

# ROTEIRO p SIMULAÇÃO: INTERFERÔMETRO DE MICHELSON PARA MICRO-ONDAS

Prof. Nildo Loiola Dias

## 1 OBJETIVOS

- Conhecer e manipular o interferômetro de Michelson.
- Determinar o comprimento de onda de micro-ondas.
- Determinar o índice de refração para micro-ondas de alguns materiais.

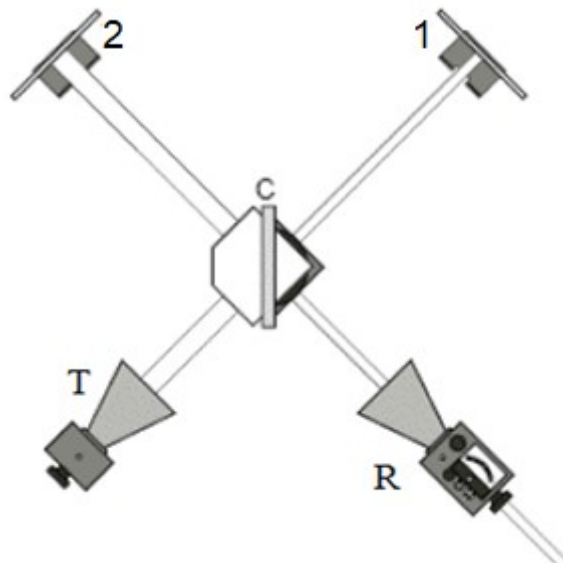
## 2 MATERIAL

Link para a simulação Interferômetro de Michelson para Micro-ondas:  
<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/interfer-michelson-micro-ondas>

## 3 FUNDAMENTOS

Os interferômetros são equipamentos que basicamente utilizam o princípio da superposição de ondas para amplificá-las (interferência construtiva) ou atenuá-las (interferência destrutiva). O interferômetro de Michelson para micro-ondas, Figura 1, consiste de um Transmissor, T, que produz micro-ondas em direção ao refletor parcial, C. No refletor parcial C, parte da onda reflete em direção ao refletor B e parte é transmitida em direção ao refletor 1. Parte da onda refletida em 2 atinge o receptor, R, após ser transmitida em C. Parte da onda refletida em 1, atinge também o Receptor R, após ser refletida em C. Se as ondas que alcançam o Receptor R estiverem em fase, haverá um máximo na intensidade. Movendo-se um dos refletores (1 ou 2) alteramos o comprimento do caminho percorrido por uma das ondas e assim alteramos sua fase. Movendo-se o refletor de  $\lambda/2$ , o caminho total percorrido pela onda fica alterado de  $\lambda$ , uma vez que a onda passa de ida em direção ao refletor e de volta após ser refletida por este. Assim, um novo máximo é observado no medidor.

Figura 1 - Interferômetro de Michelson para micro-ondas.



Fonte: adaptada do manual de experimentos da Pasco.

## DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE REFRAÇÃO PARA MICRO-ONDAS.

Colocando-se um corpo de índice de refração,  $n$ , e espessura,  $L$ , em um dos braços do interferômetro, o caminho ótico dentro do corpo será dado por:

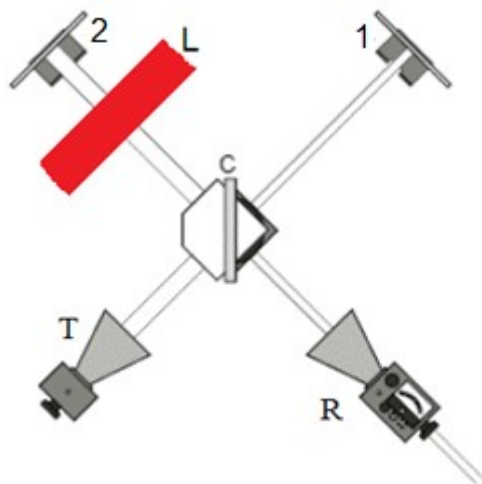
$$x = n.L \quad (1)$$

Considerando como sendo 1 o índice de refração do ar e que a onda passa de ida e de volta pelo corpo, o aumento do caminho ótico devido à presença do corpo será então:

$$\Delta x = (n - 1).2L \quad (2)$$

Deslocando-se o refletor 2 para próximo do corpo, podemos diminuir o caminho ótico de modo a restabelecer o caminho anterior à presença do corpo; com isso será observada a mesma intensidade da onda no Receptor. Entretanto, se o aumento do caminho ótico devido à presença do corpo for maior do que meio comprimento de onda, um máximo de intensidade pode ser obtido deslocando o refletor 2 de uma distância menor do que o aumento do caminho ótico provocado pelo corpo colocado no braço do interferômetro.

Figura 2 – Interferômetro de Michelson para micro-ondas com um corpo em um dos braços.



Fonte: adaptada do manual de experimentos da Pasco.

OBS1: Pode acontecer que a variação do caminho ótico total devido à presença do corpo seja maior do que meio comprimento de onda, desta forma, para a determinação do índice de refração de um material será necessário utilizar corpos com diferentes espessuras,  $L$ , e/ou diferentes comprimentos de onda e realizar uma análise mais detalhada.

OBS2: Consideraremos que o índice de refração dos materiais indicados é o mesmo para os comprimentos de onda usados na simulação.

## 4 PROCEDIMENTOS

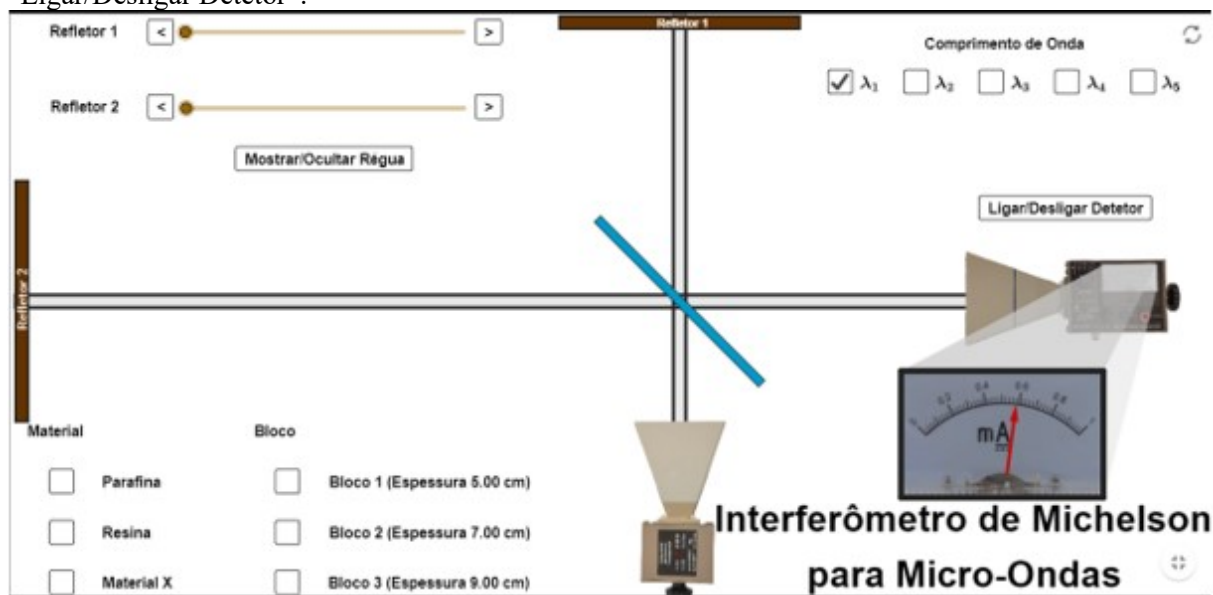
Para a realização dos procedimentos acesse à simulação:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/interfer-michelson-micro-ondas>

Na Figura 3 podemos ver uma tela da simulação após clicar em “Mostrar Régua” e em “Visualizar Medidor”. Esta simulação permite o estudo do funcionamento do interferômetro de Fabry-Perot para a determinação do comprimento de onda de micro-ondas. Dois refletores parciais são colocados entre um emissor de micro-ondas e um detector, em posições fixas. Variando-se a distância

de separação entre os refletores parciais é possível identificar as posições relativas para as quais há interferência construtiva (quando o medidor indica um valor máximo) e as posições relativas para as quais há interferência destrutiva (quando o medidor indica um valor mínimo). Uma régua permite a medida das posições relativas dos refletores parciais.

Figura 3 – Tela da simulação do interferômetro de Michelson para micro-ondas após clicar em “Ligar/Desligar Detetor”.



Fonte: próprio autor.

PROCEDIMENTO 1: Determinação do comprimento de onda.

- 1- Escolha na simulação o comprimento da micro-onda ( $\lambda_1$ ).
- 2- Pressione o botão Ligar/Desligar Detetor.
- 3- Desloque o refletor 2 de modo a obter no medidor um máximo de intensidade.
- 4- Posicione a régua de modo que o “zero” coincida com a superfície frontal (direita) do Refletor 2. Utilize a régua ampliada e após posicionar pressione o botão Mostrar/Ocultar Régua.
- 5- Desloque o refletor 2, iniciando de uma posição para a qual há a indicação de um máximo de intensidade, de modo a passar por 10 mínimos e parar em um máximo.
- 6- Meça o deslocamento do refletor 2,  $\Delta D_1$  e anote na Tabela 1.
- 7- Repita o procedimento anterior mais duas vezes, iniciando de posições diferentes para que suas medidas não sejam influenciadas pelas medidas feitas anteriormente. Anote na Tabela 1.
- 8- Repita os procedimentos anteriores para os outros comprimentos de onda indicados na Tabela 1.
- 9- Determine o comprimento de onda em cada caso e anote.

Tabela 1- Medidas para a determinação do comprimento de onda de micro-ondas.

	$\Delta D_1$ (cm)	$\Delta D_2$ (cm)	$\Delta D_3$ (cm)	$\Delta D_{\text{Médio}}$ (cm)	$\lambda$ (cm)
$\lambda_1$					
$\lambda_2$					
$\lambda_3$					

PROCEDIMENTO 2: Determinação do índice de refração da parafina.

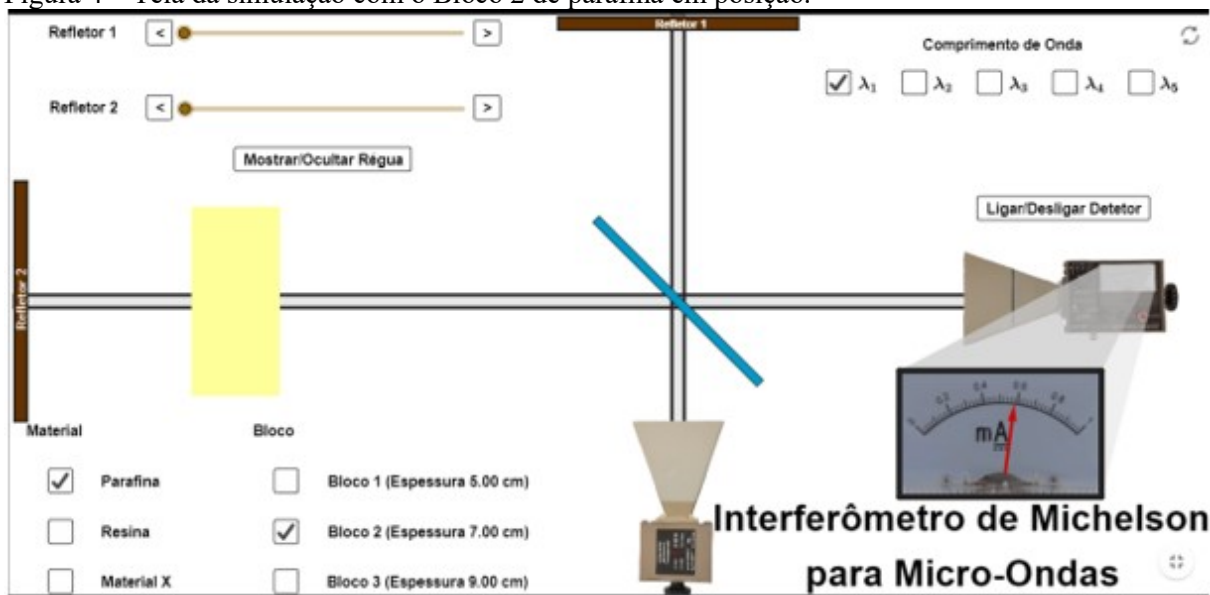
- 1- Escolha na simulação o comprimento da micro-onda  $\lambda_2$ .
- 2- Desloque o refletor 2 de modo a obter no medidor um máximo de intensidade.

- 3- Posicione a régua de modo que o “zero” coincida com a superfície frontal (direita) do Refletor 2. Utilize a régua ampliada e após posicionar pressione o botão Mostrar/Ocultar régua.
- 4- Escolha Parafina e Bloco 1.
- 5- Desloque o Refletor 2 para a direita de modo a reduzir o caminho percorrido pela micro-onda até obter um novo máximo de intensidade.
- 6- Meça o deslocamento do refletor 2,  $\Delta D$  e anote na Tabela 2.
- 7- Repita os procedimentos anteriores para os outros Blocos indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Medidas para a determinação do índice de refração da Parafina.

Parafina	$\Delta D$ (cm)
Bloco 1, 5,00 cm	
Bloco 2, 7,00 cm	
Bloco 3, 9,00 cm	

Figura 4 – Tela da simulação com o Bloco 2 de parafina em posição.



- 8- Determine o índice de refração da Parafina para micro-ondas e anote.

## 5 QUESTIONÁRIO

- 1- Nos procedimentos foi sugerido deslocar o refletor parcial 1 (mantendo o refletor parcial 2 parado), iniciando de um máximo, de modo a passar por 10 mínimos e voltar a marcar um máximo. Faz diferença se for escolhido inicialmente um mínimo, passar por 10 máximos e retornar a um mínimo? Justifique.
- 2- Qual a frequência de cada micro-onda estudada “experimentalmente” (Tabela 1)?
- 3- Micro-ondas são ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda compreendidos entre 1,00 mm e 300 mm. Sabendo que o comprimento de onda de uma micro-onda é de 300 mm, e que a separação máxima entre os refletores parciais no interferômetro de Fabry-Perot é de cerca de 40 cm, qual é o menor número de máximos e o maior número de máximos, possível de observar ao deslocar um dos refletores parciais a partir da separação máxima dos refletores parciais? Justifique.
- 4- Sabendo que a separação máxima entre os refletores parciais nessa simulação é de cerca de 40 cm, quantos máximos seriam possíveis de observar ao deslocar o refletor parcial 1 em direção

ao refletor parcial 2, sabendo que quando os dois refletores estão na separação máxima a intensidade no visor é mínima e que o comprimento de onda da micro-onda é de 18 cm.

- 5- Os aparelhos de micro-ondas eletrodomésticos geram micro-ondas com a frequência de 2460 MHz. Qual o comprimento da micro-onda gerada?
- 6- Considere que a simulação está em uma configuração em que o detetor indica um máximo de intensidade. Um bloco de 7,00 cm de largura está colocado em um dos braços do interferômetro. O índice de refração do material do bloco é 1,8. Calcule de quanto deverá ser deslocado o refletor do braço do interferômetro (deslocamento mínimo) em que está colocado o bloco, quando o mesmo for retirado, para que seja restabelecido o máximo de intensidade. Suponha que o comprimento de onda da radiação de micro-onda é 5,0 cm.