

Megoldás. A mérésnél felhasznált eszközök: 2 db rúd mágnes; hosszú zsinór a felső mágnes felfüggesztéséhez; szögmérő; mérőszalag.

A mérés előkészítése, menete: A méréshez beszereztem két igen erős *neodímium* mágnest. Mivel az iskola szertárában lévő, muzeális értékű iránytűkre nem támaszkodhattam, ezért a mérési elrendezésen is módosítottam egy kicsit. Felfüggesztettem az egyik mágnest (ez volt az „iránytű”) a másik, földön hagyott mágnestől x magasságra, minden fémtárgytól elég távol. Ismert, hogy egy adott anyagú torziós szál direkciós nyomatéka csökken a szál hosszának csökkenésével, így az iránytűként szolgáló mágnest egy meglehetősen hosszú zsinórra függesztettem fel, így annak befolyása a mérésre – remélhetően – elhanyagolhatóvá vált. A két mágnes középpontjának x távolságát mérőszalaggal mértem, és ügyeltem, hogy e kettő középpont által meghatározott egyenes éppen a függőlegessel essék egybe. Az alsó mágnest így kézzel tudtam forgatni, és az elrendezésnek az volt az előnye, hogy a mágnes és a föld közötti súrlódás folytán a mágnes úgy is maradt, ahogyan beállítottam. Az alsó mágnes alá egy fokbeosztásos papírt tettem, és erről tudtam leolvasni, hogy az alsó mágnes adott szögű elforgatásánál a felső mágnes milyen irányba állt be.

Az alsó mágnes körbeforgatása közben figyeltem az iránytű viselkedését (ld. lentebb). Ezen kívül feljegyeztem még, hogy az alsó mágnes 90° -kal történő elforgatása után a felső mágnes (különböző magasságok esetén) milyen irányban (α) állapodik meg. Az egyes szögek leolvasása előtt megvártam, míg a felfüggesztett mágnes torziós lengései teljesen lecsillapodnak, és a mágnes megáll.

A mérési adatok: Az x távolságot 12 cm és 34 cm között változtatva megmértem az α szögeket. A mérési adatokat táblázatba foglaltam és mellékeltem. (Ezek minden mérési jegyzőkönyv lényeges részét képezik, de itt nem közöljük. – A Szerk.)

Elméleti megfontolások. A következő közelítéssel élünk: feltesszük, hogy a mágnes tere a mágnesen kívül a mágnes közepébe tett dipóllal modellezhető. Ezen dipól dipólmomentuma legyen p . Megmutatható, hogy a dipóltól (viszonylag nagy) x távolságban a mágneses indukcióvektor nagysága

$$B(x) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{p}{x^3}.$$

Ha ez a vektor merőleges a Föld B_0 nagyságú mágneses indukciójára, akkor a felfüggesztett mágnes (az „iránytű”) északi iránytól való eltérésének α szögére fennáll:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B(x)}{B_0} = \frac{\mu_0 p}{4\pi B_0} \cdot \frac{1}{x^3}.$$

Az adatok kiértékelése: Az elméleti megfontolások szerint $\operatorname{tg} \alpha$ -t $1/x^3$ függvényében ábrázolva egyenes arányosságot várhatunk. Ezt az ábrázolást és egyenes illesztést Excel program segítségével elvégeztem. Az illesztett egyenes $m = 0,017 \text{ [m}^3\text{]}$ meredekségéből és a $B_0 \approx 50 \text{ } \mu\text{T}$ ismert adat felhasználásával az alkalmazott mágnes dipólerősségére $p = 8,5 \text{ A m}^2\text{-t}$, tehát meglehetősen nagy értéket kaptam.

Az iránytű beállításának vizsgálatát általános esetben: Általános esetben az alul elhelyezett mágnes zárjon be β szöget az eredeti helyzetével! A korábbi elméleti megfontolásokat felhasználva megmutattam, hogy az iránytű α kitérésére

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m \sin \beta}{x^3 + m \cos \beta}$$

összefüggésnek megfelelő értékeket várhatunk.

A fenti összefüggés szerint nagyobb távolságok esetén az iránytű csak kicsit tér ki. Ez a megfigyeléseim szerint teljesült is. Minél közelebb volt az iránytűhöz a mágnes, az iránytű annál inkább „követte” a mágnes mozgását. Amikor viszont a két mágnest elkezdtem távolítani, és ilyen helyzetben forgattam körül az alsó mágnest, akkor viszont egészen érdekesen viselkedett az iránytű. Egy ideig tőle „lemaradva”, de követte a másik mágnest, majd egy bizonyos β szögnél α elkezdett gyorsan csökkenni. Ez a visszafordulási pont az x távolságtól érzékenyen függött.

Említésre érdemes megfigyelés: az iránytű-mágnes viselkedése a $0 < \beta < 180^\circ$ tartományban teljesen megegyezett a $180^\circ < \beta < 360^\circ$ tartományban mutatott viselkedéssel. Az iránytű beállása az egyensúlyi helyzetére nézve szimmetrikus, de ellentétes irányú volt.

Hibaszámítás: Ha a mérés céljának – az iránytű viselkedésének kvalitatív leírásán túl – a $\beta(\alpha)$ függvénykapcsolat vizsgálatát, vagy a p dipólerősség meghatározását tekintjük, ezek mérési hibája több forrásból is eredhet. Ilyen pl. a torziós szál direkciós nyomatékának elhanyagolása, a mágneses mező pontszerű dipól terével való közelítése, illetve a földmágnesség értékének bizonytalansága. Ezek, továbbá a szög- és távolságmérések leolvasási hibája és az egyenes-illesztés pontossága szerint a dipólmomentum értékének relatív hibáját kb. 20%-ra tehetjük.