Motor de Curie

Relatório Final

Daniel Martelozo Consalter, RA 023459

Anderson Campos Fauth (orientador)

José Joaquin Lunazzi (coodenador)

IFGW, Unicamp

1. Introdução

Pierre Curie (1859 – 1906) foi um físico francês, pioneiro no estudo da cristalografia, magnetismo, piezoeletricidade e radioatividade. Obteve o prêmio Nobel da Física em 1903, juntamente com a sua mulher Marie Curie. Dentre suas descobertas está o efeito da temperatura sobre o paramagnetismo que é conhecido por lei de Curie. Ele também descobriu que as substâncias ferromagnéticas apresentam uma temperatura crítica de transição, acima da qual as substâncias perdem o seu comportamento ferromagnético. Esta temperatura é conhecida como ponto de Curie.

Ao se falar de magnetismo em sólidos, é imprescindivel levar em consideração a dependência do magnetismo com a temperatura. Este projeto tem, como idéia principal, a divulgação desta lei da física tanto quanto desconhecido. Para tal, será construído um motor simples, que tem como principio de funcionamento o Ponto de Curie, demonstrando experimentalmente tal conceito através de um motor atípico, podendo ainda, estimular a curiosidade do espectador a motores com fenômenos físicos diferentes dos comumente utilizados.

2. Teoria

O nome magnetísmo resultou do nome de Magnésia , cidade da Ásia Menor (onde hoje é a Turquia), onde existia na Antiguidade um minério chamado magnetite (também chamada pedra-íman ou pedra magnética) que possuía a propriedade de atrair objectos ferrosos à distância (sem contacto físico).

As propriedades magnéticas das substâncias se devem a uma propriedade intrínseca dos elétrons, seu *spin* (palavra em inglês que significa girar em torno de si mesmo). O *spin* é uma propriedade quântica do elétron, mas pode ser interpretado, classicamente, como se o elétron estivesse em permanente rotação em torno de um eixo, como o planeta Terra faz numa escala muita maior. Como o elétron tem carga, ao *spin* está associado um momento magnético, o qual se comporta como uma minúscula agulha magnética, tendendo a se alinhar na direção do campo magnético a que está submetido. Nos átomos mais comuns o *spin* total é nulo, pois os elétrons ocupam os orbitais satisfazendo o princípio de Linus Pauling, ora com o *spin* num sentido, ora no outro.

Desde o tempo de Faraday, sabe-se que todas as substâncias são afetadas, em maior ou menor grau, por campos magnéticos externos. Um material diamagnético colocado num campo magnético não-homogêneo tende a ser repelido da região de campo mais forte, enquanto um material paramagnético, nas mesmas condições, tende a ser atraído.

O ferromagnetismo é caracterizado por uma magnetização espontânea do material, ou seja o *spin* total é diferente de zero. Tais materiais têm uma resposta intensa a um campo magnetico aplicado. São exemplos comuns de materiais ferromagnéticos: cobalto, níquel, ferro puro ou temperado.

O ferromagnetismo surge da forte tendências dos *spins* dos átomos (ou moléculas) que constituem o material de se alinhar uns aos outros, dando origem a um momento magnético espontâneo. Esta orientação espontânea tende a desaparecer gradualmente a medida que o sistema é aquecido. Neste caso, os spins tendem a um estado de desordem. A temperatura crítica *Tc* para a qual a magnetização espontânea desaparece, isto é, ocorre a transição entre

"ordem" e "desordem", é chamada Temperatura de Curie e a dependência do ferromagnetismo com o inverso da temperatura do material é chamada Lei de Curie.

A temperatura de Curie para o ferro é de 770ºC, o que restringe o uso para o bico de bunsen (no caso deste experimento) para que o ferro atinja o Ponto de Curie.

3. Montagem

A figura 1 mostra a montagem esquemática do experimento.

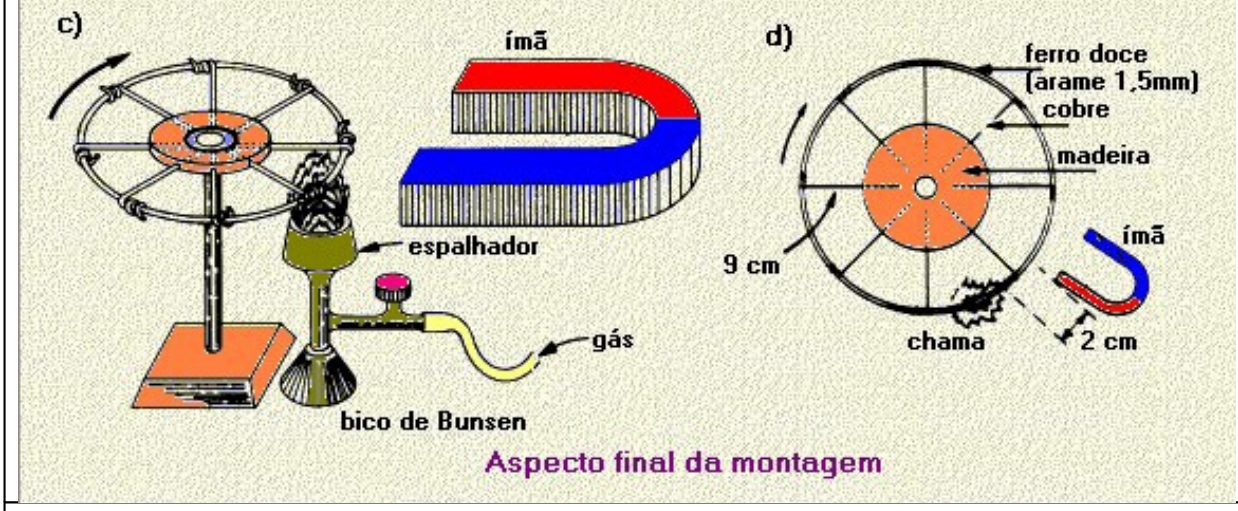

Figura 1: Montagem Esquemática do Experimento

Utilizando placas de compensado de madeira, foi moldado utilizando uma serra circular, o suporte do experimento e o disco superior. Com um furadeira e uma broca espicialmente projetada, foi feito o furo no meio do disco superior, mostrado na figura 2a). Neste furo, será encaixado um rolamento adquirido numa oficina mecânica, e este, por sua vez, foi encaixado firmemente a uma haste de ferro, mostrado na figura 2b).

No mesmo disco de madeira, foi feito 8 furos para encaixar fis grossos de cobre, dos quais foram escolhidos 4 para serem utilizados, conforme melhor disposição. Estes furos foram feitos utilizando uma broca de maneira que os furos ficassem com a mesma espessura do fio de cobre, e estes foram encaixados firmemente nos furos e as pontas destes fios foram torcidos de forma a formar um encaixe para o aro de ferro.

Num piso de plástico resistente, foi feito um furo no centro e a haste de ferro foi devidadmente encaixada utilizando um parafuso.

Estando a haste encaixada no piso, o rolamento na haste, a roda de madeira no rolamento e o cobre nos furos da roda, foi encaixado no cobre um aro circular feito de arame de ferro. Este arame foi cozido (esquentado até ficar vermelho) duas vezes, se tornando assim, um arame recozido, com melhor estrutura para moldar, facilitando assim o molde do arame em formato circular (fase de muita dificuldade devido falta de habilidades artesanais do autor).

Figura 2: a) Furadeira fazendo furo no disco b) Rolamento preso à haste

Para posicionamento do imã, foi cortado um pedaço de uma perna de uma cadeira de madeira, não mais utilizada, formando um paralelepipedo, com planos fixos para suportar o imã e ficar em pé. Este suporte é livre para movimentação, sendo útil para demonstração em público da influência do posicionamento do imã no experimento.

O bico de bunsen, ligado a um botijão de gás e colocado conforme a figura 1, foi emprestado do laboratório de ensino de química, local onde foram feitas os ajustes finais e medições, como mostra a figura abaixo.

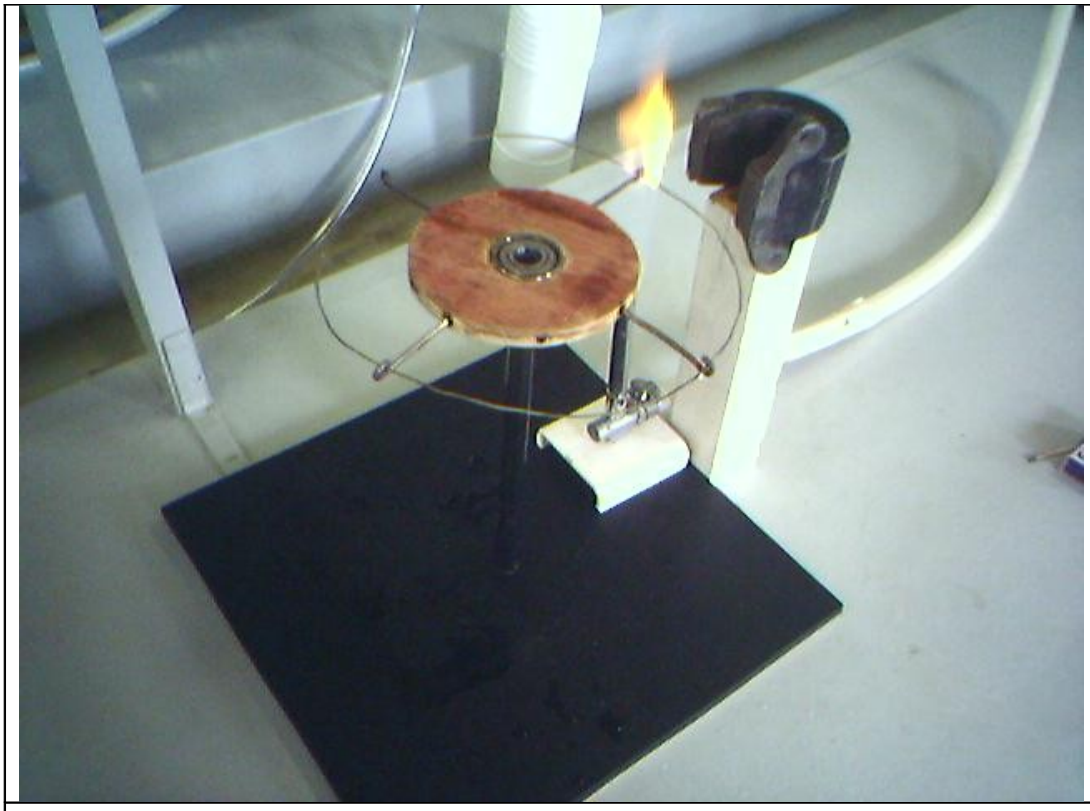

Figura 3: Montagem experimental no laboratório de química

4. Resultados Finais

O resultado da montagem experimental acima, foi um Motor de Curie montado como previamente esperado pelo figura 1, com um aro não perfeitamente circular. O que inicialmente parece um ponto negativo do experimento, mas torna o experimento mais didático por suas deformações terem aspectos interessantes do ponto de vista experimental.

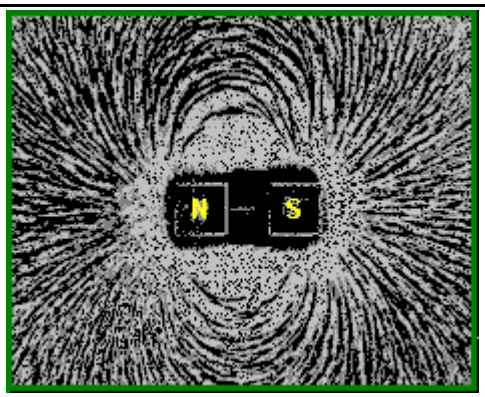

Figura 4: Espectro magnético de um ímã em U, visto do topo

A figura ao lado mostra o espectro magnético de um ímã em U visto por cima, esta configuração é essencial para o funcionamento do experimento.

Como explicado anteriormente na teoria, o que causa a rotação do aro é o torque entre a parte paramagnética (T>Tc) e a ferromagnética (T<Tc), causando o desequilíbrio entre a força de atração do ferro com o ímã, ou seja, uma parte é "puxada" pelo ímã e outra é "empurrada". Nas partes em que há deformações no aro (elíptica), a rotação é alterada devido ao fato de mais área do aro com T<Tc estarem sendo atraídas pelo ímã e isto acaba "segurando" mais o aro do que nas partes em que o aro é mais circular, causando uma rotação mais estável.

A tempo médio de uma volta completa é de 10 minutos.

O ímã em U teve que ser devolvido ao orientador do projeto por ser um objeto pessoal. Uma montagem de um ímã em U a partir de dois ímãs de disco rígido foi sugerida pelo coordenador, mas um estudo mais detalhado desta adaptação deveria ser feito. Problemas como o aquecimento do ímã, podendo causar desmagnetização deste poderiam surgir, assim como outros problemas. A falta de tempo hábil do autor impossibilitou tais estudos, o que levou o experimento à ficar desprovido do ímã ao ser entregue ao coordenador da disciplina para servir ao acervo destes experimentos da Unicamp (ver referência 3).

5. Referências

1 - http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_26.asp, Motor de Curie, referência principal.

2 - D. H. Martin, Magnetism in Solids, London: Iliffe, Chapter 1, utilizado para estudo do Efeito Curie

3 - www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F809.html, página acervo da disciplina.

4 - American Journal of Physics March 1956 Volume 24, Issue 3, pp. 176177 (http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=AJPIAS000024000003000176000002&idtype=cvips&gifs=yes), utilizado para estudo do Efeito Curie

5 – C. Kittel, Introduction to Solid Estate Phycist, Fifth Edition, Chapter 15, John Wiley & Sons, Inc, utilizado para estudo do Efeito Curie.