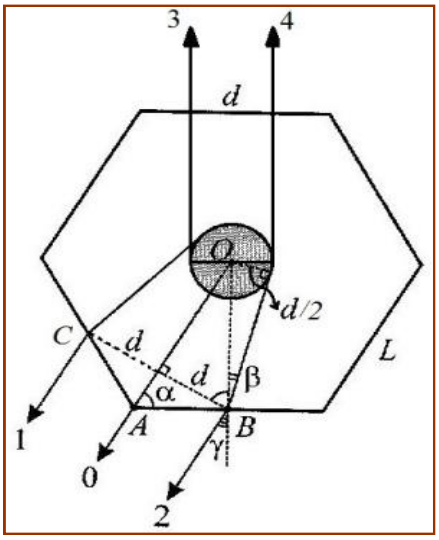
OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
TIMIȘOARA, 2016
15-20 APRILIE

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN TIMIȘ
Universitatea de Vest din Timișoara

Olimpiada Naţională de Fizică
Timişoara 2016
Proba teoretică
BAREM, Clasa a IX – a

IX

➢ **Problema 1. (A + B + C)**	**Parţial**	**Punctaj**
Problema 1 → (Prismă hexagonală, bilă de sticlă , lentilă divergentă)		**10 puncte**
1 A. Prismă hexagonală		**3 puncte**
Desenul alăturat ne poate convinge că $d_{\min} = d$ (diametrul real al canalului central, desenat în gri). În acest caz, în ochii observatorului ajung raze de lumină ce cad normal pe laturile hexagonului, precum razele limită 3 şi 4 din figură ……………………………………….	**0,25p**	
 		
Se poate observa o valoare maximă $d_{\max} = 2d_{\min} = 2d$ a diametrului canalului central (negru), atunci când ochii observatorului se află pe direcţii precum OA (de la centrul canalului spre fiecare din vârfurile hexagonului). În acest caz razele de lumină limită sunt razele 1 şi 2, paralele cu această direcţie, care ajung în ochi după ce au suferit refracţii pe laturile vecine vârfului A al hexagonului (în punctele B şi C pe desen)…………………………………………………………………….	**0,50p**	
Unghiul α este de 60^0 şi putem scrie $AB = d/\sin\alpha = 2d/\sqrt{3}$.		
Cu relaţia $d = (L/4)\sqrt{3}$, furnizată de enunţ, obţinem $AB = L/2$, ceea ce înseamnă că punctul B se află la mijlocul laturii hexagonului ………………….	**0,50p**	
Normala ridicată în punctul de incidenţă B trece prin centrul O al canalului circular din mijlocul prismei. Deoarece raza de lumină $B-2$ este paralelă cu direcţia OA, ajungem uşor la concluzia că unghiul de refracţie γ este de 30^0 ……………………………………………………………………………………	**0,25p**	
Indicele de refracţie al materialului din care e confecţionat corpul prismei este dat de relaţia Snell-Descartes $n = \sin\gamma/\sin\beta = \sin 30^0/\sin\beta = 1/2\sin\beta$ ……………………………………………….	**0,50p**	
Conform desenului $\sin\beta = (d/2)/OB$, cu $OB = \sqrt{OA^2 - AB^2} = \sqrt{L^2 - L^2/4} = (L/2)\sqrt{3}$. …………………………………………….	**0,50p**	
Astfel găsim $\sin\beta = d/(L\sqrt{3}) = 1/4$. ………………………………………………..	**0,25p**	
În concluzie, indicele de refracţie al materialului transparent este $n = 4/2 = 2$ …………………………………………………………………………….	**0,25p**	
Observație: Materialul prismei nu este unul uzual, ci unul destul de scump.		

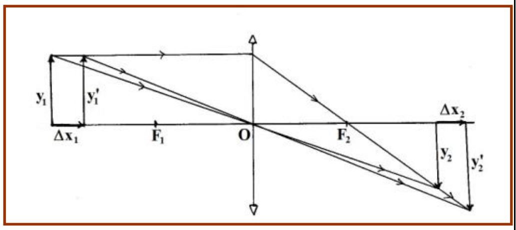
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporţional cu conţinutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi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

Afirmaţia are în vedere faptul că valoarea $n=2$ este cuprinsă, grosier vorbind, între 1,8 (indicele flintului greu) şi 2,42 (indicele diamantului).Nu se punctează în barem !!!

1 B. O bilă de sticlă — **3 puncte**

Notăm cu f distanţa focală a lentilei convergente $(f>0)$.

Pentru obiecte de dimensiuni nu prea mari, plasate destul de departe de focar (la distanţa p faţă de centrul optic O al lentilei) , mărirea transversală este



$\beta_t \equiv |y_2/y_1| = f/(p-f)$ (cunoaşterea sau deducerea relaţiei) **0,25p**

iar mărirea longitudinală este $\beta_\ell \equiv |\Delta x_2/\Delta x_1| = f^2/(p-f)^2$ (cunoaşterea sau deducerea acestei relaţii) **0,50p**

astfel că $\beta_\ell = \beta_t^2$ **0,25p**

Volumul oricărui corp (cu atât mai mult al sferei de pe axul optic principal !!!) are o dimensiune longitudinală şi două dimensiuni transversale. Raportul volumelor (imagine/obiect) este $V_2/V_1 = \beta_\ell \beta_t^2 = \beta_t^4$ **0,25p**

Notând cu p' distanţa de la centrul optic O al lentilei la poziţia imaginii avem relaţia $\beta_t = |y_2/y_1| = p'/p = \sqrt[4]{V_2/V_1}$, adică $p' = p.\sqrt[4]{V_2/V_1}$ **0,25p**

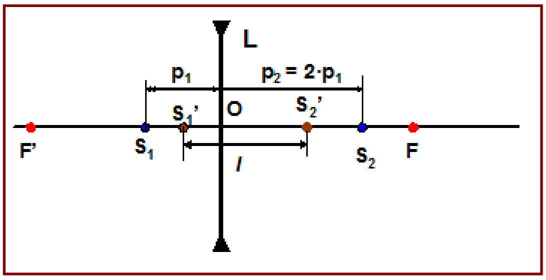
În cele două situaţii din enunţ, relaţia punctelor conjugate optic ($C = 1/f = 1/p + 1/p'$) are forma $C = 1/p + \sqrt[4]{16}/p$, respectiv $C = 1/(p+L) + \sqrt[4]{81}/(p+L)$. **0,50p**

Prin eliminarea lui p din cele două relaţii obţinem $C = 1/L$ (distanţa focală f a lentilei coincide cu distanţa L a îndepărtării lentilei de bilă $f = L$) **0,50p**

La început $p = 3/C = 3L(=3f)$ iar în a doua situaţie $p + L = 4L(=4f)$...... **0,50p**

1 C. Două surse punctiforme şi o lentilă divergentă — **3 puncte**

Fie p_1 şi $p_2 (=2p_1)$ distanţele de la surse (S_1 respectiv S_2) la centrul optic O al acesteia şi p_1', respectiv p_2' distanţele de la imaginile surselor (S_1' respectiv S_2') la acelaşi centru optic O (vezi desenul).......................... **0,25p**



Se cere să aflăm distanţa $L = |S_1OS_2| = p_1 + p_2 = p_1 + 2p_1 = 3p_1$ în funcţie de f şi ℓ, cunoscând faptul că $p_1' + p_2' = |S_1'O| + |S_2'O| = \ell$ **0,25p**

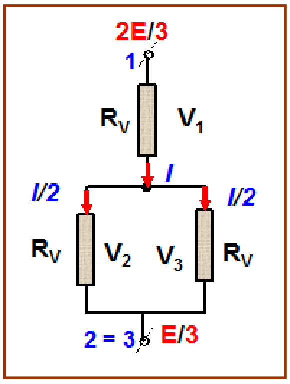
1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporţional cu conţinutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi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

Conjugarea optică presupune valabilitatea simultană a relațiilor $-1/f = 1/p_1 - 1/p_1' = 1/p_2 - 1/p_2'$.	**0,50p**	
Găsim ușor că $p_1' = fp_1/(f+p_1)$ **și** $p_2' = fp_2/(f+p_2)$.	**0,25p**	
Prin adunarea acestor relații obținem $\ell = f[p_1(f+p_2)+p_2(f+p_1)]/(f+p_1)(f+p_2)$	**0,25p**	
Ținând cont că $p_2 = 2p_1$, **rezultă imediat o ecuație de gradul al doilea pentru necunoscuta** p_1, **anume** $2(\ell-2f)p_1^2 - 3f(f-\ell)p_1 + \ell f^2 = 0$	**0,50p**	
Soluțiile ecuației sunt $(p_1)_{a,b} = [f/4(\ell-2f)].[3(f-\ell) \pm \sqrt{9f^2+\ell^2-2f\ell}]$....	**0,50p**	
Singura soluție acceptabilă fizic este cea pozitivă, anume $p_{1,a} = 4cm$ .... **(din punct de vedere fizic, cealaltă soluție, anume** $p_{1,b} = -8{,}67cm$, **nu poate fi acceptată !).**	**0,25p**	
Astfel, în final, $L = 3p_1 = 12cm$.	**0,25p**	
Din oficiu - Problema 1 ……………………………………………….....…..		**1 punct**
Total – Problema 1 → (A+B+C)		**10 puncte**
➢ **Problema 2 - [Combinația A +B (Cinematică) + C(Dinamică)]**		**10 puncte**
2.A. Barem – Viteze medii		**5 puncte**
Scriem succesiv $\Delta\vec{r} = \Delta\vec{r}_1 + \Delta\vec{r}_2$, cu $\Delta r_1 = \Delta r_2 \equiv L$ (ca module), unde $\Delta\vec{r} = \vec{v}_m t = \vec{v}_m(t_1+t_2)$, respectiv $\Delta\vec{r}_1 = \vec{v}_1 t_1$ și $\Delta\vec{r}_2 = \vec{v}_2 t_2$	**0,25 p**	
Din relația $\vec{v}_m t = \vec{v}_1 t_1 + \vec{v}_2 t_2$	**0,25 p**	
rezultă: $\vec{v}_m = (\vec{v}_1 t_1 + \vec{v}_2 t_2)/(t_1+t_2) = [\vec{v}_1(\Delta r_1/v_1) + \vec{v}_2(\Delta r_2/v_2)]/[\Delta r_1/v_1) + (\Delta r_2/v_2)]$		
în care $\Delta r_1 = \Delta r_2 \equiv L$	**0,50 p**	
În final $\vec{v}_m = [\vec{v}_1/v_1 + \vec{v}_2/v_2]/[1/v_1 + 1/v_2] = [v_2\vec{v}_1 + v_1\vec{v}_2]/(v_2+v_1)$	**0,50 p**	
Proiecția aceastei relații pe axele Ox și Oy ne dă:		
$v_{mx} = \frac{v_1 v_2}{v_1+v_2}\left(\cos 60^0 + \cos 120^0\right) = 0$	**0,50 p**	
$v_{my} = \frac{v_1 v_2}{v_1+v_2}\left(\sin 60^0 + \sin 120^0\right) = \frac{2v_1 v_2}{v_1+v_2}\sin 60^0 = \frac{v_1 v_2\sqrt{3}}{v_1+v_2} = \frac{40}{\sqrt{3}} \approx 23m/s$	**0,50 p**	
În final: $v_m = \lvert v_{my}\rvert = \frac{40}{\sqrt{3}} \approx 23m/s$	**0,25 p**	
	0,25 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.

cu orientarea în sensul pozitiv al axei Oy		
B. Scriem succesiv $\Delta\vec{r} = \Delta\vec{r}_1 + \Delta\vec{r}_2 = \vec{v}_m t$ cu $\Delta\vec{r}_1 = \vec{v}_1(t/2)$ şi $\Delta\vec{r}_2 = \vec{v}_2(t/2)$. Obţinem astfel $\vec{v}_m = (1/2)(\vec{v}_1 + \vec{v}_2)$ .... Proiectăm această relaţie pe axele Ox şi Oy şi obţinem: $v_{mx} = (1/2)(v_1 \cos 60^0 + v_2 \cos 120^0) = -5 m/s$ .... respectiv $v_{my} = (1/2)(v_1 \sin 60^0 + v_2 \sin 120^0) = 15\sqrt{3} m/s$ .... Viteza medie are modulul $v_m = \sqrt{v_{mx}^2 + v_{my}^2} = \sqrt{25+675} = 10\sqrt{7} \approx 26{,}5 m/s$...... Unghiul dintre axa Ox şi vectorul $\vec{v}_m$ este dat de relaţia $\theta = 180^0 - arctg(v_{my}/\lvert v_{mx}\rvert) = 180^0 - arctg(3\sqrt{3}) \approx 101^0$	0,50 p 0,25 p 0,25 p 0,50 p 0,50 p	
C. DINAMICĂ – TENSIUNI ŞI FORŢE DE FRECARE Când forţa F acţionează, legile de mişcare pentru cele patru corpuri au forma: $m_1 a = F - \mu_1 m_1 g - T_1$, $m_2 a = T_1 - T_2 - \mu_2 m_2 g$, $m_3 a = T_2 - T_3 - \mu_3 m_3 g$, respectiv $m_4 a = T_3 - \mu_4 m_4 g$ .... De aici, după adunare, obţinem o relaţie ce nu mai conţine tensiunile din fire, anume $a = [F - g(m_1\mu_1 + m_2\mu_2 + m_3\mu_3 + m_4\mu_4)]/(m_1 + m_2 + m_3 + m_4)$.......... Când forţa de tracţiune $\vec{F}$ nu mai acţionează, acceleraţia sistemului devine $a = -(g/15)(8\mu_4 + 4\mu_3 + 2\mu_2 + \mu_1)$, (*).. Ţinând cont de valorile maselor, tensiunile din fire devin $T_1 = -m(a + \mu_1 g)$, $T_2 = -m[3a + g(\mu_1 + 2\mu_2)]$, $T_2 = -m[3a + g(\mu_1 + 2\mu_2)]$ $T_3 = -m[7a + g(\mu_1 + 2\mu_2 + 4\mu_3)]$.. Introducând expresia (*) a acceleraţiei a în formulele tensiunilor din fire: ► pentru tensiunea T_3 obţinem expresia $T_3 = (8mg/15)(7\mu_4 - 4\mu_3 - 2\mu_2 - \mu_1)$ condiţia $T_3 > 0$ ne dă restricţia $\mu_4 > (1/7)(4\mu_3 + 2\mu_2 + \mu_1) = 6/35 \approx 0{,}17$ ...... ► pentru tensiunea T_2 obţinem expresia $T_2 = (4mg/5)(2\mu_4 + \mu_3 - 2\mu_2 - \mu_1)$;	**4x0,20 p =0,8p** **0,20p** **0,20 p** **4x0,20 p = 0,80p** **0,25 p** **0,25 p** **0,25 p**	**4 puncte**

condiţia $T_2 > 0$ ne dă $\mu_4 > (1/2)(\mu_1 + 2\mu_2 - \mu_3) = 7/20 = 0{,}35$. .... ►În sfârşit, tensiunea T_1 devine $T_1 = (2mg/15)(4\mu_4 + 2\mu_3 + \mu_2 - 7\mu_1)$ şi, condiţia $T_1 > 0$ ne dă restricţia $\mu_4 > (1/4)(7\mu_1 - \mu_2 - 2\mu_3) = 0{,}6$ .... Toate cele trei tensiuni sunt pozitive (fire tensionate !) numai dacă $\mu_4 > 0{,}6$... **Din oficiu – Problema 2 (A+B+C) (Cinematică+Dinamică) ....** **Total – Problema 2 [Combinația A(electrocinetică)+B(cinematică)] ....**	0,25 p 0,50 p 0,50 p 1 p	 **10 puncte**
➢ **Problema 3 (A+B+C) - ELECTRICITATE**		**10 puncte**
3 A. O întrebare !		**2 puncte**
Curentul de scurtcircuit al unei baterii reale este $I_{sc} = E/r$ . ... Pentru puterea din circuitul exterior, unde se află rezistorul R, avem expresia $P = RI^2$, unde $I = E/(R+r)$, (*)... Astfel obținem $P = RI^2 = RE^2/(R+r)^2$ . ... Scriind la numărătorul expresiei de mai sus că $R = 4rR/4r = (1/4r)[(R+r)^2 - (R-r)^2]$ putem găsi următoarea formă a dependenței $P(R)$, anume $P = (E^2/4r)[1 - (R-r)^2/(R+r)^2]$, (**)................. Se observă că valoarea puterii debitate pe R este maximă, cu valoarea $P_{max} = E^2/4r$, pentru $R = r$, adică se atinge atunci când al doilea termen din paranteza dreaptă a expresiei (**) se anulează .... În acest caz, conform formulei (*), intensitatea din circuit are valoarea $I_0 = E/2r = I_{sc}/2$. Așadar, $I_{sc} = 2I_0$	0,50 p 0,25 p 0,25 p 0,25 p 0,50 p 0,25 p	

3 B. Trei voltmetre ideale		**3 puncte**
Fiind ideale, voltmetrele au rezistența internă infinit de mare, $R_V \to +\infty$. De aceea, intensitatea curentului electric prin voltmetre este nulă $I_V \to 0$. Totuși, tensiunea indicată de voltmetre este finită $(U_V = I_V \cdot R_V = finit!)$	**0,50 p**	
Introducerea voltmetrelor ideale în circuit, între punctele 1,2 și 3, nu schimbă starea electrică inițială a circuitului	**0,25 p**	
Punctele 2 și 3 au același potențial electric $E/3$, iar potențialul electric al punctului 1 este $2E/3$	**0,25 p**	
Gruparea celor trei voltmetre ideale între punctele 1,2 și 3, este reprezentată în figura alăturtă .... 	**0,25 p**	
Rezistența electrică totală a grupării de voltmetre este $R' = R_V + \dfrac{R_V}{2} = \dfrac{3 \cdot R_V}{2}$	**0,25 p**	
Între bornele 1 și 2 = 3 tensiunea electrică este $U' = 2E/3 - E/3 = E/3$.	**0,50 p**	
Intensitatea curentului principal este : $I = U'/R' = E/3R' = 2E/9R_V$ (deoarece $R_V \to +\infty$, această valoare este extrem de mică, $I \to 0$)	**0,50 p**	
În final, tensiunile electrice indicate de cele trei voltmetre sunt: $U_1 = I \cdot R_V = 2E/9$, $U_2 = U_3 = (I/2)R_V = E/9$	**0,25 p +0,25 p =0,50 p**	
3 C. Puteri electrice		**4 puncte**
a.) Legea lui Ohm are forma generală $I = E/(r + R_{ext})$	**0,25 p**	
În prima situaţie $P_1 = RI^2 = RE^2/(r+R)^2$, adică $RE^2 = P_1(R+r)^2$	**0,25 p**	
În a doua situaţie, când $R_{ext} = R/4$, avem $P_2 = (R/4)E^2/(r+R/4)^2$, adică $4RE^2 = P_2(R+4r)^2$	**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.

Informaţiile referitoare la primele două situaţii ne permit să determinăm caracteristicile acumulatorului în funcţie de puterile P_1, P_2 şi de rezistenţa R a întregului fir conductor. Obţinem $r = R\dfrac{2\sqrt{P_1}-\sqrt{P_2}}{2\left(2\sqrt{P_2}-\sqrt{P_1}\right)}$, ...	0,50 p	
respectiv $E = \dfrac{3\sqrt{RP_1P_2}}{2\left(2\sqrt{P_2}-\sqrt{P_1}\right)}$	0,50p	
$E = 18V$, respectiv $r = 5\Omega$	0,25 p	
Impunând condițiile $r > 0$ și $E > 0$ rezultă cu necesitate $P_2 \in (P_1/4;\ \ 4\cdot P_1)$	0,25 p	
b.) De data aceasta $R_{ext} = R/16$ și $P_4 = 16RE^2/(R+16r)^2$. Ţinând cont de expresiile analitice ale lui E şi r, în final, pentru puterea P_4 obţinem $P_4 = \dfrac{4P_1P_2}{\left(5\sqrt{P_1}-2\sqrt{P_2}\right)^2} = \dfrac{576}{49} \approx 11{,}8W$...	0,50 p	
c.) În acest caz $R_{ext} = R/N^2$ și $P_N = RN^2E^2/(R+rN^2)^2$. Folosind expresiile lui r şi E găsim în cele din urmă formula $P_N = \dfrac{9P_1P_2N^2}{\left[(4-N^2)\sqrt{P_2}+2(N^2-1)\sqrt{P_1}\right]^2}$	0,50 p	
Cu valorile numerice din enunț obținem dependența $P_N = 324N^2/(N^2+5)^2$	0,50 p	
Observații (nu se punctează în barem): a.) Când $N = 4$, din acest rezultat general re-obţinem formula lui P_4 stabilită mai sus. b). Ca un exerciţiu, s-ar putea particulariza formula generală la cazurile $N = 8,\ 16,\ 32,$ ş.a.m.d. Se observă că formula generală a puterii nu mai conţine informaţii despre valoarea rezistenţei R a conductorului iniţial.		
Din oficiu – Problema 3 (A+B+C) - ELECTRICITATE	1 p	
Total – Problema 3 - ELECTRICITATE		**10 puncte**

Bareme propuse de:

prof. univ. dr. **ULIU** Florea, Universitatea din Craiova;

conf. univ. dr. **POPESCU** Sebastian, Universitatea ”A.I. Cuza” din Iași;

prof. **ANTONIE** Dumitru, Colegiul Tehnic nr.2 din Tg.- Jiu.