

# Um modelo matemático para verificação do princípio de Fermat na refração da luz

Ronaldo César de Paiva, Nguyen Thi Bich Thuy. Universidade Estadual Paulista.

E-mail: [ronaldo.paiva@unesp.br](mailto:ronaldo.paiva@unesp.br)

Palavras Chave: princípio de Fermat, refração da luz, modelagem matemática.

## Introdução

A luz, enquanto se propaga, comporta-se como uma onda, portanto sujeita a fenômenos ondulatórios. Um desses fenômenos é a refração. A óptica geométrica irá estudar esse fenômeno e outros sem se preocupar com a natureza ondulatória da luz. Na óptica geométrica, a luz é tratada como um raio que se propaga de um ponto  $A$  até um ponto  $B$  do espaço em linha reta. Neste trabalho, iremos apresentar o desenvolvimento de um modelo matemático em que utilizamos somente conceitos da Geometria Analítica para verificar o princípio de Fermat na refração. Com o modelo já criado, produzimos um programa em *Python*.

## Objetivos

Produzir um modelo matemático didático do princípio de Fermat na refração da luz utilizando apenas conceitos da Geometria Analítica. O modelo deve ser o mais didático possível, podendo ser compreendido por pessoas da maior quantidade possível de formações.

## Materiais e Métodos

Empregando conceitos de Geometria Analítica para realizar a modelagem do fenômeno da refração na luz. Utilizamos conceitos como módulo de vetores e produto escalar. Além disso, apresentamos uma demonstração do princípio de Fermat utilizando cálculo variacional.

Após determinarmos as equações que modelam a situação proposta, produzimos um *software* em *Python*. Esta linguagem de programação foi escolhida devido sua estrutura de dados de alto nível, mas principalmente por sua sintaxe extremamente simples e elegante e por ser uma linguagem de programação poderosa e de propósito geral.

O *software*, a partir de variáveis iniciais, calcula a velocidade da luz em diferentes meios e o tempo que a luz levaria para percorrer dois caminhos distintos quando ocorre a refração, um mais curto (uma reta) e outro que é efetivamente percorrido pela luz.

## Resultados e Discussão

Uma vez definidas as equações que modelam o fenômeno proposto, podemos definir qualquer conjunto de variáveis que desejarmos a partir das coordenadas de um ponto qualquer e os índices de refração quaisquer para cada meio. Com isto, somos capazes de determinar os intervalos de tempo que a luz leva para percorrer cada um dos trajetos propostos, além da velocidade em cada um dos meios escolhidos. Abrimos mão de ferramentas matemáticas que fujam do conhecimento comum ao estudante do ensino médio e de um aluno de graduação, por exemplo. Pensando nisso, produzimos um *software* em *Python* que simula o modelo. Utilizando o *software* fomos capazes de simular diferentes situações a partir de dados iniciais, o que expandiu a possibilidade de usos, uma vez que é possível simular diferentes situações. Seguindo a proposta de criar ferramentas inovadoras voltadas ao ensino de física e de acesso livre, o código do *software* em *Python* produzido encontra-se disponível na internet para download, utilização e alterações. A vantagem da elaboração deste modelo reside na sua simplicidade, pois para seu desenvolvimento, abrimos mão do cálculo diferencial e integral, sendo essas as principais ferramentas utilizadas na demonstração do princípio de Fermat.

## Conclusões

O modelo matemático representa adequadamente o fenômeno físico a que se propõem. Portanto, verificamos a possibilidade de aplicação de conceitos básicos da Geometria Analítica para modelagem de fenômenos físicos relacionados a óptica.

## Bibliografia

- [1] H. M. Nussenzveig, **Curso de Física Básica**, vol. 4, Blücher, São Paulo, 1997.
- [2] M. F. Sanner, **Python: a programming language for software integration and development** (J Mol Graph Model, 1999), v. 17, n. 1, p. 57-61.