul din compartimentul superior în procesul izobar: $\Delta U_1'=Q_1'-L_1'$	0,50	3
	Înlocuind expresiile variației energiei interne, căldurii şi lucrului mecanic pentru procesul izobar, obținem: $\nu_1 C_V\left[T-\left(T_1+\Delta T_1\right)\right]=\nu_1 C_P\left[T-\left(T_1+\Delta T_1\right)\right]-p_1\Delta V_1$	1,50	
	Volumul gazului din compartimentul superior creşte cu: $\Delta V_1=\dfrac{\nu_1 R\left[T-\left(T_1+\Delta T_1\right)\right]}{p_1} \Rightarrow \Delta V_1=\dfrac{\nu_1 R\left[T-\left(T_1+\Delta T_1\right)\right]}{p_0+\dfrac{Mg}{S}}$	0,25	
	Distanța pe care se deplasează pistonul este: $\Delta h=\dfrac{\Delta V_1}{S} \Rightarrow \Delta h=\dfrac{\nu_1 R\left[T-\left(T_1+\Delta T_1\right)\right]}{p_0 S+Mg}$	0,50	
	Numeric: $\Delta h=9,44\,cm$	0,25	
Oficiu			1

(*prof. Gabriel Octavian Negrea, Colegiul Național „Gheorghe Lazăr" – Sibiu*)

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.