A ÓTICA GEOMÉTRICA DA INTERFACE CURVA AR-ÁGUA

João Vitor de Resende (PIBIC/FA), Cláudia Bonardi, Gerson Kniphoff da Cruz (Orientador) e-mail: gersonkc@uepg.br
Universidade Estadual de Ponta Grossa /Departamento de Física.

Ciências Exatas e da Terra, Física, Área Clássica de Fenomenologia e suas Aplicações, ótica
Palavras-Chave: *Ótica geométrica, instrumentação, refração, ensino de física, lentes bola.*

Resumo

Estudar a refração da luz numa interface curva entre dois meio é fundamental para o entendimento dos processo de convergência e divergência de raios na ótica geométrica. Nesse trabalho apresentamos um estudo teórico-experimental detalhado da influência da borda de plástico utilizada para criar uma interface curva para o estudo da refração entre o ar e a água.

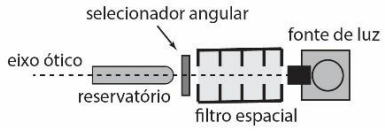
Introdução

Em 1841, Johann Carl Friedrich Gauss apresentou a aproximação paraxial da ótica geométrica permitindo uma descrição matemática do comportamento dos raios luminosos em sistemas ópticos para pequenos ângulos de incidência. Em 2022, Gerson Kniphoff da Cruz, propôs e desenvolveu uma releitura da ótica geométrica apresentando uma equação exata, sem aproximações, e a aplicou no estudo da ótica geométrica de bolas d´água. Desse modo, esse trabalho objetiva apresentar os resultados obtidos da aplicação dessa proposição de Cruz ao estudo da interface curva formada entre o ar e a água.

Materiais e Métodos

Um aparato experimental (Figura 1) composto por uma fonte de luz, um filtro espacial, um selecionador angular e um recipiente contendo água. O reservatório, de formato retangular, foi construído em vidro tendo sido uma de suas bordas produzida com o fundo de um pote plástico utilizado para a comercialização de requeijão. Para determinação da distância focal, no fundo do reservatório foi colado uma tira de papel milimetrado que permite a medida direta de S, a distância medida entre o vértice da interface curva e o ponto de focalização.

Figura 1 – Diagrama do aparato experimental.



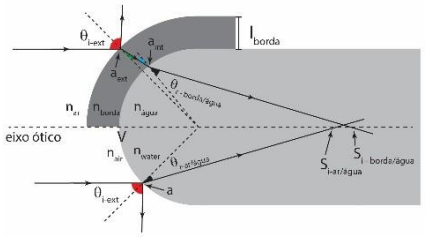
Resultados e Discussão

Na visão clássica, uma fonte emissora de luz é posiciona sobre o eixo ótico, distante S_o, do vértice da interface formada entre o ar e a água. Nessa condição calcula-se a posição focal, para a aproximação gaussiana que é dada por: $S(n) = R.[(2 - n_{água})/2.(n_{água} - 1)]$, em que n é o índice de refração. Cruz, em sua investigação considerou a fonte de luz posicionada no infinito e deduziu a seguinte expressão exata para S(n):

$$S_n = \frac{R\ sen(2\theta_r - \theta_i)}{\tan[2(\theta_i - \theta_r)]} - R[1 - \cos(2\theta_r - \theta_i)],$$

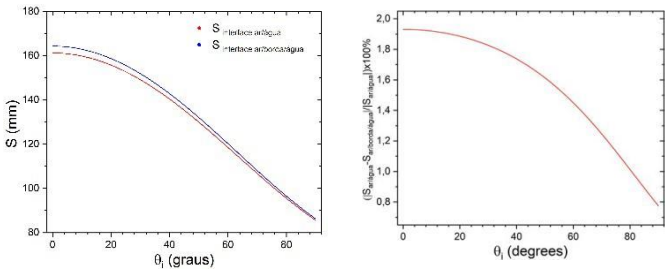
que se reduz a expressão clássica na aproximação de ângulos pequenos. Mas como a borda, pode influenciar a determinação experimental de S_n? A figura 2 apresenta um esquema de raios mostrar o problema aqui investigado.

Figura 2 - Um diagrama esquemático representando o problema investigado nesse trabalho.



Na figura 3a é mostrado a comparação dos valores de S calculados teoricamente nas condição de interface ar/água e ar/borda/água. Na Figura 3b o erro que seria cometido desprezando-se a existência da borda.

Figura 3 – O gráfico de S($\theta\theta_i$) nas condições estudadas: interface ar/água e interface ar/borda/água.



Percebe-se que o erro diminui com o aumento do ângulo de incidência. Isso significa que os raios são mais espacialmente focalizados pela interface para ângulos de incidência maiores.

Conclusão ou Conclusões

Os resultados demonstraram que estudos experimentais de interfaces curvas são possíveis e que os resultados devem ser corrigidos dependendo a aplicação. No estudo realizado um erro inferior a 2% seria cometido em função da presença da borda do recipiente utilizado na experimentação.

Agradecimentos

Os autores agradecem a PIBIC/FA/UEPG e LAEPI.

HECHT, Eugene. Optics. 3. ed. New York: Addison-Wesley Longman, 1998. ISBN 0-201-83887-7.
RIEDL, Max J. Optical design – applying the fundamentals. Vol. TT84. Bellingham, Washington: SPIE Press, 2009. ISBN 978-0-8194-7799-6.
CRUZ, Gerson Kniphoff da. The Earth's atmosphere works like a spherical lens. In: IMAGING AND APPLIED OPTICS CONGRESS, 2022, Vancouver. Anais eletrônicos... Washington: OSA Publishing, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1364/PCAOP.2022.PTh4F.5. Acesso em: 31 maio 2025.
CRUZ, Gerson Kniphoff da. BR 102024001532-0. Patente concedida em 04 de jun. de 2024. Revista da Propriedade Industrial, n. 2787, p. 184.