

**Título em Português:** Obtenção da curva de dispersão a partir do espectro de transmissão em interfaces de meios transparentes

**Título em Inglês:** Dispersion curve obtention from the transparent interfaces transmission spectrum

**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

Este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade e a precisão na determinação da magnitude e da dispersão do índice de refração de materiais transparentes, tanto sólidos quanto líquidos, a partir da análise do espectro de transmissão em interfaces. Considerando que o sinal de transmissão em uma interface, particularmente em incidência normal, possui uma relação direta e simples com o índice de refração, esse método pode ser explorado para sua determinação. Comparamos os resultados experimentais com as curvas de dispersão do índice de refração descritas por Sellmeier e obtidas em [1].

### Métodos e Procedimentos

O ponto fundamental da determinação do índice de refração aqui é a reflexão de Fresnel. Uma abordagem para determinar a curva de dispersão do índice de refração envolve realizar medições com a cubeta vazia e preenchida com o líquido de interesse, permitindo obter o índice de refração do material da cubeta e do líquido. A medição com a cubeta vazia equivale à análise de duas lâminas em série.

$$T_1 = \frac{4n}{(n+1)^2} \quad (1)$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{4n_1 n}{(n_1 + n)^2} \right) = \frac{4n}{(n+1)^2} \frac{4n_1 n}{(n_1 + n)^2} \quad (2)$$

$$T_2 = \frac{16n^2 n_1}{(n+n_1)^2} \quad (3)$$

$$T_4 = T_2^2 = \left[ \frac{16n^2 n_1}{(n+1)^2 (n_1 + n)^2} \right] \quad (4)$$

Tirando a raiz e simplificando a equação

$$\sqrt{T_4} = \frac{16n^2 n_1}{(n+1)^2 (n_1 + n)^2} \quad (5)$$

em que  $n$  é o índice de refração da sílica. Resolvendo utilizando o algoritmo da equação de segundo grau, temos o índice de refração do líquido.

$$n_l = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (6)$$

### Resultados

Antes das medições experimentais, a equação de segundo grau apresentava duas soluções possíveis: negativa (-) e positiva (+). Para lâminas de vidro, a solução positiva mostrou-se adequada, porém, para líquidos em cubetas, a

solução correta não era evidente. Com base nas equações dos índices de refração, foi possível calcular a curva teórica de transmitância e determinar o índice de refração do líquido pela equação (6). Para o etanol, a solução negativa foi a correta, pois seu índice de refração é inferior ao da sílica. Como observado em pesquisas anteriores, os espectrômetros comerciais possuem um artefato devido à espessura das amostras. Por isso, realizamos o tratamento de remoção da absorção para obter resultados mais precisos.

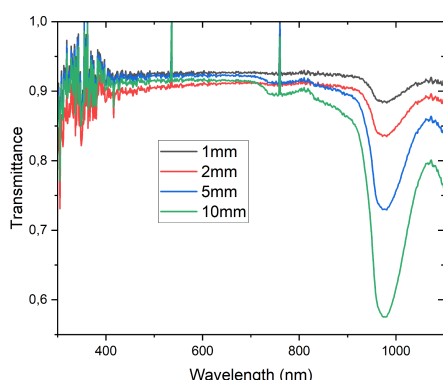


Figura 1: Transmitância das cubetas contendo etanol de diferentes espessuras com contribuição dos efeitos da absorção.

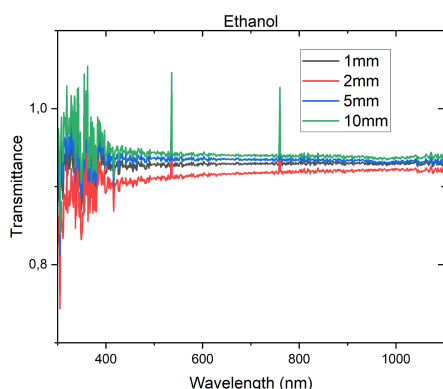


Figura 2: Transmitância das cubetas contendo etanol de diferentes espessuras após a remoção da absorção.

Com isso, somos capazes de plotar o seguinte gráfico, que demonstra as soluções da equação em comparação à curva de Sellmeier:

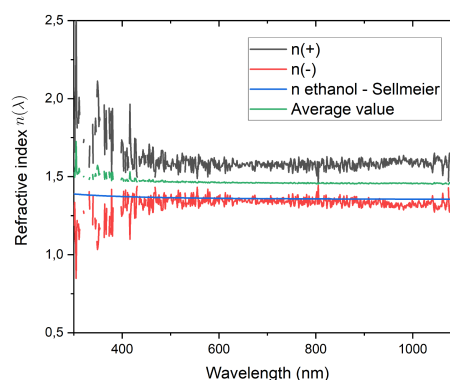


Figura 3: Curva de dispersão do índice de refração do etanol em comparação com a curva teórica de Sellmeier.

## Conclusões

A principal contribuição deste trabalho refere-se à análise de líquidos em cubetas. Verificamos que as duas soluções da equação de segundo grau, resultantes do cálculo do índice de refração, dependem da relação entre o índice de refração do material da cubeta e do líquido em estudo. Quando o índice de refração do líquido é inferior ao da cubeta, a solução negativa (-) proporciona o valor correto de  $n(\lambda)$ . Em contrapartida, se o índice de refração do líquido for superior ao da cubeta, a solução positiva (+) deve ser considerada. Esse comportamento ressalta a importância de avaliar a relação entre os materiais envolvidos para uma determinação precisa do índice de refração.

## Agradecimentos

Agradeço ao Instituto de Física de São Carlos e à instituição de fomento CNPq por incentivar esse projeto de código 2023-2445.

## Referências



[1]<https://refractiveindex.info/?shelf=glass&book=BK7&page=CDGM>.

## Determination of the refractive index dispersion curve from the transmission spectrum at transparent material interfaces

Inara Yasmin Donda Acosta

Prof. Dr. Lino Misoguti

Instituto de Física de São Carlos - USP

inarayasmin@usp.br

### Objectives

This study aims to assess the feasibility and accuracy of determining the magnitude and dispersion of the refractive index in transparent materials, both solid and liquid, through analysis of the transmission spectrum at interfaces. Given that the transmission signal at an interface, particularly under normal incidence, exhibits a direct and straightforward relationship with the refractive index, this approach can be effectively utilized for its determination. The experimental results are compared with refractive index dispersion curves predicted by the Sellmeier equation, as presented in [1].

### Materials and Methods

The fundamental aspect of determining the refractive index in this approach is based on Fresnel reflection. One method for determining the refractive index dispersion curve involves performing measurements with both an empty cuvette and one filled with the liquid of interest, allowing for the determination of the refractive indices of both the cuvette material and the liquid. The measurement with the empty cuvette is equivalent to analyzing two glass plates arranged in series.

$$T_1 = \frac{4n}{(n+1)^2} \quad (1)$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{4n_1 n}{(n_1 + n)^2} \right) = \frac{4n}{(n+1)^2} \frac{4n_1 n}{(n_1 + n)^2} \quad (2)$$

$$T_2 = \frac{16n^2 n_1}{(n+n_1)^2} \quad (3)$$

$$T_4 = T_2^2 = \left[ \frac{16n^2 n_1}{(n+1)^2 (n_1 + n)^2} \right] \quad (4)$$

Taking the square root and simplifying the equation:

$$\sqrt{T_4} = \frac{16n^2 n_1}{(n+1)^2 (n_1 + n)^2} \quad (5)$$

where  $n$  is the refractive index of silica. By solving using the quadratic equation algorithm, we obtain the refractive index of the liquid.

$$n_l = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (6)$$

### Results

Before the experimental measurements, the quadratic equation presented two possible

solutions: negative (-) and positive (+). For glass plates, the positive solution proved to be appropriate; however, for liquids in cuvettes, the correct solution was not immediately clear. Based on the refractive index equations, it was possible to calculate the theoretical transmittance curve and determine the liquid's refractive index using equation (6). For ethanol, the negative solution was correct, as its refractive index is lower than that of silica. As observed in previous research, commercial spectrometers exhibit an artifact due to the sample thickness. Therefore, we applied absorption correction to obtain more accurate results.

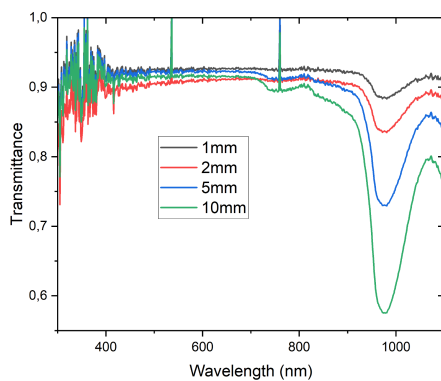


Figure 1: Transmittance of cuvettes of different thicknesses containing ethanol with contribution from absorption effects.

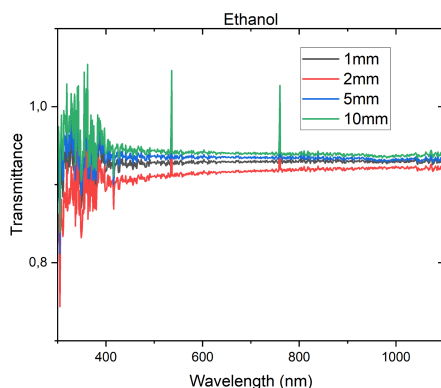


Figure 2: Transmittance of cuvettes of different thicknesses containing ethanol after removal of the absorption

With this, we are able to plot the following graph, which demonstrates the solutions of the equation in comparison to the Sellmeier curve:

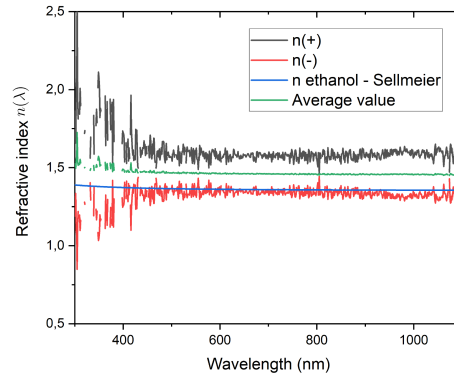


Figure 3: Dispersion curve of the refractive index of ethanol compared to the theoretical Sellmeier curve.

## Conclusions

The principal contribution of this study pertains to the analysis of liquids in cuvettes. We found that the two solutions of the quadratic equation, derived from the refractive index calculation, depend on the relationship between the refractive index of the cuvette material and that of the liquid under study. When the refractive index of the liquid is lower than that of the cuvette, the negative solution (-) yields the correct value of  $n(\lambda)$ . Conversely, if the refractive index of the liquid is higher than that of the cuvette, the positive solution (+) should be used. This behavior highlights the importance of evaluating the relationship between the materials involved to achieve an accurate determination of the refractive index.

## Acknowledgements

Acknowledgment is extended to the Institute of Physics of São Carlos and to the funding agency CNPq for their support of this project under code 2023-2445.

## References

[1]<https://refractiveindex.info/?shelf=glass&book=BK7&page=CDGM>.

