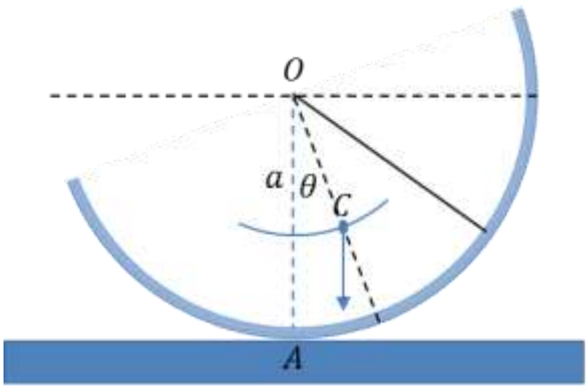
Olimpiada Naţională de Fizică
6-10.04.2014 Cluj-Napoca
Proba practică
Barem

XI

Proba A.

(1 p) Oficiu.
(4 p) Găsirea relaţiei dintre poziţia centrului de masă şi parametrii măsurabili .

(varianta 1):



$-mga\sin\theta = I\varepsilon$, unde I este momentul de inerţie faţă de punctul A iar *a* este distanţa de la punctul O la centrul de masă.

$-mga\sin\theta = I_A \frac{d}{dt}\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$ iar pentru unghiuri mici: $-mga\theta = I_A \frac{d}{dt}\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$. Ecuaţia aceasta se poate scrie: $\frac{d}{dt}\left(\frac{d\theta}{dt}\right) + \frac{mga}{I_A}\theta = 0$ care este ecuaţia oscilatorului, cu $\omega^2 = \frac{mga}{I_A}$. Atunci $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I_A}{mga}}$. $I_A = I_{CM} + m(CA)^2$. Pentru unghiuri mici $CA \cong r - a$ şi atunci $I_A = I_{CM} + m(r-a)^2$.

Pe de altă parte $I_O = mr^2 = I_{CM} + ma^2$ deci $I_{CM} = mr^2 - ma^2$. Vom avea în final: $I_A = mr^2 - ma^2 + m(r-a)^2 = 2mr^2 - 2mra$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_A}{mga}} = 2\pi\sqrt{\frac{2r(r-a)}{ga}}$. De aici: $a = \frac{2r}{\frac{gT^2}{4\pi^2 r} + 2}$

Ecuaţia de mişcare se putea scrie şi faţă de centrul de masă, cu acelaşi rezultat (intervine în plus forţa de frecare):

$-mga\sin\theta + F_F(r-a) = I_{CM}\frac{d}{dt}\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$. Pe de altă parte $F_F \cong m\varepsilon(r-a)$ şi vom avea: $-mga\sin\theta + m(r-a)^2 = I_{CM}\frac{d}{dt}\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$ sau $-mga\sin\theta = I_A\frac{d}{dt}\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$, ecuaţia de plecare de mai sus.

Teoria (varianta 2):

Dacă energia potenţială poate fi scrisă ca $E_P = \frac{Aq^2}{2}$ iar cea $E_C = \frac{B\left(\frac{dq}{dt}\right)^2}{2}$, mişcarea este oscilatorie armonică şi $T = 2\pi\sqrt{\frac{B}{A}}$.

Minimul energiei potenţiale în CM la echilibru.

$E_P = mga(1-\cos\theta)$, $E_P = mga\left(1-\left(1-\sin^2\theta\right)^{1/2}\right) = mga\left(1-1+\frac{1}{2}\sin^2\theta\right)$, dacă unghiul este mic.

$E_P = \frac{mga\theta^2}{2}$, din aceleaşi considerente.

Mişcarea este de rotaţie în jurul axei A: $E_C = \frac{I_A\omega^2}{2}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_A}{mga}}$, ca şi mai sus.

Energia cinetică se mai putea scrie şi ca energia cinetică de translaţie a centrului de masă + energia de rotaţie în jurul centrului de masă: $E_C = \frac{mv_{CM}^2}{2} + \frac{I_{CM}\omega^2}{2}$. Însă $v_{CM} \cong \omega(r-a)$ şi vom avea: $E_C = \frac{m(r-a)^2\omega^2}{2} + \frac{I_{CM}\omega^2}{2} = \frac{I_A\omega^2}{2}$

(1 p) Descrierea măsurătorilor cu precizarea condiţiilor de lucru. Punctajul maxim se obţine pentru măsurarea la unghiuri mai mici de 5 grade, a minim 10 oscilaţii, şi repetarea măsurătorilor de minimum trei ori.

(4 p) Tabelele cu datele experimentale. Calculul erorilor, scrierea erorilor şi a rezultatelor experimentale cu numărul de cifre semnificative corespunzător. Indicarea surselor de erori.

Numărul de oscilații complete: *N*

Nr. Crt.	t_i (s)	T_i (= t_i/N) (s)	$\overline{T}$ (s)	ΔT_i (s)	$\overline{\Delta T}$ (s)
1	-	-	-	-	-
2	-	-		-	
3	-	-		-	

$T = \overline{T} \pm \overline{\Delta T}$ $\overline{a} = \dfrac{2r}{\dfrac{g\overline{T}^2}{4\pi^2 r} + 2}$

Folosim:

$C = A + B \rightarrow \Delta C = \Delta A + \Delta B$

$D = \frac{A^\alpha B^\beta}{C^\gamma} \rightarrow \frac{\Delta D}{D} = \alpha\frac{\Delta A}{A} + \beta\frac{\Delta B}{B} + \gamma\frac{\Delta C}{C}$

Rezultă:

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta r}{r} + \frac{\dfrac{g\overline{T}^2}{4\pi^2 r}\left(\dfrac{\Delta g}{g} + 2\dfrac{\overline{\Delta T}}{\overline{T}} + 2\dfrac{\Delta\pi}{\pi} + \dfrac{\Delta r}{r}\right)}{\dfrac{g\overline{T}^2}{4\pi^2 r} + 2}$$, unde $\Delta g = 0.01$ m/s^2, Δr = 1mm, ...

$a = \overline{a} \pm \Delta a$

Proba B.

(**1 p**) Oficiu.
(**3 p**) Prezentarea fenomenelor fizice implicate (bătăi şi unde staţionare) şi a relaţiilor ce permit calcularea frecvenţei celor două unde sonore.

$y = 2A_0 \cos\frac{\omega_2 - \omega_1}{2}t \sin\frac{\omega_2 + \omega_1}{2}t$ (compunerea oscilaţiilor paralele de frecvenţe puţin diferite)

Din bătăi: $\nu_b = \nu_2 - \nu_1 \Rightarrow \nu_2 - \nu_1$:

Pentru unda staţionară din tub: din experiment se măsoară $\lambda/2$; $c = \lambda \cdot \nu$, unde $\nu = \frac{\upsilon_1 + \nu_2}{2}$

$\Rightarrow \nu_1 + \nu_2$.

$\nu_1 + \nu_2 = 2\nu = 2\frac{c}{\lambda}$ Din cele două rezultate se calculează ν_1 şi ν_2.

(**3 p**) Calcularea frecvenţei bătăilor cu ajutorul datelor experimentale: punctajul maxim se obţine pentru măsurarea a minim 10 bătăi, şi repetarea măsurătorilor de minimum trei ori. Frecvenţele utilizate au fost 1326 Hz şi 1327.7 Hz. Punctajul maxim se acordă pentru ν_b în intervalul 1.70 ± 0.04 Hz.

Nr. Crt.	t_{bi} (s)	ν_{bi} (=N / t_{bi}) (Hz)	ν_b (Hz)	$\Delta\nu_{bi}$ (Hz)	$\overline{\Delta\nu_b}$ (s)
1	-	-	-	-	-
2	-	-		-	
3	-	-		-	

$\nu_b = \bar{\nu}_b \pm \overline{\Delta\nu_b}$

(**3 p**) Calcularea lungimii de undă a undei staţionare din datele experimentale. Punctajul maxim se acordă pentru $\frac{\lambda}{2}$ în intervalul 12.9 ± 2 mm (se pot măsura 5 intervale $\frac{\lambda}{2}$).

x_1 = poziția primului maxim (minim); x_2 = poziția maximului(minimului) N ;

Nr. Crt.	x_{1i} (cm)	x_{2i} (cm)	$\lambda_i/2(=(x_{2i} - x_{1i})/N)$ (cm)	$\overline{\lambda/2}$ (cm)	$\Delta\lambda_i/2$ (cm)	$\overline{\Delta\lambda/2}$ (cm)
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-		-	
3	-	-	-		-	

$\bar{\nu}\left(= \frac{\nu_1 + \nu_2}{2}\right) = \frac{c}{\bar{\lambda}} = \frac{c}{2(\overline{\lambda/2})}$ ...

$\nu = \bar{\nu} \pm \Delta\bar{\nu}$, unde $\Delta\bar{\nu} = \bar{\nu}\left(\frac{\Delta c}{c} + \frac{\overline{\Delta\lambda}}{\lambda}\right)$

Din $\bar{\nu} = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2}$ și $\bar{\nu}_b = \nu_2 - \nu_1$ rezultă ν_1 și ν_1, ...