

# Projeto de Instrumentação para o ensino - F809

## Relatório Parcial

### Eletrobalança para medir microgramas

Aluno: João Antônio Baldo Aydar RA: 001851

Orientadora: Maria José Santos Pompeu Brasil

#### Introdução

Balanças para microgramas são instrumentos de alta precisão com capacidade de medir massas extremamente pequenas. Os modelos comerciais em geral são bastante elaborados e podem custar mais de 10 mil dólares. No entanto, é possível construir uma eletrobalança que pode medir com boa precisão massas de até ~100 mg com precisão de ~10  $\mu\text{g}$  por menos de 30 dólares [1].

#### Objetivo

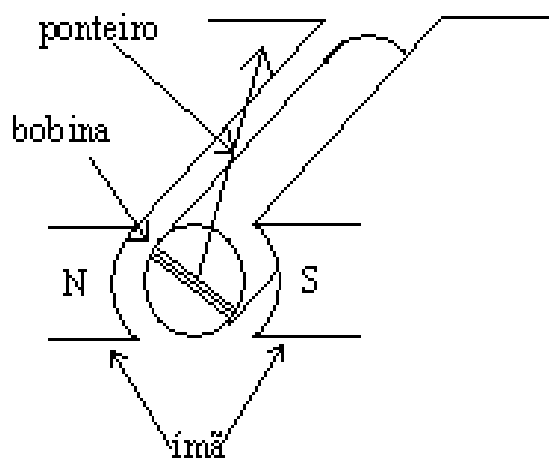
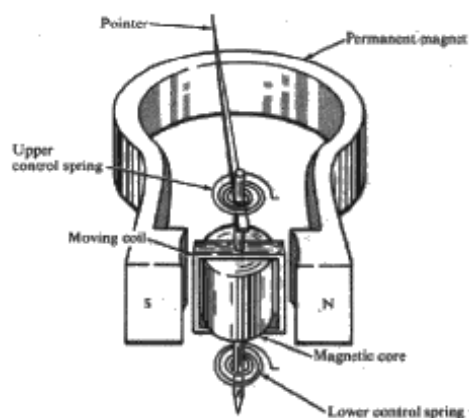
Este projeto visa a construção de uma eletrobalança com precisão da ordem de 10 microgramas. A eletrobalança é um instrumento útil e interessante para estudar e demonstrar vários conceitos fundamentais de física nas seguintes áreas:

- Campo Magnético
- Mecânica Clássica
- Circuitos elétricos

#### Descrição do Experimento e Resultados

Nossa eletrobalança é baseada num galvanômetro, um instrumento básico para medir correntes elétricas geralmente utilizados em amperímetros analógicos. A seguir, discutimos brevemente seu funcionamento.

O galvanômetro mais comum é o do tipo "bobina móvel", também chamado galvanômetro de D'Arsonval, representado esquematicamente nas figuras abaixo.

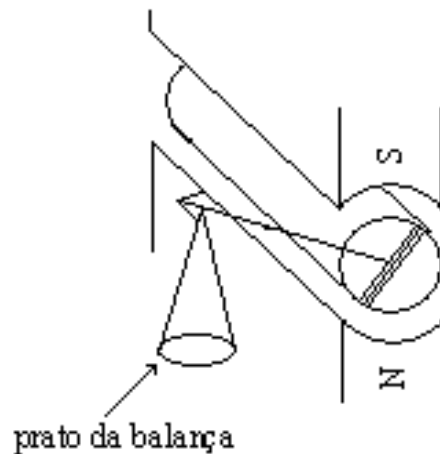


Uma bobina retangular é enrolada num núcleo de material ferromagnético, que por sua vez está imerso no campo magnético gerado por um ímã permanente. Quando uma corrente elétrica é aplicada na bobina, aparece uma interação entre essa corrente e o campo magnético gerado pelo ímã na forma de uma força sobre o condutor. As forças aparecem nos lados maiores do retângulo que formam a bobina, nos quais a direção da corrente é perpendicular ao campo magnético do ímã. Apesar das forças terem módulo iguais e sentidos opostos, de modo que a força resultante sobre a bobina é nula, o torque sobre ela não é nulo.

Uma agulha (ponteiro) é presa na bobina para indicar seu ângulo em relação ao sistema. Além disso, a bobina está acoplada a duas molas espirais que na ausência de corrente mantém a bobina numa dada posição angular, para a qual seu ponteiro indique o zero do aparelho. Quando uma corrente circula na bobina, o torque da força magnética faz com que a nova posição de equilíbrio da bobina

ocorra num ângulo diferente da condição sem corrente, gerando uma deflexão no ponteiro. Esta deflexão é proporcional a corrente na bobina. Assim, é possível montar uma escala previamente calibrada de modo que o ponteiro indique a corrente na bobina.

Na montagem da balança, montamos o galvanômetro na posição vertical e utilizamos o ponteiro de um galvanômetro para pendurar o “prato” da balança, como mostrado abaixo.



Antes de colocar o objeto a ser pesado no prato, ajustamos a corrente na bobina de modo que seu ponteiro fique na posição horizontal. Em seguida colocamos o objeto cuja massa desejamos determinar no prato da balança e aumentamos a corrente na bobina até que o ponteiro volte para a posição inicial. O aumento da corrente é feito através de uma fonte de voltagem variável acoplada ao sistema. A tensão necessária para o sistema ficar em equilíbrio com o ponteiro na horizontal está linearmente relacionada com a massa do objeto. Assim, podemos calibrar a balança, medindo esta voltagem e fazendo uma tabela com as voltagens correspondentes a diferentes pesos com massas conhecidas.

### Material e Montagem

- ▶ Um galvanômetro (pode ser obtido de um amperímetro velho).
- ▶ Papel alumínio e fio fino e leve para montar o prato da balança.
- ▶ Placa de alumínio para servir de base para o aparelho.
- ▶ Componentes para montar o circuito eletrônico: duas baterias de 9 Volts, um regulador de tensão 7806, capacitores (4700  $\mu\text{F}$ ; 0,5  $\mu\text{F}$ ; 10  $\mu\text{F}$ ; 20  $\mu\text{F}$ ), dois resistores de resistência variável de 0-100 K $\Omega$ .

► Uma caixa de acrílico para isolar a balança do meio externo.

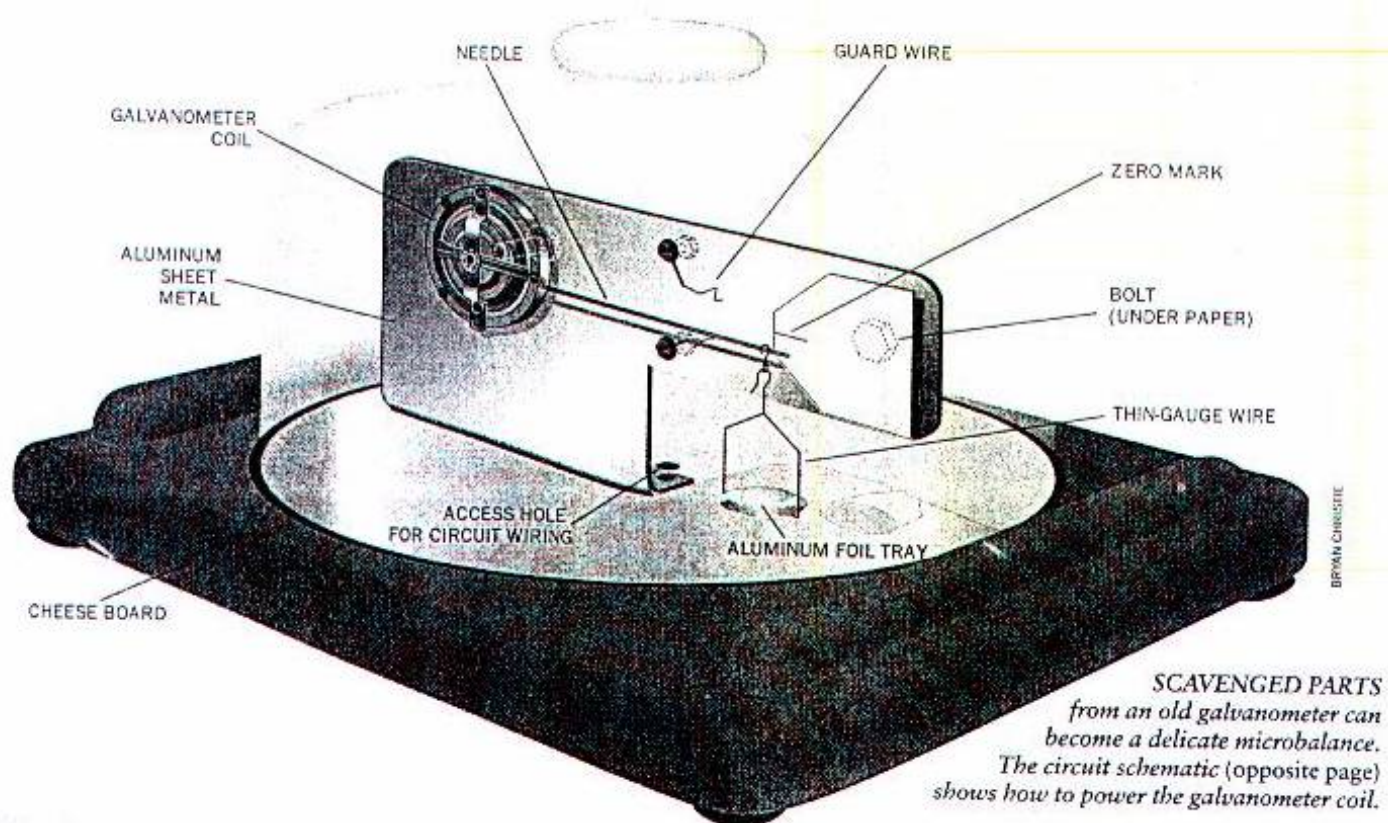


Diagrama representando a eletrobalança [1].

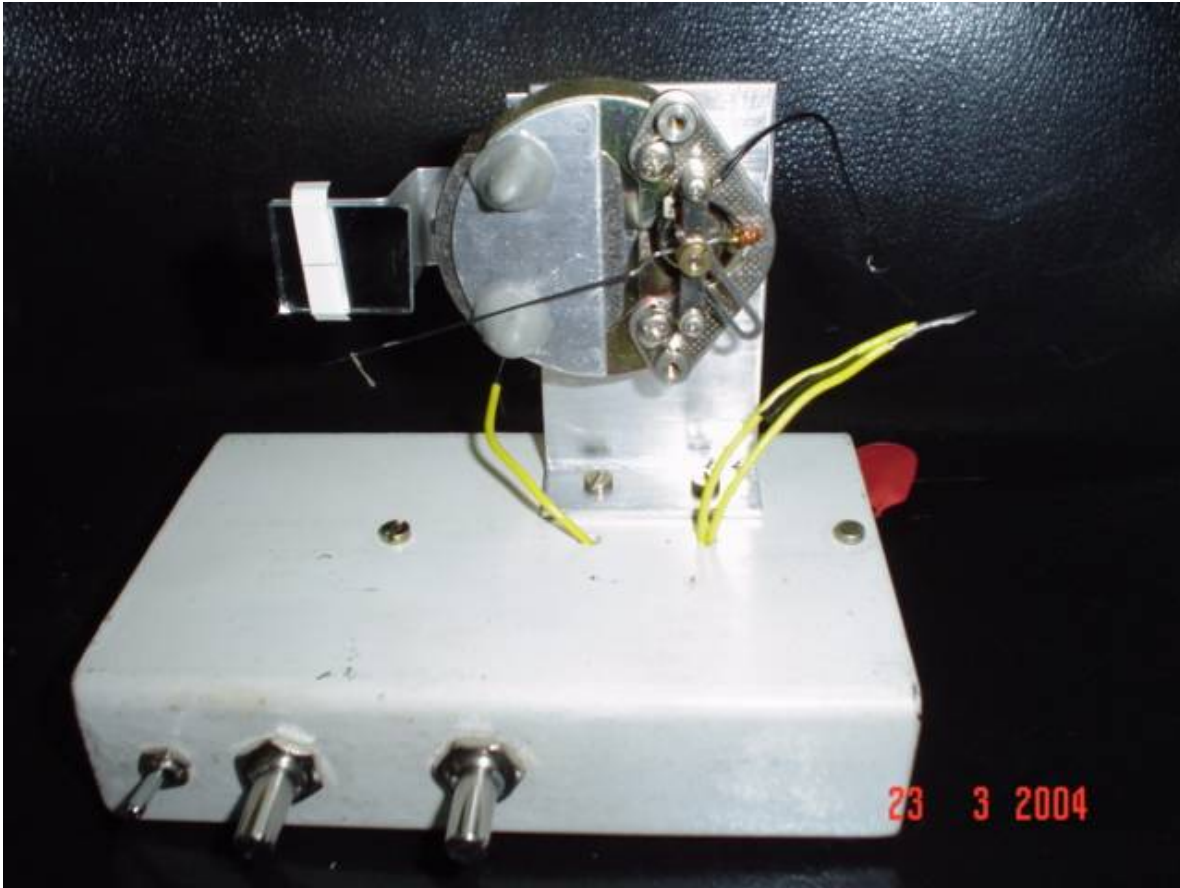
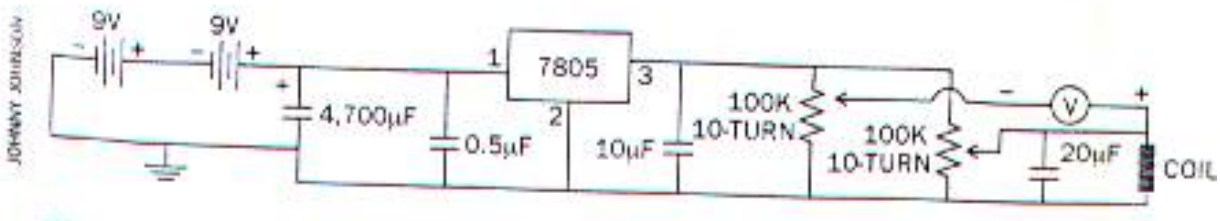


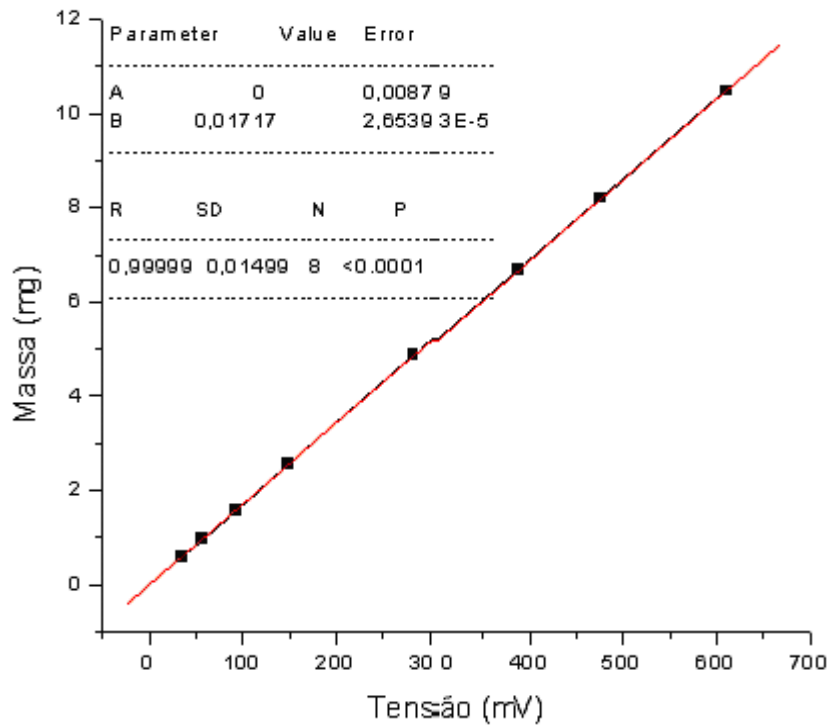
Foto tirada da balança construída



Circuito de controle da balança.

### Gráfico de calibração

Para calibrar a balança, foram usadas massas pesadas em uma balança de precisão do Instituto de Química da Unicamp (IQ). Apresentamos abaixo um gráfico das voltagens necessárias para equilibrar a eletrobalança para as massas medidas versus o valor da massa medida na balança do IQ.

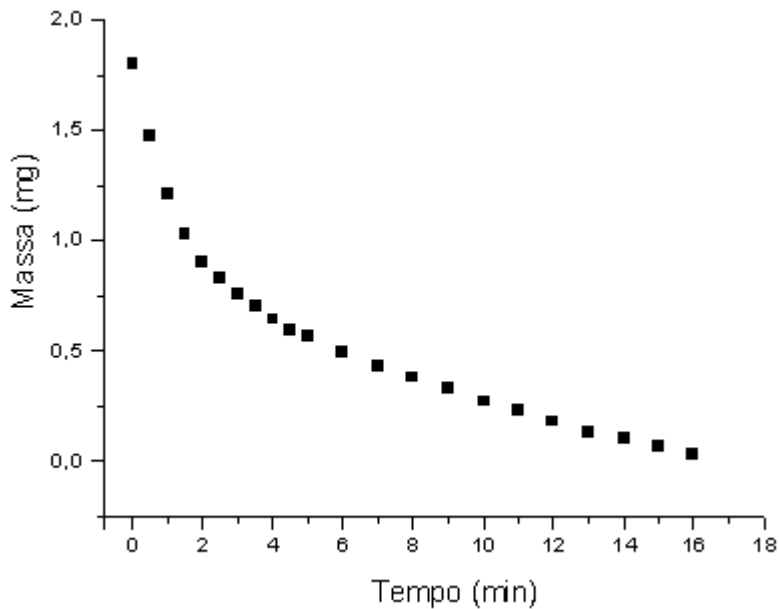


Portanto vemos que cada (mV) aplicado corresponde a uma massa de cerca de 17 $\mu$ g. Portanto será usado o fator 0,01717 (obtido pelo gráfico) para a correção, ou seja, multiplicando o resultado obtido em mV pela balança por 0,01717 será obtida a massa em mg.

Para calcular o erro, foram feitas várias medidas das massas (inclusive em dias diferentes) e foi constatado que a variação máxima dos valores obtidos foi sempre menor que 1 mV. Portanto pode-se estimar que o erro de nossa eletrobalaça é da ordem de 0,5 mV para mais ou para menos, o que corresponde a um erro de ~9  $\mu$ g após a conversão para gramas.

### Experimento Realizado

Como aplicação da balança, realizamos um experimento para observar a evaporação de uma gota de um líquido. Foi colocada uma gota de álcool no prato da balança e com o uso de um cronômetro foi medida a perda de massa em função do tempo. Com os dados obtidos, foi construído o gráfico abaixo.



O resultado mostra uma dependência interessante da massa da gota em função do tempo. Nos primeiros 5 minutos a taxa de evaporação da gota é relativamente alta, mas esta taxa diminui significativamente nos 5 minutos seguintes. A partir de então, a taxa de evaporação mostra uma tendência de estabilizar num valor mais baixo do que a taxa inicial. Este comportamento parece consistente e deve estar relacionado com a dependência da taxa de evaporação com a área superficial da gota.

### Importância Didática

A importância didática da montagem da eletrobalança se deve ao fato dela explorar vários conceitos básicos de mecânica clássica (força de uma mola e torque), campo magnético (ímã, força magnética sobre uma corrente) e a montagem de um circuito elétrico. A eletrobalança também permite compreender melhor o funcionamento de um galvanômetro, um instrumento de grande utilidade prática. Finalmente, a eletrobalança é um instrumento simples de montar e de baixo custo, mas de grande utilidade num laboratório, permitindo realizar várias medidas interessantes para investigar e demonstrar conceitos de física.

[1] Scientific American, THE AMATEUR SCIENTIST, "Homemade microgram eletrobalances", Shawn Carlson, June 1996.