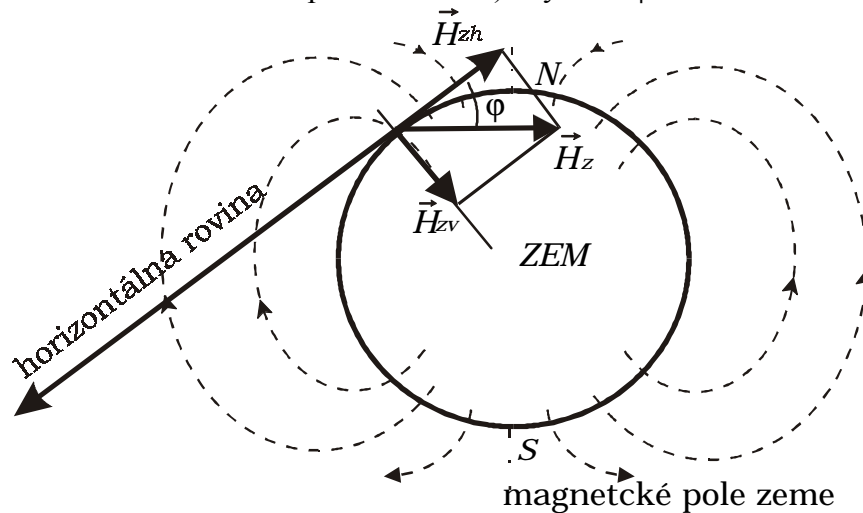


ŠTÚDIUM MAGNETICKÉHO POĽA ZEME

RNDr. Jaroslav Kovár

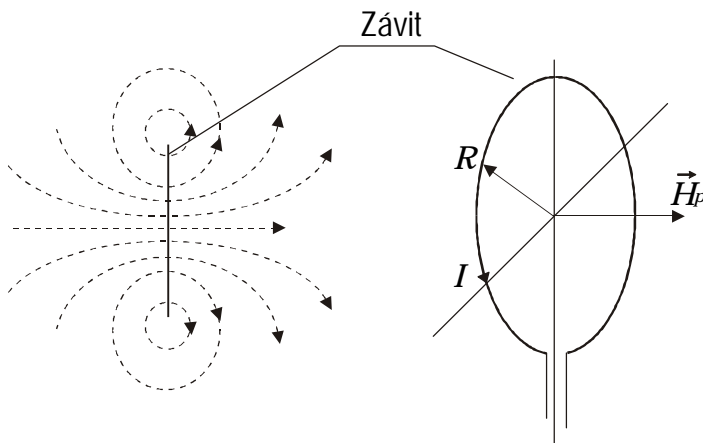
Teoretický úvod:

Magnetické pole Zeme (krátko m. p. Z.) sa do istej miery podobá magnetickému poľu tyčového magnetu obr. 1. Ako vidieť z tohoto obrázku, vektor intenzity m. p. Z. \vec{H}_Z zvierá s horizontálnou rovinou (preloženou v danom mieste povrchu Zeme) istý uhol φ .



Obr. 1

Zložky vektora \vec{H}_Z t. j. \vec{H}_{zh} a \vec{H}_{zv} , dostaneme ako pravouhlé priemety vektora \vec{H}_Z do horizontálnej resp. vertikálnej roviny.



Obr. 2

vodič o polomere R ak ním preteká elektrický prúd I (obr. 2). Výpočtom pre veľkosť vektora intenzity H_p v strede kruhového vodiča získame vzťah

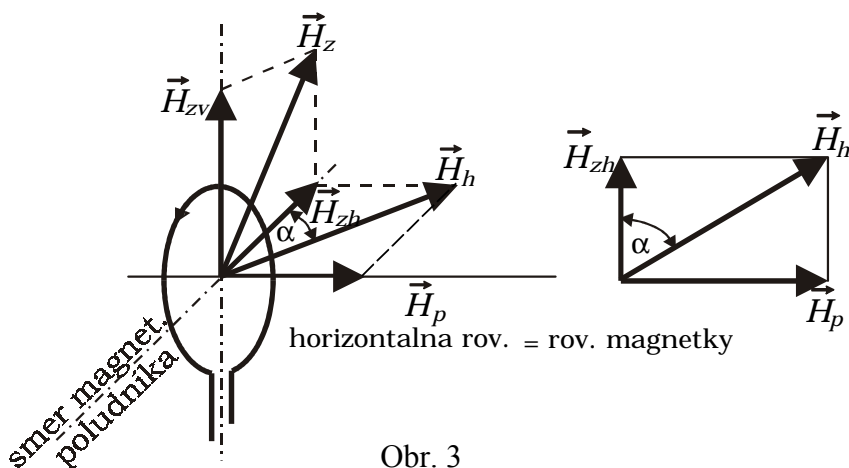
$$H_p = \frac{I}{2R} \quad (1)$$

Kompas alebo buzola, konštruovaná pre použitie vo vertikálnej rovine, by nám síce dovolili určiť uhol φ ale veľkosti H_z , H_{zh} , H_{zv} pomocou nich nezistíme. Aby sme mohli určiť tieto zložky H_{zh} , H_{zv} využijeme k tomu zákon superpozície vektorových polí t.j. k m. p. Z. pridáme ďalšie magnetické pole H_p , ktoré vieme popísať (určiť veľkosť aj smer). Najvýhodnejšie je pridať pole, ktorého smer je kolmý na rovinu magnetického poludníka v mieste experimentu. Ako prídavné magnetické pole volíme často časť magnetického poľa, ktoré vo svojom strede vytvára kruhový

A. STANOVENIE HORIZONTÁLNEJ ZLOŽKY M. P. Z.

Popis zariadenia a metóda merania:

Ak chceme určiť veľkosť horizontálnej zložky vektora intenzity m. p. Z. H_{zh} , použijeme buzolu, ktorej magnetka sa otáča v horizontálnej rovine. Umiestnime ju do stredu kruhového závit (vytvorené zariadenie nazývame aj tangentová buzola) a natočíme ju tak, aby na uhľomernom kruhu ukazovala na sever (resp. na nulu uhľomerného kruhu), kruhový vodič natočíme tak, aby jeho



Obr. 3

rovina bola totožná s rovinou miestneho magnetického poludníka (pre orientáciu využijeme uhľomerný kruh buzoly). Ak bude kruhovým vodičom pretekať elektrický prúd I , vychýli sa magnetka buzoly o uhol α . Vektor

\vec{H}_h na obr. 3 znázorňuje horizontálnu zložku vektora intenzity výsledného magnetického poľa \vec{H} .

Z obr. 3 je zrejmé, že ak poznáme uhol α a intenzitu H_p môžeme určiť zložku H_{zh}

$$H_{zh} = \frac{H_p}{\operatorname{tg}\alpha}$$

a po dosadení z (1) za H_p dostávame

$$H_{zh} = \frac{I}{2R\operatorname{tg}\alpha} \quad (2)$$

Úlohy:

1. Určiť veľkosť horizontálnej zložky intenzity magnetického poľa Zeme.
2. Určiť náhodilú chybu tejto veličiny.
3. Určiť relatívnu odchylku od tabuľkovej hodnoty.

Postup merania a vyhodnotenie výsledkov:

1. Buzolu s magnetkou a uhľomerným kruhom v horizontálnej rovine umiestnime do stredu kruhového vodiča. Rovina kruhového vodiča nech je totožná s rovinou miestneho magnetického poludníka (magnetka leží v rovine závit), uhľomerný kruh natočíme tak, aby magnetka ukazovala na nulu.
2. Kruhový vodič zapojíme do obvodu s jednosmerným elektrickým prúdom cez komutátor podľa obr. 6.
3. Kruhovým vodičom necháme prechádzať elektrický prúd I jedným smerom a určíme odchylku magnetky od pôvodného (severo-južného) smeru na jednom jej konci α_1 a na druhom konci α_2 .
4. Zachováme veľkosť elektrického prúdu, ale zmeníme jeho smer (zmenu urobíme komutátorom), odmeriame odchylky magnetky na opačnú stranu od roviny miestneho magnetického poludníka t. j. α'_1 a α'_2 .
5. Merané hodnoty zapisujeme do tabuľky:

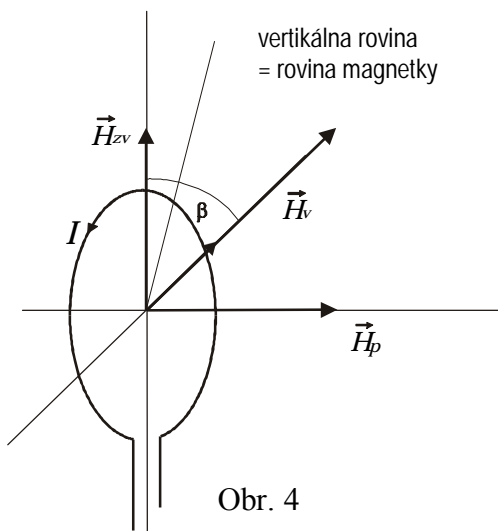
č. m.	I [A]	α_1	α_2	α'_1	α'_2	$\bar{\alpha}$	H_{zh} [A/m]

- Pre dosadenie do (2) určíme z výchyliet α_1 , α_2 , α'_1 , α'_2 aritmetický priemer $\bar{\alpha}$. Týmto spôsobom eliminujeme chyby vzniknuté nepresným určením nulovej polohy a vplyv rušivých magnetických polí.
- Meranie opakujeme aspoň 10-krát pre rôzne hodnoty prúdu I a vypočítame pre každú hodnotu prúdu intenzitu H_{zh} jej aritmetický priemer \bar{H}_{zh} a náhodilú chybu aritmetického priemeru $\bar{\delta}_{H_{zh}}$. Výsledok uvedieme v tvare $H_{zh} = \bar{H}_{zh} \pm \bar{\delta}_{H_{zh}}$.
- Nakoniec určíme percentuálnu odchýlku nameranej hodnoty od tabuľkovej podľa vzťahu

$$\delta_r [\%] = \frac{(H_{zh})_n - (H_{zh})_t}{(H_{zh})_t} \cdot 100$$

B. STANOVENIE VERTIKÁLNEJ ZLOŽKY M. P. Z.

Popis zariadenia a metóda merania:



Obr. 4

Pre určenie veľkosti vertikálnej zložky vektora intenzity m. p. Z. H_{zv} použijeme buzolu, ktorej magnetka sa môže otáčať v ľubovoľnej vertikálnej rovine a umiestnime ju opäť do stredu kruhového vodiča. Vzájomné usporiadanie nech je také, že rovina kruhového vodiča leží v rovine miestneho magnetického poludníka a rovina magnetky je vertikálna a súčasne kolmá na rovinu kruhového závit, obr. 4. \vec{H}_v vyjadruje vertikálnu zložku vektora intenzity výsledného magnetického poľa \vec{H} . Z obr. 4 je zrejmé, že ak poznáme uhol β a intenzitu H_p môžeme určiť H_{zv}

$$H_{zv} = \frac{H_p}{\operatorname{tg}\beta}$$

a po dosadení z (1)

$$H_{zv} = \frac{I}{2R \operatorname{tg}\beta} \quad (3)$$

Úlohy:

- Určiť veľkosť vertikálnej zložky intenzity magnetického poľa Zeme.
- Určiť náhodilú chybu tejto veličiny.
- Určiť relatívnu odchýlku od tabuľkovej hodnoty.

Postup merania a vyhodnotenie merania:

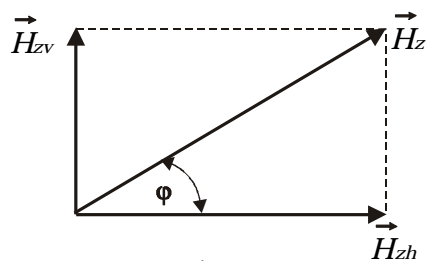
- Kruhový vodič nastavíme tak, aby jeho rovina ležala v rovine miestneho magnetického poludníka, rovinu magnetky s uhlomerným kruhom nastavíme do vertikálnej roviny kolmej na rovinu kruhového závit, magnetka by mala byť vo zvislej polohe a nech ukazuje na nulu (docielime natočením uhlomerného kruhu).
- Kruhový vodič pripojíme k zdroju jednosmerného napätia cez komutátor podľa zapojenia na obr.6.

3. Kruhovým vodičom necháme prechádzať elektrický prúd I jedným smerom a určíme odchytku magnetky od pôvodného smeru β_1 a β_2 , po zmene smeru prúdu (pri zachovaní jeho veľkosti) odchytku β'_1 a β'_2 .
4. Merané hodnoty zapisujeme do tabuľky (jej vzor je v úlohe A).
5. Do výpočtu podľa (3) určíme β ako aritmetický priemer odchyliet β_1 , β_2 , β'_1 a β'_2 .
6. Meranie opakujeme aspoň 10-krát pre rôzne hodnoty prúdu I a vypočítame hodnoty H_{zv} . Takto vypočítané hodnoty H_{zv} obvyklým spôsobom spracujeme (pozri bod 7a v predchádzajúcej úlohe).

C. STANOVENIE INTENZITY M. P. Z.

Popis zariadenia a metóda merania:

Pre určenie veľkosti vektora intenzity m. p. Z. H_z a uhla φ , ktorý zvierá s horizontálnou rovinou (v mieste experimentu) využijeme pravouhlý trojuholník (H_z , H_{zh} , H_{zv}) znázornený na obr. 5.



Obr. 5

Pre intenzitu H_z po úpravách dostaneme

$$H_z = \frac{I}{2R} \sqrt{\cot^2 g^2 \alpha + \cot^2 g^2 \beta} \quad (4)$$

a pre uhol φ

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

alebo

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} \right). \quad (5)$$

Vzťahy (4) a (5) platia však len v tom prípade, ak sme uhly α a β merali vždy pri nezmenenej veľkosti elektrického prúdu. Ak túto podmienku nemôžeme zaručiť, vypočítame H_z a φ zo vzťahov

$$H_z = \sqrt{H_{zh}^2 + H_{zv}^2} \quad (6)$$

a

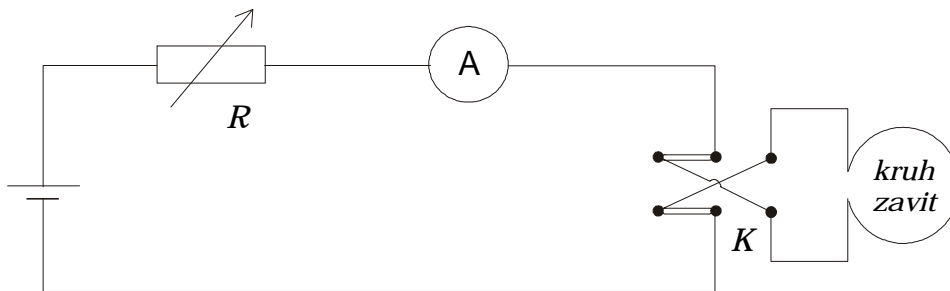
$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{H_{zv}}{H_{zh}} \right) \quad (7)$$

s tým, že využijeme výsledky z úlohy A (H_{zh} , $\delta_{H_{zh}}$) a z úlohy B (H_{zv} , $\delta_{H_{zv}}$), ako pre výpočet aritmetických priemerov (H_z , φ), tak aj pre výpočet chýb (δ_{H_z} , $\delta\varphi$).

Poznámka:

1. V predchádzajúcich úlohách sme predpokladali, že magnetické pole v strede kruhového vodiča je homogénne. Tento predpoklad môžeme pokladať za pomerne vyhovujúci len vtedy, ak dĺžka magnetky l je vzhľadom na polomer kruhového vodiča R oveľa menšia ($l \ll R$).

2. Meriame podľa zapojenia uvedeného na obr. 6.



Obr. 6

Kontrolné otázky:

1. Akú polohu zaujme magnetka buzoly v magnetickom poli Zeme?
2. Formulujte matematický zákon Biot-Savart-Laplaceov a aký je jeho fyzikálny význam!
3. Použitím tohoto zákona vypočítajte intenzitu magnetického poľa v strede kruhového vodiča pretekaného prúdom!
4. Popíšte zariadenie, ktoré nazývame tangentova buzola!

Úloha je prevzatá, doplnená a opravená, zo skrípt:

Doc. RNDr. Drahošlav Vajda, CSc., Doc. Ing. Július Štelina, CSc., RNDr. Jaroslav Kovár, Ing. Ctibor Musil, CSc., RNDr. Ivan Bellan, Doc. Ing. Igor Jamnický, CSc. „Návody k laboratórnym cvičeniam z fyziky“, vydala Žilinská univerzita vo vydavateľstve EDIS, 2. nezmenené vydanie, rok 2003.