

FAP 2292

Experiência 4
Balança de Corrente
1^o semestre de 2010

Experiência 4

Balança de Corrente

Objetivos

- Estudar a força entre correntes elétricas;
- determinar o valor da permeabilidade magnética do vácuo, μ_0 ;
- medir o campo magnético de um ímã permanente.

Fazemos nossas medidas *no ar!* Medimos, na realidade, a permeabilidade magnética do ar. Entretanto, a diferença entre a permeabilidade magnética do ar e a permeabilidade magnética do vácuo é muito pequena e não é perceptível nos limites de acurácia desta experiência.

1 Fundamentos teóricos ◇

Uma corrente elétrica I percorrendo um fio de comprimento infinito (paralelo ao eixo z) gera um campo magnético dado pela lei de Ampère

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu I \quad \Rightarrow \quad \vec{B}(r) = \frac{\mu I}{2\pi r} \vec{e}_\varphi \quad (4.1)$$

onde μ é a permeabilidade magnética do meio, r é a distância do centro do fio ao ponto considerado e o versor \vec{e}_φ é tangente à circunferência centrada no fio que passa pelo ponto com o sentido dado pela regra da mão direita.

Se um segundo condutor, de comprimento L , for colocado paralelamente ao primeiro fio, e se estiver conduzindo uma corrente i , ele ficará sujeito a uma força eletromagnética

$$\vec{F} = Li\vec{e}_z \times \vec{B} = -\frac{\mu IiL}{2\pi r} \vec{e}_r \quad (4.2)$$

Se as correntes I e i tiverem o mesmo sentido, a força magnética será de atração, caso contrário, será de repulsão.

2 A balança de corrente

Um esquema simplificado da balança de corrente utilizada nesta experiência é mostrado na figura 4.1.

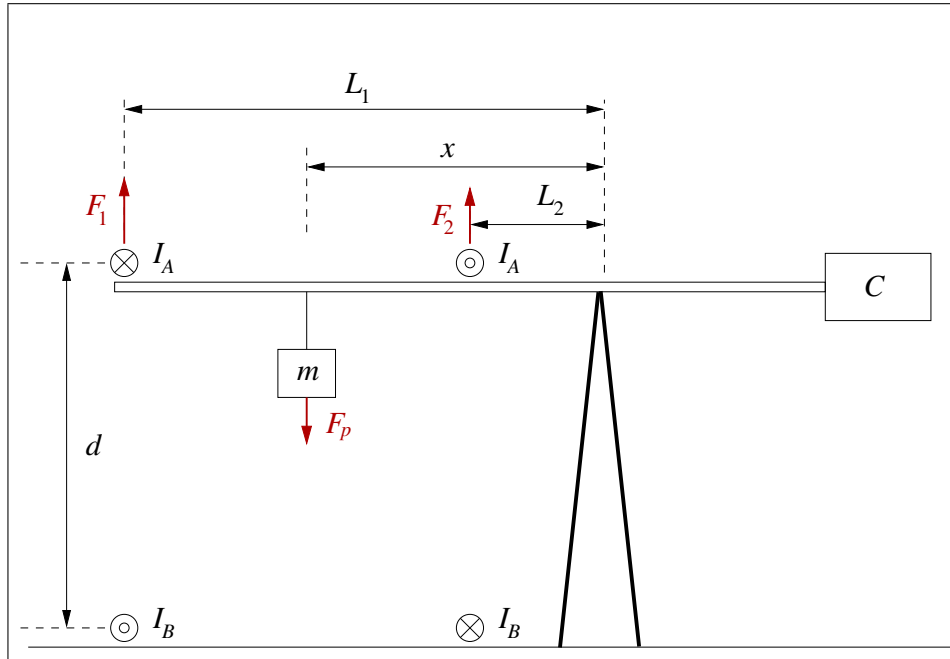


Figura 4.1: Neste esquema simplificado, vemos a balança em corte, onde a espira superior é percorrida pela corrente I_A e a espira estacionária percorrida pela corrente I_B . A espira móvel possui um massor (*cavaleiro*) identificado por m e um contrapeso C .

Um lado do braço da balança é composto por uma espira de fios finos por onde se faz passar uma corrente elétrica I_A . O peso dos fios é equilibrado por um contrapeso C , posicionado no lado oposto do braço.

Paralelamente à esta espira, existe uma segunda espira **fixa** em uma posição inferior. Fazendo passar uma corrente elétrica I_B por esta espira, com sentido oposto à corrente I_A , surgirá uma força de repulsão entre os fios e a balança tenderá a se desequilibrar. Um cavaleiro de peso $F_p = mg$, posicionado a uma distância x do eixo da balança, fará com que a balança se re-equilibre. Como nestas condições o momento da força peso é igual ao momento da força magnética, podemos determinar esta última.

3 Aspectos Experimentais

A nossa balança de corrente é construída de tal modo que a corrente que passa pela espira superior também passa pela espira inferior. Ambas espiras são constituídas de 39 fios paralelos de forma que $I_A = I_B = 39I$, onde I é a corrente em cada fio.

Vamos considerar a força de repulsão entre os segmentos das espiras perpendiculares ao braço da balança, localizados a distâncias L_1 e L_2 do eixo da balança (Fig.1). No equilíbrio, o momento da força peso é igual ao momento das forças magnéticas e, portanto:

$$F_1 \cdot L_1 + F_2 \cdot L_2 = F_p \cdot x \implies \frac{\mu(39I)^2 L}{2\pi d} \cdot (L_1 + L_2) = mgx, \quad (4.3)$$

já que

$$F_1 = F_2 = \frac{\mu(39I)^2 L}{2\pi d},$$

sendo d a distância entre as espiras. Dessa forma, obtemos uma expressão para a permeabilidade magnética μ em função do peso e posição do cavaleiro, das características geométricas das espiras, e da corrente que passa por elas

$$\mu = \frac{2\pi d m g}{1521 L (L_1 + L_2)} \frac{x}{I^2}. \quad (4.4)$$

A balança de corrente também pode ser usada para se determinar o campo magnético produzido por um ímã permanente. Para isso, basta substituir a espira inferior pelo ímã, e determinar a corrente na espira superior que equilibra a balança.

Supondo um pequeno ímã interagindo somente com o segmento da espira localizado em L_1 , a força magnética será:

$$F_1 = \ell(39I)B_{\text{ímã}},$$

onde ℓ é o comprimento da espira que está sujeito ao campo magnético, e pode ser aproximado pelo comprimento do ímã. Considerando o equilíbrio de torques, obtemos

$$F_1 \cdot L_1 = F_p \cdot x \Rightarrow B_{\text{ímã}} = \frac{m g x}{39 I \ell L_1}. \quad (4.5)$$