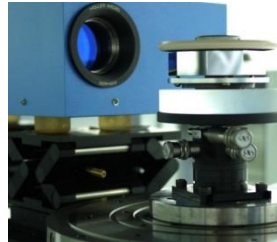




Realização prática da definição do metro: SFO



Realização prática da definição do radiano



Análise superficial: Rugosidade

O Laboratório de Comprimento é responsável pelo desenvolvimento dos padrões metroológicos nacionais de Comprimento e Ângulo plano, incumbindo-lhe designadamente:

- a realização prática da definição do metro e do radiano;
- calibrações;
- a participação e coordenação de comparações interlaboratoriais;
- apoiar a metrologia legal.

Unidade de Base do Sistema Internacional da Grandeza Comprimento:



O **metro**, símbolo m, é a unidade de comprimento do SI. Define-se tomando o valor numérico fixado da velocidade da luz no vácuo, c , igual a 299 792 458, quando expresso em m/s, sendo o segundo definido em função de $\Delta\nu_{CS}$

26.ª CGPM de 1983, Resolução n.º 1, anexo 3

Unidade Derivada do Sistema Internacional da Grandeza Ângulo Plano:

Radiano, símbolo rad definido como sendo:

O ângulo plano compreendido entre dois raios que, na circunferência de um círculo, intersectam um arco de comprimento igual ao raio desse círculo.

Grandeza Comprimento

No IPQ, a realização da definição do metro pode ser efetuada de dois modos:

1. Através do comprimento de onda no vácuo λ , de uma onda plana eletromagnética de frequência f , este comprimento de onda é obtido a partir da medição de f utilizando a relação $\lambda = c_0 / f$ e onde $c_0 = 299\,792\,458$ m/s é a velocidade da luz no vácuo.

O sistema padrão é um Sintetizador de Frequências Ópticas (SFO), constituído por: um laser de Nb:YVO₄; um modelador óptico-acústico, um laser femtossegundo KLM de Ti:Safira e uma fibra óptica baseada em cristais fotónicos e um conjunto óptico e eletrónico que permite determinar as duas frequências que caracterizam o SFO, a frequência de desvio de zero, f_0 e a frequência de repetição f_r .

2. Através de uma das radiações da lista publicada pelo BIPM, cujo valor do comprimento de onda ou da frequência pode ser utilizado com a incerteza explicitada e com as especificações e as boas práticas de laboratório a ser seguidas.

A realização prática baseia-se na relação $c_0 = \lambda \times f_r$ como a velocidade da luz, c_0 , é uma constante e f_r (frequência da radiação laser) é bem determinada, λ (comprimento de onda) pode ser calculado. Neste caso, o sistema padrão consiste num laser He-Ne, estabilizado por absorção molecular nas transições hiperfinas do iodo. A sua rastreabilidade é obtida através da calibração com o SFO.

A utilização destes padrões, ou de outro sistema laser calibrado por comparação com estes, permite a medição de comprimentos, ℓ , em função de um número b de comprimentos de onda, $\ell = \lambda \times b$, por interferometria.







Grandeza Ângulo Plano

A realização da definição do radiano é efetuada em termos da subdivisão de um círculo. Um círculo completo corresponde a 2π rad. Devido ao facto de π ser um número irracional, as unidades utilizadas em metrologia angular pertencem ao sistema sexagesimal e são o grau ($^{\circ}$), o minuto ($'$) e o segundo ($''$).



Dado que a soma de todos os ângulos intermédios de um círculo é 360° e que a soma de todos os erros dos mesmos ângulos intermédios é zero, é possível gerar matrizes e equações para determinar o erro de cada ângulo intermédio do círculo. O IPQ possui um autocolimador (sistema óptico com capacidade de medir pequenas diferenças angulares), uma mesa indexada (que permite gerar posições angulares) e polígonos padrão, para a realização prática da definição do radiano. Atualmente, a rastreabilidade é obtida através da calibração do sistema autocolimador no laboratório primário internacional.

Calibração

Domínio Comprimento

EQUIPAMENTO	MÉTODO	AMPLITUDE DE MEDIÇÃO	INCERTEZA
Lasers estabilizados: comprimento de onda / frequência absoluta	Batimento de frequências	633 nm / 474 THz	$1 \times 10^{-8} \lambda_0$ 
Outros lasers estabilizados	Batimento de frequências	633 nm	1×10^{-11} 
Comparação em distância de laser interferométricos	Comparação	até 3000 mm	$Q[0,3;4,6E02L] \mu\text{m}$ 
Comparação em distância de laser interferométricos		até 10 000 mm	$(1,3 + 1,6 \times 10^{-4} L) \mu\text{m}$
Padrões de profundidade, ou de altura tipo A2 Parâmetro : d	Análise de perfil por contacto ISO 5436-1	de 0,1 μm a 10 μm	$(60 + 2\sigma) \text{ nm}$ σ em μm 
Padrões de Rugosidade tipo C Parâmetro : R_a Parâmetros: R_z, R_p, R_v, R_t	Análise de perfil por contacto ISO 4287, ISO 4288	de 0,1 μm a 10 μm de 0,1 μm a 20 μm	$Q[50,30R_a] \text{ nm}$ $Q[50,30R_z] \text{ nm}$ 
Padrões de Rugosidade tipo D Parâmetro : R_a Parâmetros: R_z, R_p, R_v, R_t	Análise de perfil por contacto ISO 4287, ISO 4288	de 0,1 μm a 10 μm de 0,1 μm a 20 μm	$Q[50,30R_a] \text{ nm}$ $Q[50,40R_z] \text{ nm}$ 

Domínio Ângulo

EQUIPAMENTO	MÉTODO	AMPLITUDE DE MEDIÇÃO	INCERTEZA
Autocolimador	Mesa rotativa	Erro de indicação em $''$	0,3 $''$
Blocos angulares	Mesa rotativa e autocolimador	de 0 $''$ a 90 $^{\circ}$ 0' 0 $''$	1,0 $''$ 
Polígonos: angulo entre faces	Calibração cruzada versus mesa rotativa e autocolimador	de 4 a 24 faces	
Mesas Indexadas	Calibração cruzada versus mesa rotativa ou polígono e autocolimador	0 $^{\circ}$ a 360 $^{\circ}$: passo 30 $^{\circ}$, 40 $^{\circ}$ ou 60 $^{\circ}$	
Esquadro óptico /pentaprisma	2-espelhos	90 $^{\circ}$	0,5 $''$ 
Ópticas angulares	Comparação com mesa rotativa	N/A	0,50 μm

(com L em mm) $Q[a, bL] = \sqrt{a^2 + (bL)^2}$



- Incerteza expandida apresentada na CMC: BIPM

INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE

Rua António Gião, 2 , PT-2829-513 Caparica

LABORATÓRIO DE COMPRIMENTO

Comprimento, Ângulo

Responsável: Dr.ª Fernanda Saraiva

Tel. +351 212 948 160 fsaraiva@ipq.pt