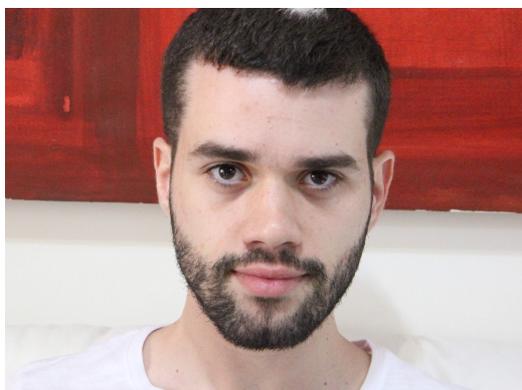


Relatório Final - F609

Implementação de segurança para o experimento "Força entre correntes" para uso livre em laboratório de ensino

Orientador: Prof. Dr. José J. Lunazzi
Estudante: Guilherme Balieiro Gomes

Instituto de Física Gleb Wataghin – UNICAMP



Resumo

Neste relatório tratamos do aprimoramento do experimento “Força entre Correntes” já trabalhado anteriormente na disciplina de F 609, onde implementamos um circuito de segurança afim de desativar a corrente elétrica no experimento quando os fios se aquecem demais. Apresentamos detalhadamente tal circuito e descrevemos ainda as instruções de uso do experimento em laboratório de ensino.

Introdução

Em 1820 Hans Christian Oersted observou o um fenômeno que ficou conhecido como a primeira experiência relatada de relações entre eletricidade e magnetismo, quando observou que quando uma corrente elétrica passava por um fio, uma agulha magnetizada próxima a esse fio sofria uma deflexão [1]. Tal observação despertou grande interesse na comunidade científica da época, e diversos cientistas se propuseram a tentar explicar tal fenômeno, bem como a tentar realizar outros experimentos que relacionassem eletricidade e magnetismo. Um desses cientistas foi André-Marie Ampère, que em suas investigações observou pela primeira vez que dois fios paralelos percorridos por correntes elétricas constantes se atraíam ou se repeliam dependendo das direções de tais correntes. Os trabalhos de Ampère tiveram grande importância para o desenvolvimento da ciência na época, exercendo em particular uma grande influência sobre James Clerk Maxwell, que unificou e aprimorou os conhecimentos a respeito de eletricidade e magnetismo desenvolvidos até então, consolidando o chamado eletromagnetismo clássico. É importante no entanto destacar que,

diferentemente do que é usualmente apresentado em diversos livros didáticos, como podemos ver na referência [2], Ampère não utilizava os conceitos de campos elétricos e magnéticos em sua formulação teórica do fenômeno de força entre correntes elétricas, mas sim o conceito de ação à distância. Porém, como a forma mais consolidada de se explicar tal fenômeno segue os conceitos do eletromagnetismo clássico essa será a forma utilizada daqui por diante. Para mais informações a respeito da história do eletromagnetismo e sobre a formulação de Ampère para tais fenômenos ver referências [1,2].

Pela discussão acima torna-se evidente a importância na história da física do experimento de força entre correntes elétricas. Por outro lado, pode-se também destacar a importância de tal experimento no contexto do ensino de física no Brasil. Existem vários trabalhos que tratam da importância de se utilizar atividades experimentais em aulas de física, particularmente no ensino médio, onde muitos estudantes mostram dificuldades no aprendizado de disciplinas das áreas de exatas, no entanto, vê-se que em diversas escolas tais atividades não são implementadas, tanto por falta de estrutura quanto por falta de iniciativa dos professores, de forma que acreditamos ser importante realizar trabalhos que incentivem e orientem sobre a utilização de experimentos em sala de aula. Para mais considerações a respeito da utilização de experimentos de física em sala de aula ver referência [3].

Nesse sentido, neste trabalho trataremos do aprimoramento de um experimento já inicialmente trabalhado, o experimento de “Força entre correntes” (Fig. 1) [4, 5, 6], acrescentando um relé para que a corrente elétrica possa ser cortada quando os fios começarem a se aquecer demais, visando à implementação de boas condições de segurança, a fim de que ele possa efetivamente ser utilizado em aulas ou em exposições de experimentos científicos sem que seja necessária uma supervisão excessiva, de forma que aqueles que quiserem utilizá-lo possam fazê-lo livremente, favorecendo assim o espírito de experimentação e exploração científica.



Figura 1: Montagem atual do experimento “Força entre Correntes”

Teoria

Utilizando-se o formalismo do eletromagnetismo de Maxwell, pode-se mostrar que, colocando-se determinado fio percorrido por uma corrente elétrica (i) sob a ação de um campo magnético (B) verifica-se que tal fio sofre a ação de uma força magnética (F_m). Cada uma das cargas (q) que percorrem tal condutor retilíneo e que se movem a uma velocidade (v), estão sujeitas à ação desta força magnética cuja intensidade é obtida pela equação:

$$F_m = |q|v \times B$$

Para um condutor retilíneo de comprimento (L), percorrido por uma corrente (i), temos:

$$F_m = iL \times B$$

A intensidade do campo magnético (B) originado por um fio retilíneo é função somente da corrente (i) e da distância (d) entre o ponto e o fio. No caso de dois fios paralelos observamos uma interação entre tais fios percorridos por correntes elétricas, uma vez que um está na região de campo magnético do outro. Podemos observar que para correntes elétricas de sentido contrário os fios irão se repelir, mas se as correntes forem de mesmo sentido os fios irão se atrair, como podemos observar analisando a Figura 2:

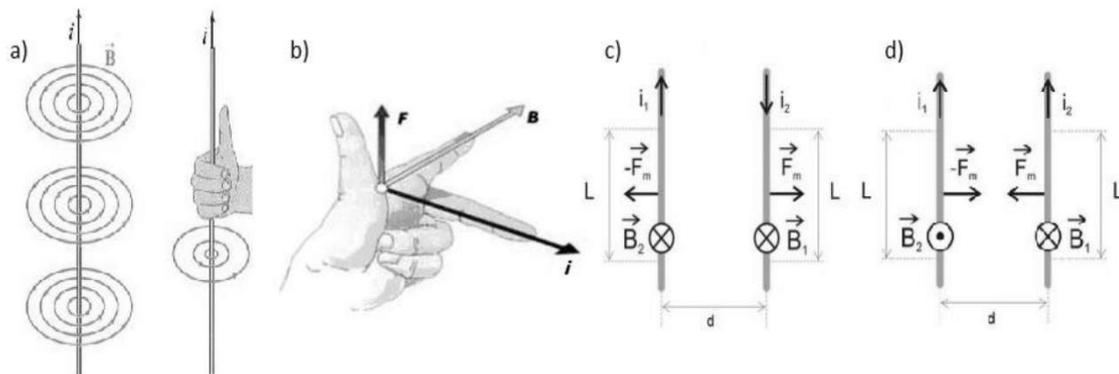


Figura 2: Regras para determinação da direção e sentido do campo e da força magnética; a) regra da mão direita e b) regra da mão esquerda. Esquemas de força entre correntes; c) repulsão dos fios para correntes de sentido contrário e d) atração dos fios para correntes de mesmo sentido.

Tal fenômeno é exatamente o que observamos no experimento de “Força entre Correntes”, onde no caso os fios percorridos por correntes elétricas de sentidos opostos se repelem.

Experimento

Para montar o circuito de segurança utilizamos os seguintes materiais:

- LED verde
- Resistor de 560Ω

- Termostato de 40°C
- Relé automotivo de 4 pinos para 12V e 70A
- Cabos do tipo garra “jacaré”

De acordo com o relatório [6] já havia sido tentado implantar um circuito de proteção para tal experimento, no entanto até então não havia sido encontrado um relé de baixo custo que suportasse uma corrente elétrica de pelo menos 60A. Resolvi checar essa informação, e ao perguntar em uma loja de componentes eletrônicos me informaram que um relé para tal corrente elétrica seria industrial e não custaria menos de R\$250,00. No entanto, por sugestão do Prof. Lunazzi, resolvi perguntar por relés automotivos, e encontrei um relé de quatro pinos para 12V e 70A, da marca Marília, comprado na loja “O Point do Carro” na Av. Santa Isabel em Barão Geraldo (Campinas-SP) por R\$28,00 (Figura 3). Os demais materiais foram cedidos pelo Prof. Lunazzi, mas também podem ser comprados com baixo custo em lojas de componentes eletrônicos.

Com tal relé em mãos iniciei os testes de seu uso no experimento de Força entre Correntes.



Figura 3: relé automotivo de 70A

Considere o circuito representado na Figura 4:

Em (1) temos o experimento de Força entre Correntes, que deve estar ligado aos terminais 30 (alimentação do relé) e 87 (saída do relé), sendo (2) uma bateria de carro de 12V, que deve estar bem carregada para gerar a corrente elétrica adequada para uma boa visualização do efeito de repulsão entre os fios (neste caso, cerca de 60A). Ligados no “primário” do relé (terminais 85 e 86) temos: um termostato (T) de 40°C, posto em contato aos fios do experimento de Força entre Correntes, de forma a interromper a passagem de corrente quando a temperatura atingisse 40°C, (3) uma bateria de moto de 12V, sendo que, ligados em paralelo a estes temos: 'R' é um resistor de 560Ω, ligado em série com um LED verde (4) para protegê-lo, e (5) é um interruptor. O circuito de proteção é ligado nos terminais 85 (negativo da bobina) e 86 (positivo da bobina), estando a bobina com um núcleo de ferro dentro do relé, que abre ou fecha o circuito entre as entradas 30 e 87 (“secundário” do relé), ligadas ao circuito de força entre correntes.

Quando ligamos o interruptor (5), com o termostato a menos de 40°C, a corrente passa pelo circuito primário do relé, mantendo o LED verde aceso (indicando assim ao usuário que é seguro acionar o experimento), e acionando a bobina através dos terminais 85 e 86 do relé, que por sua vez fecha o circuito entre os terminais 30 e 87, permitindo assim que se acione o circuito de Força entre Correntes. Para temperaturas a partir de 40°C o termostato interrompe a passagem de corrente, desligando o LED verde e também abrindo o circuito entre os terminais 85 e 86 do relé, cessando o acionamento da bobina, o que por sua vez abre o circuito entre 30 e 87, interrompendo assim a corrente elétrica no experimento de Força entre Correntes para evitar maior aquecimento. Após alguns minutos, com a diminuição da temperatura nos fios para uma temperatura abaixo de 40°C, fecha-se novamente o circuito no primário, acendendo o LED verde, indicando assim ao usuário que pode-se novamente acionar o experimento de Força entre Correntes. Caso a bateria de moto (3) acabe, interrompe-se a corrente no primário, o que interrompe também o experimento, sendo necessária a troca da bateria para que este volte a funcionar.

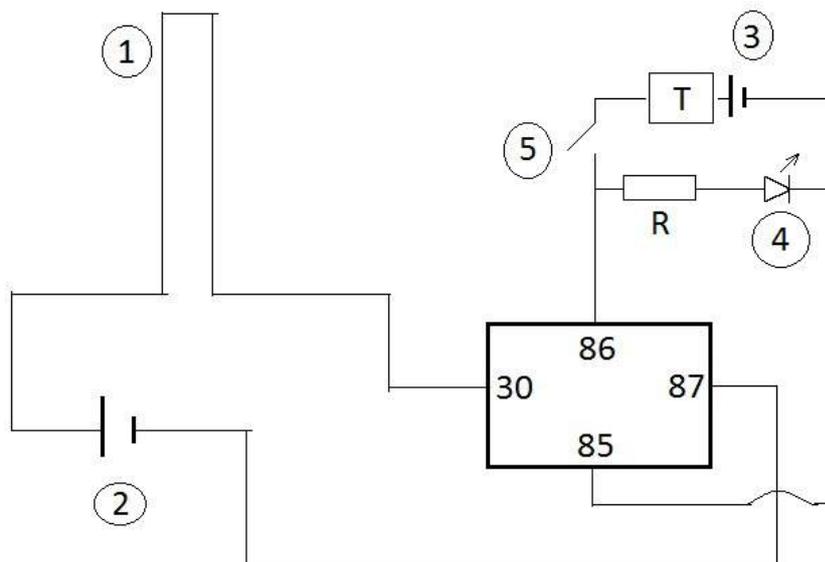


Figura 4: esquema do primeiro teste de uso do relé.

Nos testes da montagem experimental descrita acima observamos que o relé (Figura 3) funcionou satisfatoriamente, permitindo a passagem de corrente, não queimando como ocorreu com componentes testados em relatórios anteriores [5,6]. Os testes realizados também foram bem sucedidos quanto à interrupção da corrente no “primário” para temperaturas acima de 40°C, cumprindo assim com o principal objetivo deste projeto. Entre os detalhes importantes da montagem experimental destacamos ainda a utilização de cabos do tipo garra jacaré para efetuar as conexões, uma vez que tivemos muitos problemas de mal contato utilizando cabos comuns. Ressaltamos também que para transporte desse experimento este deve ser desmontado, retirando-se as duas baterias para que o ácido destas não corra risco de derramar, montando-se tudo novamente no local de demonstração do experimento.

Nas figuras 5 e 6 vemos, respectivamente, a montagem do relé e o termostato em contato com o fio do experimento de Força entre Corrente, onde destacamos novamente o uso dos cabos do tipo garra jacaré. Na figura 7 vemos o interruptor ligado e o LED verde aceso, o que mostra que o experimento pode ser usado com segurança.

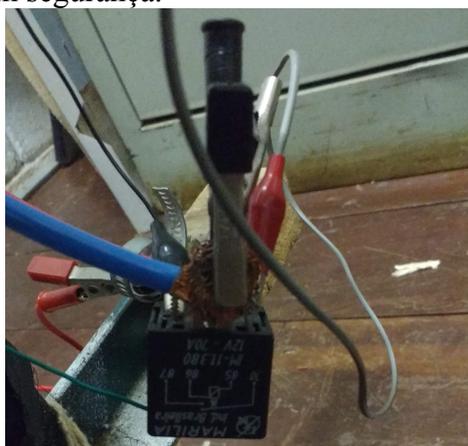


Figura 5: relé ligado aos fios através de cabos “jacaré”.

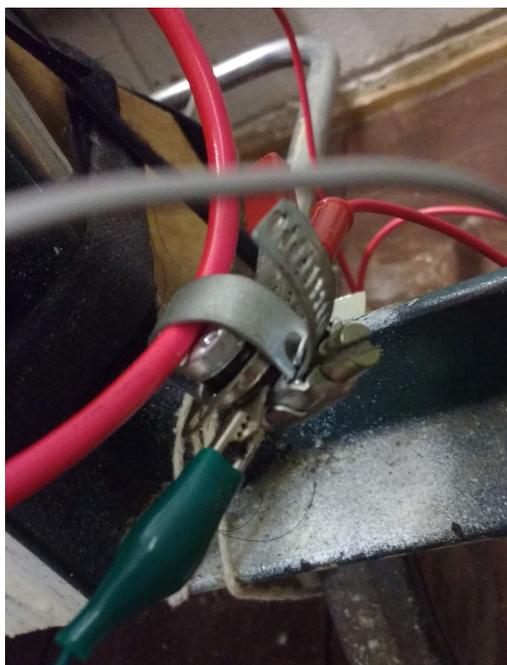


Figura 6: termostato em contato com o fio do experimento de Força entre Correntes



Figura 7: interruptor e LED verde ligados, mostrando que o experimento está pronto e seguro para uso

No evento “Consulta à Comunidade” foi apresentado o experimento ainda em desenvolvimento, onde alguns alunos da Unicamp ouviram minhas explicações sobre os objetivos do projeto. Como eu ainda estava tendo problemas com a desativação do circuito para temperaturas altas do fio um dos alunos me indicando uma alternativa ao relé, sugerindo que eu me informasse a respeito de disjuntores termomagnéticos com respostas mais rápidas a variações de temperatura, no entanto tal ideia não foi levada adiante devido aos altos custos de tais disjuntores para a corrente elétrica necessária.

Considerações Finais

Tal experimento mostrou-se bem sucedido, cumprindo com os objetivos estabelecidos e mantendo a segurança do usuário do experimento. Possíveis continuações de tal projeto poderiam incluir a utilização de um LED vermelho para diferenciar quando o experimento está quente demais de quando ele está desligado (já que atualmente ambos os casos correspondem ao LED verde apagado, embora o usuário possa saber que o experimento está ligado pela posição do interruptor), no entanto isso provavelmente requisitaria o uso de um segundo relé. Vale destacar também que existe ainda um disjuntor termomagnético ligado ao circuito de Força entre Correntes, que também deveria interromper a passagem de corrente elétrica com o aquecimento do fio, no entanto tal “queda” do disjuntor só ocorre para temperaturas muito altas do fio (uma vez que tal disjuntor é do tipo “curva C”, que possui uma resposta lenta às variações de temperatura) o que aumenta os riscos relacionados a tal experimento, mostrando assim a importância de nossa montagem experimental como alternativa de baixo custo à proteção do circuito. No entanto, tal disjuntor poderia ser substituído por outro de “curva A”, que responde mais rapidamente às variações de temperatura, mas que custa cerca de R\$300,00 para correntes de 60A como as necessárias para este experimento.

Referências

- [1] TANAKA DOS SANTOS, Hugo Shiguelo; GARDELLI, Daniel. Análise da Lei de Biot-Savart em comparação com a força entre elementos de corrente de Ampère. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 3, p. 864-879, 2017.
- [2] CHAIB, J.P.M.C.; ASSIS, A.K.T.. Distorção da obra eletromagnética de Ampère nos livros didáticos. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 65-70, 2007.
- [3] BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.
- [4] CANHASSI, C. A.; BELATINE, J.; KHALIFA Y. E.; CARVALHO, M. M. G.. Relatório Final “Força entre Correntes” <<
https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F609_2014_sem1/CARLOS_JESSICA_YOUSSEF-MAURO_F609_FORCA-ENTRE-CORRENTES_RF3.pdf >>
- [5] ARAUJO, J. A.; LUNAZZI, J. J.. Melhoria do Experimento “Força entre Correntes”. <<
https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F609_2016_sem1/Jefferson_Araujo-Lunazzi_RF.pdf >>
- [6] JOAQUIM, E. N. P.; LUNAZZI, J. J.. RELATÓRIO: Circuito indicador de aquecimento para os fios do experimento de força entre correntes. <<
https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F609_2017_sem1/EduardoN-Lunazzi_RF1_F609.pdf >>