



*Concursul Preolimpic de Fizică  
România - Ungaria - Moldova*

*Ediția a XIV-a, Satu - Mare*  
*Proba experimentală, 20 mai 2011*



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
CERCETĂRII  
TINERETULUI  
ȘI SPORTULUI

**Problema experimentală nr. 2 (10 puncte)**

**Studiul unui motor electric simplu**

**Scopul lucrării**

Problema experimentală nr. 2 îți propune să efectuezi un studiu al unui motor electric simplu și să determini unele caracteristici de funcționare ale motorului. Vei analiza mecanica rotirii motorului și vei determina momentul electric activ care produce rotirea aripii. De asemenea, vei determina momentul rezistiv datorat rezistenței aerului precum și momentul rezistiv datorat frecărilor dintre magnet și aripă, respectiv frecării (mult mai mici) dintre baterie și cadrul aripii.

**Montajul experimental**

Pe masa de lucru se află:

- (i) Un multimetru digital.
- (ii) Un cronometru.
- (iii) O riglă gradată în milimetri.
- (iv) O cutie de plastic transparent care conține trei baterii marcate cu cifrele 1,2,3, trei aripi marcate pe una dintre pale respectiv cu literele A,B,C și un suport cu magnet.

Multimetrul are un buton de pornire-oprire ON/OFF și un selector de funcții dispus în zona centrală, sub ecran. Prin rotirea selectorului, multimetrul poate măsura tensiuni continue (zona  $V =$ , domeniul de măsurare 2), sau intensități de curent continuu (zona  $A =$ , domeniul de măsurare 10). Pentru măsurarea tensiunilor, circuitul se cuplează la bornele inscripționate cu însemnele  $\Omega$ ,  $COM$ . Pentru măsurarea curenților electrici de intensitate mare (care apar în cursul determinărilor experimentale), circuitul se va cupla la bornele  $COM$ ,  $10A$ . Dacă indicația instrumentului nu este stabilă, consideră că valoarea măsurată este media aritmetică a celei mai mari și a celei mai mici indicații observate.

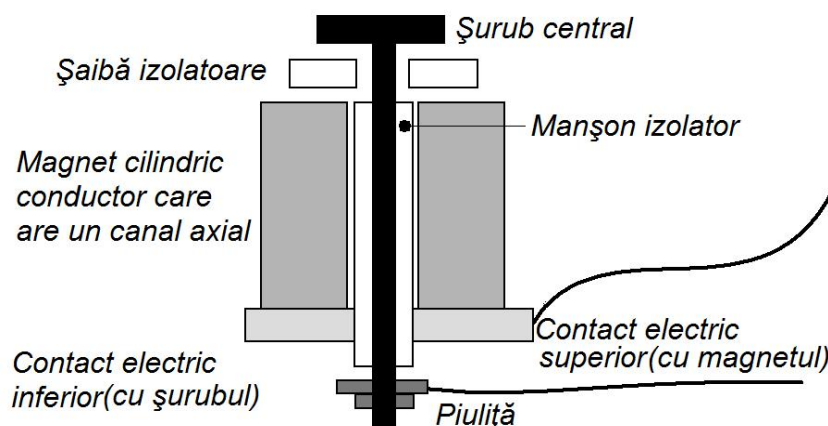


Figura 1

Pe suportul din cutie este montat un magnet cu neodym, foarte puternic, care este parte dintr-un circuit electric, așa cum este ilustrat în figura 1. În cursul măsurărilor magnetul se poate încălzi destul de puternic. Întrerupe în acest caz măsurările și așteaptă ca magnetul să se răcească și să atingă temperatura camerei.

Cele trei aripi sunt trei cadre de sârmă de cupru izolată cu mătase, pe care sunt lipite fâșii din hârtie, reprezentând palele aripii. Cele două semicercuri din cupru de la baza palelor au diametrul de  $10\text{ mm}$ . Palele sunt situate în plane paralele, simetrice față de axa de rotație, depărtate de aceasta prin distanța  $a = 10\text{ mm}$  (figura 2).

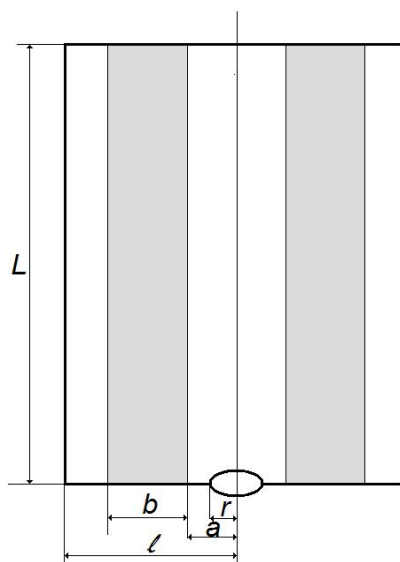


Figura 2

În fotografia din figura 3 este prezentat dispozitivul experimental.

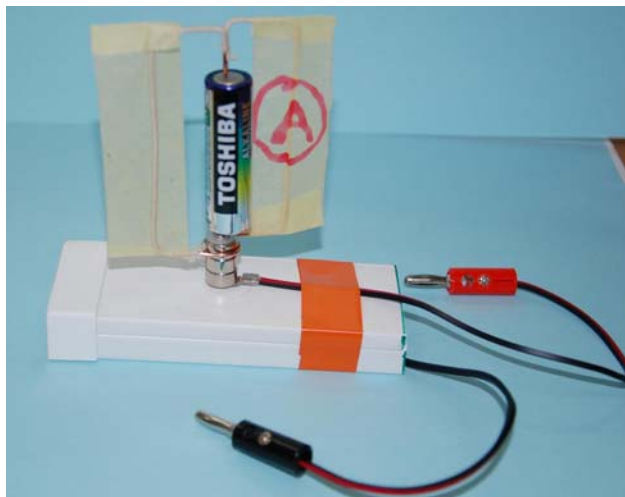


Figura 3

Pentru realizarea dispozitivului experimental, se introduce mai întâi aripa pe magnet, apoi se montează bateria cu polul pozitiv spre șurub. Ai în vedere ca:

- bateria și magnetul să fie perfect coaxiale;
- zona din sârmă de cupru a cadrului, care asigură contactul electric dintre magnet și aripă să-și păstreze forma circulară cu diametrul de un centimetru.

În cursul manevrelor aripa nu trebuie deformată. La montarea corectă, scurtcircuitarea bananelor firelor de legătură are ca efect începerea rotirii aripii.

## Sarcina de lucru 1

Pentru cele trei aripi marcate respectiv cu  $A$ ,  $B$ ,  $C$  utilizează următoarele notații, conform figurii 2:

- $L$  - înălțimea aripii;
- $r$  - raza inelului inferior al aripii;
- $a$  - distanța față de axa de rotație a fâșiei de hârtie care intră în alcătuirea palelor;
- $b$  - lățimea fâșiei de hârtie;
- $\ell_A, \ell_B, \ell_C$  - distanțele față de axa de rotație a laturii de lungime  $L$  a cadrului din sârmă de cupru, pentru fiecare dintre cele trei aripi.

Masa unității de lungime a sârmei care constituie cadrul aripii este  $\mu_s = 7 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ , iar masa unității de lungime din fâșia de hârtie este  $\mu_h = 2 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ .

- 1a.** Măsoară dimensiunile geometrice ale “aripilor” marcate respectiv cu  $A$ ,  $B$ ,  $C$  și completează tabelul 1 din Foaia de răspunsuri cu valorile pe care le-ai determinat.
- 1b.** Dedu expresia momentului de inerție al unei aripi în funcție de dimensiunile geometrice ale acesteia și de masele specifice.
- 1c.** Calculează valorile momentelor de inerție  $J_A, J_B, J_C$  ale aripilor  $A, B, C$  și completează tabelul 2 din Foaia de răspunsuri cu valorile pe care le-ai obținut.

## Sarcina de lucru 2

Existența palelor aripilor conduce la apariția unui moment rezistiv al forței care se opune deplasării palei în aer. Modulul  $F$  al acestei forțe este proporțional cu mărimea vitezei de deplasare  $v$  și cu aria  $S$  perpendiculară pe direcția de deplasare

$$F = k \cdot v \cdot S$$

unde  $k$  este o constantă de proporționalitate.

- 2.** Determină expresia modulului momentului rezistiv  $M_{pale}$  datorat palelor aripilor în funcție de  $k, a, b, L$  și de viteza unghiulară  $\omega$  a aripii.

## Sarcina de lucru 3

În această parte a problemei experimentale se determină unele mărimi electrice caracteristice dispozitivului studiat.

Efectuează măsurările descrise în continuare, pentru fiecare dintre aripile marcate cu  $A, B, C$  și pentru fiecare dintre bateriile marcate cu 1, 2, 3.

- 3a.** Poziționează selectorul de funcții al instrumentului de măsurare pe poziția  $V =$ , domeniul de măsurare  $2V$ . Măsoară tensiunea bateriei cu care lucrezi și scrie valoarea măsurată în celula corespunzătoare din tabelul 3 din Foaia de răspunsuri.
- 3b.** Poziționează selectorul de funcții al instrumentului de măsurare pe poziția  $A =$ , domeniul de măsurare  $10A$ . Măsoară intensitatea curentului electric în circuit, dacă aripa este ținută imobilă. Scrie valoarea măsurată în celula corespunzătoare din tabelul 3 din Foaia de răspunsuri.
- 3c.** Folosind datele obținute în urma măsurărilor calculează valoarea rezistenței electrice a circuitului. Scrie valoarea pe care ai calculat-o în celula corespunzătoare a tabelului 3 din Foaia de răspunsuri.
- 3d.** Măsoară intensitatea curentului prin circuit, dacă aripa se rotește și scrie valoarea măsurată în celula corespunzătoare din tabelul 3 din Foaia de răspunsuri.
- 3e.** Utilizând cronometrul, măsoară intervalul de timp în care aripa efectuează 20 de rotații. Calculează valoarea perioadei de rotație a aripii și a vitezei unghiulare a acesteia și scrie valorile obținute în celulele corespunzătoare ale tabelului 3 din Foaia de răspunsuri.
- 3f.** Determină expresia tensiunii electromotoare induse datorită rotației aripii, în funcție de intensitățile curenților electrici măsurați și de tensiunea electromotoare a bateriei utilizate.

- 3g.** Calculează valoarea tensiunii electromotoare induse datorită rotației aripiei, folosind datele obținute în urma măsurărilor și scrie valorile obținute în celulele corespunzătoare ale tabelului 3 din Foaia de răspunsuri.

### *Sarcina de lucru 4*

Într-un punct oarecare din spațiu având coordonatele  $(x,y)$  într-un sistem de referință având originea în centrul feței de sus a magnetului, axa  $Oy$  verticală în sus și axa  $Ox$  orizontală în dreapta, inducția câmpului magnetic are componentele orizontală  $B_o(x,y)$  și componenta verticală  $B_v(x,y)$ .

- 4a.** Dedu expresia tensiunii electromotoare induse în funcție de viteza unghiulară  $\omega$  a aripiei, de inducția câmpului magnetic în punctele cadrului conductor al aripiei și de dimensiunile geometrice ale acestui cadru.
- 4b.** Dedu expresia momentului activ determinat de forțele electromagnetice ce acționează asupra laturilor cadrului. Exprimă rezultatul în funcție de intensitatea curentului prin laturile cadrului, de inducția câmpului magnetic în punctele cadrului conductor al aripiei și de dimensiunile geometrice ale acestui cadru.

### *Sarcina de lucru 5*

În această parte a lucrării se determină unele mărimi mecanice, caracteristice ale aripiei rotitoare.

- 5a.** Scrie relația de legătură între accelerația unghiulară  $\varepsilon$  a aripiei și momentele forțelor care acționează asupra acesteia.
- 5b.** Scrie ecuația echilibrului momentelor forțelor care acționează asupra aripiei aflată în rotație uniformă. Exprimă rezultatul în funcție de tensiunea electromotoare indusă, de intensitatea  $I_{mobil}$  a curentului prin circuit, de viteza unghiulară a aripiei  $\omega$ , de constanta  $k$  și de momentul  $M_{frecare}$  al forțelor de frecare dintre cadru și magnet și dintre cadru și baterie.
- 5c.** Folosind datele obținute în urma măsurărilor pe care le-ai efectuat trasează o familie de drepte care să permită determinarea valorilor constantei  $k$  și momentului forțelor de frecare  $M_{frecare}$ . Completează tabelul 4 cu valorile necesare trasării familiei de drepte.
- 5d.** Determină valorilor constantei  $k$  și momentului forțelor de frecare  $M_{frecare}$  și scrie valorile obținute în celulele corespunzătoare ale tabelului 5 din Foaia de răspunsuri.

© Problemă propusă de:

Delia DAVIDESCU – Centrul Național de Evaluare și Examinare – MECTS București  
Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București



FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema experimentală nr. 2 (10 puncte)

Studiul unui motor electric simplu

Sarcina de lucru 1

1a. Dimensiunile geometrice ale "aripilor" marcate cu A, B, C

Tabelul 1					
	L(m)	$\ell$ (m)	r(m)	a(m)	b(m)
A					
B					
C					

0,3p

1b. Deducerea expresiei momentului de inerție al unei aripi în funcție de dimensiunile geometrice ale acesteia și de masele specifice

0,6p

1c. Valorile momentelor de inerție  $J_A$ ,  $J_B$ ,  $J_C$  ale aripilor A, B, C

Tabelul 2			
Aripă	A	B	C
$J$			

0,3p

### Sarcina de lucru 2

2. Determinarea expresiei modului momentului rezistiv  $M_{pale}$  datorat palelor aripilor

0,5p

### Sarcina de lucru 3

Tabelul 3								
	$E_{baterie}(V)$	$I_{fix}(A)$	$R(\Omega)$	$I_{mobil}(A)$	$t(s)$	$T(s)$	$\omega(rad \cdot s^{-1})$	$E_{indus}(V)$
	0,3p	0,9p	0,3p	0,9p	0,6p	0,3p	0,3p	0,9p
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1A								
2A								
3A								
1B								
2B								
3B								
1C								
2C								
3C								

4,5p

**3f.** Determinarea expresiei tensiunii electromotoare induse datorită rotației aripiei, în funcție de intensitățile curenților electrici măsurați și de tensiunea electromotoare a bateriei utilizate.

0,3p

#### *Sarcina de lucru 4*

**4a.** Deducerea expresiei tensiunii electromotoare induse în funcție de viteza unghiulară  $\omega$  a aripiei, de inducția câmpului magnetic în punctele cadrului conductor al aripiei și de dimensiunile geometrice ale acestui cadru

0,5p

**4b.** Deducerea expresiei momentului activ determinat de forțele electromagnetice ce acționează asupra laturilor cadrului

0,5p

#### *Sarcina de lucru 5*

**5a.** Relația de legătură între accelerația unghiulară  $\varepsilon$  a aripiei și momentele forțelor care acționează asupra acesteia

0,4p

**5b.** Ecuația echilibrului momentelor forțelor care acționează asupra aripii aflată în rotație uniformă

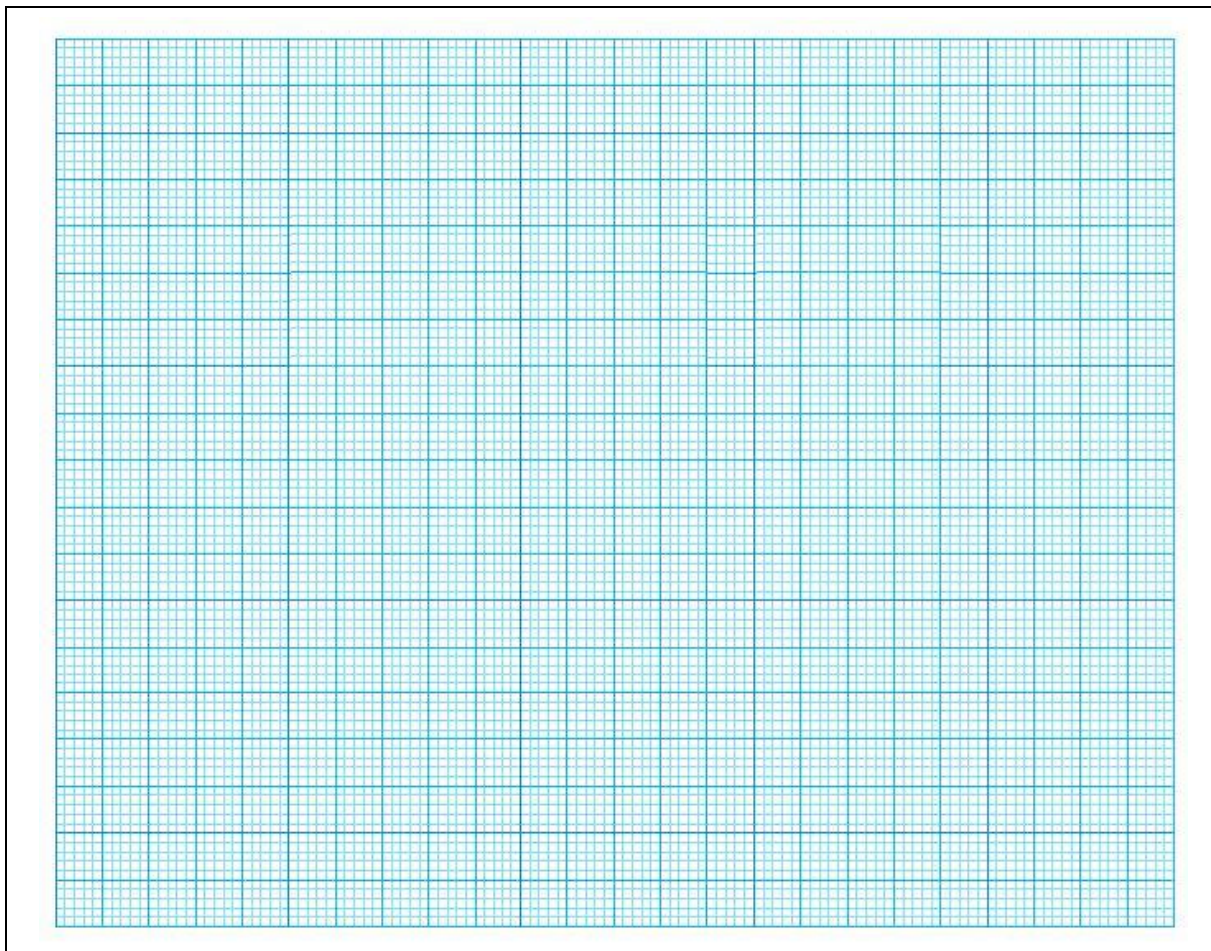
0,3p

**5c.** Trasarea unei familii de drepte care să permită determinarea valorilor constantei  $k$  și momentului forțelor de frecare  $M_{frecare}$

1,5p

Tabelul 4



5d. Determinarea valorilor constantei  $k$  și momentului forțelor de frecare  $M_{frecare}$

0,3p

Tabelul 5

	$k$	$M_{frecare}$
Aripa A		
Aripa B		
Aripa C		