

Subiectul I

Materiale disponibile:

Elemente de circuit de conectat pe breadboard, (vezi Fig. 1 și Fig. 2):

(1) Placă breadboard. (2) Baterie de alimentare de curent continuu cu rezistență internă neglijabilă. (3) Condensator de capacitate C constantă necunoscută. (4) Rezistor albastru cu dungi cu rezistență electrică cunoscută $R_1 = 18 \text{ k}\Omega$. (5,6) Doi rezistori identici de culoare neagră cu rezistență electrică necunoscută R_x . (7) Comutator modular cu două poziții $K_{1/2}$, funcționând prin glisare (alunecare). (8) Voltmetru digital cu rezistență foarte mare. (9) Două fire cu clești crocodil și pini pentru conectarea voltmetrului la circuit. (10) Conector special pentru baterie prevăzut cu pini.

Pendul fizic (vezi Fig. 3) format din:

(11) Suport. (12) Fir de lungime necunoscută. (13) Corp suspendat cu masă necunoscută. (14) Corp cu masă cunoscută $m = 150 \text{ g}$, prevăzut cu șurub.

Alte materiale: (15) 4 foi de hârtie milimetrică A4.

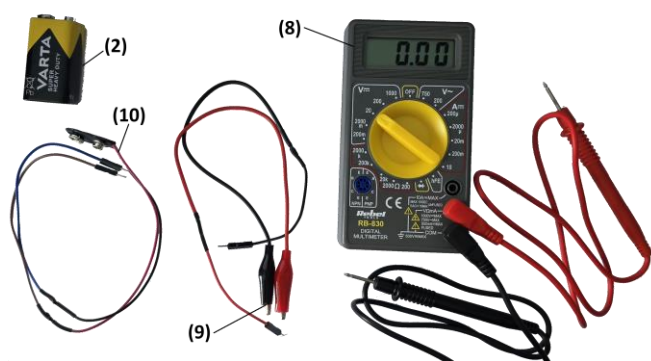


Fig. 1: Elemente de circuit

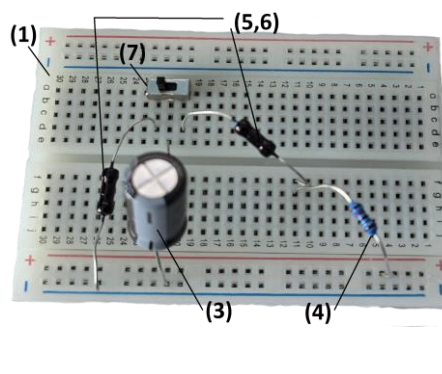


Fig. 2: Elemente de circuit conectate pe breadboard

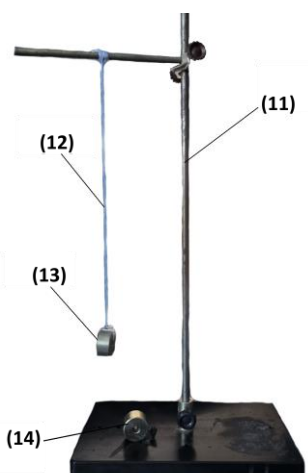


Fig. 3: Pendulul cu masă necunoscută (13) și corpul cu șurub cu masă cunoscută (14)

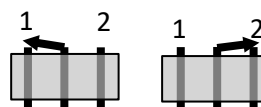


Fig. 4: Schema celor două poziții în care comutatorul (7) se poate afla. Liniile îngroșate reprezintă conductorii pinilor.

Conexiunea pinului din centru este realizată fie cu pinul din stânga, fie cu pinul din dreapta, depinzând de poziția comutatorului.

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
Proba practică
Clasa a XII-a



pagina 2 din 4

Obs. Multimetrul poate fi folosit doar în poziția de măsurare a tensiunii electrice în curent continuu, în poziția 20, astfel încât să afișeze tensiunea cu două zecimale. Multimetrul are domeniul de măsurare a rezistențelor dezactivat.

Obs. Condensatorul este electrolitic și este necesară conectarea bornei lui negative la linia minus (-) a breadboard-ului. Această bornă are în dreptul său, pe suprafața laterală a cilindrului condensatorului, un minus vertical pe fundal de culoare gri deschis (vezi Fig. 2).

Partea A. (12,0 p) Determinarea rezistenței necunoscute R_x

În continuare vei realiza un circuit pe breadboard-ul primit, folosind următoarele instrucțiuni (vezi Fig. 2):

- Conectează **comutatorul** pe coloana a, cu pinii în punctele a22, a21, a20.
- Conectează unul dintre **rezistorii R_x (negri)** identici cu o bornă în punctul d22 și cealaltă bornă în oricare punct de pe linia minus (-) aflată mai în apropierea coloanei j, recomandat în dreptul liniei 26.
- Conectează celălalt **rezistor R_x (negru)** cu o bornă în punctul d20 și cu cealaltă în punctul f11.
- Conectează **rezistorul albastru** cu dungi $R_1 = 18 \text{ k}\Omega$ cu o bornă în punctul g11 și cu cealaltă bornă la linia plus (+) din apropierea coloanei j, recomandat în dreptul liniei 5.
- Conectează **condensatorul** cu borna negativă la linia minus (-) care se află mai în apropierea coloanei j, și cu cealaltă bornă în punctul e21.
- Fixează **bateria** în **conectorul special** și conductoarele acestuia în breadboard (firul cu terminație maro la linia plus (+), firul cu terminație albastră la linia minus (-)), în apropierea coloanei j.
- Setează **multimetrul** în poziția de măsurare a tensiunii în curent continuu pe scala de 20 V. Prinde cleștii firelor primite de câte un capăt al firelor conectate la voltmetru. Introdu pinul firului cu clește prins de firul conectat la portul $V\Omega mA$ al voltmetrului în breadboard în punctul d21. Apoi introdu pinul firului cu clește prins de firul conectat la portul COM al voltmetrului în unul din punctele liniei minus (-) din apropierea coloanei j. (vezi colțul din dreapta jos al multimetrului).

Pentru a determina rezistența necunoscută R_x vei folosi circuitul realizat, fără să îl modifici în alt mod în afara glisării comutatorului K între cele două poziții. Vei compara viteza cu care condensatorul C se încarcă sau se descarcă, în funcție de poziția în care se află comutatorul. Vei exprima timpul în funcție de numărul de oscilații efectuate de pendul și de perioada T a acestuia.

a) **(1,0p)** Schițează simplificat circuitul realizat. (poți vedea cum funcționează breadboard-ul în anexa de pe ultima pagină)

b) **(0,5p)** Pentru comutatorul K în poziția de încărcare (denumită poziția 1), determină relația matematică dintre tensiunile indicate de voltmetru, U_1 la un anumit moment, respectiv U_2 la un moment ulterior de timp, dacă între cele două momente pendulul a efectuat N oscilații complete. Notează U_{max} tensiunea maximă la care poate ajunge condensatorul după un timp foarte lung.

c) **(0,5p)** Pentru comutatorul K în poziția de descărcare (denumită poziția 2), determină relația matematică dintre tensiunile indicate de voltmetru, U_1 la un anumit moment, respectiv U_2 la un moment ulterior de timp, dacă între cele două momente pendulul a efectuat N oscilații complete.

d) **(4,0p)** Efectuează măsurători ale valorilor U_1 și U_2 pentru diferite valori ale numărului N de oscilații complete: 10 în cazul încărcării condensatorului, respectiv 10 în cazul descărcării acestuia. Notează datele în două tabele separate, unul pentru încărcare și altul pentru descărcare.

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.

e) **(3,0p)** Pentru datele culese în timpul încărcării condensatorului, determină panta graficului $\ln \left(\frac{U_{\max} - U_1}{U_{\max} - U_2} \right)$ ca funcție de N , notată $\alpha_{\text{încărcare}}$, folosind metoda celor mai mici pătrate pentru o funcție liniară de tipul $f(x) = ax$, descrisă în anexă. Reprezintă punctele acestor date pe un grafic pe hârtie milimetrică care are pe axa Oy $\ln \left(\frac{U_{\max} - U_1}{U_{\max} - U_2} \right)$, iar pe axa Ox numărul corespunzător de oscilații efectuate.

f) **(2,5p)** Pentru datele culese în timpul descărcării condensatorului, determină panta graficului $\ln \left(\frac{U_1}{U_2} \right)$ ca funcție de N , notată $\alpha_{\text{descărcare}}$, folosind metoda celor mai mici pătrate pentru o funcție liniară de tipul $f(x) = ax$, descrisă în anexă. Reprezintă punctele acestor date pe un grafic pe hârtie milimetrică care are pe axa Oy $\ln \left(\frac{U_1}{U_2} \right)$, iar pe axa Ox numărul corespunzător de oscilații efectuate.

g) **(0,5p)** Determină valoarea rezistențelor identice R_x în funcție de $\alpha_{\text{încărcare}}$, $\alpha_{\text{descărcare}}$ și R_1 .

Important! Foile de hârtie milimetrică pentru grafice se numerotează, se atașează la lucrare și nu se semnează.

Partea B. (8,0p) Determinarea masei necunoscute a corpului suspendat inferior (13)

Pentru a determina masa necunoscută a corpului suspendat inferior, vei asambla un pendul dublu înfășurând firul pendulului în jurul filetului șurubului corpului cu masă cunoscută, astfel încât centrul de masă al corpului cu șurub să se afle la jumătatea distanței dintre punctul de suspensie și centrul de masă al corpului suspendat inferior. (vezi Fig. 5)

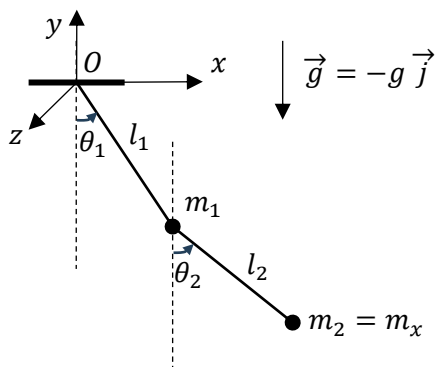


Fig. 5: Schița pendulului dublu

a) **(4,4p)** Determină teoretic expresiile matematice ale pătratelor pulsațiilor modurilor proprii (ω^2) ale micilor oscilații ale unui astfel de pendul în funcție de accelerația gravitațională g , de mărimea l și de raportul maselor $\mu = m_2/m_1$, unde $l = l_1 + l_2$, cu $l_1 = l_2 = l/2$. Consideră că oscilațiile au loc într-un singur plan fix xOy și firul pornește de la punctul de suspensie O , trece prin centrul de masă al corpului m_1 și se termină în centrul de masă al corpului $m_2 = m_x$. În modelul teoretic neglijează dimensiunile corpurilor și frecările.

b) **(3,0p)** Prin studiul unui mod propriu de oscilație a pendulului dublu descris mai sus, propune o metodă experimentală pentru a determina masa necunoscută a corpului suspendat inferior, folosind materialele disponibile. Realizează 5 măsurători și un grafic relevant pe hârtie milimetrică.

c) **(0,6p)** Exprimă numeric masa necunoscută, folosind metoda propusă.

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.

ANEXA

Metoda celor mai mici pătrate

Pentru un set de date $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_n, y_n)$, funcția liniară care descrie cel mai bine o dependență liniară care trece prin origine, $f(x) = y = ax$ are suma erorilor pătratice dată de expresia $L = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i)^2$

Valoarea pantei graficului $f(x)$ care minimizează suma erorilor pătratice, este găsită din condiția $L = \min$, atunci când derivata $\frac{dL}{da} = 0$, obținând expresia

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i y_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i^2)}.$$

Placa Breadboard

Un breadboard (placă de testare) funcționează printr-o rețea de conexiuni interne care permit montarea și testarea circuitelor fără lipire. Liniile de alimentare, situate pe margini, sunt folosite pentru distribuirea tensiunii, iar găurile din zona centrală sunt grupate în linii de câte 5, fiind conectate intern pentru a facilita interconectarea componentelor, așa cum se observă în schița din figura Fig. A1. Zona centrală este împărțită în două secțiuni paralele, separate de un canal median care întrerupe conexiunile.

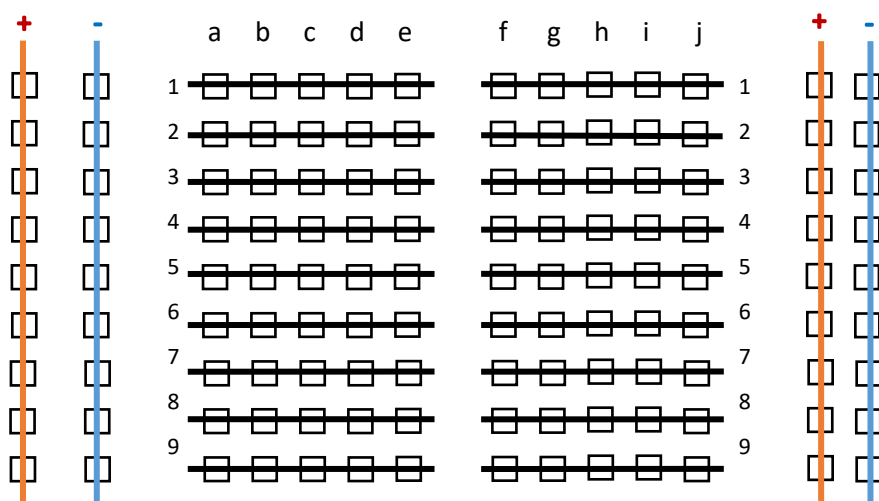


Fig. A1: Schița conexiunilor unui breadboard.

Punctele de conectare sunt pătrate, iar conexiunile conductoare sunt reprezentate de liniile verticale și orizontale

Subiect propus de:

fiz. drd. **Alexandru-Lucian NASTASIA**, Școala Doctorală de Fizică, Universitatea din București
 prof. **Nela BĂDELE**, Colegiul Național „Mihai Viteazul” Slobozia

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.