



2010/2011. tanév

Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny döntő forduló

FIZIKA II. kategória

FELADATLAP ÉS MEGOLDÁS

Feladatok:

Mérések függőleges alumínium, illetve sárgaréz csőben eső mágnessel.

1.) Vizsgálja meg, hogyan mozog a függőleges ötvözött alumínium -, illetve sárgaréz csőben egy eső mágnes. (Az eső mágnes több kis mágnesből is állhat.) Részletesen ismertesse a mérés menetét, rajzolja fel az út – idő grafikonokat, és értelmezze azokat.

(10 pont.)

2.) Ismertesse az 1. pont szerint vizsgált folyamat közben jelentkező fizikai folyamatokat, és azok hatását.

(5 pont.)

3.) Rajzolja fel azt a jelalakot, amit akkor kapna, ha a mérőtekercsben indukálódó feszültséget egy rövid idő alatt lejátszó jelek megjelenítésére alkalmas eszköz, (például oszcilloszkóp) képernyőjén jelenítené meg. Rajzához fűzzön magyarázatot.

(5 pont.)

4.) Mérései segítségével határozza meg, hogy a sárgaréz fajlagos ellenállása hányszorosa az ötvözött alumínium fajlagos ellenállásának. Számításához fűzzön magyarázatot. (7 pont.)

5.) Gondoljon ki, és végezzen el újabb mérést annak igazolására, hogy az előzőleg a fajlagos ellenállások arányának megállapításakor alkalmazott eljárás helyes volt, azaz a kapott eredményt nem befolyásolták egyéb fizikai folyamatok.

(7 pont.)

6.) Ha a sárgaréz csőben egyszerre két mágnes esik, mekkora legyen a közöttük lévő távolság, hogy ne befolyásolják egymás hatását? (Mérje meg – és rajzolja fel – a közös sebességet, a mágnesek közötti távolság függvényében.)

(6 pont.)

A feladatok megoldásához az alábbiak állnak rendelkezésre:

- 1.) Egy-egy darab, ~ 98 cm hosszú, Ø10x1,5 mm-es (10 mm-es külső átmérő és 1,5 mm-es falvastagság) sárgaréz-, illetve ötvözött alumínium cső, (az egyik végétől 10 cm-enkénti jelöléssel)
- 2.) 1 db műanyag gyűrű a csövek felfüggesztéshez (helyzete rögzíthető)
- 3.) 1 db állvány
- 4.) 1 db tekercs, mérőszinórral és rögzítő csavarral (A menetszám: $n = 1100$.)
- 5.) 1 db galvanométer (Használati utasítás a mérőhelyen.)
- 6.) 5 db neodémium mágnesgyűrű* (átmérő 6/2 mm, magasság 5 mm, anyag: N48.)
- 7.) 1 db stopperóra

- 8.) 1 db olló
- 9.) 1 db csévetesten zsineg
- 10.) 1 db műanyag csipesz
- 11.) 1 tekercs szigetelőszalag
- 12.) 1 db műanyag vonalzó
- 13.) 1 db műanyag edény, puha béléssel, a leeső mágnesek felfogására
- 14.) A4-es milliméterpapír
- 15.) 1 db 6 cm-, és 1 db 12 cm hosszú „grafit” cső (Ø 2 mm.)

*** Figyelem! Erős mágneseket használnak!** A használat során különös figyelmet kell fordítani a munkavédelemre. A mágnesekkel **PACEMAKER**-t használó személy nem dolgozhat. A mágneses térre érzékeny műszerek, eszközök, berendezések működése a mágnesek hatására megváltozhat. A mágneses adathordozókon tárolt adatok megsérülhetnek, vagy megsemmisülhetnek.

A verseny időtartama 4 óra.

Méréseit körültekintően végezze. Jegyzőkönyvei olyan részletesek legyenek, hogy a leírtak alapján pontosan megismételhetők legyenek a mérései! Írása olvasható legyen!

Megoldás:

1. Az 1. feladat megoldásához a rendelkezésére álló állványra – a műanyag gyűrű és a zsinór segítségével – fel kell függeszteni azt a csövet, amelyben vizsgálni szeretné az eső mágnes viselkedését, majd a csőre fel kell helyezni a tekercset. A tekercs a csövön mozgatható és tetszőleges helyen rögzíthető. A tekercs kivezetéseit banándugóval lehet csatlakoztatni a galvanométerhez. A leírt műveletek elvégzésével az összeállítás „mérőkész”.

Ha a csőben mágnes esik a tekercs rögzítésének helyén, a tekercsben feszültség indukálódik, amit a galvanométer kilengése jelez. (A galvanométer érzékenysége változtatható, érdemes a mérés szempontjából a legkedvezőbb érzékenységet beállítani.)

Az út – idő grafikon felvételéhez:

- kiválaszt egy mágneset, amely az öt kis mágnes közül egy, vagy több egymáshoz kapcsolódó darabból állhat,
- a tekercset a cső felső végétől adott távolságban rögzíti, ezzel meghatározza a vizsgált út hosszát, (az út kezdetét a cső eleje, míg végét a tekercs közepének helye határozza meg),
- beejti a csőbe a mágneset, és stopperórával méri a meghatározott út megtételéhez szükséges időt,
- a mérést többször megismétli, különböző utak esetén, (mi egy-egy út esetén 10 mérést végeztünk, és 8 – 10 különböző úton mértük az esési időt).
- a kapott mérési adatok felhasználásával felrajzolja az út – idő grafikon.

Gondos mérés esetén az út – idő grafikon egy egyenes, amely majdnem az origóból indul. Tehát az eső mágnes igen gyorsan eléri azt a sebességet, amellyel a csőben mozog. Az állandósult sebesség értéke a grafikon segítségével könnyen meghatározható. (Értéke 4,49 cm/s és 27,21 cm/s között változott, a cső anyagának és az összekapcsolt kis mágnesek számának függvényében.)

Mérési eredményeinket az 1. számú táblázatban tüntettük fel. A táblázat a mérési pontokra illesztett egyenesek egyenletét, a kapott sebesség értékeket, valamint azok hányadosát tünteti fel az eső mágnes alkotó kis mágnesek darabszámának függvényében.

Mágnesek száma (db)	Alumínium cső		Sárgaréz cső		$\frac{v_S}{v_{Al}}$
	Az egyenes egyenlete	A sebesség v_{Al} (cm/s)	Az egyenes egyenlete	A sebesség v_S (cm/s)	
1	$s = 0,0449t - 0,003$	4,49	$s = 0,0954t - 0,0299$	9,54	2,12
2	$s = 0,0601t + 0,0016$	6,01	$s = 0,1249t - 0,0124$	12,49	2,08
3	$s = 0,084t + 0,0032$	8,40	$s = 0,174t - 0,0111$	17,40	2,07
4	$s = 0,113t - 0,0094$	11,30	$s = 0,2281t - 0,0099$	22,81	2,02
5	$s = 0,1334t - 0,0006$	13,34	$s = 0,2721t + 0,0002$	27,21	2,04

1. számú táblázat

Megjegyzések az egyenesek egyenletével kapcsolatban:

- a regressziós állandó négyzete (R^2) mindenesetben csak a negyedik jegyben tért el 9-től, és a legrosszabb esetben is a negyedik jegy 5-ös volt. Ez azt jelenti, hogy a mérési adatok igen jól illeszkednek az egyenesre.
- az egyenesek egyenletében az állandó tag előjelének negatívnak kellene lennie az igen rövid gyorsuló szakasz miatt. A néhány esetben előforduló + előjel a mérési hibáknak tudható be.

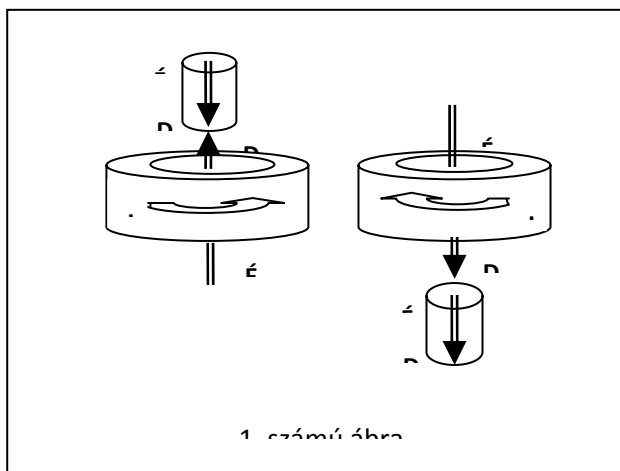
A versenyzőknek természetesen az ötféle lehetséges mérés közül csak egyet kellett elvégezniük. Kevesebb távolságon (például 20 cm-enként mérve), és távolságonként kevesebb alkalommal mérve is megoldható a feladat.

2. A cső falában az eső mágnes hatására változik a mágneses fluxus, ennek hatására feszültség indukálódik, ami örvényáramok kialakulását eredményezi. Az örvényáramok a Lentz-törvény értelmében a fluxusváltozást- azaz a mágnes mozgását igyekeznek gátolni. Az állóhelyzetből induló mágnes gyorsulva mozog, ennek hatására egyre nő az indukált feszültség, és ezzel együtt az örvényáramok fékező hatása is. A sebesség addig növekszik, míg az örvényáramok által a mágnesre gyakorolt erő megegyezik a mágnes súlyával. Ettől kezdve a mágnes állandó sebességgel mozog a csőben. Mivel a mérés igen erős mágnesekkel történik, a gyorsuló szakasz nagyon rövid. (Hossza a rendelkezésre álló eszközökkel nem mérhető.)

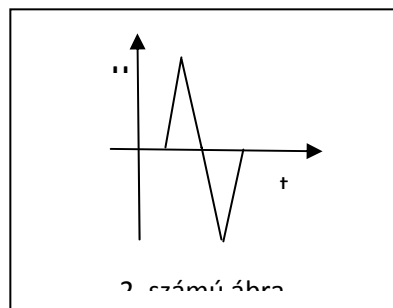
(Elvileg a mérőtekercsben kialakuló áram is hat az eső mágnesre, de ez a hatás elhanyagolható.)

(Megemlíthető a mágnes mozgása közben fellépő közegellenállási erő és a cső belső falával való érintkezés hatására jelentkező erő, amiknek a hatása szintén elhanyagolható. Ezt igazolja az 5. feladat megoldása.)

3. Amikor az eső mágnes közeledik a tekercshez, fokozatosan növeli annak fluxusát. Ekkor a tekercsben kialakuló áram olyan irányú, hogy fékezi a mágnes közeledését. Amikor a mágnes elhagyja a tekercset, csökken a fluxus, az indukált áram fékezi a mágnes távolodását a tekercstől. Tehát miközben a mágnes átesik a tekercsen, megváltozik a feszültség polaritása és



ezzel az áram iránya is. A viszonyokat az 1. számú ábra mutatja.



Az oszcilloszkóp képernyőjén megjelenő jelalakot a 2. számú ábra mutatja. Ha a mágnes polaritását megcseréljük, az ábra időtengelyre tükrözötten jelenik meg.

4. A csőben eső mágnesek állandósult sebessége azt jelzi, hogy a mágnes súlya és az örvényáramok mágnesre ható ereje egyensúlyban van. A mágnes és az áram közötti erő arányos a csőfalban kialakuló örvényáramokkal. Ezért: $m \cdot g = k_1 \cdot I$.

Az áramot az indukált feszültség és az érintett csőszakasz elektromos ellenállása határozza meg. Az indukált feszültség arányos az eső mágnes sebességével (v) – ez határozza meg a

fluxusváltozás sebességét – az ellenállás, pedig arányos a fal anyagának fajlagos ellenállásával (ρ).

Az elmondottak szerint:

$$m \cdot g = k_1 \cdot I = k_1 \cdot \frac{U}{R} = k_1 \frac{k_2 \cdot v}{k_3 \cdot \rho} = K \cdot \frac{v}{\rho}$$

Ha a kétféle anyagú – geometriailag teljesen megegyező – csőben ugyanazt a mágneset ejtünk, a felírt egyenlet baloldala, valamint az arányossági tényezők azonosak. Az állandó arányossági tényezők (k_1 , k_2 és k_3) összevonásával kapott K arányossági tényező szintén azonos, így a sebességekre és a fajlagos ellenállásokra írható, hogy:

$$\frac{v_{Al}}{\rho_{Al}} = \frac{v_S}{\rho_S}, \text{ ahonnan: } \frac{\rho_S}{\rho_{Al}} = \frac{v_S}{v_{Al}} \quad (1)$$

Tehát a sárgaréz fajlagos ellenállása annyiszor nagyobb az alumínium fajlagos ellenállásánál, ahányszor nagyobb sebességgel esik ugyanaz a mágnes a sárgaréz csőben, mint az alumínium csőben. A mérési eredményekből meghatározott arányokat feltüntettük az 1. számú táblázat utolsó oszlopában. Az öt mérés adataiból számított arány átlaga 2,066. A hiba 2,55%

Megjegyzések a fajlagos ellenállások arányának meghatározásával kapcsolatban:

- az esési sebességek mérése egy kis mágnessel végzett mérés esetén történt a legnagyobb hibával, az indulási bizonytalanság, valamint a cső átmérőjének és a mágnes hosszának azonossága következtében,
- a fajlagos ellenállások arányára kapott számok esetén a legnagyobb és a legkisebb szám közötti eltérés is kisebb, mint 4%,
- a kapott eredmények jó egyezést mutattak az ohmos ellenállás mérésével kapott eredményekkel. (Az ohmos ellenállások mérését a csövek igen kis ellenállása miatt négyvezetékes módszerrel végeztük.)

5. Az 1. számú feladat megoldása során felmerül a kérdés, hogy a mágnes esése közben a cső falával történő érintkezés, a mozgás során fellépő légellenállás hatása elhanyagolható mértékű e? A kérdés eldöntésének egyszerű módja, ha a mérést megismételjük a korábban alkalmazott mágnesből eltérő számú kis mágnesből összeállított mágnes segítségével. (Például, ha az 1. feladat megoldásához két kis mágnesből összeállított mágneset használtunk, akkor a mérést három, négy, vagy öt kis mágnesből összeállított mágnessel ismételjük meg.)

A megismételt mérés esetén megváltoznak a mágnes jellemzői, módosul a mágnes és a cső kölcsönhatásának geometriája, és más lesz az esés sebessége. Ha ezen változások ellenére a korábbival egyező eredményt kapunk, azt mondhatjuk, hogy a fent említett befolyásoló tényezők hatása az eredményre, elhanyagolható.

Az 1. számú táblázatban feltüntetett eredmények igazolják az alkalmazott mérési eljárás helyességét, a mérési eredmények megbízhatóságát. A különböző mágnesek segítségével meghatározott fajlagos ellenállás arányok megegyeznek.

A versenyzők az 1. számú feladat megoldásakor megállapíthatták, hogy a csőben eső mágnes egy igen kis gyorsuló szakasztól eltekintve, végig állandó sebességgel esik a csőben. Ezért csak néhány távolságon mérve az esési időt, könnyen meghatározhatták a megváltoztatott eső mágnes állandósult sebességét a két különböző anyagú csőben. A két sebesség ismeretében, pedig (1) felhasználásával a fajlagos ellenállások arányát.

Mivel az első feladat megoldása során felrajzolt út – idő grafikonok kis eltéréstől eltekintve a ($t = 0$; $v = 0$) pontból indulnak, nem követ el nagy hibát az, aki csak egy adott távolság megtételéhez szükséges időt méri a két csőben, az esési sebességek meghatározásához.

6. Azt, hogy a két mágnes esés közben egymástól állandó távolságra legyen, a 2 mm átmérőjű „grafit” csövek segítségével biztosítottuk. A mágnes gyűrűket a csőre felfűztük, és helyzetüket szigetelőszalaggal rögzítettük.

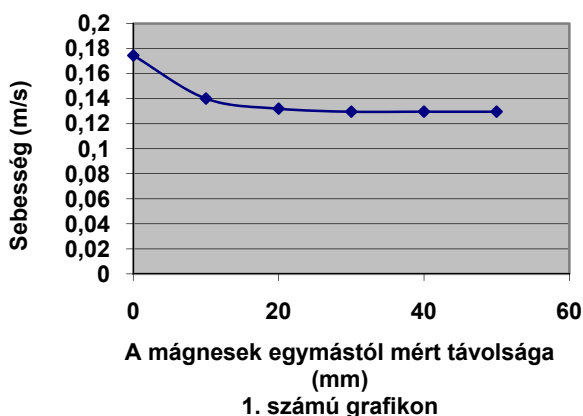
Először 1 db mágneset rögzítettünk a 6 cm hosszú „grafit” csőre, és 90 cm hosszú úton mértük az esés idejét. Mérési eredményeink felhasználásával, az esés sebessége: $v_1 = 0,1329$ m/s

Ezután a 12 cm hosszúságú csőre fűztük fel, és egymástól különböző távolságokra rögzítettük a két mágneset, majd mindig 90 cm-es úton mértük a két mágnes együttes esési idejét. (Az utat álló helyzetben, a sárgaréz csőben alul elhelyezkedő mágnesről mértük.)

Az összehasonlításához, hasonló körülmények biztosítása miatt helyeztünk el a 6 cm-es rúdon egy mágneset, és a 12 cm-es rúdon két mágneset.

A mért sebességek a 2. számú táblázatban feltüntetettek szerint alakultak.

A mágnesek egymástól mért távolsága (mm)	A közös sebesség (m/s)
0	0,1745
10	0,1401
20	0,1320
30	0,1296
40	0,1296
50	0,1296



2. számú táblázat

A mérési eredményeket ábrázoltuk az 1. számú grafikonon.

A táblázat adatai, és a grafikon alapján jól látszik, hogy ha a két mágnes egymástól legalább 30 mm-re van, a közös sebességük már nem függ a közöttük lévő távolságtól, és ez a sebesség jól egyezik azzal az eredménnyel, amit a rövid grafit csőben lévő 1 db mágnes esetében mértünk.

Megjegyezzük, hogy az egy mágnessel végzett mérések nélkül, a két mágnessel végzett vizsgálatok alapján is egyértelműen kijelenthető az, hogy ha a két mágnes egymástól legalább 30 mm-re van, már nem befolyásolják egymás hatását.