

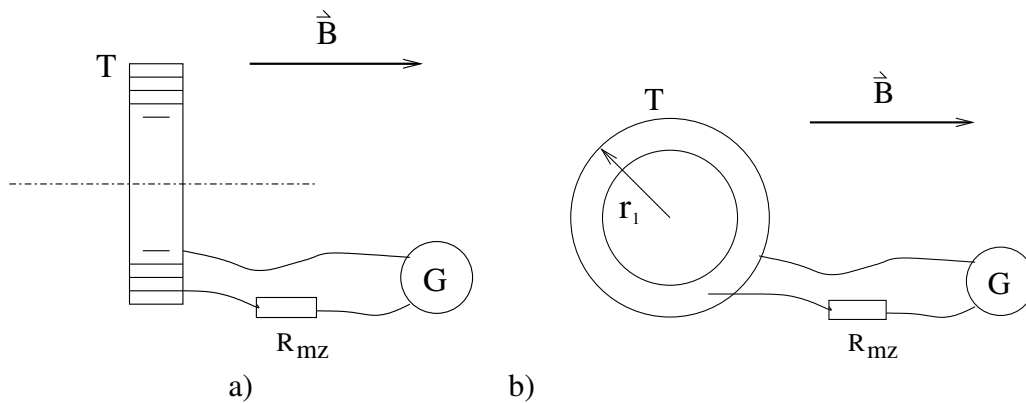
11 Meritev zemeljskega magnetnega polja z indukcijo

NALOGA

Izmeri vodoravno in navpično komponento gostote magnetnega polja Zemlje.

RAZLAGA

Indukcijski zakon omogoča neposredno merjenje magnetnega pretoka, s tem pa posredno tudi meritev gostote magnetnega polja. V magnetno polje gostote $\vec{B}$ postavimo merilno tuljavo, tako da je geometrijska os tuljave vzporedna s smerjo magnetnega polja, in jo povežemo z umerjenim balističnim galvanometrom (glej prejšnjo vajo), kakor kaže slika 11.1 a. Tuljavo nato na hitro zasučemo iz začetne



Slika 11.1: Merjenje indukcije z merilno tuljavo (T) in balističnim galvanometrom (G). Slika prikazuje postavitev tuljave v: a) začetni legi; b) končni legi.

lege v končno lego, v kateri je os tuljave pravokotna na magnetno polje (glej sliko 11.1 b). Pri zasuku se magnetni pretok Φ_m skozi tuljavo v kratkem času t_1 zmanjša z maksimalne vrednosti na 0, zato se v tuljavi inducira napetostni suneč:

$$\left| \int_0^{t_1} U_i dt \right| = \left| \int_0^{t_1} \frac{d\Phi_m}{dt} dt \right| = |\Phi_m(t_1) - \Phi_m(0)| = |0 - NBS| = NBS, \quad (11.1)$$

ki je odvisen od gostote magnetnega polja B in števila ovojjev N ter preseka S merilne tuljave. Zaradi inducirane napetostnega sunka dobimo v tokokrogu

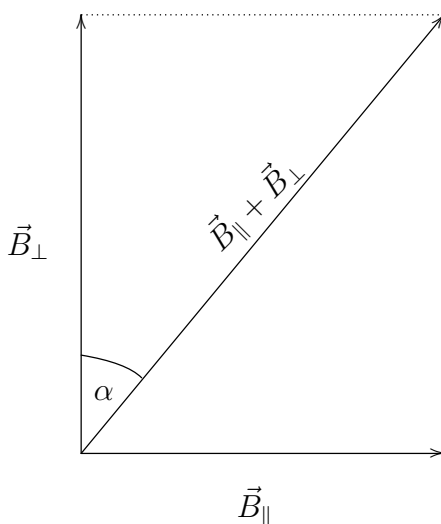
merilna tuljava–tuljava galvanometra kratkotrajni sunek električnega toka:

$$\left| \int_0^{t_1} I dt \right| = \left| \frac{1}{R_m} \int_0^{t_1} U_i dt \right| = \frac{NBS}{R_m} = q, \quad (11.2)$$

ki je poleg inducirane napetosti odvisen tudi od upora tokokroga, R_m . Upor tokokroga sestavljajo upor tuljave R_t , notranji upor galvanometra R_G in upor R_{mz} :

$$R_m = R_t + R_G + R_{mz}. \quad (11.3)$$

V enačbi (11.2) smo zapisali tudi, da je tokovni sunek enak električnemu naboju q , ki je zaradi spremembe magnetnega pretoka skozi tuljavo stekel po električnem krogu. Če z balističnim galvanometrom izmerimo pretočeni naboj, lahko torej preko indukcije izmerimo gostoto magnetnega polja, v katerem stoji tuljava.



Slika 11.2: Komponenti magnetnega polja: vodoravno označimo z $\vec{B}_{\parallel}$, navpično pa z $\vec{B}_{\perp}$

Velikost in smer magnetnega polja Zemlje sta odvisni od geografske širine in dolžine. V splošnem ima magnetno polje Zemlje vodoravno $B_{\parallel}$ in navpično komponento $B_{\perp}$ (glej sliko 11.2), le na ekvatorju ima samo vodoravno, na magnetnih tečajih pa samo navpično. Izmeriti moramo torej obe komponenti, meritvi pa bi radi izvedli ločeno. Če hočemo izmeriti samo eno od obeh komponent magnetnega polja, moramo tuljavo zasukati okoli osi, ki je ravno vzporedna z drugo komponento magnetnega polja. Ko na primer tuljavo postavimo tako, da je njena geometrijska os navpična, nato pa jo zavrtimo okoli vodoravne osi, ki poteka v

smeri sever–jug, je vodoravna komponenta magnetnega polja Zemlje ves čas pravokotna na geometrijsko os. Sinek inducirane napetosti je v tem primeru zgolj posledica navpične komponente polja, $B_{\perp}$. Iz enačbe (11.2) lahko tedaj izrazimo naboj $q_{\perp}$, ki steče skozi galvanometer:

$$q_{\perp} = \frac{NB_{\perp}S}{R_m}. \quad (11.4)$$

Ko tuljavo na enak način zavrtimo okoli navpične osi, je pretočeni naboj odvisen samo od vodoravne komponente magnetnega polja Zemlje:

$$q_{\parallel} = \frac{NB_{\parallel}S}{R_m}. \quad (11.5)$$

Oba pretočena naboja izračunamo iz največjih odklonov balističnega galvanometra:

$$q_{\perp} = C_q \varphi_0^{\perp} \quad \text{in} \quad q_{\parallel} = C_q \varphi_0^{\parallel}, \quad (11.6)$$

če poznamo balistično konstanto galvanometra C_q . Ko izmerjeni vrednosti največjega odklona vstavimo v enačbi (11.4) in (11.5), lahko izračunamo obe komponenti magnetnega polja Zemlje:

$$B_{\perp} = \frac{R_m C_q}{NS} \varphi_0^{\perp} \quad \text{in} \quad B_{\parallel} = \frac{R_m C_q}{NS} \varphi_0^{\parallel}, \quad (11.7)$$

na koncu pa še celotno vrednost:

$$B = \sqrt{B_{\perp}^2 + B_{\parallel}^2}. \quad (11.8)$$

NAVODILO

Najprej umeri galvanometer in določi balistično konstanto C_q . Pri tem ravnaj enako kot pri prejšnji vaji, za določitev konstante C_q pa naredi vsaj 10 meritev. Potem ko si umeril balistični galvanometer, ga poveži z merilno tuljavo. Tuljavo postavi tako, da je njena geometrijska os navpična in da se lahko vrti okoli osi, ki je vzporedna s smerjo sever–jug. Pri tem si pomagaj s kompasom. Tuljavo nato hitro zavrti za 90° stopinj in odčitaj največji odklon svetlobnega zajčka. Meritev ponovi vsaj desetkrat. Iz izmerjenih vrednosti izračunaj povprečno vrednost za navpično komponento magnetnega polja in oceni napako.

Tuljavo nato postavi še tako, da se njena geometrijska os ujema s smerjo sever–jug in da je vrtljiva okoli navpične osi. Tudi tokrat tuljavo na hitro zasukaj za 90° stopinj in odčitaj največji odklon svetlobnega zajčka, meritev pa spet ponovi vsaj desetkrat. Iz izmerjenih vrednosti izračunaj povprečno vrednost za vodoravno komponento magnetnega polja in oceni napako. Iz obeh vrednosti izračunaj še celotno velikost gostote magnetnega polja v enačbi (11.8). Vse izračunane vrednosti lahko znatno odstopajo od geofizikalnih podatkov za Maribor.