

# A 28 - a OLIMPIADA INTERNATIONALA DE FIZICA

SUDBURY , CANADA

## PROBA TEORETICA

joi , 17 iulie , 1997

timp de lucru 5 ore

**Citeste mai intai urmatoarele :**

- 1.Folositi numai pixul care v-a fost furnizat .
- 2.Folositi numai fata foii de hartie pe care sunt tiparite si problemele.
- 3.In raspunsurile Dvs. folositi texte cat mai scurte cu putinta ;  
exprimati-va, mai ales , prin ecuatii ,  
numere si desene. **Rezumati rezultatele Dvs.** pe foaia de raspunsuri.
- 4.Indicati pe prima pagina numarul total de pagini folosite .
- 5.La terminarea probei Va rugam sa aranjati in ordine foile , paginile si graficele.

**Acest set de probleme contine 11 pagini .**

**Examinare alcatuita de : University of British Columbia  
Department of Physics and Astronomy**

## Problema teoretica nr. 1

- a) Un corp de masa mica atarna la capatul unui resort ideal, fara masa proprie, si oscileaza in sus si in jos cu frecventa  $f$ . Daca se taie in jumatate resortul si se leaga corpul la capatul liber al noului resort, care va fi noua frecventa de oscilatie  $f'$  a sistemului ? ( 1,5 puncte)
- b) Raza atomului de hidrogen in stare fundamentala este  $a_0 = 0,0529 \text{ nm}$  ( raza Bohr). Care este raza  $a'$  a unui atom de hidrogen miuonic in care electronul este inlocuit de un miuon cu aceeaasi sarcina electrica si cu masa de 207 ori mai mare decat a electronului ? Se presupune ca masa protonului este mult mai mare decat cea a miuonului si a electronului. (1,5 puncte)
- c) Temperatura medie a Pamantului este  $T = 287 \text{ K}$ . Care va fi noua temperatura  $T'$  daca distanta medie intre Pamant si Soare este redusa cu 1%. ( 1,5 puncte )
- d) Intr-o anumita zi aerul este uscat si are densitatea  $\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$ . In ziua urmatoare umiditatea a crescut si aerul contine vapori de apa in procent masic de 2 %. Presiunea si temperatura sunt aceleasi ca si in ziua precedenta. Care este densitatea aerului  $\rho'$  acum ? Masa moleculara medie a aerului este 28,8 iar masa moleculara a apei este 18. Se presupune o comportare ideala de gaz ideal. (1,5 puncte)
- e) Un helicopter planeaza in aer daca puterea mecanica a motorului sau este  $P$ . Se construieste un alt helicopter, replica exacta a primului dar la scara  $1/2$  ( toate dimensiunile sunt reduse cu acest factor). Ce putere mecanica  $P'$  este necesara pentru ca noul helicopter sa planeze in aer ? (2,5 puncte)

(a) Frecventa  $f'$ :

(b) Raza  $a'$

(c) Temperatura  $T'$

(d) Densitatea  $\rho'$

(e) Puterea  $P'$ :

## Problema nr.2

### Mase nucleare si stabilitatea nucleelor

Toate energiile in aceasta problema sunt exprimate in MeV.

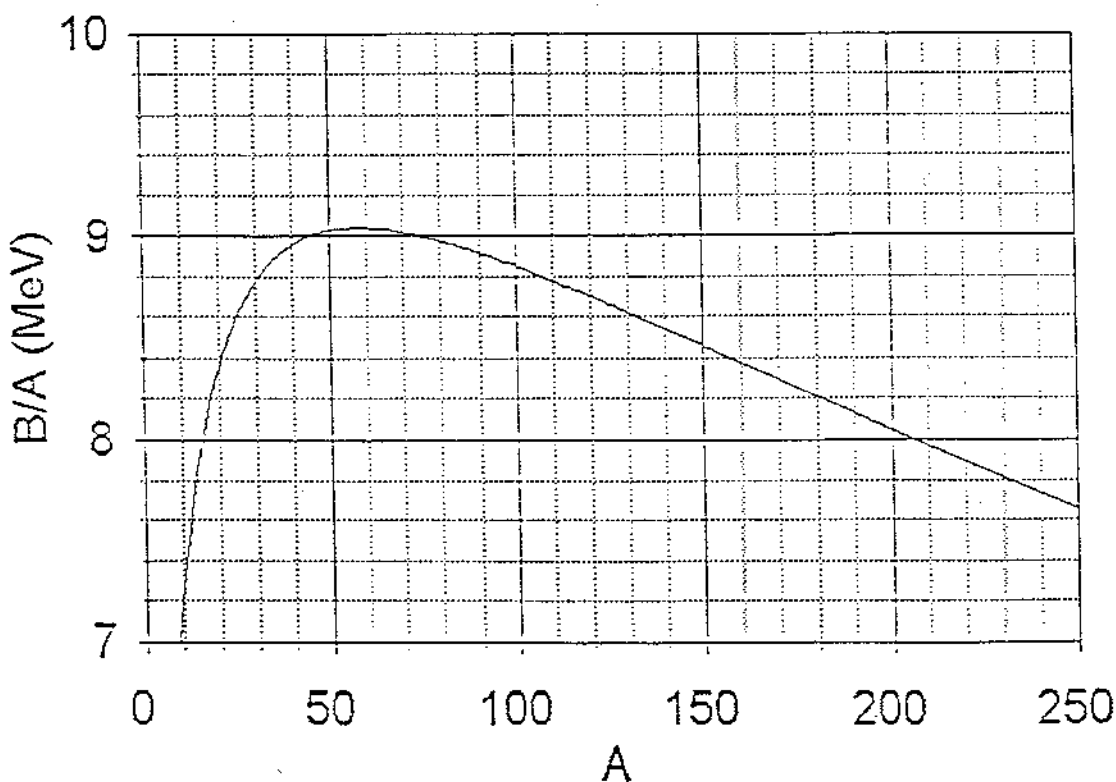
$1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ , dar nu este necesar sa se stie aceasta pentru a rezolva problema.

Masa unui nucleu atomic cu  $Z$  protoni si  $N$  neutroni ( adica cu numarul de masa  $A = N+Z$ ) este suma maselor nucleonilor constituenti liberi minus energia de legatura impartita cu  $c^2$ ,  $B / c^2$ .

$$Mc^2 = Zm_p c^2 + Nm_n c^2 - B$$

In graficul de mai jos este reprezentata valoarea maxima a energiei medii de legatura pe nucleon pentru un  $A$  dat, in functie de  $A$ ; cu cit este mai mare aceasta marime cu atat mai stabil este nucleul.

Energia de legatura per nucleon



a) Peste un anumit număr de masă  $A_\alpha$ , nucleele au întotdeauna energia de legătură destul de mică încât să poată emite particule alfa ( $A=4$ ). Folosind pentru  $A>100$  o aproximație liniară pentru  $B/A$ , estimați  $A_\alpha$ . Pentru acest model se presupun următoarele:

\* Atât nucleul inițial cât și cele finale se găsesc pe această curbă.

\* Energia de legătură a unei particule  $\alpha$  are valoarea  $B_\alpha = 25 \text{ MeV}$  (nu puteți citi această valoare din grafic). (3 puncte)

b) Energia de legătură a unui nucleu atomic cu  $Z$  protoni și  $N$  neutroni ( $A = N + Z$ ) este dată de formula semi-empirică:

$$B = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z^2}{A} - a_a \frac{(N-Z)^2}{A} - \delta$$

Valoarea lui  $\delta$  este dată de:

$+a_p A^{-3/4}$  pentru nuclee cu  $N$  impar /  $Z$  impar

0 pentru nuclee  $N$  par /  $Z$  impar sau  $N$  impar /  $Z$  par

$-a_p A^{-3/4}$  pentru nuclee  $N$  par /  $Z$  par

Valorile coeficienților sunt:

$a_v = 15,8 \text{ MeV}$ ;  $a_s = 16,8 \text{ MeV}$ ;  $a_c = 0,72 \text{ MeV}$ ;  $a_a = 23,5 \text{ MeV}$ ;

$a_p = 33,5 \text{ MeV}$ ;

(i) Deduceți o expresie pentru numărul de protoni  $Z_{\max}$  a nucleului cu cea mai mare energie de legătură pentru un număr de masă dat  $A$ .

Ignorați termenul  $\delta$  numai pentru această parte. (2 puncte)

(ii) Care este valoarea lui  $Z$  pentru nucleul din familia de izobari  $A=200$ , cu cea mai mare valoare pentru  $B/A$ ? Includeți efectul termenului  $\delta$ . (2 puncte)

(iii) Considerați cele trei nuclee cu  $A=128$  listate în tabelul din foaia cu răspunsuri. Determinați care dintre ele este stabil din punct de vedere energetic și care dintre ele au suficientă energie pentru a se dezintegra prin procesele listate mai jos.

Determinați  $Z_{\max}$  cum s-a definit la punctul (1) și completați tabelul de pe foaia cu răspunsuri.

În completarea tabelului vă rugăm:

- Marcați procesele care sunt permise energetic cu ✓
- Marcați procesele care nu sunt permise energetic cu O.
- Considerați numai tranzițiile între aceste trei nuclee.

### Procese de dezintegrare:

1. Dezintegrarea  $\beta^-$  ; emisia unui electron din nucleu.
2. Dezintegrarea  $\beta^+$  ; emisia unui pozitron din nucleu.
3. Dezintegrarea  $\beta^-$  dubla; emisia simultana a doi electroni din nucleu.
4. Captura electronica; captarea de catre nucleu a unui electron din invelisul atomic.

Energia de repaus a electronului (pozitronului) este  $m_e * c^2 = 0,51 \text{ MeV}$ , cea a protonului este  $m_p * c^2 = 938,27 \text{ MeV}$ , iar cea a neutronului este  $m_n * c^2 = 939,57 \text{ MeV}$ .

( 3 puncte )

(a) Valoarea numerica pentru  $A_{\alpha}$

(b) (i) Expresia pentru  $Z_{max}$  :

(b) (ii) Valoarea numerica pentru  $Z$  :

(b) (iii)

Nucleu/Proces	Dezint. $\beta^-$	Dezint. $\beta^+$	Captura electronica	Dezint. $\beta^- \beta^-$
$^{128}_{53}\text{I}$				
$^{128}_{54}\text{Xe}$				
$^{128}_{55}\text{Cs}$				

Notatie :  $^A_Z X$

X = Simbol chimic

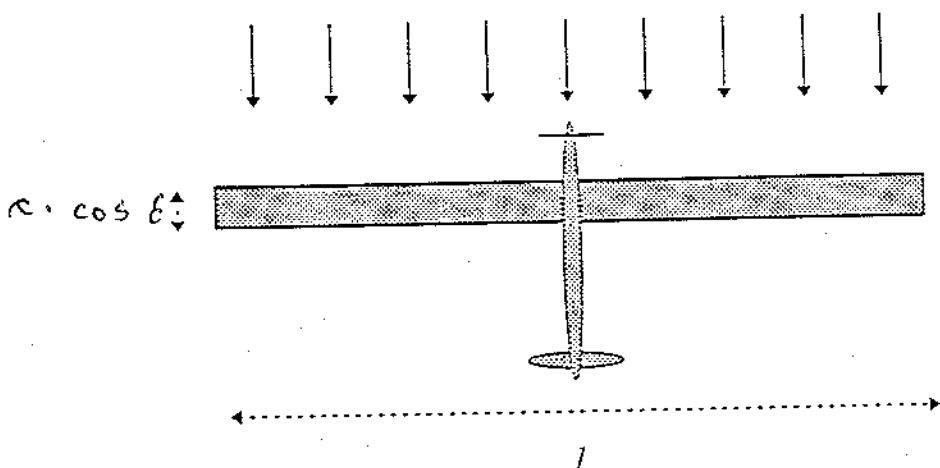
### Problema teoretica nr.3

#### Avionul cu motor solar

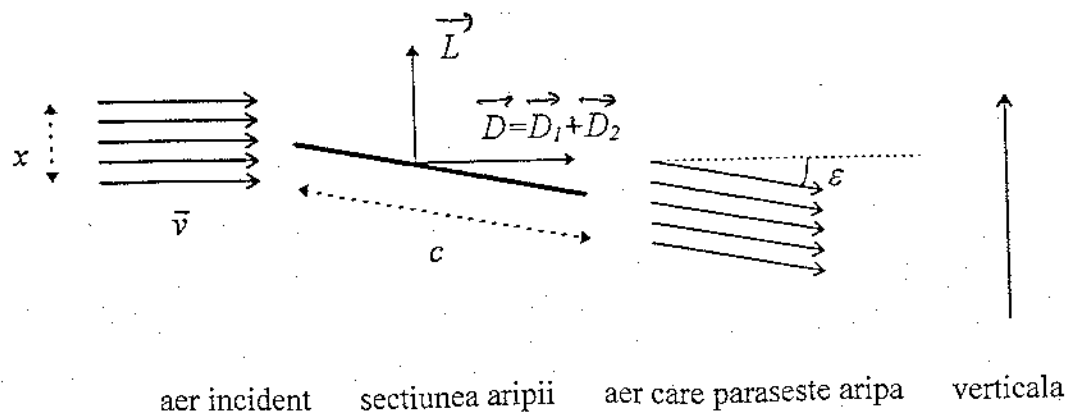
Vrem sa proiectam un avion care poate zbura folosind numai energia solara. Cel mai eficient model este acela a carui aripa are suprafata superioara complet acoperita cu celule solare. Celulele furnizeaza puterea electrica cu care motorul actioneaza elicea.

Consideram o aripa de forma plan - rectangulara cu lungimea (anvergura)  $l$  si latimea  $c$ , aria proiectata a aripii este  $S = l \cdot c$ , aripa fiind caracterizata de raportul  $A = l / c$ . Ne putem forma o idee aproximativa despre performanta aripii considerand un strat de aer de grosime  $x$  si lungime  $l$ , care este deflecat in jos sub un unghi mic  $\varepsilon$ , doar cu o mica modificare in viteza. Controland suprafata aripii putem selecta unghiul optim de zbor. Acest model simplu corespunde in buna aproximatie realitatii daca  $\alpha = \pi/4$ ; in cazul de fata se va utiliza aceasta aproximatie. Masa totala a avionului este  $M$  si acesta zboara orizontal cu viteza relativa  $v$  fata de aerul inconjurator. In urmatoarele calcule se considera numai scurgerea stratului de aer de grosime  $x$  din preajma aripii.

Vederea de sus a avionului ( in propriul sistem de referinta ) :



Vederea laterala a aripii ( intr-un sistem de referinta legat de avion ) :





a) Considerati modificarea impulsului aerului ce se scurge peste aripa fara modificarea modului vitezei . Deduceti expresiile pentru forta verticala de ridicare  $L$  si forta orizontala de antrenare  $D_1$  asupra aripii in functie de dimensiunile aripii ,  $v$  ,  $\varepsilon$  si densitatea aerului  $\rho$  . Tot timpul vom considera ca directia de curgere a aerului este paralela cu planul diagramei vederii laterale. (3 puncte)

b) Mai exista o forta orizontala de antrenare  $D_2$  cauzata de frecarea aerului cu suprafata aripii. Aerul se scurge fara turbulenta cu o schimbare a vitezei  $\Delta v$  ( $\ll 1\%$  din  $v$ ) data de relatia

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{f}{A}$$

Valoarea  $f$  este independenta de  $\varepsilon$  .

Gasiti o expresie ( functie de  $M$  ,  $f$  ,  $A$  ,  $S$  ,  $\rho$  si acceleratia gravitationala  $g$  ) pentru viteza de zbor  $v_0$  ce corespunde unui minim de putere necesar pentru a mentine acest avion in zbor la altitudine si cu viteza constanta . Se neglijeaza termenii de ordin mai mare decat  $\Delta v$  sau  $\varepsilon^2$  . Pentru unghiuri mici este utila relatia :

$$1 - \cos \varepsilon \approx \frac{\sin^2 \varepsilon}{2}$$

(3 puncte)

c) Pe foaia de raspunsuri schitati graficul puterii  $P$  functie de viteza  $v$  de zbor . Aratati contributiile separate pentru puterea necesara a celor doua surse de antrenare . Gasiti o expresie ( in functie de  $M$  ,  $f$  ,  $A$  ,  $S$  ,  $\rho$  si  $g$  ) pentru puterea minima ,  $P_{\min}$  . (2 puncte)

d) Daca celulele solare pot produce suficienta energie astfel incat motorul electric si elicea sa genereze puterea mecanica  $I=10$  W pe fiecare metru patrat de suprafata a aripii, calculati incarcarea maxima a aripii  $Mg/S$  (  $N/m^2$  ) pentru aceasta putere si viteza de zbor  $v_0$  . Considerati  $\rho=1,25$   $kg/m^3$  ,  $f=0,004$  si  $A=10$ . (2 puncte)

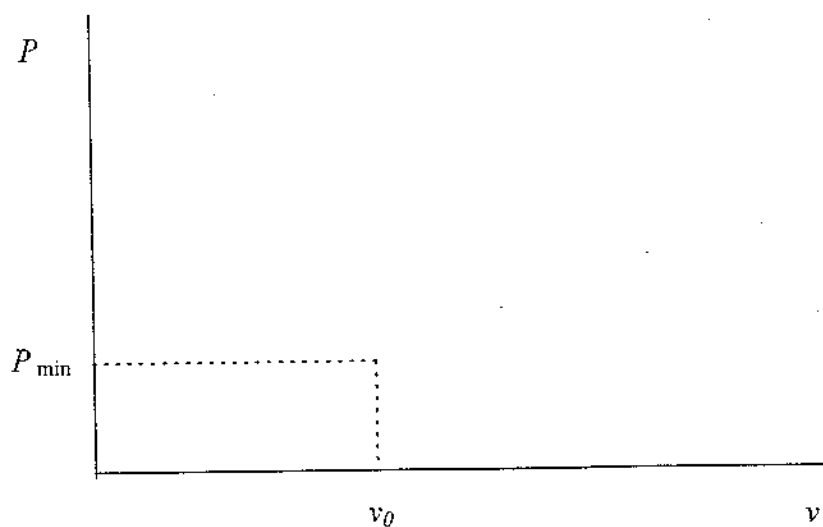
(a) Expresia pentru  $L$

(a) Expresia pentru  $D_1$  :

(b) Expresia pentru  $D_2$  :

(b) Expresia pentru  $v_0$  :

(c)



(c) Expresia pentru  $P_{min}$  :

(d) Valoarea maxima pentru  $Mg/S$  :

(d) Valoarea numerica pentru  $v_0$  :

**A 28 - a OLIMPIADA INTERNATIONALA DE FIZICA  
SUDBURY , CANADA  
PROBA EXPERIMENTALA**

**marti , 15 iulie , 1997  
timp de lucru : 5 ore**

Cititi intai urmatoarele :

- 1.Folositi numai pixul , care v-a fost furnizat .
- 2.Folositi numai fata colii de hartie , pe care este tiparita si intrebarea .
- 3.Cititi pagina 4 inainte de a atinge oricare dintre aparate,in particular fiti foarte atenti in manipularea bimorfului.
- 4.In raspunsul Dvs. Va rugam sa folositi un text cat mai scurt posibil;  
Exprimati - va in primul rand prin ecuatii , cifre , figuri .
- 5.Va rugam indicati pe prima pagina numarul total de pagini folosite .
- 6.La sfarsitul probei , va rugam sa aranjati in ordine foile , paginile si graficele .

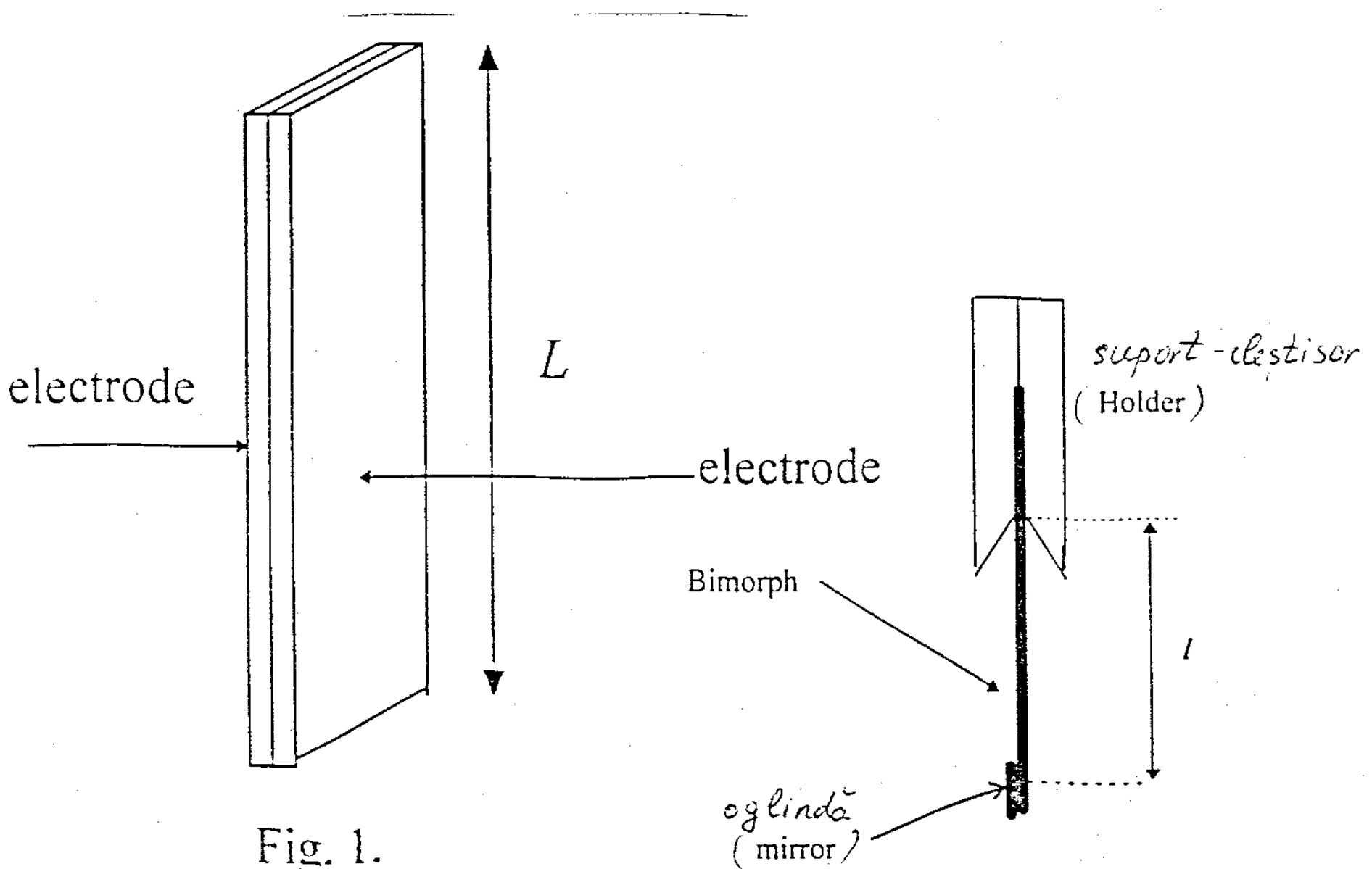
**aceasta problema contine 11 pagini !**

Proba este pregatita la UNIVERSITATEA “ BRITISH COLUMBIA “  
Departamentul pentru Fizica si Astronomie

si gazduita de LAURENTIAN UNIVERSITY AND SCIENCE NORTH

# CARACTERIZAREA BIMORFULUI

“Bimorful” consta din doua straturi de material piezoelectric lipite intre ele. Electrozi metalici au fost depusi prin evaporare pe suprafetele exterioare , pentru a permite aplicarea unui camp electric (vezi figura 1 ) . Straturile sunt alese astfel incat , atunci cand se aplica un camp electric perpendicular pe suprafetele exterioare , unul dintre straturi se alungeste ( dealungul lui  $L$  ) in timp ce celalalt se contracta ( dealungul lui  $L$  ) .Inversand campul se inverseaza si efectul asupra straturilor : cel care s-a contractat mai intai se alungeste , in timp ce celalalt se contracta. Se accepta ca , prin aplicarea campului , bimorful se curbeaza sub forma unui arc de cerc .



**Nota :** Materialele piezoelectrice isi schimba dimensiunile cand sunt introduse in camp electric si produc o diferenta de potential cand sunt solicate mecanic . Modificarea relativa a unei dimensiuni considerate sub actiunea campului electric este , in prima aproximatie, proportionala cu campul ; oricum apare si un histerezis , care inseamna ca , daca mai intai aplicam un camp si apoi il reducem la zero , dimensiunile nu revin exact la valorile initiale. Trebuie aplicat un camp electric slab , in sens invers , pentru a refaca valoarea initiala a dimensiunii . Forta care alungeste , respectiv contracta materialul piezoelectric este , in prima aproximatie , proportionala cu campul.

### **Instructiuni :**

1.Determinati dependenta deplasarii capatului liber al bimorfului in functie de tensiunea aplicata in gama de valori cuprinsa intre +36V pana la -36V si inapoi la +36V . In timpul acestor masuratori modificati tensiunea numai in directia indicata ( de exemplu . cand faceti masuratori de la -36V spre +36V intotdeauna cresteti tensiunea si niciodata nu o scadeti ; daca pierdeti un punct lasati - l deoparte ) . Demonstrati aceasta dependenta cu ajutorul unui grafic . In timpul unui ciclu de aplicare a tensiunii de la +36V la -36V si inapoi la +36V o anumita cantitate de energie se disipa in bimorf . Identificati si calculati o marime , care sa fie proportionala cu aceasta cantitate de energie .

2.Pentru bimorful dat , daca se neglijeaza histerezisul , deformarea capatului liber al bimorfului este data de formula :  $d = A V^m / l^n$  , unde V este tensiunea aplicata , l este lungimea capatului liber a bimorfului ( masurata de la muchia contactelor din suportul clestisor ) , iar m , n si A sunt niste constante .

Gasiti prin efectuarea de masuratori si calcule necesare constantele m , n si A .

3.Masurati capacitatea bimorfului .

**ATENȚIE :** Nu priviți direct în fasciculul laser , sau în fasciculul laser reflectat de oglinda - aceasta poate dauna vederii Dvs

## A P A R A T U R A

- a) Un bimorf de lungime  $L = (38 \pm 1) \text{ mm}$  , cu o mica oglinda atasata la un capat , este prins într-un suport ( cleste de rufe ) prevazut cu contacte si fire . Puteti schimba lungimea partii libere a bimorfului mutandu - l in suport. Atentie , bimorful este foarte delicat.
- b) Un pointer laser ( cu o banda de cauciuc , care poate fi folosita pentru a tine intrerupatorul inchis in timpul masuratorilor ) .
- c) Plastilina neagra pentru a putea fixa suportul bimorfului si pointerul laser pe masa .
- d) Un ecran ( folositi hartia grafica , pe care o puteti prinde pe compartimentarea din jurul mesei).
- e) Un multimetru cu fire de legatura ( pentru masurarea tensiunii continue cu acest multimetru rotiti butonul central in pozitia 200 in zona marcata cu DCV . Impedanta de intrare pentru masuratorile de tensiune este egala cu  $1 \text{ M}\Omega$  , precizia masuratorii fiind de  $\pm 0,1 \text{ V}$  ) .
- f) Un rezistor variabil ( potentiometru ) de  $2,5 \text{ M}\Omega$  ( pentru a masura tensiunea bimorfului ) cu trei fire . Cel rosu este conectat la electrodul central ( mobil ) al potentiometrului .
- g) O grupare de patru baterii de cate  $9 \text{ V}$  cu fire ( nota : rezistenta grupului de baterii a fost crescuta prin adaugarea unui rezistor de  $5 \text{ k}\Omega$  .in serie ) . Aceasta pentru a limita curentul si a proteja circuitul . Nu excludeti sau scurtcircuitati acest rezistor .
- h) Un rezistor de  $1 \pm 0,05 \text{ G}\Omega$  ( nota : rezistenta acestui rezistor poate fi afectata de reziduri de pe pielea Dvs. , deci nu atingeti corpul rezistorului , ci numai firele metalice ) .
- i) Un cronometru .
- j) O rigla .
- k) Banda izolatoare .

## **Foile cu raspunsuri**

### 1. Partea 1.

1.1 Desenati o diagrama a circuitului utilizat pentru determinarea dependentei de tensiune a capatului liber al bimorfului. ( 1 punct ).



1.2 Desenati o diagrama schematica care sa arate geometria experimentului si notati marimile relevante. ( 1 punct )

1.3 Stabiliti formula care coreleaza deplasarea capatului liber al bimorfului de marimile masurate. Prezantati aici formula cu toate variabilele explicate, referindu-va la diagrama 1.2 si notati numarul de pagini care contin deducerea acestei formule. (2 puncte )

1.4 Demonstrati dependenta deplasarii capatului liber al bimorfului de tensiune pe hartia milimetrica pe care ati primit-o. Indicati diferit punctele corespunzatoare masuratorilor facute cu tensiunea crescatoare, respectiv cele pentru tensiunea descrescatoare. Sa nu uitati sa notati axele, inclusiv cu unitati si valori numerice. Scrieti jos numarul graficului. ( 2 puncte )

1.5. Identificati o marime proportionala cu energia disipata in bimorf. ( 1 punct )

1.6. Scrieti valoarea marimii proportionale cu energia disipata in bimorf , eroarea si unitatiile in care se exprima . (1,5 puncte ).

## 2. Partea a doua

2.1. Scrieti valoarea pentru  $m$ . Notati numarul paginilor continand datele , tabelele , graficele si calculele utilizate pentru a determina aceasta valoare.( 1 punct )

2.2. Scrieti valoarea lui  $n$  cu eroarea de determinare .Notati numarul paginilor continand datele ,  
tabelele , graficele si calculele utilizate pentru determinarea acestei marimi .( 1,5 puncte )

2.3. Scrieti valoarea constantei  $A$  , eroarea de determinare si unitatile in care se exprima.(3 puncte)



### 3. Partea 3.

3.1. Desenati o diagrama a circuitului utilizat pentru masurarea capacitatii bimorfului .( 1 punct)

3.2. Scrieti marimile masurate si formula utilizata pentru a obtine capacitatea bimorfului. Scrieti numarul paginilor care contin diagramele , graficele si tabelele de date.( 3 puncte )

3.3. Scrieti valoarea capacitatii bimorfului , eroarea de determinare si unitatile in care se exprima . ( 2 puncte )