

## Budapest, 2006. május 2–4.

### 4. feladat: Rakéta és közegellenállás (7 pont)

TV-közvetítés során egyenes adásban figyelheted egy űrrakéta indítását. A kommentátor elmondja, hogy a rakéta – az űrhajósok biztonsága érdekében – állandó,  $a = 5g$  gyorsulással emelkedik függőlegesen felfelé. Fizika tanulmányaidból tudod, hogy a rakétára  $F = \alpha \rho v^2 A$  nagyságú közegellenállási erő hat ( $\rho$  a levegő sűrűsége,  $v$  a rakéta sebessége,  $A$  a mozgásirányra merőleges keresztmetszete és  $\alpha$  egy dimenziótlan arányossági tényező).

Feltételezve, hogy a légkör hőmérséklete állandó  $T = 250$  K, és ismervé a levegő átlagos móltömegét (28,9 kg/kmol) valamint a gázállandót ( $R = 8,31$  J/molK), számítsd ki, hogy az indítástól számítva mennyi idő múlva hat az űreszközre a legnagyobb közegellenállási erő! Milyen magasan lesz az űrhajó ekkor?

### 5. feladat: Részecske (relativisztikus) mozgása homogén elektromos mezőben (10 pont)

Egy elektront nagy (a  $c$  fénysebességgel összemérhető)  $v_0$  sebességgel igen erős, homogén elektromos mezőbe lövünk. A részecske kezdősebessége az elektromos térerősségre merőleges.

a) Adjuk meg azt (azokat) a fizikai mennyiség(ek)et, amely(ek) a mozgás során állandó nagyságú(ak) marad(nak). A megmaradó mennyiség(ek)et ne csak a nevével (nevükkel) adjuk meg, hanem a feladatban szereplő többi fizikai mennyiséggel is hozzuk kapcsolatba! (2 pont)

b) Válasszunk egy olyan koordináta-rendszert, amelyben az elektromos térerősség  $x$  irányú, az elektron kezdősebessége pedig  $y$  irányú. Számítsuk ki, hogy milyen kapcsolatban áll az elektron  $x$  irányú sebessége az  $y$  irányú sebességkomponenssel, és ábrázoljuk a részecske mozgását a sebességkomponensek koordináta-rendszerében! (3 pont)

c) Mekkora szöveget zár be az elektron sebességvektora és a gyorsulásvektora az erőterbe való belépésekor, illetve hosszú idővel ezután? (Az erőter térbeli kiterjedése elég nagy, geometriai méretek nem korlátozzák a mozgást.) Hogyan olvasható le a b) alkérdésben szereplő ábráról a részecske sebességének és gyorsulásának szöge a mozgás tetszőleges pillanatában? (2 pont)

d) Határozzuk meg, hogy a mozgás során mekkora az elektron sebesség- és gyorsulásvektora közti szögnek a minimuma? Ebben a helyzetben (amikor a kérdéses szög minimális) mekkora az elektron sebességének  $x$  és  $y$  irányú komponense? (3 pont)

## II. mérési feladat: Mágneses dipólusok és a földmágnesség vizsgálata (15 pont)

Rendelkezésre álló eszközök:

– 4 db (egyformának tekinthető) henger alakú, homogén tömegeloszlású mágnes. Az egyes darabok mért adatai: tömeg  $m = 11,46 \pm 0,01$  g; átmérő  $2R = 10 \pm 0,1$  mm; hossz  $h = 20 \pm 0,1$  mm;

– kétféle vastagságú (0,3 és 0,14 mm átmérőjű) horgász-zsinór, egyik végükkel a mennyezet közelében rögzítve;

– mérőszalag;

– stopper.

Feladatok:

### 1. Mágneses torziós inga készítése (8 pont)

a) Készítsen 1–1, illetve 2–2 mágnesből (a zsinórt óvatosan a mágnesek közé csippentve) mágneses torziós ingát. (Vigyázat: a mágnesek könnyen „összeugranak” és a védőrétegük ekkor megsérülhet. Óvatosan kísérletezzon, erősen tartsa a mágneseket!) A szimmetriatengelyük mentén mágnesezett hengerek vízszintesen álljanak. Mérje meg az inga lengésidejét kis szögkitérések esetén.

b) Vizsgálja meg, hogy a kitérített ingára ható forgatónyomatéknál a földmágnesség mellett számításba kell-e venni a horgász-zsinór torziós nyomatékát!

c) Mérési adatai felhasználásával igazolja (vagy cáfolja), hogy a kétszerannyi darabból összerakott mágnes erőssége (mágneses dipólnyomatéka) kétszerese a kisebb mágnesének.

d) A mérési adatok alapján milyen kijelentést tehet egy-egy hengeres mágnes dipólnyomatékának és a földi mágneses mező vízszintes komponensének kapcsolatáról?

Útmutatás: A mágneses dipólerősség ( $p$ ) egy áramjárta vezető keretnél az áramerősség és a keret területének szorzata. Homogén mágneses mezőben a mágneses dipólusra forgatónyomaték hat.

Egy homogén tömegeloszlású henger tehetetlenségi nyomatéka a tömegközéppontján átmenő, a henger tengelyére merőleges forgástengelyre vonatkoztatva:

$$\Theta = m \left( \frac{1}{4} R^2 + \frac{1}{12} h^2 \right).$$

### 2. A földi mágneses mező mérése (7 pont)

a) Készítsen 1–1 kis mágnes és a horgász-zsinór felhasználásával iránytűt, amely a talaj közelében helyezkedik el! Várja meg, amíg az iránytű beáll észak-dél irányba!

<sup>1</sup> A versenyen összesen öt elméleti és két mérési feladatot kaptak a versenyzők. Ezek közül itt – terjedelmi okokból – két elméleti és egy kísérleti problémát mutatunk be.

b) Közelítsen lassan északi vagy déli irányból egy vagy két kis mágnessel az iránytűhöz úgy, hogy a mozgatott mágnes tengelye is észak-déli irányú legyen. Megfigyelheti, hogy bizonyos távolságra közelítve a kis mágnes az iránytűhöz „taszító” irányból, az iránytű hirtelen átfordul. Mérje meg minél pontosabban azt a távolságot, amelynél az áfordulás történik!

c) A mérési adatok felhasználásával számítsa ki egy-egy kis mágnes dipólnyomatékának értékét, valamint a földi mágneses mező indukcióvektora vízszintes komponensének nagyságát a mérés helyén!

*Útmutatás:* Egy  $p$  dipólerősségű mágnes mágneses mezője a szimmetriatengely mentén, a mágnestől viszonylag nagy  $x$  távolságban

$$B(x) = K \frac{2p}{x^3},$$

ahol  $K = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ .