

INSTITUTO DE FÍSICA- UFBa

Março, 2003

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO

ESTRUTURA DA MATERIA I (FIS 101)

Roteiro elaborado por Newton Oliveira

### **EFEITO HALL**

#### **OBJETIVO DO EXPERIMENTO:**

A finalidade do experimento é estudar o efeito Hall determinando a constante Hall por unidade de espessura em uma célula Hall. A célula Hall será então calibrada para ser utilizada em medidas da indução magnética.

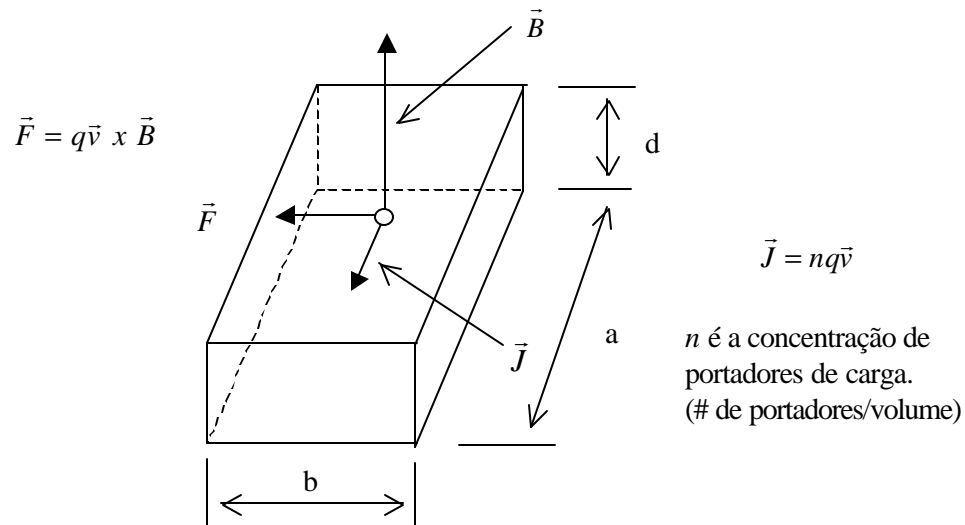
#### **MATERIAL:**

1. Eletroímã ( $I_{\max}$  1.5 A), com peças polares cilíndricas.
2. Fonte de alimentação CENCO 50 Vdc, 5 A.
3. Multiteste Minipa ET-2080, 0 - 20 A, DC (medida da corrente do imã).
4. Multiteste Minipa ET-2080, 0 - 400mA, DC (medida da corrente na célula Hall).
5. Multiteste Minipa ET-2080, 0 - 2Vdc (medida da tensão Hall)
6. Fonte de tensão ajustável SME.
7. Célula Hall.

#### **TEORIA DA MEDIDA:**

Consideremos um condutor na forma de uma barra de seção retangular conduzindo uma corrente elétrica  $I$ . Apliquemos um campo de indução magnética  $B$  perpendicular à densidade de corrente  $J$  conforme o desenho a seguir.

Os portadores de carga  $q$  que estão em movimento com uma velocidade de arraste  $v$  estarão sob efeito de uma força magnética que os deslocarão para a lateral do condutor, aumentando a concentração desses portadores nessa região. Essa maior concentração de cargas na lateral dá origem a um campo elétrico lateral conhecido como campo Hall ou  $E_H$ . Esse campo pode ser detectado pela medida da diferença de potencial que aparece entre as faces laterais do condutor, chamada de tensão Hall ou  $V_H$ .



Os portadores de carga não podem sair pela lateral do condutor. Portanto, na situação de equilíbrio, o campo Hall exerce uma força nos portadores de carga em movimento no sentido oposto à força magnética.

$$\vec{E}_H = -\vec{v} \times \vec{B}$$

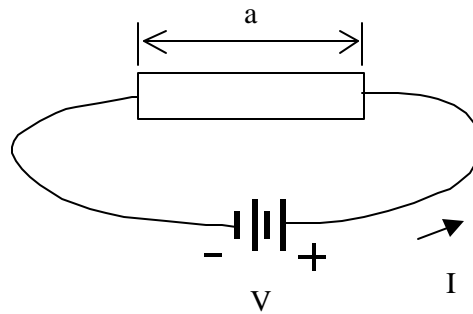
ou

$$\vec{E} = -\frac{1}{nq} \vec{J} \times \vec{B} = -R_H \vec{J} \times \vec{B}$$

onde  $R_H$  é definida como a constante Hall do material. A constante Hall pode ser determinada a partir das medidas da tensão Hall e da corrente que passa pelo semicondutor, sendo conhecida a espessura da barra e o valor da indução magnética pois,

$$E_H = \frac{V_H}{b} \quad e \quad J = \frac{I}{bd} \quad \therefore \quad R_H = \frac{V_H d}{IB}$$

A mobilidade,  $\mathbf{m}$ , dos portadores de carga é definida como a constante de proporcionalidade entre a velocidade de arraste dos portadores e o campo elétrico que os coloca em movimento, campo esse resultante da aplicação de uma diferença de potencial  $\mathbf{V}$  entre os extremos da barra ao longo da dimensão  $\mathbf{a}$ .



$$\vec{v} = m\vec{E} \quad \therefore \quad \frac{\vec{J}}{nq} = m\vec{E}$$

mas

$$J = \frac{I}{bd} \quad , \quad E = \frac{V}{a} \quad e \quad \frac{1}{nq} = R_H = \frac{V_H d}{IB}$$

portanto

$$\frac{I}{bd} \frac{V_H d}{IB} = m \frac{V}{a}$$

Vemos portanto que a mobilidade pode ser determinada pelas medidas das tensões, da indução magnética, do comprimento e largura da barra semicondutora. Ou seja a tensão Hall fornece uma medida direta da mobilidade.

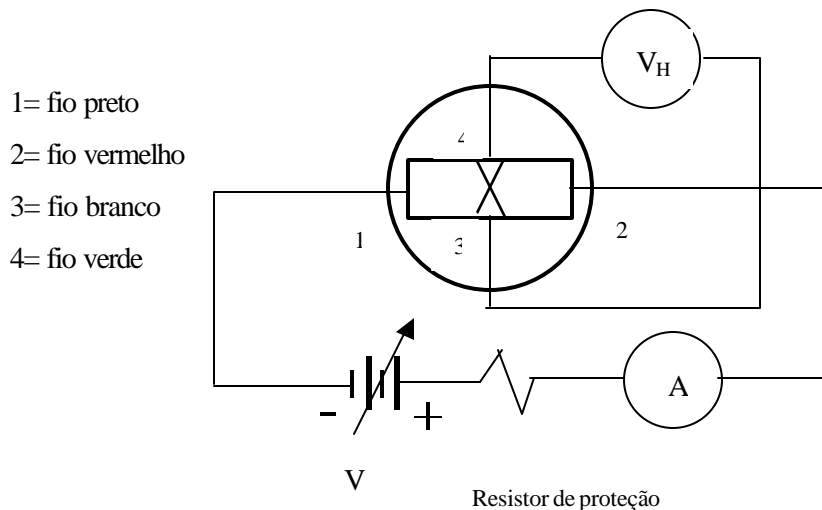
$$m = \frac{a V_H}{b VB}$$

È fácil verificar que a mobilidade está relacionada com a condutividade,  $\mathbf{s}$ , através da constante Hall,  $\mathbf{m} = R_H \mathbf{s}$  pois,

$$\vec{J} = \mathbf{s} \vec{E} \quad e \quad \vec{J} = \frac{1}{R_H} m \vec{E}$$

## MEDIDAS

A célula Hall que usaremos consiste em uma lâmina retangular fina, com espessura,  $\mathbf{d}$ , desconhecida, onde foram soldados eletrodos em pontos opostos nas laterais. Passaremos uma corrente elétrica entre os pontos 1 e 2 e mediremos a tensão Hall entre os pontos 3 e 4 conforme o diagrama a seguir.



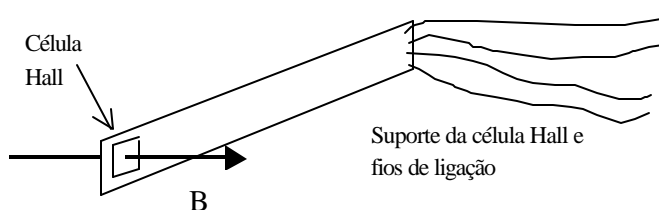
1- Inicialmente, com a célula Hall fora do campo magnético, meça a diferença de potencial Hall,  $V_H$ , para valores de corrente variando de 0mA a 8,0mA em incrementos de 0,5mA. Isso será obtido variando-se lentamente a diferença de potencial V na fonte ajustável. Use o botão de ajuste fino para maior exatidão na variação da tensão e da corrente. **Não ultrapasse 15mA.**

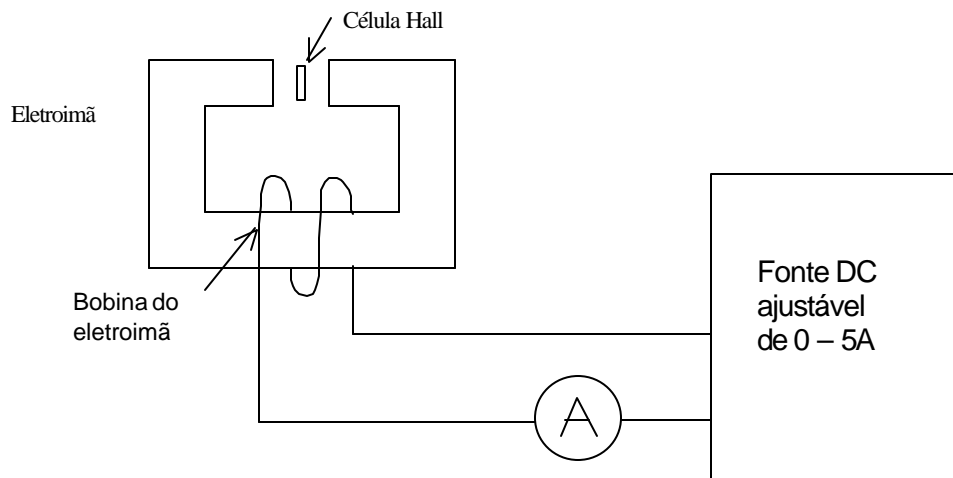
Essa diferença de potencial Hall é devida à imperfeição no posicionamento dos eletrodos ao longo das laterais da barra semicondutora. Um valor de tensão diferente de zero entre os pontos 3 e 4, na ausência de campo de indução magnética, significa que os eletrodos estão localizados em superfícies equipotenciais distintas.

Construa um gráfico da tensão Hall em função da corrente. Esse gráfico servirá para corrigir os valores da tensão Hall quando da aplicação do campo de indução magnética.

2- Introduza a célula Hall entre os pólos do eletroímã de modo que a face da célula fique perpendicular às linhas de campo (eixo do eletroímã). Centralize e fixe a célula nessa posição.

Atenção: Você deve utilizar o mesmo eletroímã que foi usado no experimento “Medidas de campos magnéticos” que foi realizado anteriormente a esse experimento. Será necessário conhecer o valor da intensidade da indução magnética em função da corrente que passa pela bobina do eletroímã. Portanto, reveja suas anotações.





Ligue a fonte do eletroímã e ajuste a corrente para 1A. Você manterá esse valor fixo para as medidas seguintes.

Ajuste a corrente na célula Hall para valores entre 0mA a 6,0mA com incrementos de 0,5mA e meça os valores da tensão Hall,  $V_H$ , correspondentes. Corrija a tensão Hall utilizando o gráfico de correção do item anterior, adicionando ou subtraindo a correção conforme for o caso para obter o valor corrigido  $V_H'$ .

Faça uma tabela que conste os valores das correntes, das tensões medidas e das tensões corrigidas.

Faça um gráfico da tensão Hall corrigida em função da corrente na célula. Determine a constante Hall por unidade de espessura,  $R_H/d$ , a partir do coeficiente de inclinação do gráfico. Lembre-se que o valor da indução magnética é conhecida.

A partir de agora você possui uma célula Hall calibrada que pode ser utilizada para medir valores de indução magnética desconhecidos. Exploraremos essa capacidade no próximo item.

3- Escolha 5 valores para a corrente do eletroímã,  $I_E$ , entre 0 e 2,0 A (excluindo 1,0 A). Para cada valor da corrente escolhida você vai medir as tensões Hall, e corrigi-las, para valores de corrente na célula Hall variando de 0mA a 6,0mA em incrementos de 0,5mA. Faça os gráficos das tensões Hall em função das correntes na célula para cada valor da corrente no eletroímã. As cinco retas podem ser traçadas em uma mesmo gráfico.

Determine agora o valor da indução magnética pela medida do coeficiente angular de cada reta correspondente a uma determinada corrente no eletroímã. Mostre o resultado em uma tabela onde deve constar o valor da indução magnética e a corrente no eletroímã.

Faça, agora, um gráfico da indução magnética em função da corrente no eletroímã. A curva obtida mostra o comportamento de saturação da magnetização do ferro do eletroímã. Observe que para pequenas correntes a relação entre a indução magnética e a corrente é praticamente linear.

Compare os valores da indução magnética em função da corrente medidos no experimento "Medidas de campos magnéticos" com os valores medidos nesse experimento.

**BIBLIOGRAFIA:**

Fisica, D. Halliday e R. Resnick, 4<sup>a</sup> ed. vol3  
Experiments in Modern Physics, Melissinos, A. C.