

Olimpiada Națională de Fizică

Vaslui 2015

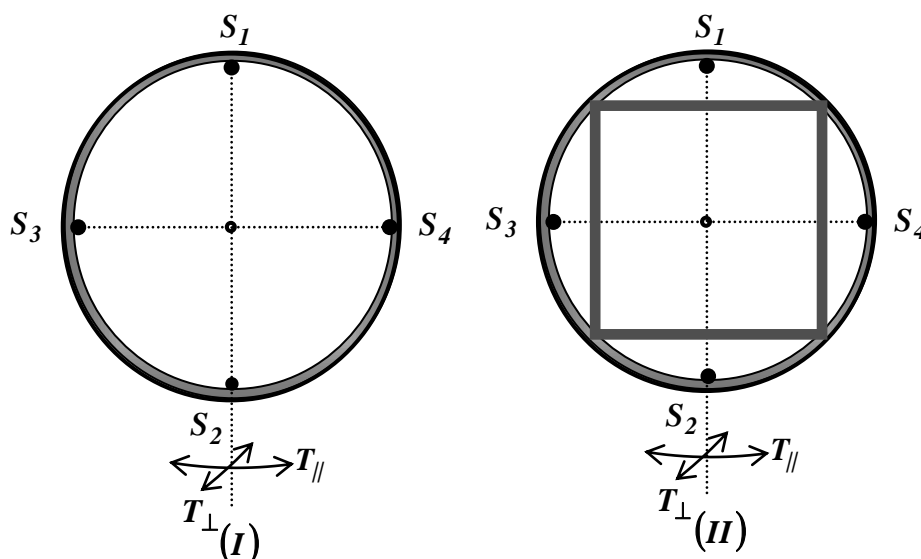
Proba practică

XI

Studiul pendulului fizic și al pendulului gravitațional

Materiale disponibile

1. suport cu tijă verticală lungă, mufă și tijă orizontală scurtă;
2. inel metallic circular simplu (Fig. I);
3. inel metallic circular prevăzut cu un cadru metallic de formă pătrată înscris în inel (Fig. II);
4. corp metallic greu (formă hexagonală) ;
5. fir de ață pentru suspendare;
6. riglă gradată în milimetri;
7. cronometru cu precizia de 0,01 s;
8. o coală de hârtie albă pentru marcaje ajutătoare în procesul determinării dimensiunilor inelelor și ale cadrului metallic atașat de inelul al doilea.



Cerințe:

1. Să se determine valorile medii ale diametrelor D_I și D_{II} ale celor două inele metalice (presupuse de formă circulară) și valoarea medie a laturii L a cadrului metallic (presupus de formă pătrată).
2. Să se determine experimental perioadele micilor oscilații ale pendulului fizic realizat prin suspendarea succesivă a celor două inele metalice în punctele S_1 , S_2 , S_3 și S_4 (vezi schița din figura atașată) pentru direcțiile de oscilație paralelă ($T_{//}$) și, respectiv, perpendiculară (T_{\perp}) pe planul inelului.

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

3. Să se determine teoretic și experimental *lungimile reduse* (I_r) asociate pendulelor fizice realizate cu ajutorul celor două inele metalice, corespunzătoare direcțiilor de oscilație pentru care s-au determinat perioadele micilor oscilații. (*Lungimea redusă* a unui pendul fizic reprezintă lungimea corespunzătoare a unui pendul gravitațional care oscilează cu aceeași perioadă ca și pendulul fizic și se calculează cu relația $I_r = \frac{I_S}{ml}$ unde I_S reprezintă momentul de inerție al pendulului față de o axă dusă prin punctul S, iar l reprezintă distanța de la punctul de suspensie până la centrul de masă. Momentul de inerție este mărimea care descrie distribuția masei unui corp față de o axă de rotație.)

4. Să se construiască (folosind corpul metalic greu și firul de ață furnizate) câte un pendul gravitațional având lungimile egale cu lungimile reduse determinate la punctul 3 și să se determine experimental perioadele micilor oscilații ale acestor pendule.

5. Să se determine, pe baza datelor experimentale înregistrate, accelerația gravitațională, iar apoi să se compare și să se interpreteze rezultatele obținute.

Se consideră cunoscute:

- momentul de inerție a unui inel circular față de axa sa de simetrie, perpendiculară pe planul său, ce trece prin centrul său de masă: $I = mR^2$ (R este raza inelului);

- momentul de inerție al unui inel circular față de unul dintre diametrele sale: $I = \frac{1}{2}mR^2$;

- momentul de inerție al unei bare omogene subțiri față de o axă centrală, perpendiculară pe aceasta:
 $I = \frac{1}{12}mL^2$;

- momentul de inerție al unui corp față de o axă de rotație paralelă cu axa de rotație ce trece prin centrul de masă al corpului, aflate la distanța d una față de alta: $I = I_{CM} + md^2$ (teorema lui Steiner).

Precizări: Se vor cronometra cel puțin 50 oscilații complete.

Datele experimentale și rezultatele prelucrării acestora vor fi prezentate în tabele de forma:

Tabelul 1. Dimensiunile inelelor și ale cadrului pătrat

	Inelul simplu	Inelul prevăzut cu cadrul de formă pătrată	
Direcția	D_I [mm]	D_{II} [mm]	L [mm]
S1-S2			
S3-S4			
Valori medii			

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

Tabelul 2 Perioadele de oscilație ale inelelor

Punctul de suspendare	Planul de oscilație perpendicular				Planul de oscilație paralel			
	t [s]	n [nr. osc.]	T[s]	ΔT [s]	t [s]	n [nr. osc.]	T[s]	ΔT [s]
S1								
S2								
S3								
S4								
Valori medii								

Tabelul 3. Lungimile reduse asociate pendulelor fizice studiate

Inelul simplu				Inelul prevăzut cu cadrul de formă pătrată			
$l_{rI_{//}}$ [mm]	$\Delta l_{rI_{//}}$ [mm]	$l_{rI_{\perp}}$ [mm]	$\Delta l_{rI_{\perp}}$ [mm]	$l_{rII_{//}}$ [mm]	$\Delta l_{rII_{//}}$ [mm]	$l_{rII_{\perp}}$ [mm]	$\Delta l_{rII_{\perp}}$ [mm]

Tabelul 4. Perioadele de oscilație ale pendulelor gravitaționale pentru lungimile reduse verificate

Cazul	t [s]	n [nr. osc.]	T[s]	ΔT [s]	Cazul	t [s]	n [nr. osc.]	T[s]	ΔT [s]
$l_{rI_{//}}$					$l_{rII_{//}}$				
$l_{rI_{\perp}}$					$l_{rII_{\perp}}$				

Tabelul 5. Accelerația gravitațională determinată

Cazul	g [m/s^2]	Δg [m/s^2]	Cazul	g [m/s^2]	Δg [m/s^2]
$I_{//}$			$II_{//}$		
I_{\perp}			II_{\perp}		

Propunători:

prof. dr. Dumitrașcu Irina - Inspectoratul Școlar Județean Vaslui
 prof. Matei Gabriel - Liceul Tehnologic „Nicolae Iorga” Negrești, județul Vaslui
 prof. Dumitrașcu Leonaș - Liceul „Ștefan Procopiu” Vaslui

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

Olimpiada Națională de Fizică

Vaslui 2015

Proba practică

XI

Studiul pendulului fizic și al pendulului gravitațional

Baremul de notare

Tabelele cu datele experimentale înregistrate și prelucrate: (total 10 p)

Tabelul 1. Dimensiunile inelelor și ale cadrului pătrat 2 p

Tabelele 2.1. și 2.2. Perioadele de oscilație ale inelelor (pentru inelul I și inelul II) 2 p

Tabelul 3. Lungimile reduse asociate pendulelor fizice studiate 2 p

Tabelul 4. Perioadele de oscilație ale pendulelor gravitaționale 2 p

Tabelul 5. Accelerația gravitațională determinată. 2 p

Teoria lucrării (total 8 p)**Perioadele micilor oscilații, lungimea redusă a pendulului fizic și accelerația gravitațională**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{g}} \text{ (pendulul gravitațional);} \quad 0,5 \text{ p}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgR}} \text{ (pendulul fizic)} \quad 0,5 \text{ p}$$

 $(R$ - distanța de la punctul de suspendare până la centrul de masă)

$$l_r = \frac{I}{mR} = R + \frac{I_{CM}}{mR} \text{ lungimea redusă:} \quad 1 \text{ p}$$

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} l_r \quad 0,5 \text{ p}$$

Masele componentelor pendulelor fizice:

$$m_{ic} = \pi D\mu ; \text{ (inel circular); } m_{cp} = 4L\mu ; \text{ (cadru pătrat)} \quad 0,5 \text{ p}$$

$$m = m_{ic} + m_{cp} = \pi D\mu + 4L\mu = \mu(\pi D + 4L) \text{ (inel circular + cadru pătrat)} \quad 0,5 \text{ p}$$

 $(\mu$ - densitatea liniară de masă pentru materialul inelelor și cadrului metalic)**Momentele de inerție ale inelului metalic simplu**

$$I_{\parallel} = 2m_{ic}R^2 ; \quad 0,25 \text{ p}$$

$$I_{\perp} = \frac{3}{2}m_{ic}R^2 \quad 0,25 \text{ p}$$

Lungimile reduse asociate inelului circular simplu

$$l_{r\parallel} = D; \quad l_{r\perp} = \frac{3}{4}D \quad 0,5 \text{ p}$$

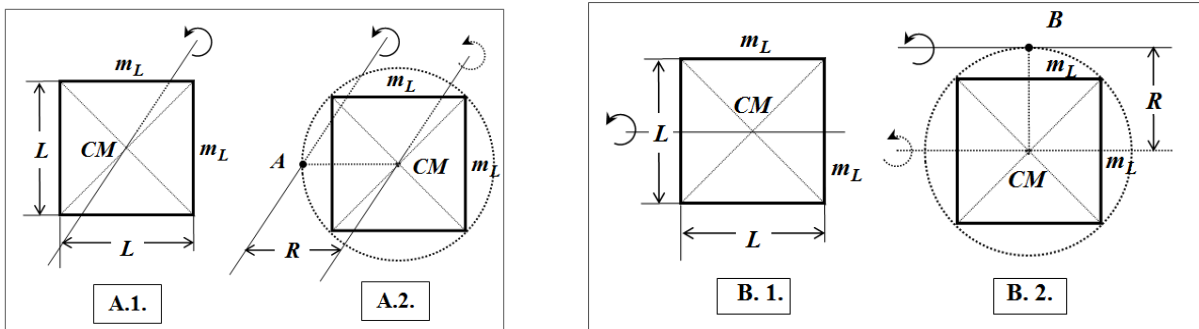
Momentele de inerție ale cadrului metalic

A. 1. Momentul de inerție al cadrului pătrat față de axa de rotație perpendiculară pe suprafața cadrului, dusă prin centrul de masă CM al cadrului:

$$I_{cp_{CM}} = 4 \left(\frac{1}{12} m_L L^2 + m_L \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right) = \frac{4m_L L^2}{3} = \frac{m_{cp} L^2}{3} \quad 0,5 \text{ p}$$

A. 2. Momentul de inerție al cadrului pătrat față de o axă de rotație perpendiculară pe suprafața cadrului, plasată la distanța $d=R$ față de centrul de masă al cadrului:

$$I_{cp_A} = \frac{m_{cp} L^2}{3} + m_{cp} R^2 = m_{cp} \left(\frac{L^2}{3} + R^2 \right) \quad 0,5 \text{ p}$$



B. 1. Momentul de inerție al cadrului pătrat față de o axă de rotație suprapusă peste linia mijlocie a cadrului pătrat:

$$I_{cp_{CM}} = 2 \left(\frac{1}{12} m_L L^2 \right) + 2m_L \left(\frac{L}{2} \right)^2 = \frac{2m_L L^2}{3}; \quad I_{cp_{CM}} = \frac{m_{cp} L^2}{6} \quad 0,5 \text{ p}$$

B.2. Momentul de inerție al cadrului pătrat față de o axă de rotație paralelă cu linia mijlocie a cadrului, plasată la distanța $d=R$ față de centrul de masă al cadrului:

$$I_{cp_B} = \frac{m_{cp} L^2}{6} + m_{cp} R^2 = m_{cp} \left(\frac{L^2}{6} + \frac{D^2}{4} \right) \quad 0,5 \text{ p}$$

Momentele de inerție la mișcarea oscilatorie a inelului prevăzut cu cadru metalic

$$I_{\parallel} = \frac{m_{ic} D^2}{2} + m_{cp} \left(\frac{L^2}{3} + \frac{D^2}{4} \right) \text{ și } I_{\perp} = \frac{3m_{ic} D^2}{8} + m_{cp} \left(\frac{L^2}{6} + \frac{D^2}{4} \right) \quad 0,5 \text{ p} + 0,5 \text{ p}$$

Lungimile reduse asociate inelului circular prevăzut cu cadru metalic

$$l_{r\parallel} = \frac{I_{\parallel}}{mR} \quad l_{r\perp} = \frac{I_{\perp}}{mR} \quad 0,5 \text{ p}$$

Oficiu 2 p

Total 20 p