

II SEMINÁRIO ESTADUAL PIBID DO PARANÁ

Anais do Evento



Foz do Iguaçu | 23 e 24 | Outubro 2014

ISSN: 2316-8285

FORÇA MAGNÉTICA ENTRE ÍMÃS FINITOS

Fernando Sandi Pinto¹
Lorena Cristina Romero Palma²
Paulo Roberto Angélico³

Resumo: Didaticamente, principalmente em livros para o ensino médio, o estudo da força magnética é explicado pela interação de uma carga em movimento com um campo magnético externo. Problemas de interação entre dois materiais magnéticos (ímãs) ou entre um material magnético (ímã) e um material ferromagnético (ferro, cobalto e níquel) são muito complexos para serem abordados. Este trabalho apresenta um experimento que relaciona a interação entre dois ímãs e uma fórmula empírica para a definição da força magnética de repulsão em relação à distância entre dois ímãs finitos de forma simples, análoga à força de Coulomb.

Palavras-chave: Força Magnética. Ímã. Interação. Força de Coulomb.

Introdução

No estudo do eletromagnetismo, um conteúdo extremamente importante é o estudo do campo e força elétrica, apresentados pelo modelo entre cargas pontuais. De modo análogo e não menos importante, temos o estudo do campo e força magnética. Se tratando de força magnética, são conhecidos três tipos de interações onde é verificado este fenômeno: ímã-ímã; ímã e material ferromagnético; e carga em movimento sob a ação de um campo magnético externo.

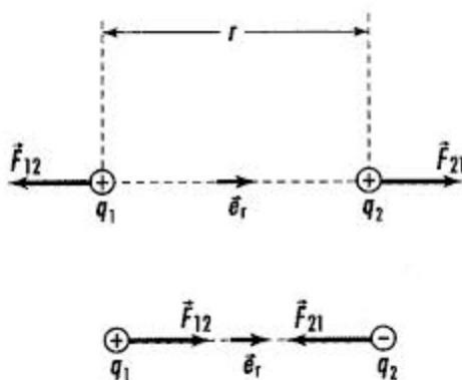
Devido à complexidade de cada tipo de estudo da força magnética, o único apresentado em forma de conteúdo para o ensino médio é o terceiro, que consiste na determinação da força magnética relacionada ao movimento da carga elétrica sob a ação de um campo magnético externo. As outras duas situações são estudos que abrangem conhecimentos de mecânica quântica e eletromagnetismo relativístico, do qual só é visto no ensino superior do curso de física.

Na didática para o ensino a nível médio, a força elétrica é abordada de uma maneira simplista, representada pela Lei de Coulomb, que pode ser facilmente explicada e representada através de experimentos e exemplos visíveis na natureza, como por exemplo, uma descarga elétrica. Esta lei apresenta a proporção da força com a distância (equação 1.1), relacionando a interação entre duas cargas pontuais, como na figura 1:

¹ Graduando em Física, Universidade Estadual de Londrina. Bolsista do Pibid. fernandospinto@outlook.com

² Graduanda em Física, Universidade Estadual de Londrina. Bolsista do Pibid. lorenacristina_92@hotmail.com

³ Colégio Estadual Vicente Rijo. Professor supervisor do Pibid. paulorangelico@gmail.com



$$F \propto \frac{1}{d^n} \Rightarrow \vec{F} = K_e \frac{q_1 q_2}{\vec{d}^2} \quad (1.1)$$

Figura 1 – Força de Coulomb

onde K_e é uma constante chamada de permissividade elétrica, q_1 e q_2 são o valor da carga 1 e carga 2 respectivamente, e d é a distância entre as cargas pontuais.

A força magnética no ensino médio é trabalhada de maneira diferente da lei de Coulomb, devido à inexistência do monopolo magnético. O estudo da força magnética, representado na figura 3, é definido pela interação de uma carga (q) em movimento (\vec{v}) sob a ação de um campo magnético externo (\vec{B}), sendo expressa matematicamente pela equação (1.2),

1228

$$\vec{F} \rightarrow q\vec{v}\vec{B} \Rightarrow \vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (1.2)$$

onde existe um produto vetorial entre a velocidade e o campo magnético externo.

Quando realizado uma busca no Google – força+magnética+ímã – em geral, é encontrado resultados vagos, que não apresentam nenhuma explicação da lei de força.

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo, definir uma ideia de força magnética não demonstrada em livros didáticos, de maneira empírica. Análogo a Lei de Coulomb, mas agora levando em conta uma interação magnética, é imposta uma relação de proporcionalidade da força magnética com a distância, levando em consideração a interação entre dois ímãs finitos, como na figura 2 (RH Enns; G McGuire, 1997).

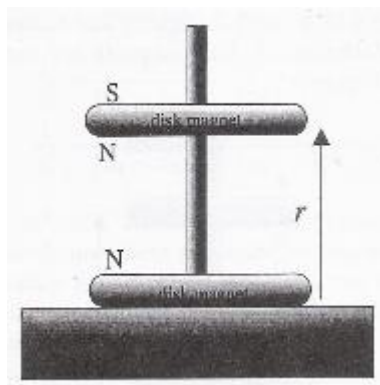


Figura 2 – força magnética entre ímãs finitos.

Metodologia

Sabendo que o campo magnético de um dipolo (equação 1.3) é definido por (Griffiths, 1999):

$$\vec{B}_{dip}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} [3(\vec{m} \cdot \hat{r})\hat{r} - \vec{m}] \quad (1.3)$$

Neste caso, como só temos movimento na vertical (eixo z), o momento magnético \vec{m} é paralelo à direção $\hat{r} = \hat{z}$, assim a equação acima pode assumir a forma da equação 1.4:

$$\vec{B}_{dip}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 \vec{m}}{2\pi r^3} \quad (1.4)$$

Fazendo uma imposição para a força magnética (RH Enns; G McGuire, 1997), encontramos que ela é determinada da seguinte maneira (equação 1.5):

$$\vec{F} = -\nabla(\vec{m} \cdot \vec{B}) \Rightarrow \vec{F}(\vec{r}) = \frac{3\mu_0 \vec{m}}{2\pi r^4} \quad (1.5)$$

Desta forma, podemos supor que a relação entre a força magnética de repulsão para o caso de dois ímãs finitos é representada pela seguinte proporcionalidade

$$F \propto d^n \rightarrow F = K_m d^n \quad (1.6)$$

onde a constante K_m carrega informações impossíveis de se determinar empiricamente, como a geometria do ímã e a densidade de material magnético, por exemplo

Procedimento Experimental

Materiais utilizados:

- 1 Balança digital;
- 2 Suportes de madeiras;
- 2 ímãs de neodímio;
- 1 Parafuso e 1 Porca;
- 2 Suportes metálicos;
- 1 Régua;

Montagem experimental:

Os suportes metálicos são utilizados para o posicionamento correto da régua e parafuso. Os ímãs são encaixados nos suportes de madeira, para uma menor interferência nas medidas evitando o contato direto do ímã com a balança e o parafuso, onde um dos suportes é encaixado no parafuso enquanto o outro é fixado em cima da balança.

A aproximação dos ímãs é controlada pelo deslocamento do parafuso e a régua é utilizada para medir a distância entre os ímãs relacionada ao valor da massa obtida pela balança digital.

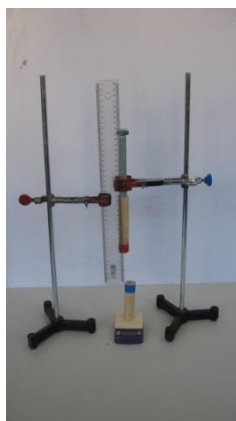


Figura 3 – Representação do experimento

1230

Dados Experimentais

| Massa (g) | Distância (cm) | Massa (g) | Distância (cm) | Massa (g) | Distância (cm) | Massa (g) | Distância (cm) |
|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 0,02 | 6,50 | 0,12 | 4,50 | 0,77 | 2,50 | 1,64 | 2,10 |
| 0,04 | 6,00 | 0,18 | 4,00 | 1,01 | 2,40 | 1,81 | 2,00 |
| 0,06 | 5,50 | 0,27 | 3,50 | 1,20 | 2,30 | 2,30 | 1,90 |
| 0,08 | 5,00 | 0,45 | 3,00 | 1,34 | 2,20 | 2,58 | 1,80 |

Análise Dos Dados

Através da utilização do programa Origin, são plotados gráficos de massa *versus* distância em escala linear e logarítmica (figura 4).

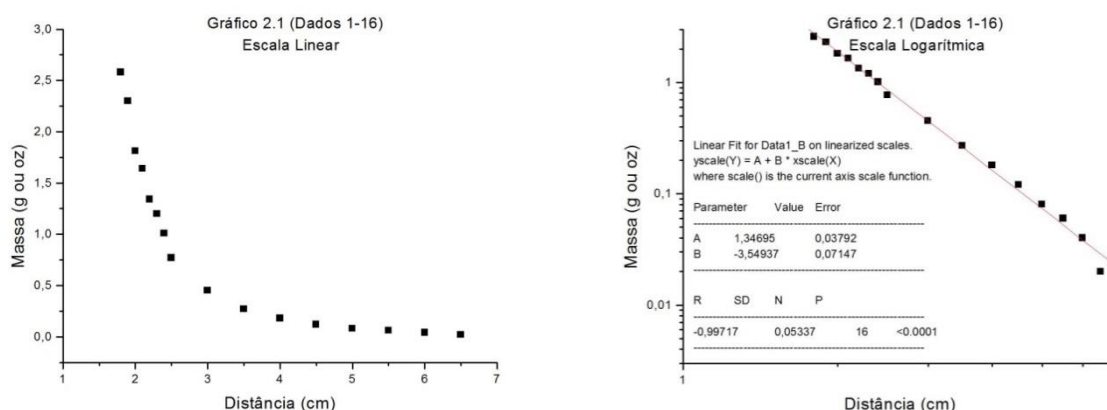


Figura 4 – Gráficos da dependência da força com a distância

Fazendo o fit linear do gráfico de escala logarítmica (gráfico 2), obtemos que o valor do expoente é -3,54937.

Conclusão

Segundo a equação 1.5 é esperado que o valor do expoente encontrado seja próximo de quatro. Devido às condições de realização do experimento o valor encontrado é um resultado positivo, pois os ímãs não possuem tamanhos infinitesimais e nem é possível observar valores de massa, quando os ímãs estão próximos, ou seja, quando $d \rightarrow 0$.

1231

Referências

- D. J. Griffiths. *Introduction to Electrodynamics*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 1999.
- RH Enns, G McGuire, *Nonlinear physics with Mathematica for scientists and engineers*, Birkhauser, 1997