ZeMaPo - Zemeljsko magnetno polje

① Teorija

ⓐ Kompenzacijska metoda

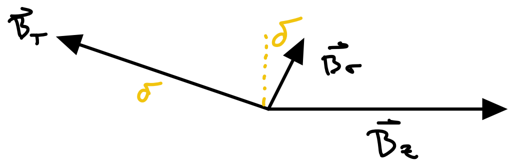
Merjenje vodoravne komponente Zemeljskega magnetnega polja (B_z) s tuljavo, za katero velja

$$B_T = \frac{\mu_0 N I}{\sqrt{L^2+(2r)^2}} \qquad (1)$$

premer tuljave

dolžina tuljave

Zaradi težave pri merjenju indiferentne točke tuljavo zamaknemo za majhen kot δ.



$$|\vec B_T| = |\vec B_z|$$

Natančnost meritve izboljšamo z večanjem kota δ.

ⓑ Gaussova metoda

- Poglejmo nihanje paličastega magneta. Zanj velja da je navor $\vec M = \vec p \times \vec B_z$, $|\vec M| = p B_z \sin\varphi$, zapišemo lahko tudi valovno enačbo:

$$J \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -p B_z \sin\varphi \qquad J = m\left(\frac{r^2}{4} + \frac{h^2}{12}\right) \text{ vztrajnostni moment valja} \qquad (2)$$

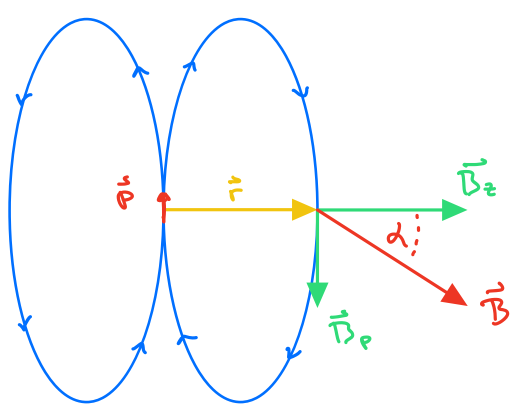
Za majhen kot φ velja $\omega_0^2 = p B_z / J$. (3)

- Gostota magnetnega polja se z radijem v veliki oddaljenosti spreminja tako:

$$\vec B_p(\vec r) = \frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{-\vec p}{r^3} + \frac{3(\vec p \cdot \vec r)\,\vec r}{r^5}\right) \qquad (4)$$

Če opazujemo polje v ekvatorialni ravnini je $\vec p \cdot \vec r = 0$. Iz geometrije poskusa lahko zapišemo:

$$\tan\alpha = \frac{B_p}{B_z} = \frac{\mu_0\, p}{4\pi r^3 B_z} \qquad (5)$$



Skica poskusa

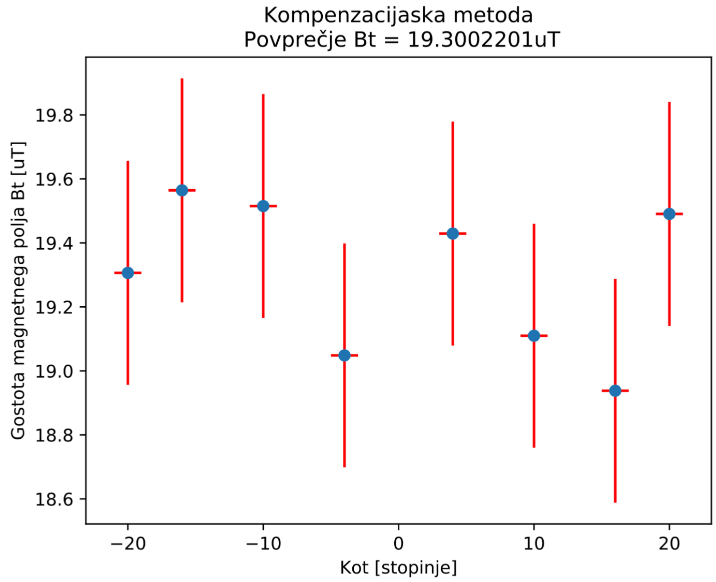
② Rezultati

ⓐ Kompenzacijska metoda

S to metodo lahko pridemo do povprečne vrednosti B_z:

$$B_z = (19,3 \pm 0,3)\,\mu T$$

Polje smo iz toka izračunali z enačbo ①. Večina izmerkov je znotraj napake meritve.



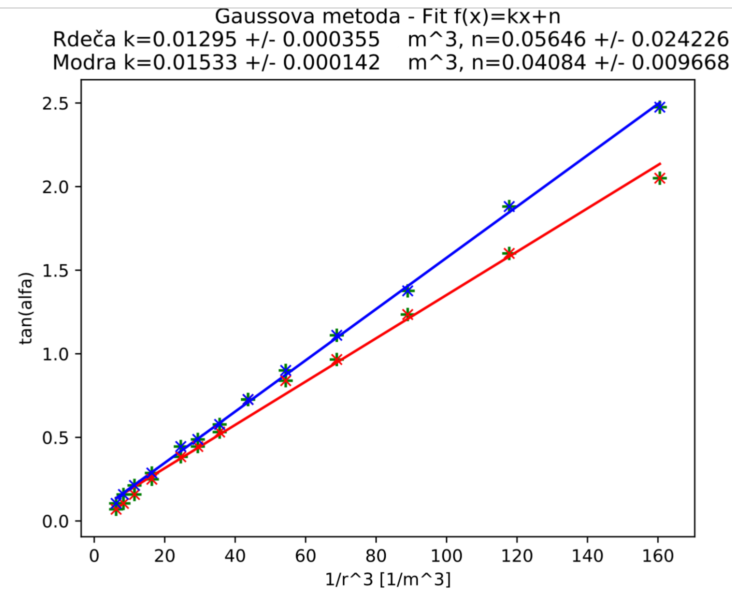
ⓑ Gaussova metoda

S podatki o nihajnem času lahko izračunamo

$$\omega_0^2 = \left(\frac{2\pi}{t_0}\right)^2 = 0,010535\ s^{-1}$$

in iz geometrijskih podatkov

$$J = 0,000006795\ m^2 kg$$



0°
180°

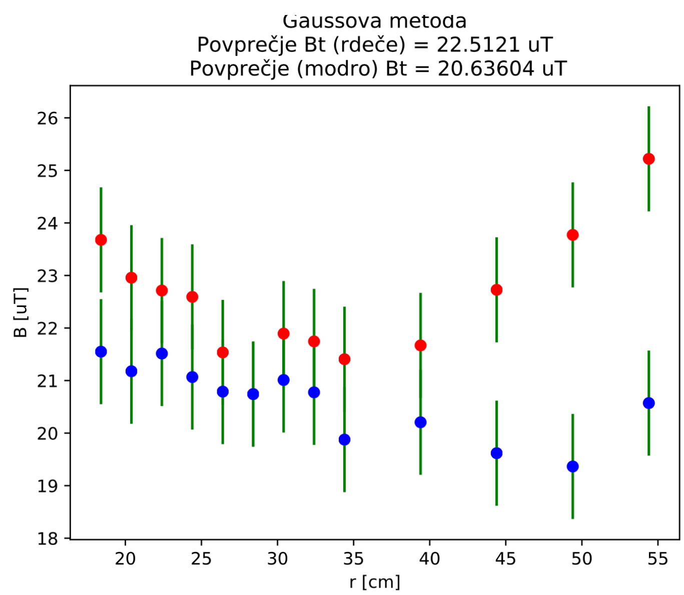
Če združimo enačbi ③ in ⑤ dobimo

$$B_z = \sqrt{\frac{\omega_0^2 J \mu_0}{4\pi k}} \quad ⑥$$

kjer je $k = \frac{\Delta \tan\alpha}{\Delta(1/r^3)}$.

Graf 2 prikazuje približno linearno odvisnost med danima količinama, kot bi pričakovali iz enačbe ⑤. Vidimo tudi, da se meritvi najmanj razlikujeta pri večjih razdaljah. Z enačbo ⑥ dobimo graf 3, ki podaja odvisnost $B_z(r)$. Odčitamo lahko povprečni vrednosti

$$B_{z\bullet} = (22,5 \pm 1)\,\mu T$$
$$B_{z\bullet} = (20,6 \pm 1)\,\mu T$$



Na podlagi uspeha meritve, lahko sklepamo, da je meritev s kompenzacijo bolj natančna.

Obe meritvi se prav tako ne razlikujeta zelo od vrednosti, ki jih najdemo v literaturi, kjer navaja jo $B_z \in [20\,\mu T, 65\,\mu T]$