

## Campo magnético terrestre

### DETERMINAÇÃO DO COMPONENTE HORIZONTAL E VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE.

- Medição do ângulo de rotação de uma agulha de bússola disposta paralelamente ao componente horizontal do campo magnético terrestre com sobreposição do campo magnético horizontal de um par de bobinas de Helmholtz.
- Determinação do componente horizontal do campo magnético terrestre.
- Medição da inclinação e determinação do componente vertical e do valor total do campo magnético terrestre.

UE3030700

04/16 MEC/UD



Fig. 1: Disposição de medição.

### FUNDAMENTOS GERAIS

A terra é envolta de um campo magnético, gerado pelo chamado geodínamo. Próximo à superfície terrestre, ele é similar ao campo magnético de um dipolo magnético, em que as linhas de campo saem do hemisfério sul da terra e entram novamente no hemisfério norte. O ângulo entre a direção do campo magnético terrestre e a horizontal é chamado de inclinação. O componente horizontal do campo magnético terrestre decorre, em essência, paralelamente à direção norte-sul geográfica. Como a

crosta terrestre é infinitamente magnetizada, surgem desvios locais, chamados de declinação.

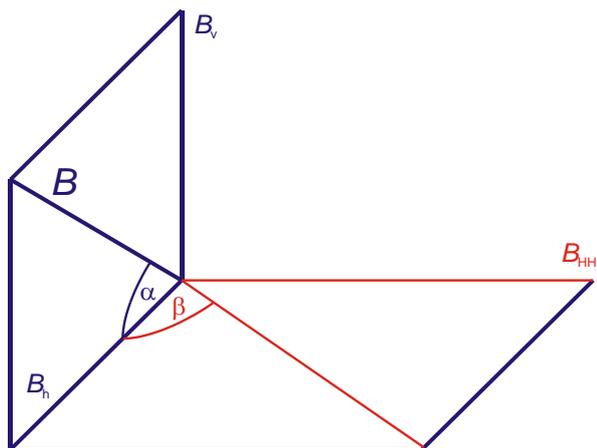


Fig. 2: Representação dos componentes dos campos magnéticos observados na experiência e definição dos ângulos pertinentes.

Na experiência, são determinados a inclinação e o valor, assim como o componente horizontal e vertical do campo magnético terrestre no local de medição.

Vale a relação (Fig. 2):

$$(1) \quad B_v = B_h \cdot \tan \alpha$$

$\alpha$ : Inclinação

$B_h$ : Componente horizontal

$B_v$ : Componente vertical

e

$$(2) \quad B = \sqrt{B_h^2 + B_v^2}.$$

Então, basta determinar as grandezas  $B_h$  e  $\alpha$ , pois as duas outras podem ser calculadas.

A inclinação  $\alpha$  é determinada com um inclinômetro. Para a determinação do componente horizontal, o mesmo inclinômetro é disposto na horizontal de forma que sua agulha, ajustada paralelamente ao componente horizontal, aponta para  $0^\circ$ . Um par de bobinas de Helmholtz gera um campo magnético horizontal adicional  $B_{HH}$  perpendicular a  $B_h$  e, assim, gira a agulha da bússola por um ângulo  $\beta$ . Conforme Fig. 2, vale

$$(3) \quad \frac{B_{HH}}{B_h} = \tan \beta$$

Esta medição é realizada para melhora da precisão para diferentes ângulos  $\beta$ .

## LISTA DE APARELHOS

1	Bobinas de Helmholtz 300 mm	1000906 (U8481500)
1	Fonte de alimentação DC 0-20 V, 0-5 A @230V	1003312 (U33020-230)
ou		
1	Fonte de alimentação DC 0-20 V, 0-5 A @115V	1003311 (U33020-115)
1	Multímetro digital P1035	1002781 (U11806)
1	Inclinatório E	1006799 (U8495258)
1	Resistor ajustável 100 $\Omega$	1003066 (U17354)
1	Conjunto de 15 cabos de segurança para experiências, 75 cm	1002843 (U138021)

## MONTAGEM E EXECUÇÃO

### Note:

Montar a experiência em superfície horizontal e plana em local onde a medição não seja influenciada por campos magnéticos do ambiente.

### Determinação do componente horizontal $B_h$

- Girar o inclinatório com a roda de forma que o plano da escala em anel e a agulha da bússola esteja paralelo à área de apoio.

Assim, a agulha da bússola se orienta sempre ao longo do componente horizontal do campo magnético da terra.

- Girar o inclinatório na placa de base de forma que as marcações de  $0^\circ$  da escala em anel correspondam à direção da agulha da bússola.
- Empurrar as bobinas de Helmholtz sobre o inclinatório de forma que ele esteja posicionado no meio entre as bobinas (Fig. 1) e o eixo das bobinas de Helmholtz esteja orientado perpendicularmente à direção da agulha da bússola.
- Conectar as bobinas de Helmholtz, o multímetro digital e o resistor ajustável em série à fonte de alimentação (Fig. 1).
- Ajustar o resistor ajustável para 100  $\Omega$ .
- Ligar a fonte de alimentação e aumentar a corrente por elevação da tensão através do ajuste fino para tensão contínua até que a direção da agulha da bússola coincida com as marcações de  $5^\circ$  da escala em anel. Anotar o ângulo de desvio  $\beta = 5^\circ$  na Tab. 1. Ler a corrente  $I$  no multímetro e também anotar na Tab. 1.
- Elevar a corrente gradativamente até que o ângulo de desvio aumente para  $\beta = 75^\circ$  em etapas de  $5^\circ$ . Anotar o ângulo de desvio e a corrente respectivamente na Tab. 1. Caso o ajuste fino da tensão contínua esteja no máximo, elevar a corrente através da diminuição da resistência por meio do resistor ajustável.

### Determinação da inclinação $\alpha$

- Girar o inclinatório com a roda de forma que o plano da escala em anel e a agulha da bússola esteja paralelo à área de apoio.

Assim, a agulha da bússola se orienta sempre ao longo do componente horizontal do campo magnético da terra.

- Girar o inclinatório na placa de base de forma que as marcações de  $0^\circ$  da escala em anel correspondam à direção da agulha da bússola.
- Girar o inclinatório com a roda de forma que o plano da escala em anel e a agulha da bússola esteja perpendicular à área de apoio.
- Esperar até que a agulha da bússola esteja em repouso.
- Ler o ângulo de inclinação  $\alpha_1$  na escala em anel do inclinatório e anotar na Tab. 2.
- Girar o inclinatório na roda em  $180^\circ$ .
- Esperar até que a agulha da bússola esteja em repouso.
- Ler o ângulo de inclinação  $\alpha_2$  na escala em anel do inclinatório e anotar na Tab. 2.

### EXEMPLO DE MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO

Tab. 1: Ângulo de desvio  $\beta$ , correntes ajustadas  $I$  e campos magnéticos  $B_{HH}$  das bobinas de Helmholtz calculados com a equação (5).

$\beta$	$I / \text{mA}$	$B_{HH} / \mu\text{T}$
5°	2,37	1,79
10°	5,16	3,90
15°	8,00	6,05
20°	10,1	7,63
25°	13,9	10,51
30°	17,3	13,08
35°	21,5	16,25
40°	25,2	19,05
45°	30,3	22,90
50°	36,7	27,74
55°	43,0	32,50
60°	52,6	39,76
65°	67,2	50,80
70°	84,1	63,57
75°	114,0	86,17

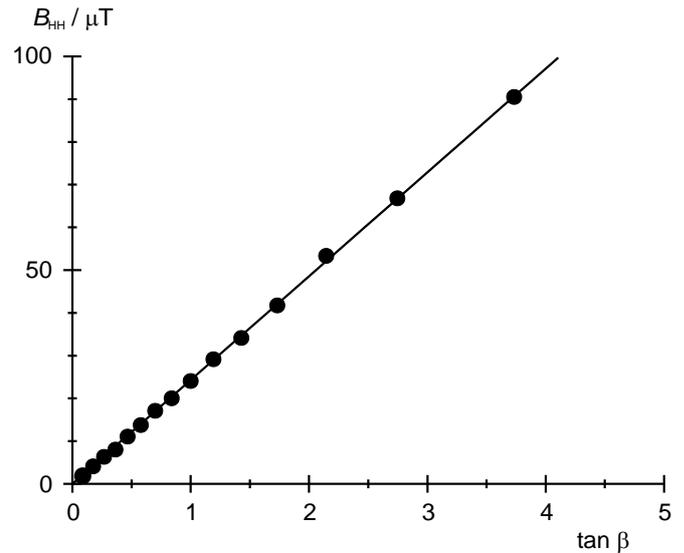


Fig. 3: Diagrama  $B_{HH} - \tan\alpha$  para determinação do componente horizontal do campo magnético terrestre.

- Aplicar o campo magnético  $B_{HH}$  contra  $\tan\beta$  em um diagrama e adaptar uma reta (Fig. 2).
  - Determinar o componente horizontal  $B_h$  diretamente a partir da inclinação da reta.
- (6)  $B_h = 23 \mu\text{T}$

Tab. 2: Inclinação  $\alpha$  determinada pela média dos dois valores de medição  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ .

$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$
65°	56°	60,5°

#### Determinação do componente vertical $B_v$ a partir da inclinação $\alpha$

- Determinar a inclinação  $\alpha$  a partir da média dos dois valores de medição  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  (Tab. 2) e anotar na Tab. 2.
  - Determinar o componente vertical com auxílio da fórmula (1).
- (7)  $B_v = B_h \cdot \tan \alpha = 23 \mu\text{T} \cdot \tan 60,5^\circ = 41 \mu\text{T}$

#### Determinação do componente horizontal $B_h$

De (3), conclui-se:

$$(4) B_{HH} = B_h \cdot \tan\beta$$

O componente horizontal  $B_h$  é, portanto, a inclinação de uma reta de origem através dos pontos de medição em um diagrama  $B_{HH} - \tan\alpha$ .

O campo magnético  $B_{HH}$  do par de bobinas de Helmholtz pode ser determinado facilmente. Ele é muito homogêneo no interior do par de bobinas e proporcional à potência da corrente  $I$  através de uma única bobina:

$$(5) B_{HH} = k \cdot I \text{ com}$$

$$k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R}$$

$N = 124$ : Número de espiras

$R = 147,5 \text{ mm}$ : Raio

- Calcular o campo magnético do par de bobinas de Helmholtz  $B_{HH}$  para todas as correntes ajustadas  $I$  (Tab. 1) com a fórmula (5) e anotar na Tab. 1.

#### Determinação do valor total

- Determinar o valor total do campo magnético da terra  $B$  com auxílio da fórmula (2).

$$(8) B = \sqrt{(23 \mu\text{T})^2 + (41 \mu\text{T})^2} = 47 \mu\text{T}$$

Os valores determinados a partir da medição conferem com os valores de literatura para a Europa central  $B_h = 20 \mu\text{T}$  e  $B_v = 44 \mu\text{T}$

