



Concursul Preolimpic de Fizică
România - Ungaria - Moldova
Ediția a XVI-a, Zalău
Proba experimentală, 3 iunie 2013



2. Kísérleti feladat (10 pont)

B rész. Rúdmágnes mozgásának vizsgálata fémcsőben (6 pont)

Ebben a feladatban egy rúdmágnes mozgását vizsgáljuk egy rézcsőben, és meghatározzunk néhány olyan mennyiséget, melyek ezt a mozgást jellemzik: átlagsebesség, állandósult sebesség, csúsztási súrlódási együttható, továbbá a mágneses fékezőerő arányossági tényezője. Válaszaidat ne felejtse el beírni a válaszlapra.

Ebben a részben nem kell hibaszámítást végezned!!!

Ennek a feladatnak a megoldásában a rézcsövet egymás mellett elhelyezkedő vezető gyűrűkkel helyettesítjük, a rúdmágnes terét hengerszimmetrikusnak tekintjük.

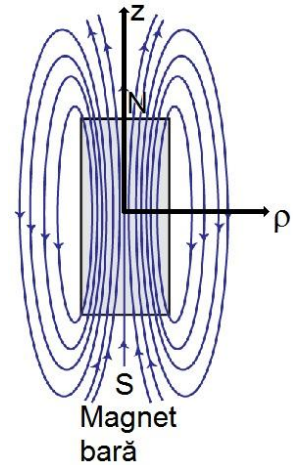
Jelöljük az Oz irányú egységvektort \vec{k} -val, a sugárirányú egységvektort pedig \vec{i}_ρ -val (1. ábra). Ezeket a jelöléseket használva a rúdmágnes mágneses indukciója:

$$\vec{B} = B_z \cdot \vec{k} + B_\rho \cdot \vec{i}_\rho, \quad (1)$$

ahol $B_z \cdot \vec{k}$ és $B_\rho \cdot \vec{i}_\rho$ az indukcióvektor megfelelő komponensei.

Ismertnek vesszük a következő integrál értékét:

$$\int_{-\infty}^{\infty} (B_\rho(\rho, z))^2 \cdot dz = A(\rho) \quad (2)$$



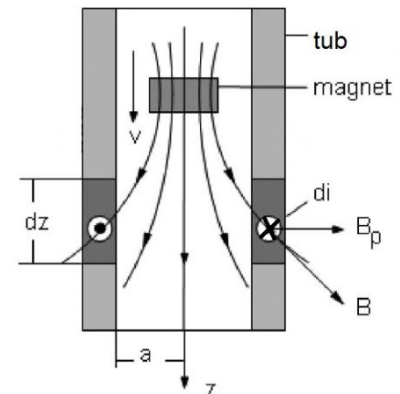
1. ábra

Tekintsünk egy olyan esetet, amikor a rúdmágnes a rézcső belsejében mozog. A csőben mozgó rúdmágnes által létrejövő mágneses fluxusváltozás következtében a cső falában köráramok indukálódnak, ezek mágneses tere fékezi a mágnes mozgását.

1. részfeladat - A rézcsőben eső rúdmágnes mozgásának elméleti vizsgálata

A rézcsőben mozgó rúdmágnes esetét a 2. ábra szemlélteti.

1.a. Határozd meg a mágnes mozgása következtében a rézcső falában indukálódó E elektromotoros erő kifejezését. Fejezd ki ezt az eredményt a mágnes pillanatnyi v sebességének, a belső sugarának és a mágneses indukcióvektor $B_\rho(a, z)$ sugármenti összetevőjének függvényében. Feltételezhetjük, hogy a cső falának vastagsága elhanyagolható a belső sugarához képest.



2. ábra

Jelöljük a cső anyagának elektromos vezetőképességét σ -val és a cső falának vastagságát τ -val. Az 1.a. részfeladatnak megfelelően $\tau \ll a$.

1.b. Vezesd le a di elemi áramerősséget, ami a cső dz "magasságú" elemi gyűrűjében kering. Fejezd ki az eredményt v , σ , τ , $B_p(a,z)$ és dz függvényében!

1.c. Mutasd meg, hogy egy rögzített vezetőcsőben mozgó rúd mágnesre ható fékező erő egyenesen arányos a mágnes sebességével ($F = K \cdot v$). Vedd figyelembe, hogy a mágnes sebességvektora és a mágneses fékezőerő is a cső Oz tengelyével azonos irányú. Határozd meg

a K állandót σ , τ , a és $A = \int_{-\infty}^{\infty} (B_p(a,z))^2 \cdot dz$ függvényében.

A továbbiakban tegyük fel, hogy az m tömegű mágnes a függőlegessel α szöget bezáró helyzetű csőben mozog.

1.d. Határozd meg a ferde csőben mozgó mágnes $v(t)$ sebességének kifejezését az idő függvényében. Az eredményedet fejezd ki a következő mennyiségekkel: α hajlásszög, a mágnes m tömege, a mágnes és a cső közötti μ csúszási súrlódási együttható, a g nehézségi gyorsulás és a mágneses fékezőerő K arányossági tényezője.

2. részfeladat – A rézcsőben eső mágnes mozgásának kísérleti vizsgálata

Az asztalon a következő kísérleti eszközöket találod:

- satu;
- 75 cm-es tartórúd;
- kb. 75 cm hosszú rézcső;
- műanyag tartóval ellátott tengely a rézcső felső végének;
- kétoldalú ragasztó a cső megfelelő szögben való rögzítéséhez;
- függőőnnal ellátott szögmérő, amit a csőhöz lehet pattintani;
- kupak a rézcső alsó végének lezárásához;
- rúd mágnes (ami három mágneskorongból áll). A mágnes teljes tömege $m = 15,47g$;
- ceruza;
- mérőszalag;
- stopperóra;
- szivacs.

Hasznos tanácsok:

- A rézcső és minden mágneses tulajdonsággal rendelkező tárgy között tarts legalább 10 cm-es távolságot!
- Vedd figyelembe, hogy a tartórúd kivételével a többi kísérleti eszköz nem rendelkezik mágneses tulajdonsággal.
- Óvd a mágnes az ütésektől! Ügyelj rá, hogy a mágnes mindig a szivacsra essen!
- Figyelj rá, hogy a függőőnnal ellátott szögmérővel helyesen mérd a szöget!

A 2.a. 2.b. és 2.c feladatokban a rendelkezésedre álló eszközöket a 3. ábrán feltüntetett összeállításban használd!

2.a. Mérd meg a ceruza hosszát, a kapott értéket pedig írd bele a válaszlap megfelelő mezőjébe!

2.b. Határozd meg a függőleges helyzetű rézcsőben mozgó mágnes átlagsebességét! Mérd meg legalább 5-ször azt az időt, ami alatt a mágnes a cső teljes hosszát megteszi! Töltsd ki az 1. táblázat első sorát!



3. ábra



4. ábra

2.c. Helyezd a ceruzát a függőleges cső alsó részébe, majd zárd le a csövet a rézkupakkal! Mérd meg azt az időt, ami alatt a cső felső végétől induló mágnes eléri a ceruza felső végét, majd határozd meg, hogy az előző feladatban mekkora átlagsebességgel teszi meg a mágnes a mozgása utolsó szakaszában a ceruza hosszának megfelelő távolságot! Töltsd ki a 2. táblázat első sorát!

A 2.d. és 2.e feladatokban a rendelkezésedre álló eszközöket a 4. ábrán feltüntetett összeállításban használd!

2.d. A 2.b feladathoz hasonlóan mérd meg a mágnesnek a cső teljes hosszára vonatkoztatott átlagsebességét, ha a csövet különböző szögekben (legalább 6 szögértéknél, például $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$) megdöntjük! Töltsd ki az 1. táblázat hiányzó sorait!

2.e. A 2.c feladathoz hasonlóan végezd el a mérést a cső ugyanazon (legalább 6 különböző) hajlásszöge esetén (például $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$), és határozd meg, hogy az előző feladatban mekkora átlagsebességgel teszi meg a mágnes a mozgása utolsó szakaszában a ceruza hosszának megfelelő távolságot! Méréseidnek megfelelően töltsd ki a 2. táblázat hiányzó sorait!

Amennyiben a mágnes ceruza hosszára vonatkoztatott átlagsebessége a teljes csőre vonatkoztatott átlagsebességtől kevesebb, mint 10%-ban tér el, akkor feltételezd, hogy ez utóbbi sebesség megegyezik a mágnes végső, állandósult sebességével!

2.f. Felhasználva az állandósult sebesség α hajlásszögtől való függésére kapott mérési eredményeket, keress olyan, az ezekből az adatokból képzett y és x mennyiségeket, melyek között lineáris kapcsolat áll fenn! Egészítsd ki a 3. táblázatot!

2.g. A 3. táblázat adatait felhasználva ábrázold az $y = f(x)$ grafikon! Határozd meg a linearizált adatpontokra illeszkedő egyenes meredekségét és tengelymetszetét!

2.h. Határozd K arányossági tényező értékét, felhasználva a mágneses fékezőerő kifejezését!

2.i. Számítsd ki a mágnes és a rézcső fala közötti μ csúszási súrlódási együttható értékét!



Concursul Preolimpic de Fizică
România - Ungaria - Moldova
Ediția a XVI-a, Zalău
Proba experimentală, 3 iunie 2013



VĂLASZLAP

2. Kísérleti feladat (10 pont)

B rész. Rúdmágnes mozgásának vizsgálata fémcsőben (6 pont)

1. részfeladat - A rézcsőben eső rúdmágnes mozgásának elméleti vizsgálata

1.a. A mágnes mozgása következtében a rézcső falában indukálódó E elektromotoros erő kifejezése:

0,20p

1.b. A di elemi elektromos áramerősség, ami a cső dz "magasságú" elemi gyűrűjében kering:

0,20p

1.c. A rögzített vezetőcsőben mozgó rúd mágnesre ható fékező erő kifejezése ($F = K \cdot v$); a K állandó meghatározása:

0,40p

1.d. A ferde csőben mozgó mágnes $v(t)$ sebességének kifejezése az idő függvényében:

1,00p

2. részfeladat – A rézcsőben eső mágnes mozgásának kísérleti vizsgálata

2.a. A ceruza hossza:

0,10p

1. táblázat (a 2.b. és 2.d. feladatokhoz)

1,20p

Nr.	α hajlásszög	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_{ave}	v <small>(lungime tub) med</small>
1.	0° (függőleges)							
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								

2. táblázat (a 2.c. és 2.e. feladatokhoz)

1,20p

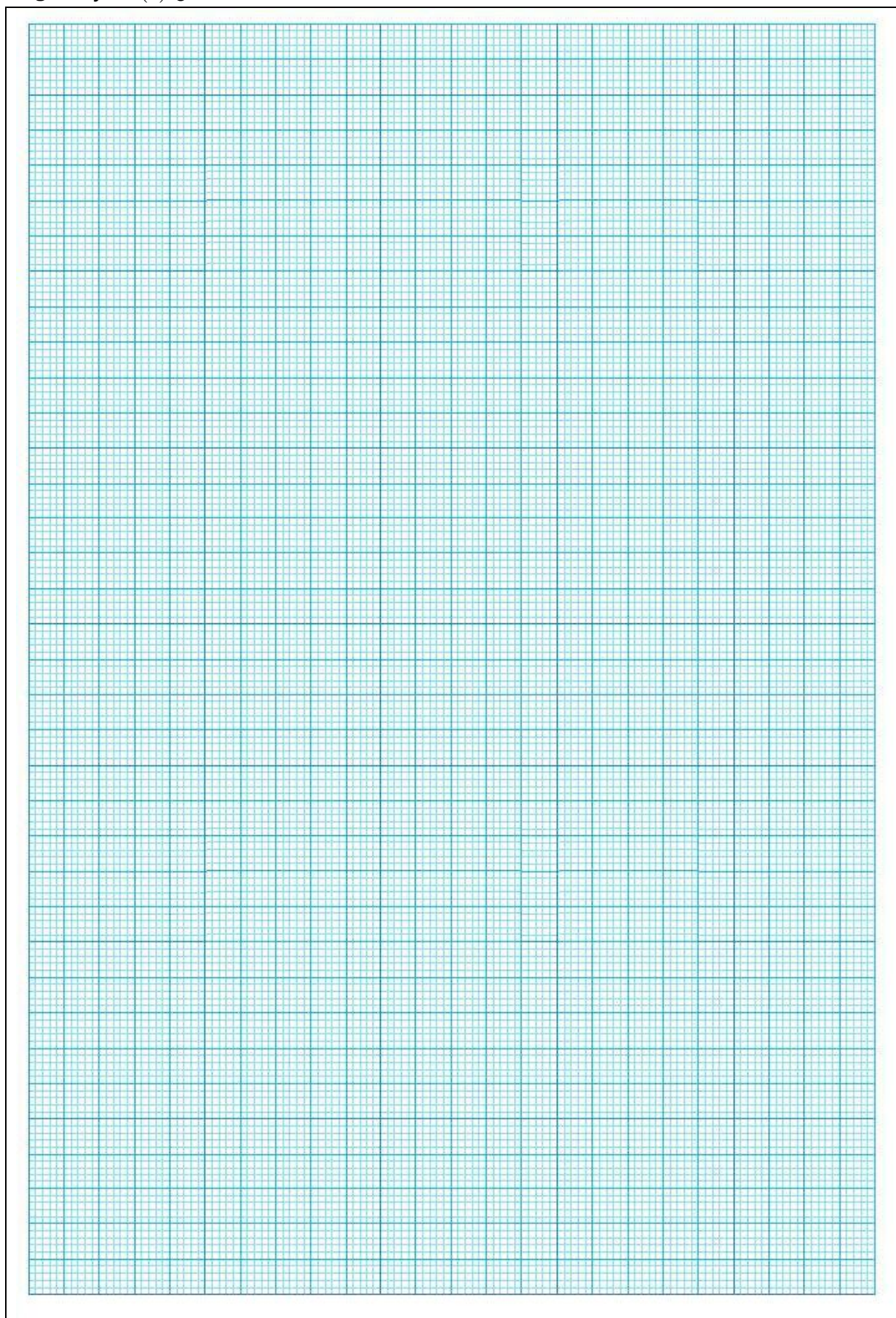
Nr.	α hajlásszög	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_{med}	v_{med} (lungime creion) med
1.	0° (függőleges)							
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								

3. táblázat (a 2.f. feladathoz)

0,30p

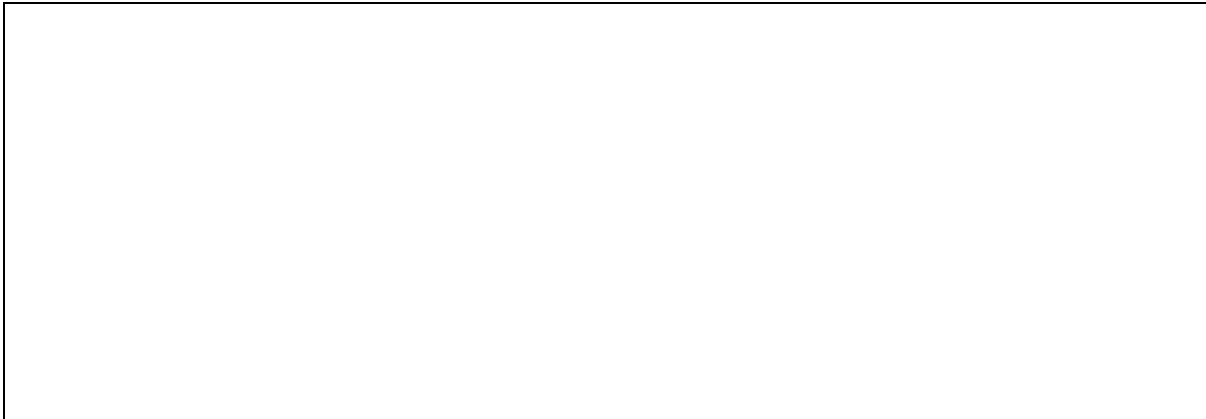
Nr.	$x = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	$y = \frac{v_{\text{lim}}}{m g \cos \alpha}$
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

2.g. Az $y = f(x)$ grafikon ábrázolása



0,60p

Az illeszkedő egyenes meredeksége és tengelymetszete:



0,40p

2.h. A mágneses fékezőrő kifejezésében szereplő K arányossági tényező értéke:



0,20p

2.i. A mágnes és a rézcső fala közötti μ csúszási súrlódási együttható értéke:



0,20p

Feladatot javasolta:

Dr. Delia DAVIDESCU – Facultatea de Fizică – Universitatea București

Dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București