

INTERFERÊNCIA LUMINOSA DE LUZ BRANCA REVELANDO  
FRANJAS EM UM ESPELHO COMUM

DANILO KANNO



**Relatório parcial da disciplina F 609, 2o semestre de 2018**

Professor: José Joaquín Lunazzi

Experimentos de F609.

## Introdução

O estudo das franjas de interferência é comumente estudado através de experimentos como o interferômetro de Michelson, mas também pode ser facilmente encontrada em fenômenos mais corriqueiros que serão abordados neste relatório. Mais particularmente, será estudado o fenômeno da interferência gerando uma diferença de caminhos por conta da difração em um espelho plano coberto de pó de giz. O experimento é bem original e será abordado posteriormente com mais detalhes. Em síntese, estudaremos ondas e como a diferença de fase gera interferência construtiva ou destrutiva.

## Ondas

Nosso objeto de estudo são ondas. Perturbações oscilantes, pulsos energéticos que se propagam em um meio (que inclusive pode ser o vácuo) com velocidade definida, as ondas são o objeto de estudo aqui em questão. Atribuindo-se comportamento ondulatório à luz, ganhamos a explicação de uma série de fenômenos tais como interferência, difração e polarização. Neste trabalho, trataremos a luz como uma onda periódica cujos parâmetros interessantes são a amplitude, o comprimento de onda, a frequência e a fase. Matematicamente, podemos analisar a equação do movimento harmônico simples, assim:

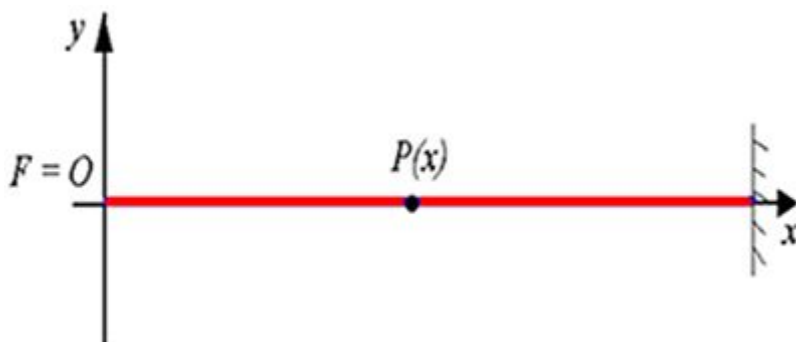


Imagem 1: Análise do MHS de uma onda.

Considerando a situação acima, o ponto F executa um movimento harmônico simples cuja amplitude vale  $A$  e a fase inicial  $\theta_0$  de modo que a posição vertical  $y$  de F variará com o tempo da seguinte maneira:

$$y = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

Em que  $\omega = 2\pi f$  e  $f$  é a frequência da onda.

Nosso especial interesse para esse trabalho é a fase ( $\theta$ ). É uma alteração no parâmetro do seno ou cosseno no conceito matemático de onda que provoca um deslocamento que não altera o comprimento de onda.

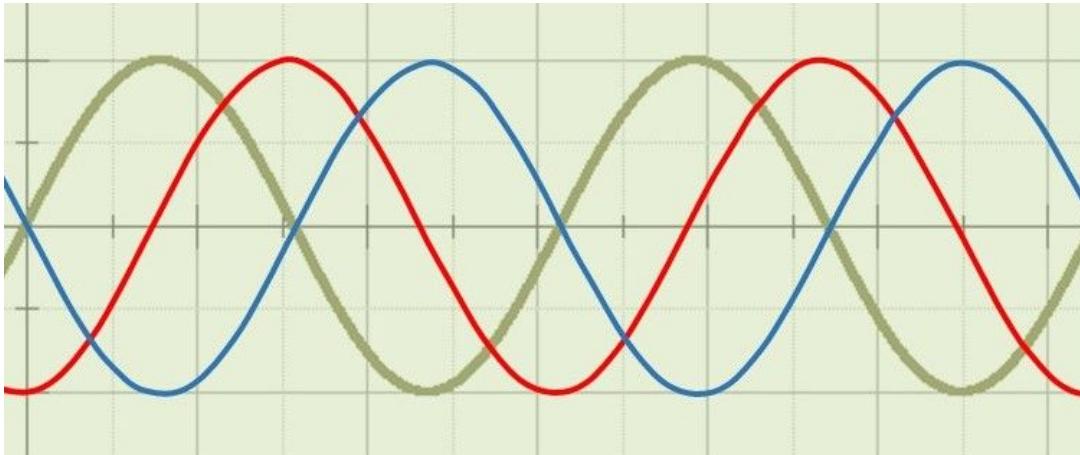


Imagem 2: Ondas com diferentes fases, mesma amplitude ( $A$ ) e mesmo comprimento de onda.

A interferência é um fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas superpõem-se formando uma onda resultante de amplitude maior, menor ou de mesma amplitude que as originais. Tal fenômeno pode ser observado com todos os tipos de ondas, como de rádio, luz, ondas marítimas, entre outras. O mecanismo com que isso se dá é justamente o princípio de superposição de ondas. Aqui vamos mostrar como duas ondas de fases diferentes interferem agora avaliando a posição  $y$  em função de dois parâmetros, a posição horizontal ( $x$ ) e o tempo ( $t$ ).

Temos duas ondas ( $W_1$  e  $W_2$ ) em que  $k = 2\pi/\lambda$  é o número de onda ( $\lambda$  é o comprimento de onda), elas diferem por uma diferença de fase  $\Phi$  vejamos:

$$W_1(x, t) = A \cos(kx - \omega t) \text{ e } W_2(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \phi) \text{ a soma resulta em}$$
$$W_1 + W_2 = A[\cos(kx - \omega t) + \cos(kx - \omega t + \phi)], \text{ utilizando a identidade}$$

trigonométrica  $\cos a + \cos b = 2 \cos\left(\frac{a-b}{2}\right) \cos\left(\frac{a+b}{2}\right)$  podemos reescrever:

$W_1 + W_2 = 2A \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \cos\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right)$  que tem o formato característico da onda original mas depende diretamente de  $\cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$ . Neste modelo é fácil perceber que para valores de fase que sejam múltiplos pares de  $\pi$ ,  $\cos\left(\frac{\phi}{2}\right)=1$  e teremos interferência construtiva com amplitude o dobro da inicial. Já para múltiplos ímpares de  $\pi$  teremos o valor do cosseno igual a 0 e portanto fazendo com que a soma de  $W_1$  e  $W_2$  seja nula. Visualmente, podemos observar:

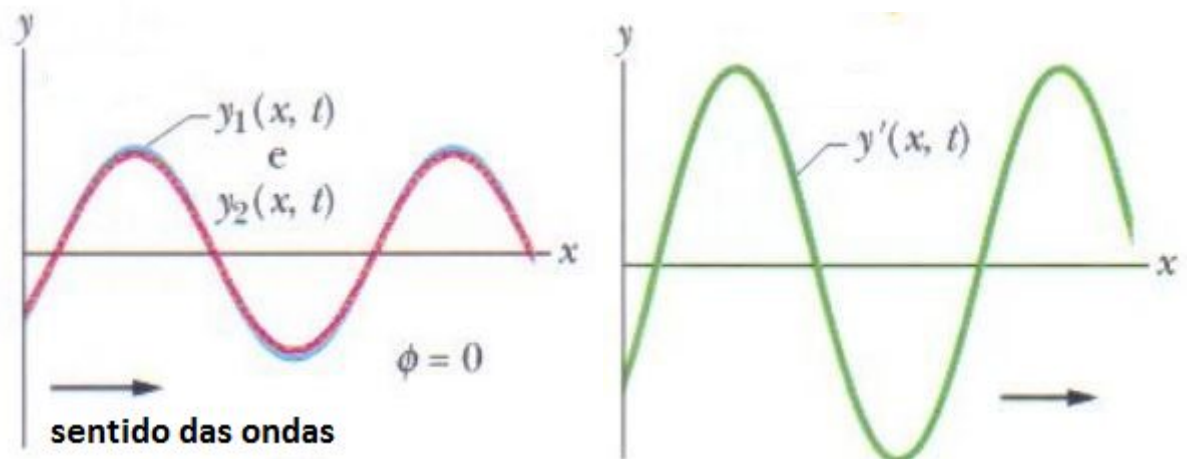


Figura 3: Interferência construtiva, ondas com mesma fase igual a 0.

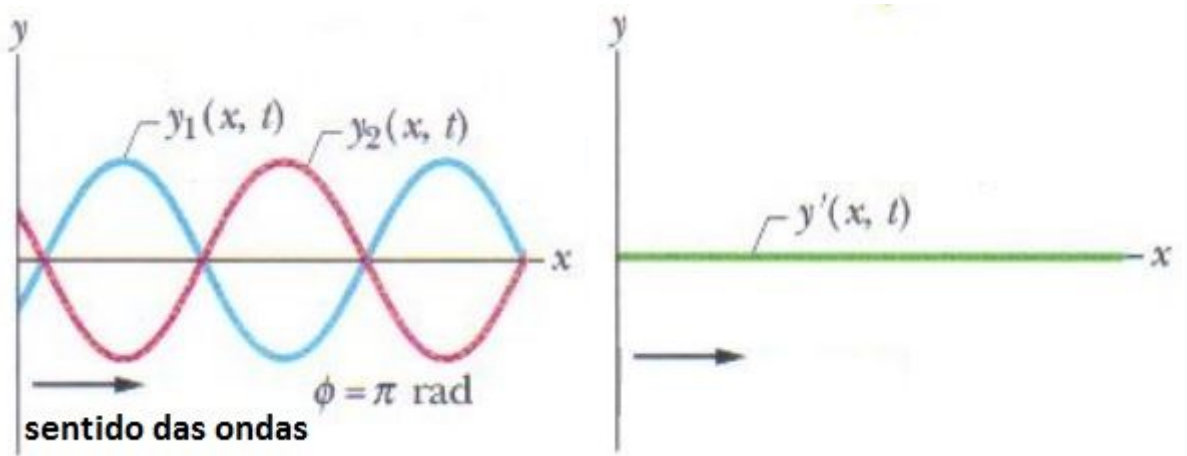


Figura 4: Interferência destrutiva, ondas com fases distintas por  $\pi$  rad.

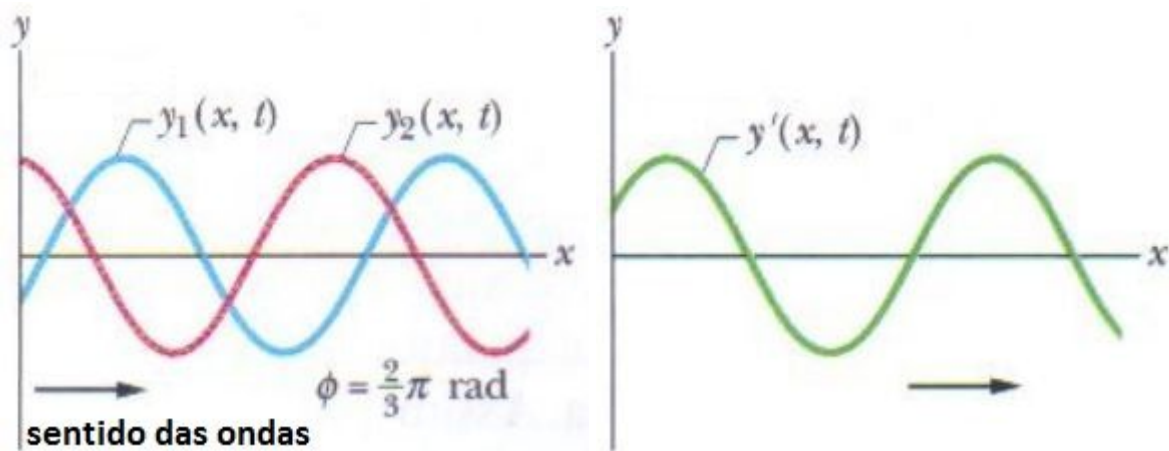


Figura 5: Efeito intermediário.

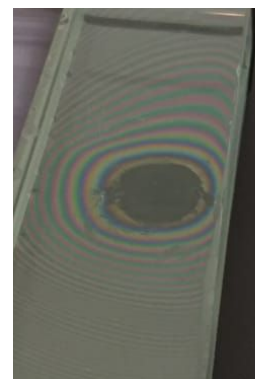
O estudo da interferência é de grande utilidade para o desenvolvimento de revestimentos anti reflexivos, por exemplo para selecionar quais comprimentos de onda são permitidos passar pelo dispositivo. Temos vários exemplos de experimentos que estudam a interferência, podemos estudar através de experimentos clássicos como o Interferômetro de Michelson, através de bolhas de sabão, Anéis de Newton e por fim nosso experimento original que combina elementos como difração e refração para gerar a diferença de caminhos ocasionando a interferência e o aparecimento de franjas luminosas e escuras indicando faixas de interação destrutiva ou construtiva.



Durante o projeto desenvolvido no semestre, primeiro observamos o caso conhecido dos Anéis de Newton, em que dois vidros são fixados juntos, um plano e outro levemente esférico. Como o experimento não tinha esse intuito e não foi proposital observar os anéis de Newton, ambos os vidros eram supostamente planos, mesmo assim foi muito clara a visualização dos anéis coloridos.

Figura 6: Franjas na bolha de sabão.

Figura 7: Anéis de Newton observados no laboratório



Esse evento se dá devido à pouca, mas existente, reflexão em cada parede do vidro. Parte da luz incidente reflete na superfície do primeiro vidro, o restante refrata e percorre o interior do vidro, quando chega à superfície do outro vidro parte é refletida novamente, saindo um raio luminoso ao final que é paralelo ao raio refletido na primeira superfície. Ambos os raios luminosos percorreram caminhos diferentes, ocasionando uma diferença de fase, como mostra a figura a seguir:

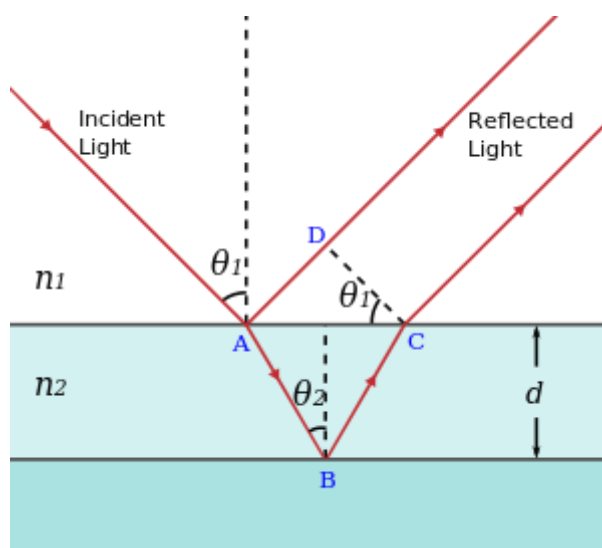


Figura 8: Esquema que justifica a diferença de caminho nos anéis de Newton.

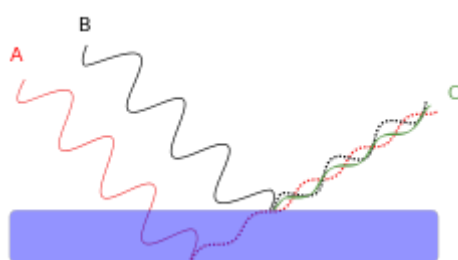


Figura 9: Diferença de fase (dentro da figura azul) ocasionando interferência.

Em nosso experimento, buscamos uma forma nova e original de mostrar a interferência, sendo assim optamos por relacionar adicionalmente o conceito de difração. A montagem do experimento é bem simples, basta um espelho coberto de um pó fino e uma

lanterna que funcione como uma fonte pontual. O esquema a seguir vai exemplificar melhor onde encontramos a difração e como ela ocasiona a interferência.

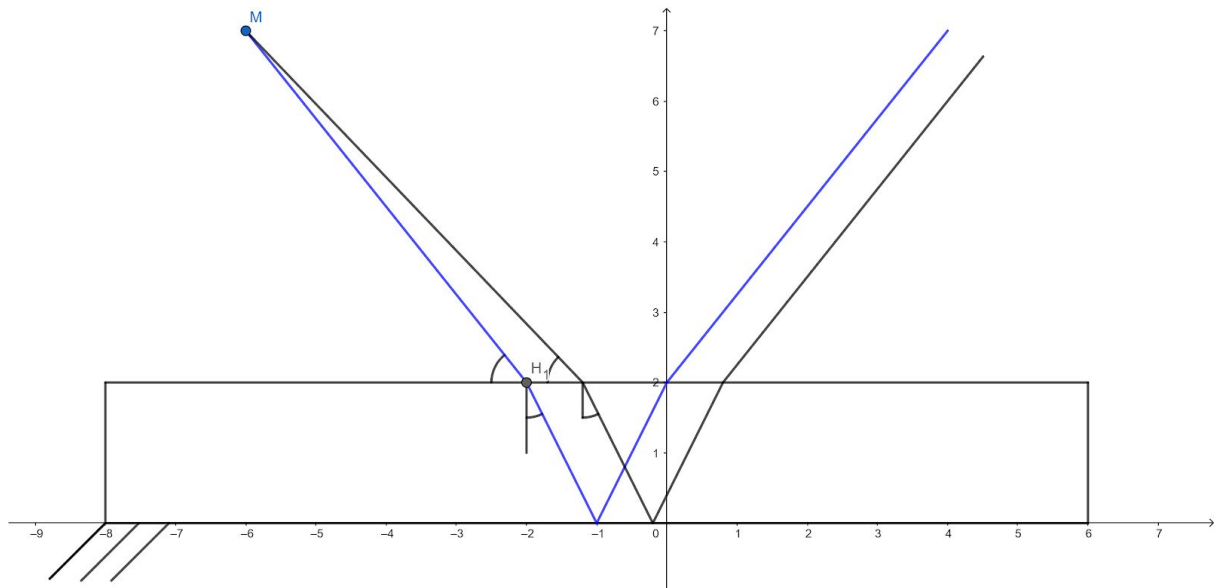


Figura 10: O ponto  $H_1$  representa uma das partículas de giz que estão espalhadas.

No esquema acima, apenas uma partícula foi representada por se tratar de um modelo para visualizar que parte dos raios vindos de M passarão pelos espaços entre os grãos de giz e seguirão sua trajetória normal (raio representado em preto). Já alguns outros raios sofrerão difração ao dar de encontro com o grão de giz, tornando seu ângulo de incidência dentro do espelho igual ao ângulo de raios que não difrataram, saindo ambos paralelos. Temos assim, raios paralelos muito próximos, embora o esquema exija que sejam representados mais distantes devido à dificuldade de visualização, que percorreram caminhos diferentes, ocasionando uma diferença de fase e portanto a interferência.