

Trabalho laboratorial I: Medições em Física

Introdução

Esta experiência tem por objetivo a sua familiarização com algumas medições básicas que são utilizadas na realização de observações físicas em Mecânica. Os procedimentos propostos ilustram a diferença entre grandezas físicas fundamentais e grandezas derivadas. São também introduzidas as unidades usadas para descrever estas grandezas, bem como uma avaliação dos métodos e precisão envolvidos na sua edição.

Motivação

A Física é fundamentalmente uma ciência de observação. Todas as “leis”, “teorias”, “princípios”, etc são baseados em observações experimentais. Observamos a natureza, e idealizamos teorias e leis para explicar as nossas observações. Depois testamos as nossas teorias, usando-as para prever o que sucederá perante um determinado conjunto de condições. Realizamos então experiências em que reproduzimos essas condições, e deste modo efetuamos novas observações que apoiam ou contrariam a nossa teoria original. É, pois, evidente que um dos aspetos fundamentais da Física é a capacidade de realizar observações com exatidão. Estas observações consistem habitualmente na realização de medições detalhadas de determinadas grandezas. Muitas vezes, as nossas teorias prevalecem ou são abandonadas com base na precisão com a qual conseguimos realizar estas medições.

Grandezas e unidades

O Sistema Internacional de Unidades (SI), estabelecido em 1960 (<http://www.bipm.fr> , <http://physics.nist.gov/cuu>), definiu um conjunto de sete unidades fundamentais que se consideram, por convenção, dimensionalmente independentes: o metro, o quilograma, o segundo, o ampere, o kelvin, a mole, e a candela. As grandezas e os símbolos correspondentes a estas unidades estão resumidos na **Tabela I**.

Na Mecânica, as grandezas fundamentais são comprimento, massa, e tempo. A palavra fundamental refere-se ao facto de essas grandezas e respetivas unidades não poderem ser definidas em termos de outras; elas constituem os “tijolos” que permitem construir todas as outras grandezas e unidades. Isto significa que todas as outras grandezas mecânicas podem ser definidas em termos das dimensões de massa, comprimento, e tempo (MLT), e por isso se designam por grandezas derivadas; as

unidades correspondentes designam-se por unidades derivadas. Na **Tabela II** indicam-se alguns exemplos.

Tabela I

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Quantidade de matéria	mole	mol
Intensidade luminosa	candela	Cd

Tabela II

Grandeza	Unidade		
	Nome	Símbolo	Definição
Velocidade	Metro por segundo	m/s	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Força	Newton	N	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
Trabalho, Energia	Joule	J	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$
Momento angular	Newton metro	$\text{N}\cdot\text{m}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$
Massa volúmica	Quilograma por metro cúbico	kg/m^3	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Frequência	Hertz	Hz	s^{-1}

Note-se que nem todas as unidades derivadas têm um nome próprio. Repare-se também que as grandezas energia e momento angular têm as mesmas dimensões em termos das grandezas fundamentais, mas dada a sua natureza física muito distinta são representadas por unidades diferentes.

Muitas vezes usam-se prefixos para indicar múltiplos ou submúltiplos das unidades do SI. Os prefixos, que indicam a ordem de grandeza, devem ser escolhidos de modo que o valor numérico da grandeza em causa se situe numa gama de valores conveniente, geralmente entre 0.1 e 1000. Na **Tabela III** resumem-se os prefixos principais.

Tabela III

Nome	Valor	Símbolo
mega	10^6	M
kilo	10^3	K
mili	10^{-3}	m
micro	10^{-6}	μ

Erros experimentais e sua propagação

Erros sistemáticos: Diz-se que existem erros sistemáticos num conjunto de medições se os valores medidos estiverem sistematicamente acima ou abaixo do valor

verdadeiro da grandeza a medir. Este tipo de erros pode resultar, por exemplo, de uma deficiente calibração dos instrumentos de medição.

Erros aleatórios ou fortuitos: Erros aleatórios ocorrem num processo de medição se existirem oscilações aleatórias entre diferentes realizações da medição, em torno do valor verdadeiro da grandeza a medir. Este tipo de erros é, em geral, inevitável, e a estimativa da sua importância requer a realização de um elevado número de medições nas mesmas condições experimentais, e um tratamento estatístico dos resultados, nomeadamente através da determinação da respetiva média e desvio padrão.

Exatidão ou fidelidade: Mede qualitativamente a maior ou menor proximidade entre os resultados de um conjunto de medições e o valor verdadeiro da grandeza (ver **figura 1**). (Exatidão elevada $\Leftrightarrow$ erros sistemáticos pequenos).

Precisão: Mede qualitativamente a maior ou menor dispersão dos resultados de um conjunto de medições em torno do valor médio (ver **figura 2**). (Precisão elevada $\Leftrightarrow$ erros aleatórios pequenos).

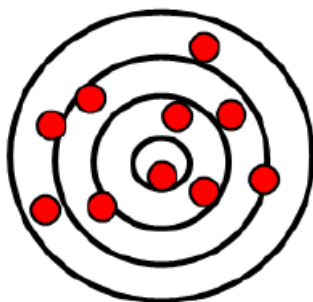


Fig. 1: Exatidão elevada, mas precisão baixa.

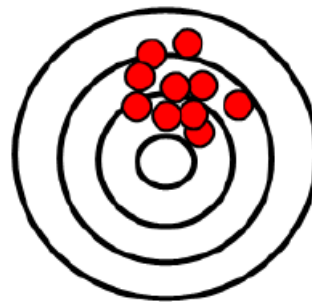


Fig. 2: Precisão elevada, mas exatidão baixa.

Diferença relativa: Se medirmos a mesma grandeza de duas maneiras diferentes, podemos calcular a diferença relativa entre os dois resultados, que se define como:

$$\text{Diferença relativa [\%]} = \frac{|\text{Diferença entre duas medições}|}{\text{média das duas medições}} \times 100$$

Erro e erro relativo: Se existir um valor “exato” ou de referência para a grandeza medida, dá-se o nome de erro (da medição experimental) à diferença entre o valor experimental e o valor de referência. Define-se também o erro relativo do resultado experimental, como:

$$\text{Erro relativo [\%]} = \frac{\text{valor experimental} - \text{valor de referência}}{\text{valor de referência}} \times 100$$

Limite superior do erro: Em geral não conhecemos o valor “exato”, ou real, da grandeza que estamos a medir. Neste caso, não podemos calcular o erro. Tudo o que podemos fazer é uma estimativa do limite superior do erro. Ou seja, estabelecer um intervalo de valores em torno do valor medido, dentro do qual existe uma

probabilidade elevada de se encontrar o valor real. À diferença entre o valor medido e os limites deste intervalo, para cada lado, dá-se o nome de limite superior do erro, e representa-se por ΔX (sendo X o valor da medição). Qualquer resultado experimental só está completamente definido se for escrito na forma $X \pm \Delta X$, significando o intervalo de valores $[X - \Delta X; X + \Delta X]$.

Natureza de um instrumento de medição: A menor quantidade que é possível medir exatamente (sem ser por estimativa) com um determinado instrumento de medição é designada por natureza do instrumento. Em geral a natureza de um instrumento é igual ao valor da menor divisão da sua escala. No caso de instrumentos que possuem um nónio, como a craveira (ver Apêndice A), é possível medir frações da menor divisão da escala principal. A natureza destes instrumentos é dada pelo valor da menor divisão da escala principal dividida pelo número de divisões da escala secundária.

Limite superior do erro de leitura: Ao efetuarmos a leitura de uma escala de um qualquer instrumento de medição é, em geral, possível distinguir valores intermédios entre os traços da escala. Diz-se, neste caso, que fazemos uma leitura por estimativa. É geralmente aceite que esta estimativa não deve ir além de metade da menor divisão da escala do instrumento.

Regra: Numa leitura direta com um dado instrumento o limite superior do erro de leitura não deve ser inferior a metade da natureza desse instrumento.

Esta regra não é aplicável a instrumentos digitais, pois nestes não podemos efetuar visualmente uma estimativa como no caso das escalas analógicas.

Regra: Num instrumento com mostrador digital, o limite superior do erro de leitura é tomado como o valor do menor dígito nele representado, e coincide com a natureza do instrumento.

Naturalmente que as regras anteriores supõem que as medições são efetuadas de uma forma direta e em condições que não nos fazem duvidar da fidelidade dos valores indicados pelos instrumentos. É evidente que as condições de uma dada experiência nos podem levar a considerar um limite superior do erro de leitura mais elevado do que o estipulado pelas regras anteriores. A regra que deve prevalecer é a do bom senso, tendo sempre presente a noção de que o limite superior do erro define um intervalo de valores que deve conter, com elevada probabilidade, o valor real da grandeza que pretendemos medir.

Medições repetidas: Existem experiências em que não é possível reproduzir exatamente as mesmas condições ao pretendermos repetir uma determinada medição. Isto sucede quando existem fatores aleatórios que podem influenciar o resultado, e que geralmente estão relacionados com as condições iniciais da experiência.

Uma forma de reduzir o efeito destes fatores consiste em repetir a experiência muitas vezes. Uma vez que os erros aleatórios que afetam os resultados obedecem às leis da probabilidade, é então possível fazer uma análise estatística dos resultados experimentais. Admitindo que os resultados individuais se distribuem tanto para um

lado como para o outro do valor real, é natural tomar como estimativa deste valor a média dos resultados individuais, e usar o desvio padrão como uma medida da dispersão dos valores em torno dessa média.

No entanto, só faz sentido efetuar um tratamento estatístico quando o número de medições é elevado, tipicamente nunca inferior a 10. Quando não é possível, ou conveniente, realizar um tão grande número de repetições da mesma experiência (como é geralmente o caso das aulas de laboratório), toma-se como melhor estimativa do valor da grandeza que se pretende medir a média dos valores individuais, e como limite superior do erro o maior dos desvios em relação à média, em valor absoluto. Assim, para N repetições da medição:

$$X = \bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

$$\Delta X = \max_{i=1, \dots, N} |X_i - \bar{X}|$$

Propagação de erros: Como vimos, as grandezas medidas experimentalmente são representadas por um intervalo de valores (que traduz uma aproximação do valor real), e não por um valor único e bem determinado. Ao efetuar cálculos envolvendo uma ou mais grandezas experimentais, torna-se necessário conhecer de que modo esses intervalos se vão transformar por ação das operações efetuadas. Estas regras, chamadas regras de propagação de erros, são muito simples para as operações aritméticas elementares, e existe também uma regra geral que se aplica a qualquer transformação. Consideremos duas grandezas experimentais cujos valores são representados por $X \pm \Delta X$ e $Y \pm \Delta Y$ (em que, como vimos, X e Y são os valores medidos, e ΔX e ΔY são os respetivos limites superiores do erro). E seja $F \pm \Delta F$ o valor da grandeza experimental calculada através das seguintes operações:

- Soma e subtração:

$$\left. \begin{array}{l} F = X + Y \\ F = X - Y \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta F = \Delta X + \Delta Y$$

Regra: Nas somas e subtrações os limites superiores do erro somam-se, para produzir o limite superior do erro da grandeza final.

- Multiplicação e divisão:

$$\left. \begin{array}{l} F = XY \\ F = X/Y \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$$

Regra: Nas multiplicações e divisões os valores relativos dos limites superiores do erro somam-se, para produzir o valor relativo do limite superior do erro da grandeza final.

Neste caso, se quisermos obter o limite superior do erro (absoluto), basta multiplicar o valor relativo pelo valor da respetiva grandeza, isto é,

$$\Delta F = F \left(\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y} \right).$$

- Regra geral aplicável a qualquer função:

$$F = f(X, Y) \Rightarrow \Delta F = \left| \frac{\partial F}{\partial X} \right| \Delta X + \left| \frac{\partial F}{\partial Y} \right| \Delta Y$$

Regra: No caso geral o limite superior do erro da grandeza final é uma combinação linear dos limites superiores do erro das grandezas originais, com coeficientes dados pelo valor absoluto das respectivas derivadas parciais da função que representa a transformação.

Repare-se que as duas regras anteriores não são mais do que casos particulares desta última.

Algarismos significativos: Designam-se por algarismos significativos de um número, o primeiro algarismo diferente de zero, da esquerda para a direita, e todos os restantes algarismos à direita deste. Por exemplo todos os seguintes números têm 4 algarismos significativos: 1230; 0.0007890; 1.234×10^{-9} .

Designa-se por algarismo mais significativo aquele que se encontra mais à esquerda, e por menos significativo o último da direita.

Apresentação de resultados: Ao efetuar operações sobre os valores das grandezas experimentais há que ter em conta a apresentação dos respetivos resultados finais. É muito frequente a tendência para apresentar estes resultados com um número excessivo de algarismos significativos, comunicando mais informação do que aquela que é efetivamente conhecida. É em geral necessário proceder à truncatura e arredondamento do valor calculado.

Quando se conhece o limite superior do erro de uma dada grandeza experimental, devem observar-se as seguintes regras para a apresentação do respetivo resultado:

Regra: O limite superior do erro deve ser apresentado, em geral, com um único algarismo significativo; excetua-se o caso em que esse algarismo é 1, devendo então apresentar-se dois algarismos significativos.

Regra: O valor da grandeza deve ser apresentado de modo que o seu algarismo menos significativo se encontre na mesma casa decimal que o limite superior do erro. Uma vez que o limite superior do erro representa a incerteza que afeta o valor experimental, estas regras dizem, em resumo, que a incerteza deve ter apenas um algarismo, e que o valor da grandeza deve ser apresentado até ao primeiro algarismo que se encontra em dúvida, e que é afetado por essa incerteza.

Regra: Ao utilizar notação científica, o valor da grandeza e o limite superior do erro devem ser representados com a mesma potência de 10, a qual deve aparecer uma única vez.

Temos então, por exemplo:

Correto	Incorreto
1.35 ± 0.03	1.35 ± 0.031
0.0036 ± 0.0002	0.00361 ± 0.0002
$(7.25 \pm 0.03) \times 10^{-3}$	$7.25 \times 10^{-3} \pm 3 \times 10^{-5}$

Pelo contrário, quando não se conhece o limite superior do erro de uma dada grandeza experimental, não é possível estabelecer de uma forma rigorosa qual a precisão que afeta o seu valor. Neste caso é o número de algarismos significativos que indica aproximadamente a ordem de grandeza dessa precisão. Ao efetuar operações com estes valores deve respeitar-se o seguinte:

Regra: Nas multiplicações e divisões o resultado final deve ser truncado num número de algarismos significativos igual ao do fator com menor número;

Regra: Nas somas e subtrações o resultado final deve ser truncado na casa decimal do algarismo menos significativo da parcela com menor precisão;

Regra: No cálculo de resultados intermédios, que serão ainda usados em cálculos posteriores, para evitar a acumulação de erros de truncatura, os valores devem reter pelo menos mais um ou dois algarismos significativos do que os indicados nas regras anteriores.

Em todos os casos, ao efetuar a truncatura de um valor devem sempre aplicar-se simultaneamente as regras de arredondamento, que dizem respeito ao algarismo menos significativo a reter:

Regra: O valor é arredondado por defeito, isto é, o algarismo menos significativo a reter fica inalterado, se:

- o algarismo seguinte estiver entre 0 e 4;
- o algarismo seguinte for 5 e todos os seguintes forem zero, e o algarismo a reter for par;

Regra: O valor é arredondado por excesso, acrescentando uma unidade ao algarismo menos significativo, se:

- o algarismo seguinte estiver entre 6 e 9;
- o algarismo seguinte for 5 e algum dos seguintes for diferente de zero;
- o algarismo seguinte for 5 e todos os seguintes forem zero, e o algarismo a reter for ímpar.

A última situação destas duas regras, que se situa na transição entre o arredondamento por defeito e excesso constitui aquilo que se designa por “arredondamento para o par”. Assim, por exemplo, temos os seguintes números truncados e arredondados às centésimas: $1.31500 \rightarrow 1.32$; $1.32500 \rightarrow 1.32$; $1.32501 \rightarrow 1.33$.

Trabalho laboratorial

Material utilizado

Fita métrica; Craveira; Palmer; Balança eletrônica; Proveta graduada; Objetos para fazer as medições.

Procedimento experimental

Antes de efetuar qualquer medição registre as características e a natureza do instrumento de medição que vai utilizar. Cada medição comporta três componentes: o valor da leitura obtido no instrumento, o correspondente valor do limite superior do erro de leitura, e as unidades em que ambos se exprimem. **Registe todas as medições numa tabela de dados no seu caderno de laboratório.**

1. Medições de objetos de formas regulares:
 - a. Medições de um parafuso com uma fita métrica e uma balança digital:
 - i. Realize as medições necessárias para calcular o **volume do parafuso** usando a fita métrica. Deve realizar a medição várias vezes (pelo menos 5 vezes por elemento do grupo) e comparar os resultados, pois esta é uma das melhores formas de evitar resultados descuidados nos trabalhos de laboratório.
 - ii. Meça a **massa do parafuso** usando a balança. (garanta que a balança esteve ligada pelos **15 minutos com antecedência** para que os valores das medições estabilizem)
 - b. Medições de um parafuso com uma craveira:
 - i. Repita a medição das diferentes dimensões do parafuso usando agora a craveira, até estar confiante de que está proceder corretamente.

A craveira, representada na **figura 3**, é um instrumento muito útil para medir pequenos comprimentos. O modo de funcionamento deste instrumento está descrito sucintamente no **Apêndice A**.



Fig. 3: Craveira.

- c. Medições de uma esfera com uma craveira e uma balança eletrónica:
 - i. Meça o **diâmetro de uma esfera** com uma craveira (5 vezes por elemento do grupo).
 - ii. Meça a **massa da esfera** usando a balança eletrónica.
- d. Medições de uma esfera com um palmer:
 - i. Meça o **diâmetro de uma esfera** usando o palmer (5 vezes por elemento do grupo).

O palmer, ou micrómetro, é um instrumento usado para efetuar medições de precisão de pequenos comprimentos, e está representado na **figura 4**. O seu modo de funcionamento encontra-se descrito no **Apêndice B**.



Fig. 4: Palmer, ou micrómetro.

2. Medição direta do volume do parafuso e da esfera

As medições anteriores foram bastante simples e quase imediatas dada a forma regular dos objetos envolvidos. Os volumes destes objetos são fáceis de calcular usando fórmulas conhecidas. Mas, e se os objetos tiverem uma forma irregular, como alguns daqueles de que dispomos para esta experiência? Calcular geometricamente o volume destes objetos é uma tarefa difícil, se não mesmo impossível. A determinação do volume envolve, por isso, não um cálculo, mas uma medição indireta. Realize o seguinte procedimento, e registre os valores das leituras efetuadas numa tabela de dados no seu caderno de laboratório:

- a. Encha com água a proveta graduada até cerca de metade da sua capacidade, e tome nota do nível da água.
- b. Introduza cada um dos objetos que pretende medir no interior da proveta de modo a ficar completamente imerso (assegure-se que não ficam bolhas de ar aderentes à sua superfície), e tome nota do novo nível da água.

Tratamento de dados

- Indique todas as expressões que irá usar no cálculo do volume dos vários objetos, em função das grandezas medidas, bem como a expressão usada no cálculo da massa volúmica.
- Indique igualmente as expressões que irá usar para estimar o limite superior do erro que afeta cada uma das grandezas calculadas, tendo como base o que foi exposto na **página 5/6** da introdução a este trabalho, a propósito da propagação de erros.
- Construa uma tabela com os valores dos volumes e massas volúmicas dos objetos analisados, que se obtêm com os diferentes instrumentos de medição.
- Utilizando os valores da tabela anterior calcule a diferença relativa entre os valores experimentais das massas volúmicas do parafuso e da esfera obtidos com a utilização de instrumentos de medição diferentes. Recorde a alínea acerca da diferença relativa entre valores (**página 3**).
- Procure identificar o material que constitui o parafuso e pesquise na literatura ou na Internet um valor de referência para a massa volúmica desse material. Calcule o erro relativo daquele que considera ser o melhor valor experimental da massa volúmica do parafuso. Recorde a alínea acerca do erro relativo (**página 3**).
- Finalmente, está em condições de analisar e discutir brevemente os resultados obtidos. Faça-o.

Apêndice A: A craveira

A craveira, representada na **figura 3**, é constituída por uma régua com uma escala principal onde existem duas esperas fixas, e por um cursor com duas esperas móveis onde existe uma escala de nónio. O espaço delimitado pelas esperas inferiores é usado para medir comprimentos ou diâmetros de objetos. As esperas superiores são particularmente adequadas para medir distâncias entre duas faces interiores de

objetos ocultos. A haste que se desloca por trás da escala principal é usada para medir distâncias em profundidade.

A escala principal está graduada em centímetros e a menor divisão é 1 mm. A escala móvel do nónio possui 20 divisões, que abrangem 39 divisões da escala principal. Na **figura 5** exemplifica-se a leitura da escala do nónio de uma craveira.

Os dois primeiros algarismos significativos lêem-se diretamente na escala principal. O traço do zero do nónio encontra-se à frente do traço 12, portanto temos 12 mm. Os algarismos significativos seguintes correspondem a uma fração da menor divisão da escala principal, e são obtidos por leitura da escala do nónio. Se um dado traço da escala do nónio coincide com um qualquer traço da escala principal, então o número correspondente a esse traço (no nónio) constitui a parte fracionária pretendida. Cada divisão do nónio corresponde a $1/20 \times 1\text{mm} = 0.05\text{ mm}$. Na **figura 5**, é o sexto traço à direita do zero do nónio que coincide com um traço da escala principal, logo, os próximos algarismos significativos são 3 e 0, correspondendo a $6 \times 0.05 = 0.30\text{ mm}$. Finalmente, resulta para a medição 12.30 mm, ou 1.230 cm. Repare como a escala do nónio permite obter mais algarismos significativos, aumentando a precisão da medição.

Antes de efetuar uma medição, deve-se verificar o zero da craveira com as esperas completamente encostadas. É possível que, devido a maus tratos anteriores, o zero da craveira não esteja corretamente calibrado, produzindo assim leituras incorretas (introduzindo um erro sistemático). Se for este o caso, é necessário fazer uma correção do zero para cada medição, somando ou subtraindo o valor da leitura que se obtém com as esperas encostadas.

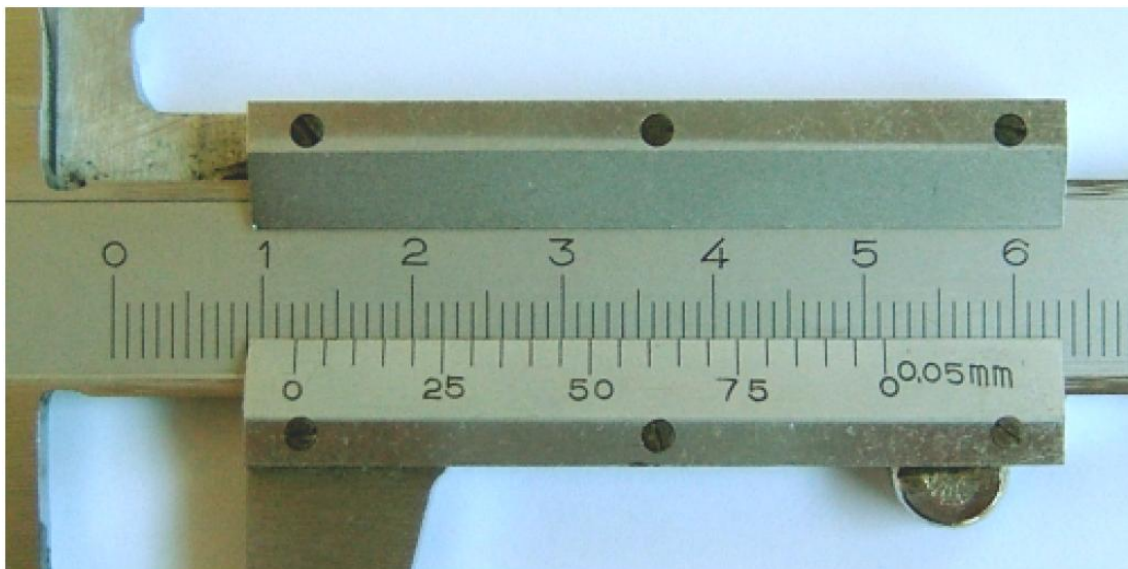


Fig. 5: A leitura da escala do nónio numa craveira. O valor medido é 1.230 cm.

Apêndice B: O *palmer*

O *palmer*, ou micrómetro, representado na Figura 4, é um instrumento que permite realizar medições de precisão de pequenos comprimentos, e é particularmente

indicado para medir o diâmetro de fios finos ou a espessura de folhas finas. É constituído por uma espera fixa e outra móvel, ambas de faces paralelas. A espera móvel desloca-se por intermédio da rotação do tambor graduado que está ligado a um parafuso micrométrico.

O *palmer* possui na extremidade do tambor um mecanismo de roquete que permite o deslizamento do parafuso quando for exercida uma pequena força sobre a espera móvel. Isto permite que a espera se aperte sobre o objeto a medir sempre com a mesma (pequena) força. Ao colocarmos o objeto entre as esperas para efetuar a medição devemos ter o cuidado de rodar o parafuso de roquete, em vez do tambor, de modo a não forçar o parafuso, o que poderia danificar o objeto ou o próprio instrumento.

A escala principal, fixa, marcada sobre a linha de leitura, ao longo do eixo de rotação do tambor, tem representadas as divisões de 1 mm acima da linha e as divisões de 0.5 mm abaixo da linha, como se observa na **figura 6**. A escala do tambor está graduada com divisões de 0.01 mm. O parafuso micrométrico do *palmer* tem um passo (deslocamento longitudinal correspondente à rotação de uma volta completa) de 0.5 mm.

Com efeito, uma vez que o passo do parafuso é 0.5 mm e existem 50 divisões na escala do tambor, quando este é rodado de uma divisão o deslocamento longitudinal da espera móvel é $1/50 \times 0.5\text{mm} = 0.01\text{ mm}$. Ou, por outras palavras, é necessário efetuar duas voltas completas do tambor (=100 divisões) para conseguir um deslocamento de 1 mm.

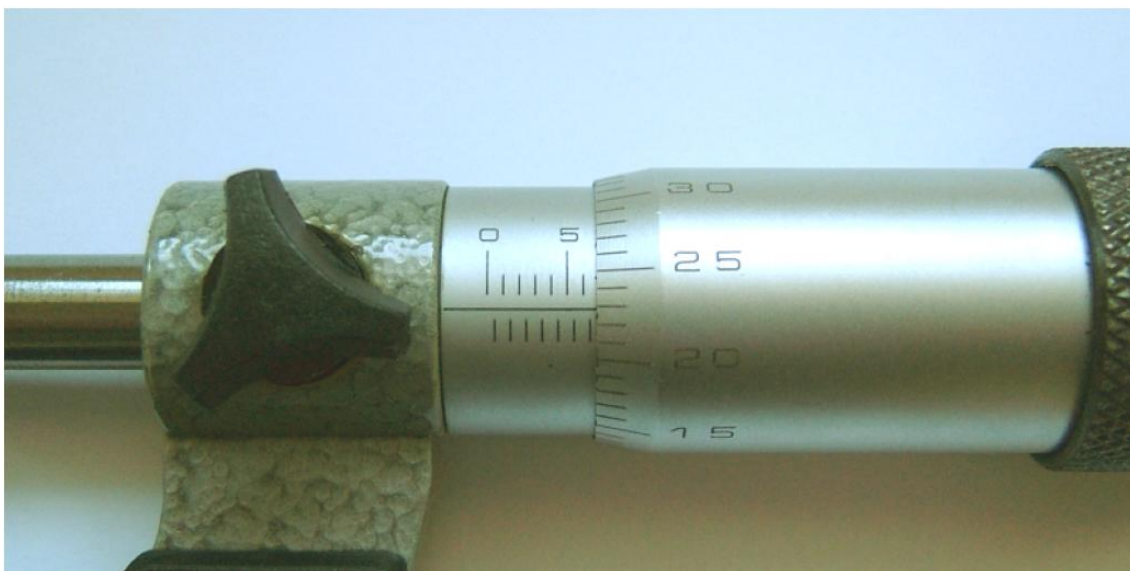


Fig. 6: A leitura das escalas num palmer. As divisões de 1 mm estão marcadas acima da linha de leitura e as divisões de 0.5 mm abaixo. O tambor encontra-se na segunda volta do deslocamento de um milímetro, pois já ultrapassou o traço de 0.5 mm. A leitura é $6.500 + 0.230 = 6.730\text{ mm}$, em que o último algarismo (aquele sobre o qual existe incerteza e que é geralmente obtido por estimativa) é tomado como zero pois o traço da escala do tambor coincide com a linha de leitura.

Componente laboratorial sob responsabilidade de:
João Mendes e Henrique Lopes