MF - Erdmagnetisches Feld

Datum: 24.05.2012 Betreuer: Hr. Zahn

Name: Patrick Schilg Meßplatz: rechts/SU

Mitstudent: Franz Oestreicher

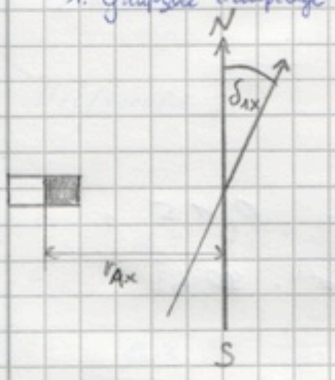
Aufgabenstellung

Bestimmen Sie die Stärke des Erdmagnetfeldes H_E zu Dresden.

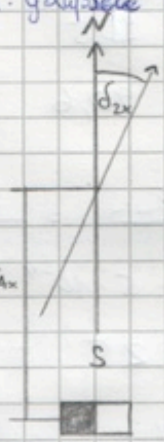
Versuchsdurchführung

1. Bestimmung von m (Waage) sowie von R und L (Mess-Schieber).
2. Horizontale Aufhängung des Magneten an langem Faden (N-S-Richtung kontrollieren); Anstoßen zu Drehschwingungen ($\hat{\alpha} \approx 6°$); 3 Werte für 30 T messen.
3. Bei zunächst ca. 2m entferntem Magneten den Justier-Balken mit Kompass einrichten: erstens in O-W-Richtung bei 1. GHL; später in N-S für die 2. GHL.
Nun den Magneten **immer in O-W-Richtung** im Abstand x (bzw. später y; vom Mittelpunkt der Kompaßnadel zum Mittelpunkt des Magneten) bingen. Die Abstände x (bzw. y) und die Winkel δ_1, δ_2 messen.

1. Gaußsche Hauptlage



2. Gaußsche Hauptlage



$x = 1,2$

benötigte Formeln

$$J_A = m \cdot \left(\frac{l^2}{12} + \frac{D^2}{16} \right)$$

$$a = m^* \cdot H_{EH} = 4\pi^2 \frac{J_A}{T^2}$$

1. GHL $$\tan \delta_{1x} = \frac{H_D}{H_{EH}} = \frac{m^*}{2\pi \mu_0 r_{Ax}^3 H_{EH}}$$

2. GHL $$\tan \delta_{2x} = \frac{H_D}{H_{EH}} = \frac{m^*}{4\pi \mu_0 r_{Ax}^3 H_{EH}}$$

l ... Länge Stabmagnet
D ... Ø Stabmagnet
J_A ... Trägheitsmoment

a ... Hilfsgröße
m^* ... magn. Moment des Stabmagneten
H_{EH} ... Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes
T ... Periodendauer
H_D ... Magnetfeld Stabmagnet am Messort
r_{Ax} ... Abstand

15

Formeln für Hilfsgrößen:

1\. GHL : $b_{11} = \frac{m^*}{H_{EH}} = 2\pi \mu_0 r_{A_1}^3 \tan\delta_{11}$

$b_{12} = \frac{m^*}{H_{EH}} = 2\pi \mu_0 r_{A_2}^3 \tan\delta_{12}$

2\. GHL : $b_{21} = \frac{m^*}{H_{EH}} = 4\pi \mu_0 r_{A_1}^3 \tan\delta_{21}$

$b_{22} = \frac{m^*}{H_{EH}} = 4\pi \mu_0 r_{A_2}^3 \tan\delta_{22}$

$H_{EH} = \sqrt{\frac{a}{b}}$ $\qquad$ $HE = \frac{H_{EH}}{\cos\theta}$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

Messungen

Bestimmung der Schwindungsdauer eines Stabmagneten für $n = 30$

Messung	T in s	$\bar{T}$ in s
1	90,8	
2	90,5	$90,6\bar{3}$
3	90,6	

$T_0 = \frac{\bar{T}}{n} = \frac{90,6\bar{3}s}{30} = 3,021\,s$

$\Delta T_{zuf} = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} = \frac{90,8s - 90,5s}{2} = 0,15\ s$

$\Delta T_{sys} = 0,2s + 5 \cdot 10^{-4} \cdot \bar{T} = 0,2s + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 90,6\bar{3}$

$= 0,25\ s$

$\Delta T = \Delta T_{zuf} + \Delta T_{sys} = 0,15s + 0,40s$

$= 0,40s$ Zu groß!

Angaben zum Stabmagnet:

$l = 56,26\ mm \Rightarrow l \pm \Delta l = (56,26 \pm 0,03)\ mm$

$D = 9,98\ mm \Rightarrow D \pm \Delta D = (9,98 \pm 0,03)\ mm$

$m = 31,12\ g \Rightarrow m \pm \Delta m = (31,12 \pm 0,01)\ g$

Magnet Nr. 7

$\Delta l = 0{,}03\,mm$

$\Delta D = 0{,}03\,mm$

Gewichte für Wägung genutzt: 1x20g, 1x10g, 1x1g, 1x0,1g, 1x0,01g

$\Delta m = 0{,}01\,g$

Trägheitsmoment des Stabmagneten:

$$J_A = m \cdot \left(\frac{l^2}{12} + \frac{D^2}{16} \right)$$

$$= 0{,}03112\,kg \left(\frac{(0{,}0562\,m)^2}{12} + \frac{(0{,}00998\,m)^2}{4} \right)$$

$$= 8{,}40 \cdot 10^{-6}\,kg \cdot m^2$$

$$\Delta J_A = \left| \frac{l^2}{12} + \frac{D^2}{16} \right| \Delta m + \left| \frac{2ml}{12} \right| \Delta l + \left| \frac{2mD}{16} \right| \Delta D$$

$$= (2{,}7 \cdot 10^{-9} + 8{,}75 \cdot 10^{-9} + 1{,}16 \cdot 10^{-9})\,kg \cdot m^2$$

$$= 1{,}26 \cdot 10^{-8}\,kg \cdot m^2$$

$$\Rightarrow \underline{J_A \pm \Delta J_A = (8{,}4 \cdot 10^{-6} \pm 1{,}26 \cdot 10^{-8})\,kg \cdot m^2}$$

Hilfsgröße a

$$a = 4\pi^2 \frac{J_A}{T_0^2} = 4\pi^2 \cdot \frac{8{,}4 \cdot 10^{-6}\,kg\,m^2}{(3{,}021\,s)^2} = 3{,}63 \cdot 10^{-5}\,\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$$

$$\Delta a = \left| \frac{4\pi^2}{T_0^2} \right| \Delta J_A + \left| -\frac{8\pi^2 J_A}{T^3} \right| \Delta T$$

$$= (5{,}45 \cdot 10^{-8} + 9{,}62 \cdot 10^{-6})\,Nm$$

$$= 9{,}68 \cdot 10^{-6}\,\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$$

groß!

$$\Rightarrow \underline{a \pm \Delta a = (3{,}63 \cdot 10^{-5} \pm 9{,}68 \cdot 10^{-6})\,\frac{kg \cdot m^2}{s^2}}$$

Winkelbestimmung GHL

$r_{A1} = 0{,}45\,m$

$r_{A2} = 0{,}60\,m$

1. GHL

Messung	1	2
r_{A1}	2°	2°
r_{A2}	1°	1°

$\bar{\delta}_{11} = 2°$

$\bar{\delta}_{12} = 1°$

2. GHL

Messung	1	2
r_{A1}	4°	4,5°
r_{A2}	2°	3°

$\bar{\delta}_{21} = 4{,}25°$

$\bar{\delta}_{22} = 2{,}5°$

Hilfsgröße b

$$b_{11} = 2\pi\mu_0 r_{A1}^3 \tan\delta_{11} = 2{,}51 \cdot 10^{-8}\ \frac{Vsm^2}{A}$$

$$b_{11} = 2\pi\mu_0 r_{A2}^3 \tan\delta_{12} = 2{,}98 \cdot 10^{-8}\ \frac{Vsm^2}{A}$$

$$b_{21} = 4\pi\mu_0 r_{A1}^3 \tan\delta_{21} = 1{,}07 \cdot 10^{-7}\ \frac{Vsm^2}{A}$$

$$b_{22} = 4\pi\mu_0 r_{A2}^3 \tan\delta_{22} = 1{,}49 \cdot 10^{-7}\ \frac{Vsm^2}{A}$$

$$\bar{b} = \frac{\sum b_i}{n} = 7{,}77 \cdot 10^{-8}\ \frac{Vsm^2}{A}$$

$$\Delta b = \sqrt{\frac{\sum (b_i - \bar{b})^2}{n-1}} = 6{,}05 \cdot 10^{-8}\ \frac{Vsm^2}{A}$$ riesig!

$$\Rightarrow \quad b = \bar{b} \pm \Delta b = (7{,}77 \cdot 10^{-8} \pm 6{,}05 \cdot 10^{-8})\ \frac{Vsm^2}{A}$$

Horizontalkomponente H_{EH}

$$H_{EH} = \sqrt{\frac{a}{\bar{b}}} = \sqrt{\frac{3{,}63 \cdot 10^{-5}\ kg\,m^2 A}{7{,}77 \cdot 10^{-8}\ s^2 V s m^2}}$$

$$= 21{,}63\ \frac{A}{m}$$

$$\Delta H_{EH} = \left| \frac{1}{2\sqrt{a \cdot \bar{b}}} \right| \cdot \Delta a + \left| -\frac{\sqrt{a}}{2\bar{b}\sqrt{\bar{b}}} \right| \Delta b$$

$$= 2{,}88\ \frac{A}{m} + 8{,}42\ \frac{A}{m} = 11{,}3\ \frac{A}{m}$$

$$\Rightarrow \quad H_{EH} \pm \Delta H_{EH} = (21{,}63 \pm 11{,}3)\ \frac{A}{m}$$

Messung Inklinationswinkel

$$\varphi = 64° \pm 0{,}5° \qquad \Delta\varphi = 0{,}0087\,(\text{rad})$$

Größe des Erdmagnetfeldes H_E

$$H_E = \frac{H_{EH}}{\cos\varphi} = \underline{49{,}34\,\frac{A}{m}}$$

$$\Delta H_E = \left|\frac{1}{\cos\varphi}\right| \Delta H_{EH} + \left|\frac{H_{EH}\cdot\sin\varphi}{\cos^2\varphi}\right| \Delta\varphi$$

$$\Delta H_E = 25{,}78\,\frac{A}{m} + 0{,}89\,\frac{A}{m} = \underline{26{,}67\,\frac{A}{m}}$$

riesig!

$$\underline{\underline{H_E \pm \Delta H_E = (49{,}34 \pm 26{,}67)\,\frac{A}{m}}}$$

Auswertung

Der ermittelte Wert $(49{,}34 \pm 26{,}67)\,\frac{A}{m}$ ist realistisch, jedoch etwas hoch für Mitteldeutschland. Die größten Fehler die zu der hohen Abweichung führen sind durch Bestimmung der Periodendauer entstanden. Hier könnte die Auslenkung von ca. 6° relativ schlecht eingestellt, die leichte Drehbewegung des Magneten während der Bestimmung der Periodendauer. Kleinere Fehler kamen durch das Ablesen des Inklinationswinkels und durch die Zeitmessung mit der Stoppuhr entstanden durch Reaktionszeit bzw. Ablesegenauigkeit. Durch die Winkelbestimmung mit Hilfe der Gaußschen Hauptlagen könnte der Fehler stark vergrößert werden, da der Versuchsraum durch elektromagnetische Felder und Metalle an und in Wand nicht geeignet ist. Ebenfalls könnte der Einfluss vom Magneten der Nachbargruppe groß gewesen sein.

Exp: 2,3
Th: 2,7

19