

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 (ρ a levegő sűrűsége, v a rakéta sebessége, A a mozgásirányra merőleges keresztmetszete és α 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 szöget 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 kísérletezz, 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!

¹ 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 mágnest 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 $K = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}.$