

Nota: 9,5/10



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**CENTRO DE INOVAÇÃO - INOVA USP**  
Curso de Ciências Moleculares



Felipe Amorim - 14569219  
Henry Acciari - 14578557  
Larissa Meloni - 15467875  
Lira Nemi de Freitas - 10366800

**RELATÓRIO Nº6 DE AULA PRÁTICA:**

Fenômenos térmicos e gases

Relatório referente à aula prática ministrada no dia 19/05/2025 na disciplina CCM0122 - Física II do Curso de Ciências Moleculares da Universidade de São Paulo, na modalidade de bacharelado, como requisito parcial avaliativo para aprovação semestral.

**Orientador:** Prof. Dr. Caetano Rodrigues  
Miranda

# 1. Termoscópio de Galileu

## Introdução

O termoscópio de Galileu é um instrumento projetado para detectar variações de temperatura, embora não as meça em uma escala definida. Historicamente, é um dos primeiros dispositivos desenvolvidos com esse propósito, atribuído a Galileu Galilei no final do século XVI ou início do século XVII. Ele representou um passo fundamental para a compreensão de que o calor e o frio poderiam ser quantificados, pavimentando o caminho para o desenvolvimento dos termômetros.

## Métodos

O princípio físico por trás do termoscópio de Galileu é a dilatação térmica dos gases, especificamente do ar. O aparelho consiste tipicamente em um bulbo de vidro contendo ar, conectado a um tubo fino que mergulha em um recipiente com líquido (geralmente água colorida). Quando a temperatura do ar no bulbo aumenta, o ar se expande, exercendo pressão sobre a coluna de líquido e fazendo-a descer no tubo (ou subir no recipiente, dependendo da configuração). Inversamente, uma diminuição da temperatura faz o ar contrair-se, permitindo que a pressão atmosférica empurre o líquido para cima no tubo.

A ordem de grandeza medida é puramente qualitativa. O termoscópio indica se algo está "mais quente" ou "mais frio" em relação a um estado anterior, observando-se o deslocamento do nível do líquido. Não há uma escala numérica associada, e sua leitura é também influenciada pela pressão atmosférica, o que limita sua precisão como um medidor de temperatura absoluto.

## Conclusão

A principal vantagem do termoscópio de Galileu é sua simplicidade conceitual e construtiva, tornando-o uma excelente ferramenta didática para demonstrar o fenômeno da dilatação térmica dos gases. Sua desvantagem fundamental é a ausência de uma escala de medição e sua sensibilidade às variações da pressão atmosférica, o que o torna inadequado para medições precisas de temperatura, distinguindo-o dos termômetros propriamente ditos.

## **2. Termômetro de Galileu**

### **Introdução**

O "Termômetro de Galileu", como é popularmente conhecido hoje, é um tipo de termômetro que consiste em um cilindro de vidro selado contendo um líquido transparente e várias esferas de vidro de diferentes densidades que flutuam ou afundam com a variação da temperatura. Embora o nome sugira uma invenção direta de Galileu Galilei, o design moderno é mais precisamente uma evolução baseada nos princípios de flutuabilidade e densidade que Galileu estudou, com desenvolvimentos posteriores por outros cientistas, notadamente pela Accademia del Cimento de Florença no século XVII.

### **Métodos**

O funcionamento do termômetro de Galileu baseia-se em dois princípios físicos fundamentais: o Princípio de Arquimedes (que relaciona a força de empuxo sobre um objeto imerso em um fluido à densidade do fluido e ao volume do objeto) e a variação da densidade de um líquido com a temperatura. O líquido dentro do cilindro (geralmente água ou uma mistura de álcool e água) torna-se menos denso à medida que a temperatura aumenta e mais denso à medida que a temperatura diminui.

Cada esfera de vidro possui uma etiqueta com um valor de temperatura e é calibrada para ter uma densidade específica. À medida que a temperatura do líquido circundante muda, sua densidade também muda. As esferas que são mais densas que o líquido afundam, enquanto as que são menos densas flutuam. A temperatura é geralmente lida pela etiqueta da esfera mais baixa dentre aquelas que estão flutuando na parte superior do grupo de esferas, ou, em alguns designs, pela esfera mais alta dentre as que afundaram.

A ordem de grandeza medida é a temperatura ambiente, tipicamente com uma precisão de 1°C ou 2°C, dependendo da calibração e do número de esferas. As etiquetas nas esferas indicam valores discretos de temperatura.

### **Conclusão**

As vantagens do termômetro de Galileu incluem seu apelo estético e a demonstração clara dos princípios de densidade e flutuabilidade. É um objeto decorativo e educativo. Suas desvantagens são a precisão relativamente baixa em comparação com termômetros modernos (como os de mercúrio, álcool ou digitais), a lentidão na resposta a mudanças de temperatura e a fragilidade do vidro. A leitura também pode ser um pouco ambígua se várias esferas estiverem agrupadas.

### 3. Higrômetro (Psicrômetro)

#### Introdução

Um higrômetro do tipo psicrômetro é um instrumento utilizado para medir a umidade relativa do ar. O princípio do resfriamento por evaporação, fundamental para seu funcionamento, é conhecido há muito tempo, mas o desenvolvimento de psicrômetros práticos, utilizando um par de termômetros (bulbo seco e bulbo úmido), ocorreu principalmente durante os séculos XVIII e XIX, com contribuições de diversos cientistas.

#### Métodos

O princípio físico de funcionamento do psicrômetro é o resfriamento evaporativo. Ele consiste em dois termômetros idênticos. O bulbo de um termômetro, chamado "termômetro de bulbo seco", mede a temperatura ambiente normal. O bulbo do outro termômetro, chamado "termômetro de bulbo úmido", é coberto por um pavio de algodão ou musselina que é mantido úmido com água destilada.

Quando o ar passa pelos dois bulbos (seja por ventilação natural ou forçada, como em um psicrômetro de funda), a água no pavio do bulbo úmido evapora. O processo de evaporação requer energia (calor latente de vaporização), que é retirada do bulbo úmido, fazendo com que sua temperatura caia. A taxa de evaporação e, conseqüentemente, o grau de resfriamento do bulbo úmido, dependem da quantidade de vapor de água já presente no ar (umidade relativa). Se o ar estiver seco, a evaporação será rápida e o resfriamento significativo. Se o ar estiver saturado (100% de umidade relativa), não haverá evaporação líquida e os dois termômetros mostrarão a mesma temperatura.

A diferença entre a temperatura do bulbo seco  $T_s$  e a temperatura do bulbo úmido  $T_u$ , conhecida como depressão psicrométrica, é usada para determinar a umidade relativa do ar, geralmente consultando-se tabelas psicrométricas ou utilizando fórmulas empíricas.

A ordem de grandeza medida é a umidade relativa do ar, expressa em porcentagem (de 0% a 100%). As temperaturas são medidas em graus Celsius ou Fahrenheit, e a diferença entre elas pode variar de 0°C (em ar saturado) a vários graus, dependendo da secura do ar e da temperatura ambiente.

#### Conclusão

As vantagens do psicrômetro incluem sua relativa simplicidade, confiabilidade (quando usado corretamente) e o fato de ser um método fundamental para a medição de umidade, servindo de base para a calibração de outros tipos de higrômetros. Suas desvantagens são a necessidade de uma fonte de água limpa para o pavio, a necessidade de ventilação adequada para leituras precisas (psicrômetros de funda ou aspirados são melhores), e o fato de que a umidade relativa não é lida diretamente, mas calculada ou obtida de tabelas. A precisão pode ser afetada pela contaminação do pavio ou da água.

## **4. Anel de Gravesande**

### **Introdução**

O Anel de Gravesande é um aparato clássico de demonstração física, concebido pelo cientista holandês Willem's Gravesande no início do século XVIII. Seu objetivo principal é demonstrar de forma qualitativa e visualmente impactante o fenômeno da dilatação térmica dos sólidos, especificamente de metais.

### **Métodos**

O princípio físico demonstrado é a dilatação volumétrica (ou linear, que leva à volumétrica) dos sólidos quando aquecidos. O aparato consiste em uma esfera metálica e um anel metálico, geralmente do mesmo material ou de materiais com coeficientes de dilatação semelhantes. À temperatura ambiente, a esfera é construída para passar justamente através do anel.

O experimento é realizado em duas etapas:

1. À temperatura ambiente, mostra-se que a esfera passa pelo anel.
2. A esfera é então aquecida (por exemplo, em uma chama). Devido ao aumento da temperatura, a energia cinética média de seus átomos aumenta, fazendo com que eles vibrem com maior amplitude e se afastem uns dos outros. Isso resulta em uma expansão do volume da esfera. Ao tentar passar a esfera aquecida pelo anel (que permanece à temperatura ambiente), observa-se que ela não mais atravessa.
3. Se a esfera for deixada esfriar, ou se o anel for aquecido (fazendo com que ele também se expanda), a esfera poderá passar novamente.

A ordem de grandeza da medição é qualitativa. O experimento não visa medir o coeficiente de dilatação térmica, mas sim demonstrar que a dilatação ocorre e pode ter efeitos macroscópicos. A variação no diâmetro da esfera ou do anel é pequena em termos absolutos, mas suficiente para impedir a passagem. Por exemplo, para um metal como o latão, com um coeficiente de dilatação linear de aproximadamente  $19 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , um aumento de temperatura de  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$  em uma esfera de 2 cm de diâmetro resultaria em um aumento de diâmetro da ordem de 0,0038 cm ou 38  $\mu\text{m}$ , o que pode ser suficiente para impedir a passagem por um anel com folga mínima.

### **Conclusão**

A grande vantagem do Anel de Gravesande é sua clareza e simplicidade em demonstrar um conceito físico fundamental. É uma ferramenta didática eficaz e memorável. A principal desvantagem é que ele é puramente qualitativo e não permite medições quantitativas precisas do coeficiente de dilatação sem instrumentação adicional e um design mais sofisticado.

## 5. Par Bimetálico

### Introdução

Um par bimetálico (ou lâmina bimetálica) é um dispositivo que converte uma variação de temperatura em um deslocamento mecânico. Ele consiste em duas tiras de metais diferentes, com coeficientes de dilatação térmica distintos, unidas rigidamente ao longo de seu comprimento. O princípio foi compreendido e aplicado já no século XVIII, com John Harrison utilizando uma forma de compensação bimetálica em seus cronômetros marítimos para melhorar a precisão.

### Métodos

O princípio físico de funcionamento do par bimetálico é a dilatação térmica diferencial. Quando a temperatura do par bimetálico aumenta, ambos os metais se expandem, mas o metal com o maior coeficiente de dilatação térmica se expande mais do que o outro. Como as duas tiras estão firmemente unidas, essa expansão desigual força a lâmina a curvar-se, com o metal de maior expansão formando o lado externo da curva. Se a temperatura diminui abaixo da temperatura em que as tiras foram unidas, a lâmina se curva na direção oposta, pois o metal com maior coeficiente de dilatação também se contrai mais.

A curvatura resultante pode ser usada para diversas aplicações, como fechar ou abrir contatos elétricos em termostatos, mover ponteiros em termômetros de quadrante, ou atuar como elemento de desarme em disjuntores.

A ordem de grandeza do fenômeno depende da diferença nos coeficientes de dilatação linear dos dois metais ( $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ ), da variação de temperatura ( $\Delta T$ ), do comprimento da lâmina ( $L$ ) e de sua espessura ( $h$ ). A deflexão ou curvatura pode ser calculada, mas para fins de demonstração, observa-se um deslocamento mecânico visível que pode ser pequeno (milímetros) ou maior, dependendo do design e da variação de temperatura aplicada. Em aplicações práticas, essa deflexão é projetada para ser suficiente para realizar um trabalho útil, como acionar um interruptor.

### Conclusão

As vantagens do par bimetálico incluem sua simplicidade, robustez, baixo custo e a capacidade de operar sem fonte de energia externa (além da variação de temperatura que está medindo ou respondendo). São amplamente utilizados em uma variedade de dispositivos de controle de temperatura. As desvantagens incluem uma precisão que pode ser inferior à de sensores eletrônicos modernos, uma certa histerese (a temperatura de acionamento pode ser ligeiramente diferente ao aquecer e ao resfriar) e a possibilidade de fadiga do material após muitos ciclos de operação. A resposta também pode não ser perfeitamente linear em grandes faixas de temperatura.