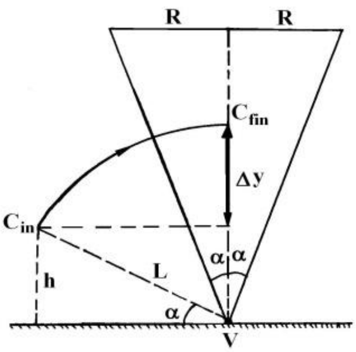
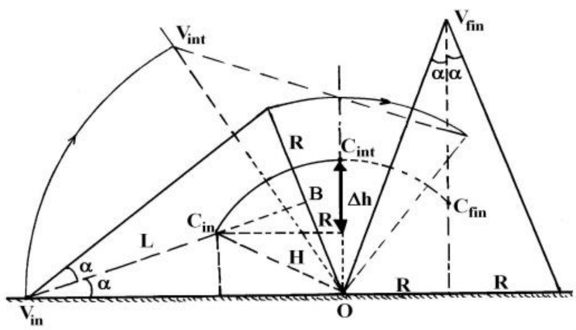
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
23 februarie 2019
Barem de evaluare și de notare

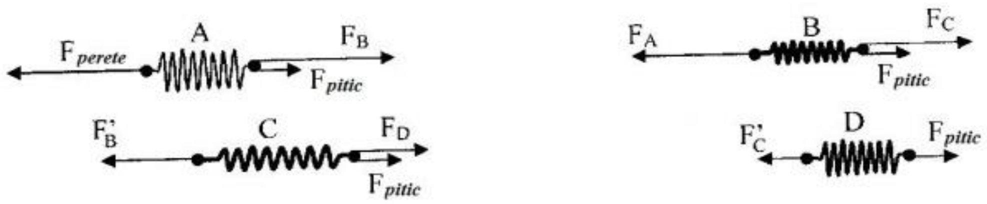
X

Problema I: Patru pitici	**Parţial**	**Punctaj**
		10 puncte
A. Răsturnarea unui con		**5 puncte**
A1. Conform primului desen semnificația lucrului minim W este dată de relația $W = mg\cdot\Delta y$ unde $\Delta y = L - h = L - L\sin\alpha = L(1-\sin\alpha)$. Cu ajutorul relației $L = (3/4)R\cdot ctg\alpha$ referitoare la localizarea centrului de masă al conului, obținem $W = (3mgR/4)(1-\sin\alpha)\cdot ctg\alpha$ (*) corespunde ridicării centrului de greutate C cu Δy	**1 p**	
 		
În al doilea desen se vede că, după ce OC ajunge în poziție verticală (centrul de greutate C ajunge în poziţia intermediară C_{int} în care centrul de greutate al conului se află pe aceeaşi verticală cu punctul de sprijin în jurul căruia are loc rotaţia) nu mai este necesară efectuarea niciunui lucru mecanic; suportul greutății $\vec{G} = m\vec{g}$ cade în exteriorul bazei de susţinere). Are loc o rotație liberă (de la sine) și conul se așază singur cu baza pe suprafața orizontală. Putem scrie $W'_{\min} = mg\cdot\Delta h$, unde $\Delta h = H - h$, cu $h = L\cdot\sin\alpha$, $H = \sqrt{R^2 + CB^2}$.	**0,75 p**	
Aici $CB = V_{in}B - L = Rctg\alpha - L = (1/4)R\cdot ctg\alpha$. Astfel găsim că $\Delta h = H - h = (R/4)(\sqrt{16 + ctg^2\alpha} - 3\cos\alpha)$	**1,50 p**	
Așadar $W'_{\min} = (mgR/4)(\sqrt{16 + ctg^2\alpha} - 3\cos\alpha)$ (**)...	**0,25 p**	
Eliminând produsul mgR între relațiile (*) și (**) și câteva prelucrări găsim în final: $W'_{\min} = W\cdot\dfrac{2\sqrt{1+15\sin^2\alpha} - 3\sin(2\alpha)}{3\cdot(2\cos\alpha - \sin(2\alpha))}$	**1 p**	
Se va puncta orice formulare echivalentă din punct de vedere trigonometric		
A2. În cazul numeric considerat se obține $W'_{\min} = 2{,}03J$	**0,50 p**	

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, proporţional cu conţinutul 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.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
23 februarie 2019
Barem de evaluare și de notare

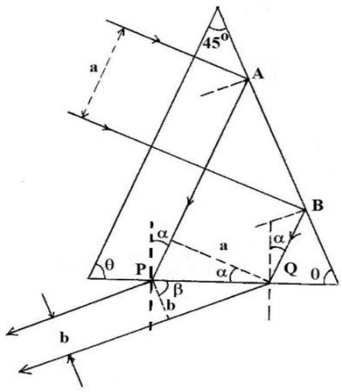
X

I B. Resorturi		**4 puncte**
B1. Desemnăm prin literele A, B, C şi D resorturile piticilor, în ordinea de la peretele rigid (aflat în partea stângă) spre exterior (partea dreaptă). Piticul dintre A şi B este posesorul resortului A, cel dintre B şi C - al resortului B, ş.a.m.d.. Desenul alăturat pune în evidenţă forţele ce acţionează asupra fiecărui resort. Pe desene, prin F_{pitic} înţelegem forţa maximă, de $4\ \text{N}$, cu care poate trage fiecare pitic.  În cele ce urmează, o vom nota simplu, cu F (fără indicația "pitic"). Resoartele B şi C sunt acţionate atât de către piticii care le posedă cât şi de resorturile vecine A şi C în primul caz, respectiv B şi D în cazul al doilea. Evidențierea forțelor ce acționează la stânga si la dreapta fiecărui resort: În starea întinsă (alungită), echilibrul resortului D ne dă relaţia $\lvert F'_C \rvert = F = 4\ \text{N}$. Aceasta este valoarea tensiunii din acest resort.	**0.40 p**	
Pe de altă parte, echilibrul resortului C înseamnă egalitatea $\lvert F'_B \rvert = F_D + F = 2F = 8\ \text{N}$, căci $F_D = \lvert F'_C \rvert = F$.	**0.40 p**	
Mai departe, echilibrul lui B presupune relaţia $F_A = F_C + F = 3F = 12\ \text{N}$, căci $F_C = \lvert F'_B \rvert = 2F$.	**0.40 p**	
În sfârşit, din egalitatea $F_B = F_A = 3F$ rezultă imediat că: $F_{perete} = F_B + F = 4F = 16\ \text{N}$.	**0.40 p**	
Se constată că tensionarea resoartelor creste de la dreapta spre stânga (cel mai tensionat resort este cel legat la perete) Alungirea totală a „lanţului" este $\Delta X = 4F/k_A + 3F/k_B + 2F/k_C + F/k_D$, formulă în care nu ştim însă valorile concrete ale lui k_A, k_B, k_C și k_D care conduc la $(\Delta X)_{Max.}$...	**0.40 p**	
Putem sesiza faptul că ***alungirea va fi maximă*** atunci când ***forța cea mai mare acționează asupra resortului cu cel mai mic*** k. Asta înseamnă creşterea constantelor elastice (de la $1\ \text{N/cm} = k_A$ la $4\ \text{N/cm} = k_D$) de la stânga spre dreapta.	**0,75 p**	
Astfel, ***alungirea maximă*** este: $(\Delta X)_{Max.} = (\Delta x_A)_{Max.} + (\Delta x_B)_{Max.} + (\Delta x_C)_{Max.} + (\Delta x_D)_{Max.} =$ .... $16/1 + 12/2 + 8/3 + 4/4 = 16 + 6 + 8/3 + 1 \approx 25{,}67\ \text{cm}$.	**0,25 p**	
B2. ***Alungirea minimă*** corespunde situației opuse în care $\Delta x_A = 4F/4 = 4\ \text{cm}$, $\Delta x_B = 3F/3 = 4\ \text{cm}$, $\Delta x_C = 2F/2 = 4\ \text{cm}$ și $\Delta x_D = F/1 = 4\ \text{cm}$.	**0,75p**	
În total $(\Delta X)_{\min.} = (\Delta x_A)_{\min.} + (\Delta x_B)_{\min.} + (\Delta x_C)_{\min.} + (\Delta x_D)_{\min.} = 4 + 4 + 4 + 4 = 16\ \text{cm}$.	**0,25 p**	
Oficiu		**1 punct**

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, proporţional cu conţinutul 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.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
23 februarie 2019
Barem de evaluare și de notare

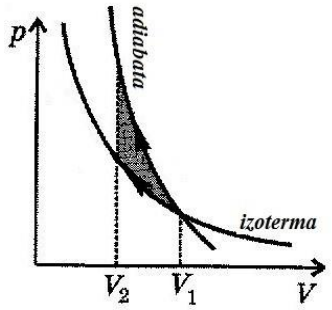
X

Problema II: Niște prisme optice		**10 puncte**
II A. Incidență razantă		**3,5 puncte**
A1. La intrarea în prismă avem $i \approx 90^0$, astfel că $\sin r = 1/n$ și $\cos r = (1/n)\cdot\sqrt{n^2-1}$	**0,50 p**	
La ieșirea din prismă putem scrie $\sin r' = (1/n)\sin i'$ și $\cos r' = (1/n)\cdot\sqrt{n^2-\sin^2 i'}$.	**0,50 p**	
Unghiul refringent (de vârf) este $A = r + r'$.	**0,25 p**	
Pe de o parte, putem scrie $\sin A = \sin(r+r') = \sin r\cos r' + \cos r\sin r' = (1/n)^2\cdot(\sqrt{n^2-\sin^2 i'} + \sqrt{n^2-1}\cdot\sin i')$	**0,5 p**	
dar și $\cos A = \cos(r+r') = \cos r\cos r' - \sin r\sin r' = (1/n)^2\cdot(\sqrt{(n^2-1)(n^2-\sin^2 i')} - \sin i')$	**0,5 p**	
Acum, calculăm expresia $E \equiv (\cos A + \sin i')/\sin A$ (prezentă în formula din enunț) și obținem $E = \left(\sqrt{(n^2-1)\cdot(n^2-\sin^2 i')} + (n^2-1)\sin i'\right)\Big/\left(\sqrt{n^2-\sin^2 i'} + \sin i'\cdot\sqrt{n^2-1}\right) = \sqrt{n^2-1}$ Ridicând la pătrat găsim tocmai relația din enunț	**0,75 p**	
A2. Realizând un astfel de experiment și determinând/măsurând doar două unghiuri (A și i') se poate afla ușor indicele de refracție n al materialului prismei.	**0,5 p**	
II B. Traversarea unei prisme		**5,5 puncte**
a.) Desen corect (mersul razelor)	**0,50 p**	
Unghiurile egale de la baza prismei isoscele au valoarea $\theta = 67{,}5^0$.	**0,50 p**	
Prima incidență fiind normală, rezultă că unghiurile de incidență din punctele A și B sunt de 45^0. Tot atât sunt și unghiurile de reflexie (totală). De aceea, razele AP și BQ sunt paralele cu fața de intrare a prismei.	**0,50 p**	
Unghiurile de incidență din P și Q sunt $\alpha = 22{,}5^0$	**0,75 p**	
Unghiurile de refracție din P și Q sunt date de relația $\sin\beta = n\sin\alpha$. .... 	**0,75 p**	
Urmărind desenul, cu ajutorul unghiurilor α și β putem scrie $PQ = a/\cos\alpha = b/\cos\beta$. De aici rezultă că $b = a(\cos\beta/\cos\alpha)$.	**1 p**	
Cu ajutorul legii refracției obținem ușor relația $\cos\beta = \sqrt{1-(n\sin\alpha)^2}$ și astfel, în final. $b = (a/\cos\alpha)\sqrt{1-(n\sin\alpha)^2}$	**0,50 p**	
b.) Condiția reflexiei totale în A și B ne spune imediat că $n > \sqrt{2}$.	**0,50 p**	
c.) Cu $n = \sqrt{2}$ și $\alpha = 22{,}5^0$ obținem $b/a \approx 0{,}91$.	**0,50 p**	
Oficiu		**1 punct**

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, proporţional cu conţinutul 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.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
23 februarie 2019
Barem de evaluare și de notare

X

Problema III: Experimente cu cilindri și gaze ideale		**10 puncte**
III A. Transformare necvasistatică		**2 puncte**
Când comprimarea a fost cvasistatică putem admite că procesul suferit de gaz a fost <u>*izoterm*</u> (temperatura gazului fiind mereu cea a mediului ambiant). În celălalt caz, comprimarea petrecându-se foarte rapid, putem admite că gazul din interior nu a putut schimba (nu a avut timp să schimbe) căldură cu exteriorul: procesul suferit de gaz a fost <u>*adiabatic*</u>.  Conform desenului $\lvert L_{ad}\rvert > \lvert L_{izot}\rvert$, diferenţa $\lvert L_{ad}\rvert - \lvert L_{izot}\rvert$ fiind aria haşurată **...**	**1 p**	
Dacă în procesul izoterm temperatura rămâne constantă şi $(\Delta U)_{izot}=0$, în cel adiabatic ea creşte. Conform principiului I al termodinamicii avem $(\Delta U)_{ad}=\nu C_V(T_f-T_i)=-L_{ad}=+\lvert L_{ad}\rvert>0$. Deci $T_f>T_i$. **...**	**1 p**	
III B. Pistoane legate cu un resort		**3,5 puncte**
B1. Starea iniţială, de echilibru, este una în care resortul nu e tensionat, iar presiunea gazului din interior este p_0. **...**	**0.25 p**	
După primirea cantităţii de căldură Q presiunea gazului creşte, resortul se alungeşte iar pistoanele se deplasează astfel încât cel mic se opreşte la opritor (altfel, nu se poate ajunge la echilibru). Condiţia de echilibru (forţe egale) are forma $(p-p_0)(2S)=k(5L/2-2L)$), şi de aici $p=p_0+kL/4S$. **.......................................**	**0,75 p**	
B2. Scriem, pentru gaz, ecuaţia Clapeyron - Mendeleev pentru stările iniţială şi finală $p_0(2SL+SL)=\nu RT_0$, $p(2S)(5L/2)=\nu RT$	**0,75 p**	
Ţinând cont şi de expresia de mai sus a lui p, putem calcula acum diferenţa temperaturilor, obţinând $\Delta T=T-T_0=\frac{1}{\nu R}\left(2p_0SL+\frac{5kL^2}{4}\right)$. **.............................**	**0,75 p**	
B3. Determinăm cantitatea de căldură primită de gaz. Conform primului principiu al termodinamicii $Q=\Delta U+L=(3\nu R/2)\Delta T+(k/2)(L/2)^2+p_0[(2S)(3L/2)-SL]$. Aici, ultimul termen, anume $2p_0SL$, este lucrul mecanic efectuat de gazul din interior împotriva forţelor datorate presiunii atmosferice exterioare. Cu ajutorul expresiei lui ΔT în final obţinem $Q=5p_0SL+2kL^2$. **..**	**1 p**	

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, proporţional cu conţinutul 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.

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București a olimpiadei de fizică
23 februarie 2019
Barem de evaluare și de notare

X

III C. *Prelucrarea datelor experimentale*		**3,5 puncte**
C1. Folosind $m = \nu \cdot \mu = 4\,\text{g}$, găsim valorile densității gazului în timpul procesului de încălzire: $\rho = m/V$ [$\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]: **1800, 1600, 1400, 1200, 1000, 800, 600, 400** T [K]: **100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450**	**0,25 p**	
Notând ρ_1=1800 g/m^3, T_1=100 K respectiv cu (ρ_2, T_2), (ρ_3, T_3),..., (ρ_8, T_8) perechile ***densitate - temperatură absolută***, se observă ușor că: $\frac{\rho_2-\rho_1}{T_2-T_1} = \frac{\rho_3-\rho_1}{T_3-T_1} = \cdots = \frac{\rho_8-\rho_1}{T_8-T_1} = \text{constant} \Rightarrow$ dependenţa este liniară	**0,25 p**	
$\frac{\rho_2-\rho_1}{T_2-T_1} = a = -4\ \text{g/(m}^3\cdot\text{K)}$	**0,25 p**	
Pentru o stare oarecare, între densitatea ***ρ*** și temperatura absolută ***T*** avem relația: $\frac{\rho-\rho_1}{T-T_1} = a \Rightarrow \rho = \rho_1 - a\cdot T_1 + a\cdot T = \rho_0 + a\cdot T$, unde $\rho_0 = \rho_1 - a\cdot T_1 = 2200\,\text{g/m}^3$;	**0,25 p**	
C2. Din ecuația $pV = (m/\mu)RT$ a gazelor perfecte pentru densitate rezultă $\rho = m/V = \mu p/RT$. Folosind expresia densităţii ca funcţie de temperatură dedusă la punctul precedent rezultă: $p = \frac{\rho\cdot R\cdot T}{\mu} = \frac{R}{\mu}(a\cdot T^2 + \rho_0\cdot T)$, adică presiunea p este funcție de gradul al doilea în variabila T (temperatura termodinamică/ absolută).	**0,75 p**	
Presiunea devine ***maximă*** când: $T_M = -\frac{\rho_0}{2a} \Rightarrow \text{T}_{\text{Max.}} = 275\,\text{K}$;	**0,50 p**	
Densitatea gazului în această stare: $\rho^* = \rho(T_{Max.}) = \rho_0 + a\cdot T_{Max.} \Rightarrow \rho^* = 1100 g/m^3$;...	**0,25 p**	
C3. Condiția din enunț $p = p_{Max.}(1-25\%) = \frac{3}{4}p_{Max.}$, unde $p_{Max.} = -\frac{R\cdot\rho_0^2}{4\mu\cdot a}$	**0,25p**	
obținem: $\frac{R}{\mu}(a\cdot T^2 + \rho_0\cdot T) = -\frac{3R\cdot\rho_0^2}{16\mu\cdot a} \Leftrightarrow a\cdot T^2 + \rho_0\cdot T + \frac{3\cdot\rho_0^2}{16\cdot a} = 0$	**0,50 p**	
având soluțiile: $T_1 = -\frac{\rho_0}{4\cdot a} = 137{,}5\,\text{K}$ și $T_2 = -\frac{3\cdot\rho_0}{4\cdot a} = 412{,}5\,\text{K}$.	**0,25 p**	
Oficiu		**1 punct**

Barem propus de:
prof. univ. dr. Florea **ULIU**, Universitatea din Craiova
prof. Dumitru **ANTONIE**, Colegiul Tehnic nr.2 din Tg. – Jiu
prof. Cristian **MIU**, Colegiul Național ”Ion Minulescu” din Slatina

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, proporţional cu conţinutul 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.