

1959 /  
15/10/

## POSSÍVEL APLICAÇÃO DO MÉTODO DO DUQUE DE CHAULNES NA DETERMINAÇÃO DE GEMAS

J. MOACYR V. COUTINHO

Sério problema freqüentemente enfrentado pelo gemólogo ou prático de gemologia é o de determinar os índices de refração de gemas transparentes. Sugere-se aqui uma técnica simples e possivelmente prática para a mencionada determinação e que nada mais é do que a aplicação do método do duque de Chaulnes descrito em textos de óptica cristalina.

Em linhas gerais o método consiste na determinação da espessura real e aparente de uma gema em dada direção e na divisão pura e simples de um valor pelo outro.

A espessura real é a distância verdadeira entre dois pontos extremos do objeto e pode ser medida com qualquer instrumento de certa precisão, como um micrômetro ou um paquímetro.

A espessura aparente é a distância entre estes mesmos dois pontos quando o primeiro é observado através da gema transparente. A observação deve ser feita com lente de pelo menos 10 aumentos e com uma distância focal suficientemente grande para se poder intercalar uma gema lapidada de tamanho comum (1 a 2 cm). Se conseguirmos fixar firmemente a lente a uma haste precisamente graduada, dotada de

nônio, estará completo o aparelhamento. Na Fig. 1 acha-se desenhado um aparelho deste tipo, por enquanto apenas imaginado.

O aparelho funcionará com 2 ou 3 simples focalizações, feitas entretanto com o máximo de cuidado. A Fig. 2 mostra os passos seguidos.

A diferença de leitura entre duas focalizações (superfície inferior e superior) nos dará a desejada espessura aparente. A espessura real também pode ser obtida nestas operações se focalizarmos a platina do aparelho sem a pedra, conforme mostra o primeiro desenho da Fig. 2. A experiência, porém, mostrou que melhores resultados se obtêm da espessura real, por meio de medidas diretas com um micrômetro, paquímetro ou outro aparelho de medição micrométrica de espessuras.

Suponhamos que a espessura entre a mesa e o pião de uma pedra amarela medida com o paquímetro forneça o valor de 0.77 cm., enquanto a espessura "óptica" ou aparente é 0,50 cm. Dividindo-se um valor pelo outro, teremos 1.54 que é um dos índices de refração do quartzo (neste caso citrino).

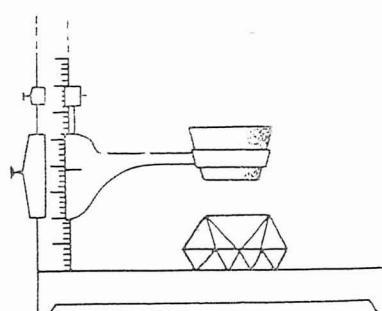
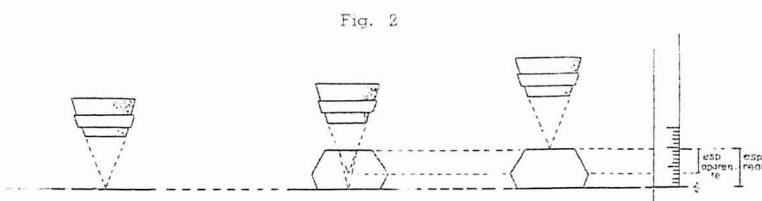


Fig. 1



Focalizando a platina do aparelho

Focalizando o pião (superfície inferior da gema)

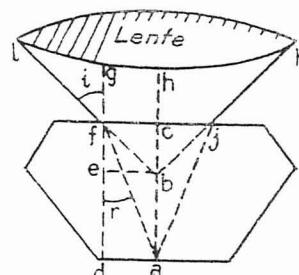


Fig. 3

A justificação matemática do método é a seguinte: suponha-se que a lente está focalizada numa partícula em  $a$ . Se um objeto transparente (gema) de índice  $N$  fôr interposto entre a lente e o ponto  $a$ , e sobre este, será necessário levantar a lente numa distância  $ab$  para se poder focalizar novamente a partícula em  $a$ , porque os raios (tais como  $af$  e  $aj$ ) se refratam afastando-se da normal ao sair da gema e entrando no ar. Examinando-se a Fig. 3 vemos que  $\hat{I}g = i$  e  $\hat{d}f = r$ .

É conhecida a relação óptica, segundo a qual  $N = \frac{\sin i}{\sin r}$

No triângulo  $feb$  o ângulo em  $f$  é  $i$  e  $\tan i = \frac{eb}{fe}$

No triângulo  $dfa$  o ângulo em  $f$  é  $r$  e  $\tan r = \frac{da}{fd}$

Sabendo-se que  $da = eb$  e desede que a relação de tangente em ângulos pequenos é essencialmente igual à relação de senos, temos:

$$N = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\tan i}{\tan r} = \frac{\frac{eb}{fe}}{\frac{da}{fd}} = \frac{fd}{fe} = \frac{ac}{cb}$$

ou seja; o índice de refração  $N$  de uma substância transparente qualquer é igual à sua espessura real dividida pela sua espessura aparente.

Os compêndios têm até hoje sugerido o uso do método do duque de Chaulnes para a determinação de índices em lâminas petrográficas finas de  $\pm 0,030$  mm ao microscópio. A medida de espessura é efetuada com a escala do micrômetro do parafuso de precisão do tubo.

O autor já teve muitas vezes oportunidade de experimentar o método microscópico em lâminas finas, sempre com resultados absolutamente insatisfatórios. A falha principal do método reside na incerteza da posição de focalização aliada às incertezas na leitura do parafuso micrométrico e erros causados por rotacões do parafuso sem correspondente movimento vertical do tubo (folga do parafuso), irregularidades na espessura do mineral, uso de luz convergente e erros no cálculo da espessura real. Para espessuras de 0,030 mm, os erros que o autor tem praticado são da ordem de  $\pm 0,4$ , o que tornaria o método inteiramente desaconselhável.

Entretanto, à medida que a espessura do objeto vai aumentando, o espaço de incerteza das focalizações vai proporcionalmente diminuindo. Embora se conserve o mesmo erro constante nas focalizações e leituras, observa-se que em quaisquer condições (ao microscópio pelo menos) ele nunca será maior que poucas micra. Acrescentando  $\pm x$  na fórmula

$$N (\pm x) = \frac{\text{espessura real} (\pm x)}{\text{espessura aparente} (\pm x)}$$

verificamos que o valor de  $N$  varia muito pouco se  $x$  for medido em micra e as espessuras em milímetro e menos ainda quando estas aumentarem para centímetros. Assim, o erro total di-

minui com o aumento de espessuras.

Para ilustrar o fato, damos abaixo os resultados de medidas ao microscópio efetuadas com objetos transparentes de espessuras variadas.

Objeto	Espessura real	Espes. aparente	N real	N obtido	Erro
Quartzo	0,030 mm *	0,017 mm	1,544	1,764	0,220
Vidro (lâmina)	1,510 mm **	0,966 mm	1,505	1,562	0,057
Água-marinha	14,420 mm ***	9,12 mm	1,575	1,581	0,006

\* — medida ópticamente

\*\* — medida com micrômetro

\*\*\* — medida com paquímetro

Nota — Os índices foram tomados como sabidos no quartzo (Nº fixo); foram obtidos por meio de líquidos no caso do vidro, foram obtidos por meio do método do prisma na água-marinha.

Os índices obtidos referem-se evidentemente a um valor aproximado de qualquer um dos dois índices possíveis, pois em meios fracamente birrefringentes, mesmo em pedras espessas como a da água-marinha, não se distinguem duas imagens através da ge-

um índice. Quando o mineral possui maior birrefringência (zircão, p. ex.) seria necessário medir os dois índices.

Observa-se que, conservando-se a aparelhagem óptica e o processo de determinação, o erro para espessuras finas (0,030 mm) foi, para o observador, quase 40 vezes maior do que o obtido com substâncias de espessura ao redor de 1 cm. O microscópio serviria de maneira ideal para a medida de índices em pedras espessas pelo método de Chaulnes. Em todas as marcas conhecidas pelo autor, entretanto, o parafuso micrométrico não desloca verticalmente mais que 2 mm, obrigando o experimentador a efetuar várias rotações completas para cima e para baixo compensando cada uma das descidas com rotações para cima com o micromé-

focalizações intermediárias e portanto aumento do erro final. Aliás, para o prático de gemologia, de recursos médios, o microscópio é um instrumento demasiadamente caro, pois, não interessam para a determinação, as demais partes ópticas e acessórios do aparelho.

Temos a impressão de que se utilizarmos um aparelho suficientemente preciso para medidas e visadas microscópicas, sem forte aumentos, e sem outras complicações de construção, o método do duque de Chaulnes encontrará aplicação mais larga, especialmente entre gemologistas. Apenas com o fito de ilustrar a idéia imaginamos um aparelho como o da Fig. 1, que nada mais é que uma lente ou sistema de lentes objetiva fixa (sem possibilidade de vibração) a uma haste acompanhada de nônia. Evidentemente o objetiva deve ter comprimento focal de 1 a 2 cm. É pos-

sível que um aparelho deste tipo não produza inicialmente resultados aceitáveis. Mas também é muito provável que a precisão possa ser aumentada se usarmos lente de maior aumento e poder resolvente e pequena profundidade de foco, se a haste graduada contar com nônia de precisão a se determinar e se não houver jogo ou flexibilidade em qualquer de suas partes. O resto de penderá apenas da prática do observador e das características da pedra. Assim, p. ex., talvez se verifique que a focalização na aresta ou vértice do pião seja deficiente, dada a rugosidade e fraturamento microscópico. Um ligeiro polimento com feltro e óxido de magnésio resolverão o problema. Já a focalização da mesa da pedra é geralmente conseguida com precisão e será facilitada pela existência sobre ela de partículas sólidas ou finas irregulares como, p. ex., impressões digitais.

#### Bibliografia consultada

Wülfing, E. A. — "Mikroskopische physiographie" pg. 533, Stuttgart 1921-24.