

## LABORATÓRIO DE FÍSICA MOLECULAR E TERMODINÂMICA

(Laboratório criado pelo prof. Dr. Ivanor Nunes de Oliveira e desenvolvido sob sua orientação)



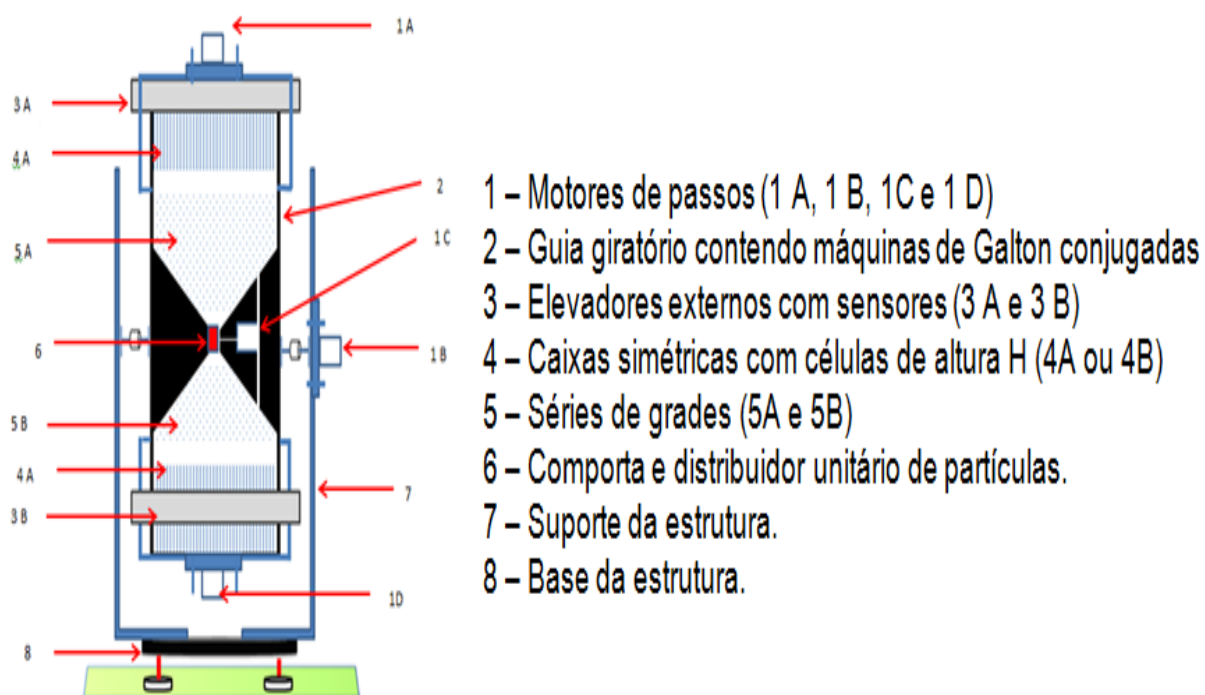
Conjunto de fotos 1 – Vista Parcial do Laboratório de Física Molecular e Termodinâmica

## Trabalho de Laboratório No. 1

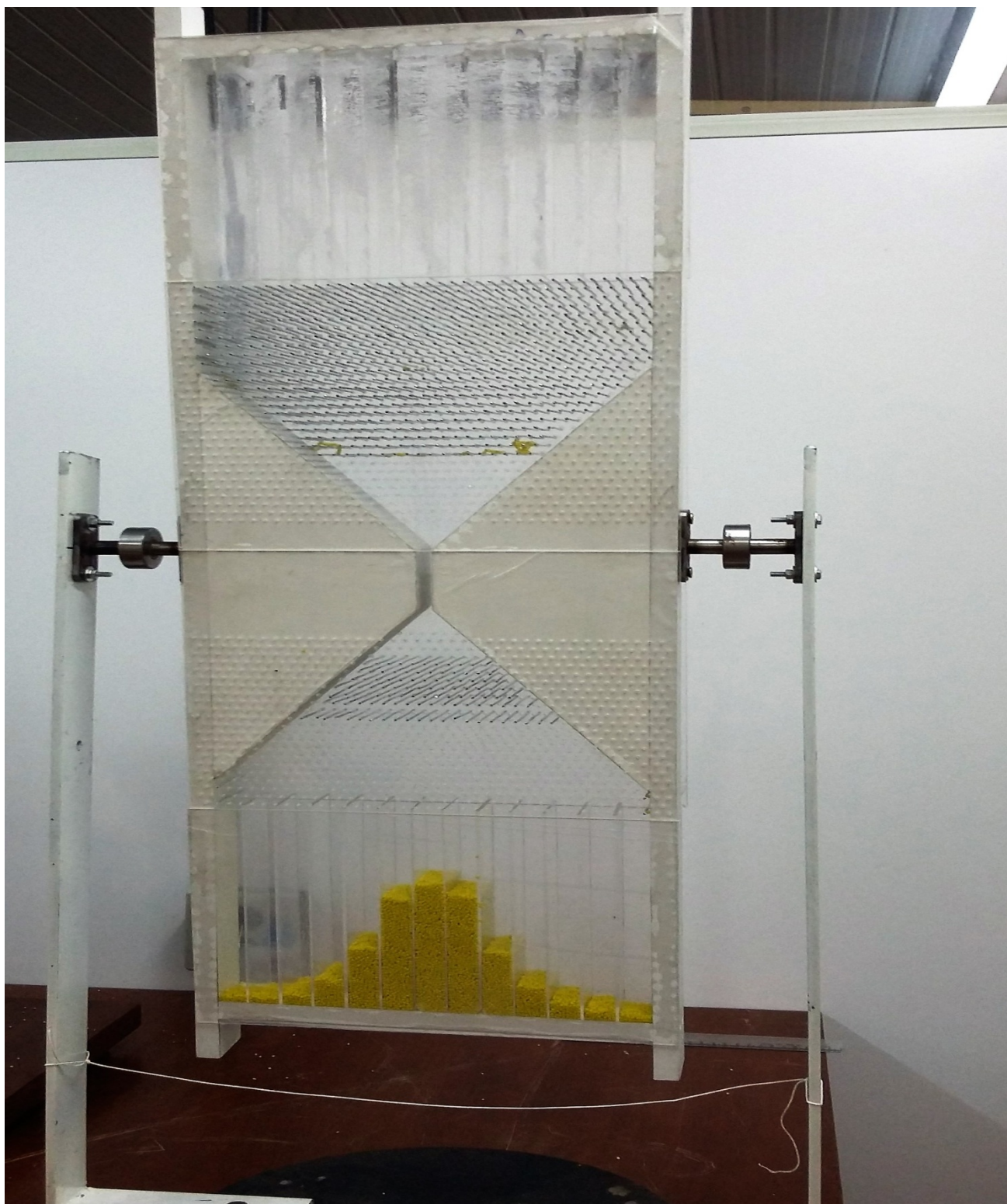
### Familiarização com as regularidades estatísticas em um modelo mecânico

#### Objetivo do Trabalho:

1. Verificação experimental da lei de distribuição de Gauss.



**Fig. 1 – Desenho esquemático da maquete experimental da máquina de Galton conjugada automatizada para a familiarização com as regularidades estatísticas em um modelo mecânico.**



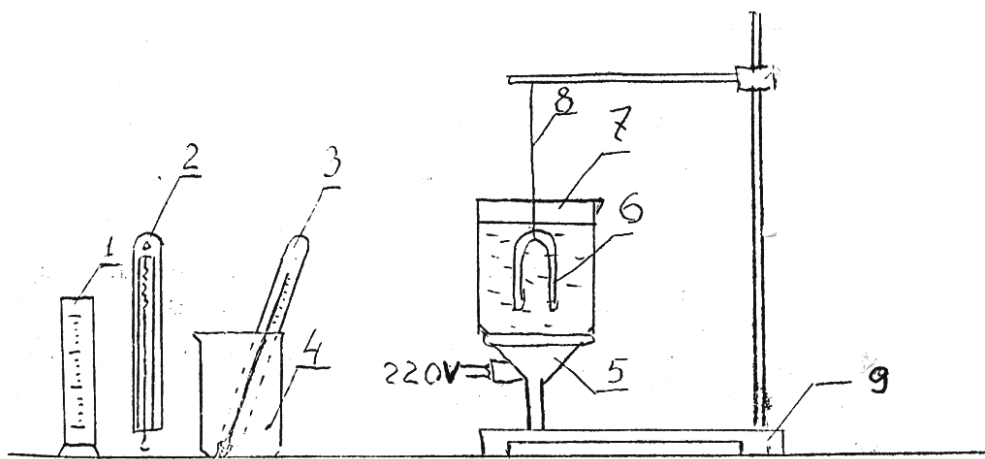
**Foto 2 - Foto da maquete experimental da máquina de Galton conjugada desenvolvida sob a orientação do Prof. Dr. Ivanor Nunes de Oliveira para a familiarização com as regularidades estatísticas em um modelo mecânico.**

## Trabalho de Laboratório No. 2

### DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE CORPOS SÓLIDOS

#### Objetivo do Trabalho:

1. Medição do calor específico de diferentes metais.



**Fig. 2 - Esquema da maquete experimental para a determinação do calor específico de corpos sólidos.**

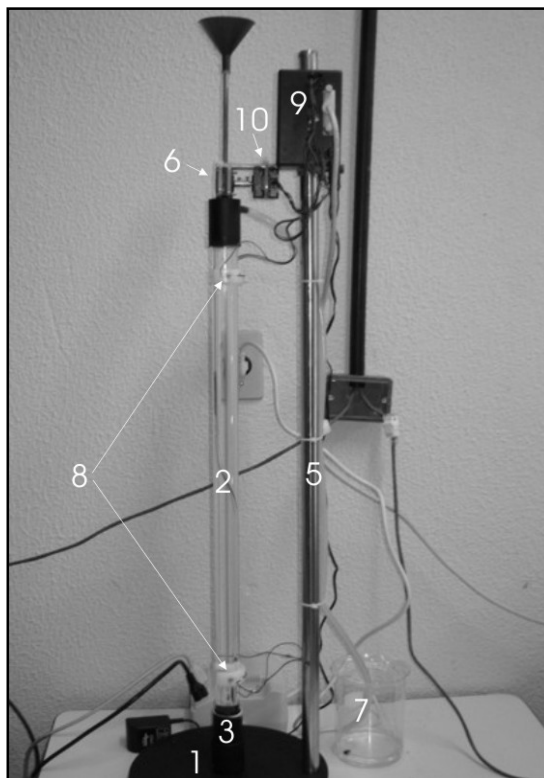
Aparelhos e acessórios utilizados para a determinação da capacidade calorífica específica de um sólido: 1- proveta graduada; 2 – dinamômetro; 3 – termômetro; 4- calorímetro; 5 - aquecedor elétrico; 6 – amostra; 7 – copo de 500 ml; 8 – fio (ou corda); 9- suporte.

### Trabalho de Laboratório No. 3

## DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE DE UM LÍQUIDO PELO MÉTODO DE STOKES

### Objetivo do Trabalho:

Determinação da viscosidade dinâmica de um líquido pela velocidade de queda neste de uma esfera e estabelecimento da dependência da viscosidade de um líquido da temperatura.



### Foto 3 - Maquete experimental automatizada para a determinação da viscosidade de um líquido pelo método de Stokes

A maquete experimental automatizada para a determinação da viscosidade de líquidos pelo método de Stokes, apresentada na Foto 2, foi projetada e construída de acordo com o “Projeto de automatização das medições e da elaboração dos dados dos experimentos de física do Laboratório de Física Molecular e Termodinâmica da UESB. Ela é constituída pelas seguintes partes: 1) Base metálica com pés niveladores;

2) Tubo de vidro transparente instalado verticalmente, que contém o líquido em estudo; 3) Sistema de retirada das esferas depositadas no fundo do tubo; 4) Tubo suporte de descarga das esferas acumuladas; 5) Haste metálica vertical com plataforma horizontal; 6) Sistema distribuidor individual de esferas; 7) Sistema de regulagem de altura da coluna de líquido; 8) Conjunto de sensores de passagem das esferas dentro da coluna líquida (LED/Foto-transistor) separados por uma distância  $L$ ; 9) Hardware para controle (*drive*) do motor de passo; 10) Motor de passo.

A base metálica com pés niveladores contém um furo central onde está fixado um suporte tubular de conexão com o sistema de retirada das esferas que caem na superfície do líquido em estudo e são depositadas na extremidade do tubo de vidro transparente ligada a este sistema. O sistema de retirada das esferas é formado por um compartimento cilíndrico ligado a dois registros de esfera. Mantendo-se, inicialmente, o registro superior aberto, as esferas depositadas no compartimento podem ser retiradas fechando-se este registro e abrindo-se o registro inferior. Tal procedimento permite a retirada das esferas, mantendo-se o nível original da coluna líquida. A mudança do líquido em estudo pode ser feita, de forma prática, soltando-se o sistema de retirada das esferas do seu encaixe para a lavagem do tubo. A haste metálica vertical parafusada na base pode ser ajustada radialmente. Desta maneira, a plataforma horizontal fixada na haste é posicionada de forma que as esferas caiam no centro do tubo que contém o líquido em estudo, com o auxílio do sistema distribuidor de esferas. Os sensores de infravermelho instalados e separados por uma distância conhecida captam o momento em que a esfera interrompe o raio infravermelho (IR) gerando um pulso de +5 Volts, que é enviado à porta paralela do computador, possibilitando a captura do evento por uma aplicação que “escute” esta porta.

O *hardware* de controle e medição da maquete experimental é composto por um *drive* de motor de passo e por dois sensores de passagem (um superior e outro inferior) formados por um LED transmissor infravermelho e de um foto-transistor receptor.

## Trabalho de Laboratório No. 4

### ESTUDO DE UM CICLO TERMODINÂMICO E DETERMINAÇÃO DA RAZÃO ENTRE AS CAPACIDADES TÉRMICAS MOLARES DOS GASES

#### Objetivos do Trabalho:

Estudo de um ciclo adiabático-isocórico-isotérmico e medição da relação entre as capacidades caloríficas isobárica e isocórica do ar.



Foto 4 - Maquete experimental construída para o estudo de um ciclo termodinâmico.

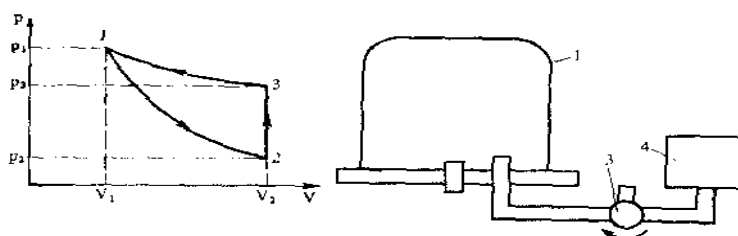


Fig. 3 - Ciclo termodinâmico Fig.4 - Esquema da maquete experimental

O ciclo termodinâmico dado na Fig. 3 é realizado com a utilização da maquete experimental mostrada na Foto 3, representada, esquematicamente, na Fig. 4. O recipiente 1, cujo volume é  $V_2$ , pode comunicar-se com o compressor 4 ou com a atmosfera através da válvula 3. O manômetro 2 está instalado sobre o recipiente 1. Inicialmente, o recipiente 1 é aberto para a atmosfera, depois, girando-se a válvula 3, é posto em comunicação com o compressor 4 que injeta ar neste. A temperatura do recipiente é mantida igual à temperatura do meio ambiente (compressão isotérmica). Como resultado, o ar dentro do recipiente é comprimido suplementarmente pelo ar injetado até a pressão  $p_1 = p_2 + \Delta p_1$  (**estado 1** na Fig. 3). O trabalho  $W_{31}$ , gasto na compressão do gás, transforma-se em calor que é despreendido através das paredes do recipiente para a atmosfera.

O seguinte passo é a abertura da válvula para a atmosfera para que ocorra a expansão do gás até a pressão  $p_2$  (**estado 2**). O processo deve ocorrer de forma bastante rápida para que possa ser considerado adiabático ( $pV^\gamma = const.$ ). O trabalho de expansão  $W_{12}$  realiza-se à custas da diminuição da energia interna do gás  $\Delta U = \left(i \frac{R}{2}\right)x(T_2 - T_1) = C_V(T_2 - T_1)$ , e o gás esfria-se.

Fechando-se a válvula, o recipiente é desligado da atmosfera. Com isto, o gás aquece-se, isocoricamente, devido à troca de calor com o meio exterior através das paredes do recipiente. A pressão atinge certo valor  $p_2 + \Delta p_3$  (estado 3). Com isto, não se realiza trabalho e a energia interna do gás aumenta-se à custa do calor fornecido a este,  $Q_{23} = C_V(T_1 - T_2)$ . Esta quantidade de calor é retirada pelo gás do meio ambiente (da atmosfera ou de qualquer corpo, que se esfria).

O ar, que realiza as passagens entre os estados indicados, ocupa nos estados 2 e 3 todo o volume do recipiente  $V_2$ . No estado 1, o ar está comprimido até um volume menor  $V_1$  pelo ar injetado suplementarmente.



## Trabalho de Laboratório No. 5

### DETERMINAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL PELO MÉTODO DAS ONDAS CAPILARES GRAVITACIONAIS

#### Objetivos do Trabalho:

1. Determinação da tensão superficial da água na fronteira com o ar pelo método de ondas capilares gravitacionais.
2. Familiarização com o meio de excitação de ondas na superfície da água com a ajuda de um vibrador eletromagnético com a utilização da iluminação estroboscópica.



**Fig. 5 - Cuba de ondas utilizada para a determinação da tensão superficial pelo método das ondas capilares gravitacionais (em desenvolvimento)**

Para a excitação das oscilações na cuba de ondas (Fig. 5), utiliza-se um oscilador eletromecânico alimentado pela rede de corrente alternada através do autotransformador. A frequência das oscilações pode ser variada com o auxílio de um resistor variável ligado ao circuito do motor, que pode variar a corrente de alimentação

do motor, mudando, assim, a frequência das oscilações do mecanismo. A frequência máxima das oscilações é a frequência da rede, ou seja,  $f_{max} = 60 \text{ Hz}$ .

O oscilador eletromecânico consiste de uma polia com furo excêntrico inserida no eixo de um motor que, ao girar, oscila uma haste apoiada na mesma. A haste está fixada na carcaça do mecanismo através de uma das extremidades. Para manter a haste sempre apoiada na superfície da polia utiliza-se um conjunto de molas. Perpendicularmente à extremidade livre da haste, está fixado um eixo com uma esfera na ponta. A posição da haste pode ser regulada de forma que a esfera toque a superfície do líquido contido na cuba. Durante o funcionamento do motor, a esfera excita na cuba ondas de superfície de igual frequência do motor. Para a medição do comprimento de onda, utiliza-se uma iluminação estroboscópica de uma lâmpada de neônio alimentada pela rede de corrente alternada, cuja frequência pode ser regulada. A sincronização da frequência do estroboscópio com a frequência do oscilador faz com que as ondas iluminadas pareçam estar imóveis, sendo que o seu comprimento de onda aparente  $\lambda_1$  é duas vezes menor que o comprimento de onda progressiva  $\lambda$ . Desta maneira, o quadro ondulatório pode ser visto com qualidade, pois as oscilações do oscilador e da lâmpada de neônio estão sincronizadas.

O quadro estático das ondas pode ser observado e projetado numa tela com o auxílio de uma câmera instalada debaixo do tanque e de um projetor digital.

A medição do comprimento de onda  $\lambda_1$  é feita utilizando-se uma película transparente com imagem de células milimétricas gravadas na mesma, justaposta no fundo do tanque. Assim, o quadro estático das ondas registrado permite medir o comprimento de onda  $\lambda_1$  destacando-se um intervalo que contenha um número inteiro de comprimentos de onda aparente.

## Trabalho de Laboratório No. 6

### DETERMINAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL DE UM LÍQUIDO PELO MÉTODO DA PRESSÃO MÁXIMA NUMA BOLHA

#### Objetivos do Trabalho:

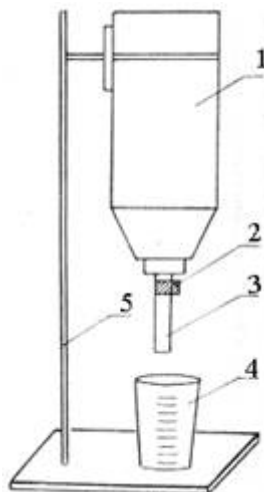
1. Estabelecer como varia a tensão superficial de uma solução de glicerina na água com o aumento da sua concentração.
2. Estabelecer como varia a tensão superficial de um líquido com o aumento da temperatura.



**Foto 5 - Maquete experimental construída para a determinação da tensão superficial de um líquido pelo método da pressão máxima numa bolha.**

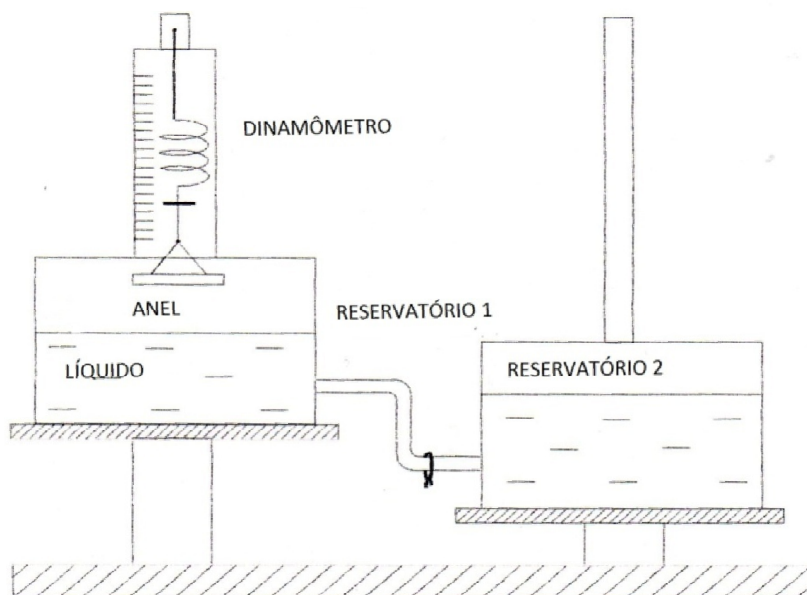
## Trabalho de Laboratório No. 7

### DETERMINAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL DE UM LÍQUIDO PELO MÉTODO DO CONTA-GOTAS



**Fig. 6 – Maquete experimental para a determinação da tensão superficial de um líquido pelo método do conta-gotas.**

Componentes da maquete experimental: 1. Reservatório contendo o líquido em estudo; 2. Válvula de controle do fluxo do líquido; 3. Tubo capilar; 4. Copo; 5. Suporte da maquete.

**Trabalho de Laboratório No. 8****DETERMINAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL DE UM LÍQUIDO PELO MÉTODO DO ANEL**

**Fig. 7 – Esquema da maquete experimental para a determinação da tensão superficial de um líquido pelo método do anel**

## TRABALHO DE LABORATÓRIO No. 9

### ESTUDO DA DILATAÇÃO TÉRMICA DOS CORPOS SÓLIDOS

#### 1. Objetivo do trabalho

Determinação do coeficiente de dilatação linear de um corpo metálico.



**Foto 6 - Maquete experimental utilizada para a determinação do coeficiente de dilatação linear de um corpo metálico.**

#### Descrição da maquete experimental

A maquete experimental (Foto 5) consiste de duas bases de forma triangular, fixadas paralelamente através dos seus centros por uma barra de ferro de secção circular, formando uma estrutura rígida. Perpendicularmente à barra, na posição horizontal, está

fixado um eixo que sustenta uma escala circular numa das suas extremidades. A outra extremidade do eixo está adaptada para o encaixe de uma peça cilíndrica com um passe de raio menor  $r$  que contém uma pequena lâmina presa na direção radial. A parte do cilindro, anterior ao passe, possui um orifício na sua superfície, perpendicular à linha que passa pelas bordas da lâmina. No orifício está encaixado um ponteiro de comprimento  $R$ , medido desde o centro do cilindro. Cada uma das bases triangulares possui um orifício num dos vértices por onde é inserido, paralelamente à barra de ferro de fixação das mesmas, o tubo metálico removível, feito da substância cujo coeficiente de dilatação linear deve ser medido. Os orifícios possuem buchas de teflon para diminuir a transmissão de calor para a estrutura da bancada experimental quando o tubo é aquecido. O tubo é fixado rigidamente numa das bases com o auxílio de um parafuso, ficando livre na outra base que fica na direção da extremidade do tubo por onde sai o fluxo de vapor. O aquecimento do tubo é feito com vapor de água fervente, aquecida num recipiente fechado que possui uma resistência elétrica. A tampa do recipiente possui um tubo para a passagem do vapor, o qual é ligado ao tubo metálico em estudo através de uma mangueira. Cada tubo metálico possui uma fenda circular transversal próxima da extremidade por onde sai o vapor de água injetado dentro do mesmo. A montagem do tubo feito da substância metálica em estudo é realizada de forma que a fenda circular, feita neste, encaixe na lâmina, ficando o ponteiro na posição vertical.

## Trabalho de Laboratório No. 10

### ESTUDO DAS OSCILAÇÕES DE UM FIO PELO MÉTODO DA RESSONÂNCIA

#### Objetivos do Trabalho:

1. Estudo dos processos ondulatórios no exemplo de ondas estacionárias de deslocamento num fio esticado.
2. Determinação das oscilações próprias de uma corda sob diferentes tensões.
3. Determinação da velocidade de propagação de uma onda por uma corda.



**Foto 7 - Maquete experimental utilizada para o estudo das oscilações de um fio pelo método da ressonância**