

21. Žemės magnetinio lauko tyrimas

Užduotis

1. Ištirti Helmholco ritėse sukurtos magnetinės indukcijos priklausomybę nuo elektros srovės stiprio jose ir nustatyti šios priklausomybės koeficientą.
2. Rasti Žemės magnetinės indukcijos horizontaliąją komponentę, panaudojant Helmholco rites.
3. Rasti Žemės magnetinės indukcijos vertikaliąją komponentę.

Pagrindiniai teoriniai klausimai

1. Magnetinis laukas ir jį aprašantys fizikiniai dydžiai.
2. Bio ir Savaro dėsnis.
3. Magnetinis laukas, susidarantis rite tekant elektros srovei, ir Žemės magnetinis laukas.

Tyrimo metodika

Metodika remiasi orientuotų Helmholco ričių ir Žemės magnetinės indukcijos vektorių sudėties tyrimu ričių centre.

Kai ritėse neteka elektros srovė, jų centre horizontaliai įtaisyto kompas magnetinė rodyklė orientuojasi išilgai Žemės magnetinės indukcijos horizontaliosios komponentės ${}^h\vec{B}_E$ (Šiaurės - Pietų magnetinių polių kryptimi). Vertikaliuose Helmholco ritėse tekant elektros srovei, sukuriama papildoma horizontalioji magnetinės indukcijos komponentė ${}^h\vec{B}_H$, kuri yra nukreipta išilgai ričių centrinės ašies. Dėl to magnetinė rodyklė pasisuka kampu α , orientuodamasi išilgai suminės magnetinės indukcijos ${}^h\vec{B}_R$ vektoriaus. Magnetinių indukcijų vektorių sudėtis yra parodyta 1A pav. Punktyrinėmis linijomis yra parodyti vektoriai tuo atveju, jei ritėse tekėtų priešingos krypties elektros srovė.

Pasinaudoję sinusų teorema, gauname

$$\frac{\sin \alpha}{\sin(\varphi - \alpha)} = \frac{{}^h B_H}{{}^h B_E}. \quad (1)$$

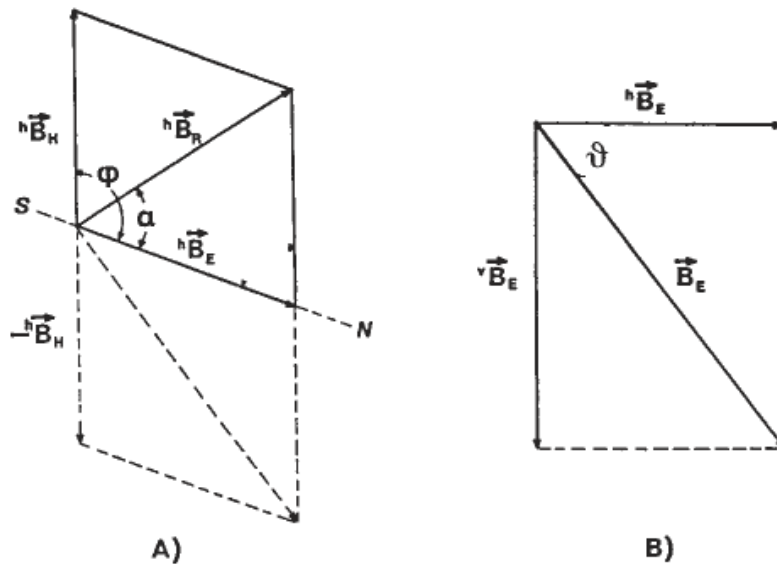
Kai ričių pagrindinė ašis yra statmena Šiaurės - Pietų polių kryptčiai, kampas $\varphi = 90^\circ$. Tada:

$${}^h B_E = {}^h B_H \operatorname{ctg} \alpha. \quad (2)$$

Pagal (1) ir (2) lygtis, Žemės magnetinės indukcijos horizontaliąją komponentę galima rasti, išmatavus elektros srovės ritėse sukurtą magnetinę indukciją jų centre ir kampą, kuriuo pasisuka magnetinė rodyklė. Norint nustatyti ričių magnetinę indukciją kompas buvimo vietoje, reikia nustatyti magnetinės indukcijos priklausomybę nuo elektros srovės stiprio I_H :

$${}^h B_H = KI_H. \quad (3)$$

Čia K - gradavimo koeficientas, randamas išmatavus ${}^h B_H$ ir I_H .



1 pav. Magnetinių indukcijų vektorinė diagrama: A) horizontalioje plokštumoje; B) vertikaloje plokštumoje.

Įrašę (3) į (2), turime

$${}^h B_E = KI_H \operatorname{ctg} \alpha. \quad (4)$$

Taigi, žinant ričių gradavimo koeficientą, Žemės magnetinės indukcijos horizontaliąją komponentę randame iš (4), išmatavę rodyklės pasisukimo kampą α , kai ritės orientuotos taip, kad $\varphi = 90^\circ$.

Žemės magnetinės indukcijos komponentių vektorinė diagrama pavaizduota 1B pav. Žemės magnetinės indukcijos vertikaliją komponentę ${}^v \vec{B}_E$ randame išmatavę kampą ϑ :

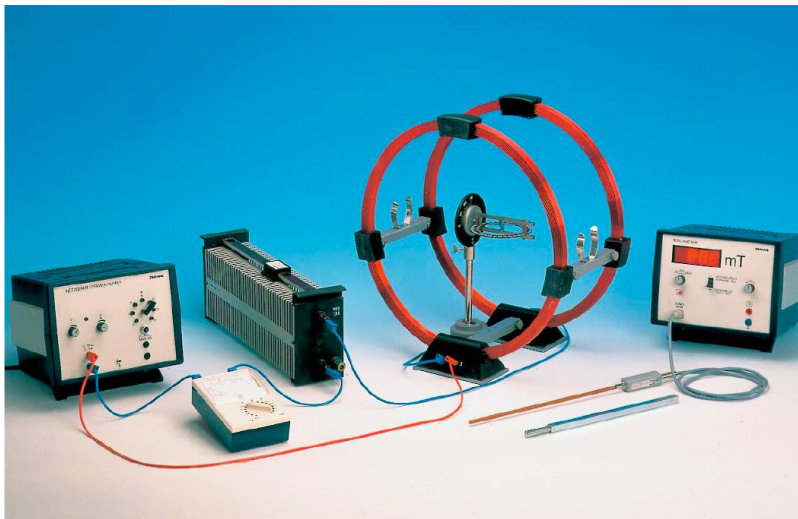
$${}^v B_E = {}^h B_E \operatorname{tg} \vartheta. \quad (5)$$

Kampu ϑ pasisuka kompas magnetinė rodyklė, kai jo ašis orientuota horizontaliai ir statmenai abiemis komponentėms ${}^v \vec{B}_E$ ir ${}^h \vec{B}_E$.

Suminė magnetinė indukcija randama pagal Pitagoro teoremą:

$$B_E = \sqrt{({}^h B_E)^2 + ({}^v B_E)^2}. \quad (6)$$

Tyrimo eiga



2 pav. Žemės magnetinio lauko tyrimo laboratoriniai reikmenys.

Pastaba: prieš pradėdami eksperimentą, įsitikinkite, kad šalia matavimo įrangos nėra pašalinių magnetinių laukų šaltinių ar išimagnetinančių medžiagų.

1. Darbo priemonės pavaizduotos 2 pav. Sujunkite grandinę pagal Priede 1 pateiktą schemą.
2. **Pakvieskite dėstytoją, kad patikrintų ar teisingai sujungėte grandinę!**
3. Holo efekto pagrindu veikiančią magnetinio lauko jutiklį pritvirtinkite ant prilaikančio strypelio taip, kad vamzdelis kirstų centrinę Helmholco ričių dalį išilgai ričių centrinės ašies, o jutiklis būtų Helmholco ričių poros centre.
4. Įjunkite maitinimo šaltinį ir keisdami reostato R varžą išmatuokite magnetinės indukcijos horizontaliosios komponentės $^h B_H$ priklausomybę nuo ritėse tekančios elektros srovės stiprio I_H . Ritėse tekančios srovės stiprį I_H keiskite intervale 0 – 1,5 A. Išjunkite maitinimo šaltinį.
5. Matavimų rezultatus pavaizduokite grafiškai ir iš gautos priklausomybės naudodami (3) formulę nustatykite gradavimo koeficientą K (mT/A).
6. Ant stovelio pritvirtintą kompasą sugraduotu ciferblatu, kuris naudojamas kaip magnetometras, patalpinkite tarp Helmholco ričių taip, kad horizontalioje padėtyje esančio ciferblato centras sutaptų su ričių poros centru.
7. Nustatykite ir pasižymėkite kompasos Šiaurės – Pietų polių (S/N) (**kai maitinimo šaltinis išjungtas ir elektros srovė ritėmis neteka**). Norėdami įsitikinti, ar teisingai pasirinkote kompasos Šiaurės – Pietų polių orientaciją, kelis kartus išveskite kompasos rodyklę iš pusiausvyros padėties ir palaukite, kol jos svyravimai užges (galima trinties įtaka pašalinama švelniai pabarbenant į kompasos ciferblatą).
8. Orientuokite Helmholco rites taip, kad jų ašis būtų statmena kompasos rodomai Šiaurės – Pietų kryptims.
9. Įjunkite maitinimo šaltinį ir keisdami reostato R varžą išmatuokite kompasos rodyklės atsilenkimo (nuo pradinės padėties) kampo α priklausomybę nuo elektros srovės stiprio ritėse I_H . Pakeiskite grandinės jungimo poliškumą (tiesiog sukeiskite „teigiamo“ ir „neigiamo“ gnybtų jungimus ant maitinimo šaltinio) ir

išmatuokite tokią pačią priklausomybę priešinga kryptimi grandine tekančiai srovei. Išmatuotas $\alpha(B)$ priklausomybes pavaizduokite grafiškai.

10. Pasinaudokite (4) formule ir iš 8 punkte išmatuotų priklausomybių nustatykite žemės kuriamo magnetinio lauko indukcijos horizontaliąją komponentę ${}^h B_E$.
11. Išjunkite maitinimo šaltinį ir pasukę kompasą 90° kampu apie ašį, sutampančią su rodyta Šiaurės – Pietų kryptimi, pastatykite jį vertikaliajoje plokštumoje bei užfiksuokite kampą ϑ_1 , kurį kompas rodyklė sudaro su minėtąja ašimi.
12. Kompasą persukite 180° kampu aplink horizontalią ašį ir analogiškai 11 punktui išmatuokite kampą ϑ_2 .
13. Žemės kuriamo magnetinio lauko indukcijos vertikaliosią komponentę nustatykite pasinaudoję (5) formule. Skaičiavimuose kampą ϑ imkite kaip kampų ϑ_1 ir ϑ_2 aritmetinį vidurkį.
14. Įvertinkite matavimų paklaidas.

Matavimų tikslumo įvertinimas

Ričių gradavimo koeficiento, nustatomo pagal (7), paklaidą lemia magnetinės indukcijos ir elektros srovės stiprio matavimo paklaidos:

$$\Delta K = K \sqrt{\left(\frac{\Delta {}^h B_H}{{}^h B_H}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_H}{I_H}\right)^2}. \quad (9)$$

Žemės magnetinės indukcijos horizontaliosios komponentės, randamos pagal (4) formulę, paklaida siejasi su ričių magnetinės indukcijos ir kampo α kotangento paklaidomis:

$$\Delta {}^h B_E = {}^h B_E \sqrt{\left(\frac{\Delta {}^h B_H}{{}^h B_H}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \alpha}{\sin^2 \alpha}\right)^2}, \quad (10)$$

kur kampo paklaida $\Delta \alpha$ yra išreikšta radianais.

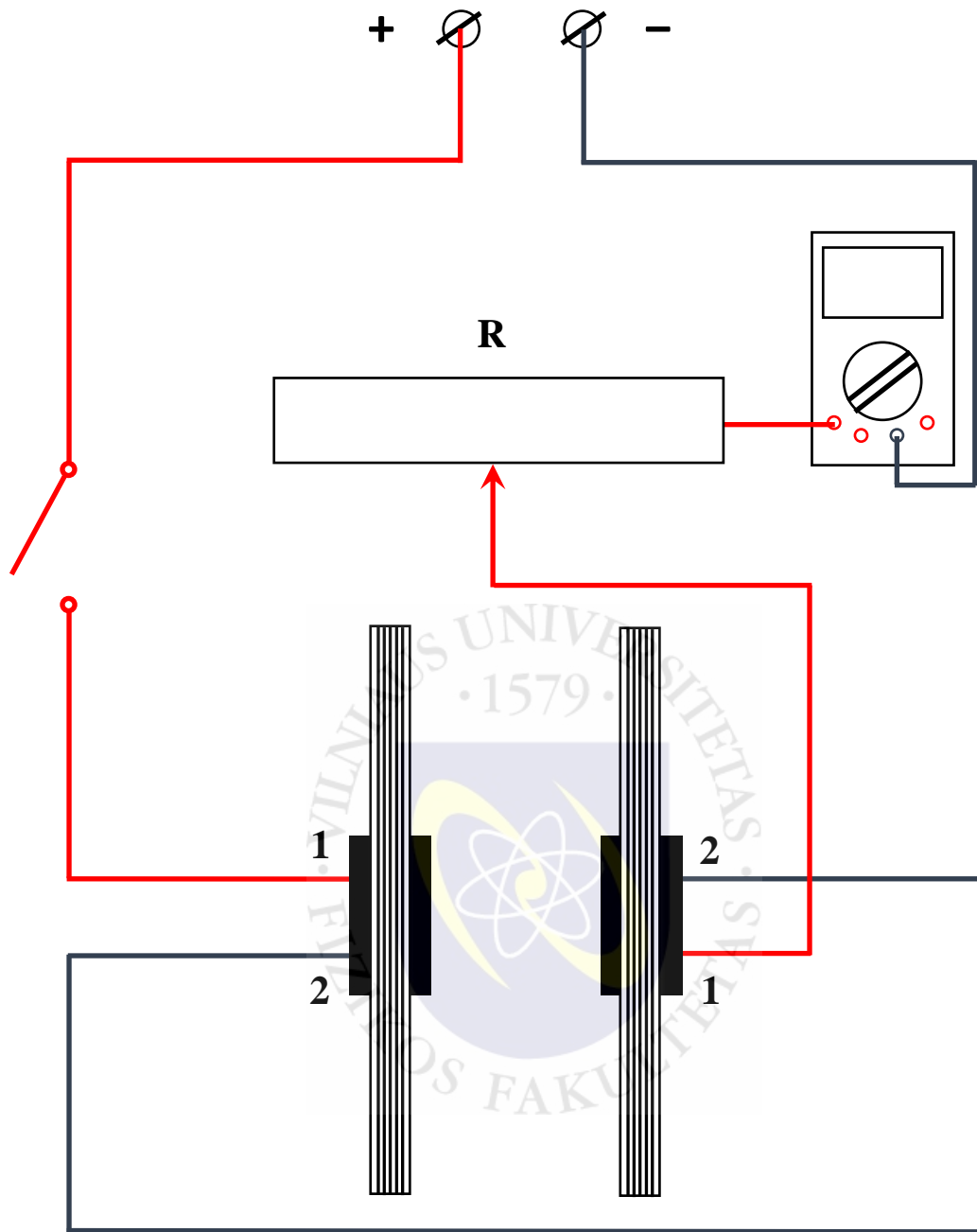
Analogiškai Žemės magnetinės indukcijos vertikaliosios komponentės, randamos pagal (5) formulę, paklaida siejasi su Žemės magnetinės indukcijos horizontaliosios komponentės ir kampo ϑ tangento paklaidomis:

$$\Delta {}^v B_E = {}^v B_E \sqrt{\left(\frac{\Delta {}^h B_E}{{}^h B_E}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \vartheta}{\cos^2 \vartheta}\right)^2}, \quad (11)$$

kur kampo paklaida $\Delta \vartheta$ yra išreikšta radianais.

Literatūra

1. A. Medeišis, „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000, 353 p.
2. A. Matvejevas, „Mechanika ir reliatyvumo teorija“, Vilnius, *Mokslas*, 1982, 334 p.



3 pav. Žemės magnetinio lauko tyrimo schema.