



INSTRUMENTOS  TICOS SIMPLES E GONI METRO

1 Introdução

Pretende-se com este trabalho desenhar e montar no laboratório montagens ou sistemas  ticos compostos com duas ou mais lentes delgadas, testando as suas características principais. As duas montagens – um telescópio simples e um microscópio – são variações do esquema  tico apresentado na Secção 5 do Trabalho de  tica Geométrica (ver Figura 1).

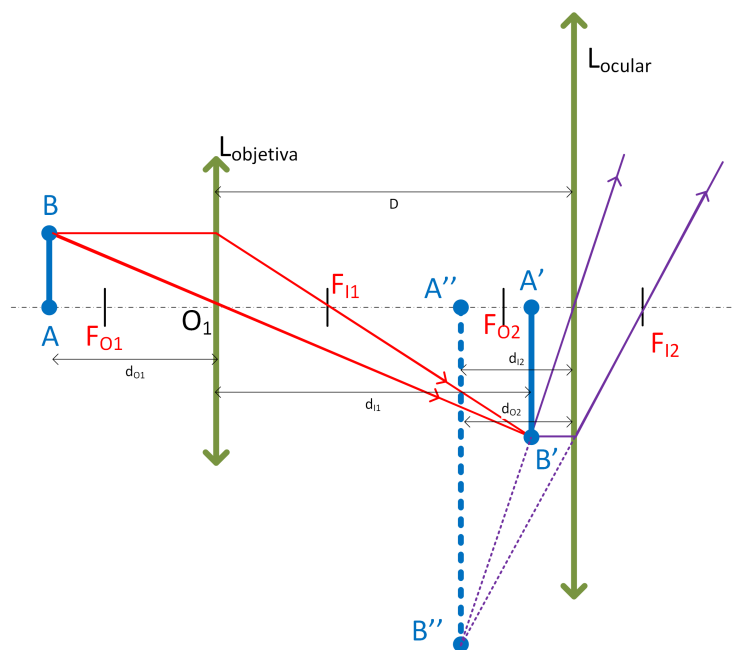


Figura 1: Sistema  tico Microscópio/Telescópio.

Nestes sistemas, designamos por *objetiva* a lente que está do lado do objeto e por *ocular* aquela que está do lado do observador. Em ambos os casos, a ocular está próxima da *imagem intermédia* A'B' formada pela objetiva. Sendo a distância inferior   distância focal f_2 , a imagem final será *virtual*, ou seja, visível apenas através da lente ¹. Assim, o papel da ocular consiste em ampliar a imagem intermédia, tal como um lupa amplia um objeto. Continua-se neste trabalho a usar a análise da  tica geométrica paraxial ou de 1  ordem.

¹Cf. *Guia de  tica Geométrica*, Secção 3.5.

Como segundo objetivo, pretende-se que os alunos tomem conhecimento e aprendam a manusear e a tomar medidas corretamente com um instrumento ótico de precisão, o *goniómetro* (Figura 2). Este instrumento permite medir ângulos de desvio, por reflexão ou refração de feixes de raios paralelos, com uma resolução inferior a um minuto de grau.

1.1 Goniómetro de Babinet

O goniómetro é um instrumento que permite medir ângulos com grande precisão, e muito utilizado em ótica. O goniómetro de Babinet tem uma base central quase cilíndrica com uma plataforma que roda em torno do eixo vertical daquela, onde é colocado o prisma (ou a rede de difração) a caracterizar (Figura 2).

O goniómetro vem equipado com dois elementos ópticos: um *colimador* e uma *luneta*. Ambos estão montados radialmente, o colimador fixo e a luneta podendo rodar em torno do eixo da base (Figura 3). As posições angulares da plataforma (e portanto do prisma) e da luneta podem ser lidas num limbo graduado por intermédio de nónios solidários, respetivamente com a plataforma e a luneta. Existem dois parafusos micrométricos, cada um associado a cada um dos nónios, que permitem com facilidade regular e fazer leituras das posições angulares, com resolução de 30'' (meio minuto de grau).



Figura 2: Goniómetro de Babinet (modelo Philippe Harris Advanced Spectrometer 30).

O colimador é constituído por dois tubos cilíndricos concêntricos que se podem deslocar axialmente. Um deles possui uma fenda retilínea, de largura variável por um parafuso, e que deve ser colocada na vertical (pode utilizar a mira da ocular depois de regulada). O outro tubo tem no extremo oposto (mais próximo do eixo) uma lente convergente, L_C . O objetivo deste conjunto, quando a fenda é iluminada por uma fonte luminosa divergente, é produzir um feixe de raios paralelos na região da plataforma, onde se coloca o prisma, rede, ou espelho. A fenda, se for relativamente estreita, vai funcionar como objeto linear.

A luneta é constituída por dois elementos ópticos, uma lente convergente e uma ocular munida de retículo (dois fios cruzados perpendicularmente). A primeira lente produz no seu plano focal a imagem intemédia da fenda, que é projetada no plano do retículo e ampliada pela ocular. A ocular é regulada pelo observador, de modo a ver uma imagem focada da fenda. Quando se dispõe de um sistema de deteção (placa fotográfica ou um detetor,

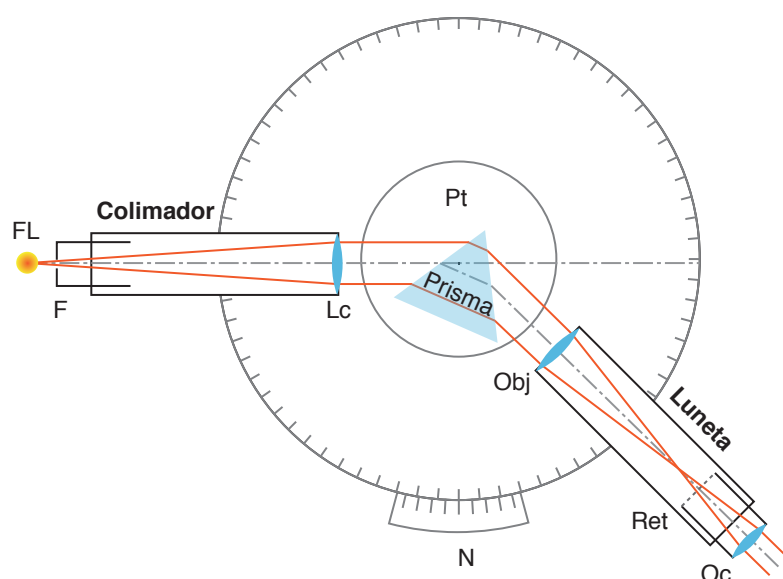


Figura 3: Esquema do Goniómetro de Babinet. Legenda: FL – fonte luminosa, F – fenda, Lc – lente convergente do colimador, Pt – plataforma, Obj – objetiva, Oc – ocular, Ret – retículo, N – nónio acoplado à luneta

por exemplo uma célula fotoelétrica com um sistema de amplificação), este é colocado diretamente no plano focal da lente convergente e é retirada a ocular. A regulação do instrumento pelo utilizador é feita sempre na seguinte ordem:

1. Focar o retículo para um olho sem necessidade de acomodação (relaxado) e alinhá-lo com a vertical usando um fio de prumo, ou alguma linha vertical no laboratório.
2. Focar a ocular observando um objecto no infinito (ou quase).
3. Alinhar a luneta e o colimador para observar a fenda iluminada. Focar a imagem da fenda, regulando APENAS o parafuso do colimador.
4. Alinhar a fenda com a vertical, sobrepondo a mira e reduzir a sua largura para um valor suficientemente estreito, embora claramente visível.

2 Protocolo experimental

2.1 Questões a responder ANTES da sessão de Laboratório:

1. Descreva por palavras suas quais os objectivos do Trabalho que irá realizar na sessão de Laboratório (uma folha A4). Indique as expressões que irá utilizar para obter as grandezas experimentais, bem como as expressões para calcular as incertezas. Inclua esta parte também no Relatório. Este irá constituir o ÚNICO meio de consulta na Prova Individual.
2. A partir da equação das lentes delgadas $\frac{1}{f} = (n_{\text{vidro}} - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$ e assumindo que os dois raios R_1 e R_2 das superfícies esféricas das lentes utilizadas no trabalho anterior são iguais e $n_{\text{vidro}} = 1.57$, calcule $R_{1,2}$ para todas as lentes esféricas utilizadas no trabalho de Ótica.
3. Assumindo que o diâmetro das lentes é $D = 4$ cm, calcule a sua espessura mínima. Podem ser fielmente consideradas como lentes delgadas?
4. Como variam as distâncias focais se estas lentes forem mergulhada em água? (*Sugestão: considere a forma da equação das lentes delgadas.*)

2.2 Material utilizado

1^a Parte

- caixa de ótica equipada com calha graduada
- lentes convergentes e divergente
- semi-cilindro de vidro acrílico
- objeto com mira
- diafragmas
- suportes
- fonte luminosa com lâmpada de incandescência linear

2^a Parte

- goniómetro
- fonte de luz incandescente (candeeiro)
- luz espectral de Hg ou He
- prisma
- rede de difração
- nível graduado

2.3 Procedimento Experimental

2.3.1 Telescópio

A montagem a utilizar é da Figura 1, embora o objecto esteja situado a uma distância grande (> 5 m).

1. Na folha quadriculada em anexo desenhe um diagrama de traçado de raios, utilizando como objectiva a lente mais potente do trabalho de Ótica Geométrica, e considerando o objecto no infinito. Obtenha a posição da imagem intermédia (plano focal).

2. Calcule agora a posição da lente ocular, com $f_{ocu} = 150$ mm, para obter uma ampliação transversal entre a imagem intermédia e a imagem final de $M_T = -3$.
3. Utilizando as aproximações paraxial e das lentes delgadas, desenhe a construção geométrica e obtenha a posição da imagem e a respetiva ampliação.
4. Tente montar o sistema na calha e observe um objeto distante a partir da lente ocular. Foque bem a imagem e registe a posição das duas lentes. Compare com o diagrama de traçado de raios.

2.3.2 Microscópio

Nesta montagem equivalente, iremos trocar a posição das lentes (objetiva/ocular) e colocar um pequeno objeto a uma distância um pouco maior que a distância focal da objetiva f_{obj} . A ampliação total deste sistema é o produto da ampliação transversal da objetiva, $M_{T_{obj}}$, e da *ampliação angular*² da ocular, $M_{A_{ocu}}$.

A ampliação transversal é calculada pela razão

$$M_{T_{obj}} = -\frac{d_I}{d_O} = -\frac{d_I - f_{obj}}{f_{obj}}$$

A ampliação angular pode ser estimada por

$$M_{A_{ocu}} = \frac{0.25}{f_{ocu}}$$

1. Na folha quadriculada em anexo desenhe um diagrama de traçado de raios, com o objecto a uma distância do foco igual $\approx f/5$. Obtenha a posição da imagem intermédia. Calcule agora a posição da lente ocular para obter um feixe de raios paralelos (imagem no infinito).
2. Tente montar o sistema na calha e observe o slide com a mira graduada. Com auxílio do slide transparente graduado, tente estimar a ampliação do objeto distante a partir da lente ocular. Foque bem a imagem e registe a posição das duas lentes. Compare com o diagrama de traçado de raios.
3. Calcule a ampliação total do sistema.
4. Identifique os vários tipos de imperfeição que pode observar na imagem.

2.3.3 Goniómetro de Babinet

1. Disponha o goniómetro em frente a uma fonte luminosa de luz incandescente.
2. Comece por regular a ocular da luneta do goniómetro. Para isso deve ver nitidamente com um olho os fios do retículo, e simultaneamente com o outro olho ver um objeto no exterior da luneta afastado a cerca de 30 cm.
3. Para regular a objetiva, observe agora um objeto no “infinito” (no laboratório escolha um objeto mais afastado possível) atuando sobre o parafuso da luneta. Regule de modo a observar o objeto e o retículo bem focado e sem paralaxe.

²Definida como a razão entre a dimensão da imagem na retina quando o objeto é visto através da lente e a dimensão do objecto quando visto pelo olho desarmado à distância normal de observação, que é cerca de 25 cm.

4. Coloque a luneta alinhada de frente do colimador e regule o parafuso do colimador de modo a observar a fenda focada quando iluminada pela lâmpada espectral.
5. Com a ajuda do nível de bolha, verifique o nivelamento horizontal do goniômetro e da plataforma onde vai colocar o prisma.
6. Identifique as escalas dos ângulos, para medir a posição da plataforma e da luneta. Como estão relacionadas as duas escalas opostas. Qual a resolução mínima do conjunto escala/nônio?
7. Observe a reflexão em cada face que define o ângulo do prisma e registre a posição angular correspondente a essas reflexões. Cada observador deve fazer três determinações usando o parafuso micrométrico e centrando a imagem da fenda com o retículo por aproximação à direita e à esquerda. Calcule o ângulo principal entre as duas faces polidas do prisma através desta medição.
8. Substitua no centro da plataforma do goniômetro o prisma por uma rede de difração de 600 linhas por milímetro, e a fonte por uma luz espectral (lâmpada de mercúrio ou hélio). Observe os raios *difratados* de várias cores, em 1.^a e 2.^a ordem. Tende medir os ângulos de desvio, com a melhor precisão possível.

