

Título em Português:

Obtenção da curva de dispersão do índice de refração do espectro de transmissão óptica linear em interfaces de materiais transparentes

Título em Inglês:

Index refraction dispersion curve determination from linear optical transmission spectrum of transparent materials interfaces

Autor:

Inara Yasmin Donda Acosta

Instituição:

Universidade de São Paulo

Unidade:

Instituto de Física de São Carlos

Orientador:

Lino Misoguti

Área de Pesquisa / SubÁrea:

Física da Matéria Condensada

Agência Financiadora:

CNPq - PIBIC

Obtenção da curva de dispersão do índice de refração do espectro de transmissão em interfaces de materiais transparentes

Inara Yasmin Donda Acosta

Prof. Dr. Lino Misoguti

Instituto de Física de São Carlos - USP

inarayasmin@usp.br

Objetivos

Neste trabalho pretendemos estudar a viabilidade e a precisão da determinação da magnitude e da dispersão do índice de refração de materiais transparentes, sólidos e líquidos, usando o espectro de transmissão em interfaces. Como o sinal de transmissão numa interface, especialmente, numa incidência normal possui uma relação bem simples com o índice de refração, pode-se explorar esse fato para a sua determinação. Algumas medidas preliminares em diferentes lâminas de vidro mostraram que é possível obter resultados satisfatórios tanto da magnitude quanto da dispersão do índice de refração na condição de absorções desprezíveis de forma bastante rápida e simples

Métodos e Procedimentos

O ponto fundamental da determinação do índice de refração aqui é a reflexão de Fresnel. Considerando uma lâmina de vidro no ar, na ausência de absorção, temos:

$$T(\lambda) = \frac{I_r(\lambda)}{I_0(\lambda)} \quad (1)$$

$$T(\lambda) = \left[\frac{4n_i(\lambda)n_t(\lambda)}{(n_t(\lambda) + n_i(\lambda))^2} \right]^2 \quad (2)$$

E assim:

$$n(\lambda) = \frac{2 - \sqrt{T(\lambda)} \pm 2\sqrt{1 - \sqrt{T(\lambda)}}}{\sqrt{T(\lambda)}} \quad (3)$$

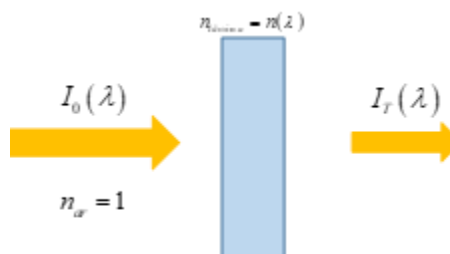


Figura 1: Diagrama esquemático mostrando a luz incidente na normal e a luz transmitida numa lâmina de material transparente com índice de refração, n.

Caso uma amostra apresente absorção linear significativa, é necessário remover esta contribuição. A partir da medida de curvas de transmitância (ou absorbância) em amostras com espessuras diferentes, é possível obter a curva de absorção pura da amostra pois qualquer diferença entre os dois sinais advém

da absorção. Removendo a curva de absorção, é possível determinar a curva de transmitância pura de “Fresnel” na qual apenas a reflexão de Fresnel esteja presente como proposto no nosso modelo, Eq. (3). Para facilitar os cálculos, utilizam-se as curvas de absorbâncias que são aditivas:

$$A(\lambda) = \log\left(\frac{1}{T(\lambda)}\right) \quad (4)$$

Empiricamente observamos que foi necessário adicionar um termo proporcional ao inverso do comprimento de onda ao quadrado nas curvas de absorção para que melhores curvas de índice de refração fossem obtidas (Fig. 2 c)). Aparentemente este termo (artefato) é oriundo da espessura da amostra pois ele é proporcional ao índice de refração.

Resultados

Neste período do trabalho, foi realizado um amplo estudo de três vidros ópticos bem conhecidos: BK7, SF6 e LaSF-N30.

As curvas obtidas diretamente da transmitância sem correção da absorção nos dão uma ideia aproximada da curva do índice de refração, mas não nos dão as corretas, como mostra a Fig. 2: a). Foram feitas medidas em amostras finas (1 mm) e grossas (6 mm). Estas duas medidas são usadas para determinar as absorções.

A seguir, removemos a absorção pura da amostra considerando as respectivas espessuras das lâminas, Fig. 2 b). Isto também não levou a bons resultados.

Finalmente, levando em conta a absorção e o efeito do artefato da espessura, obteve-se melhores resultados, Fig. 2 c).

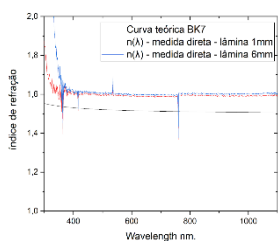
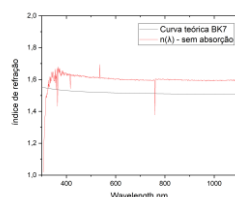
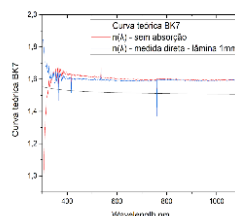


Figura 2: a) Curva de dispersão apenas do BK7 calculada a partir da transmitância sem considerar a influência da absorção utilizando a Eq. (3).



b) Remoção da absorção presente na amostra



c) Remoção da absorção e considerando a influência da espessura da amostra.

Conclusões

Analisando os nossos resultados em 3 lâminas de vidro, foi possível concluir que melhores índices de refração podem ser medidos a partir de curvas de transmitância de amostras finas em comparação de amostras mais grossas, como esperado. Isto indica que a absorção e a espessura afetam os resultados. Desta forma, neste projeto, decidimos determinar a curva da absorção da amostra para que ela possa ser removida para a determinação de melhores curvas de índice de refração. As curvas de absorção foram determinadas a partir de duas medidas de transmitância de duas amostras com diferentes espessuras. Observamos que apenas a remoção da absorção não foi suficiente e tivemos que levar em conta o artefato devido a espessura. Empiricamente, observamos que este artefato é proporcional ao inverso do quadrado comprimento de onda indicando que ele é oriundo do índice de refração.

Referências Bibliográficas

- [1] G. R. Fowles, *Introduction to modern optics*, Second Edition, Dover Publications, Inc. New York 1975.
- [2] E. Hercht, *Optics*, Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- [3] A. Samoc, “Dispersion of refractive properties of solvents: Chloroform, toluene, benzene, and carbon disulfide in ultraviolet, visible, and near-infrared,” *J. Appl. Phys.* **94**, 6167 (2003). DOI: 10.1063/1.1615294.

Obtention of the refractive index dispersion curve from the transmission spectrum of transparent materials interfaces

Inara Yasmin Donda Acosta

Prof. Dr. Lino Misoguti

Instituto de Física de São Carlos - USP

inarayasmin@usp.br

Objectives

In this work we intend to study the viability and precision of the refractive index magnitude and dispersion determination of transparent materials, solids and liquids, using the transmission spectrum at interfaces. As the transmission signal at an interface, specially, in a normal incidence, has a simple relation with the refractive index, this fact can be explored for its determination. Some preliminary measurements in different glass slabs showed that it is possible to obtain satisfactory results for both magnitude and dispersion of the refractive index in the negligible absorption condition in a fast and simple way.

Materials and Methods

Here, the fundamental point of the refractive index determination is the Fresnel reflection. Considering a glass slab in the air, in the absence of absorption, we have:

$$T(\lambda) = \frac{I_t(\lambda)}{I_0(\lambda)} \quad (1)$$

$$T(\lambda) = \left[\frac{4n_i(\lambda)n_t(\lambda)}{(n_i(\lambda) + n_t(\lambda))^2} \right]^2 \quad (2)$$

And then:

$$n(\lambda) = \frac{2 - \sqrt{T(\lambda)} \pm 2\sqrt{1 - \sqrt{T(\lambda)}}}{\sqrt{T(\lambda)}} \quad (3)$$

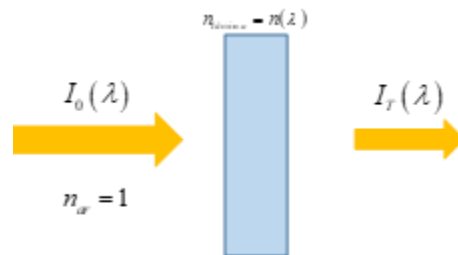


Figure 1: Schematic diagram showing the incident light at normal and the transmitted light in a transparent material slab with refractive index, n .

If a sample present a significant linear absorption, it is necessary to remove this contribution. By measuring the transmission (or absorbance) curves of two samples with different thicknesses, it is possible to obtain the pure sample absorption curve since any difference between the two signals are due to absorption. Removing the absorption curve, it is possible to obtain the pure "Fresnel" transmittance curve where only the Fresnel reflection is present as

the proposed model requires. Eq. (3). To facilitate the calculation, we employ the absorbance curves, which is additive:

$$A(\lambda) = \log\left(\frac{1}{T(\lambda)}\right) \quad (4)$$

Empirically, we observed that it was necessary to add a term proportional to the inverse of wavelength square in the absorption curves in order better refractive index curves could be obtained (Fig. 2 c)). Apparently this term (artifact) comes from the sample thickness since it is proportional to refractive index.

Results

In this period of work, it was realized a broad study of well knowing three optical glasses: BK7, SF6 and LaSF-N30.

The curves obtained directly from the transmittance without absorption correction provide an approximate idea of the refractive index, but not the correct one as Fig. 2 a) shown. We did measurements in thin (1 mm) and thick (6 mm) samples. These two measurements were used for the absorption measurement.

In sequence, we removed the sample absorption taking into account the slab thicknesses, Fig. 2 b). Also this not lead to good results.

Finally, take into account the absorption and the artifact due to the sample thickness, better results were obtained. Fig. 2 c).

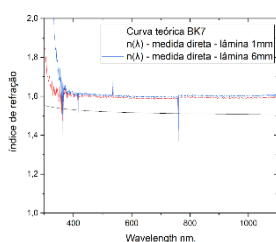
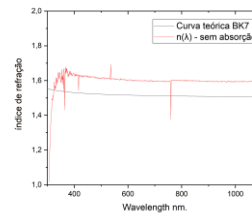
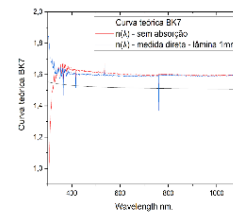


Figure 2: a) Only BK7 dispersion curve calculated from the transmission curve without taking into account the influence of absorption using Eq. (3).



b) Removing the absorption of the sample.



c) Removing the absorption and the thickness artifact influence.

Conclusions

Analyzing our results in 3 glass slabs, it was possible to conclude that better refractive index can be measured from thin samples transmission in comparison to thick samples ones, as expected. This indicate that the absorption and the thickness affect the results. In this way, in this project, we decide to find the sample absorption curve in order to be removed for better refractive index curve determination. The absorption curves were determined from two transmittance curves obtained from two samples with different thicknesses. We observed that just removing the absorptions were not enough and we have to take into account the artifacts due to thickness. Empirically, we observed that this artifact is proportional to inverse of wavelength square indicating that it comes from refractive index.

References

- [1] G. R. Fowles, *Introduction to modern optics*, Second Edition, Dover Publications, Inc. New York 1975.
- [2] E. Hercht, *Optics*, Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- [3] A. Samoc, "Dispersion of refractive properties of solvents: Chloroform, toluene, benzene, and carbon disulfide in ultraviolet, visible, and near-infrared," *J. Appl. Phys.* **94**, 6167 (2003). DOI: 10.1063/1.1615294.