



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Olimpíadas de Física 2013

Seleção para as provas internacionais

Prova Experimental A

11/Maio/2013

Olimpíadas de Física 2013
Seleção para as provas internacionais
Prova Experimental A

Super-magnete

Duração da prova: 2 h

1 Material

- bobina com 200 espiras
- dois magnetes cilíndricos
- fio fino
- fonte de alimentação
- multímetro
- fios de ligação
- cronómetro
- papel milimétrico
- tesoura
- craveira
- régua
- laser
- alvo
- plasticina

2 Descrição

Esta prova tem como objetivo medir o momento dipolar magnético de um “super-magnete” de neodímio¹, usando um pêndulo de torção magnético. Como este pêndulo é um detector muito sensível de campos magnéticos, é possível medir com ele a componente horizontal do campo magnético terrestre, o segundo objetivo desta prova.

¹Estes “super-magnetes” são feitos de um material com a composição $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ e são os mais potentes magnetes permanentes existentes no mercado. O desenvolvimento destes materiais foi feito pela empresa Sumimoto Special Metals (hoje Hitachi) em 1982. Agradece-se ao Prof. Doutor Böse Wolf da Universidade de Katmandu o contacto com a empresa que nos ofereceu os “super-magnetes” usados nesta prova.

Quando um dipolo magnético \vec{m} é colocado num campo magnético \vec{B} fazendo um ângulo θ com a direcção do campo, o momento fica sujeito a um torque $\tau = -mB \sin \theta$, onde o sinal “-” significa que o torque actua de modo a restaurar a posição de equilíbrio do momento, com os vectores \vec{m} e \vec{B} alinhados. Para pequenos ângulos, $\tau \sim -mB\theta$, pelo que o magnete descreve oscilações harmónicas em torno da posição de equilíbrio com frequência angular

$$\omega = \sqrt{\frac{mB}{I_{CM}}},$$

onde I_{CM} é o momento de inércia do magnete, de forma cilíndrica, em torno de um eixo de rotação perpendicular ao eixo do cilindro, que passa pelo seu centro de massa. Para um cilindro de raio R e altura L , este momento de inércia é dado pela expressão

$$I_{CM} = \frac{1}{4}MR^2 + \frac{1}{12}ML^2.$$

A montagem experimental que iremos utilizar está representada na figura 1.

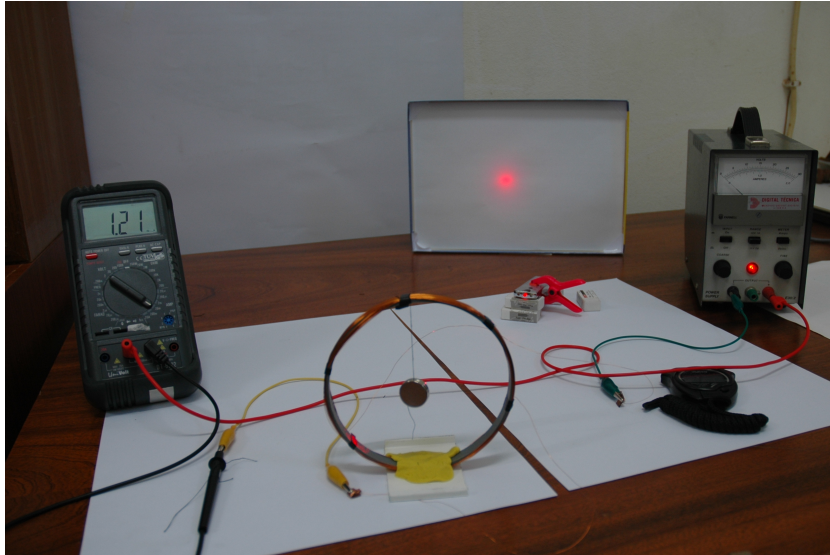


Figura 1: Montagem experimental.

Dois magnetes idênticos são colocados um sobre o outro com os pólos opostos em contacto; o conjunto é suspenso por um fio fino de modo a que o magnete duplo esteja no centro da bobina. Quando não passa corrente na bobina, o magnete tem oscilações de torção em torno da posição de equilíbrio com uma frequência baixa, determinada pela componente horizontal B_{ht} do campo magnético terrestre. Quando passa uma corrente de intensidade i na bobina, a frequência angular das oscilações aumenta e é dada pela expressão

$$\omega = \sqrt{\frac{m(B_{ht} + B_b)}{I_{CM}}},$$

onde B_b é o campo magnético criado pela bobina de N espiras no seu centro, sendo

$$B_b = \mu_0 \frac{Ni}{2R},$$

e $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$ a permeabilidade do vázio.

⚠ Advertências ⚠

1. Não aproxime qualquer objecto metálico dos magnetes! Quando atraídos por outros objectos podem causar acidentes graves! Não separe os magnetes, a menos que seja absolutamente necessário - nesse caso tome as devidas precauções para evitar que os magnetes choquem violentamente um contra o outro ou com qualquer outro objecto para o qual sejam atraídos.
2. Afaste da experiência qualquer objeto sensível a campos magnéticos tais como cartões bancários ou outros com informação codificada em faixas magnéticas.
3. Tenha cuidado na manipulação da fonte de alimentação de modo a não exceder a corrente máxima suportada pelos multímetros (protegidos por um fusível de 200 mA).

3 Execução

1. Monte a experiência de acordo com a descrição acima e a figura 1, tendo o cuidado de orientar a bobina por forma a que o eixo da bobina e dos magnetes sejam coincidentes na posição de equilíbrio dos magnetes.
2. Faça incidir o laser sobre a superfície espelhada de um magnete por forma a que o feixe reflectido seja projectado no alvo.
3. Ponha o magnete duplo em oscilação de torção e meça o período de oscilação do magnete duplo para um conjunto de valores de corrente na bobina entre 0 e 175 mA, observando a feixe reflectido pelo magnete no alvo². Registe os dados numa tabela.

4 Análise dos dados

1. A partir dos dados, determine a componente horizontal do campo magnético terrestre e o momento dipolar magnético do magnete duplo.
2. Pode mostrar-se que o campo magnético de um cilindro magnético uniformemente polarizado, com momento m , área A e comprimento L , é equivalente ao de um solenóide de N espiras com uma corrente total $i_T = Ni = M \times L$, onde M é a magnetização do cilindro (momento magnético por unidade de volume, $M = \frac{m}{V}$). A partir dos dados experimentais, determine a corrente equivalente i_T de um dos supermagnetes usados na experiência e comente o resultado.

²Agradece-se ao Dr. Mingwen B.W. Tian (NT-MDT) a sugestão para o oscilógrafo laser usado nesta experiência, inspirado no *scanner* AFM BW-SF005NTF – “Basically, it works”!