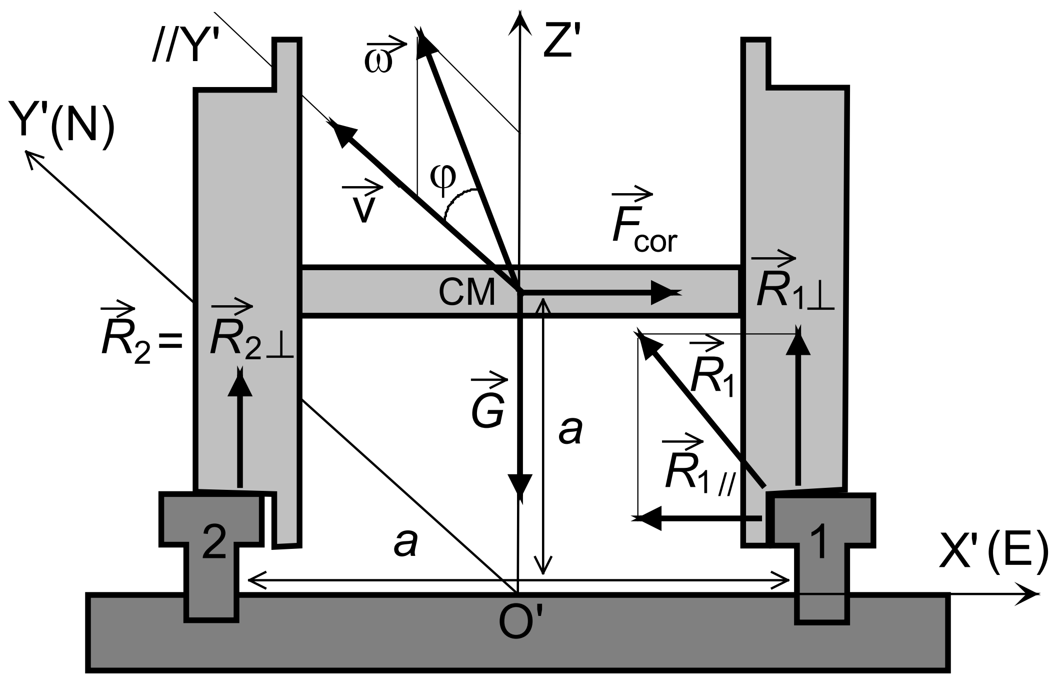
Olimpiada Națională de Fizică
Satu Mare
21-25 aprilie 2003
Proba de baraj
MECANICĂ

a) Forțele reale care acționează asupra unui volum elementar de lichid, cu masa dm, fiind forțele de presiune ți forța de greutate, iar singura forță complementară considerată fiind forța complementară Coriolis, rezultă ca diferența de nivel a apei între cele două maluri este:

$$\Delta h = \frac{2l\omega v \sin\varphi}{g}.$$

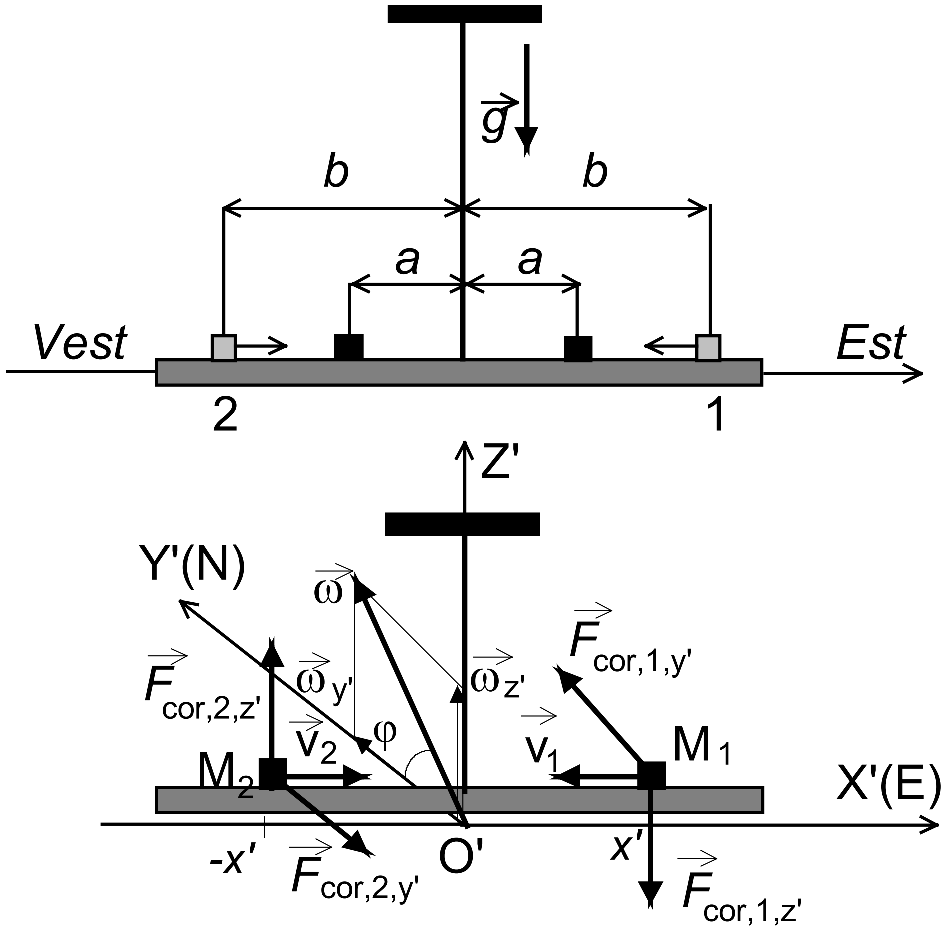
Forțele reale şi complementare care acționeaza asupra locomotivei fiind cele reprezentate în figura 1, rezultă:



$$\frac{R_{1\perp}}{R_{2\perp}} \approx \frac{8\omega v}{g}\sin\varphi.$$

b) Geometria sistemului, la momentul inițial şi în momentul imobilizării corpurilor 1 şi 2 fiind cea reprezentată în figura 2, utilizând teorema variației momentului cinetic , rezultă:

$$\Omega = \frac{2m\omega\left(b^2 - a^2\right)\sin\varphi}{I_0 + 2ma^2}.$$



c)

$$\theta = \theta_{\max} \sin \omega' t;$$

$$\theta_{\max} = \frac{2m\omega\left(b^2 - a^2\right)\sin\varphi}{\sqrt{C\left(I_0 + 2ma^2\right)}}.$$

Olimpiada Națională de Fizică
Satu Mare
21-25 aprilie 2003
Proba de baraj
Barem de corectare pentru
ELECTRICITATE

A. Circuitul alcătuit din condensator şi fir este un circuit RC pentru care sarcina instantanee a condensatorului şi intensitatea instantanee a curentului prin fir satisfac ecuațiile

$$\begin{cases} \dfrac{q}{C} + iR = 0 \\ \dfrac{q}{C} + \dfrac{dq}{dt}R = 0 \end{cases} \qquad (1)$$

Soluția ecuației (1) este

$$q(t) = Q_0 \exp(-t/RC) \qquad (2)$$

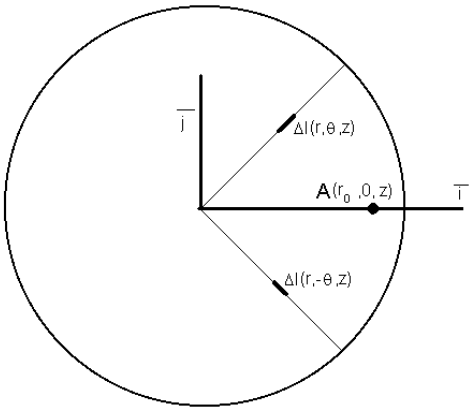
b. Întrucât sarcina este distribuită tot timpul uniform pe armături, sarcina totală aflată pe un disc în afara cercului de rază ρ este

$$q_{exterior} = q\frac{r^2 - \rho^2}{r^2} = Q_0\left(\frac{r^2 - \rho^2}{r^2}\right)\exp(-t/RC) \qquad (3)$$

Variația acestei sarcini, care reprezintă curentul care trece prin secțiunea de rază ρ este

$$i = -\frac{dq_{exterior}}{dt} = Q_0\left(\frac{r^2 - \rho^2}{r^2 RC}\right)\exp(-t/RC) \qquad (4)$$

c. Pentru calculul inducției magnetice totale trebuie considerate contribuțiile curenților radiali din plăci şi contribuția curentului prin fir.



Într-un sistem de coordonate în care axa Oz este axa comună a armăturilor, inducția cîmpului magnetic într-un punct $A(r_0, 0, z_0)$ care determină direcția Ox, are componentele (B_r, B_θ, B_z).

Aşa cum este cunoscut, inducția câmpului magnetic determinat de o porțiune de circuit parcursă de curentul i, într-un punct aflat în poziția $\vec{r}$ este

$$\vec{B} = k\frac{i \cdot \vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \qquad (5)$$

Contribuțiile la inducția magnetică a curenților care curg radial prin porțiuni foarte mici din raze de lungimi *Δl,* aşezate în poziții simetrice față de axa OA în punctele având coordonatele polare $P_1(r, \theta, z)$ şi $P_2(r, -\theta, z)$ pot fi scrise sub forma

$$\begin{cases} \overrightarrow{\Delta B_1} = \dfrac{K \cdot i \cdot \Delta l}{\left|\vec{r} - \overrightarrow{r_0}\right|^3}\left[\left(\cos\theta\vec{i} + \sin\theta\vec{j}\right) \times \left(\left(r\cos\theta - r_0\right)\vec{i} + r\sin\theta\vec{j} + \left(z - z_0\right)\vec{k}\right)\right] \\ \overrightarrow{\Delta B_2} = \dfrac{K \cdot i \cdot \Delta l}{\left|\vec{r} - \overrightarrow{r_0}\right|^3}\left[\left(\cos\theta\vec{i} - \sin\theta\vec{j}\right) \times \left(\left(r\cos\theta - r_0\right)\vec{i} - r\sin\theta\vec{j} + \left(z - z_0\right)\vec{k}\right)\right] \end{cases} \quad (6)$$

Suma celor două contribuţii simetrice produce inducţia

$$\overrightarrow{\Delta B} = -\frac{Ki\Delta l}{\left|\vec{r} - \overrightarrow{r_0}\right|^3} 2\cos\theta\left(z - z_0\right)\vec{j} \quad (7)$$

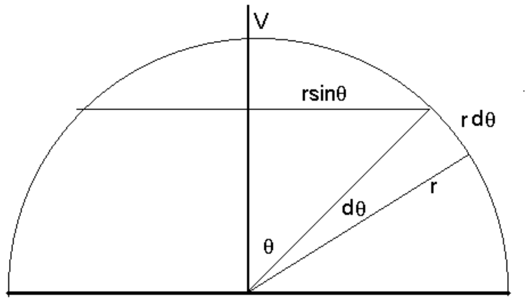
Din rezultatul obţinut rezultă că cele două porţiuni simetrice aduc la inducţia totală o contribuţie care nu are componentă decât pe direcţia care, în coordonate polare, s-ar putea numi circulară – perpendiculară pe raza care trece prin punctul în care s-a calculat inducţia. Întrucât contribuţiile elementare considerate nu dau în sistemul de coordonate considerat componente ale inducţiei pe direcţiile Ox şi Oy , prin sumarea contribuţiilor de tipul celor de la relaţia (7) pentru unghiuri de la 0 la π şi apoi pentru elemente aşezate de-a lungul întregii raze, contribuţiile totale, pe direcţiile axelor Oz şi Ox sunt nule pentru fiecare dintre discuri . În consecinţă, câmpul magnetic este identic aceluia determinat de un fir conductor prin care curge un curent electric adică un câmp cu linii de câmp circulare având modulul inducţiei dat de

$$B = \frac{\mu i}{2\pi r} = \frac{\mu Q_0 \exp(-t/RC)}{2\pi RCr} \quad (8)$$

B.

Punctul de potenţial electric maxim este punctul aflat în vârful emisferei. Un sector sferic elementar, care se vede din centrul emisferei sub unghiul θ, are secţiunea $2\pi g r\sin\theta$ şi lungimea $r d\theta$. Rezistenţa sa electrică este

$$dR = \frac{\rho r d\theta}{2\pi g r \sin\theta} \tag{9}$$



Curentul care trebuie să se scurgă prin secţiunea determinată de raza rsinθ este corespunzător ariei secţiunii eficace pentru electroni care este cercul de rază rsinθ adică

$$i(\theta) = I\frac{r^2\sin^2\theta}{r^2} = I\sin^2\theta \tag{10}$$

Curgerea curentului este determinată de diferenţa de potenţial între cele două cercuri echipotenţiale corespunzătoare unghiurilor θ şi θ+dθ adică

$$V(\theta) - V(\theta + d\theta) = i(\theta)dR \tag{11}$$

Şi deci

$$-dV = I\sin^2\theta \cdot \frac{\rho r d\theta}{2\pi g r \sin\theta} = I\sin\theta \cdot \frac{\rho d\theta}{2\pi g} \tag{12}$$

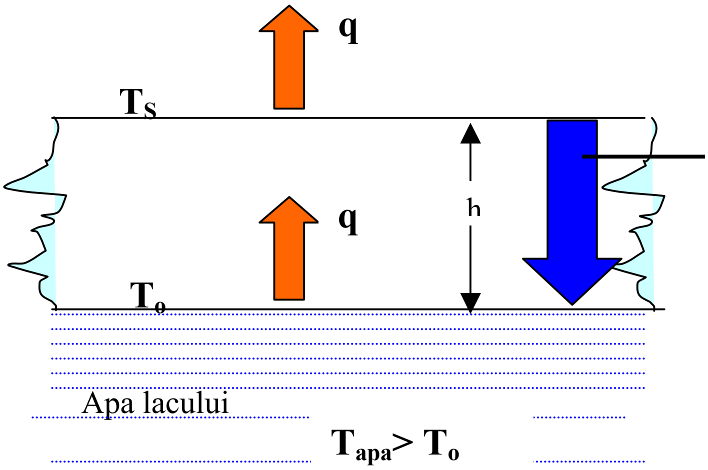
Integrând pentru unghiuri cuprinse între 0 (corespunzător vârfului emisferei) şi π/2 (corespunzător bazei) rezultă că potenţialul punctului din vârful emisferei, V_0 este

$$V_0 = \frac{I\rho}{2\pi g}\int_0^{\pi/2}\sin\theta d\theta = \frac{I\rho}{2\pi g} \tag{13}$$

Diferenţa maximă de potenţial se realizează între oricare din punctele de pe cercul mare al emisferei şi vârful său.

Olimpiada Naţională de Fizică
Satu Mare
21-25 aprilie 2003
Proba de baraj
TERMODINAMICA
Rezolvare şi barem de notare

1. a) Aer $t_a < 0^o$ C



Sensul de creştere a grosimii gheţii 0,5 p

Justificare ………… 0,5 p

$T_{apa} > To = 273$ K $> T_S > T_a$

b) În regim staţionar fluxul de căldură apă-gheaţă este egal cu fluxul de căldură prin gheaţă şi cu fluxul de căldură gheaţă-aer:

$$q = k_g \cdot \frac{T_O - T_S}{h} \quad = \quad q = H_{ga}(T_s - T_a)$$ ……..……………………………………………..1p

unde T_S este temperatura la suprafaţa de separare gheaţă-aer .

$Q = Sqt$ căldura transferată prin suprafaţa S în timpul t

$Q = mL = V_a \rho_a L = V_g \rho_g L = Sh\rho_g L$ …………………………………….……………….1p

Temperatura la suprafaţa superioară a stratului de gheaţă,T_S, nu este cunoscută şi este riscant să ne deplasăm pe lac să o măsurăm.

$$t = \frac{\rho_g \cdot L \cdot h \cdot (k_g + h \cdot H_{ga})}{k_g \cdot H_{ga} \cdot (T_O - T_a)}.$$ ………………………………………….……………2 p

t = 144777,071 sec = 40,216 ore ≈ 40 ore 13 minute …………..………….………….……1 p

2. În condiţii staţionare plăcile introduse îşi păstrează fiecare temperatura constantă şi fluxul de căldură **q** este constant între cele două corpuri:

$$q = \sigma(T_A^4 - T_1^4)$$
$$q = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$
$$q = \sigma(T_2^4 - T_B^4)$$ ……………………1 p
$$3q = \sigma(T_A^4 - T_B^4) = q_0$$

unde q_o reprezintă fluxul de căldură în absenţa ecranului. Rezultă că fluxul de căldură devine de trei ori mai mic:

$$q = \frac{q_o}{3}$$ ………………………… 1 p

În cazul introducerii a n plăci fluxul de căldură se reduce de n+1 ori:

$$q = \frac{q_o}{n+1}$$ ………………………………1 p

Din oficiu: ……………………………………1 p

.

Olimpiada Națională de Fizică
Satu Mare
21-25 aprilie 2003

Proba de baraj - barem
Oscilații şi unde

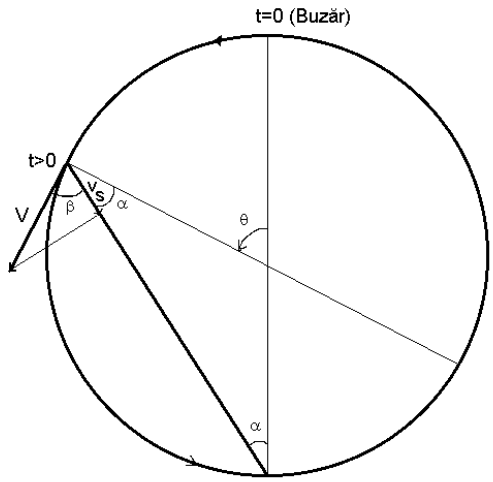
Din oficiu 1p
A
Total 4p

- Formula efectului Doppler cu receptor fix (prezentare sau deducere)

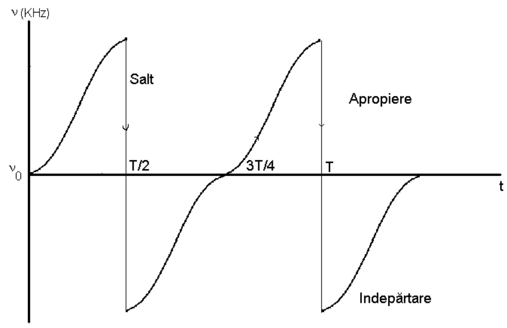
$$\nu = \nu_0 \left(1 - \frac{v_s}{c}\right)^{-1}$$

- Când sursa se apropie $v_s > 0$ şi în consecință $\nu > \nu_0$ iar când sursa se îndepărtează, $v_s = -|v_s| < 0$ astfel că $\nu' < \nu_0$
- În cazul experimentului, din enunț, urmărind figura de mai jos, putem stabili că

$$v_s = \frac{\pi L}{T}\sin\left(\frac{\pi t}{T}\right)$$



- La apropiere frecvența maximă este $\nu' = 5,24 kHz$ iar la îndepărtare ia începe să crească de la $\nu' = 4,78 kHz$
- Reprezentarea grafică este aceea din figura de mai jos



B.

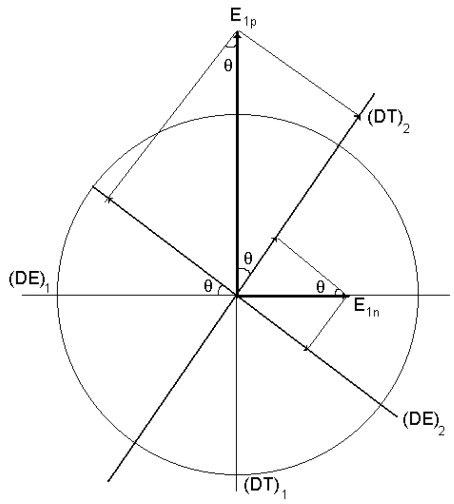
Total 5p

La intrarea în primul polaroid, câmpul E_0 are componentele E_{0p}, pe $(DT)_1$ şi E_{0n}, pe $(DE)_1$ care este direcția de extincție a primului polaroid. După trecerea prin primul polaroid lumina are componentele $E_{1p}=\sqrt{\alpha}E_{0p}$ şi $E_{1n}=\sqrt{\beta}E_{0n}$. Dincolo de al doilea polarizor (vezi figura) câmpul electric luminos are componentele

$$\alpha E_{0p}\cos\theta+\sqrt{\alpha\beta}E_{0n}\sin\theta$$

respectiv

$$\sqrt{\alpha\beta}E_{0p}\sin\theta+\beta E_{0n}\cos\theta$$



Suma patratelor acestor componente ne dă intensitatea transmisă în funcție de unghiul θ. Lumina incidentă fiind naturală trebuie mediat. Termenul proporțional cu produdul E_{0n} E_{0p} va dispare. În final obținem

$$I_{transmis}=I_0\left(\frac{1}{2}\left(\alpha^2+\beta^2\right)\cos^2\theta+\alpha\beta\sin^2\theta\right)$$

În cazul polaroizilor ideali, $\beta=0,\ \alpha=1$ şi

$$I_{transmis}=\frac{I_0}{2}\cos^2\theta$$

θ^0	$I_{transmis}/I_0\left(polaroizi\ \ ideali\right)$	$I_{transmis}/I_0\left(polaroizi\ \ reali\right)$	Observații
0	0,500	0,453	
30	0,375	0,351	
45	0,250	0,250	Transmit la fel
60	0,149	0,125	
90	0,000	0,048	