

Campo magnético de uma bobina cilíndrica

DETERMINAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DE BOBINAS CILÍNDRICAS DE DIFERENTES COMPRIMENTOS.

- Determinação da densidade do fluxo magnético B em uma bobina cilíndrica em dependência da intensidade da corrente I .
- Medição da densidade do fluxo magnético B em uma bobina cilíndrica com densidade de espiras variável em dependência da intensidade da corrente I .
- Confirmação da proporcionalidade em relação à densidade das espiras para grandes comprimentos.

UE3030500

10/15 UD

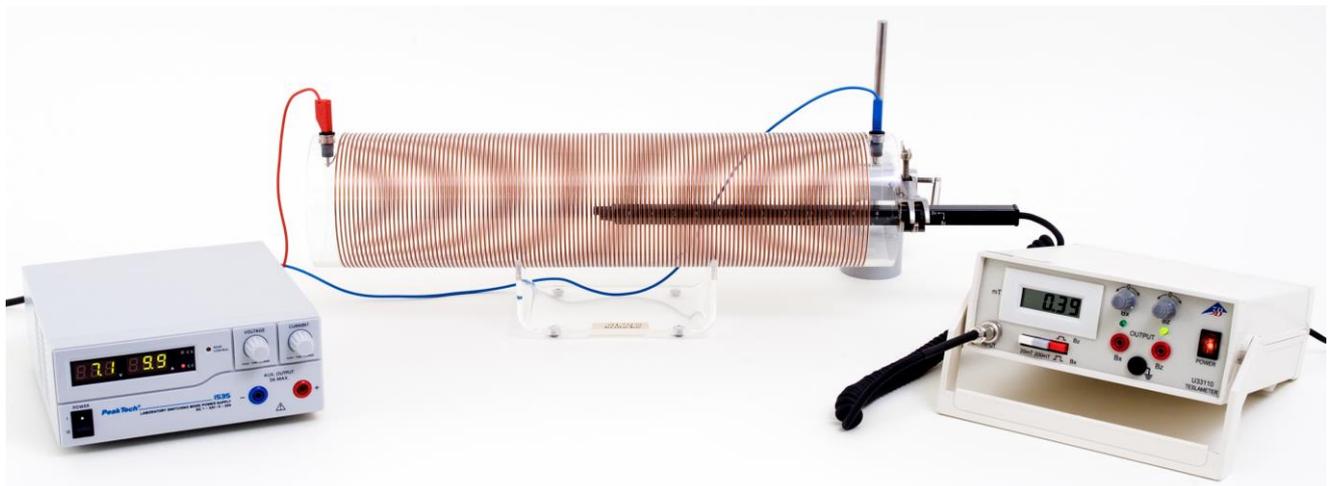


Fig. 1: Disposição de medição.

FUNDAMENTOS GERAIS

A lei de Biot-Savart descreve a relação entre a densidade de fluxo magnético B e a corrente elétrica I através de um condutor de geometria variável. São calculados os valores de pedaços infinitesimalmente pequenos do condutor em relação à densidade total de fluxo magnético. Todo o campo é calculado através da integração pela geometria do condutor. Em alguns casos, por exemplo, uma bobina cilíndrica longa, é possível indicar uma solução analítica simples.

Um pedaço infinitesimal de condutor ds transpassado por uma corrente I , gera, de acordo com Biot-Savart, no local r a densidade de fluxo magnético

$$(1) \quad dB(r) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot ds \times r}{4\pi r^3}$$

B : Densidade de fluxo magnético

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

No interior da bobina cilíndrica, a densidade do fluxo magnético é disposta paralelamente ao eixo do cilindro e totaliza

$$(2) \quad B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$$

N : Número de espiras, L : Comprimento da bobina

enquanto o comprimento da bobina for substancialmente maior que seu raio. A densidade de fluxo magnético é, portanto, independente do diâmetro da bobina e proporcional à densidade de espiras, ao número de espiras por unidade de comprimento e à corrente que atravessa a bobina.

Na experiência, a densidade do fluxo magnético é medida no centro de bobinas longas com um teslâmetro axial a correntes de até 20 A. São comprovadas a independência do diâmetro da bobina, assim como a proporcionalidade em relação à corrente e à densidade de espiras. Para esta última, uma bobina com densidade variável de espiras está à disposição.

LISTA DE APARELHOS

1	Bobina de campo, 100 mm	U12252	1000591
1	Bobina de campo, 120 mm	U12253	1000592
1	Bobina com densidade de espiras variável	U8496175	1000965
1	Suporte para bobinas cilíndricas	U8496150	1000964
1	Teslâmetro	U33110	1003313/4
1	Fonte de alimentação DC 1 – 32 V, 0 – 20 A	U11827	1012857/8
1	Conjunto de cabos para experiências 2,5 mm ²	U13801	1002841
1	Base em tonel, 1000 g	U13265	1002834
1	Vara de apoio, 250 mm	U15001	1002933
1	Manga universal	U13255	1002830
1	Fixador universal	U13261	1002833

MONTAGEM E EXECUÇÃO

Orientação:

A experiência é realizada, como exemplo, para a bobina de campo 100 mm (diâmetro $D = 10$ cm).

- Montar disposição de medição conforme Fig. 1.
- Conectar a bobina de campo com $D = 10$ cm na saída traseira 0 - 20 A da fonte de alimentação DC. Ainda não ligar a fonte de alimentação DC.
- Posicionar a sonda de campo magnético com auxílio do material de suporte de tal forma que a sonda Hall axial (Fig. 2) se encontre exatamente no centro da bobina.

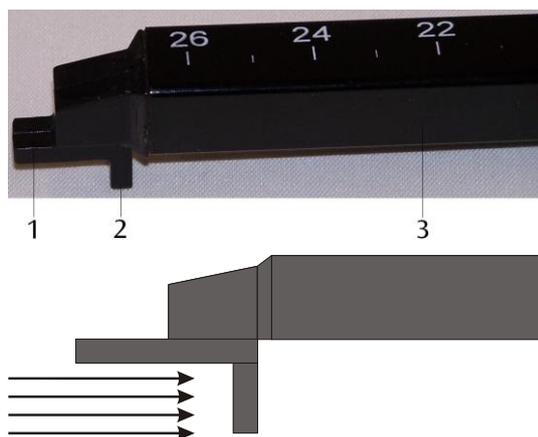


Fig. 2: Em cima: Sonda de campo magnético, 1 sonda de Hall tangencial (Sentido z), sonda de Hall axial de (Sentido x), 3 portador. Em baixo: Medição de campos magnéticos axiais.

Com a sonda Hall axial, o componente da indução magnética B é medido ao longo do eixo da sonda. Se o campo B indicar a direção do eixo da sonda (Fig. 2 em baixo), o valor indicado é positivo, em caso de orientação invertida, ele é negativo.

- Conectar a sonda de campo magnético no conector para a sonda de campo magnético do teslâmetro (Fig. 3).

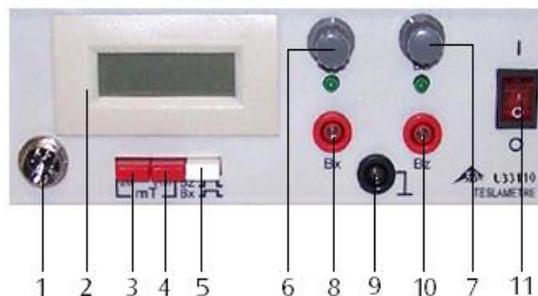


Fig. 3: Elementos de operação do teslâmetro:

- 1 Tomada de conexão para a sonda de campo magnético
- 2 Display digital
- 3 Seletor da faixa de medição 20 mT
- 4 Seletor da faixa de medição 200 mT
- 5 Seletor do modo de medição axial (B_x) e tangencial (B_z)
- 6 Ajustador de ponto zero B_x com indicador de operação LED
- 7 Ajustador de ponto zero B_z com indicador de operação LED
- 8 Tomada de saída do modo de medição B_x
- 9 Tomada de massa
- 10 Tomada de saída do modo de medição B_z
- 11 Interruptor ligar/ desligar

- Ligar o teslâmetro, selecionar a faixa de medição 20 mT e ajustar o seletor de modo de medição para axial (B_x).
- Realizar ajuste do ponto zero. Para isto, girar o ajustador de ponto zero B_x até que apareça zero ou o menor valor possível no campo de indicação.
- Ligar a fonte de alimentação DC, elevar a corrente em intervalos de 1 A de 0 até 20 A, a cada etapa, ler a densidade do fluxo magnético B_x e anotar junto com a corrente ajustada I na Tab. 1.

Orientação de segurança:

- Somente aplicar correntes $10 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$ por pouco tempo!
- Substituir bobina de campo com $D = 10$ cm pela bobina de densidade de espiras variável (Fig. 4).
- Ajustar os comprimentos de bobina $L = 7, 12, 17, 22, 27$ e 32 cm simetricamente ao centro da bobina e repetir a série de medições descrita acima para cada comprimento de bobina. Anotar todos os valores na Tab. 2.

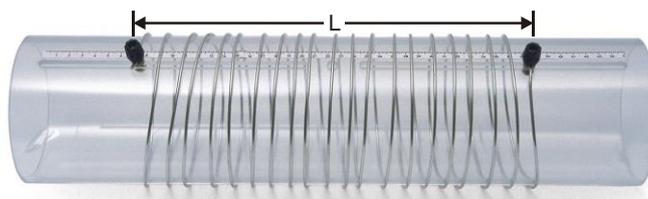


Fig. 4: Bobina com densidade de espiras variável.

Orientação:

Como opção, a bobina pode ser apoiada em suas respectivas extremidades em dois suportes 1000964. Assim, ela não precisa ser retirada do suporte para cada ajuste de comprimento e a sonda de campo magnético não precisa ser reposicionada a cada vez.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tab. 1: Densidade de fluxo magnético B em dependência da corrente I pela bobina de campo com $D = 10$ cm.

I / A	B / mT
0	0,00
1	0,31
2	0,62
3	0,93
4	1,24
5	1,55
6	1,85
7	2,17
8	2,47
9	2,78
10	3,10
11	3,41
12	3,72
13	4,03
14	4,34
15	4,65
16	4,96
17	5,27
18	5,58
19	5,90
20	6,21

Tab. 2: Densidade do fluxo magnético B em dependência da corrente I para diferentes comprimentos de bobina L .

I / A	B / mT					
	$L = 7$ cm	$L = 12$ cm	$L = 17$ cm	$L = 22$ cm	$L = 27$ cm	$L = 32$ cm
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,29	0,26	0,20	0,17	0,14	0,12
2	0,58	0,52	0,40	0,34	0,27	0,23
3	0,88	0,78	0,60	0,51	0,41	0,36
4	1,18	1,04	0,80	0,68	0,55	0,47
5	1,48	1,30	1,00	0,85	0,68	0,60
6	1,78	1,56	1,20	1,02	0,83	0,72
7	2,07	1,84	1,40	1,19	0,97	0,84
8	2,37	2,12	1,61	1,36	1,10	0,96
9	2,67	2,37	1,81	1,53	1,25	1,08
10	2,96	2,66	2,01	1,70	1,38	1,20
11	3,26	2,93	2,21	1,88	1,52	1,32
12	3,56	3,20	2,42	2,05	1,67	1,45
13	3,86	3,46	2,62	2,22	1,80	1,57
14	4,17	3,74	2,83	2,39	1,94	1,70
15	4,47	4,02	3,04	2,57	2,08	1,81
16	4,77	4,28	3,24	2,73	2,23	1,94
17	5,07	4,59	3,45	2,91	2,36	2,06
18	5,38	4,86	3,65	3,08	2,51	2,19
19	5,66	5,15	3,85	3,26	2,65	2,31
20	5,96	5,44	4,06	3,43	2,79	2,43

AValiação

- Representar os valores de medição da Tab. 1 em um diagrama $B(I)$ (Fig. 5).

A proporcionalidade esperada conforme a fórmula (2) da densidade de fluxo magnético B em relação à corrente I através da bobina resta confirmada.

Orientação:

Através de uma medição correspondente com a bobina de campo 120 mm ($D = 12$ cm), pode ser demonstrado que a proporcionalidade da densidade do fluxo magnético B em relação à corrente I pela bobina é independente do diâmetro da bobina.

- Representar os valores de medição da Tab. 2 em um diagrama $B(I)$ com os diferentes comprimentos de bobina L como parâmetro (Fig. 6).

A proporcionalidade esperada conforme a fórmula (2) da densidade de fluxo magnético B em relação à corrente I através da bobina resta confirmada para todos os comprimentos de bobina.

As inclinações das retas diminuem por conta da proporcionalidade inversa da densidade do fluxo magnético B em relação

ao comprimento da bobina L com aumento do comprimento da bobina.

- A partir dos diferentes comprimentos L e do número de espiras $N = 30$ da bobina com número variável de espiras, calcular a densidade das espiras N/L e anotar os valores na Tab. 3.
- Assumir a densidade de fluxo magnético B com $I = 20$ A para as densidades de espiras calculadas da Tab. 2 e anotar na Tab. 3.
- Representar os valores de medição da Tab. 3 em um diagrama $B(N/L)$ (Fig. 7).
- A proporcionalidade em relação à densidade das espiras se confirma enquanto o comprimento da bobina foi maior que o triplo do raio da bobina. O diâmetro da bobina com densidade variável de espiras é de $D = 10$ cm.

Tab. 3: Densidade do fluxo magnético B em dependência da densidade de espiras N/L com $I = 20$ A. Número de espiras $N = 30$.

L / cm	$N/L / 1/\text{cm}$	B / mT
7	4,29	5,96
12	2,50	5,44
17	1,76	4,06
22	1,36	3,43
27	1,11	2,79
32	0,94	2,43

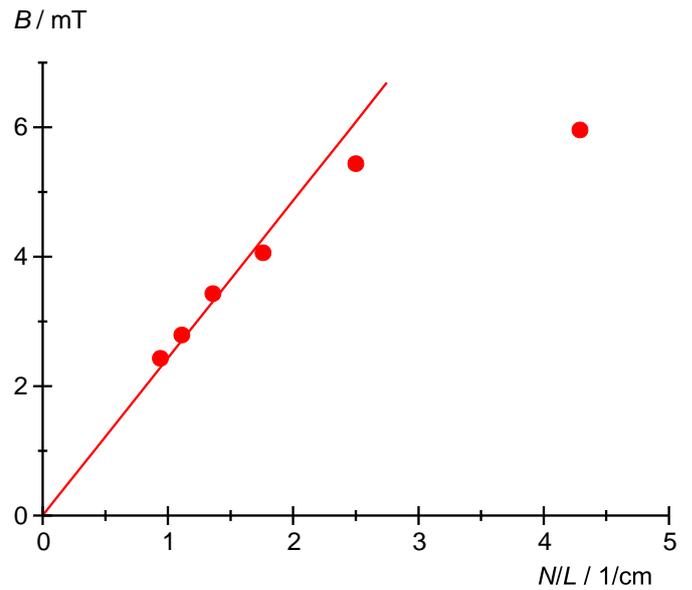


Fig. 7: Densidade do fluxo magnético B em dependência da densidade de espiras N/L com $I = 20$ A.

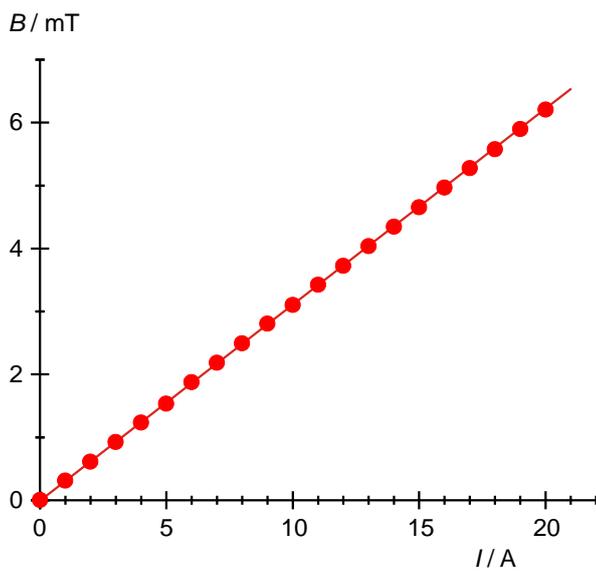


Fig. 5: Densidade de fluxo magnético B em dependência da corrente I pela bobina de campo com $D = 10$ cm.

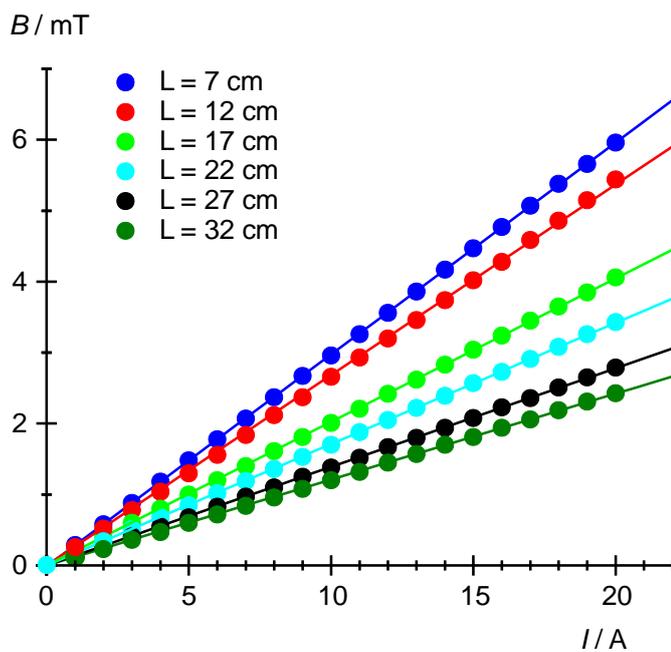


Fig. 6: Densidade do fluxo magnético B em dependência da corrente I para a bobina com densidade de espiras variável para diferentes comprimentos de bobina L .