

# O modelo vibracional da luz de Huygens e o ensino de Física: Equívocos, desafios e possibilidades



**Boniek Venceslau da Cruz Silva**

*Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário  
Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, Teresina – PI, Brasil, CEP 64049-790.*

**E-mail:** boniekvenc@yahoo.com.br

(Received 23 January 2011; accepted 10 June 2011)

## Resumo

A História da Física sempre atraiu a atenção da população acadêmica ou não. Atualmente, a História da Física vem se transformando em uma importante ferramenta pedagógica, onde tal perspectiva é apresentada em eventos e revistas da área. Neste trabalho apresentamos um estudo da obra *Tratado da Luz* de Christian Huygens, onde mostramos tanto como se deu a inserção dessa obra no contexto acadêmico da época como os equívocos históricos e didáticos relacionados ao modelo proposto por Huygens, apresentados em sites da internet e livros didáticos.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, História da Física, Christian Huygens.

## Abstract

The History of Physics has always attracted the attention of the academic population or not. Currently, the History of Physics is becoming an important educational tool, where this perspective is presented on events and magazines in the area. We present a study of the work of *Light Treaty* Christian Huygens, where we show both how was the inclusion of this work in the academic context of the period as the historical mistakes and teaching related to the model proposed by Huygens presented on Web sites and textbooks.

**Keywords:** Physics Teaching, History of Physics, Christian Huygens.

**PACS:** 01.65.+g, 01.50.Zv, 01.30.la.

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUÇÃO

A História da Física (HF), de uma forma geral, sempre atraiu o imaginário tanto de profissionais de todas as especialidades da Física como de professores de Física de todos os níveis de escolaridade.

Principalmente, depois da consolidação da Didática das Ciências como campo coeso de pesquisa, a HF ganhou um amplo campo de pesquisa, onde os pesquisadores buscam estudar possibilidades de inserir discussões da HF em sala de aula [1, 2, 3].

Dessa forma, atualmente, existe uma infinidade de eventos e revistas especializadas que pretendem realizar estudos sobre esta temática.

Entretanto, um dos principais resultados dos trabalhos que pretendem levar a HF, de forma específica, e a História e a Filosofia da Ciência (HFC), de forma geral, para a sala de aula é que tal empreitada não é tarefa trivial [4].

Mesmo com todos os possíveis benefícios que a HFC possa levar as salas de aula, ainda é um terreno instável na literatura especializada da área, metodologias adequadas de seu uso.

Contudo, muito destes trabalhos (por exemplo: Silva e Martins [5, 6] e Forato [7]) apontam que a HFC pode facilitar a elaboração de estratégias didáticas que objetivem

a discussão tanto de tópicos da ciência como também abordem aspectos sobre a ciência.

É justamente nesse segundo ponto, que Silva [9], em um estudo com alunos do ensino médio, mostrou que a HFC pode ser uma das ferramentas que podem modificar a ideia de ciência apresentadas pelos alunos do ensino médio. Neste trabalho, o autor mostra que em alguns casos, a noção de ciência dos estudantes se apresenta completamente distorcida e equivocada.

Entretanto, discussões como as apontadas acima, ainda, são inseridas nos cursos de formação de professores de Física de forma tímida, resultando, em alguns casos, uma formação deficitária aos futuros professores. Dessa forma, em algumas situações, sem maiores discussões, os docentes aceitam e utilizam textos históricos retirados tanto de um livro didático como de sites da internet de qualidade discutível.

Neste trabalho, em especial, vamos realizar um estudo crítico da obra de Christian Huygens (1629-1695) intitulada *Tratado da Luz*, onde ele apresenta as suas teses relacionadas à Óptica.

Ainda temos o intuito de mostrar as incoerências, sejam elas históricas ou didáticas, que comumente se observa quando se discutem aspectos da Óptica, tomando como base os estudos de Huygens.

## II. A CONTROVÉRSIA SOBRE A NATUREZA DA LUZ E O MODELO VIBRACIONAL DE HUYGENS

O século XVII é marcado pela Revolução Científica, ligada ao advento da mecânica newtoniana (unificadora da Física com a Astronomia) e da ciência moderna. Embora esteja ligada a temas científicos, essa revolução retrata mudanças na visão de mundo e na organização da sociedade [9].

Para Rosa [9], a Revolução Científica mostrou um.

*[...] avanço na compreensão da natureza e na sua apropriação para fins técnicos abriu o caminho para a civilização científica e tecnológica moderna de base racionalista. Mas, era inegável a influência da metafísica na física nascente. Quando mais não fosse, isso se dava dialeticamente, no confronto da nova visão do mundo com a visão da filosofia escolástica. Muitas justificativas para as hipóteses fundamentais das teorias tinham, por fé convicta, prudência, medo ou interesse, clara conotação religiosa [9, p.129].*

A Revolução Científica critica fortemente as ideias de Aristóteles, que ainda predominavam nas universidades da época. As ciências naturais se consolidavam como um campo independente da Filosofia e da tutela religiosa [9]. A experimentação, por um lado, e a matematização dos fenômenos, por outro, passam a compor o universo dos novos pesquisadores.

Por volta do século XVII, dois modelos viriam a surgir, um favorecendo os corpúsculos e outra, as ondas. O primeiro desses modelos foi associado ao nome de Isaac Newton (vale lembrar que ele não foi o criador da ideia) e sustentava que a luz era composta por minúsculas partículas (corpúsculos). A segunda linha de pensamento, por sua vez, é associada aos nomes de René Descartes (1596-1650), Christian Huygens (1629-1695), Robert Hooke (1635-1703). Estes, contrários ao modelo atrelado a Isaac Newton (1642-1727).

Durante o século XVII, o desenvolvimento de modelos explicativos da luz está associado à construção de modelos mecânicos<sup>1</sup>.

Um dos aspectos daquele período foi a importância dada à experimentação. Nas primeiras palavras do seu livro, Huygens insere-se nesse cenário, quando diz que:

*[...] como acontece em todas as ciências nas quais a geometria é aplicada à matéria, as demonstrações relativas à Óptica são fundamentadas sobre verdades tiradas da experiência - tais como a de que os raios de luz se propagam em linha reta; que os ângulos de reflexão e de incidência são iguais; e que não é menos certa do que as precedentes [10, p.11].*

Naquela época o uso da geometria nas demonstrações e nas explicações de fenômenos naturais estava em evidência. Huygens era considerado um dos maiores geômetras daquela época. A metodologia de Huygens para explicar a reflexão é norteada pela geometrização do fenômeno estudado. Em quase toda sua obra, ele não recorre à álgebra

diretamente, deixando quase de lado o uso de equações para explicá-la.

Nesse mesmo período, outros estudos teriam sido referências para Huygens, como o de Descartes, que teria desenvolvido um estudo detalhado sobre o choque de partículas que muito possivelmente foi estudado por Huygens e muito o influenciaria na sua explicação de natureza mecânica da luz. Esse fato era comum, haja vista a mecânica ser a ciência mais desenvolvida da época. Ela serviria como parâmetro de estudo para as demais ciências.

Descartes, ainda, teria sido um dos primeiros a considerar a natureza da luz como um problema científico. Para ele, a luz tinha uma tendência natural ao movimento ou pressão e que ela era transmitida com velocidade infinita [11].

Outro estudioso que viria a influenciar Huygens foi Hooke. Para ele, a luz seria produzida por vibrações de um meio sutil e homogêneo e propagada por impulso ou ondas de forma perpendicular à linha de propagação [4].

Dessa forma, a tarefa de Huygens de tentar construir um modelo robusto baseado em convicções de natureza não material estaria sendo desenhado nas suas ideias. Huygens queria melhorar e ampliar os modelos anteriores ao seu, como, por exemplo, o de Descartes e o de Hooke.

Não obstante, engana-se quem pensava que Huygens concordava plenamente com as ideias oriundas dos seus antecessores. Mesmo admirador dos trabalhos do mestre francês Descartes, ele se posicionou de forma contrária a ele.

No que diz respeito à velocidade da luz, Huygens entendia que ela deveria ter uma velocidade realmente alta, mas não infinita, conjecturando, pois, diferentemente do seu antecessor, que concebia a velocidade da luz como infinita.

Dessa forma Huygens (1629-1695) reforça a hipótese vibracional para a luz com a publicação, em 1678, do livro *Tratado sobre a luz*.

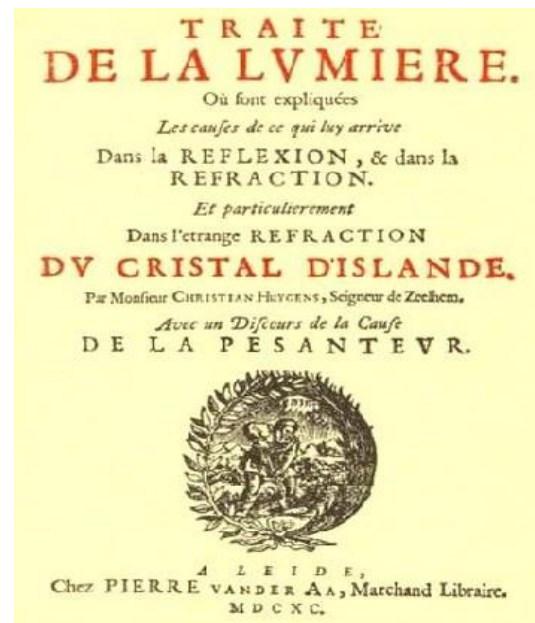


FIGURA 1. Capa do Tratado da luz de Christiaan Huygens.

<sup>1</sup> É nesse cenário que se insere a obra de Christian Huygens.

Nessa obra, Huygens se posiciona contra o modelo corpuscular, como se verifica na passagem a seguir:

[...] quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar [10, p.12].

Valendo-se de analogias com o som, ele formula sua hipótese vibracional para a luz. Observe o seguinte trecho contido no seu livro:

*Sabemos que, por meio do ar, que é um corpo invisível e impalpável, o som se propaga em toda a volta do lugar onde foi produzido, por um movimento que passa sucessivamente de uma parte do ar a outra. A propagação desse movimento se faz com igual velocidade para todos os lados e devem se formar como superfícies esféricas que crescem e que chegam a atingir nossas orelhas. Ora, não há dúvida de que a luz também não venha do corpo luminoso até nós por algum movimento impresso à matéria que está entre os dois, pois já vimos que isso não pode ocorrer pelo transporte de um corpo que passe de um até o outro [10, p.12].*

Durante o século XVII e parte do século XVIII, discussões relativas a fenômenos como a reflexão, refração e sobre as cores agitariam o cenário da Óptica daquele tempo. Outro personagem importante nessa história foi Isaac Newton, que propôs uma hipótese contrária a de Huygens.

Para Newton, a luz seria produzida por corpúsculos, como ele argumenta na questão 29 do seu livro *Óptica*.

Nessa questão, em especial, Newton apresenta o caráter corpuscular da luz, na forma de uma indagação: *os raios de luz não são corpos minúsculos emitidos pelas substâncias que brilham?* [12, p.271].

Os primeiros artigos de Newton sobre Óptica são, provavelmente, inspirados no atomismo da época, representado pela figura de Pierre Gassendi (1592-1655). As ideias iniciais de Newton sobre a luz foram muito contestadas por estudiosos da época como Huygens e o Hooke.

Embora a disputa existente entre os modelos vibracionais para a luz e o modelo corpuscular da luz seja ligada aos nomes de Huygens e Newton, foi realmente Hooke que deferiu críticas severas a concepção do jovem pensador inglês.

Isaac Newton no seu trabalho *A hipótese da luz*, remetido por ele ao secretário da Royal Society em 7 de dezembro de 1675, tenta se desvencilhar das críticas de Hooke.

[...] *A hipótese de a luz ser um corpo, caso eu a houvesse proposto, teria uma afinidade muito maior com a hipótese do próprio autor da objeção do que ele parece perceber* [13, p.31].

No mesmo trabalho, Newton continua argumentando se.

[...] *fosse eu presumir uma hipótese, ela seria esta, se proposta em termos mais gerais, de modo a não determinar o que é a luz além de dizer que ela é uma ou outra coisa capaz de provocar vibrações no éter, pois, desse modo, ela se tornará tão geral e abrangente de outras hipóteses, que*

*deixará pouco espaço para que outras sejam inventadas* [13, p.31].

Naquele período, Hooke, possuidor do cargo de presidente da Royal Society e de um grande prestígio acadêmico, foi um grande debatedor das ideias de Isaac Newton.

Esse cenário mudaria na primeira metade do século XVIII, onde as ideias de Newton, principalmente pela aceitação do *Principia*, seriam mais difundidas e mais bem aceitas na Inglaterra [4].

Entretanto, na segunda metade do século XVIII e no início do século XIX, as pesquisas relacionadas a teorias da luz baseada em modelos ondulatórios ressurgem, principalmente por Leonhard Euler (1707-1783) e posteriormente Thomas Young (1773-1829).

É justamente nesse cenário que inserimos as principais teses de Huygens sobre a luz. No próximo tópico, baseando-se na obra original *Tratado da luz de Huygens*, faremos um estudo crítico das principais ideias desse pensador.

### III. O MODELO VIBRACIONAL DE HUYGENS

Huygens, inventor de primeira linha, deu contribuições importantes para várias áreas do saber. À Óptica, sua contribuição mais relevante encontra-se no seu livro *Tratado da Luz*, apresentado em 1678 à Academia Real de Ciências, em Paris, e publicado em Leyde, em 1690.

O *Tratado da Luz* era dividido em duas partes. Na primeira, encontravam-se as explicações para as causas da reflexão e da refração, e, no que se refere a essa última propriedade, foi incluído um estudo específico sobre a refração do cristal da Islândia. Já na segunda parte, explicava-se a causa do peso.

Neste trabalho, apontaremos as teses defendidas por Huygens na sua obra *Tratado da Luz*. Analisaremos as explicações dadas, por ele, para fenômenos relacionados à óptica, por exemplo: a sua definição de propagação da luz, reflexão, refração, dentre outras.

#### A Propagação da Luz

Para Huygens, a luz era um impulso que se propagava em um meio, de forma análoga ao som. Embora estabelecesse várias semelhanças com o som, ele chama a atenção para algumas diferenças, como seu modo de produção. O som, para Huygens, ocorria pelo súbito abalo de um corpo inteiro ou de uma parte considerável dele, ao passo que a luz deve nascer de cada ponto do objeto luminoso. Outra diferença encontrava-se na agitação das partículas, que, na luz, se dava de forma muito mais rápida e brusca do que no som.

Huygens não dava à luz uma característica periódica, o que é básico para definição de onda para a ciência atual. Huygens argumentava que:

[...] *como as percussões no centro dessas ondas não possuem uma sequência regular, também não se deve imaginar que as ondas sigam umas às outras por distâncias iguais: se essas distâncias o parecem nessa figura, é mais*

para indicar o progresso de uma mesma onda em tempos iguais, do que para representar várias provenientes de um mesmo centro [10, p.21].

A figura abaixo representa o desenho realizado por Huygens com o intuito de tentar mostrar como seria a propagação da luz por meio de ondas luminosas.



FIGURA 2. Propagação da luz por meio de ondas concêntricas.

Nessa interpretação, a luz é vista como pulsos independentes, provavelmente inspirada nos trabalhos de Hooke, que já possuía essa visão de pulsos.

O primeiro problema na analogia realizada por Huygens entre a luz e o som surgiria nas experiências realizadas por Boyle e Torricelli. Huygens já conhecia o resultado, que demonstrava que o som não se propagava no vácuo [4].

Para tentar consertar esse problema que emergia nos seus estudos, Huygens concebe um meio especial por onde a luz deveria se propagar. A esse meio, ele chama de *éter lumínifero*.

Com base nesse modelo, por ele criado, Huygens foi capaz de explicar algumas propriedades da luz: propagação retilínea, reflexão regular e difusa, refração, entre outras.

Para explicar a propagação da luz por intermédio dos corpúsculos de éter, Huygens cria todo um aparato mecânico.

Na Fig. 3, observa-se o contato da esfera A com as esferas CCC. A esfera A é atingida pela B, o movimento de B é transferido para A, que, por sua vez, o comunica às esferas CCC. Em seguida, as esferas A e B permanecem imóveis.

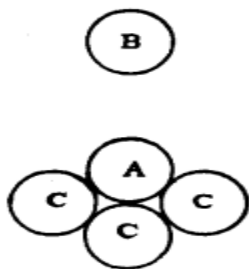


FIGURA 3. Modelo de propagação da luz proposto por Huygens.

Para Huygens, os corpúsculos de éter seriam dispostos de forma desalinhada um após o outro sempre em contato com os vizinhos.

Huygens imaginava, de deduções retiradas da mecânica, que era uma das ciências físicas mais bem desenvolvida daquela época, a possibilidade de recuo dos corpúsculos pelo choque com outro de maior tamanho. Esse fato explicava a sua necessidade de modelar corpúsculos do mesmo tamanho e sempre em movimento.

Entretanto, surgiria um problema no modelo de propagação proposto por Huygens. Seria muito estranho imaginar que pequenos corpúsculos de éter pudessem transmitir ondulações a longas distâncias, por exemplo, do Sol à Terra. Para Huygens,

[...] a força dessas ondas deve enfraquecer à medida que elas se afastem de sua origem, de modo que a ação de cada uma em particular se tornará sem dúvida incapaz de se fazer sentir por nossa visão [10, p.21-22].

As explicações dadas por Huygens a esse problema tentavam solucionar o enfraquecimento das ondas luminosas quando viajavam por longas distâncias. Para ele, uma grande quantidade de ondas se cruzaria, sem ocorrer destruição entre elas.

Huygens observou, nos seus estudos, a necessidade do corpúsculo de éter ser um corpo extenso. Isso garantiria a concentração de uma infinidade de ondas em um único ponto, formando uma única onda com seu centro naquele corpúsculo de éter.

Outra possibilidade vista por Huygens seria a ideia de que cada ponto luminoso provia milhares de ondas e não só uma. Esse fato, para ele, poderia ser explicado pela agitação dos corpúsculos no próprio corpo. Tal explicação levou ao famoso princípio de Huygens, que seria utilizado por ele para explicar todas as propriedades da luz, como as da reflexão e da refração. Nas palavras do próprio Huygens,

[...] se DCF é uma onda emanada do ponto luminoso A, que é o seu centro; a partícula B, uma das que estão compreendidas na esfera DCF, produzirá sua onda particular KCL, que tocará a onda DCF em C, no mesmo momento em que a onda principal, emanada do ponto A, tenha chegado a DCF. É claro que a onda KCL tocará a onda DCF apenas no lugar C, que está na reta traçada por A e B. Da mesma forma as outras partículas compreendidas na esfera DCF, como bb, dd, etc, terão cada uma produzido sua onda. Mas cada uma dessas ondas não pode ser senão infinitamente fraca comparada à onda DCF, para cuja composição todas as outras partes contribuem pelas partes de suas superfícies que estão mais afastadas do centro [10, p.21-22].

A figura acima, feita por Huygens, representa um esquema utilizado por ele para tentar sanar qualquer dúvida em relação à propagação da luz a grandes distâncias. Para que fosse válido todo esse aparato criado por Huygens, as ondas luminosas, ao se chocarem, não poderiam destruir-se uma às outras, o que culminaria na necessidade da explicação da independência das ondas luminosas.

Para Huygens, os “raios visuais, provindos de uma infinidade de lugares, cruzam-se sem em nada atrapalharem-se uns aos outros” [10, p.11].

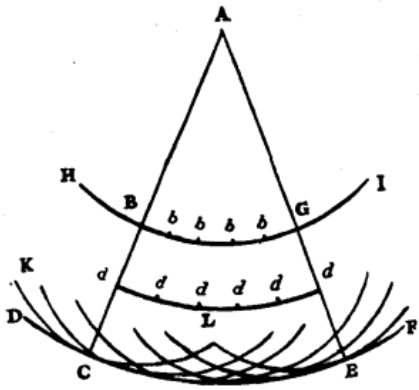


FIGURA 4. Modelo proposto para formação das ondas luminosas.

**A velocidade da luz**

Huygens entendia que existia uma diferença entre as velocidades do som e da luz. Para explicar essa diferença tão extrema entre as velocidades, ele argumenta que a velocidade da luz “não se tratava do transporte de um corpo com tal velocidade, mas de movimento sucessivo que passa de um aos outros” [10, p.14].

A Fig. 5 sistematiza o idealizado por Huygens.



FIGURA 5. Choque entre os corpúsculos de éter.

Para Huygens, o movimento impresso pelo corpúsculo de éter A seria transmitido integralmente para o corpúsculo B. Ele entendia que a alta velocidade da luz deveria manter-se constante, pois se o movimento não se distribuisse totalmente ao longo do trajeto, a velocidade diminuiria.

Então, para isso, Huygens idealizou um éter duro e de boa elasticidade, que conseguisse transmitir todo o movimento, mantendo a velocidade constante. Já em relação à elasticidade da matéria etérea, ela teria a capacidade de se restituir rapidamente, fosse empurrada de forma forte ou não.

**B. Reflexão e Refração**

Huygens demonstrava uma confusão de ideias no que diz respeito à explicação da reflexão e, principalmente, em relação à superfície que separariam os diferentes meios ópticos, como a água e o ar.

Huygens daria várias explicações para esse meio. Inicialmente, para ele, a matéria etérea seria uma superfície ideal, perfeita e unida. Em outro momento, ele admitiu uma continuidade na superfície e a igualdade da matéria etérea, descaracterizando a superfície idealizada por ele. Mais tarde, prestes a explicar a refração, ele conjectura que as partículas da superfície são maiores que as etéreas. Mas, se

as partículas da superfície fossem maiores que as etéreas, como se teria o fenômeno da refração?

Huygens mostra uma pequena confusão entre os corpúsculos de éter e as partículas da superfície. Em algumas ocasiões parecem ser as mesmas coisas, em outras não. Contudo, veja-se a explicação dada por Huygens para a reflexão e refração nas próximas linhas.

No capítulo II do seu livro, Huygens explica a reflexão da luz por meio de ondas, mostrando a conservação da igualdade dos ângulos. A Fig. 6 foi retirada da obra de Huygens. Nela, ele tenta explicar como seria a reflexão da luz baseando-se na geometria.

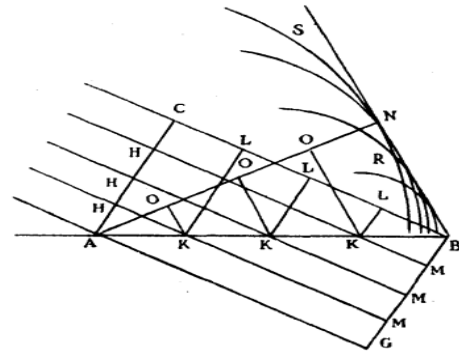


FIGURA 6. Representação geométrica feita por Huygens para explicar a reflexão.

Na Fig. 6, a linha AC, inclinada em relação à AB, representa uma parte de uma onda de luz. No seu modelo, Huygens considerou o centro de AC tão longe que ele poderia assim o enxergar como uma linha reta, como observado na figura. Para ele, tudo deveria estar contido em um único plano, pois uma onda totalmente esférica dificultaria muito sua explicação.

Huygens tenta demonstrar o avanço que o ponto C da onda AC teria de fazer até encontrar AB no ponto B. Observa-se que o ponto A da reta AC também possui seu movimento ao longo de AB. Vê-se que o arco de circunferência SNR é a onda esférica particular criada pelo ponto A. Nota-se que os três pontos H, ao longo de AC, também chegarão à superfície AB pelas retas HK, produzindo suas ondas esféricas particulares. Verifica-se, ainda, que todas as circunferências da figuras são tangenciadas pela reta BN.

Sendo os triângulos ACB e BNA retângulos, o lado AB é comum aos dois outros e o lado CB igual ao NA. Com isso, observa-se que os ângulos opostos a esses lados serão iguais e também o serão os ângulos CBA e NAB.

Nota-se que CB perpendicular à onda CA será o raio incidente e NA perpendicular à onda BN mostra a direção do raio refletido. Observa-se que esses raios estão igualmente inclinados ao plano AB..

Huygens, aparentemente, apresentou dificuldades ou dúvidas para explicar outro fenômeno: a refração.

No Capítulo III, ele explica a refração diferentemente da reflexão. Ele daria mais de uma explicação para aquele

fenômeno. Nas primeiras linhas do referido capítulo, ele diz:

*[...] da mesma forma que os efeitos da reflexão foram explicados pelas ondas de luz refletidas na superfície dos corpos polidos, explicaremos a transparência e os fenômenos da refração pelas ondas que se propagam dentro e através dos corpos diáfanos (tanto sólidos como o vidro quanto líquidos como a água, os óleos, etc.). Mas para que não pareça estranho supor essa passagem das ondas no interior dos corpos, mostrarei antes que se pode concebê-la como possível por mais do que uma maneira [10, p.29].*

Para tentar explicar a penetração da luz nos corpos transparentes, Huygens elucidou que as partículas da superfície são maiores do que as da matéria etérea. Essa dedução sobre a superfície refletora, estando correta, seria um forte argumento contra as ambições de modelos de natureza material, pois seria impossível o corpúsculo de luz atravessar de um meio para o outro.

Huygens parece se confundir em suas explicações ondulatórias para a transparência dos corpos. Para ele, em alguns momentos, são as partículas do éter que devem ser menores do que a superfície do corpo para que ocorra a transparência dos corpos. Mas, nas palavras de Huygens, não ocorria essa confusão, pois, para ele, isso não seria uma dificuldade. Observe-se o que ele diz:

*[...] o pequeno tamanho das partículas do mercúrio, por exemplo, é tal que se devem conceber milhões na menor superfície visível que se queira, arrumadas como um conjunto de grãos de areia que se tivesse tornado tão plano quanto fosse possível; sob esse ponto de vista, essa superfície se torna então igual a um vidro polido, e embora ela permaneça sempre irregular com relação às partículas do éter, é evidente que os centros de todas as esferas particulares de reflexão, estão aproximadamente como um mesmo plano contínuo, e assim a tangente comum pode lhes convir de modo suficientemente perfeito para que se dê a produção da luz. [10, p.28].*

Huygens aponta três possibilidades para a passagem das ondas no interior dos corpos:

- Mesmo se a matéria etérea não penetrasse nos corpos transparentes, suas partículas comunicariam sucessivamente o movimento das ondas, da mesma forma que o éter [10, p.29];
- As ondas de luz se propagam na matéria etérea que ocupa continuamente os interstícios ou poros dos corpos transparentes [10, p.30];
- As ondas de luz transmitem-se indiferentemente pelas partículas da matéria do éter, que ocupam os interstícios dos corpos, e pelas partículas que o compõem, de modo que esse movimento passa de umas para outras [10, p.31].

A figura abaixo foi feita por Huygens para mostrar a refração.

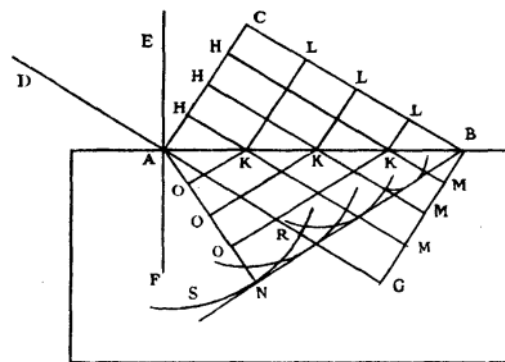


FIGURA 7. Esquema feito por Huygens para explicar a refração.

Como se pode observar, diferente da reflexão, Huygens apresentou três possibilidades para a passagem de ondas de um meio para outro, o que se pode definir como refração. As explicações de Huygens sobre a refração mostram-se de forma confusa, diferente do que ocorre com os estudos sobre reflexão, o que pode levar a crer que ele não tinha tanta convicção sobre esse fenômeno.

No próximo tópico faremos um estudo de como essas ideias de Huygens sobre a luz são apresentadas no ensino de Física.

#### IV. O MODELO VIBRACIONAL DA LUZ DE HUYGENS E O ENSINO DE FÍSICA

Atualmente, o modelo vibracional da luz de Huygens, utilizado para explicar a refração e a reflexão da luz, está totalmente didatizado, incluindo, em alguns casos, figuras parecidas com as feitas por Huygens.

Mas, vale salientar, as aulas de Óptica comumente se desvinculam das explicações dadas por esse modelo, dando características de periodicidade ou comprimento de onda aos estudos realizados por Huygens.

Como aponta Silva [4], é com Leonhard Euler, que a teoria ondulatória apresenta aspectos de onda.

Em algumas situações é comum o professor ou até mesmo o pesquisador em História da Ciência se utiliza de metodologias ou teorias do presente para analisar teorias do passado, essa técnica recebe o nome de whiggismo.

No caso citado, é comum, em alguns livros didáticos, encontrarmos aspectos ondulatórios no modelo idealizado por Huygens.

Outro fato, geralmente notado é que para explicar a igualdade dos ângulos no fenômeno da reflexão, em alguns casos é utilizada, simplesmente, a sentença: *o ângulo de incidência é igual ao de reflexão.*

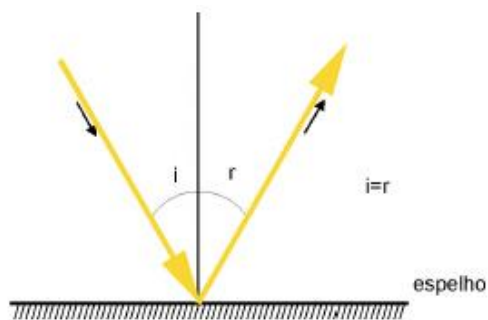


FIGURA 8. Representação do fenômeno da reflexão.

Observem a explicação sintética dada para a reflexão retirada de um site da internet

*Reflexão é um fenômeno físico no qual ocorre a mudança da direção de propagação da luz (desde que o ângulo de incidência não seja de 90°). Ou seja, consiste no retorno dos feixes de luz incidentes em direção à região de onde ela veio, após os mesmos entrarem em contato com uma determinada superfície refletora [14].*

Podemos notar uma diferença entre as imagens propostas por Huygens, onde podemos observar claramente o auxílio de semicírculos para a explicação dos fenômenos da reflexão e da refração.

Já na Fig. 8, que, inclusive é repetida também em vários livros didáticos de Física, observa-se um feixe contínuo, que lembra mais o modelo explicativo idealizado por Newton, que se defendia a luz como um feixe de corpúsculos de luz, do que um modelo vibracional ou ondulatorio para a luz.

Em alguns casos, podemos encontrar a representação de comprimentos de onda ou amplitude, dando ao desenho a característica de ondas. Mas, ainda, diferentemente do modelo de Huygens que não valia de tais perspectivas para a formulação de suas teses sobre a luz.

Como podemos notar, no estudo da obra de Huygens, isso não retrata a dificuldade histórica ocorrida para se alcançar esse conceito.

De certa forma, na ânsia de sintetizar os saberes, muitas vezes se obscurece toda a beleza e todo o desenvolvimento intelectual pelos quais o conhecimento teve de passar até chegar ao que se conhece hoje.

Com isso, em alguns casos, o tratamento geométrico dado à reflexão e à refração não condiz à essência das explicações dadas por Huygens. É muito comum, nas aulas de Óptica, o docente representar um conjunto de raios luminosos na explicação desses fenômenos (como o mostrado na Fig. 8). O que ocorre, em algumas situações, é que os alunos não associam a reflexão e a refração a um modelo ondulatorio, mas a um corpuscular.

Atualmente, as pesquisas em ensino de Ciências, especialmente as que pretendem levar aspectos históricos da ciência para a sala de aula, já apresentam boas estratégias de uso da História da Física, e, especialmente, aspectos da História da Óptica, no ensino médio.

Podemos notar, por exemplo, em Forato [7], Silva e Martins [5, 6] e Silva [15], discussões fundamentadas de

práticas idealizadas em escolas públicas brasileiras do ensino médio, que obtiveram resultados satisfatórios, e discutem desde a elaboração, a aplicação e avaliação de estratégias didáticas fundamentadas em aspectos da História da Óptica.

Entretanto, é notório, como aponta as pesquisas em Didática das Ciências, a presença de um abismo entre as pesquisas sérias feitas em ensino de Ciências e a sala de aula.

Contudo, no caso específico da História da Física, é possível encontrar uma proliferação de trabalhos nessa área. Infelizmente, como aponta Martins [16], muitos desses trabalhos, em alguns casos publicados em revistas da área de ensino de Física, são de péssima qualidade.

Portanto, é preciso capacitar os docentes para que eles reconheçam não simplesmente um bom ou mau artigo em História da Física, mas que possa utilizá-lo em sala de aula de uma forma mais qualificada.

## REFERÊNCIAS

- [1] Vannucchi, A. I., *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*, Dissertação de Mestrado, Instituto de Física/Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo (1996).
- [2] Campanario, J. M., *Investigacion y desarrollo: Ventajas e Inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias*, Revista de Enseñanza de La Física **11**, 5-14 (1998).
- [3] Matthews, M. R., *História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação*, Caderno Catarinense de Ensino de Física **12**, 164-214 (1995).
- [4] Silva, B. V. C., *Young fez, realmente, o experimento da fenda dupla?*, Latin-American Journal of Physics Education **3**, 280-287 (2009).
- [5] Silva, B. V. C., Martins, A. F. P., *Júri simulado: um uso da História e da Filosofia da Ciência no ensino da Óptica*, Física na Escola **10**, 17-20 (2009).
- [6] Silva, B. V. C., Martins, A. F. P., *A natureza da luz e o ensino da Óptica: uma experiência didática envolvendo o uso da História e da Filosofia da Ciência no ensino médio*, Experiências em Ensino de Ciências **5**, 71-91 (2010).
- [7] Forato, T. C. M., *A Natureza da Ciência como saber escolar: um estudo de caso à partir da história da luz*, Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da USP, Universidade de São Paulo (2009).
- [8] Silva, B. V. C., *A Natureza da Ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório*, Latin-American Journal of Physics Education **4**, 620-627 (2010).
- [9] Rosa, L. P. A., *Revolução Científica e o Determinismo Newtoniano*. In: *Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões. O determinismo newtoniano na visão de mundo moderno*, (Editora Paz e Terra, São Paulo, 2005).
- [10] Huygens, C., *Tratado sobre a Luz*, Tradução: Martins, R. A., Cadernos de História e Filosofia da Ciência **4**, 1-99 (1986).

Boniek Venceslau da Cruz Silva

[11] Bassalo, J. M. F., *A Crônica da Ótica Clássica*, Caderno Catarinense de Ensino de Física **3**, 138-159 (1986).

[12] Newton, I., *Óptica*. Tradução: Assis, A. K. T. (EDUSP, São Paulo, 2002).

[13] Cohen, I. B., Westfall, R. S., *Newton: Textos-Antecedentes-Comentários*, (EdUerf/Contraponto, Rio de Janeiro, 2002).

[14] <http://www.mundoeducacao.com.br/fisica/reflexao-luz.htm>, acessado em 11 de Janeiro (2010).

[15] Silva, B. V. C., *Controvérsias sobre a natureza da luz: uma aplicação didática*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática / Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2010).

[16] Martins, R. A., *Como não escrever sobre História da Ciência*, Revista Brasileira de Ensino de Física **23**, 113-129 (2001).