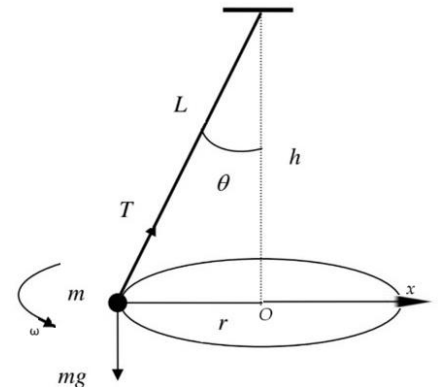


Subiectul I: Pendulul conic (10 puncte)

Determinarea accelerației gravitaționale prin metoda pendulului conic.

Se dau următoarele:

- Stativ;
- Fir inextensibil;
- Piuliță metalică;
- Riglă;
- Cronometru.



Se vor efectua cel puțin 5 măsurători pentru unghiuri diferite.

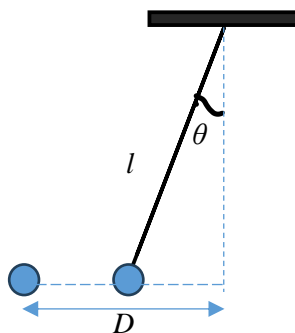
Cerințe:

- (3,0 p) Deduceți expresia analitică a perioadei pendulului conic.
- (0,5 p) Scrieți ecuația mișcării pe axa Ox.
- (5,0 p) Determinați valoarea accelerației gravitaționale, în limita erorilor experimentale, scriind datele experimentale într-un tabel. Calculați erorile (absolută și relativă).
- (1,5 p) Precizați 3 surse de erori.

Subiectul II: Pendul magnetic (10 puncte)

Mai jos se regăsesc două seturi de date experimentale.

Primul set a fost obținut în urma observării comportamentului unui pendul gravitațional, alcătuit dintr-un magnet de mici dimensiuni legat cu un fir inextensibil de lungime $l = 8$ cm, în apropierea unui al doilea magnet; magneții sunt poziționați astfel încât forța să fie repulsivă. În limita micilor oscilații, magneții se află pe aceeași orizontală, iar oscilațiile au loc în planul desenului.



În tabelul de mai jos:

- D reprezintă distanța dintre magnetul extern și verticala dusă din punctul de suspensie a pendulului;
- N reprezintă numărul de oscilații complete efectuate;
- Δt reprezintă timpul în care s-a executat măsurătoarea.

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
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a XI-a



Pagina 2 din 3

Tabel 1

Nr. Crt	D (cm)	N	Δt (s)
1	3,00	8	5,181
2		10	6,513
3		12	7,784
4	3,50	8	4,915
5		10	6,122
6		12	7,367
7	5,00	8	4,642
8		10	5,829
9		12	6,973

Magnetul se dezleagă de fir și este suspendat de un dinamometru. Sub el, la o distanță r , se află al doilea magnet. Al doilea set de date reprezintă dependența forței F indicată de dinamometru de distanța r dintre cei doi magneți, unde F conține și forța de interacțiune de tip coulombian dintre cei doi magneți, $F_m = F_m(r, K)$, K fiind o constantă.

Tabel 2

Nr. Crt.	F (N)	r (cm)
1	0,40	∞
2	0,35	1,60
3	0,30	1,30
4	0,25	1,05
5	0,20	0,90
6	0,15	0,80

Cerințe:

- (4,0 p)** Deduceți valoarea constantei K din reprezentarea grafică a forței de interacțiune ca funcție de gradul I, folosind hârtia milimetrică de la finalul subiectului. **Atenție!** Hârtia milimetrică se predă împreună cu subiectul. **NU** o semnați!
- (3,0 p)** Aflați expresia perioadei de oscilație a pendulului aflat în apropierea unui magnet.
- (3,0 p)** Folosind datele din tabelul 1 și constanta K găsită la punctul a), determinați accelerația gravitațională.

Subiecte propuse de:

prof. **Rareș VOROVENCI**, Centrul Județean de Excelență Brașov
prof. **Maria FRÂNGU**, Colegiul de Științe ale Naturii „Emil Racoviță” Brașov

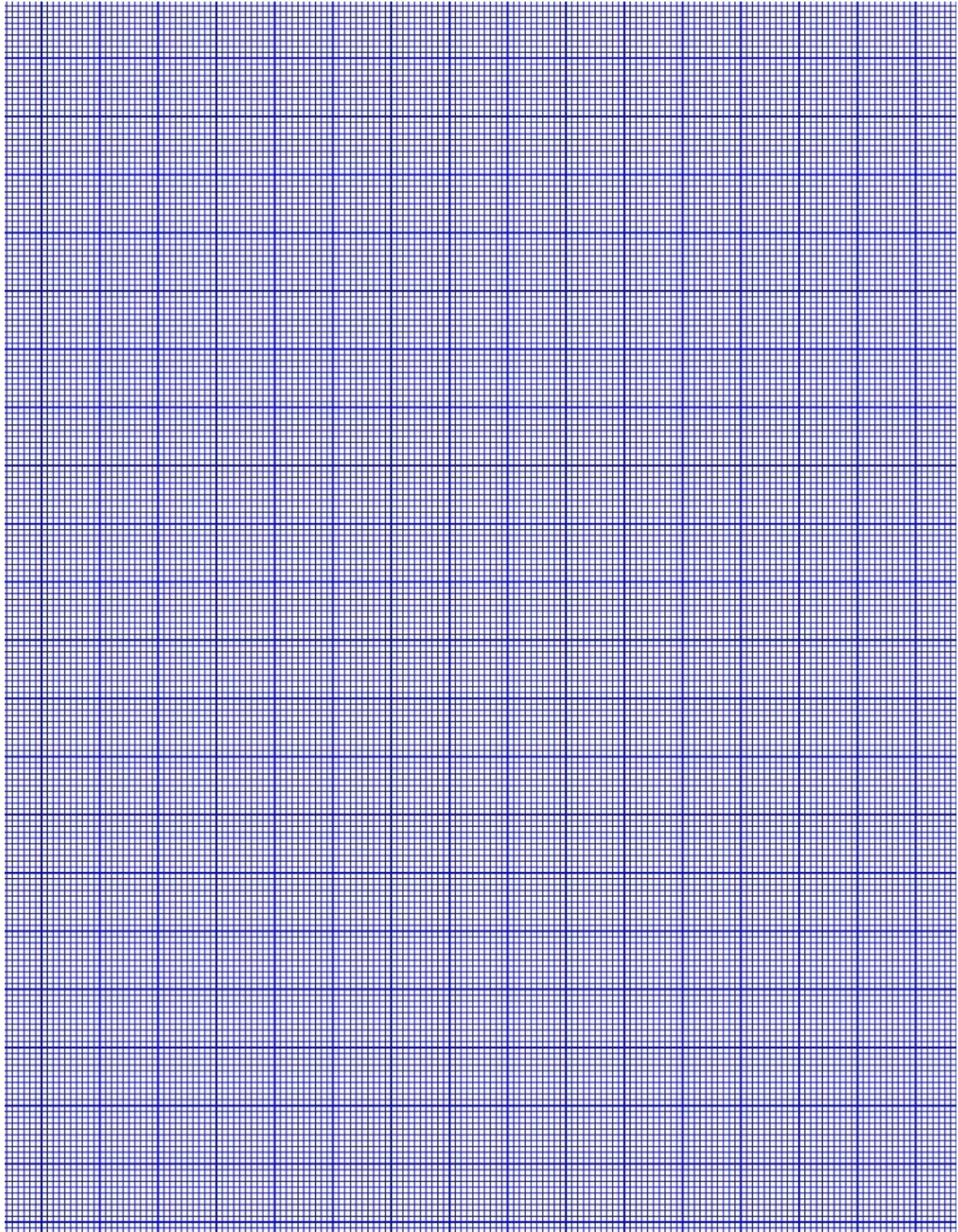
- Durata probei este de 3 ore.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba practică
Clasa a XI-a



Pagina 3 din 3



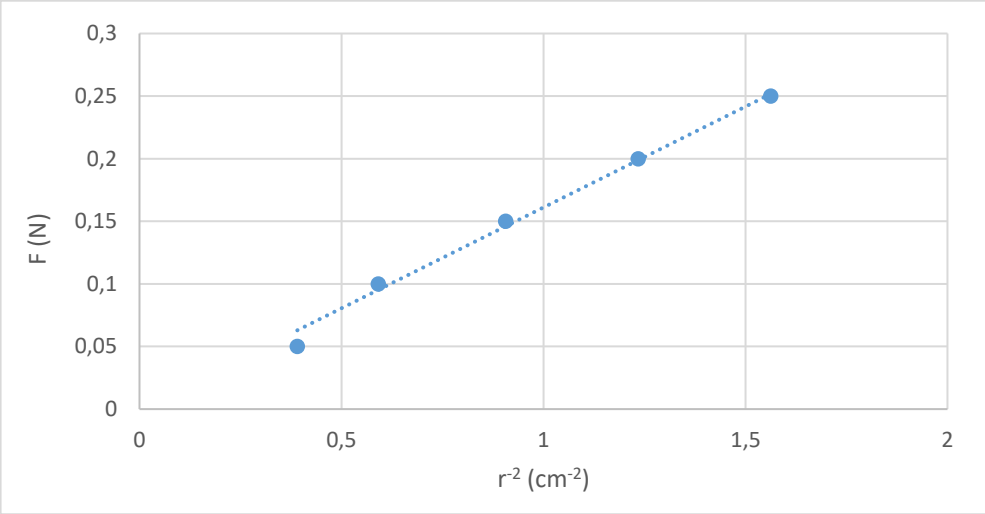
-
1. Durata probei este de 3 ore.
 2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
 3. Punctajul acordat: 20 puncte pentru rezolvarea cerințelor, fără puncte din oficiu.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

	<i>Parțial</i>	<i>Punctaj</i>
Barem Subiectul I		10 p
a) <i>Scrierea ecuațiilor de mișcare</i> $T \cdot \sin \theta = m a_{cp}$ $mg = T \cdot \cos \theta$ $a_{cp} = \omega^2 r = g \cdot \operatorname{tg} \theta$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{r} \operatorname{tg} \theta} = \sqrt{\frac{g \operatorname{tg} \theta}{L \sin \theta}}$ $T = \frac{2 \pi}{\omega} = 2 \pi \sqrt{\frac{L \sin \theta}{g \operatorname{tg} \theta}}$	0,5 p 0,5 p 1 p 0,5 p 0,5 p	3 p
b) $\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}}$ $x(t) = L \sin \theta \cos(\omega t)$	0,25 p 0,25 p	0,5 p
c) $g = 4 \pi^2 \frac{L \sin \theta}{T^2 \operatorname{tg} \theta}$ <i>Calcularea numerică a funcțiilor trigonometrice necesare.</i> <i>Efectuarea a minim 5 măsurători.</i> <i>Calcularea accelerației gravitaționale pentru fiecare măsurătoare.</i> <i>Determinarea accelerației gravitaționale în limita $g \in (9,7, 9,9) \text{ m/s}^2$</i> Observație: <i>pentru intervalele $g \in (9,6, 9,9) \text{ m/s}^2$ și $g \in (9,9, 10) \text{ m/s}^2$ se acordă <u>doar 0,5p</u></i> <i>Calcularea corectă a erorii absolute $\Delta g = g - \bar{g}$ pentru fiecare măsurătoare.</i> <i>Calcularea corectă a erorii relative $\varepsilon_g = \frac{\Delta g}{\bar{g}}$ pentru fiecare măsurătoare.</i>	1 p 1 p 0,5 p 0,5p (5x0,1p) 1 p 0,5p (5x0,1p) 0,5p (5x0,1p)	5 p
d) <i>Exprimarea a trei surse posibile de erori.</i> <i>Surse posibile de erori:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Eroare de paralaxă la citire; • Eroare cauzată de aparatele experimentale (cronometru); • Înclinare a suprafeței de lucru; • Eroare cauzată de rezistență aerodinamică; • Eroare de idealitate (fir considerat ideal, fără masă) etc. 	1,5 p (3x0,5p)	1,5 p

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

	Parțial	Punctaj																												
Barem Subiectul II		10 p																												
<p>a) Forța de interacțiune dintre magneți este, așa cum a fost descrisă în cerință, de tip coulombian:</p> $F_m = K \frac{1}{r^2}$ <p>Completarea tabelului de valori necesar</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>F (N)</th> <th>r (cm)</th> <th>$\frac{1}{r^2}$ (cm⁻²)</th> <th>F_m (N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4</td> <td>∞</td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: black;"></td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>1,6</td> <td>0,39</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>1,3</td> <td>0,59</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>1,15</td> <td>0,76</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>0,8</td> <td>1,56</td> <td>0,25</td> </tr> </tbody> </table> <p>Extragerea greutății magnetului din tabel:</p> $F = G = 0,4 N$ <p>Trasarea graficului:</p>  <p>-pentru alegerea corectă a axelor: ordonata: F, abscisa: r^{-2}</p> <p>-alegerea scalei potrivite</p> <p>-prelungirea graficului trece prin origine</p> <p>-marcarea punctelor pe grafic</p> <p>-obținerea unui grafic liniar.</p> <p>Calcularea constantei K din panta graficului</p> $K = 16 \cdot 10^{-6} N \cdot m^2$ <p>Primesc punctaj integral valorile cuprinse în intervalul $K \in [14, 18] \cdot 10^{-6} N \cdot cm^2$</p>	F (N)	r (cm)	$\frac{1}{r^2}$ (cm ⁻²)	F_m (N)	0,4	∞			0,35	1,6	0,39	0,05	0,3	1,3	0,59	0,1	0,25	1,15	0,76	0,15	0,2	1	1	0,2	0,15	0,8	1,56	0,25	<p>1 p</p> <p>1 p</p> <p>(10x0,1p)</p> <p>0,5 p</p> <p>1 p</p> <p>4 p</p> <p>(5 x 0,2 p)</p> <p>0,5 p</p>	10 p
F (N)	r (cm)	$\frac{1}{r^2}$ (cm ⁻²)	F_m (N)																											
0,4	∞																													
0,35	1,6	0,39	0,05																											
0,3	1,3	0,59	0,1																											
0,25	1,15	0,76	0,15																											
0,2	1	1	0,2																											
0,15	0,8	1,56	0,25																											

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

<p>Valorile cuprinse în intervalul $K \in [12, 14] \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{cm}^2$ și $K \in [18, 20] \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{cm}^2$ primesc doar 0,25 p.</p>																																																																										
<p>b) Scrierea ecuațiilor de mișcare $Mg \sin \theta_0 = K(D - x_0)^{-2} \cos \theta_0$ (1) Se aplică aproximația pentru unghiuri mici: $K(D - x_0)^{-2} \approx KD^{-2} \left(1 + 2 \frac{x_0}{D} \right)$ $\sin \theta \approx \frac{x + x_0}{l}$ Pentru o deviație mică x, ecuația de mișcare a pendulului este: $Ma = KD^{-2} \left(1 + 2 \frac{x + x_0}{D} \right) \cos \theta - Mg \frac{x + x_0}{l}$ (2) Se înlocuiește condiția de echilibru (1) în ecuația de mai sus și se obține: $a + \left(\frac{g}{l} - 2 \frac{KD^{-3}}{M} \right) x = 0$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l} - 2 \frac{KD^{-3}}{M}}$ $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l} - 2 \frac{KD^{-3}}{M}}}$</p>	<p>0,5 p</p> <p>0,5 p</p> <p>0,5 p</p> <p>0,5 p</p> <p>0,5 p</p>	<p>3 p</p>																																																																								
<p>c) Obținerea formulei accelerației gravitaționale: $g = \frac{4\pi^2}{T^2} \frac{1}{\frac{1}{l} - \frac{2KD^{-3}}{M}}$ Completarea tabelului de date:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>D (cm)</th> <th>N</th> <th>Δt (s)</th> <th>T (s)</th> <th>g (m/s²)</th> <th>\bar{g} (m/s²)</th> <th>Δg (m/s²)</th> <th>ϵ_g</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3,00</td><td>8</td><td>5,181</td><td>0,648</td><td>9,86</td><td rowspan="12">9,86</td><td>0,01</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3,00</td><td>10</td><td>6,513</td><td>0,651</td><td>9,77</td><td>-0,08</td><td>-1%</td></tr> <tr><td>3,00</td><td>12</td><td>7,784</td><td>0,649</td><td>9,83</td><td>-0,02</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3,50</td><td>8</td><td>4,915</td><td>0,614</td><td>9,85</td><td>0,00</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3,50</td><td>10</td><td>6,122</td><td>0,612</td><td>9,91</td><td>0,06</td><td>1%</td></tr> <tr><td>3,50</td><td>12</td><td>7,367</td><td>0,614</td><td>9,85</td><td>0,00</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>8</td><td>4,642</td><td>0,580</td><td>9,90</td><td>0,05</td><td>1%</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>10</td><td>5,829</td><td>0,583</td><td>9,79</td><td>-0,06</td><td>-1%</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>12</td><td>6,973</td><td>0,581</td><td>9,86</td><td>0,01</td><td>0%</td></tr> </tbody> </table> <p>$g = (9,86 \pm 0,08) \text{ m/s}^2$ Se acordă punctajul și pentru valori cuprinse între $g \in (9,84, 9,88) \text{ m/s}^2$</p>	D (cm)	N	Δt (s)	T (s)	g (m/s ²)	\bar{g} (m/s ²)	Δg (m/s ²)	ϵ_g	3,00	8	5,181	0,648	9,86	9,86	0,01	0%	3,00	10	6,513	0,651	9,77	-0,08	-1%	3,00	12	7,784	0,649	9,83	-0,02	0%	3,50	8	4,915	0,614	9,85	0,00	0%	3,50	10	6,122	0,612	9,91	0,06	1%	3,50	12	7,367	0,614	9,85	0,00	0%	5,00	8	4,642	0,580	9,90	0,05	1%	5,00	10	5,829	0,583	9,79	-0,06	-1%	5,00	12	6,973	0,581	9,86	0,01	0%	<p>0,5 p</p> <p>1,5 p</p> <p>1 p</p>	<p>3 p</p>
D (cm)	N	Δt (s)	T (s)	g (m/s ²)	\bar{g} (m/s ²)	Δg (m/s ²)	ϵ_g																																																																			
3,00	8	5,181	0,648	9,86	9,86	0,01	0%																																																																			
3,00	10	6,513	0,651	9,77		-0,08	-1%																																																																			
3,00	12	7,784	0,649	9,83		-0,02	0%																																																																			
3,50	8	4,915	0,614	9,85		0,00	0%																																																																			
3,50	10	6,122	0,612	9,91		0,06	1%																																																																			
3,50	12	7,367	0,614	9,85		0,00	0%																																																																			
5,00	8	4,642	0,580	9,90		0,05	1%																																																																			
5,00	10	5,829	0,583	9,79		-0,06	-1%																																																																			
5,00	12	6,973	0,581	9,86		0,01	0%																																																																			

Bareme propuse de:

prof. Rareș VOROVENCI – Centrul Județean de Excelență Brașov

prof. Maria FRANGU-Colegiul de Științe ale Naturii „Emil Racoviță” Brașov

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

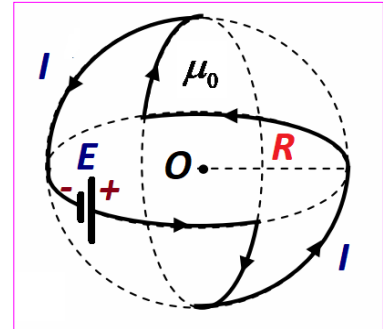
Subiectul I. Electromagnetismul ... și geometria sferică

(10 puncte)

I A. – Inducția magnetică ... în centrul unei "sfere" ...

(3 puncte)

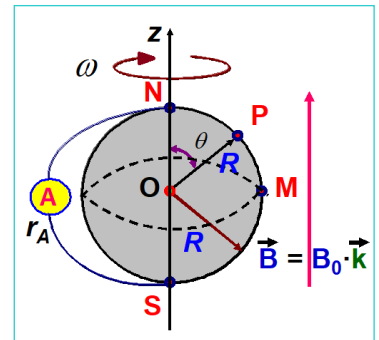
Dintr-un fir conductor se confecționează un contur sferic de forma indicată în figura alăturată, în care avem 6 arce de cerc identice, fiecare având raza egală cu R , unghiurile la centrul sferei ale acestor arce de cerc fiind de 90° . Acest conductor de forma indicată este parcurs de un curent electric continuu având intensitatea egală cu I , datorat bateriei electrice. Calculați modulul vectorului inducție magnetică în centrul O al sferei de rază R produsă de acest curent de intensitate I , care parcurge conductorul pliat pe sferă. Se cunosc mărimile fizice R , I și permeabilitatea magnetică μ_0 a vidului, mediul în care se află conductorul respectiv.



I B. ... Sferă rotitoare în câmp magnetic

(7 puncte)

O sferă conductoare subțire, cu rezistivitate nulă, de rază R se rotește cu viteză unghiulară constantă ω în jurul diametrului aflat pe axa Oz . Sfera este plasată într-un câmp magnetic uniform de inducție magnetică $\vec{B} = B_0 \cdot \vec{k}$, unde \vec{k} este versorul axei Oz , iar $B_0 = |\vec{B}|$. Pe suprafața exterioară a sferei considerăm patru puncte N , S , M și P așa cum se arată în figura alăturată (mai precis S și N sunt poli sferei, M un punct oarecare de pe ecuatorul sferei conductoare, iar P un punct oarecare de latitudine $\pi/2 - \theta$ (unghiul θ este unghiul făcut de razele OP și ON , în figură). Un ampermetru (real) cu rezistența internă r_A poate fi conectat prin intermediul a două perii conductoare la oricare două puncte de pe suprafața sferei.



1. (4p) Demonstrați că tensiunea electromotoare (t.e.m.) infinitezimală δe , indusă într-un conductor de lungime foarte mică δl , are expresia: $\delta e = \delta \vec{l} \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$, unde $\delta \vec{l}$ este vectorul de mărime δl cu sensul dat de sensul convențional al curentului indus care trece prin δl , \vec{v} este viteza conductorului, iar \vec{B} este inducția câmpului magnetic uniform în care se deplasează δl . Explicați apariția t.e.m. între 2 puncte colectoare aflate pe suprafața sferei.
2. (2p) Pentru a obține t.e.m. indusă e_{NP} între capetele N și P ale unui conductor, contribuțiile foarte mici δe definite la punctul 1. se însumează pe porțiunea de conductor respectivă, iar rezultatul este $e_{NP} = \omega B_0 R^2 (1 - \cos 2\theta) / 4$. Considerând această expresie, găsiți care este indicația ampermetrului dacă acesta este conectat:
 - a) (1p) între punctele N și M ;
 - b) (1p) între punctele N și S .
3. (1p) Identificați un alt fenomen care duce la apariția t.e.m. între 2 puncte colectoare aflate pe suprafața sferei aflată în rotație chiar și în absența câmpului magnetic.

Indicație: Se poate utiliza proprietatea vectorială $(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = \vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c})$.

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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

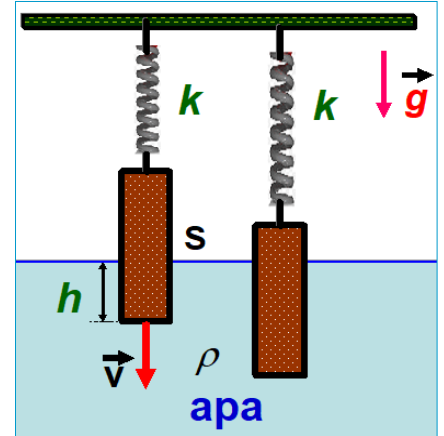
Subiectul II. Oscilații diverse ...

(10 puncte)

II A. – Cilindru oscilant ...

(4 puncte)

Un corp cilindric cu masa m și aria secțiunii transversale S , suspendat de un resort elastic cu constanta elastică k și introdus parțial în apă pe o porțiune de lungime h , se află în echilibru, așa cum se sugerează în desenul alăturat. Se consideră apa ca fiind un fluid ideal (fără vâscozitate) și valorile numerice: $m = 20 \text{ g}$, $k = 1 \text{ N/m}$, $S = 1 \text{ cm}^2$, accelerația gravitațională $g = 10 \text{ m/s}^2$, densitatea apei $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.



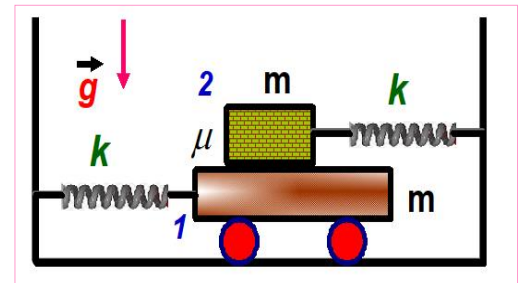
- (1p)** Calculează lungimea porțiunii h din cilindru scufundat în apă în poziția de echilibru, în acest caz alungirea resortului elastic fiind $y_0 = 10 \text{ cm}$.
- (2p)** Se imprimă cilindrului un impuls pe verticală, în jos, acesta părăsind poziția de echilibru cu viteza $v = 0,5 \text{ m/s}$. Calculează amplitudinea mișcării.
- (1p)** Considerând că oscilația rezultată este liniar armonică, calculează pulsația mișcării și viteza corpului după un interval de timp $t = \pi/10 \text{ s}$, cronometrat din momentul aplicării impulsului.

Indicație: Forța arhimedică este forța cu care un corp scufundat într-un fluid este împins de către fluid pe verticală, de jos în sus. Această forță este egală cu greutatea volumului de fluid deplasat de către corp.

II B. – Moduri de oscilație ...

(6 puncte)

Două corpuri cu mase egale m sunt fixate fiecare cu un resort de constantă de elasticitate k de suporturi opuse și fixe, ca în desenul alăturat. Ambele resorturi au alungirile în limita legii Hooke. Corpul 1 se deplasează *fără frecare* pe planul orizontal, iar între cele două corpuri există o forță de frecare proporțională cu viteza lor *relativă* \vec{v} , de forma $-bm\vec{v}$, cu b o constantă pozitivă.



- (1p)** Considerând că cele două corpuri sunt permanent în contact, scrieți ecuațiile lor de mișcare în funcție de deformațiile $x_1(t)$, $x_2(t)$ ale resorturilor, față de pozițiile lor de echilibru (în care resorturile sunt nedeformate); t este notația pentru variabila timp.
- (2p)** Găsiți frecvențele cu care pot oscila corpurile în funcție de m , k și b pentru cazul în care pulsația $\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - b^2}$, cu $\omega_0^2 = k/m$, este un număr real pozitiv (cazul oscilațiilor slab amortizate). Se cunoaște că legea de mișcare a oscilatorului liniar armonic amortizat introdus are expresia $x(t) = Ae^{-bt} \cos(\omega't + \alpha)$, unde A și α sunt numere reale care se pot determina din condițiile inițiale: $x(0) = x_0$ și $v(0) = v_0$.
- (3p)** Precizați condițiile în care ambele corpuri oscilează cu aceeași frecvență și scrieți legile de mișcare $x_1(t)$, $x_2(t)$ ale celor două corpuri în aceste cazuri.

- 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



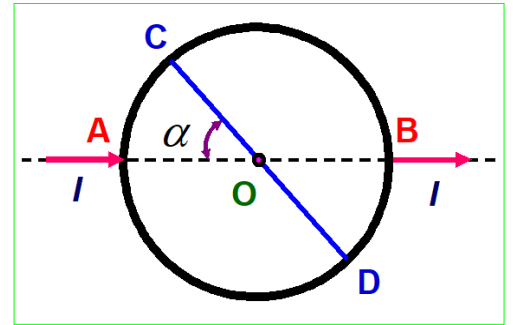
MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a XI-a



Subiectul III. Curent alternativ sinusoidal ...

(10 puncte)

Un circuit de curent alternativ sinusoidal este format dintr-o spiră (vezi figura alăturată) de rază R și un conductor ideal CD aflat în permanență în contact cu spira și care trece prin centrul spirei. Unitatea de lungime a spirei este caracterizată de rezistența r_0 și inductanța L_0 . Tensiunea aplicată la bornele AB are valoarea efectivă U și frecvența ν . Aplicație numerică: $R=1\text{ m}$, $r_0=1\ \Omega/\text{m}$, $L_0=10^{-2}/\pi\text{ H/m}$, valoarea efectivă a tensiunii $U=10\text{ V}$, $\nu=50\text{ Hz}$, $\alpha=\pi/4$.



- (3p)** Reprezentați schema echivalentă a circuitului, determinați expresiile impedanțelor din circuit și calculați valorile lor numerice;
- (4p)** Determinați impedanța echivalentă Z a circuitului și defazajul φ tensiune-curent prin sursă. Calculați valorile numerice ale mărimilor Z și φ ;
- (3p)** Determinați puterea instantanee p considerând tensiunea aplicată de forma $u = \sqrt{2}U \cos \omega t$, unde ω este pulsația. Calculați valoarea numerică a puterii instantanee la momentul $t = 10^{-2}\text{ s}$.

Subiecte propuse de:

prof. dr. Luciu ALEXANDRESCU, Centrul Județean de Excelență, Brașov;

prof. Dumitru ANTONIE, Colegiul Tehnic nr.2 din Târgu – Jiu;

prof. Florin MORARU, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu” din Brăila;

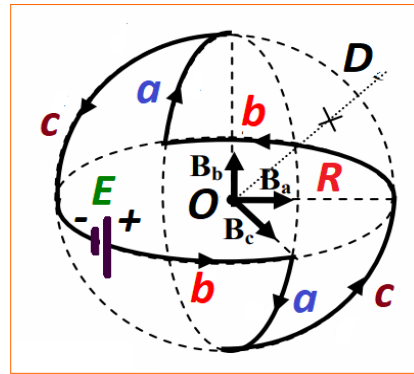
Coordonator: Conf. univ. dr. Tiberius O. CHECHE, Facultatea de Fizică, Universitatea din București.

- 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

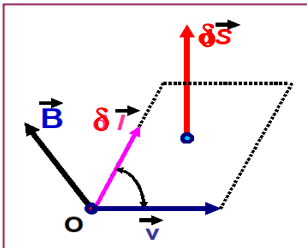
pagina 1 din 8

	Parțial	Punctaj
Barem subiectul I : <i>Electromagnetismul ... și geometria sferică</i>		10 p
I A. – <i>Inducția magnetică ... în centrul unei "sfele" ...</i>		3 p
<p>Se știe că o spiră circulară parcursă de curentul staționar I creează un câmp magnetic de inducție \vec{B} cu mărimea $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ în centrul spirei; direcția și sensul vectorului \vec{B} sunt date de regula burghiului drept. În cazul nostru sunt trei jumătăți de spire (fiecare compusă din două sferturi de spiră), caz în care mărimea câmpului magnetic produs de fiecare jumătate de spiră în centrul sferei are valoarea $B = \frac{\mu_0 I}{4R}$.</p> <p>În figura alăturată se prezintă câmpul magnetic de inducție \vec{B}_a, creat împreună de cele două arce „a”, precum și câmpurile magnetice de inducție \vec{B}_b și \vec{B}_c create de arcele „b” și respectiv „c”. Vectorii inducție magnetică sunt reciproc perpendiculari.</p> <p>Câmpul magnetic total \vec{B}, va avea valoarea $B = \sqrt{B_a^2 + B_b^2 + B_c^2} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4R} \cdot \sqrt{3}$ și va fi direcționat pe linia punctată OD (din desen), aflată pe diagonala mare a cubului format de vectorii \vec{B}_a, \vec{B}_b și \vec{B}_c.</p>	<p>0,80 p</p> <p>0,60 p</p> <p>0,60 p</p> <p>1 p</p>	3 p



1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

I B. ... Sferă rotitoare în câmp magnetic	7 p
<p>1. Conform legii inducției electromagnetice a lui Faraday:</p> $\delta e = -\vec{B} \cdot \frac{\delta \vec{S}}{\delta t} = -\vec{B} \cdot \frac{\vec{v} \delta t \times \delta \vec{l}}{\delta t} = \vec{B} \cdot (\delta \vec{l} \times \vec{v}) = \delta \vec{l} \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$ <p>Două puncte de contact A și B aflate pe un meridian delimitează pe sferă un arc de cerc conductor. Acest arc conductor și restul de arc conductor care completează meridianul pe care află A și B generează prin rotație o suprafață prin care variază câmpul magnetic. Astfel apare t.e.m. indusă între A și B. Valoarea acesteia se obține însumând contribuțiile infinitezimale de între A și B. Cele 2 puncte pot fi alese în orice poziții pe suprafața sferei.</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 20px;">3 p</div> <div style="margin-bottom: 20px;"></div> <div>1 p</div> </div>
<p>2.a) Tensiunea dintre un polul N al sferei conductoare și M este: $e_{NM} = \frac{B_0 \cdot \omega \cdot R^2}{2}$.</p> <p>Intensitatea curentului electric indicată de ampermetru cu rezistența internă r_A legat între N și M este: $I_{NM} = \frac{B_0 \cdot \omega \cdot R^2}{2r_A}$.</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 20px;">1 p</div> <div>1 p</div> </div>
<p>b) Tensiunea dintre polii sferei conductoare: $e_{NS} = 0$, deoarece $\theta = \pi = 180^\circ$, deci intensitatea curentului indicat de ampermetru este nulă ($I_{NS} = 0$).</p>	1 p
<p>3. Datorita rotației, electronii vor fi accelerați în sistemul de referință neinertial al sferei în rotație. Aceștia vor fi acumulați într-o fâșie centrată pe ecuator. Astfel o t.e.m. va fi colectată între 2 puncte aflate la latitudini diferite.</p>	1 p

7 p

Bareme propuse de:

prof. dr. Luciu ALEXANDRESCU, Centrul Județean de Excelență, Brașov ;

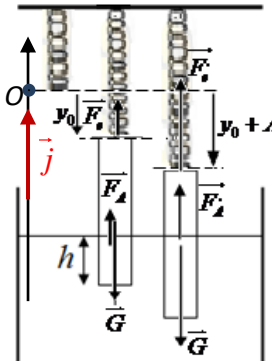
prof. Dumitru ANTONIE, Colegiul Tehnic nr.2 din Târgu – Jiu;

prof. Florin MORARU, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu” din Brăila;

Coordonator: Conf. univ. dr. Tiberius O. CHECHE, Facultatea de Fizică, Universitatea din București.

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

	Parțial	Punctaj	
Barem subiectul II : Oscilații diverse ...		10 p	
II A. – Cilindru oscilant ...		4 p	
<p>A</p> <p>a. La echilibru</p> $m \cdot g = F_A + F_e$ $m \cdot g = k \cdot y_0 + \rho \cdot g \cdot S \cdot h$ $h = \frac{m \cdot g - k \cdot y_0}{\rho \cdot g \cdot S}$ $h = \frac{0,02 \cdot 10 - 1 \cdot 0,1}{1000 \cdot 10^{-4} \cdot 10} \text{ m} = 0,1 \text{ m}$		<p>0,20p</p> <p>0,40p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p>	1 p
<p>b.</p> <p>Teorema de variație a energiei cinetice starea inițială fiind cea când cilindrul pleacă din starea de echilibru cu viteza v și starea finală când cilindrul se oprește după parcurgerea distanței A</p> $\Delta E_C = L_G + L_{F_e} + L_{F_A}$ $\Delta E_C = -\frac{mv^2}{2}$ $L_G = -\Delta U_G = -[-mg(y_0 + A) - (-mgy_0)] = mgA$ $L_{F_e} = -\Delta U_e = -\left[\frac{k}{2}(y_0 + A)^2 - \frac{k}{2}y_0^2\right]$ $L_{F_A} = \int \vec{F}_A \cdot d\vec{y} = \int F_A dy \cdot \cos \pi = -\int F_A dy$ $F_A(y) = \rho S g \cdot y$ $L_{F_A} = -\int_h^{h+A} \rho S g \cdot y dy = -\rho S g \left[\frac{(h+A)^2}{2} - \frac{h^2}{2} \right]$ $L_{F_A} = -\frac{\rho S g}{2} [(h+A) - h][(h+A) + h] = -\rho S g \frac{A^2}{2} - \rho S g h$	<p>0,20p</p> <p>0,40p</p> <p>0,60p</p>	2 p	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a XI-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

$-\frac{mv^2}{2} = mgA - \left[\frac{k}{2}(y_0 + A)^2 - \frac{k}{2}y_0^2 \right] - \rho Sg \frac{A^2}{2} - \rho Sgh$		
$-\frac{mv^2}{2} = mgA - \rho Sg \frac{A^2}{2} - \rho Sgh - \left[\frac{k}{2}(y_0 + A)^2 - \frac{k}{2}y_0^2 \right]$		
$mv^2 = (k + \rho Sg)A^2 + 2A(ky_0 + \rho Sg - mg)$	0,40p	
$(ky_0 + \rho Sgy_0 - m \cdot g) = 0$		
$mv^2 = (k + \rho Sg)A^2$	0,40p	
$A = \sqrt{\frac{mv^2}{k + \rho Sg}}$		
$A = 0,05 \text{ m}$		
c. $m\ddot{y} = m\vec{g} + \vec{F}_e + \vec{F}_A$ unde $\vec{y} = -(y_0 + x) \cdot \vec{j}$	0,20p	1 p
$\vec{F}_e = k(y_0 + x) \cdot \vec{j}$		
$\vec{F}_A = \rho Sg(h + x) \cdot \vec{j}$		
$-m\ddot{x} = k(y_0 + x) - mg + \rho Sg(h + x)$		
$m\ddot{x} + kx + \rho Sgx + ky_0 + \rho Sgh - mg = 0$	0,20p	
$ky_0 + \rho Sgh - mg = 0$		
$m\ddot{x} + kx + \rho Sgx = 0$		
$\ddot{x} + \frac{(k + \rho Sg)}{m} \cdot x = 0$	0,20p	
$\omega = \sqrt{\frac{k + \rho \cdot S \cdot g}{m}}$		
$\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$		
Legea de mișcare $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$	0,20p	
Din condițiile inițiale		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

	$x(0) = 0 \Rightarrow x(0) = A \cos \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$ $\dot{x}(0) = -v = -\omega A \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow v = \omega A$		
	$x(t) = \frac{v}{\omega} \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = -\frac{v}{\omega} \sin \omega t$		
	$v(t) = \dot{x}(t) = -v \cos \omega t$		
	<p>La momentul $t = \pi/10$ s $v = -0,5 \cdot \cos(10 \cdot \pi/10)$ m/s $v = 0,5$ m/s și corpul se află în urcare.</p>	<p>0,20p</p>	
<p>II B. – Moduri de oscilație ...</p>			<p>6 p</p>
	<p>a) Ecuațiile de mișcare:</p> $m\ddot{x}_1 = -kx_1 + bm(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \text{ și } \ddot{x}_1 - b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + \omega_0^2 x_1 = 0$ $m\ddot{x}_2 = -kx_2 - bm(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \text{ și } \ddot{x}_2 + b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + \omega_0^2 x_2 = 0$	<p>1 p</p>	
	<p>b) Adunăm ecuațiile și obținem:</p> $\frac{d^2(x_1 + x_2)}{dt^2} + \omega_0^2(x_1 + x_2) = 0 \text{ sau}$ $\ddot{q}_1 + \omega_0^2 q_1 = 0, \text{ unde } q_1 = x_1 + x_2,$ <p>o ecuație de oscilator liniar armonic cu soluție de forma $q_1 = A_1 \cos(\omega_0 t + \alpha_1)$.</p> <p>Scădem ecuațiile și obținem:</p> $\frac{d^2(x_2 - x_1)}{dt^2} + 2b \frac{d(x_2 - x_1)}{dt} + \omega_0^2(x_2 - x_1) = 0 \text{ sau}$ $\ddot{q}_2 + 2b\dot{q}_2 + \omega_0^2 q_2 = 0, \text{ unde } q_2 = x_2 - x_1,$ <p>care are soluția</p> $q_2 = A_2 e^{-bt} \cos(\omega' t + \alpha_2), \text{ cu } \omega' = \sqrt{\omega_0^2 - b^2}.$	<p>0.75 p</p> <p>6 p</p> <p>0.75 p</p>	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a XI-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

	<p>Deci</p> $x_1(t) = \frac{q_1 - q_2}{2} = \frac{1}{2} [A_1 \cos(\omega_0 t + \alpha_1) - A_2 e^{-bt} \cos(\omega' t + \alpha_2)]$ $x_2(t) = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{1}{2} [A_1 \cos(\omega_0 t + \alpha_1) + A_2 e^{-bt} \cos(\omega' t + \alpha_2)]$ <p>și corpurile pot oscila astfel încât oscilațiile lor sunt combinații liniare de oscilații care au frecvențele ω_0 și ω'.</p>	<p>0.5 p</p>	
	<p>c) Pentru $x_1(0) = x_2(0) = A > 0$ (un resort întins, celălalt comprimat) și $\dot{x}_1(0) = \dot{x}_2(0) = 0$ (corpurile au viteză (relativă) nulă) se obține un sistem de patru ecuații cu soluția $A_1 = 2A$, $\alpha_1 = 0$, $A_2 = 0$. Corpurile oscilează în fază, <i>fără amortizare</i>, după legea:</p> $x_1(t) = x_2(t) = A \cos(\omega_0 t).$ <p>Pentru $x_1(0) = -x_2(0) = A > 0$ (ambele resorturi comprimate sau alungite) și $\dot{x}_1(0) = \dot{x}_2(0) = 0$ (corpurile au viteză (relativă) nulă) se obține un sistem de patru ecuații. Soluția sistemului este $A_1 = 0$, $\alpha_2 = \arctg(-b/\omega')$, $2A = -A_2 \cos \alpha_2$. Dacă $\alpha_2 \in (\pi/2, \pi)$, atunci $A_2 = 2A \omega_0 / \omega' > 0$ și corpurile oscilează în antifază, <i>cu amortizare</i>, după legea:</p> $x_1(t) = -x_2(t) = -\frac{A \omega_0 e^{-bt}}{\omega'} \cos[\omega' t + \alpha_2].$	<p>1.5 p</p> <p>1.5 p</p>	

Bareme propuse de:

prof. dr. Luciu ALEXANDRESCU, Centrul Județean de Excelență, Brașov ;

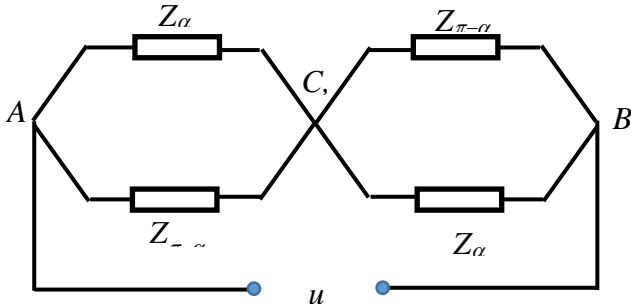
prof. Dumitru ANTONIE, Colegiul Tehnic nr.2 din Târgu – Jiu;

prof. Florin MORARU, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu” din Brăila;

Coordonator: Conf. univ. dr. Tiberius O. CHECHE, Facultatea de Fizică, Universitatea din București.

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.

BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

	Parțial	Punctaj
Barem subiectul III : <i>Circuit de curent alternativ sinusoidal</i>		10 p
<p>a) Schema echivalentă:</p>  <p>Pentru fiecare arc de cerc α și $\pi - \alpha$, impedanțele complexe sunt:</p> $\bar{Z}_\alpha = R\alpha r_0 + j\omega R\alpha L_0 = R\alpha(r_0 + j\omega L_0)$ $Z_\alpha = \frac{\pi\sqrt{2}}{4} \Omega$ $\bar{Z}_{\pi-\alpha} = R(\pi - \alpha)r_0 + j\omega R(\pi - \alpha)L_0 = R(\pi - \alpha)(r_0 + j\omega L_0)$ $Z_{\pi-\alpha} = \frac{3\pi\sqrt{2}}{4} \Omega$	1 p	10 p
<p>b) Circuitul este echivalent cu două impedanțe \bar{Z}_p identice, legate în serie. \bar{Z}_p este echivalent cu impedanțele \bar{Z}_α și $\bar{Z}_{\pi-\alpha}$ legate în paralel. Obținem:</p> $\bar{Z} = 2\bar{Z}_p = 2 \frac{\bar{Z}_\alpha \bar{Z}_{\pi-\alpha}}{\bar{Z}_\alpha + \bar{Z}_{\pi-\alpha}} = 2 \underbrace{\frac{R\alpha(\pi - \alpha)}{\pi}}_A (r_0 + j\omega L_0)$ $= A(r_0 + j\omega L_0) = A\sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} e^{j\varphi}$ <p>cu $\text{tg}\varphi = \frac{\omega L_0}{r_0}$</p>	2 p	
	0.5 p	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a XI-a



BAREM DE EVALUARE ȘI NOTARE

<p>Impedanța reală</p> $Z = A\sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} = 2 \frac{R\alpha(\pi - \alpha)}{\pi} \sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} = \frac{3\pi}{8} \sqrt{2} \Omega \dots\dots\dots$	1 p	
<p>și defazajul</p> $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L_0}{r_0} = 1 \quad \varphi = \pi/4 \dots\dots\dots$	0,50 p	
<p>c)</p> $\bar{u} = \sqrt{2} U e^{j\omega t}$ $\bar{i} = \frac{\bar{u}}{\bar{Z}} = \frac{\sqrt{2} U e^{j\omega t}}{A\sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} e^{j\varphi}} = \frac{\sqrt{2} U}{A\sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2}} e^{j(\omega t - \varphi)} \dots\dots\dots$	1 p	
$p = ui = 2UI \cos \omega t \cos(\omega t - \varphi) \dots\dots\dots$	1 p	
$p = \frac{2U^2}{A\sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2}} \cos \omega t \cos(\omega t - \varphi) \dots\dots\dots$	0.5 p	
$p = \frac{2U^2}{A\sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2}} \cos \omega t (\cos \omega t \cos \varphi + \sin \omega t \sin \varphi) \dots\dots\dots$	0.5 p	
$\xrightarrow{t=1/100s} \frac{800}{3\pi} \text{ W}$		

Bareme propuse de:

prof. dr. Luciu ALEXANDRESCU, Centrul Județean de Excelență, Brașov ;

prof. Dumitru ANTONIE, Colegiul Tehnic nr.2 din Târgu – Jiu;

prof. Florin MORARU, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu” din Brăila;

Coordonator: Conf. univ. dr. Tiberius O. CHECHE, Facultatea de Fizică, Universitatea din București.

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul final va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu ponderea ideilor corecte din rezolvarea elevului.