

**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**  
**14 martie 2026**

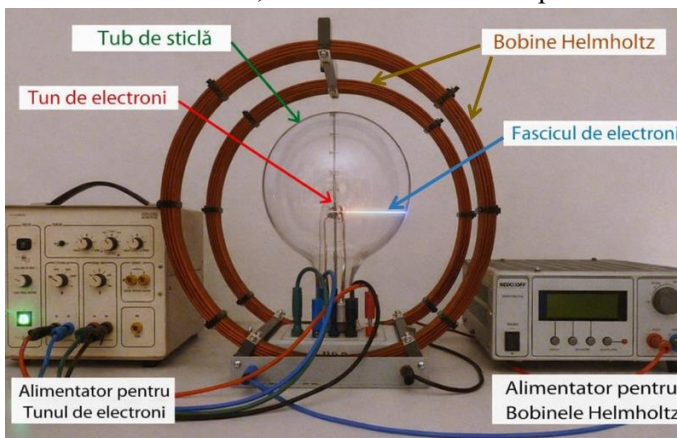
pagina 1 din 5

**Subiectul I**    ***Determinarea sarcinii specifice a electronului.***

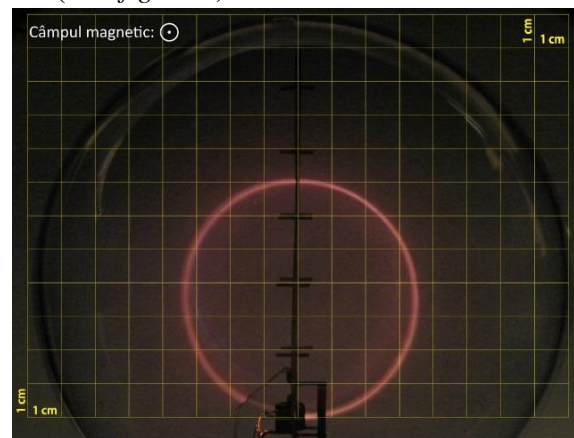
Sarcina specifică a electronului reprezintă raportul dintre sarcina electrică elementară și masa electronului și are valoarea  $e/m = 1,758 \cdot 10^{11}$  C/kg. Determinarea experimentală a sarcinii specifice a fost realizată pentru prima dată în 1897 de către J. J. Thomson, în experimente cu tuburi catodice.

Electronii în mișcare (accelerați la o diferență de potențial,  $U_a$ ) descriu traiectorii circulare într-un câmp magnetic uniform dacă au vitezele perpendiculare pe liniile câmpului magnetic.

Pentru a studia mișcarea electronilor într-un câmp magnetic omogen, se folosește un tub cu fascicul filiform de electroni. Tubul se plasează în interiorul unei perechi mari de bobine circulare identice, paralele, poziționate coaxial și separate de o distanță egală cu raza lor. Prin ambele bobine trece același curent electric, în același sens. Scopul principal al acestei configurații este generarea unui câmp magnetic aproape uniform în regiunea centrală dintre bobine. Acest ansamblu poartă denumirea de bobine Helmholtz. Dispozitivul experimental este prezentat în *figura 1*. În interiorul tubului catodic, un tun de electroni generează un fascicul fin de electroni. În *figura 1*, fasciculul de electroni este nedeviat în absența câmpului magnetic. Când bobinele sunt parcurse de curent electric, direcția de mișcare a electronilor devine perpendiculară pe liniile câmpului magnetic al bobinelor Helmholtz, ca în *figura 2*. Pentru a face vizibile traiectoriile electronilor, tubul de sticlă vidat conține o cantitate mică de gaz inert. Acesta este excitat să lumineze de către electroni și face astfel vizibilă traiectoria circulară a electronilor, traiectorie a cărei rază poate fi măsurată (vezi *figura 2*).



*Figura 1. Dispozitivul experimental pentru determinarea sarcinii specifice a electronului*



*Figura 2. Fascicul circular de electroni în câmpul magnetic produs de bobinele Helmholtz*

**a.** Pentru o bobină Helmholtz subțire, cu  $N$  spire, cu raza medie  $R$ , parcursă de curentul electric cu intensitatea  $I$ , **determină** expresia inducției câmpului magnetic într-un punct situat pe axa de simetrie a bobinei, la distanța  $x$  față de centrul bobinei. **Particularizează** rezultatul obținut și determină expresia inducției câmpului magnetic în centrul bobinei.

**b.** Pentru cele două bobine Helmholtz, paralele, identice, situate la distanța  $R$  una față de cealaltă, parcurse de curentul electric cu intensitatea  $I$ , în același sens, **determină** expresia inducției câmpului magnetic pe axa de simetrie a bobinelor, în centrul sistemului de bobine.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 0 la 30. Punctajul final reprezintă suma acestora, punctajul maxim fiind de 100 puncte, din care 10 puncte se acordă din oficiu.

**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**  
**14 martie 2026**

pagina 2 din 5

**c. Demonstrează** că inducția câmpului magnetic este aproximativ constantă în vecinătatea centrului sistemului de bobine Helmholtz, pe axa de simetrie a bobinelor.

**d. Determină** expresia matematică a sarcinii specifice a electronului ( $e/m$ ) în funcție de: diferența de potențial ( $U_a$ ) la care sunt accelerați electronii în tunul electronic, numărul de spire al unei bobine ( $N$ ), raza medie a unei bobine ( $R$ ), intensitatea curentului electric prin bobine ( $I$ ) și raza traiectoriei circulare a fasciculului de electroni ( $r$ ).

**e.** Într-un experiment de determinare a sarcinii specifice a electronului, s-au folosit bobine Helmholtz, având fiecare  $N = 124$  spire și raza medie  $R = 14,9$  cm. Rezultatele determinărilor experimentale sunt prezentate în tabelul următor:

<i>Nr. det.</i>	<i>Tensiunea de accelerare a electronilor</i> $U_a$ (V)	<i>Intensitatea curentului electric prin bobine</i> $I$ (A)	<i>Raza traiectoriei electronilor</i> $r$ (cm)	<i>Sarcina specifică a electronului</i> $\frac{e}{m} \left( \frac{C}{kg} \right)$	<i>Valoarea medie</i> $\left( \frac{e}{m} \right)_{\text{mediu}}$	<i>Eroarea relativă</i> $\varepsilon$ (%)	<i>Eroarea relativă medie</i> $\varepsilon_{\text{mediu}}$ (%)
1	125	1,00	5,0				
2	150	1,50	3,7				
3	150	1,75	3,2				
4	200	2,50	2,6				
5	250	2,00	3,5				

**Calculează** sarcina specifică a electronului pentru cele cinci determinări experimentale, valoarea medie a sarcinii specifice a electronului, eroarea relativă medie și **scrie** rezultatul sub forma:  $e/m = (e/m)_{\text{mediu}} \pm \varepsilon_{\text{mediu}}$ .

**Precizează** minim trei surse de erori.

*Indicații:*

*i.* Inducția câmpului magnetic produs de un element vectorial de conductor ( $\Delta \vec{l}$ ), orientat în sensul intensității curentului electric, la distanța  $\vec{r}$ , este dată de legea Biot-Savart:  $\Delta \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \Delta \vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$ , unde permeabilitatea magnetică absolută a vidului (aerului) este  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ .

*ii.* Poți folosi relația:  $(1 \pm x)^n = 1 \pm nx$ , dacă  $|x| \ll 1$ , unde  $n$  este număr real.

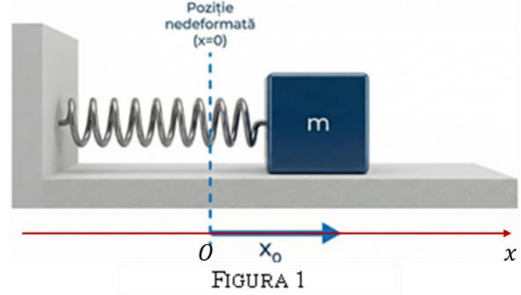
- 
- Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
  - În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
  - Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
  - Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
  - Fiecare subiect se punctează de la 0 la 30. Punctajul final reprezintă suma acestora, punctajul maxim fiind de 100 puncte, din care 10 puncte se acordă din oficiu.

**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**  
**14 martie 2026**

pagina 3 din 5

**Subiectul II: *Mase și resorturi***

**A.** Un corp de masă  $m = 0,1$  kg cu dimensiuni neglijabile este atașat de un capăt al unui resort elastic ușor cu constanta elastică  $k = 50$  N/m. Celălalt capăt al resortului este legat de un perete fix (FIGURA 1). Corpul se află pe o suprafață orizontală rugoasă. Se presupune că atât coeficientul de frecare cinetică,  $\mu_k$ , cât și cel de frecare statică,  $\mu_s$ , sunt identici și constanți,  $\mu_k = \mu_s = \mu = 0,25$ . Corpul este deplasat inițial la poziția  $x_0 = 0,1$  m față de poziția în care resortul este nedeformat (pentru care  $x = 0$ ) și apoi este eliberat din repaus. Se neglijează forțele de rezistență cu aerul și se consideră accelerația gravitațională  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.



**a. Determină** de câte ori va trece corpul prin poziția în care resortul este nedeformat, înainte de a se opri definitiv.

**b. Determină** distanța totală parcursă de corp, înainte de a se opri.

**c. Împărțim** o oscilație completă a corpului, începând de la starea de alungire maximă a resortului  $x_0$ , în patru secțiuni distincte, parcurse în următoarea ordine temporală:

$t_1$ : timpul necesar corpului pentru a se deplasa de la poziția de alungire maximă la poziția nedeformată a resortului.

$t_2$ : timpul necesar corpului pentru a se deplasa de la poziția nedeformată la poziția de comprimare maximă a resortului.

$t_3$ : timpul necesar corpului pentru a se deplasa de la poziția de comprimare maximă la poziția nedeformată a resortului.

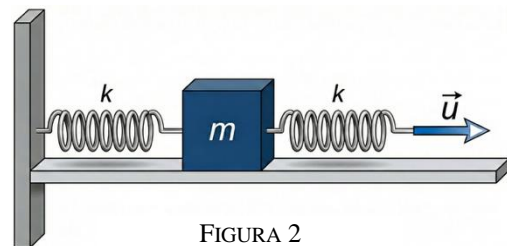
$t_4$ : timpul necesar corpului pentru a se deplasa de la poziția nedeformată la poziția de alungire maximă a resortului.

Fie distanțele parcurse în intervalele de timp de mai sus:  $d_1, d_2, d_3$ , respectiv  $d_4$ . De asemenea, fie  $T_1$  și  $T_2$  timpii necesari pentru a finaliza prima și, respectiv, a doua oscilație completă, începând de la deplasarea inițială  $x_0$ . **Compară** timpii și distanțele de mai sus, inserând semnul corespunzător (<; >; =) între mărimile date în fiecare dintre căsuțele de mai jos (copiate pe foaia de lucru). **Justifică răspunsurile date!**

$t_1$	$t_2$	$t_2$	$t_3$	$t_1$	$t_3$
$d_1$	$d_2$	$d_2$	$d_4$	$T_1$	$T_2$

**d. Calculează** durata totală a mișcării corpului până la oprire și **reprezintă grafic** coordonata  $x$  a corpului în funcție de timp.

**B.** Un corp cu masa  $m$  este așezat pe o suprafață orizontală și conectat între două resorturi identice, fiecare având constanta elastică  $k$ . Capătul din stânga al primului resort este fixat de un perete vertical, în timp ce capătul din dreapta al celui de-al doilea resort este tras spre dreapta cu o viteză constantă  $u$  (FIGURA 2). La momentul inițial  $t = 0$ , sistemul se află în repaus,



1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 0 la 30. Punctajul final reprezintă suma acestora, punctajul maxim fiind de 100 puncte, din care 10 puncte se acordă din oficiu.



**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**  
**14 martie 2026**

pagina 4 din 5

iar resorturile sunt nedeformate. Resorturile sunt considerate ideale și se neglijează forțele de frecare cu suprafața orizontală și cu aerul.

**Determină momentul de timp**, la care viteza corpului devine pentru prima dată egală cu viteza  $u$  și **distanța parcursă** de corp, față de poziția sa inițială, până la acest moment de timp.

**Precizare:** Poți considera mișcarea în sistemul de referință al centrului de echilibru mobil (care se deplasează cu viteza  $u/2$ , în raport cu sistemul de referință în repaus).

**Subiectul III** Unde sonore

Se consideră un tub orizontal de secțiune constantă  $S$ , deschis la ambele capete și orientat de-a lungul axei  $Ox$ . La capătul din stânga ( $x = 0$ ) este montat un difuzor care impune membranei sale o mișcare armonică, cu elongația:

$$r(0, t) = A \cos \omega t,$$

unde amplitudinea  $A$  este foarte mică (regim liniar). În interiorul tubului se propagă o undă sonoră. Pentru oscilații mici, **presiunea acustică**  $p(x, t)$ , adică variația presiunii aerului față de presiunea de echilibru (presiunea atmosferică), și elongația sunt legate prin relația:

$$p(x, t) = -B \frac{dr(x, t)}{dx},$$

unde:  $B$  reprezintă modulul de compresibilitate (adiabatică) al aerului,  $r(x, t)$  este elongația particulelor mediului la momentul  $t$  în punctul de coordonată  $x$ , iar  $\frac{dr(x, t)}{dx}$  reprezintă variația spațială a elongației evaluată la un moment de timp fixat  $t$ .

Se consideră cunoscută viteza sunetului în aer la temperatură constantă  $c = 340$  m/s.

- Observație:*
1. În expresiile de mai jos, derivata față de  $x$  se calculează considerând timpul  $t$  constant.
  2. Numărul de undă  $k$  este o mărime fizică ce caracterizează variația spațială a fazei unei unde și este definit prin relația  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ .
  3. În cazul fluidelor, modulul de compresie ( $B$ ) joacă un rol analog celui al modulului lui Young ( $E$ ) în solide.

**a) Demonstrează** că între amplitudinile presiunii și vitezei de oscilație a particulelor mediului există relația:

$$p_{\max} = \rho c u_{\max}.$$

**b) Intensitatea unei sonore este definită ca fiind energia transportată de undă în unitatea de timp prin unitatea de suprafață. Demonstrează** că intensitatea instantanee a unei sonore poate fi scrisă sub forma  $I(x, t) = p(x, t) \cdot u(x, t)$  și **determină** expresia mediei temporale a intensității unei progresive în funcție de  $\rho$ ,  $c$ ,  $v$  și  $A$ .

**c) Pentru tubul deschis la ambele capete, la orice moment de timp, condiția la limită este:**  $p(0, t) = p(L, t) = 0$ . **Demonstrează** că în regim staționar (atunci când unda incidentă și cea reflectată se suprapun) elongația undei rezultante are forma  $r(x, t) = R_0 \cos kx \cos \omega t$  și determinați frecvențele proprii

- 
1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
  2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
  3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
  4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
  5. Fiecare subiect se punctează de la 0 la 30. Punctajul final reprezintă suma acestora, punctajul maxim fiind de 100 puncte, din care 10 puncte se acordă din oficiu.



**Olimpiada de Fizică**  
**Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București**  
**14 martie 2026**

pagina 5 din 5

ale tubului. Se neglijează absorbția undelor în aer. Pentru tubul cu lungimea  $L = 1$  m calculați frecvența modului cu trei ventre de deplasare.

**d) Demonstrează** că în regim staționar presiunea are noduri în punctele unde deplasarea are ventre și invers.

**e)** Considerați un element cilindric de aer din tub, de secțiune  $S$  și lungime  $\Delta x$ , în care energia undei este  $w \Delta V$ . **Demonstrează** că energia transportată prin secțiunea  $S$  în intervalul de timp  $\Delta t$  conduce la relația  $I = w \cdot c$ , unde  $w$  se numește densitate volumică totală de energie și reprezintă energia conținută în unitatea de volum a mediului ( $w = \frac{\Delta E}{\Delta V}$ ). **Determină** expresiile densităților volumice ale energiei cinetice și potențiale elastice, în funcție de  $\rho$ ,  $u(x, t)$ , respectiv  $\rho$ ,  $c$  și  $p(x, t)$ .

*Subiectele au fost propuse de*

**Prof. dr. Costin DOBROTĂ**, CN Dimitrie Cantemir, Onești, Bacău  
**Prof.dr. Adrian BODNĂRESCU**, CN Eudoxiu Hurmuzachi, Rădăuți, Suceava  
**Prof. Sorin TROCARU**, Liceul Teoretic Aurel Vlaicu, Breaza, Prahova  
**Prof. Constantin GAVRILĂ**, CN Sfântul Sava, București - coordonator

- 
1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
  2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
  3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
  4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
  5. Fiecare subiect se punctează de la 0 la 30. Punctajul final reprezintă suma acestora, punctajul maxim fiind de 100 puncte, din care 10 puncte se acordă din oficiu.