UNIMONTE, Engenharia – Laboratório de Física Mecânica	
Experimento: Teoria de erros e utilização de paquímetro e micrômetro	
Turma: ______________________ Data: __________ : Nota:________	
Participantes	
Nome	RA

Fundamentos da teoria de erros

Nas ciências em geral e na Física em particular ocorrem erros devidos a várias causas, principalmente ligados à imperfeição de instrumentos usados e a má escolha do método utilizado.

Evitar, de forma absoluta o erro é impossível, mas corrigi-los ou prever sua ocorrência é possível e é dever de todo bom experimentador.

Além de procedimentos de precaução, há também um conjunto de regras elaboradas pelo físico-matemático alemão **Karl Friedrich Gauss (1777-1855)**.

Tipos de erros

De acordo com sua causa, os erros podem ser classificados em:

- Grosseiros: decorrem da desatenção do operador, como por exemplo, ler 81 e escrever 18; este tipo de erro é facilmente corrigido com atenção, treinamento e concentração.

- Sistemáticos: decorrem pela má calibração dos instrumentos, deficiências do operador, ou má escolha do método usado; tais erros ocorrem sempre no mesmo sentido e são de fácil correção.

- Aleatórios: decorrem de causas imprevisíveis, por flutuações nas condições da medição. Pode-se minimizar seus efeitos por melhorar o método de medição e pela aplicação de métodos estatísticos, como veremos agora.

- Erros de aproximação: ocorrem quando não são usadas as técnicas corretas de arredondamento e número de algarismos significativos.

Postulado de Gauss

"O valor mais provável (V_P) de uma grandeza medida diversas vezes é a média aritmética (M) das medidas efetuadas, desde que mereçam a mesma confiança".

Exemplo:

Certa distância A foi medida 5 vezes e encontrou-se:

1ª medida: 3,41 cm (A_1) 2ª medida: 3,40 cm (A_2) 3ª medida: 3,42 cm (A_3) 4ª medida: 3,39 cm (A_4) 5ª medida: 3,38 cm (A_5)	$\sum A = 3{,}41 + 3{,}40 + 3{,}42 + 3{,}30 + 3{,}38 = 17{,}00$ $M = \frac{\sum A}{n} = \frac{17{,}00}{5} = 3{,}40$ Portanto: $V_P = 3{,}40\ cm$

Desvios

Um desvio D é o afastamento de um valor medido (A) em relação à média (M). No exemplo acima, temos:

$D_1 = M - A1 = 3{,}40 - 3{,}41 = -0{,}01$ $D_2 = M - A2 = 3{,}40 - 3{,}40 = 0{,}00$ $D_3 = M - A3 = 3{,}40 - 3{,}42 = -0{,}02$ $D_4 = M - A4 = 3{,}40 - 3{,}39 = 0{,}01$ $D_5 = M - A5 = 3{,}40 - 3{,}38 = 0{,}02$	A soma dos desvios de uma série de medidas da mesma grandeza é sempre nula: $\sum D = -0{,}01 + 0{,}00 - 0{,}02 + 0{,}01 + 0{,}02 = 0$

Se tomarmos os módulos dos valores dos desvios acima, podemos calcular a média dos desvios, ou Desvio Médio (D_M)

$$D_m = \frac{0{,}01 + 0{,}00 + 0{,}02 + 0{,}01 + 0{,}02}{5} = 0{,}012\ cm$$

Esse valor nos diz que as várias medições se afastam, em média, 0,012 cm da média.

Erro absoluto

A melhor maneira de escrever a medida efetuada no exemplo anterior é: 3,40 $\pm$ 0,012 cm. O valor 0,012 é chamado de **erro absoluto**. Isto significa que o verdadeiro valor da medida está compreendido entre:

$$\begin{cases} 3{,}40 - 0{,}012 = 3{,}388\ cm \\ 3{,}40 + 0{,}012 = 3{,}412\ cm \end{cases}$$

Erro Relativo

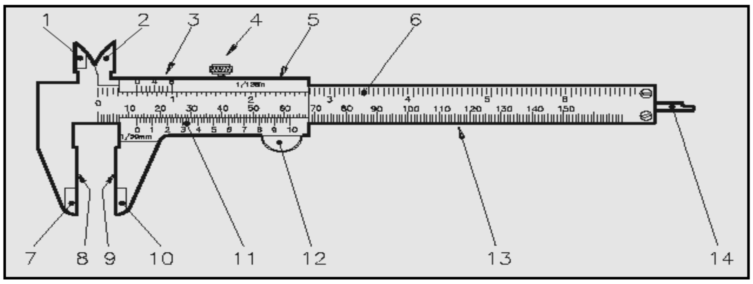
O erro relativo nos informa o quanto o erro absoluto representa do valor mais provável. No exemplo acima:

$$E_r = \frac{Erro\ absoluto}{Valor\ provável} \Rightarrow E_r = \frac{0{,}012}{3{,}40} = 0{,}0035 = 0{,}35\%$$

PAQUÍMETRO

Fundamentos

O paquímetro é um instrumento usado para medir as dimensões lineares internas, externas e de profundidade de um corpo. Consiste em uma régua graduada, com encosto fixo, sobre a qual desliza um cursor.

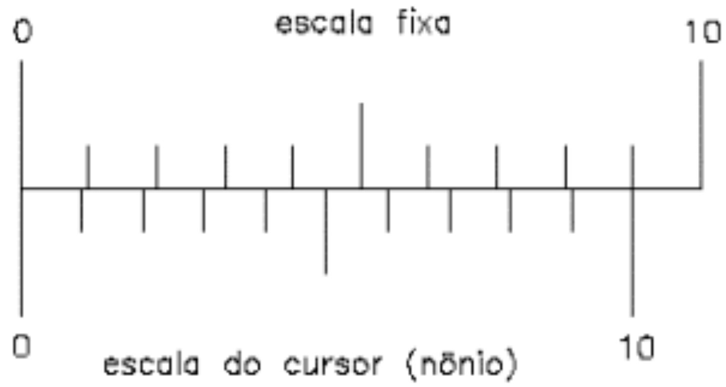


1. Orelha fixa	2. Orelha móvel	3. Nônio ou vernier (polegada)
4. Parafuso de trava	5. Cursor	6. Escala fixa de polegadas
7. Bico fixo	8. Encosto fixo	9. Encosto móvel

10. Bico móvel	11. Nônio ou vernier	12. Impulsor
13. Escala fixa de milímetros		14. Haste de profundidade

O cursor ajusta-se à régua e permite sua livre movimentação, com um mínimo de folga. Para muitas medidas com escalas graduadas é desejável estimar-se uma fração da menor divisão das mesmas. Existe um dispositivo que aumenta a precisão desta estimativa: o nônio ou vernier (acoplado ao cursor). Esta escala especial foi criada por **Pierre Vernier (1580-1637)**, para obter medidas lineares menores que a menor divisão de uma escala graduada.

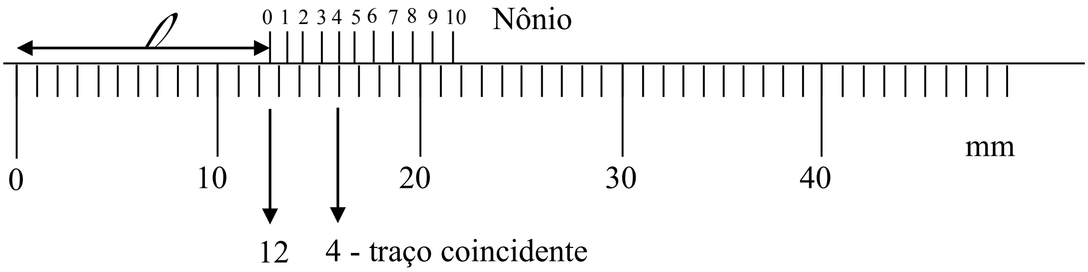
O nônio ou vernier nos permite efetuar a leitura de uma fração da menor divisão de uma régua ou escala graduada. Ele é constituído de uma pequena escala com N divisões de valores conhecidos, que se move ao longo da régua principal, porém relacionam-se entre si de uma maneira simples. Por exemplo: considere um paquímetro possuindo um nônio com N=10 divisões que correspondem, em comprimento, a 9 divisões da escala principal. Cada divisão do nônio é mais curta que a divisão da escala principal de $\frac{1}{N}$ da divisão desta escala.



Representação do Nônio

Neste caso, a primeira divisão do nônio é $\frac{1}{10}$ mais curta que a divisão da escala principal. A segunda divisão do nônio está a $\frac{2}{10}$ de divisão a esquerda da próxima marca da escala principal, e assim por diante, até a décima marca do nônio coincida com a nona marca da escala principal. Se a escala Vernier é movida para a direita até que uma marca sua coincida com uma marca da escala principal, o número de décimos de divisões da escala principal que a escala do nônio se deslocou é o número de divisões do nônio ***n***, contadas a partir de sua marca zero até a marca do nônio que coincidiu com uma marca qualquer da régua principal.

Um exemplo de leitura é mostrado na figura abaixo, na qual o comprimento ℓ corresponde a $(12{,}4 \pm 0{,}1)\ mm$, onde neste caso, a incerteza do aparelho corresponde à precisão do mesmo.



Para se obter bons resultados na medição:

- O contato dos encostos com as superfícies do objeto deve ser suave. Exageros na pressão do impulsor podem danificar o objeto e resultar em medidas falsas;
- Manter a posição correta do paquímetro relativamente ao objeto. Inclinações do instrumento alteram as medidas.
- Antes de efetuar as medições, limpar as superfícies dos encostos e as faces de contato do objeto;
- Medir o objeto a temperatura ambiente. As possíveis dilatações térmicas acarretam erros sistemáticos;
- Ao fazer a leitura, orientar a visão na direção dos traços e perpendicular a linha longitudinal do instrumento.

Atividade Experimental – Paquímetro

Introdução

Neste experimento o aluno aplicará os seus conhecimentos sobre paquímetro, bem como o preenchimento de tabelas, média, erro, erro médio, desvio.

Objetivos

- Manusear e conhecer o paquímetro;
- Aplicar fundamentos da teoria dos erros.

Material

- Paquímetro;
- Objeto de face retangular.

Procedimento/Desenvolvimento

Leitura da Medida:

1. Verifique o zero do aparelho

2. Qual a menor dimensão que ele é capaz de medir?

....

....

....

....

3. Meça uma das laterais da peça

4. Repita a operação 5 vezes e anote

   $L_1 =$ _____________mm

   $L_2 =$ _____________mm

   $L_3 =$ _____________mm

   $L_4 =$ _____________mm

   $L_5 =$ _____________mm

5. Calcule o valor mais provável da dimensão medida, que é a média aritmética das medidas feitas:

   $$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n}$$

   ....

   ....

   ....

   ....

6. Calcule o desvio absoluto de cada uma das medidas; o desvio absoluto é a diferença entre a medida e o valor mais provável da medida.

   $\Delta L_1 = L - L_1 =$ ______ $-$ _______ $=$ _____________mm

   $\Delta L_2 = L - L_2 =$ ______ $-$ ________ $=$ ____________mm

$\Delta L_3 = L - L_3 =$ ______ $-$ ________ $=$ ___________mm

$\Delta L_4 = L - L_4 =$ ______ $-$ ________ $=$ ___________mm

$\Delta L_5 = L - L_5 =$ ______ $-$ ________ $=$ ___________mm

7. Calcule o erro absoluto, que é a média dos desvios acima; considere o módulo dos valores acima.

$$\Delta\bar{L} = \frac{\sum \Delta L_i}{n}$$

....

....

....

....

8. Escreva corretamente a medida no formato $L = \bar{L} \pm \Delta\bar{L}$:

....

9. Interprete o sinal $\pm$:

....

....

....

10. Calcule o erro relativo percentual:

$$E_r = \frac{Erro\ absoluto}{Valor\ provável} \times 100 \Rightarrow E_r = \frac{\Delta\bar{L}}{\bar{L}} \times 100$$

....

....

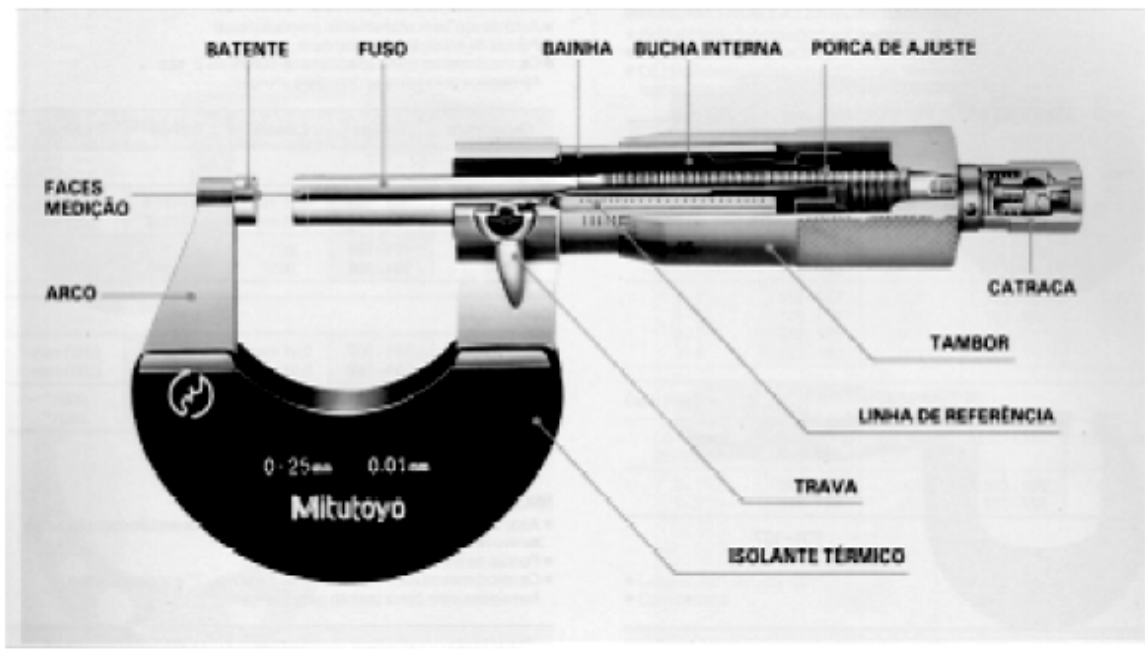
....

MICRÔMETRO

Fundamentos

O micrômetro destina-se a medidas de até alguns centímetros e precisão de 0,01 mm. Os cuidados são os mesmos que devem ser tomados para se operar o paquímetro: destravar o aparelho antes (girando a rosca na extremidade do cabo) e não apertar demais o objeto a ser medido.

A figura seguinte mostra os componentes de um micrômetro.



Origem do micrômetro

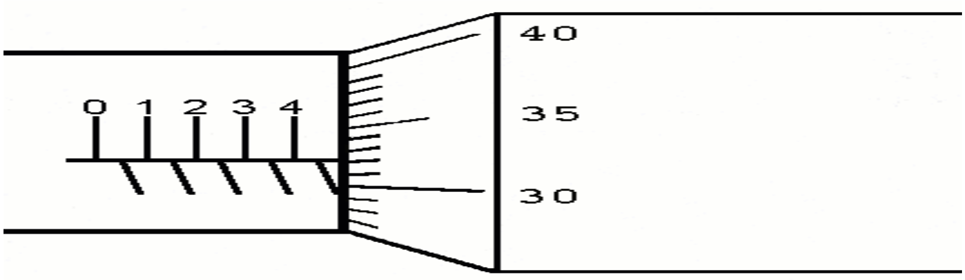
Jean Louis Palmer apresentou, pela primeira vez, um micrômetro para requerer sua patente. O instrumento permitia a leitura de centésimos de milímetro, de maneira simples. Com o decorrer do tempo, o micrômetro foi aperfeiçoado e possibilitou medições mais rigorosas e exatas do que o paquímetro. De modo geral, o instrumento é conhecido como micrômetro. Na França, em homenagem ao seu inventor, o micrômetro é denominado Palmer.

Em 1890, Laroy S. Starrett patenteou um micrômetro mais aperfeiçoado, utilizando uma tampa para a haste, um módulo que aumentou a velocidade de medição e outras melhorias, o que transformou a versão antiga deste instrumento em uma ferramenta extremamente moderna, que mantém até hoje o mesmo princípio de funcionamento. Laroy S. Starrett é o fundador da Starrett, atualmente uma das maiores fabricantes de ferramentas e instrumentos de medição do mundo, com sede em diversos países .

Princípio de funcionamento

O funcionamento do micrômetro baseia-se no deslocamento axial de um parafuso micrométrico com passo de alto precisão dentro de uma rosca ajustável. A circunferência de rosca (tambor) é dividida em 50 partes iguais, possibilitando leituras de 0,01mm.

No exemplo da figura abaixo, percebe-se que a cabeça (parte fixada na frente do tambor) ultrapassou 4,5 mm, mas está antes de 5,0 mm. No tambor há uma escala com 50 divisões e pode-se verificar que são necessárias duas voltas do tambor para que as esperas do micrômetro se desloquem de 1mm. Olhando a escala no tambor, vê-se que a divisão do tambor que coincide com a linha onde está a escala retilínea é 32. A escala retilínea indica que é maior do que 4,5 mm, portanto, o tambor já deu uma volta (isto é, já percorreu 0,50mm) e está no valor 32 da segunda volta, ou seja: [0,50 + 0,32] mm. A medida final é: 4,82 mm.



Atividade Experimental – Micrômetro

Introdução

Neste experimento o aluno aplicará os seus conhecimentos sobre o micrômetro, bem como o preenchimento de tabelas, média, erro, erro médio, desvio.

Objetivos

- Manusear e conhecer o micrômetro;
- Aplicar fundamentos da teoria dos erros.

Material

- Micrômetro;
- Objeto de face retangular.

Leitura Da Medida:

1. Verifique o zero do aparelho
2. Qual a menor dimensão que ele é capaz de medir?

....

....

....

....

3. Meça a espessura da peça
4. Repita a operação 5 vezes e anote

$L_1 =$ ____________ mm

$L_2 =$ ____________ mm

$L_3 =$ ____________ mm

$L_4 =$ ____________ mm

$L_5 =$ ____________ mm

5. Calcule o valor mais provável da dimensão medida, que é a média aritmética das medidas feitas:

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n}$$

....

....

....

....

6. Calcule o desvio absoluto de cada uma das medidas; o desvio absoluto é a diferença entre a medida e o valor mais provável da medida.

$\Delta L_1 = L - L_1 =$ ______ $-$ _______ $=$ ____________ mm

$\Delta L_2 = L - L_2 =$ ______ $-$ ________ $=$ ___________ mm

$\Delta L_3 = L - L_3 =$ ______ $-$ ________ $=$ ___________ mm

$\Delta L_4 = L - L_4 =$ ______ $-$ ________ $=$ ___________ mm

$\Delta L_5 = L - L_5 =$ ______ $-$ ________ $=$ ___________ mm

7. Calcule o desvio médio absoluto; considere o módulo dos valores acima.

$$\Delta \bar{L} = \frac{\sum \Delta L_i}{n}$$

....

....

....

8. Escreva corretamente a medida no formato $L = \bar{L} \pm \Delta \bar{L}$:

....

9. Interprete o sinal $\pm$:

....

....

....

10. Calcule o erro relativo percentual.

$$E_r = \frac{Erro\ absoluto}{Valor\ provável} \times 100 \Rightarrow E_r = \frac{\Delta \bar{L}}{\bar{L}} \times 100$$

....

....

....