**Universidade de Aveiro**

**Mecânica e Campos Eletromagnéticos**

# Autores:

* RAFAEL MATOS AMORIM Nº 98197
* JOAQUIM PEDRO GONÇALVES ANDRADE Nº 93432
* JOÃO RICARDO CIDRA FIGUEIREDO Nº 98506

Sumário

Os principais objetivos deste trabalho são essencialmente, calibrar uma sonda de efeito de Hall por meio de um solenóide padrão, medir o campo magnético ao longo do eixo de duas bobinas, estabelecer a configuração de Helmholtz e medir o campo magnético ao longo do eixo das respetivas bobinas e, por fim, verificar o princípio da sobreposição, deste modo, foram realizadas duas atividades experimentais.

Na parte A:

1. Calibração da sonda de Hall, as grandezas a serem medidas são a intensidade (que produz vários valores de campo magnético) e a tensão de Hall. Pretende-se obter uma reta em função

Na parte B:

1. Com a intensidade da corrente para 0,5 A, serão medidas a posição e a tensão para posteriormente se calcular o campo magnético e se observar o princípio da sobreposição. Com o auxílio da Parte A

No seguimento da concretização do trabalho foi fornecido vários documentos para uma melhor compreensão do que se havia de realizar nas aulas, consequentemente no relatório.

Os objetivos atingidos nas respetivas aulas foram:

1. A constante de calibração, cc: 0,031779955 T/V
2. O alcance máximo, = 1,195m, ou seja, o ângulo máximo é .

Introdução

Este relatório será posteriormente elaborado com recurso a toda a informação recolhida durante as aulas Prática Laboratoriais.

O conteúdo enquadra-se, relativamente, às aulas TP no EletroMagnetismo. Mais precisamente no:

Capítulo 3.6: Campo magnético: (Lei de Biot-Savart); Lei de Ampère.

Capítulo este, em que se estuda a produção de **campo magnético** a partir de correntes elétricas e para tal calcula-se através da Lei de *Biot-Savart* e de *Ampère*, no entanto, neste caso, em que o solenoide tem comprimento infinito é preferencial recorrermos à Lei de *Ampère*.

Sendo o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide, corrente que percorre o solenoide e a constante de permeabilidade magnética do vácuo .

Considera-se assim, esta expressão válida, pois o comprimento é muito superior do que o raio da bobine. Este enrolamento designa-se por **Solenoide Padrão**.

Contrariamente, as **Bobinas de Helmholtz** são constituídas por dois enrolamentos de raio muito superior ao comprimento, dando a entender que parecem mais anéis do que solenoides e desta forma no espaço entre as espiras é possível criar um campo magnético muito mais uniforme do que sem espaço entre eles.

Para o caso de duas bobinas apresentarem o mesmo raio e número de espiras, de estarem coaxiais (coligadas), de terem a distância entre si igual à dos raios e, ainda, de serem percorridas por iguais correntes com o mesmo sentido. Definindo os eixos x e y com a origem no ponto médio entre as 2 bobinas e alinhado com o centro das espiras, permite-nos calcular o campo magnético centrado em x = 0, criado por bobinas a partir da expressão do campo magnético no eixo de um anel de corrente.

Prevê-se que o campo magnético atinge o seu valor máximo, , na origem dos eixos definido pelas bobinas, considerando o campo total resultante da soma dos campos de cada bobina (B1+B2).

[??TIRAR??] Analisando a variação do valor de BH ao longo da secção, pode, ainda, concluir-se que o valor de BH não é inferior a 95% de , sendo, em 60% dessa mesma secção, superior a 99% de . [??TIRAR??]

Considerando um bloco de um semicondutor percorrido por uma corrente , e colocado num campo magnético, os portadores de carga vão necessariamente sentir o efeito da força magnética dada pela expressão da **Força de Lorentz**: , os portadores acumulam-se na face inferior do semicondutor, originando campo elétrico, , estes ficam então sujeitos a uma força, .

Na situação de equilíbrio as forças igualam-se, , o que permite calcular a diferença de potencial que se originou entre as 2 faces do semicondutor, designa-se assim por **Tensão de Hall.**

A **Tensão de Hall** mede-se segundo:

A tensão de Hall é proporcional à corrente de Hall que percorre o material e à intensidade do campo magnético.

Por fim, para medir campos magnéticos com a sonda de Hall, é preciso calibrá-la para determinar a constante de proporcionalidade entre , isto é, CC (**Constante de Calibração**).

Desenvolvimento Experimental

Parte A – Calibração da sonda de Hall

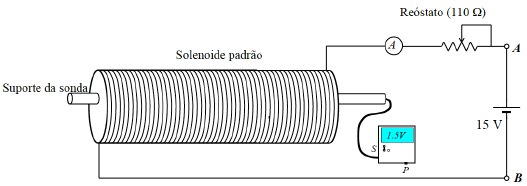
Um dos erros experimentais implícitos nesta parte é o erro da paralaxe, isto é, quando fizemos as nossas medidas colocámo-nos sempre perpendicularmente ao ponto que se encontrava a ser medido.

Uma imagem com interior, mesa, sentado, secretária

Descrição gerada automaticamenteMaterial utilizado:

* Fonte de alimentação simétrica;
* Reóstato;
* Medidor para o Efeito de Hall;
* Multímetros;
* Solenoide;
* Sonda;
* Cabos (interligações de componentes).

Nesta figura 2 está um exemplo de uma porta do sensor fotoelétrico ESTA IMAGEM É PARA DEPOIS TROCAR

Metodologia:

1. Fechou-se o circuito de forma a passar corrente elétrica na sonda. Para tal, teve-se de ligar, respetivamente, os terminais da sonda e o voltímetro, à entrada e à saída do amplificador.

[[[[Registar o comprimento do solenoide (23 cm);]]]]]

1. Registou-se o valor de N/L, cujo foi fornecido pelo professor correspondendo em +/- 60 espiras;
2. Verificou-se, se o campo magnético permanecia nulo, se não, anulava-se a tensão residual atuando no potenciómetro.

[[[[Registar os vários pontos do solenoide de acordo com o seu comprimento

(=0 cm, =11,5cm e =23 cm);]]]]]]]

1. Inserir a sonda no solenoide de modo a que a mesma se encontre num ponto do eixo que minimize a aproximação de solenoide infinito ();
2. Os multímetros foram regulados para medir a intensidade e a tensão;
3. Variou-se a resistência de modo a que seja possível recolher dados para a observação da relação entre a tensão e intensidade;
4. Registar todos os valores obtidos.

Cálculos:

Antes demais temos que determinar o declive da função entre a tensão de Hall e a Intensidade do Solenoide que por sua vez permite a Constante de Calibração, cuja será precisa, posteriormente para a Parte B como valor exato.

|  |  |
| --- | --- |
| **Tensão ()** | **Intensidade do Solenoide,** |
| 0,001 | 0,01 |
| 0,0035 | 0,03 |
| 0,006 | 0,05 |
| 0,0098 | 0,07 |
| 0,0116 | 0,09 |
| 0,0142 | 0,11 |
| 0,0173 | 0,13 |
| 0,0201 | 0,15 |
| 0,0232 | 0,17 |
| 0,0257 | 0,19 |
| 0,0288 | 0,21 |
| 0,0313 | 0,23 |
| 0,0338 | 0,25 |

|  |  |
| --- | --- |
| 0,037 | 0,27 |
| 0,0396 | 0,29 |
| 0,0418 | 0,31 |
| 0,0449 | 0,33 |
| 0,0485 | 0,35 |
| 0,0505 | 0,37 |
| 0,0533 | 0,39 |
| 0,0562 | 0,41 |
| 0,0593 | 0,43 |
| 0,0618 | 0,45 |
| 0,0645 | 0,47 |
| 0,0667 | 0,49 |
| 0,07 | 0,51 |
| 0,0738 | 0,53 |
| 0,0755 | 0,55 |
| 0,0785 | 0,57 |

Tabela 1: Correspondência entre a Intensidade e a tensão de Hall

Gráfico para adquirir o declive entre Tensão de Hall e a Intensidade

Continuação dos Cálculos:

A constante de calibração, cc é:

T/V

Acompanhada com o seu respetivo erro:

Tendo como dados que o erro do amperímetro, A, o erro do número de espiras, espiras e o erro do Voltímetro, temos, portanto, que o erro da calibração é:

(T/V)

Com estes dados resolve-se o erro relativo:

Parte B – Verificação do princípio da sobreposição para o campo magnético

Material utilizado:

* Fonte de alimentação;
* Reóstato;
* Multímetros;
* Bobinas;
* Sonda;
* Cabos;
* Medidor Efeito Hall

**Procedimento:**

1. Medição do raio das bobinas e dispor as bobinas afastadas pelo mesmo (configuração de Helmholtz) registando a posição das bobinas.
2. O circuito, que já se encontrava parcialmente montado, consistia na montagem de um circuito-série com a fonte, o reóstato (ajustado para 0,5A), o amperímetro e de uma das bobinas, de acordo com o esquema de montagem da figura 3.
3. Utilizando agora a sonda, centímetro a centímetro, retiramos os valores do campo magnético, registando a posição da mesma e a tensão de Hall nessa mesma posição.
4. Repetimos o procedimento acima com a outra bobina e, de seguida, com as duas bobinas em série.

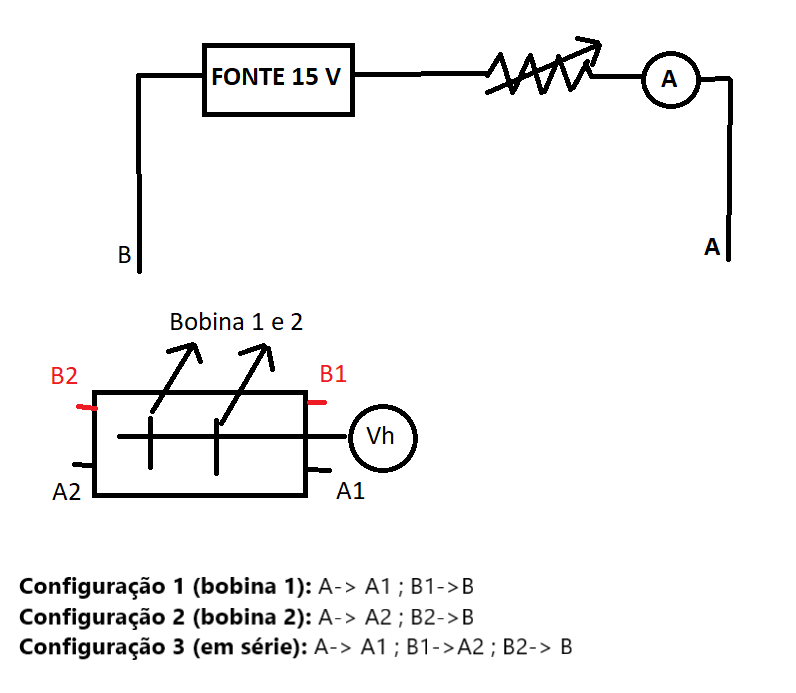


Figura 3 – Esquema da montagem da parte B

Procedimento (com metodologia utilizada para minimizar/controlar erros):

Análise e Tratamento de Dados

Raio das bobinas = 0,043 ± 0.0005 m

Para este valor de raio das bobinas conseguimos obter os seguintes valores para a tensão da bobina 1, bobina 2 e bobina 1 + bobina 2

\*o alcance corresponde à média dos 3 lançamentos em cada grau.

Tabela 1 – Medição do alcance e do ângulo

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Posição(m) ± 0.05 (m) | Tensão da bobina 1 (V) | Tensão da bobina 2 (V) | Tensão da bobina 1 + bobina 2 (V) |
| 0 | 0,0035 | 0,0044 | 0,0046 |
| 0,01 | 0,0035 | 0,0044 | 0,0046 |
| 0,02 | 0,0037 | 0,0045 | 0,0049 |
| 0,03 | 0,0036 | 0,0045 | 0,0049 |
| 0,04 | 0,0036 | 0,0045 | 0,005 |
| 0,05 | 0,0036 | 0,0045 | 0,005 |
| 0,06 | 0,0036 | 0,0046 | 0,0051 |
| 0,07 | 0,0036 | 0,0046 | 0,0051 |
| 0,08 | 0,0037 | 0,0046 | 0,0052 |
| 0,09 | 0,0038 | 0,0046 | 0,0053 |
| 0,1 | 0,0039 | 0,0046 | 0,0055 |
| 0,11 | 0,0041 | 0,0048 | 0,0056 |
| 0,12 | 0,0041 | 0,0047 | 0,0058 |
| 0,13 | 0,0044 | 0,0048 | 0,0061 |
| 0,14 | 0,0046 | 0,0048 | 0,0063 |
| 0,15 | 0,0048 | 0,0049 | 0,0068 |
| 0,16 | 0,0052 | 0,005 | 0,0073 |
| 0,17 | 0,0055 | 0,0051 | 0,0078 |
| 0,18 | 0,0061 | 0,0055 | 0,0088 |
| 0,19 | 0,0067 | 0,0056 | 0,0099 |
| 0,2 | 0,0078 | 0,0058 | 0,0115 |
| 0,21 | 0,0092 | 0,006 | 0,0138 |
| 0,22 | 0,0111 | 0,0064 | 0,017 |
| 0,23 | 0,0141 | 0,0069 | 0,0223 |
| 0,24 | 0,0184 | 0,0075 | 0,0284 |
| 0,25 | 0,0241 | 0,0085 | 0,0378 |
| 0,26 | 0,0318 | 0,0098 | 0,0493 |
| 0,27 | 0,0425 | 0,0117 | 0,06 |
| 0,28 | 0,0527 | 0,0143 | 0,0655 |
| 0,29 | 0,0583 | 0,0182 | 0,0652 |
| 0,3 | 0,0548 | 0,024 | 0,061 |
| 0,31 | 0,045 | 0,0324 | 0,0587 |
| 0,32 | 0,0342 | 0,042 | 0,0607 |
| 0,33 | 0,0248 | 0,0531 | 0,0662 |
| 0,34 | 0,0186 | 0,0572 | 0,0697 |
| 0,35 | 0,0143 | 0,0514 | 0,0593 |
| 0,36 | 0,0115 | 0,0384 | 0,0443 |
| 0,37 | 0,0095 | 0,0281 | 0,0311 |
| 0,38 | 0,0081 | 0,0209 | 0,0226 |
| 0,39 | 0,0071 | 0,0158 | 0,0173 |
| 0.40 | 0,0064 | 0,0126 | 0,0136 |

Figura 5 – Tensão em função da distância.

Tendo o CC sido calculado previamente, agora somos capazes de calcular o campo magnético usando a seguinte fórmula:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Posição (T) | Campo Bobina 1 (T) | Campo Bobina 2 (T) | Campo Bobina 1 + Bobina 2 (T) |
| 0 | 0,000111 | 0,00014 | 0,000251062 |
| 0,01 | 0,000111 | 0,00014 | 0,000251062 |
| 0,02 | 0,000118 | 0,000143 | 0,000260596 |
| 0,03 | 0,000114 | 0,000143 | 0,000257418 |
| 0,04 | 0,000114 | 0,000143 | 0,000257418 |
| 0,05 | 0,000114 | 0,000143 | 0,000257418 |
| 0,06 | 0,000114 | 0,000146 | 0,000260596 |
| 0,07 | 0,000114 | 0,000146 | 0,000260596 |
| 0,08 | 0,000118 | 0,000146 | 0,000263774 |
| 0,09 | 0,000121 | 0,000146 | 0,000266952 |
| 0,1 | 0,000124 | 0,000146 | 0,00027013 |
| 0,11 | 0,00013 | 0,000153 | 0,000282842 |
| 0,12 | 0,00013 | 0,000149 | 0,000279664 |
| 0,13 | 0,00014 | 0,000153 | 0,000292376 |
| 0,14 | 0,000146 | 0,000153 | 0,000298732 |
| 0,15 | 0,000153 | 0,000156 | 0,000308266 |
| 0,16 | 0,000165 | 0,000159 | 0,000324156 |
| 0,17 | 0,000175 | 0,000162 | 0,000336868 |
| 0,18 | 0,000194 | 0,000175 | 0,000368647 |
| 0,19 | 0,000213 | 0,000178 | 0,000390893 |
| 0,2 | 0,000248 | 0,000184 | 0,000432207 |
| 0,21 | 0,000292 | 0,000191 | 0,000483055 |
| 0,22 | 0,000353 | 0,000203 | 0,000556149 |
| 0,23 | 0,000448 | 0,000219 | 0,000667379 |
| 0,24 | 0,000585 | 0,000238 | 0,000823101 |
| 0,25 | 0,000766 | 0,00027 | 0,001036027 |
| 0,26 | 0,001011 | 0,000311 | 0,001322046 |
| 0,27 | 0,001351 | 0,000372 | 0,001722474 |
| 0,28 | 0,001675 | 0,000454 | 0,002129257 |
| 0,29 | 0,001853 | 0,000578 | 0,002431167 |
| 0,3 | 0,001742 | 0,000763 | 0,00250426 |
| 0,31 | 0,00143 | 0,00103 | 0,002459769 |
| 0,32 | 0,001087 | 0,001335 | 0,002421633 |
| 0,33 | 0,000788 | 0,001688 | 0,002475659 |
| 0,34 | 0,000591 | 0,001818 | 0,002408921 |
| 0,35 | 0,000454 | 0,001633 | 0,002087943 |
| 0,36 | 0,000365 | 0,00122 | 0,00158582 |
| 0,37 | 0,000302 | 0,000893 | 0,001194926 |
| 0,38 | 0,000257 | 0,000664 | 0,000921619 |
| 0,39 | 0,000226 | 0,000502 | 0,000727761 |
| 0,4 | 0,000203 | 0,0004 | 0,000603819 |

Figura 6 – Campo magnético em função da distância

Tendo a experiência sido realizada, agora temos a capacidade de calcular o número de espiras visto que conhecemos o valor do campo magnético teórico e prático.

O valor do campo magnético prático, , é obtido através do cálculo da média dos valores de campo magnético registados, já o valor teórico, , é obtido através da seguinte fórmula:

Este valor representa o campo magnético para uma espira.

**Possíveis fontes de erro**: Podemos atribuir os dois máximos (ao invés de apenas um, que seria o ideal) no gráfico, por erros humanos, em particular erros na medida do raio da bobina, falhando a configuração de Helmholtz e afastando as bobinas em demasia. Também podem ser atribuídos erros à não estabilização da sonda ao longo do eixo das bobinas, sendo que a mesma rodava e pode ter criado algumas oscilações nos resultados.

Conclusão

Nem todos os objetivos foram concluídos nestes experimentos, ou seja, na parte A obtivemos a constante de calibração, tal como esperado, no entanto, o erro relativo de 19,6%, devido aos fatores já explicados, implica que o experimento em si não possa ser considerado um sucesso. Na parte B

Os objetivos foram todos concluídos com sucesso, ou seja, na parte A garantimos que fossem efetuadas as equações do movimento para a velocidade inicial orientadas pelo guião, na parte B chegámos à conclusão que o nosso ângulo máximo correspondia a 38°, na parte C através do movimento do pêndulo obtivemos um resultado semelhante ao da Parte A, o que convenciona um bom resultado pois executando a sua relação é nos dado 7% de erro na precisão o que significa um bom trabalho tendo em conta que está abaixo de 10%. Todos os cálculos que fizemos foi sempre com um número de casas mais relevante para sermos mais precisos nas contas e finalmente no resultado respeitámos os algarismos significativos.