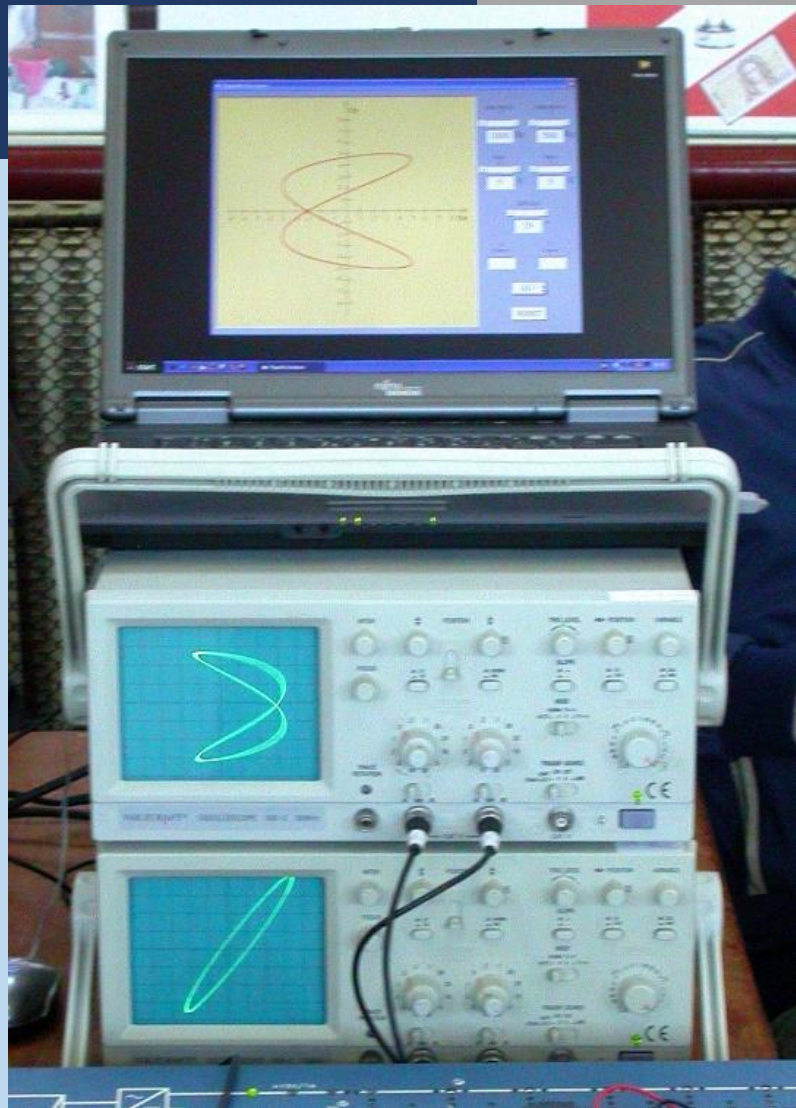


ȘIȘU TIBERIU

# Lucrări de laborator la fizică

pentru învățământul preuniversitar



EDITURA „ȘCOALA VREMII“  
ARAD, 2021  
ISBN 978-606-9067-40-6

## Argument

*Lucrarea de față își propune să vină în sprijinul profesorilor de fizică, atât la nivel gimnazial cât și liceal, pentru pregătirea de lecții cu caracter practic, folosindu-se cu preponderență materialele disponibile, în mod normal, în toate laboratoarele de fizică.*

*Dorința autorului este aceea de a împărtăși din resursele acumulate pentru a reduce timpul de pregătire a unor astfel de lecții. În scopul facilitării multiplicării referatelor de laborator, majoritatea dintre acestea au fost astfel concepute încât să ocupe una sau cel mult două pagini, fiind prevăzute cu tabelele necesare înregistrării datelor, spații libere pentru rezolvarea sarcinilor de lucru sau cu zone special destinate reprezentărilor grafice, elevului nefiindu-i necesare alte foi pentru efectuarea lucrării de laborator.*

*Apariția, în cursul anului 2020, a situației speciale datorate pandemiei, a impus efectuarea de experimente virtuale care, deși nu au caracterul practic cu care suntem obișnuiți, facilitează operarea cu mărimile fizice, unitățile de măsură și fenomenele fizice studiate.*

*Cu speranța că lucrarea de față va face munca profesorilor și a elevilor puțin mai ușoară, autorul vă urează:  
Spor la învățat !*

# Cuprins

ARGUMENT .....	PAG.2
<b>I. Mecanică</b>	
I.1 STUDIUL MIȘCĂRII RECTILINII UNIFORME .....	PAG. 4
I.2 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A COEFICIENTULUI DE FRECARĂ .....	PAG. 6
I.3 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CONSTANTEI ELASTICE A UNUI RESORT .....	PAG. 7
I.4 DETERMINAREA MASEI CU AJUTORUL BALANȚEI CU BRAȚE INEGALE .....	PAG. 9
I.5 BALOANE DE SĂPUN PLUTITOARE.....	PAG. 10
I.6 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CONSTANTEI ATRAȚIEI UNIVERSALE (EXPERIMENT VIRTUAL) .....	PAG. 11
I.7 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A ACCELERĂȚIEI GRAVITAȚIONALE .....	PAG. 13
I.8 DETERMINAREA VITEZEI DE PROPAGARE A SUNETULUI ÎN AER PRIN METODA UNDELOR STAȚIONARE.....	PAG. 15
<b>II. Termodinamică</b>	
II.1 STUDIUL TRANSFORMĂRII IZOBARE (EXPERIMENT VIRTUAL) .....	PAG. 18
II.2 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CĂLDURII SPECIFICE PENTRU O SUBSTANȚĂ SOLIDĂ .....	PAG. 19
II.3 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CĂLDURII LATENTE DE TOPIRE A GHEȚII.....	PAG. 20
<b>III. Electricitate și magnetism</b>	
III.1 BATERIE CU OȚET .....	PAG. 22
III.2 CONDUCTIVITATEA ELECTRICĂ A SOLUȚIILOR.....	PAG. 23
III.3 MOTOR ELECTRIC .....	PAG. 25
III.4 TELEGRAF.....	PAG. 26
III.5 DETERMINAREA TENSIUNII ELECTROMOTOARE ȘI A REZISTENȚEI INTERNE A UNUI GENERATOR ELECTRIC (EXPERIMENT VIRTUAL) .....	PAG. 27
III.6 GENERATOARE ELECTRICE (SURSE ELECTRICE) .....	PAG. 29
III.7 ASOCIEREA REZISTOARELOR .....	PAG. 31
III.8 LEGILE LUI KIRCHHOFF.....	PAG. 33
III. 9 VERIFICAREA EXPERIMENTALĂ A LEGII LUI OHM .....	PAG. 35
III.10 DETERMINAREA VARIAȚIEI INDUCȚIEI MAGNETICE PE AXA UNUI MAGNET PERMANENT .....	PAG. 37
III.11 DETERMINAREA INDUCTANȚEI UNEI BOBINE .....	PAG. 40
III.12 STUDIUL REZONANȚEI CIRCUITULUI RLC SERIE.....	PAG. 42
<b>IV. Optică</b>	
IV.1 DETERMINAREA INDICELULUI DE REFRAȚIE PENTRU UN MATERIAL TRANSPARENT .....	PAG. 44
IV.2 DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALE A UNEI LENTILE CONVERGENTE.....	PAG. 46
IV.3 DETERMINAREA LUNGIMII DE UNDĂ A LUMINII CU DISPOZITIVUL YOUNG.....	PAG. 48
IV.4 STUDIUL EFECTULUI FOTOELECTRIC (EXPERIMENT VIRTUAL) .....	PAG. 50
BIBLIOGRAFIE .....	PAG. 52

# I. Mecanică

## I.1 STUDIUL MIȘCĂRII RECTILINII UNIFORME

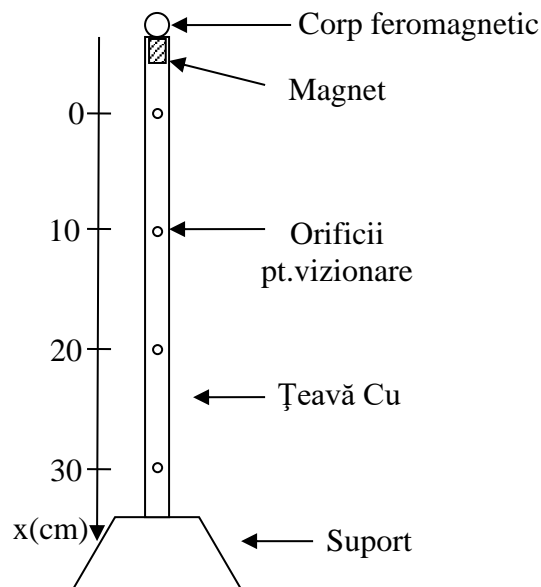
### 1. Teoria lucrării

Legea de mișcare este  $x = x_0 + v(t-t_0)$ . Prin alegerea originii axei de coordonate în poziția inițială ( $x_0 = 0$ ) și prin măsurarea timpului cu ajutorul unui cronometru ( $t_0 = 0$ ), legea de mișcare devine:  $x = vt$ .

Reprezentarea grafică a legii de mișcare este, deci, o dreaptă care trece prin originea sistemului de axe.

Panta acestei drepte este reprezentată de viteza mobilului.

### 2. Dispozitivul experimental



### 3. Modul de lucru

3.1 Se îndepărtează corpul feromagnetic și se pornește cronometrul în momentul în care magnetul se vede prin primul orificiu;

3.2 Se oprește cronometrul atunci când magnetul trece prin dreptul celui de-al doilea orificiu și se notează în tabel momentul de timp arătat de cronometru, corespunzător distanței de 10 cm;

3.3 Se repetă determinarea pentru distanțele de 20cm, respectiv 30 cm notând, de fiecare dată, valoarea indicată de cronometru;

3.4 Pentru o mai bună precizie a determinării se repetă de încă 2 ori determinările anterioare;

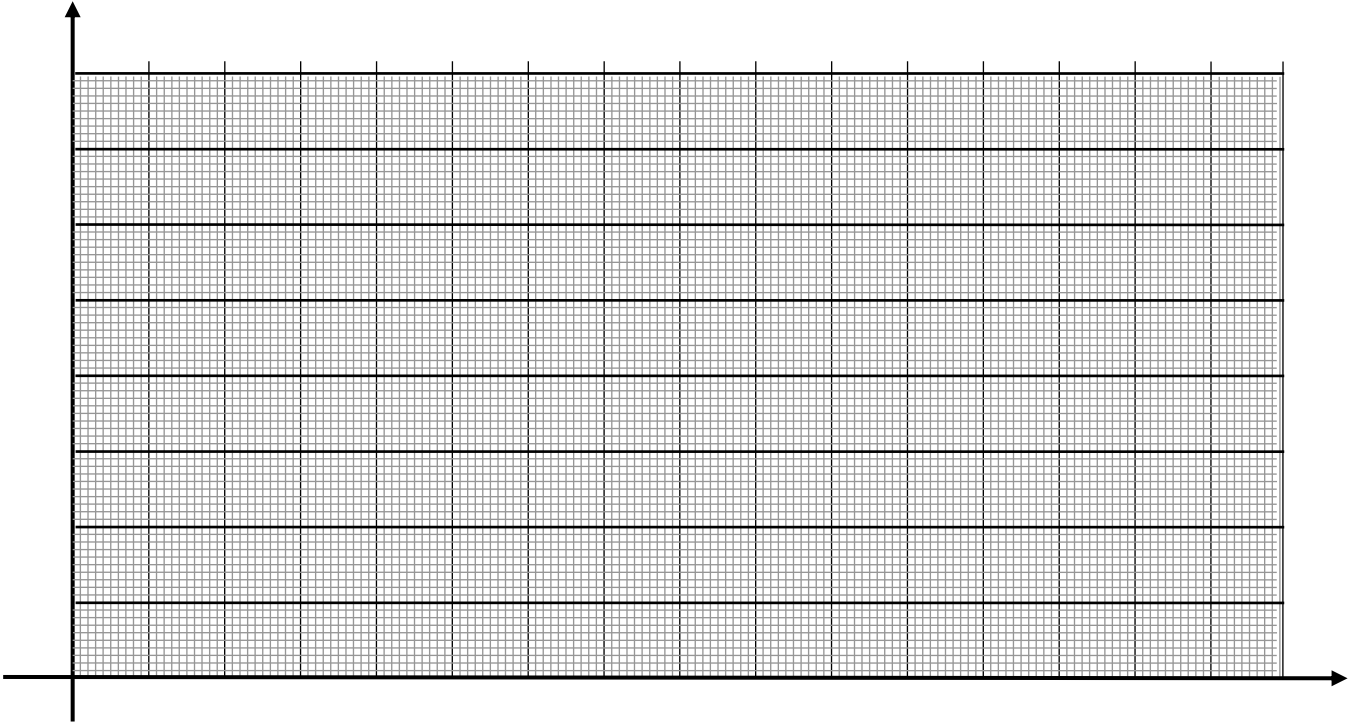
3.5 Se calculează  $t_{\text{mediu}}$  pentru fiecare dintre cele 3 distanțe și se notează valorile în tabel;

3.6 Se reprezintă grafic  $x$  (coordonata) în funcție de  $t_{\text{mediu}}$  (momentul de timp);

3.7 Se determină viteza mișcării prin calculul pantei dreptei (în cm/s).

## Tabel cu date experimentale

Nr. det.	x (cm)	t <sub>1</sub> (s)	t <sub>2</sub> (s)	t <sub>3</sub> (s)	t <sub>mediu</sub> (s)
1	10				
2	20				
3	30				

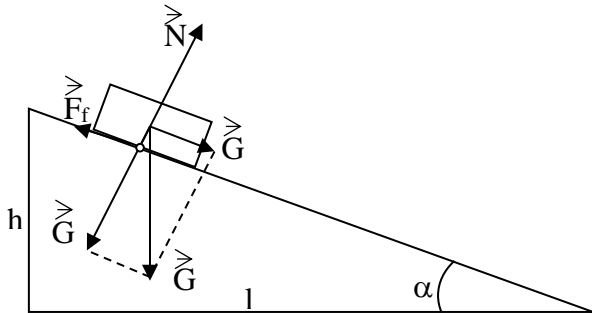


.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

## I.2 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A COEFICIENTULUI DE FRECARE

### 1. TEORIA LUCRĂRII

Dacă un corp alunecă cu viteză constantă spre baza unui plan înclinat, forțele care acționează asupra acestuia sunt reprezentate în figură:



Fiindcă  $v = \text{constant}$  rezultă că  $a = 0$  și  $G_t = F_f$ . Știm că  $G_t = mgsin\alpha$  și  $F_f = \mu mgcos\alpha$ , de unde:

$$mgsin\alpha = \mu mgcos\alpha, \text{ sau} \\ \mu = sin\alpha / cos\alpha = tg\alpha$$

Pentru determinarea tangentei unghiului planului, se folosește înălțimea planului ( $h$ ) și lungimea lui orizontală ( $l$ ), ținând seama de definiția tangentei în triunghiul

dreptunghic care se formează:  $tg\alpha = h / l$ .

Deci, prin măsurarea celor două dimensiuni,  $h$  și  $l$ , în condițiile în care corpul alunecă uniform pe planul înclinat, se poate calcula coeficientul de frecare cu formula:  $\mu = h / l$ .

### 2. DISPOZITIVUL EXPERIMENTAL

Pentru determinările necesare avem nevoie de un tribometru cu plan înclinat, un corp din lemn cu fețe de diferite materiale și o riglă.

### 3. MODUL DE LUCRU

- 3.1 Se așează corpul cu fața din lemn pe planul înclinat și se mărește unghiul de înclinare lovind în același timp ușor scândura, până ce corpul pornește cu viteză constantă, spre baza planului;
- 3.2 Se fixează poziția planului înclinat și, cu ajutorul riglei, se măsoară dimensiunile  $h$  și  $l$  din figură, trecând valorile acestora în tabelul de valori de la sfârșitul referatului;
- 3.3 Se repetă determinările anterioare de încă două ori, trecând datele în tabel;
- 3.4 Se întoarce corpul pe o altă față, placată cu un alt material și se repetă de trei ori experimentul, notând, de fiecare dată, valorile obținute în tabel;
- 3.5 Se calculează, pentru fiecare set de date, valoarea coeficientului de frecare și se face media acestor valori pentru un anumit material;
- 3.6 Enumerați sursele de erori care pot influența rezultatele obținute.

**Tabelul**  
cu datele experimentale

Tipul suprafețelor	Nr.det	h (cm)	l (cm)	$\mu = \frac{h}{l}$	$\mu_{\text{mediu}}$
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

## I.3 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CONSTANTEI ELASTICE A UNUI RESORT

### 1. TEORIA LUCRĂRII

Din legea lui Hooke deducem că între forța deformatoare ( $F_d$ ) și deformare ( $\Delta l$ ) există o relație de proporționalitate de forma:

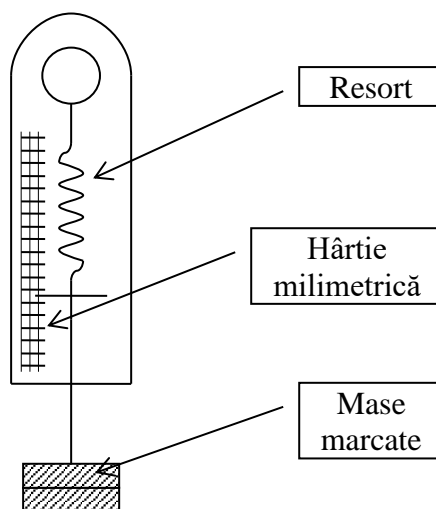
$$F_d = k \cdot \Delta l.$$

Deducem de aici că graficul forței în funcție de deformare este o dreaptă ce trece prin originea axelor, cu panta:

$$\operatorname{tg} \alpha = k = \frac{F_d}{\Delta l}.$$

Deci, dacă vom determina experimental forța deformatoare în funcție de deformare pentru mai multe valori ale forței, vom putea reprezenta grafic  $F_d = F_d(\Delta l)$ . Alinierea punctelor pe reprezentarea grafică reprezintă verificarea legii lui Hooke iar valoarea constantei elastice rezultă din determinarea pantei acestei drepte.

### 2. DISPOZITIVUL EXPERIMENTAL



### 3. MODUL DE LUCRU

3.1 Se agață suportul pentru mase marcate de resort stabilindu-se astfel poziția inițială a capătului resortului ( $l_0$ ), valoarea acesteia notându-se în tabel;

3.2 Se adaugă câte o masă marcată ( $m = 10 \text{ g}$ ) pe suport și, de fiecare dată, se citește poziția capătului resortului pe hârtia milimetrică ( $l$ ), valoare ce se trece în tabel, împreună cu numărul de mase marcate de pe suport ( $n$ );

3.3 Se fac calculele din tabel și se obțin astfel valorile forței deformatoare ( $F_d$ ) în funcție de alungire ( $\Delta l$ );

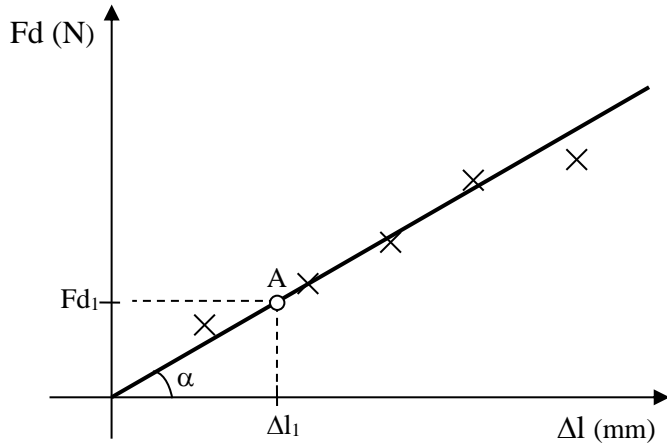
3.4 Se reprezintă grafic forța în funcție de alungire;

3.5 Se calculează panta drepte și astfel obținem valoarea constantei elastice a resortului folosit în experiment ( $k$ );

*(Pe verso se găsește un exemplu teoretic care arată modul de trasare a graficului și modul de calcul al constantei elastice.)*

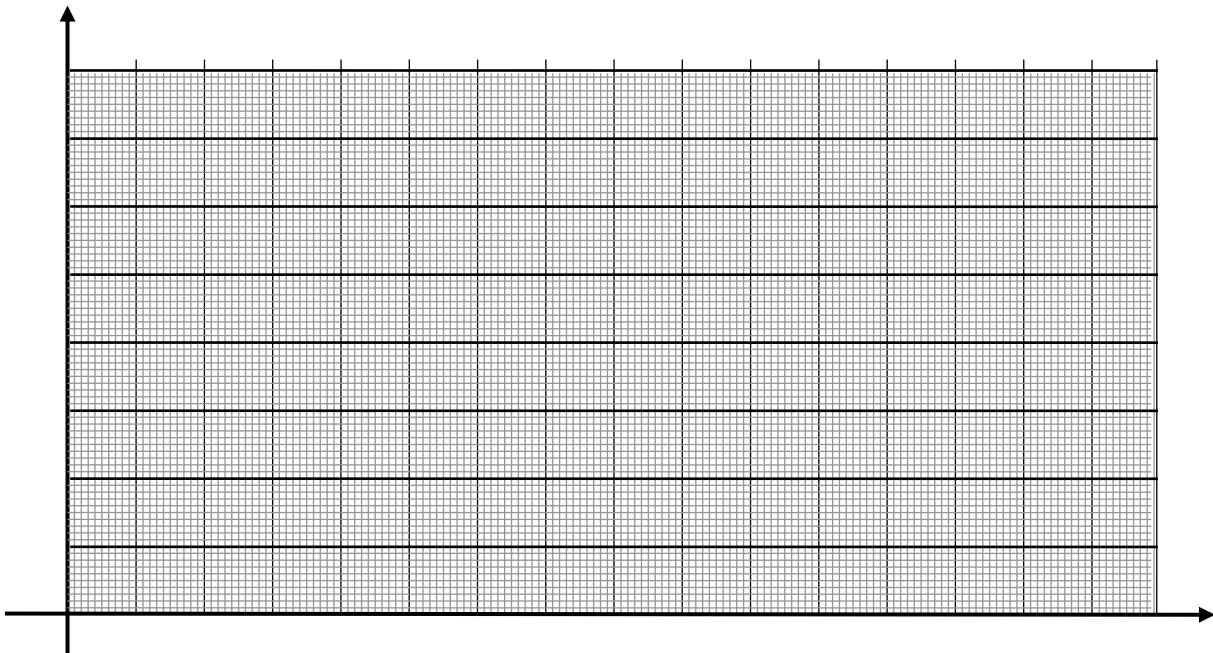
**Tabelul**  
cu datele experimentale

Nr.det	$l_0$ (mm)	n (buc)	l (mm)	$F_d = n \cdot 0,1$ (N)	$\Delta l = l - l_0$ (mm)
1					
2					
3					
4					
5					



Dacă ne alegem pe dreapta trasată un punct arbitrar A ( $F_{dA}$ ,  $\Delta l_A$ ), putem determina panta dreptei (care este chiar constanta elastică) din relația:

$$k = \frac{F_{dA}}{\Delta l_A} \cdot 1000 \text{ (N/m)}$$



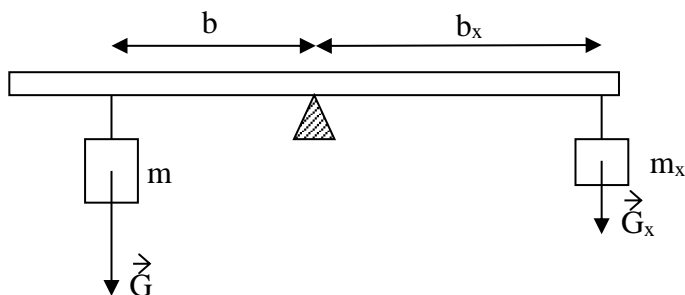
.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



## I.4 DETERMINAREA MASEI CU AJUTORUL BALANȚEI CU BRĂȚE INEGALE

### 1. Teoria lucrării

Ne propunem să determinăm experimental masa unui corp folosind un corp cu masa cunoscută și trusa pentru echilibrul corpurilor.



Sistemul din figură, aflat în echilibru, satisface condiția echilibrului de translație, adică:

$$M_G = M_{G_x}, \text{ sau}$$

$$b \cdot G = b_x \cdot G_x.$$

După cum  $G = m \cdot g$  și  $G_x = m_x \cdot g$ , avem:  $b \cdot m \cdot g = b_x \cdot m_x \cdot g$ . Putem

obține de aici  $m_x$  în funcție de  $m$  pe care îl cunoaștem și  $b$ ,  $b_x$  pe care le putem măsura. Astfel,

$$m_x = \frac{b \cdot m}{b_x}$$

### 2. Modul de lucru

2.1 Agățăm de o parte a sprijinului masa cunoscută  $m$ , iar de cealaltă parte masa necunoscută  $m_x$ , astfel încât bara să fie în echilibru, în poziție orizontală;

2.2 Măsurăm, folosind rigla gradată a barei, brațele forțelor,  $b$  și  $b_x$ , iar valorile găsite le trecem în tabel;

2.3 Repetăm determinările pentru  $b$  și  $b_x$  modificând masa cunoscută, găsind alte două perechi de valori pentru care bara este în echilibru și trecem și aceste valori în tabel;

2.4 Refacem experimentul pentru celălalt corp cu masă necunoscută și trecem în tabel alte trei perechi de valori pentru  $b$  și  $b_x$ ;

2.5 Se cântăresc corpurile cu o balanță de precizie și valorile se trec în tabel.

Nr. det.	$m$ (g)	$b$ (cm)	$b_x$ (cm)	$m_x = \frac{b \cdot m}{b_x}$ (g)	$m_x$ mediu (g)	$m_x$ măsurat	Eroarea relativă (%)
1							
2							
3							
4							
5							
6							

### 3. Prelucrarea datelor experimentale

3.1 Pentru fiecare determinare (de la 1 la 6) se calculează masa necunoscută  $m_x$  cu formula din tabel și se completează tabelul;

3.2 Pentru fiecare masă necunoscută se calculează media valorilor obținute și se completează rubrica  $m_x$  mediu din tabel;

3.3 Se calculează eroarea relativă la determinarea maselor cu formula

$$\varepsilon_r = \left| \frac{m_x \text{ mediu} - m_x \text{ măsurat}}{m_x \text{ măsurat}} \right| \cdot 100 \text{ și se trece în tabel.}$$

### 4. Surse de erori

Enumerați cel puțin 3 surse de erori în determinarea masei cu această metodă:

## I.5 BALOANE DE SĂPUN PLUTITOARE

Aproape oricine s-a jucat făcând baloane de săpun. Aceste sfere fragile umplute cu aer sunt frumoase și interesante. Pentru a le studia mai bine un interval mai mare de timp putem să le facem să plutească într-un gaz mai dens decât aerul. Acest gaz poate fi dioxidul de carbon. Atunci când un balon de săpun cade într-un recipient în care se află acest gaz, ele plutesc și pot fi examinate îndeaproape, descoperindu-se câteva proprietăți care altfel ar fi greu de observat.

Pentru a face baloanele să plutească, avem nevoie de următoarele:

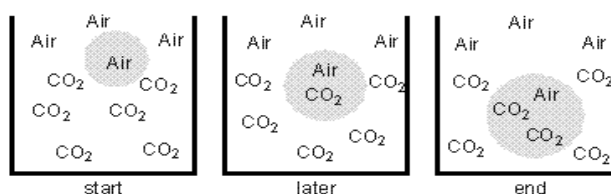
- soluție pentru făcut baloane de săpun;
  - pai din material plastic;
  - un recipient mare și transparent;
  - o jumătate de cană de bicarbonat de sodiu;
  - o cană oțet;
1. Puneți recipientul într-un loc în care poate se poate observa cu ușurință interiorul acestuia.
  2. Puneți bicarbonatul de sodiu pe fundul recipientului;
  3. Turnați oțetul peste bicarbonat;
  4. Așteptați să se producă reacția chimică din care va rezulta dioxidul de carbon (în jur de un minut);
  5. Faceți baloane de săpun deasupra recipientului, încercând ca acestea să cadă înăuntru;
  6. Atunci când reușiți, baloanele vor pluti și le veți putea observa îndeaproape și veți putea răspunde la următoarele întrebări:
    - Observați **culorile** baloanelor.
      - o Puteți vedea mai multe culori ?
      - o Culorile observate se schimbă ?
    - Observați ce se întâmplă cu **mărimea** baloanelor.
      - o Se schimbă ?
      - o Se măresc ?
    - Observați ce se întâmplă cu **poziția** baloanelor în recipient.
      - o Se ridică ? Coboară ?
  7. După ce ați încheiat observațiile aruncați lichidul în chiuvetă și clătiți cu puțină apă.

### **Explicațiile fenomenelor observate**

Culorile baloanelor de săpun se formează printr-un fenomen denumit interferența luminii. Lumina reflectată pe fața interioară și exterioară a balonului se suprapune și, în funcție de grosimea peliculei de săpun care formează peretele balonului, apar diferite culori. Faptul că aceste culori se schimbă arată că grosimea peretelui balonului se modifică și ea.

Baloanele se vor mări pentru că dioxidul de carbon se dizolvă în apă (din care este formată în principal soluția pentru baloane de săpun) mai bine decât aerul. Astfel cantitatea de dioxid de carbon care intră în balon va fi mai mare decât cantitatea de aer care iese, iar balonul se mărește.

Baloanele vor coborî pentru că în interior va intra dioxidul de carbon care este mai greu decât aerul.



# I.6 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CONSTANTEI ATRAȚIEI UNIVERSALE (EXPERIMENT VIRTUAL)

## 1. TEORIA LUCRĂRII

Conform legii atracției universale, forța ce se stabilește între două corpuri punctiforme (sau sferice) cu masele  $m_1$  și  $m_2$ , ce se află la distanța  $r$  unul de altul este:  $F = k \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ , unde  $k$  este constanta atracției universale.



$$F_{12} = F_{21} = F$$

Dacă notăm  $k m_1 m_2 = a$  și  $1/r^2 = x$ , expresia forței devine :

$$F = a x.$$

Se observă că reprezentarea grafică a forței de atracție ( $F$ ) în funcție de  $1/r^2$  este o dreaptă ce trece prin originea axelor.

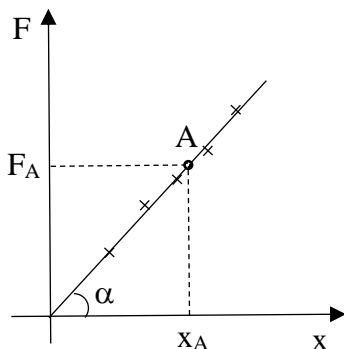
$$\operatorname{tg} \alpha = a = k \cdot m_1 \cdot m_2, \text{ deci } k = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{m_1 \cdot m_2}.$$

Dacă alegem pe dreaptă un punct A, putem calcula :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_A}{x_A}.$$

Din reprezentarea grafică  $F = F(1/r^2)$  putem determina  $\operatorname{tg} \alpha$  și cunoscând masele corpurilor constanta atracției universale poate fi obținută cu formula:

$$k = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{m_1 \cdot m_2}$$



## 2. MODUL DE LUCRU

- 2.1 Accesăm programul de simulare la adresa <https://phet.colorado.edu/ro/simulation/gravity-force-lab>;
- 2.2 Reglăm masele corpurilor la 1000 kg fiecare și folosim rigla pentru a măsura distanța dintre corpuri. Notăm în tabel valorile ( $r$ ,  $F$ );
- 2.3 Modificăm distanța dintre corpuri ( de 4 ori) și notăm, de fiecare dată, valorile ( $r$ ,  $F$ ) în tabel;
- 2.4 Reprezentăm grafic prin puncte forța gravitațională ( $F$ ) în funcție de  $(1/r^2)$  pe hârtia milimetrică din referat;
- 2.5 Trasăm semidreapta reprezentării printre punctele experimentale, ca în figura de mai sus;
- 2.6 Alegem un punct pe semidreapta reprezentării (A) și îi determinăm coordonatele ( $x_A$ ,  $F_A$ );
- 2.7 Calculăm panta semidreptei cu formula de la teorie;
- 2.8 Calculăm valoarea constantei atracției universale;
- 2.9 Calculăm eroarea relativă cu formula:  $\varepsilon = \frac{|k_{teoretic} - k_{experimental}|}{k_{teoretic}} \cdot 100$ , unde  $k_{teoretic} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .

### Tabelul

cu datele experimentale

Nr.det.	r (m)	F ( $\cdot 10^{-6}$ N)	x = $1/r^2$ ( $\text{m}^{-2}$ )



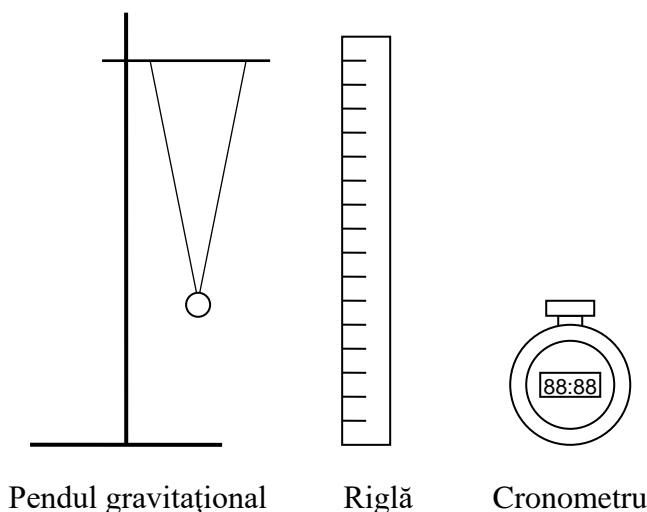
# I.7 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A ACCELERAȚIEI GRAVITAȚIONALE

## 1. Teoria lucrării

Formula perioadei pendulului gravitațional  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  permite calculul accelerației gravitaționale a Pământului dacă determinăm experimental perioada de oscilație (T), în cazul micilor oscilații, și lungimea acestuia.

Astfel,  $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ , formulă pe care o vom folosi pentru determinarea accelerației gravitaționale.

## 2. Dispozitivul experimental



## 3. Modul de lucru

- 3.1 Se măsoară cu rigla lungimea pendulului gravitațional (l) și se trece valoarea acesteia în tabelul cu datele experimentale;
- 3.2 Se determină durata a 10 oscilații complete ale pendulului ( $\Delta t$ ) și se trece valoarea găsită în tabel (oscilațiile pendulului trebuie să aibă amplitudinea cât mai mică)
- 3.3 Se modifică lungimea firului înfășurându-l în jurul suportului orizontal, apoi se măsoară din nou lungimea acestuia, trecând valoarea în tabel;
- 3.4 Se repetă acțiunile de la 3.2;
- 3.5 Se repetă acțiunile de la 3.3 și 3.2;
- 3.6 Se efectuează calculele necesare completând tabelul de mai jos;

## 4. Tabelul cu datele experimentale

Nr. det.	l (m)	$\Delta t$ (s)	T = $\Delta t/10$ (s)	$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ (m/s <sup>2</sup> )	g mediu (m/s <sup>2</sup> )
1					
2					
3					

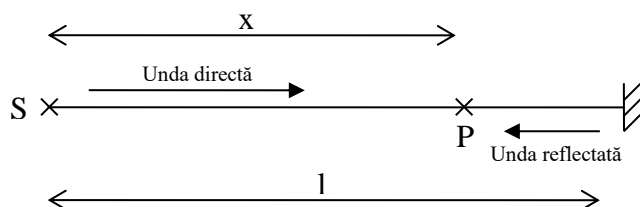


## I.8 DETERMINAREA VITEZEI DE PROPAGARE A SUNETULUI ÎN AER PRIN METODA UNDELOR STAȚIONARE

### 1. Teoria lucrării

Prin compunerea dintre unda directă și cea reflectată la capătul fix al unui mediu elastic, dacă dimensiunile mediului permit aceasta, se formează o undă staționară. Aceasta presupune existența unor puncte ale mediului care nu oscilează (numite noduri) și a unor puncte care oscilează cu amplitudine maximă (numite ventre).

Pentru determinarea poziției ventrelor și nodurilor folosim ecuația unei plane atât pentru a descrie unda directă care ajunge în P,  $y_{dp} = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ , cât și pentru a descrie unda reflectată la capătul mediului elastic,  $y_{rp} = A \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{2l-x}{\lambda} \right) - \pi \right]$ . Am ținut cont că reflexia la capătul fix al unui mediu (la care particulele mediului nu pot oscila) se face cu pierderea a  $\pi$  radiani.



Amplitudinea oscilației compuse va avea expresia:

$$A_p = \sqrt{2A^2(1 + \cos\Delta\varphi)} = 2A \cos \frac{\Delta\varphi}{2}, \text{ cu}$$

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi}{\lambda}(l-x) + \pi.$$

Pentru noduri  $\Delta\varphi = (2n+1)\pi$ , și obținem pentru poziția acestora expresia:

$$x_{nod} = l - n \frac{\lambda}{2}.$$

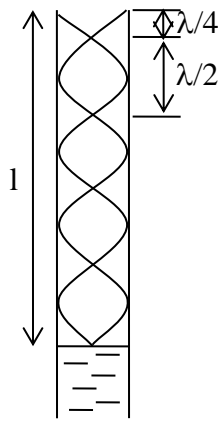
Pentru ventre  $\Delta\varphi = 2n\pi$  și pentru poziția acestora obținem:

$$x_{ventru} = l - (2n-1) \frac{\lambda}{4}, \text{ cu } n \text{ număr întreg.}$$

Deducem din relațiile de mai sus că distanța dintre două noduri succesive este jumătate din lungimea de undă, la fel ca și distanța dintre două ventre succesive. Tot de aici rezultă și că distanța dintre un ventru și un nod este  $\lambda/4$ .

Pentru a măsura viteza sunetului în aer ne propunem să producem o undă staționară într-un tub de sticlă cu un capăt deschis (la care se află sursa de oscilații) și unul închis (de apă introdusă în tub).

Distribuția ventrelor și nodurilor este arătată în figura următoare:



Între lungimea coloanei de aer din tub și lungimea de undă a unei sonore va exista relația:

$$l = n \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}.$$

Pentru două lungimi succesive la care se formează unde staționare în tub, avem:

$$l_1 = n \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}, \text{ și}$$

$$l_2 = (n-1) \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}.$$

$$\text{Diferența acestora } \Delta l = l_2 - l_1 = \frac{\lambda}{2}.$$

Așadar, diferența celor două lungimi reprezintă jumătate din lungimea de undă a unei sonore.

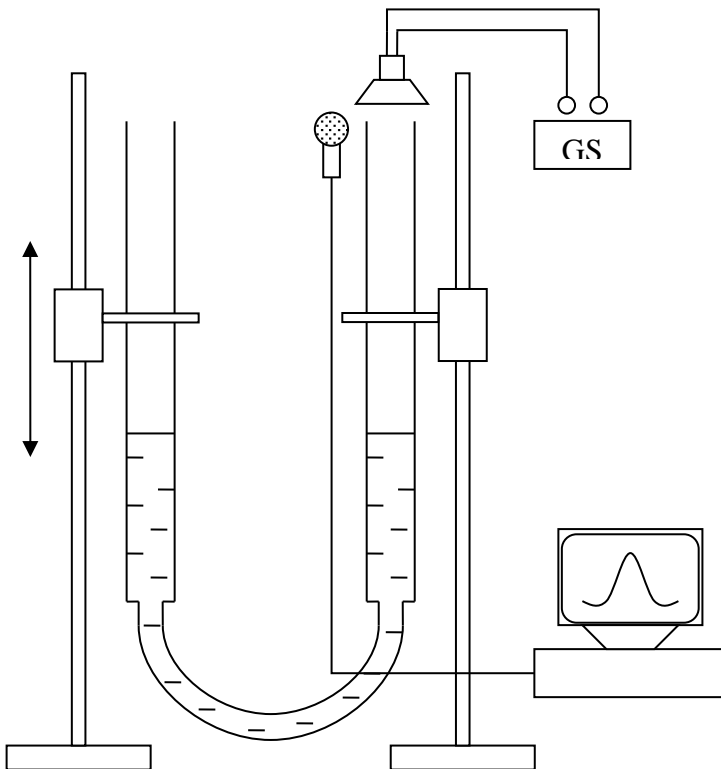
Între lungimea de undă și viteza de propagare există relația  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  și, de aici, formula cu care vom calcula viteza sunetului:

$$c = 2\nu\Delta l.$$

Pentru determinarea vitezei va trebui să măsurăm frecvența precum și lungimile coloanei sonore pentru care se produce unda staționară.

## 2. Dispozitivul experimental

Se leagă două tuburi de sticlă, în partea lor inferioară, printr-un tub flexibil, și în dispozitiv se toarnă apă. În partea superioară a unuia dintre tuburi se montează un difuzor conectat la un generator de semnal audio cu frecvența reglabilă. Dacă deplasăm pe verticală unul din tuburi, vom modifica lungimea coloanei de aer. La o anumită lungime aceasta va intra în rezonanță cu sunetul emis de difuzor, iar acesta se va auzi mai puternic. Pentru a determina cu mai multă acuratețe lungimea coloanei de aer pentru care se produce rezonanța, putem folosi un microfon conectat la un osciloscop prin intermediul unui amplificator sau, mai bine conectat la un calculator, pe acesta rulându-se un program care vizualizează spectrul sunetului.





**Materiale necesare:**

- generator de semnal cu frecvența variabilă;
- difuzor;
- două tuburi de sticlă de cca. 0,8 m lungime (tuburi goale de neon, de exemplu)
- racord flexibil;
- suporturi pentru tuburi și difuzor;
- microfon pt. calculator;
- calculator personal pe care s-a instalat un program pentru analizarea semnalului electric captat prin placa de sunet (Winscope, de exemplu).

**3. Modul de lucru**

3.1 Se stabilește o anumită frecvență a sunetului de la generatorul de semnale. Această frecvență se determină folosind programul de calculator, corespunzător maximului curbei afișate pe ecran ( $\nu$ ).

3.2 Urcând sau coborând unul din tuburi se reglează lungimea coloanei de aer până ce aceasta intră în rezonanță cu sunetul emis de difuzor. În acel moment sunetul se aude mai puternic iar maximul spectrului vizualizat de calculator își atinge maximul. Se citește pe hârtia milimetrică și se notează lungimea coloanei de aer ( $l_1$ );

3.3 Se modifică din nou lungimea coloanei de aer până ce sunetul apare din nou întărit și se notează valoarea acesteia ( $l_2$ );

3.4 Se calculează diferența  $\Delta l = l_1 - l_2$ , și cu ajutorul formulei de la teorie putem calcula viteza sunetului.

Notă:

*Dacă exprimăm frecvența în kHz și lungimile în mm, putem face calculul fără a mai transforma în SI.*

Se poate folosi următorul tabel:

Nr. det	l (mm)	$\nu$ (kHz)	$\Delta l$ (mm)	$c = 2\nu\Delta l$ (m/s)	$c_{\text{mediu}}$ (m/s)
1					
2					
3					

# II. Termodinamică

## II.1 STUDIUL TRANSFORMĂRII IZOBARE

(EXPERIMENT VIRTUAL)

### Obiective:

1. Culegerea datelor experimentale; (Nota 5)
2. Trasarea graficului transformării în coordonate (V, T); (+ 2 puncte)
3. Calculul căldurii schimbate cu exteriorul (Q), variației energiei interne ( $\Delta U$ ) și al lucrului mecanic efectuat (L) în transformarea studiată; (+ 2 puncte)
4. Verificarea primului principiu al termodinamicii pentru transformarea studiată. (+ 1 punct)

### Mod de lucru:

1. Accesați programul de simulare: [https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties\\_ro.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_ro.html) ;
2. Alegeți "Studiere";
3. Bifați pătratul "Lățime";
4. Acționați mânerul din stânga pentru a micșora lungimea cilindrului la 5 nm;
5. Introduceți o cantitate de gaz în cilindru prin acționarea mânerului pompei de câteva ori;
6. Notați valoarea presiunii, volumului și temperaturii în tabel; (considerăm că secțiunea cilindrului este  $S = 1\text{ m}^2$ , astfel că volumul se calculează  $V = S \cdot l = 1\text{ m}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-9}\text{ m} = 5 \cdot 10^{-9}\text{ m}^3$  ;
7. Modificăm lungimea cilindrului prin deplasarea (spre stânga) a pistonului (indicațiile pentru temperatură și presiune se vor schimba);
8. Încălzim gazul (prin ridicarea cursorului "Căldură/Rece") până obținem din nou presiunea inițială (noi studiem transformarea izobară);
9. Notați valorile pentru volum și temperatură în tabel;
10. Repetați 7, 8 și 9 de încă 3 ori;

Tabel cu date experimentale

Nr. det	P (atm)	V (m <sup>3</sup> )	T (K)
1			
2			
3			
4			
5			

11. Reprezentați grafic, pe o foaie de matematică, V (m<sup>3</sup>) în funcție de T (K);
12. Calculați variația energiei interne  $\Delta U = \nu \cdot C_{\mu v} \cdot \Delta T = C_{\mu v} \cdot p \cdot \Delta V/R$ , în jouli ( $C_{\mu v} = 3/2 \cdot R$ );
13. Calculați căldura primită  $Q = \nu \cdot C_{\mu p} \cdot \Delta T = C_{\mu p} \cdot p \cdot \Delta V/R$ , în jouli;
14. Calculați lucrul mecanic efectuat  $L = p \cdot \Delta V$ , în jouli;
15. Comparați valorile pentru  $\Delta U$  și  $Q - L$ . Ce observați ?

## II.2 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CĂLDURII SPECIFICE PENTRU O SUBSTANȚĂ SOLIDĂ

### 1. Teoria lucrării

Vom folosi metoda amestecurilor pentru determinarea căldurii specifice. Pentru aceasta vom pune în contact termic o cantitate de apă cu un corp solid confecționat din substanța căreia dorim să-i măsurăm căldura specifică. După realizarea echilibrului termic măsurăm temperatura amestecului. Dacă folosim următoarele notații ( $m_a$  - masa apei;  $m_c$  - masa corpului;  $t_a$  - temperatura inițială a apei;  $t_c$  - temperatura inițială a corpului;  $t_e$  - temperatura de echilibru;  $C$  - capacitatea calorică a vasului interior al calorimetrului;  $c_x$  - căldura specifică necunoscută;  $c_a$  - căldura specifică a apei) ecuația calorimetrică se scrie:

$$Q_{\text{cedat}} = Q_{\text{primit}},$$

$$m_c c_x (t_c - t_e) = m_a c_a (t_e - t_a) + C(t_e - t_a), \text{ de unde}$$

$$c_x = \frac{m_a c_a (t_e - t_a) + C(t_e - t_a)}{m_c (t_c - t_e)}$$

Dacă se măsoară  $m_c$ ,  $m_a$ ,  $t_e$ ,  $t_a$ ,  $t_c$  se poate calcula  $c_x$  cu formula de mai sus.

Se dau:  $c_a = 4185 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ;  $C = 150 \text{ J/K}$ .

### 2. Dispozitivul experimental

Se folosește un calorimetru, termometru, cilindru gradat, vas cu apă la temperatura camerei, corp confecționat din substanța căreia dorim să-i determinăm căldura specifică, balanța electronică.

### 3. Modul de lucru

- 3.1 Se determină masa corpurilor prin cântărire cu balanța,  $m_c$ ;
- 3.2 Se măsoară 150 ml apă cu cilindrul gradat și se introduc în calorimetru;
- 3.3 Se măsoară temperatura apei din calorimetru,  $t_a$ ;
- 3.4 Se introduc corpurile într-un vas cu apă care fierbe, se așteaptă efectuarea schimbului de căldură și apoi se măsoară temperatura amestecului care este și temperatura inițială a corpurilor,  $t_c$ ;
- 3.5 Se introduc corpurile în apa din calorimetru și, după realizarea echilibrului termic (temperatura apei nu mai crește) se citește temperatura de echilibru,  $t_e$ .

### 4. Prelucrarea datelor experimentale

- 4.1 Folosind formula de la „Teoria lucrării” se calculează căldura specifică a substanței din care sunt confecționate corpurile;
- 4.2 Folosind tabelul de mai jos, identificați materialul din care e confecționat corpul;

Alamă	Oțel	Aluminiu	Plumb	Cupru
368	448 - 470	895	125	730

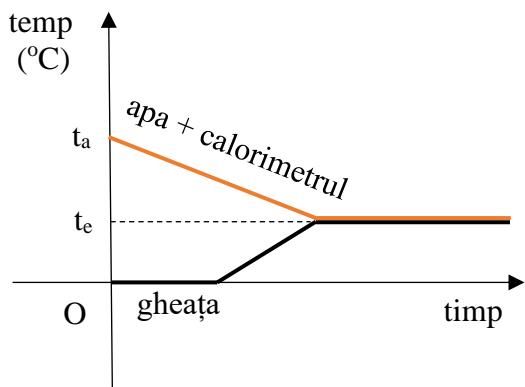
- 4.2 Menționați trei surse de erori în experimentul efectuat.

## II.3 DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CĂLDURII LATENTE DE TOPIRE A GHEȚII

### 1. Teoria lucrării

Dacă punem în contact termic o cantitate de apă cu o bucată de gheață, aceasta din urmă se va topi primind căldură de la apă, apoi apa rezultată din topirea gheții se va încălzi până ce se va realiza echilibrul termic. Schimbul de căldură are loc într-un calorimetru, pentru izolarea termică a amestecului de mediul exterior.

Graficul temperaturilor în funcție de timp pentru componentele amestecului este:



Dacă folosim următoarele notații  $m_a$  - masa apei;  $m_g$  - masa gheții;  $t_a$  - temperatura inițială a apei;  $t_e$  - temperatura de echilibru;  $C$  - capacitatea calorică a vasului interior al calorimetrului;  $\lambda$  - căldura latentă specifică de topire a gheții;  $c_a$  - căldura specifică a apei) ecuația calorimetrică se scrie:

$$|Q_{\text{cedat}}| = Q_{\text{primit}},$$

$$m_a c_a (t_a - t_e) + C(t_a - t_e) = m_g \lambda_g + m_g c_a (t_e - 0),$$

de unde:

$$\lambda_g = \frac{m_a c_a (t_a - t_e) + C(t_a - t_e) - m_g c_a (t_e - 0)}{m_g}$$

Dacă se măsoară  $m_g$ ,  $m_a$ ,  $t_e$ ,  $t_a$ , se poate calcula  $\lambda_g$  cu formula de mai sus.

Se dau:  $c_a = 4185 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ;  $C = 150 \text{ J/K}$ .

### 2. Dispozitivul experimental

Se folosește un calorimetru, termometru, cilindru gradat, vas cu apă la temperatura camerei, cuburi de gheață în echilibru termic cu apă (la  $0^\circ\text{C}$ ), prosoape de hârtie.

### 3. Modul de lucru

3.1 Se măsoară 150 ml apă cu cilindrul gradat și se introduc în calorimetru;  
3.2 Se măsoară temperatura apei din calorimetru,  $t_a$  și se notează valoarea în tabel;  
3.3 Din amestecul de apă și gheață lăsat în prealabil să ajungă la echilibru termic ( $0^\circ\text{C}$ ) se extrag 2 -3 cuburi de gheață cu ajutorul unui clește, se șterg de apă folosind prosopul de hârtie și se introduc în apa din calorimetru, după care se așază capacul;

3.4 Se introduce termometrul prin orificiul corespunzător, se acționează agitatorul și se urmărește indicația termometrului. Atunci când se constată că temperatura nu mai scade, se notează în tabel valoarea temperaturii de echilibru,  $t_e$ ;

3.5 Pentru a determina cantitatea de gheață se toarnă apa din calorimetru în cilindrul gradat, măsurând volumul acesteia. Diferența dintre volumul final și cel inițial, măsurat la 3.1 va și volumul apei provenite din topirea gheții.

**Tabel**  
cu date experimentale

$m_a$ (kg)	$t_a$ ( $^\circ\text{C}$ )	$t_e$ ( $^\circ\text{C}$ )	$m_g$ (kg)	$\lambda_g$ (J/kg)



# III. Electricitate și magnetism

## III.1 BATERIE CU OȚET

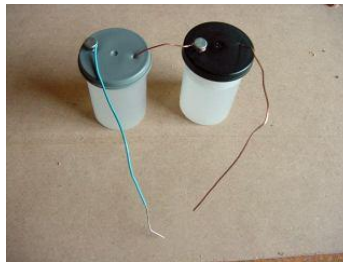
Putem construi un generator electric folosind materiale aflate la îndemâna orcu. Problema este că bateria noastră cu oțet, deși produce o tensiune de aproximativ 0,8 volți, nu poate furniza un curent suficient de mare pentru a face să funcționeze un bec de lanternă, de exemplu. Putem însă să folosim două astfel de baterii legate în serie pentru a alimenta un calculator de buzunar, acesta având nevoie de un curent electric foarte mic, pe care bateriile noastre îl pot furniza.

### **Materiale necesare**

1. Două cutii goale de film fotografic;
2. Două cuie zincate;
3. Două bucăți de sârmă de cupru fără izolație;
4. Conductorii de cupru lițați pentru conectarea bateriilor una cu cealaltă și a calculatorului;
5. Un calculator de buzunar cu fire de alimentare scoase din interior;
6. Oțet alimentar de 9 grade.

### **Construcția bateriilor**

1. Introduceți cuiul zincat prin capacul cutiei de film;
2. Introduceți și sârma de cupru mai groasă, prin capacul aceleiași cutii, ca în fotografia de mai jos;



3. Procedați la fel pentru a construi și cealaltă baterie;
4. Legați borna pozitivă (+) a unei baterii (sârma de cupru) de borna negativă a celeilalte (cuiul zincat) printr-un fir conductor lițat;
5. Legați, cu ajutorul celor două fire lițate alăturate, ansamblul bateriilor la calculator (firul negru la cuiul zincat al primei baterii (-) și firul roșu la conductorul de cupru al celei de-a doua (+));



6. Scoateți capacele cutiilor de film și umpleți aproximativ  $\frac{3}{4}$  din volumul cutiei cu oțet, apoi puneți capacele la loc (atenție să nu se atingă, în interior, cuiul cu sârma de cupru);
7. Calculatorul ar trebui să funcționeze normal. Efectuați câteva calcule pentru a vă convinge.

## III.2 CONDUCTIVITATEA ELECTRICĂ A SOLUȚIILOR

Apa nu conduce prea bine curentul electric. Totuși, atunci când dizolvăm anumite substanțe în apă, soluțiile obținute sunt conductoare.

Ne propunem să construim un dispozitiv care să arate cât de bine conduc soluțiile curentul electric. Conductivitatea electrică a unei soluții va fi arătată de tăria cu care luminează un bec de lanternă.

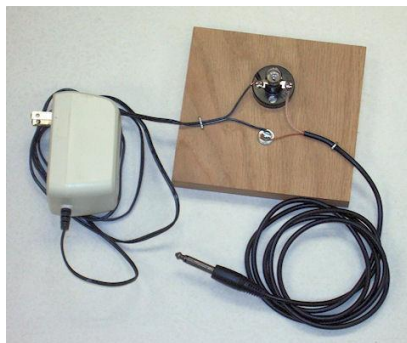
### **Materiale necesare:**

- un transformator electric ce furnizează 12 V curent alternativ (transformator de sonerie);
- o mufă audio mono atașată la un cablu (aceasta va deveni sonda pentru testarea soluțiilor);
- un bec de lanternă de 12Volți, 1,2 Watt;
- soclu pentru bec;
- șurubelniță;
- patent pentru dezizolarea firelor;
- diverse săruri pentru prepararea soluțiilor;
- recipiente pentru prepararea soluțiilor;
- linguriță pentru dozare și agitare.

### **Construcția**

1. Îndepărtați izolația pe cca. 1 cm la unul dintre firele mufei audio (cealaltă are montată o banană), precum și de la celălalt capăt al firului cu banană;
2. Cu ajutorul șurubelniței, conectați capetele dezizolate la ieșirea de 12 Volți a transformatorului (NU UMBLAȚI LA INTRAREA DE 220 VOLTI !!!);
3. Montați becul pe suport prin înșurubare;
4. Conectați bananele la orificiile suportului becului.

GATA !



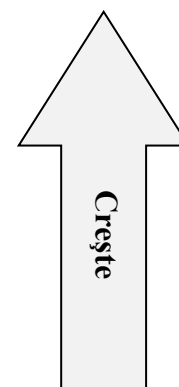
### **Prepararea soluțiilor**

1. Puneți, în ordine, în adânciturile foliei de plastic pentru bomboane, câte un vârf de linguriță din următoarele substanțe, lipind de fiecare dată o etichetă corespunzătoare:
  - a. amoniu (pentru prăjituri);
  - b. sare de bucătărie;
  - c. sare de lămâie;
  - d. detergent;
  - e. bicarbonat de sodiu;
  - f. sulfat de cupru (piatră vânăță).
2. Adăugați la fiecare sare câte 2 seringi pline cu apă (6 cm<sup>3</sup>);
3. Amestecați fiecare soluție cu lingurița de plastic pe care o spălați în apă atunci când treceți de la o soluție la alta;
4. Pentru comparație, turnați în alte adâncituri și 6 cm<sup>3</sup> de apă de la robinet și 6 cm<sup>3</sup> de oțet.

### Testarea soluțiilor

1. Introduceți ștecherul transformatorului într-o priză de 220 V;
2. Introduceți mufa audio în prima soluție astfel încât nivelul soluției să depășească puțin contactele mufei și urmăriți strălucirea becului;
3. Scoateți mufa din soluție și introduceți-o în apă de la robinet; (NU ATINGEȚI CU MÂNA MUFA DUPĂ SCOATEREA EI DINTR-O SOLUȚIE – POATE FI ACOPERITĂ CU SUBSTANȚE CE ATACĂ PIELEA !!!);
4. Folosind modul de lucru descris mai sus, comparați conductivitatea electrică a soluțiilor obținute, și scrieți rezultatele în tabelul de mai jos:

NR.	SUBSTANȚA
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	





### III.3 MOTOR ELECTRIC

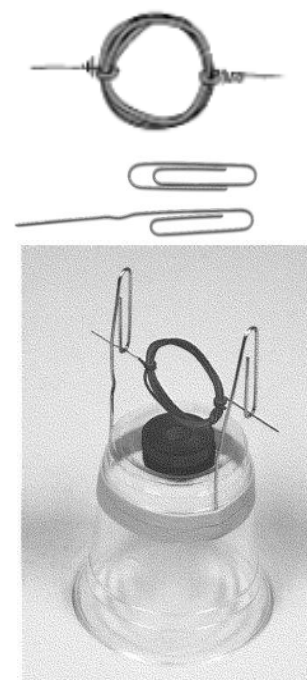
Un motor electric transformă energia electrică în energie mecanică. Cum face aceasta? Un curent electric produce în jurul său un câmp magnetic. Acesta poate fi atras sau respins de un magnet permanent. Atracția sau respingerea poate cauza mișcarea firului prin care trece curentul electric.

Aveți nevoie de următoarele materiale:

- aprox. 1-2 metri de conductor de cupru emailat;
- 2 magneți în formă de disc;
- 2 conductori izolați pentru conectarea la baterie;
- un pahar de plastic;
- mai multe benzi elastice;
- 2 agrafe de birou mari;
- 1 baterie R20 (1,5 V);
- 1 cuțit de hârtie (cutter).

#### **Construcția**

1. Înfășurați firul de cupru emailat în jurul bateriei pentru a construi o bobină. Capetele le înfășurați în jurul firelor bobinei pentru a le strânge și fixa. Lăsați capetele libere pe o distanță de circa 4-5 cm, ca în figură;
2. Îndreptați bucla cea mai mare a agrafelor, ca în figură;
3. Întoarceți paharul invers și puneți magnetii astfel încât să se atragă, unul în interiorul paharului, iar celălalt în exterior;
4. Puneți benzile elastice partea laterală a paharului, aproape de fundul acestuia;
5. Fixați cele două agrafe folosind benzile elastice astfel ca acestea să formeze un suport pentru capetele bobinei, ca în figură;
6. Ajustați poziția agrafelor pentru a obține o poziție orizontală pentru bobină;
7. Atașați firele pentru conectarea bateriei introducându-le între agrafe și pahar (vor fi strânse de benzile elastice);
8. ***Luați bobina de pe suportul format de agrafe și ținând-o în poziție verticală (!!) răzuiți izolația de pe partea de sus a capetelor bobinei (chemați un adult în ajutor);***



#### **Funcționarea**

Puneți bobina cu capetele pe suporturile formate de agrafe, cu partea dezizolată în contact cu agrafele și conectați bateria. Veți observa sensul de rotație a bobinei. Dați bobinei un impuls în acest sens și motorul va funcționa.

Funcționarea depinde de cât de bine se reușește echilibrarea bobinei.

Schimbați polaritatea bateriei. Ce observați ?

Explicați de ce a fost nevoie să dezizolăm firul doar pe jumătate.

Distrați-vă cu construcția voastră !

### III.4 TELEGRAF

Telegraful electric este una dintre cele mai importante invenții în istoria științei. El este legat de începuturile comunicațiilor la distanță.

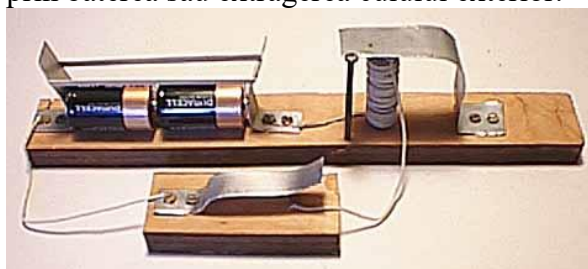
Telegraful este bazat pe efectul magnetic al curentului electric, adică pe proprietatea unei bobine parcurse de curent de a se comporta ca un magnet și, deci, de a atrage obiecte care conțin fier.

#### **Materiale necesare:**

- 2 bucăți de lemn;
- 9 șuruburi mici de lemn sau cuie;
- 2 cuie mari din fier (5-6 cm);
- 2 bucăți dreptunghiulare din tablă subțire de oțel;
- 5-7 m de conductor din cupru emailat subțire;
- conductori din cupru lițat pentru conexiuni;
- două baterii R20

#### **Construcția**

1. Întrerupătorul se face prin fixarea unei fâșii de tablă de una dintre bucățile de lemn cu șuruburi, ca în fotografie (de unul dintre șuruburile de fixare se va atașa conductorul);
2. Sub fâșia de tablă se fixează un șurub (sau cui) care va constitui una dintre bornele întrerupătorului;
3. Pe cealaltă bucată de lemn se fixează unul dintre cuiurile mari, care va constitui miezul bobinei noastre;
4. Se bobinează conductorul din cupru emailat, spiră lângă spiră, pe cuiul fixat anterior (se realizează aproximativ 200 de spire);
5. Se bate un cui mare pentru a opri cu capul său piesa din tablă să se îndepărteze prea mult de bobină;
6. Se conectează electric piesele telegrafului în serie (una după alta), ca în fotografie;
7. Se reglează distanța dintre piesa de tablă a bobinei și cuiul pe care este realizată aceasta prin baterea sau extragerea cuiului exterior.



#### **Distracția**

Căutați codul MORSE, cu care se făceau transmisiuni telegrafice:

Punct înseamnă un interval scurt între atracția piesei de către bobină (clic) și eliberarea acesteia (clac). O linie ține cât trei puncte. Între semnele unui cuvânt intervalul este de un punct. Între litere se lasă un interval cât trei puncte, iar între cuvinte un interval de șapte puncte.

Încercați, pe rând, să transmiteți ceva iar colegii de grupă să descifreze mesajul.

# III.5 DETERMINAREA TENSIUNII ELECTROMOTOARE ȘI A REZISTENȚEI INTERNE A UNUI GENERATOR ELECTRIC (EXPERIMENT VIRTUAL)

## 1. Teoria lucrării

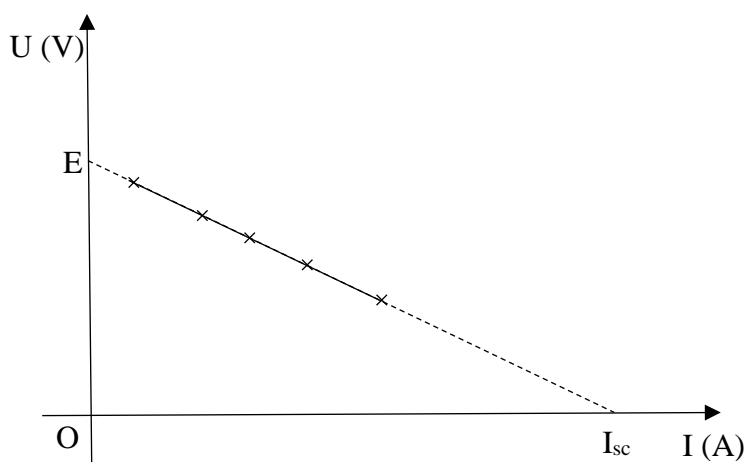
Legea lui Ohm pentru un generator este:  $U = E - I \cdot r$ . Dacă reprezentăm grafic tensiunea la bornele sursei ( $U$ ) în funcție de intensitatea curentului ( $I$ ) vom obține o dreaptă ce intersectează axele în punctele de coordonate:

- pentru axa OU : (0, E);

- pentru axa OI : ( $I_{sc}$ , 0), unde  $I_{sc}$  reprezintă intensitatea curentului de scurtcircuit.

Putem deci să determinăm tensiunea electromotoare ( $E$ ) prin prelungirea graficului până la intersecția acestuia cu axa OU și intensitatea curentului de scurtcircuit ( $I_{sc}$ ) prin prelungirea graficului până la intersecția cu axa OI.

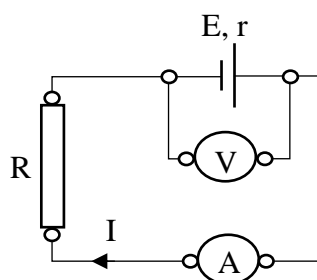
Rezistența internă a generatorului poate fi calculată ținând cont că  $I_{sc} = E/r$ . Astfel  $r = E/I_{sc}$ .



## 2. Dispozitivul experimental

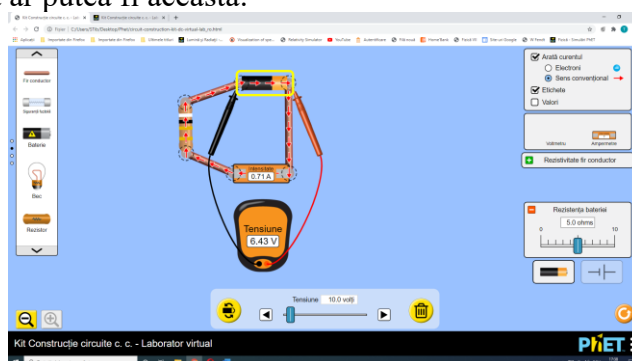
Vom folosi aplicația ”Circuit-construction-kit-dc-virtual-lab\_ro.html” care poate fi accesată la adresa: <https://phet.colorado.edu/ro/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>

Schema circuitului pe care trebuie să-l realizăm este următoarea:

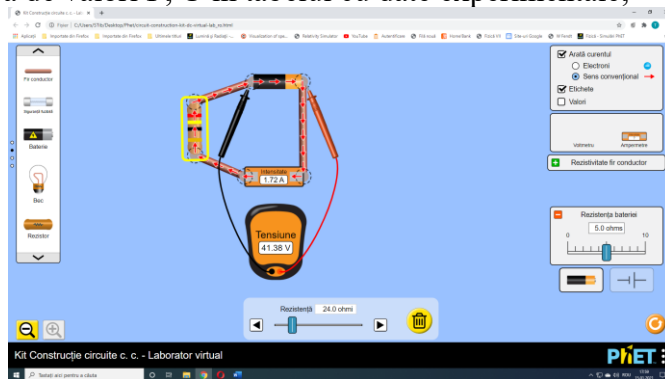


## 3. Modul de lucru

3.1 Construim circuitul prin tragerea elementelor pe planșa de lucru. O variantă care respectă schema ar putea fi aceasta:



- 3.2 Printr-un click pe sursa de tensiune stabilim valoarea pentru E (de la 5V la 50 V) și pentru r (de la 1 Ω la 10 Ω la "Rezistența bateriei") – aceste valori le vom păstra constante până la sfârșitul lucrării;
- 3.3 Reglăm rezistența rezistorului montat în circuit (putem face aceasta făcând click pe el) în plaja de valori (0, 120 Ω) fără ca intensitatea curentului să depășească 5 A. Notăm perechea de valori I , U în tabelul cu date experimentale;



- 3.4 Modificăm de încă 4 ori R și notăm în tabel perechile de valori pentru I și U.

#### 4. Prelucrarea datelor experimentale

- 4.1 Tabelul cu date experimentale:

Nr. det.	1	2	3	4	5
I (A)					
U(V)					

- 4.2 Se reprezintă grafic pe hârtie de matematică tensiunea la bornele sursei (U) în funcție de intensitatea curentului (I);
- 4.3 Se prelungește dreapta obținută până la intersecția axelor și se determină astfel :

$$E = \dots\dots\dots V \text{ și } I_{sc} = \dots\dots\dots A$$

- 4.4 Se calculează rezistența internă  $r = E/I_{sc}$ ,

$$r = \dots\dots\dots \Omega.$$

- 4.5 Se calculează eroarea relativă la determinările lui E și r, cu formula:

$$\varepsilon = \left| \frac{E_{determinat} - E_{teoretic}}{E_{teoretic}} \right| \cdot 100, \text{ unde } E_{teoretic} \text{ este valoarea fixată la începutul experimentului și } E_{determinat} \text{ este valoarea găsită de voi pe grafic. Pentru eroarea relativă la determinarea lui r se folosește o formulă asemănătoare:}$$

$$\varepsilon = \left| \frac{r_{determinat} - r_{teoretic}}{r_{teoretic}} \right| \cdot 100 .$$

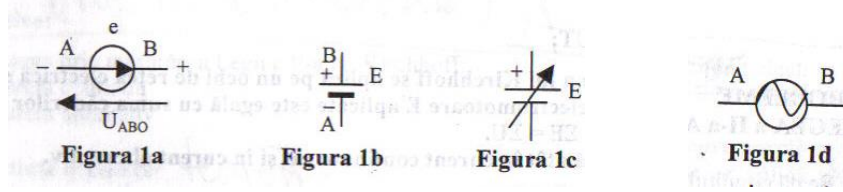
### III.6 GENERATOARE ELECTRICE (SURSE ELECTRICE)

➤ **OBIECTIVE**

- Determinarea experimentală a valorilor parametrilor caracteristici ai surselor;
- Asocierea surselor (serie, paralel, mixt);

➤ **CUNOȘTINTE NECESARE**

În schemele electrice, generatoarele se reprezintă astfel:

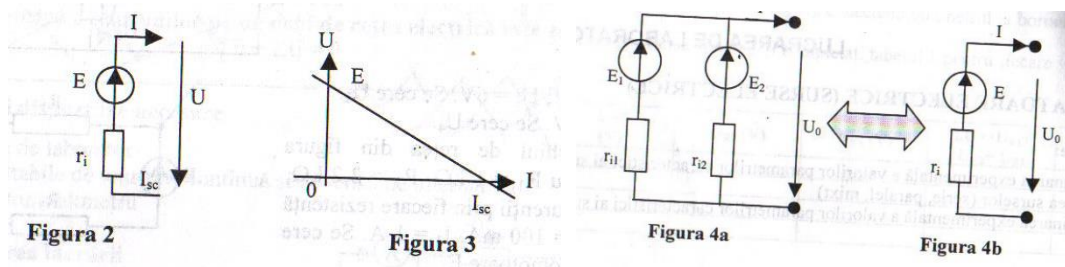


- surse de tensiune continuă (fig. 1a, 1b) și sursa de tensiune continuă ajustabilă (1c);
- surse de tensiune alternativă (fig. 1d);

O sursă reală de tensiune, fig. 2, este un generator care are rezistența internă  $r_i$  diferită de zero.

Tensiunea electromotoare  $E$  (t.e.m.) a unei surse este egală cu tensiunea electrică de mers în gol. La funcționarea în gol ( $I = 0$ ) rezultă  $U_0 = E$ . La funcționarea în scurtcircuit ( $U = 0$ ), rezultă curentul de scurtcircuit  $I_{sc} = E / r_i$ .

Caracteristica curent – tensiune pentru o sursă reală de tensiune este o dreaptă (fig. 3).



Asocierea în paralel a surselor de tensiune se realizează precum în figura 4a.

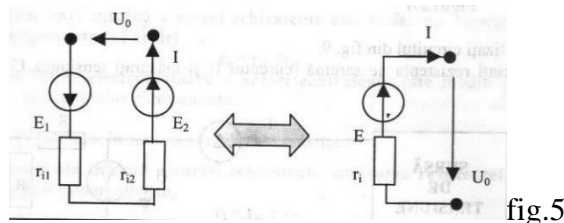
T.e.m. a sursei echivalente este valoarea medie ponderată a t.e.m. surselor componente, ponderile fiind conductanțele interne. Rezistența internă a sursei echivalente se determină ca și când rezistențele surselor ar fi în paralel.

$$E = \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} \quad r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$$

**Atentie!**

Nu se conectează în paralel două surse de tensiune reale decât dacă au aceeași tensiune  $E$  !

Asocierea în serie a surselor de tensiune se realizează ca în figura 5.



În cazul asocierii în serie a surselor de tensiune:

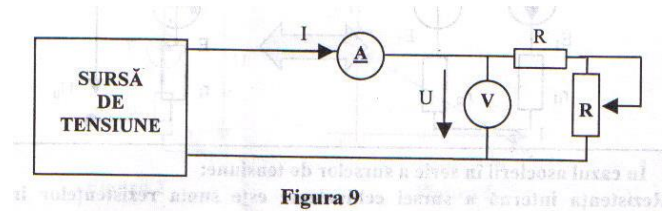
- **Rezistența internă a sursei echivalente este suma rezistentelor interne a surselor componente**  $r_i = r_{i1} + r_{i2}$  și
- **T.e.m. a sursei echivalente este suma t.e.m. a surselor**  $E = E_1 + E_2$ .

➤ **APARATE ȘI DISPOZITIVE NECESARE**

- Ampermetru, voltmetru;
- Platforma de laborator;
- Surse de tensiune;
- Fire pentru conexiuni.

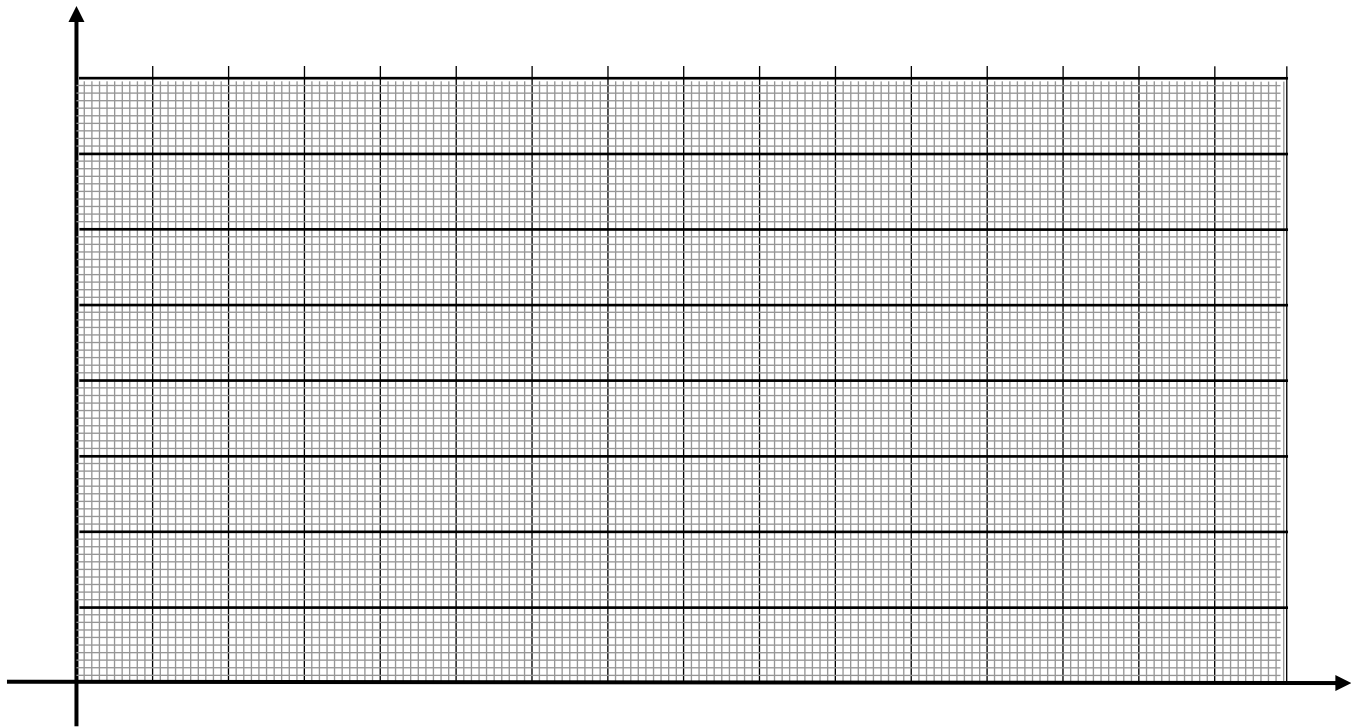
➤ **DESFĂȘURAREA LUCRĂRII**

1. Realizați circuitul din figura 9.
2. Variați rezistența de sarcină (curentul I) și măsurați t. „U” furnizată de sursă.
3. Completați tabelul următor cu rezultatele obținute la măsurători.



<b>I</b>	(mA)																			
<b>U</b>	(V)																			

4. Utilizând datele din tabel, desenați caracteristica externă a sursei de tensiune  $U = f(I)$ .



5. Prelungim dreapta de sarcină până ce aceasta intersectează axele și aflăm astfel E (pe axa tensiunilor) și I<sub>sc</sub> (pe axa intensităților)

E = ..... și I<sub>sc</sub> = .....

9. Calculăm rezistența internă cu formula:  $r_i = E/I_{sc}$

$r_i = \dots\dots\dots$

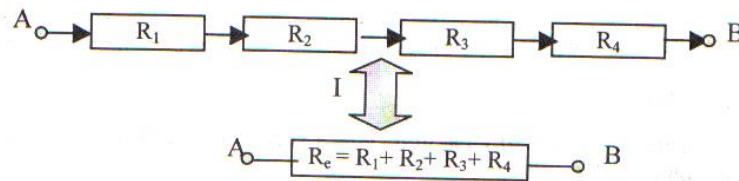
### III.7 ASOCIEREA REZISTOARELOR

#### ➤ OBIECTIVE:

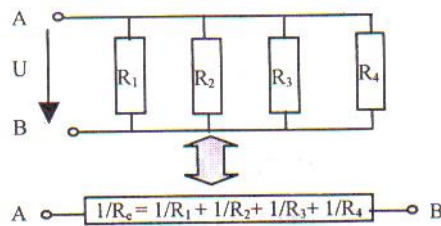
- Măsurarea curentului în circuitul serie;
- Verificarea prin măsurători a regulii de calcul pentru rezistențe conectate în serie;
- Măsurarea tensiunii în circuitul paralel;
- Verificarea prin măsurători a regulii de calcul pentru rezistențe conectate în paralel;
- Verificarea prin măsurători a regulii de calcul pentru rezistențe conectate mixt (serie și paralel).

#### ➤ CUNOȘTINȚE TEORETICE:

- Rezistoarele sunt conectate în serie dacă fiecare terminal al rezistorului este conectat la alt rezistor. Rezistența echivalentă  $R_e$  este suma tuturor rezistențelor.



- Rezistoarele sunt conectate în paralel dacă terminalele tuturor rezistoarelor sunt conectate la aceleași borne.



#### ➤ APARATE ȘI DISPOZITIVE NECESARE:

- Platforma de laborator cu posibilitatea de conectare a rezistoarelor – serie, paralel și mixt;
- Ampermetru, voltmetru, ohmmetru;
- Surse de alimentare, fire de legătură.

#### ➤ DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

- Măsurăți cu ohmmetrul valorile rezistențelor rezistoarelor  $R_1$ ,  $R_2$  și  $R_3$  și treceți-le în tabel;
- Realizați circuitul serie din figura 1;
- Măsurăți intensitatea curentului  $I$  furnizat de generator în circuitul serie și scrieți valoarea în tabel;
- Măsurăți tensiunea  $U$  la bornele grupării de rezistoare și scrieți valoarea în tabel;
- Calculați rezistența echivalentă conform măsurătorilor  $R_{ep} = U/I$ ;
- Calculați rezistența echivalentă teoretică,  $R_{et} = R_1 + R_2 + R_3$  și comparați valoarea obținută cu cea calculată în urma măsurătorilor, calculând eroarea relativă  $\varepsilon_r = (R_{et} - R_{ep})/R_{ep} * 100$ ;

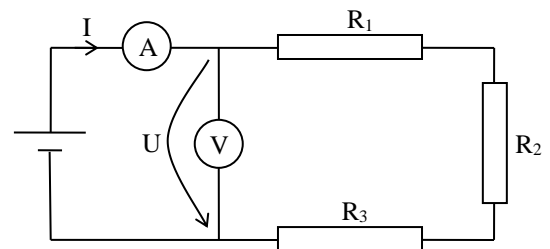


Fig. 1

$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$R_3$ ( $\Omega$ )	$I$ (A)	$U$ (V)	$R_{et}$ ( $\Omega$ )	$R_{ep}$ ( $\Omega$ )	$\epsilon_r$ (%)

7. Realizați circuitul paralel din figura 2.  
 8. Măsurăți intensitatea curentului total ce străbate gruparea ( I ) și notați-o în tabel;  
 9. Măsurăți tensiunea furnizată de sursa de alimentare în circuitul paralel trecând-o, de asemenea, în tabel;

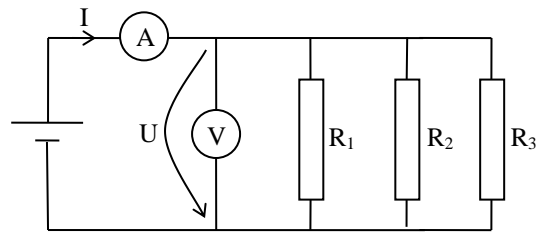


Fig. 2

10. Calculați rezistența echivalentă teoretică

$$1/R_{et} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \text{ sau}$$

$$R_{et} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

și comparați valoarea obținută cu cea calculată în urma măsurărilor  $R_{ep} = U/I$ , calculând eroarea relativă  $\epsilon_r = (R_{et} - R_{ep}) / R_{ep} * 100$ ;

$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$R_3$ ( $\Omega$ )	$I$ (A)	$U$ (V)	$R_{et}$ ( $\Omega$ )	$R_{ep}$ ( $\Omega$ )	$\epsilon_r$ (%)

11. Realizați circuitul mixt din figura 3 și precizați cum sunt conectate rezistoarele.

$R_1$  și  $R_2$  .....

$R_3$  și gruparea ( $R_1, R_2$ ) .....

12. Calculați rezistența echivalentă a grupării ( $R_1, R_2$ ), notată  $R_{e1}$  ;

13. Calculați rezistența întregii grupări, notată  $R_{et}$  și comparați valoarea obținută cu cea calculată în urma măsurărilor  $R_{ep} = U/I$ , calculând eroarea relativă  $\epsilon_r = (R_{et} - R_{ep}) / R_{ep} * 100$ ;

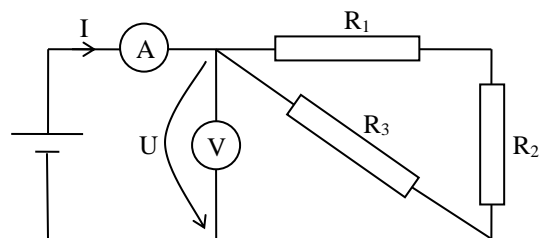


Fig. 3

$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$R_3$ ( $\Omega$ )	$I$ (A)	$U$ (V)	$R_{e1}$ ( $\Omega$ )	$R_{et}$ ( $\Omega$ )	$R_{ep}$ ( $\Omega$ )	$\epsilon_r$ (%)

Calcule:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



### III.8 LEGILE LUI KIRCHHOFF

#### ➤ CUNOSTINTE TEORETICE:

Legea 1 lui Kirchhoff se aplică curenților într-un nod al unui circuit electric, și poate fi enunțată astfel:

• **Într-un nod de rețea electrică, suma curenților care intră este egală cu suma curenților care ies din nod**

sau

• **Suma algebrică a curenților care se întâlnesc într-un nod este zero.**

Legea a II-a lui Kirchhoff se aplică tensiunilor pe un ochi de circuit electric, și se enunță astfel:

• **Suma algebrică a tensiunilor electromotoare de-a lungul unui ochi de rețea este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune de pe fiecare ramură.**

**Obs.** - Curenții care intră în nod sunt considerați pozitivi, iar cei care ies, negativi;  
- Pentru aplicarea legii a II-a se alege un sens de parcurgere a ochiului de rețea;

- Tensiunile electromotoare sunt pozitive dacă sursele de tensiune sunt parcurse de la - la +;

- Căderile de tensiune sunt pozitive dacă sensul curențului coincide cu sensul ales și negative în caz contrar.

#### ➤ APARATE ȘI DISPOZITIVE NECESARE:

- Platforma de laborator ;
- 2 multimetre;
- 4 rezistoare, fire de legătură.

#### ➤ DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

14. Măsurati cu ohmmetrul valorile rezistențelor rezistoarelor  $R_1, R_2, R_3, R_4$  și treceți-le în tabel;

15. Realizați circuitul din figură;

16. Măsurati intensitatea curențului  $I$  furnizat de generator și scrieți valoarea în tabel;

17. Măsurati tensiunile  $U_1, U_2, U_3$  și  $U_4$  la bornele rezistoarelor și scrieți valorile în tabel;

18. Calculați valorile intensităților curenților  $I_1, I_2, I_3$  și  $I_4$  prin aplicarea legii lui Ohm pentru o porțiune de circuit:  $I_n = U_n/I_n$ ;

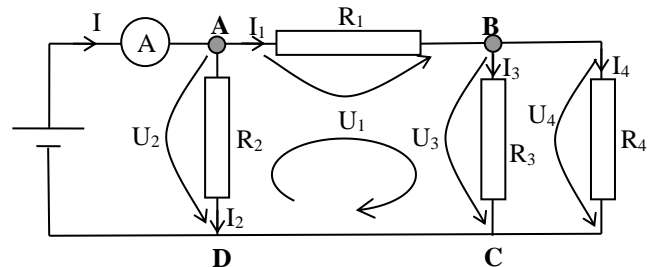


Fig. 1

R1 (Ω)	R2 (Ω)	R3 (Ω)	R4 (Ω)	I (mA)	U <sub>1</sub> (V)	U <sub>2</sub> (V)	U <sub>3</sub> (V)	U <sub>4</sub> (V)	I <sub>1</sub> (mA)	I <sub>2</sub> (mA)	I <sub>3</sub> (mA)	I <sub>4</sub> (mA)

Pentru verificarea legii I pentru nodul A:

19. Treceți în tabelul următor valoarea curențului total  $I$  care intră în nod și calculați suma curenților care ies,  $I_1 + I_2$ . Ce observați ?

.....

I (mA)	I <sub>1</sub> + I <sub>2</sub> (mA)

Pentru verificarea legii I pentru nodul B:

20. Comparați valoarea curentului  $I_1$  care intră în nod cu suma curenților  $I_3$  și  $I_4$  care ies din nod. Ce observați ?

.....

$I_1$ (mA)	$I_3 + I_4$ (mA)

Pentru verificarea legii a II-a pentru ochiul ABCD:

21. Notați semnul căderilor de tensiune pe rezistoare, conform convenției de la **Obs.**

$U_1$	$U_2$	$U_3$

22. Pe ochiul ABCD nu sunt generatoare electrice, deci  $E = 0$ . Astfel legea a II-a se scrie:

$$0 = U_1 + U_3 - U_2 \text{ sau}$$
$$U_1 + U_3 = U_2$$

$U_1 + U_3$ (V)	$U_2$ (V)

Se verifică legea ? .....

Scrieți care sunt, după părerea voastră, sursele de erori în lucrarea de față:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Calcule:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## III. 9 VERIFICAREA EXPERIMENTALĂ A LEGII LUI OHM

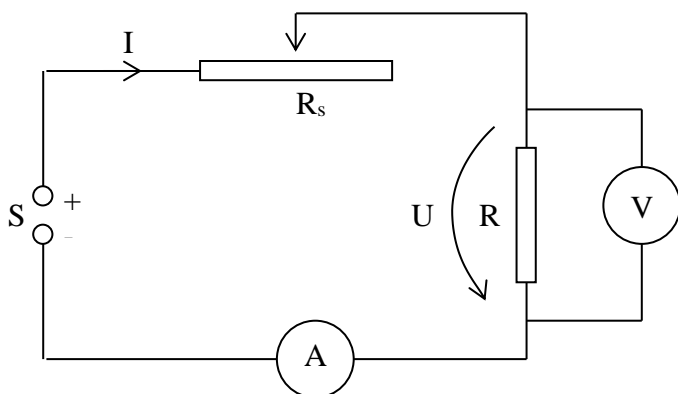
### 1. TEORIA LUCRĂRII

Expresia legii lui Ohm este:  $I = U/R$ , sau  $U = R \cdot I$ .

Legea este verificată dacă graficul intensității în funcție de tensiune este o dreaptă.

Din acest grafic putem determina și rezistența rezistorului, aceasta fiind inversa pantei dreptei obținute.

### 2. DISPOZITIVUL EXPERIMENTAL



S – sursă de tensiune  
A – ampermetru  
V – voltmetru  
Rs – reostat (folosit pentru modificarea curentului)  
R – rezistor  
U – tensiunea la bornele rezistorului  
I – intensitatea curentului în circuit

### 3. MODUL DE LUCRU

3.1 Realizăm montajul experimental;

3.2 Păstrăm constantă valoarea rezistenței rezistorului și citim concomitent intensitatea și tensiunea trecând valorile în tabel;

3.3 Modificăm intensitatea curentului cu ajutorul reostatului, apoi citim din nou perechea I și U, trecând valorile în tabel (de 5 ori);

3.4 Modificăm valoarea rezistenței rezistorului R și repetăm acțiunile de la punctul 3.3;

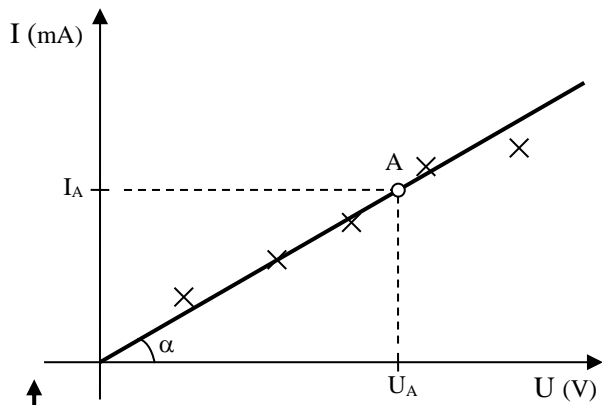
3.5 Cu ajutorul datelor din tabel reprezentăm grafic  $I = I(U)$ ;

3.6 Calculăm panta dreptei și aflăm astfel valoarea rezistenței R.

(Pe verso se găsește un exemplu teoretic care arată modul de trasare a graficului și modul de calcul al rezistenței.)

**Tabelul**  
cu datele experimentale

Nr. det.	R1		R2	
	I (mA)	U (V)	I (mA)	U (V)
1				
2				
3				
4				
5				



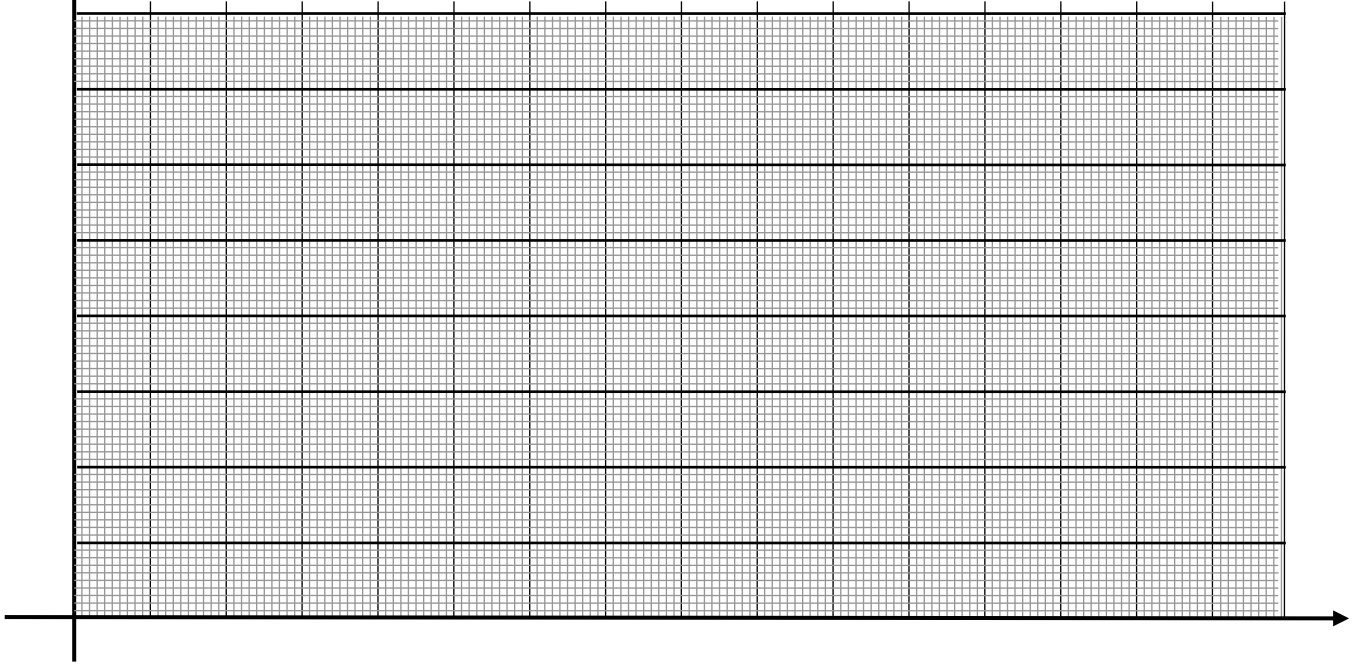
Dacă ne alegem pe dreapta trasată un punct arbitrar  $A$  ( $U_A$ ,  $I_A$ ), putem determina panta dreptei (care este inversa rezistenței căutate) din relația:

$$1 / R = \operatorname{tg} \alpha = I_A / U_A,$$

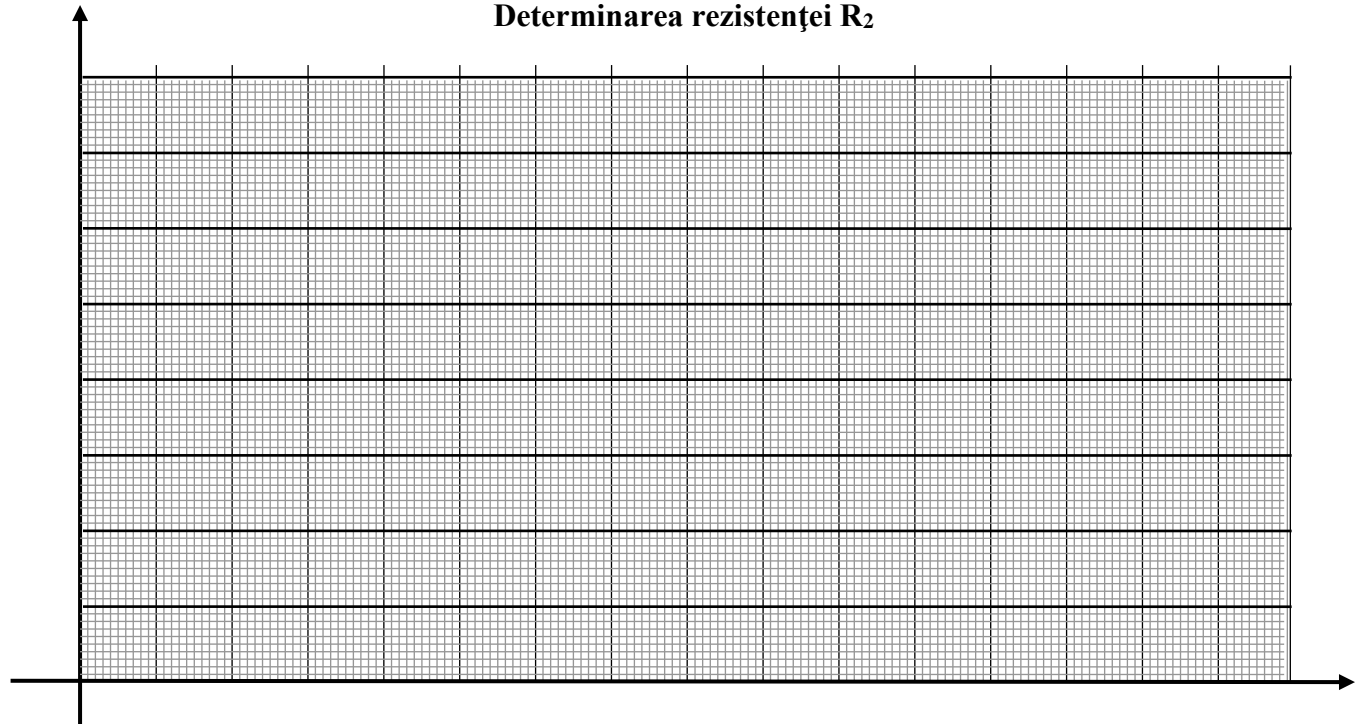
sau

$$R = \frac{U_A}{I_A}$$

### Determinarea rezistenței $R_1$



### Determinarea rezistenței $R_2$



### III.10 DETERMINAREA VARIAȚIEI INDUCȚIEI MAGNETICE PE AXA UNUI MAGNET PERMANENT

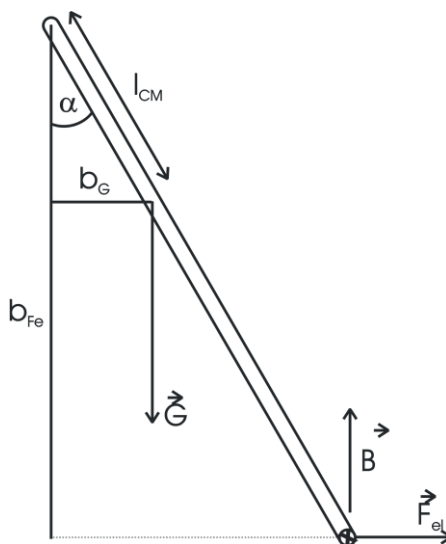
#### 1. Teoria lucrării

Ne propunem să determinăm modul în care se schimbă inducția câmpului magnetic pe axa de simetrie a unui magnet permanent, aproape de unul din poli, în funcție de distanța până la magnet.

Pentru acesta vom folosi forța electromagnetică ce acționează asupra porțiunii orizontale a unui conductor îndoit în formă de U. La echilibru, asupra conductorului acționează greutatea și forța electromagnetică. De data aceasta, datorită grosimii uniforme a conductorului, nu putem neglija greutatea porțiunilor verticale, astfel încât considerăm că greutatea acționează în centrul de greutate (CG), a cărui poziție o vom determina experimental, ulterior.

Din condiția de echilibru de rotație față de punctul de suspensie, avem:

$$G \cdot b_G = F_{el} \cdot b_{Fe}$$



După cum:

$$G = m \cdot g$$

$$b_G = l_{CM} \cdot \sin \alpha$$

$$b_{Fe} = l \cdot \cos \alpha$$

$F_e = B \cdot I \cdot d$ , unde cu  $d$  am notat lungimea segmentului orizontal al conductorului, putem deduce o expresie pentru inducția câmpului magnetic,  $B$ , în locul în care se află porțiunea orizontală a conductorului:

Observăm că prima fracție este o constantă a aparatului, pe care o vom nota

$$B = \frac{m \cdot g \cdot l_{CM}}{d \cdot l} \cdot \frac{tg \alpha}{I}$$

$Const = (m \cdot g \cdot l_{CM}) / (d \cdot l)$ . Cu această notație expresia inducției magnetice devine:

$$B = Const \cdot \frac{tg \alpha}{I}$$

Ținem cont că e mai ușor să măsurăm deviația orizontală  $\Delta x$ , așa încât exprimăm tangenta în funcție de această distanță:

Deci, măsurând experimental deviația orizontală a conductorului, concomitent cu intensitatea curentului prin acesta, se poate calcula inducția câmpului magnetic în locul în care se află porțiunea orizontală.

$$B = \text{Const} \cdot \frac{1}{I} \cdot \frac{\Delta x}{\sqrt{l^2 - \Delta x^2}}$$

## **2. Dispozitivul experimental**

Am construit un montaj alcătuit dintr-un suport de sârmă groasă, pe care am suspendat, prin intermediul a două fire mai subțiri, un conductor îndoit sub formă de U, care poate balansa liber. Conductorul în formă de U poate fi parcurs de un curent electric continuu generat de o baterie de 4,5V, prin intermediul unui întreruptor și a unui rezistor cu rezistența de  $1\Omega$ .

Magnetul căruia dorim să-i măsurăm inducția magnetică este fixat pe o fâșie de carton gros, astfel încât să poată fi deplasat în plan orizontal, sub “leagăn”.

Pentru a putea modifica distanța dintre magnet și porțiunea orizontală a conductorului am prevăzut câteva fâșii de carton mai subțiri care pot fi introduse sub suportul magnetului, ridicându-l și apropiindu-l astfel de “leagăn”.

Deviația orizontală a conductorului poate fi măsurată direct prin intermediul unei scale gradate în milimetri, montată solidar cu suportul.

Am folosit un multimetru pentru a măsura intensitatea curentului în circuit.

## **3. Modul de lucru**

Pentru început trebuie determinată poziția centrului de greutate a “leagănelui”. Aceasta se face foarte simplu, așezând conductorul, orizontal, pe un suport îngust – de exemplu un creion – astfel încât acesta să fie în echilibru. Centru de greutate va fi pe verticala punctului de suspensie. Astfel am obținut valoarea  $l_{CM} = 5$  cm.

Masa conductorului am determinat-o prin cântărire cu o balanță, și am obținut valoarea  $m = 1,25$  g.

Lungimea porțiunii verticale, obținută prin măsurare directă este  $l = 7,5$  cm.

Pentru a obține datele principale, adică deviația orizontală respectiv intensitatea curentului, am procedat astfel:

- am poziționat magnetul sub “leagăn”, fără nici un adaos sub acesta;
- am închis circuitul acționând întreruptorul;
- am corectat poziția magnetului astfel încât să se afle cu centrul sub conductor;
- am oprit cu mâna oscilațiile “leagănelui”, citind în același timp deviația  $\Delta x$  și intensitatea curentului  $I$ ;
- am introdus unul câte unul adaosurile sub magnet, repetând operațiile de mai sus.

Datele experimentale sunt:

Nr adaosuri	$I$ (A)	$\Delta x$ (mm)
0	2.1	9
1	2.1	9.5
2	2.1	11
3	1.9	12
4	1.8	13.5
5	1.65	15

#### 4. Prelucrarea datelor experimentale

Pentru dispozitivul construit, în afară de datele amintite, mai avem:  $d = 3,4$  cm. Astfel constanta din formula inducției magnetice are valoarea

$$Const = \frac{1.25 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{3.4 \cdot 10^{-2} \cdot 7.5 \cdot 10^{-2}} = 0.24$$

Se mai pune problema calculului distanței de la magnet la conductor. Aceasta se face ținând cont atât de numărul de adaosuri folosite, cât și de unghiul la care se ridică “leagănușul”.

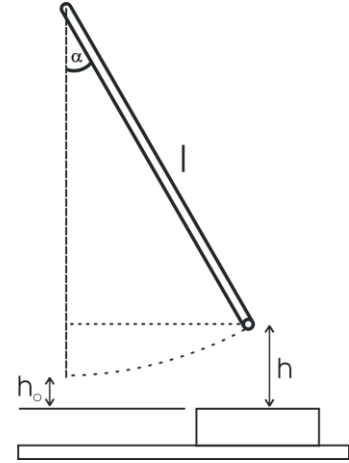
Folosind figura alăturată deducem:

Efectuând calculele obținem pentru inducția magnetică (B) și

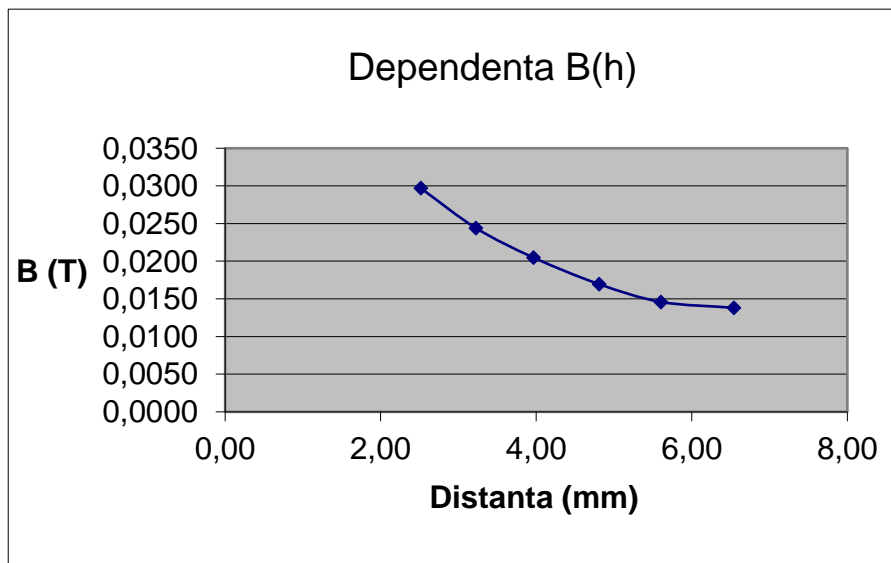
$$h = h_0 - N_{ad} + (l - l \cdot \cos \alpha) = h_0 - N_{ad} + l - \sqrt{l^2 - \Delta x^2}$$

distanța până la magnet (h) valorile:

h (mm)	B (T)
6.54	0.0138
5.60	0.0146
4.81	0.0169
3.97	0.0205
3.23	0.0244
2.52	0.0297



Graficul inducției în funcție de distanță arată astfel:



#### 5. Concluzii

Experimentul a arătat, așa cum era de așteptat, o scădere a inducției magnetice odată cu creșterea distanței, precum și valorile inducției pentru magnetul studiat.

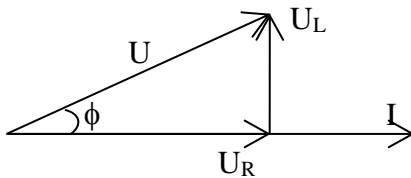
## III.11 DETERMINAREA INDUCTANȚEI UNEI BOBINE

### 1. TEORIA LUCRĂRII

În curent alternativ bobina ideală introduce o rezistență aparentă numită reactanță inductivă ( $X_L$ ) care depinde de frecvența tensiunii aplicate circuitului prin formula:  $X_L = 2\pi\nu L$ , unde  $\nu$  este frecvența iar  $L$  o mărime ce depinde de construcția bobinei, numită inductanță, care se măsoară în Henry (H). Ne propunem în lucrarea de față să determinăm experimental inductanța unei bobine și să studiem cum depinde aceasta de prezența unui miez magnetic.

O bobină reală este echivalentă din punct de vedere electric cu o bobină ideală (caracterizată doar de inductanță  $L$ ) înseriată cu rezistența electrică a conductorilor din care este confecționată ( $R$ ).

Astfel, diagrama fazorială pentru o bobină reală are forma:



Deducem din construcția grafică legea lui Ohm

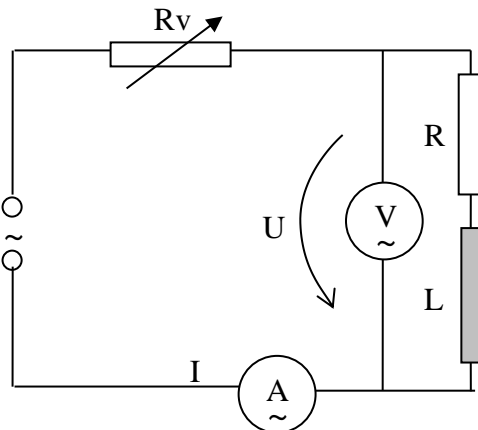
pentru bobina reală:  $I = \frac{U}{\sqrt{X_L^2 + R^2}}$ . De aici, înlocuind

expresia reactanței inductive ( $X_L$ ) se poate exprima inductanța bobinei:

$$L = \frac{1}{2\pi\nu} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R^2}.$$

Prin măsurarea rezistenței, a tensiunii la bornele bobinei și a intensității curentului prin aceasta se poate calcula inductanța.

### 2. DISPOZITIVUL EXPERIMENTAL



U – tensiunea la bornele bobinei  
A – ampermetru de c.a.  
V – voltmetru de c.a.  
R – rezistența bobinei  
L – inductanța bobinei  
I – intensitatea curentului în circuit

### 3. MODUL DE LUCRU

- 3.1 Se măsoară, cu un ohmmetru, rezistența bobinei și se notează valoarea acesteia;
- 3.2 Se montează circuitul din figură, cu bobina fără miez magnetic;
- 3.3 Prin modificarea valorii rezistenței variabile  $R_v$  se poate regla curentul în circuit, determinându-se astfel 5 perechi de valori pentru  $U$  și  $I$  care trebuie trecute în tabelul de valori de mai jos;
- 3.4 Se introduce miezul magnetic în bobină și se repetă determinările mărimilor de la punctul anterior;;
- 3.6 Se calculează inductanța bobinei cu formula de mai sus și se notează valorile în tabel, pentru fiecare determinare;
- 3.7 Se calculează media valorilor inductanțelor  $L_{\text{mediu}}$  și se trece în tabelul corespunzător;
- 3.8 Se compară cele două valori medii pentru inductanța bobinei cu sau fără miez.  
Ce se observă ?





## III.12 STUDIUL REZONANTEI CIRCUITULUI RLC SERIE

### 1. TEORIA LUCRĂRII

Expresia legii lui Ohm pentru circuitul RLC serie în curent alternativ este:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}.$$

Ne propunem să studiem variația intensității curentului în circuit în funcție de valoarea reactanței inductive a bobinei  $X_L$ . Pentru aceasta exprimăm din această relație pe  $X_L$ :

$$X_L = X_C \pm \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R^2}.$$

Dacă vom măsura tensiunea aplicată circuitului ( $U$ ), intensitatea curentului prin acesta ( $I$ ) și cunoscând valorile pentru reactanța capacitivă ( $X_C$ ) și rezistența totală a circuitului ( $R$ ), vom putea calcula valoarea reactanței inductive ( $X_L$ ) cu formula de mai sus.

Studiul nostru presupune reprezentarea grafică a intensității curentului prin circuit în funcție de  $X_L$ , determinarea intensității maxime a curentului ( $I_{rez}$ ) și calculul factorului de calitate al circuitului ( $Q$ ).

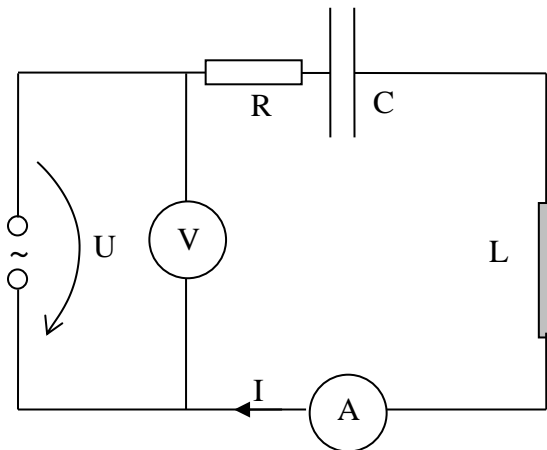
Factorul de calitate reprezintă raportul dintre tensiunea la bornele elementelor reactive de circuit la rezonanță și tensiunea de alimentare a circuitului.

$$Q = \left( \frac{U_L}{U} \right)_{rez} = \left( \frac{U_C}{U} \right)_{rez}$$

După cum  $U_{Lrez} = I_{rez} \cdot X_{Lrez}$ , putem calcula factorul de calitate cu formula:

$$Q = \frac{I_{rez} \cdot X_{Lrez}}{U}$$

### 2. DISPOZITIVUL EXPERIMENTAL



$U$  – tensiunea aplicată circuitului  
 $A$  – ampermetru de c.a.  
 $V$  – voltmetru de c.a.  
 $R$  – rezistența rezistorului  
 $L$  – inductanța bobinei  
 $I$  – intensitatea curentului în circuit  
 $C$  – capacitatea condensatorului

### 3. MODUL DE LUCRU

3.1 Realizăm montajul experimental;

3.2 Modificăm poziția miezului bobinei și citim concomitent intensitatea și tensiunea trecând valorile în tabel (de 8 ori);

3.3 Se calculează, cu formula de la teorie, reactanța inductivă ( $X_L$ ) în fiecare dintre cele 8 determinări, trecând valorile obținute în tabel;

3.4 Cu ajutorul datelor din tabel reprezentăm grafic  $I = I(X_L)$ ;

- 3.6 Determinăm valoarea intensității curentului la rezonanță  $I_{rez}$ ;  
 3.7 Comparăm valoarea lui  $X_L$  la rezonanță cu valoarea lui  $X_C$ . Ce se observă ?  
 3.8 Calculăm, cu formula de la teorie, factorul de calitate al circuitului Q.

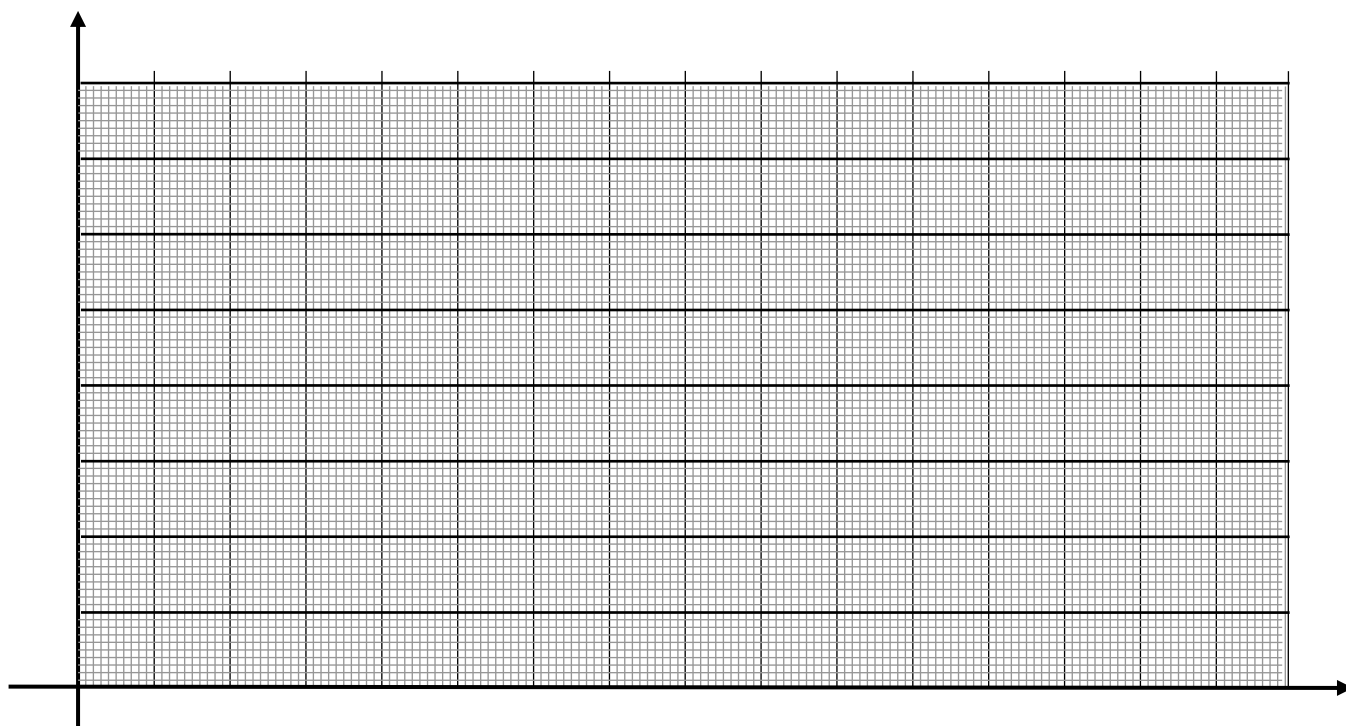
**Tabelul**

cu datele experimentale

Nr. det.	U (V)	I (A)	$X_L$ ( $\Omega$ )
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

**Calcule:**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



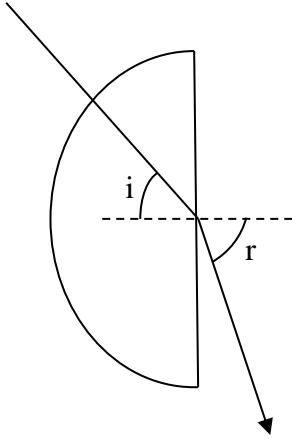
# IV. Optică

## IV.1 DETERMINAREA INDICELULUI DE REFRACTIE PENTRU UN MATERIAL TRANSPARENT

### 1. Teoria lucrării

#### Metoda 1.

Trimitem o rază de lumină din aer pe o piesă transparentă sub formă de semicilindru, ca în figură.



Pe fața curbată a piesei raza este perpendiculară pe suprafață și își continuă drumul nedeviată. La ieșirea în aer folosim legea a 2-a a refracției ( $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ ) ținând seama că ( $n_2 = 1$ ) și notând  $n_1 = n$  obținem:

$$n \sin i = \sin r,$$

de unde

$$n = \sin r / \sin i.$$

Dacă vom măsura unghiurile  $i$  și  $r$ , vom putea calcula indicele de refracție pentru materialul piesei semicilindrice.

#### Metoda 2.

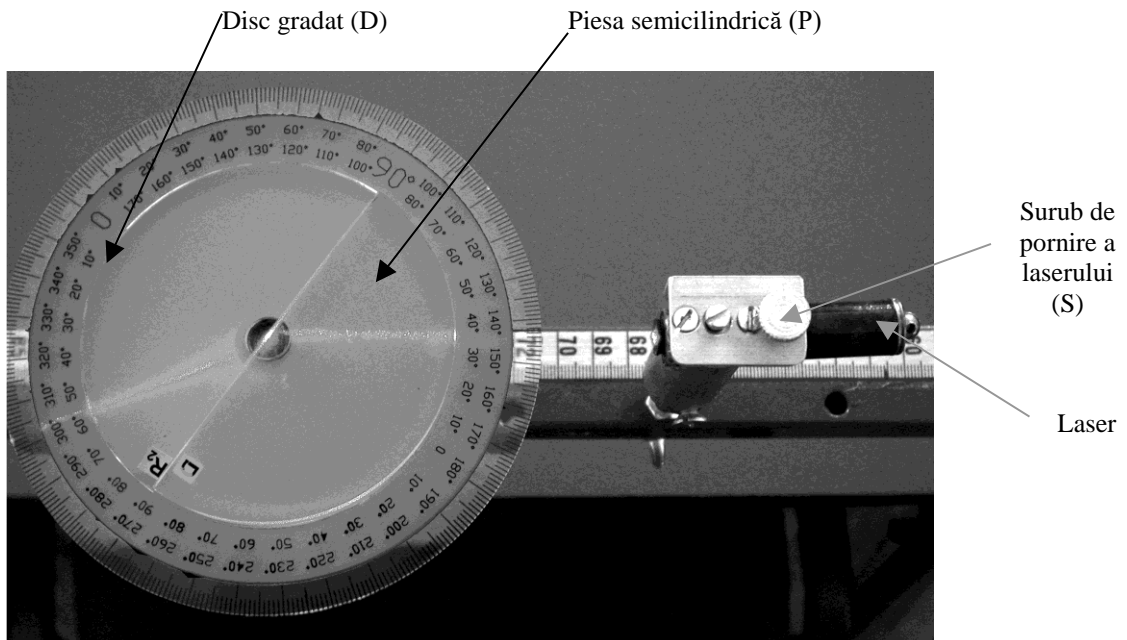
Ne propunem să determinăm experimental unghiul limită ( $l$ ) la ieșirea razei în aer. Dacă aplicăm legea refracției pentru situația la limită obținem:

$$n \sin l = \sin 90, \text{ sau}$$

$$n = 1 / \sin l,$$

formulă care poate fi folosită pentru calculul lui  $n$ .

### 2. Dispozitivul experimental



### **3. Modul de lucru**

Așezăm piesa semicilindrică (P) pe discul gradat (D) ca în figura de mai sus și acționăm șurubul (S) pentru a porni laserul.

Citim direct, pe discul gradat, valoarea unghiului de incidență ( $i$ ) și valoarea unghiului de refracție ( $r$ ), pe care le trecem în tabelul de mai jos;

Rotim discul gradat cu un unghi arbitrar și facem aceleași citiri, trecându-le în tabel (de încă 2 ori);

Rotim discul gradat pentru a reproduce situația la limită, în care raza refractată ia direcția suprefetei de separare. Notăm valoarea unghiului limită ( $l$ ) în tabel;

Efectuăm calculele necesare și completăm astfel tabelul;

Comparăm valorile obținute prin cele două metode și enumerăm, în scris, sursele de erori care credem că au influențat rezultatele.

### **4. Tabel cu date experimentale**

*Metoda 1*

Nr. det.	$i$ (grade)	$r$ (grade)	$\sin i$	$\sin r$	$n = \sin i / \sin r$	$n_{\text{mediu}}$
1						
2						
3						

*Metoda 2*

Nr. det.	$l$ (grade)	$\sin l$	$n = 1 / \sin l$
1			

Calcul:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## IV.2 DETERMINAREA DISTANȚEI FOCALE A UNEI LENTILE CONVERGENTE

### 1. Teoria lucrării

Folosind formula lentilelor subțiri,

$$\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$$

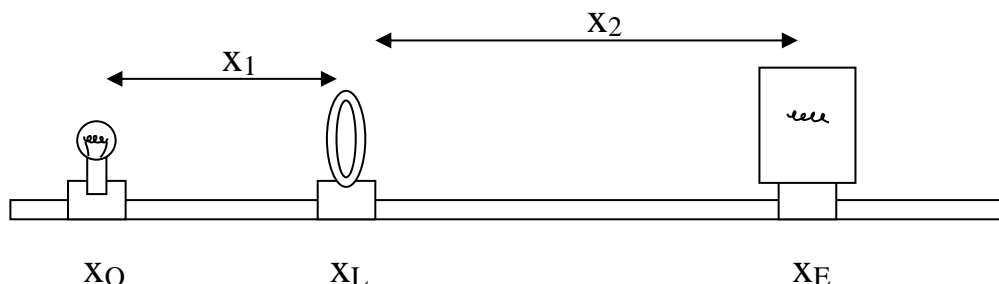
exprimăm distanța focală în funcție de distanța lentilă-obiect ( $x_1$ ) și de distanța lentilă-imaginae ( $x_2$ ):

$$f = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 - x_2}$$

Dacă determinăm experimental distanțele  $x_1$  și  $x_2$ , putem calcula distanța focală cu formula de mai sus.

### 2. Dispozitivul experimental

Vom folosi un banc optic cu trei suporturi pe care sunt montate: un bec electric ce joacă rol de obiect, lentila convergentă și ecranul pe care vom observa imaginea reală a filamentului becului.



Din schema dispozitivului experimental observăm că distanțele  $x_1$  și  $x_2$  se pot obține astfel:

$$x_1 = x_o - x_L$$

$$x_2 = x_E - x_L$$

### 3. Modul de lucru

3.1 Notăm în tabel coordonatele obiectului ( $x_0$ ) și ecranului ( $x_E$ );

3.2 Aprindem becul și deplasăm lentila astfel încât să obținem o imagine clară a filamentului pe ecran; în această situație notăm coordonata lentilei ( $x_L$ ) în tabelul de mai jos;

3.3 Deplasăm din lentila, căutând o altă poziție pentru care obținem o imagine clară a filamentului pe ecran; notăm din nou coordonata lentilei ( $x_L$ ) în tabel;

3.4 Deplasăm ecranul într-o altă poziție și repetăm măsurătorile de la punctele 3.1, 3.2 și 3.3;

3.5 Efectuăm calculele necesare completând tabelul de mai jos;

3.6 Enumerăm principalele surse de erori în experimentul efectuat.



## IV.3 DETERMINAREA LUNGIMII DE UNDĂ A LUMINII CU DISPOZITIVUL YOUNG

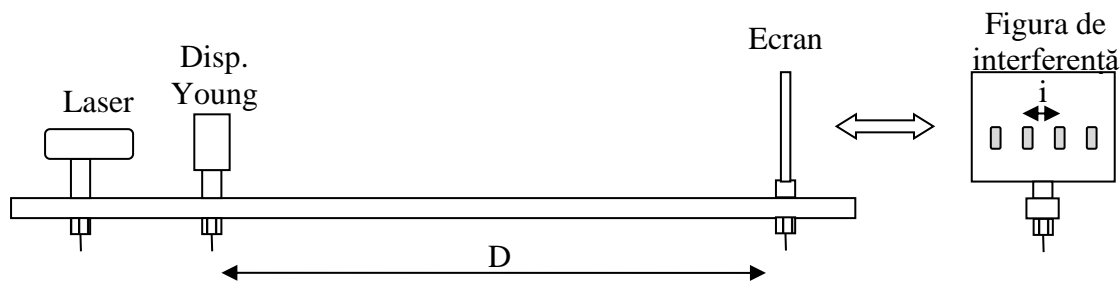
### 1. TEORIA LUCRĂRII

Pentru a determina lungimea de undă a luminii unui laser, folosim un dispozitiv Young pentru care interfranța obținută ( $i$ ) are expresia:  $i = \frac{\lambda \cdot D}{2l}$ , unde  $l$  reprezintă lungimea de undă a luminii,  $D$  este distanța de la dispozitiv la ecran și  $2l$  este distanța dintre fante. Obținem de aici că:

$$\lambda = \frac{2l \cdot i}{D}$$

Dacă măsurăm  $D$  și  $i$ , iar valoarea lui  $2l$  este cunoscută, putem calcula, cu formula de mai sus, lungimea de undă a luminii emise de dispozitivul laser.

### 2. DISPOZITIVUL EXPERIMENTAL



### 3. MODUL DE LUCRU

- 3.1 Realizăm montajul experimental;
- 3.2 Se măsoară interfranța ( $i$ ) și distanța de la dispozitivul Young la ecran ( $D$ ) și se trec în tabel;
- 3.3 Se modifică (de două ori) distanța  $D$  și se repetă măsurătoarea interfranței, trecând de fiecare dată valorile în tabel;
- 3.4 Se înlocuiește dispozitivul Young cu un altul și se repetă măsurătorile de la 3.2 și 3.3;
- 3.5 Se calculează valoarea lungimii de undă pentru fiecare determinare și se trece în tabel;
- 3.7 Se calculează valoarea medie a lungimii de undă și se trece în tabel;
- 3.8 Enumerați principalele surse de erori în experimentul efectuat.

**Tabelul**  
cu datele experimentale

Nr. det.	$D$ (m)	$i$ (mm)	$2l$ (mm)	$\lambda$ (nm)	$\lambda_{\text{mediu}}$ (nm)
1					
2					
3					
4					
5					
6					





## IV.4 STUDIUL EFECTULUI FOTOELECTRIC (EXPERIMENT VIRTUAL)

### 1. Obiective:

- a. Trasarea graficului intensității curentului anodic în funcție de tensiunea anodică  $I_a = f(U_a)$ ; calculul numărului de fotoni care cad pe catod în timp de 3 s; calculul lucrului mecanic de extracție pentru metalul ales;
- b. Trasarea graficului energiei cinetice maxime a electronilor în funcție de frecvența radiațiilor electromagnetice  $E_{c_{max}} = f(\nu)$ ; determinarea frecvenței de prag; calculul lucrului mecanic de extracție pentru metalul ales; compararea valorilor  $L_e$  obținute prin cele două metode.

### 2. Indicații:

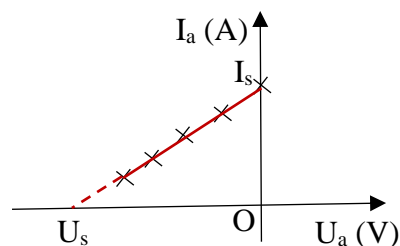
- a. Alegeți un material pentru catod (acesta va rămâne același pe toată durata lucrării). Intensitatea radiațiilor o reglați la o valoare de mijloc. Pentru o anumită lungime de undă ( $\lambda$ ) (pentru care are loc fenomenul) se aleg 4 valori negative și valoarea 0 V pentru tensiunea anodică pentru care curentul anodic este nenul. Se notează valoarea lui  $\lambda$  și datele culese într-un tabel de forma:

$\lambda$ (nm)					
$U_a$ (V)					0
$I_a$ (A)					

Reprezentați grafic  $I_a = f(U_a)$  pe hârtie milimetrică (sau de matematică). Pentru a determina tensiunea de stopare ( $U_s$ ) prelungim porțiunea liniară a graficului până la intersecția cu axa  $OU_a$ . Astfel, din grafic extragem datele:

$U_s = \dots\dots\dots$  V și  $I_s = \dots\dots\dots$  A. (De remarcat că simularea nu respectă faptul că prin emisia electronilor catodul va deveni mai pozitiv și va atrage electronii emiși.

Astfel, în simulare, la tensiunea de 0 V toți electronii emiși ajung la catod și valoarea curentului anodic este maximă, deci  $I_s = I_a$  la 0 V.)



Calculați numărului de fotoni ( $N$ ) care cad pe catod în timp de 3 s ; calculați lucrului mecanic de extracție ( $L_e$ ) pentru metalul ales folosind  $U_s$  și  $\lambda$ ;

- b. Intensitatea radiațiilor o menținem constantă. Pentru 5 valori ale lungimii de undă ( $\lambda$ ) (pentru care se produce efect fotoelectric) determinăm tensiunea de stopare ( $U_s$ ) – reglăm tensiunea astfel încât electronii emiși să se oprească cât mai aproape de anod, fără a ajunge la acesta. Trecem datele într-un tabel de forma:

$\lambda$ (nm)					
$U_s$ (V)					

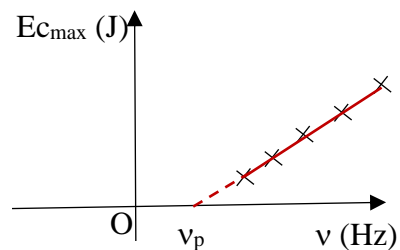
Pentru trasarea graficului energiei cinetice maxime a electronilor în funcție de frecvența radiațiilor electromagnetice  $E_{c_{max}} = f(\nu)$  trebuie să completăm un tabel de variație de forma:

$\nu$ (Hz)					
$E_{c_{max}}$ (J)					

Trasăm graficul  $E_{C_{max}} = f(\nu)$  (pe hârtie milimetrică sau de matematică) și prelungim linia reprezentării până la intersecția cu axa  $O\nu$ . Astfel găsim valoarea frecvenței de prag  $\nu_p$ .

Calculați valoarea lucrului mecanic de extracție folosind valoarea lui  $\nu_p$ .

Comparați cele două valori pentru  $L_e$  obținute prin cele două metode diferite cu valoarea aflată din alte surse (Ex. Internet). Care metodă a fost mai precisă ?



### 3. În urma efectuării lucrării redactați un referat cu următoarele părți:

1. Teoria lucrării – în care prezentați relațiile teoretice pe care le-ați folosit pentru a afla valorile mărimilor necesare;
2. Tabele cu datele experimentale însoțite de reprezentările grafice (scanate sau fotografiate);
3. Calculele aferente determinării  $N$ ,  $L_e$  (metoda 1),  $L_e$  (metoda 2);
4. Concluzii cu privire la metoda cea mai precisă.

Adresa simulării: <https://phet.colorado.edu/ro/simulation/legacy/photoelectric>

# Bibliografie

1. Crețu, Traian, Fălie, Vasile, *Prelucrarea datelor experimentale în fizică*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981
2. Crocnan, D. O., *Fizică. Manual pentru clasa a XII-a*, Editura Sigma, București, 2006, pag. 24-29
3. Hristev, A., *Mecanică și acustică*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984, pag. 328-331
4. <https://www.youtube.com/watch?v=DsZCW34LktU>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=Lv2xcGcr6jg>
6. Popescu, M., Tomescu, V., Strazzboschi, S, s.a., *Fizică. Manual pentru clasa a XI-a*, Editura LVS Crepuscul, Ploiești, 2006, pag. 16, 48-51, 80-88
7. Rusu, O., Chiriță, M., *Fizică. Manual pentru clasa a IX-a*, Editura Niculescu, București, 2004, pag. 8-9, 24-25, 61,105
8. Turcitu, D., s.a., *Fizică. Manual pentru clasa a X-a*, Editura Radical, Craiova, 2005, pag. 33-38, 42-44, 47-49