



## Relatório Final

F – 609 Tópicos de Ensino de Física I

Lançador Magnético de Projétil



Luiz Salles de Carvalho                      062588                      jeredaico(a)hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Ennio Peres da Silva                      lh2ennio(a)ifi.unicamp.br

Coordenador do curso: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi

Colaboradores:

Diego Vaz Pontes Cambra - Coordenador do projeto Ação Ciência

Claudemir Aparecido Gasparoto

15 de junho de 2010

## Lançador Magnético de Projétil

### Descrição

O experimento consiste no lançamento de um projétil metálico utilizando o campo magnético gerado por um indutor. O objeto corre por dentro da bobina, e a energia cinética do objeto, após o lançamento, deve ser medida e comparada com a energia extraída do capacitor utilizado para induzir corrente a bobina (Figura 1).

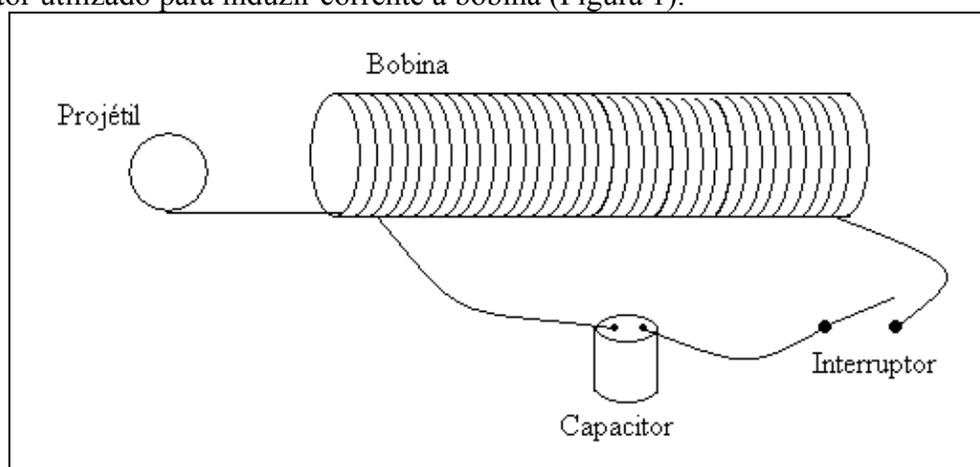


Figura 1- Arranjo experimental projetado

### Importância Didática

O experimento permite explorar tanto a utilização de capacitores quanto de indutores. Mostra aos alunos que é possível gerar forças que não necessitem de contato direto entre os objetos.

### Relação com projetos realizados na disciplina

Na disciplina F-809 foi realizado por Felipe Tijiwa Birk um experimento utilizando um solenóide, uma fonte de tensão direta, um pino metálico, além de outros materiais. O relatório final daquele experimento servirá de base para a construção deste.

O experimento anterior pode ser encontrado no seguinte endereço: [http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2004/004910\\_Felipe-Pudenzi\\_RF\\_II.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2004/004910_Felipe-Pudenzi_RF_II.pdf)

## **Lista de Materiais**

### **Para a fonte:**

- Plug Macho residencial
- Fio Paralelo
- Transformador, 110/12+12
- Ponte retificadora
- 2 lâmpadas, 12 V, 21 W
- 5 conectores
- Fios flexíveis, 0,3 mm, preto e vermelho

### **Para a estrutura:**

- Chapa MDF, 1,5 cm
- Caixa MDF com tampa
- Régua de alumínio, 2 m
- Bolha de nível
- Parafusos, porcas, e arruelas diversas

### **Para o circuito de lançamento:**

- 20 capacitores, 4.700  $\mu$ F
- Interruptor residencial paralelo duplo
- Interruptor de campainha
- Placa para confecção de circuito impresso
- Fios flexíveis, 0,3 mm, preto e vermelho

### **Para o solenóide e projétil:**

- Esfera metálica, 3,5 g, 9,5 mm
- Embolo de seringa descartável
- Fio de cobre esmaltado

### **Para a aferição da velocidade:**

- Cronômetro digital
- Fio flexível
- Fio sólido
- Fita isolante
- Cola Bonder
- Papel alumínio
- Calculadora

## Montagem

### A Fonte DC (Direct Current ou Corrente Contínua):

O plug foi conectado ao fio paralelo, e este ao transformador conforme indicado na Figura 2.

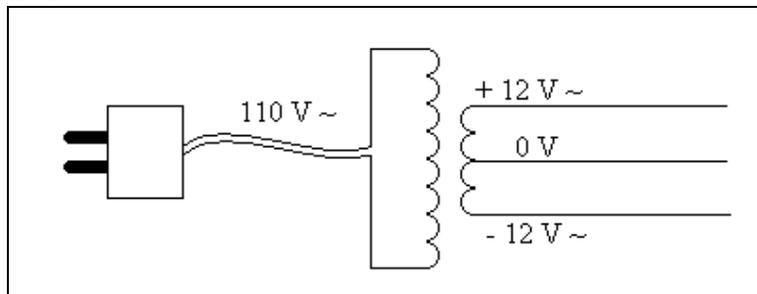


Fig. 2 – Conexão do transformador à rede elétrica.

A ponte retificadora pode ser conectada ao transformador conectando-se os fios +12 V ~ e 0 V, obtendo-se saída de 12,5 V contínua ou ainda conectando-se os fios +12 V ~ e -12 V ~, obtendo-se saída de 24 V contínua. A ponte retificadora é um conjunto de diodos dispostos conforme indicado na Figura 3, que possibilitam que uma corrente alternada possa fluir em um único sentido após passar por ela.

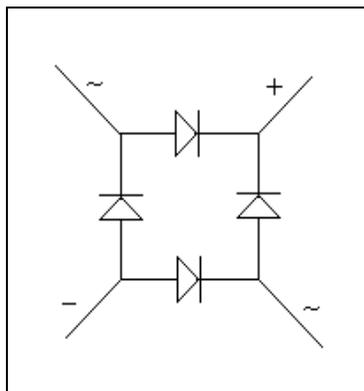


Fig. 3 – Ponte retificadora. Aos conectores indicados com “~” deve-se ligar a fonte de corrente alternada; aos conectores indicados com “+” e “-” é possível obter-se a corrente contínua.

Uma lâmpada foi conectada ao fio +12 V ~ e outra ao fio -12 V ~, e funcionam como resistores de proteção, impedindo que uma corrente muito alta queime o circuito. As lâmpadas servem também para que se possa “ver a corrente” carregando os capacitores.

O circuito montado pode ser observado na Figura 4.

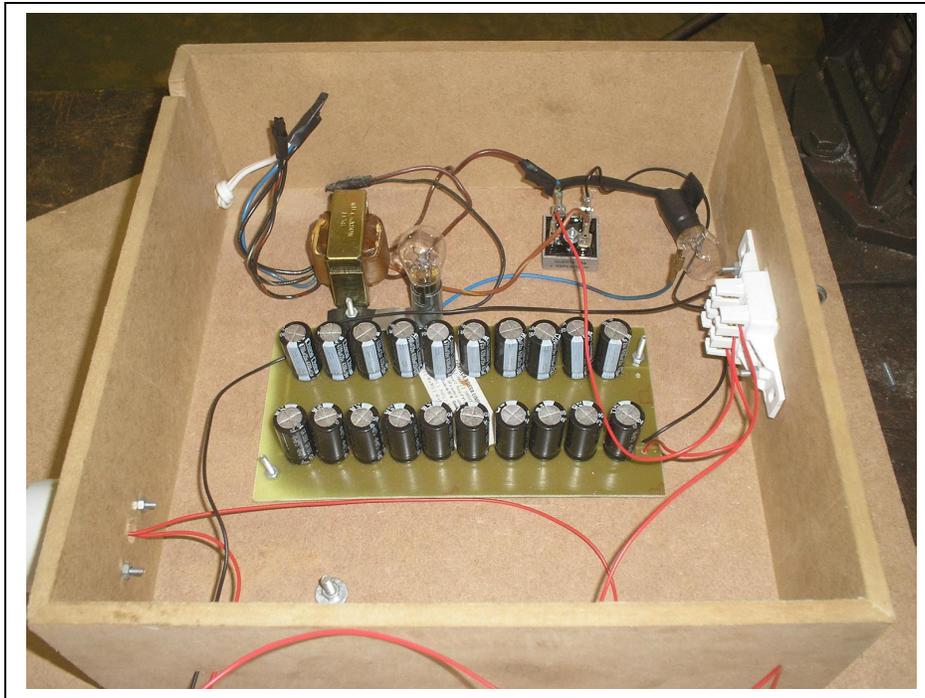


Fig. 4 – Circuito completo.

#### **A bateria de capacitores:**

Os 20 capacitores foram soldados à placa de circuito impresso de maneira que formassem uma ligação em paralelo. Os capacitores, quando ligados em paralelo, tem a sua capacitância somada. Desta forma os 20 capacitores ligados (Figura 4) totalizam 94.000  $\mu\text{F}$  de capacitância.

#### **O solenóide:**

O solenóide foi obtido enrolando-se fio de cobre esmaltado em um êmbolo de seringa descartável. O resultado está mostrado na Figura 5.

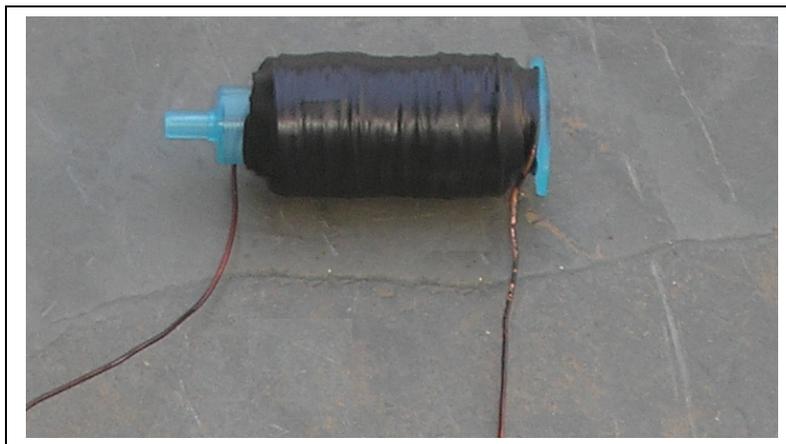


Fig. 5 – Solenóide enrolado em êmbolo de seringa descartável.

#### **O medidor de velocidade:**

Ligando-se cada pólo do botão *start/stop* do cronômetro a um fio, e utilizando fita isolante e cola para que a ligação fique firme, conforme a Figura 6, o circuito do cronômetro foi alterado.

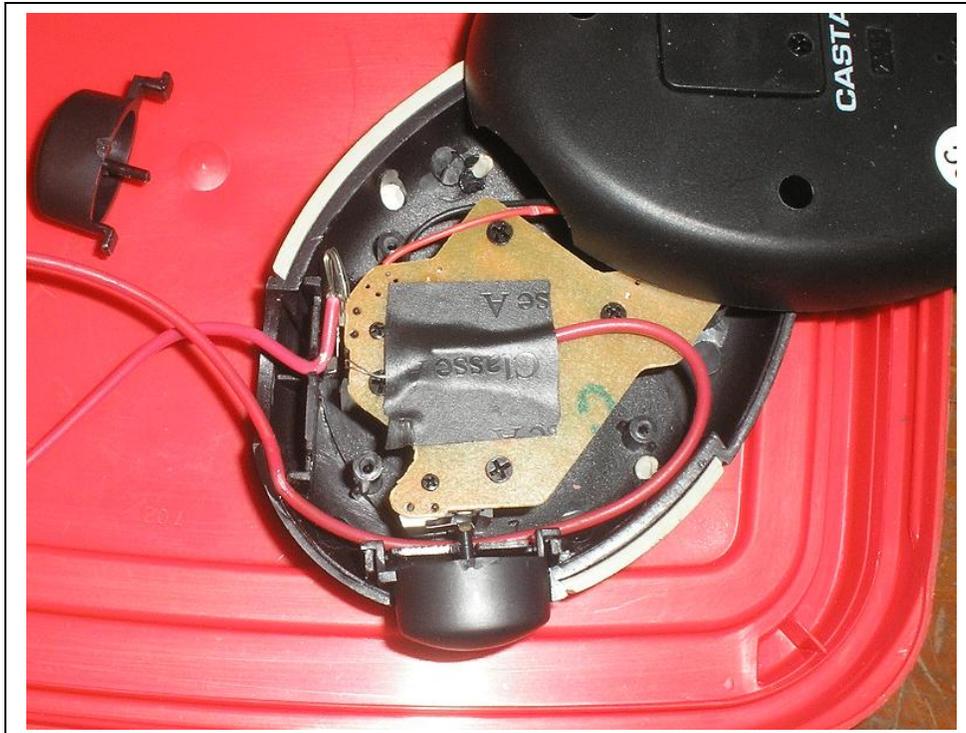


Fig. 6 – Cronômetro aberto com *start/stop* já alterado.

Um dos fios é ligado a um eixo de cobre, onde é presa uma pequena estrutura de papel alumínio; o outro fica suspenso próximo ao papel (Figura 7). Ao passar por este ponto, a bolinha empurra o alumínio e este toca o fio solto, fechando o contato e acionando o cronômetro.



Fig. 7 – Sensor feito de papel alumínio e bobina.

Estando as alças posicionadas a 1 m uma da outra, basta dividir esta distância pelo tempo marcado pelo cronômetro para se saber a velocidade da bolinha em m/s.

#### **A união dos elementos:**

Utilizando-se um fio flexível vermelho para os pólos positivos e preto para os pólos negativos, o circuito foi montado da seguinte maneira: um dos interruptores foi destinado à ligação dos pólos positivos e outro dos pólos negativos. No pólo comum do interruptor foi ligada a bateria de capacitores; no pólo superior foi ligado o solenóide e no inferior foi ligada a fonte. Desta maneira é possível carregar os capacitores de forma simples e depois ligá-los ao solenóide para que seja feito o lançamento.

O interruptor de campainha é um interruptor de dois pólos que é acionado pelo operador e tem seu retorno feito por mola. Este interruptor foi conectado entre o pólo positivo do interruptor paralelo e a bobina; desta forma, mesmo que os interruptores paralelos estejam na posição de lançamento, o circuito ainda não está fechado e a corrente não passa pelo solenóide.

Pode-se observar toda a montagem na Figura 4.

#### **A estrutura:**

Os componentes da fonte e a bateria de capacitores ficam alojados na caixa de MDF, e estão fixados a ela por meio de parafusos com porcas. A caixa, por sua vez, é fixada à chapa, para que esta funcione como uma base para todo o experimento.

A régua de alumínio funciona como trilho para que o projétil deslize sobre ela com o menor atrito possível. A régua também é fixada à base. Na régua há uma bolha de nível que permite aferir a inclinação do trilho, para que a bolinha não ganhe ou perca velocidade devido à inclinação.

A inclinação é regulada por meio de 3 parafusos com porcas e arruelas fixados à base, que podem ser estendidos ou encolhidos conforme a necessidade.

A montagem pode ser observada na Figura 8.



Fig. 8 – Experimento já completo. Alguns grampos ainda prendem as peças de madeira para que não se movam durante a secagem.

### Resultados atingidos

Utilizando o método descrito anteriormente na sessão Medidor de Velocidade, pode-se obter em 10 lançamentos as velocidades expressas na Tabela 1.

Tempo [s]	Velocidade [m/s]
1,53	0,65
1,37	0,73
1,41	0,71
1,40	0,71
1,50	0,67
1,47	0,68
1,44	0,69
1,22	0,82
1,44	0,69
1,50	0,67

Tabela 1 – Tempos e velocidades aferidas em 10 lançamentos consecutivos.

### Dificuldades encontradas

A maior dificuldade foi refazer o arranjo original do cronômetro, para que esse funcionasse conforme necessário.

## **Descrição do trabalho**

O experimento gira em torno dos conceitos fundamentais do eletromagnetismo; uma bobina com corrente, o popular “eletro-ímã”, é utilizado para atrair uma esfera de aço. O aço contém muito ferro, que é fortemente atraído pelos campos magnéticos. Um material ferromagnético em um campo magnético externo desenvolve um forte momento de dipolo magnético na mesma direção do campo externo. Se o campo for não uniforme o material será atraído em direção à região de campo mais forte.

No solenóide com corrente o campo magnético é mais forte no seu centro; dessa forma os materiais ferromagnéticos são atraídos para o centro da bobina.

Um capacitor é um elemento utilizado para armazenar energia elétrica, e uma das suas propriedades mais interessantes é a descarga rápida, devida à sua baixa resistência interna. Ao usar um capacitor para gerar a corrente em uma bobina, um campo magnético forte e de curta duração é gerado. Este campo magnético pode ser usado para atrair rapidamente a esfera metálica, fazendo com que ela ganhe velocidade.

Ao se colocar a esfera ferromagnética posicionada conforme indicado na Figura 1, e o circuito for fechado, o campo magnético gerado pela corrente passando pelo solenóide atrai o projétil para o centro da bobina. Caso o objeto passe do centro e ainda haja corrente circulando, ele será atraído novamente para o centro, caindo em movimento oscilatório; por isso, para que o lançamento tenha sucesso, é necessário que um pulso forte e breve de corrente circule pelo fio, gerando um pulso magnético também breve, que deve ser suficiente apenas para realizar o lançamento.

## **Referências**

Fundamentos de Física/Halliday, Resnick, Jearl Walker, Volume 3.  
Física / Gualter & André, Volume único.

## **Comentários do orientador**

O arranjo elaborado acabou sendo bem mais difícil de ser construído do que imaginado inicialmente, em especial a modificação do cronômetro, para que se dispusesse de uma medida mais precisa do tempo. O aluno realizou todo o trabalho e toda a parte experimental de forma bastante independente, com iniciativa própria para a solução dos problemas e dificuldades. Essas dificuldades impediram dispor de um tempo maior para medidas e tratamento dos dados. De qualquer forma o experimento é bastante interessante, envolve uma área do conhecimento (eletromagnetismo) onde há muita dificuldade para a compreensão dos fenômenos envolvidos, sendo de grande ajuda aos professores do Ensino Médio. Considero o desempenho do aluno muito bom e o experimento realizado com sucesso.