



Sociedade Portuguesa de Física

Olimpíadas de Física – Etapa Nacional

5 de junho de 2021

Duração: 1 h 25 min

## Prova Experimental - Escalão B

### Laser: um instrumento de medida de precisão

**Objetivo:** Explorar as propriedades físicas de um laser para ser utilizado como instrumento de medidas com precisão

#### Introdução

O laser é um dispositivo que emite luz através de um processo de amplificação ótica, baseado na emissão estimulada de radiação eletromagnética. O termo "laser" é um acrónimo de "amplificação de luz por emissão estimulada de radiação" (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). O primeiro laser foi construído em 1960 por Theodore H. Maiman nos Hughes Research Laboratories, baseado no trabalho teórico de Charles Hard Townes e Arthur Leonard Schawlow, previsto em 1955.

Um laser difere de outras fontes de luz por emitir luz coerente. A coerência espacial permite que um laser seja focalizado para um ponto apertado, permitindo aplicações como o corte a laser e a litografia. A coerência espacial também permite que um raio laser se mantenha estreito à medida que se propaga a grandes distâncias. Esta propriedade permite diversas aplicações como a holografia, diversas técnicas de espectroscopia, o lidar (método de determinar distâncias), diversas terapias médica (tratamento de cancro, bisturi laser, Fotobiomodulação) e os tradicionais leitores de códigos de barras. É, por isso, um elemento chave na nossa sociedade.

A luz é uma onda eletromagnética que resulta da propagação de campos elétricos e magnéticos variáveis, perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação da onda. Estas ondas possuem a

propriedade de contornar obstáculos ou passar por aberturas (orifícios ou fendas), quando são parcialmente interrompidas por eles, ocorrendo o fenômeno de difração.

Este fenômeno é observado através do aparecimento de um padrão de franjas escuras (mínimos)/clara (máximos) devido à interferência das ondas (ver Figura 1). A maior ou menor capacidade que uma onda tem de sofrer difração está relacionada com a largura da passagem a ser transposta e com o seu comprimento de onda.

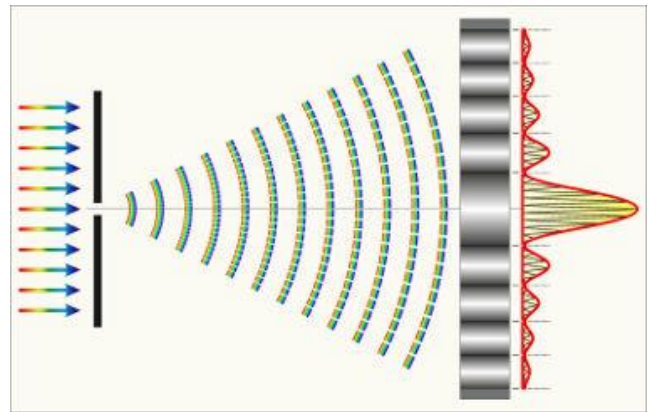


Figura 1 – Fenômeno de Difração

Para determinar o comprimento de onda de um feixe de luz laser pode ser usada uma rede de difração. Esta é composta por um conjunto elevado de linhas paralelas (ver Figura 1), todas com a mesma largura  $\ell$ , e separadas entre elas pela mesma distância como representado na figura 2.

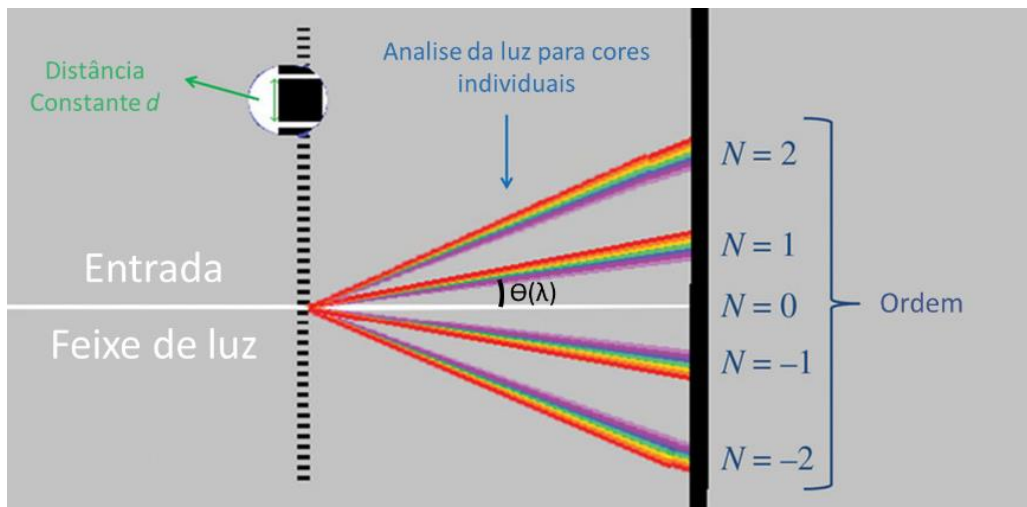


Figura 2 – Esquema do funcionamento de uma rede de difração quando incidido com um feixe de luz.

O comprimento de onda do feixe pode então ser obtido através da observação dos locais de interferência construtiva entre as ondas que emergem da rede de difração, que obedecem à seguinte expressão:

$$N \lambda = d \text{sen}(\theta) \quad (1)$$

Onde  $N$  é a ordem do máximo (a primeira franja visível e mais próxima do centro),  $\theta$  é o ângulo entre a direção perpendicular à rede e a direção da linha que passa pelo ponto luminoso e pelo ponto de incidência do feixe na rede de difração,  $\lambda$  é o comprimento de onda e  $d$  é a distância entre linhas.

Uma outra propriedade interessante da luz é que esta se propaga a diferentes velocidades dependendo do meio em que atravessa, nomeadamente a sua velocidade depende do índice de refração do meio  $n$ , de acordo com a seguinte expressão:

$$v = \frac{c}{n} \quad (2)$$

## Realização experimental

Comece por escrever a sua identificação nas páginas 7 e 8 que servirão para alguns registos.

**Material:** Suporte para o laser, laser, fita métrica, rede de difração (1000 linhas/mm), fita-cola, recipiente de plástico retangular, água, anteparo (cartão branco), 1 quarto de CD e papel milimétrico.

### Procedimento:

#### PARTE A

Objetivo: Determinação do comprimento de onda do laser

(veja a figura 3 para auxiliar)

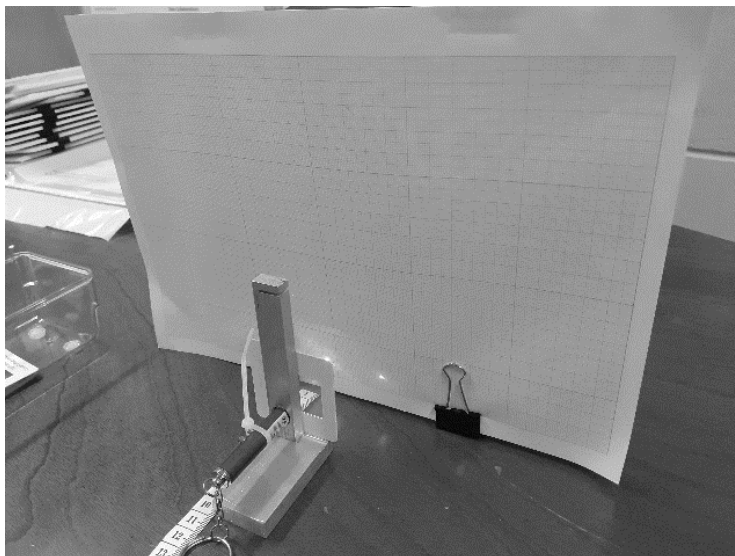


Figura 3 - Montagem experimental A.

- 1- Coloque o laser no orifício do suporte de alumínio, e prenda uma folha de papel milimétrico no anteparo.
- 2- Com a ajuda da fita-cola, coloque a rede de difração junto da saída do feixe.
- 3- Ligue o laser colocando a braçadeira de plástico sobre o botão e rode a braçadeira até ele ligar e ficar fixo.
- 4- Varie a distância entre o laser e o anteparo. Para cada distância meça e registre a distância entre as franjas de ordem  $N=1$  (com a ajuda do papel milimétrico) assim como a distância do laser ao anteparo. Repita o processo até que a distância máxima entre franjas de ordem  $N=1$  seja mesurável no papel milimétrico.
- 5- Registe os valores na tabela 1.

Análise:

- a) Determine a distância entre as linhas da rede de difração.
- b) Esboce o gráfico da distância entre os máximos de ordem 1 em função da distância do laser ao anteparo (Gráfico 1). Trace uma reta que considere ajustar-se aos pontos e determine a equação dessa reta.
- c) Indique o que significa o declive da reta obtida.
- d) Utilizando a expressão 1 e os valores obtidos pela equação da reta, determine o comprimento de onda do laser.
- e) Compare o valor obtido com o esperado (ver Figura 4).

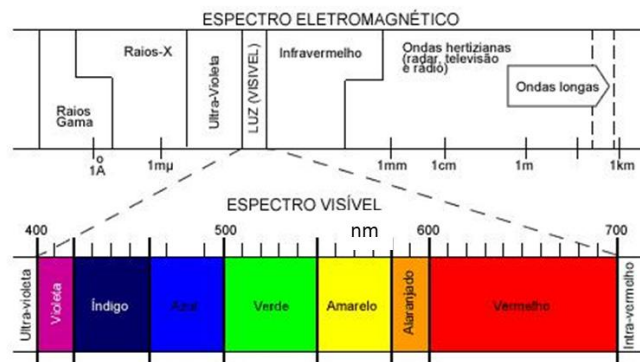


Figura 4 – espectro eletromagnético.

## PARTE B

Objetivo: Determinação do espaçamento entre faixas de um CD

- 1- Com a mesma montagem da parte A, substitua a rede de difração e coloque o pequeno pedaço de CD à frente do laser. Rode-o até atingir máximos e mínimos de forma a ver os padrões difratados no anteparo na horizontal e simétricos em relação à posição do ponto de difração de ordem zero. É

importante que os máximos e o papel milimétrico estejam alinhados horizontalmente para obter uma boa precisão.

- 2- Faça variar a distância do laser à parede, e, para cada distância, registre a distância entre as franjas de ordem  $N=1$  (com a ajuda do papel milimétrico) assim como a distância do laser ao anteparo. Repita o processo enquanto a distância máxima entre franjas de ordem  $N=1$  seja mesurável no papel milimétrico.
- 3- Registe na tabela 2.

Análise:

- a) Esboce o gráfico da distância entre os máximos de ordem 1 em função da distância do laser ao papel milimétrico. Trace uma reta que considere ajustar-se aos pontos e determine a equação dessa reta.
- b) Utilizando a expressão 1, o comprimento de onda obtido na parte A e os valores obtidos pela equação da reta, determine o espaçamento entre faixas de um CD.
- c) Compare com o valor indicado na figura 5.

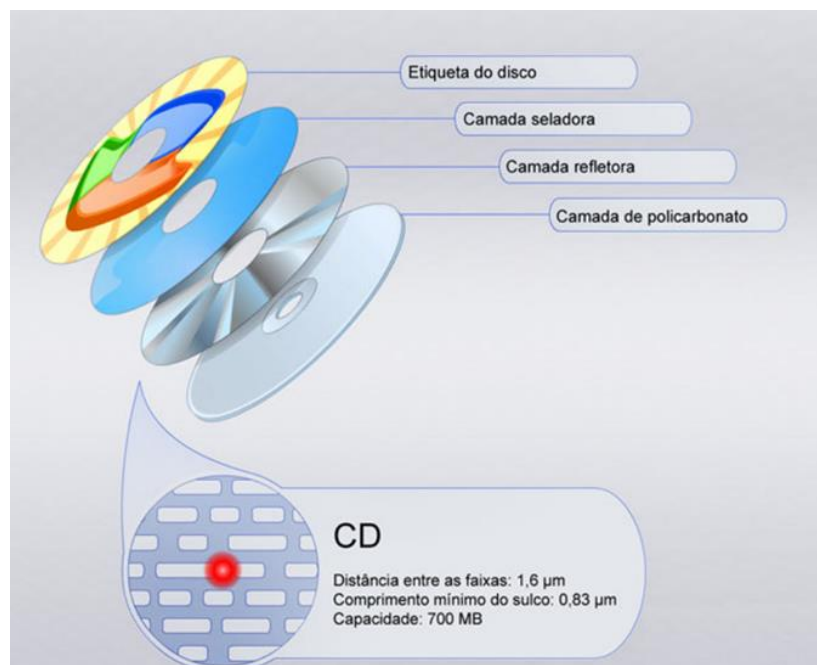


Figura 5 – Constituição dos diferentes elementos de um CD.

## PARTE C

Objetivo: Determinação do índice de refração da água

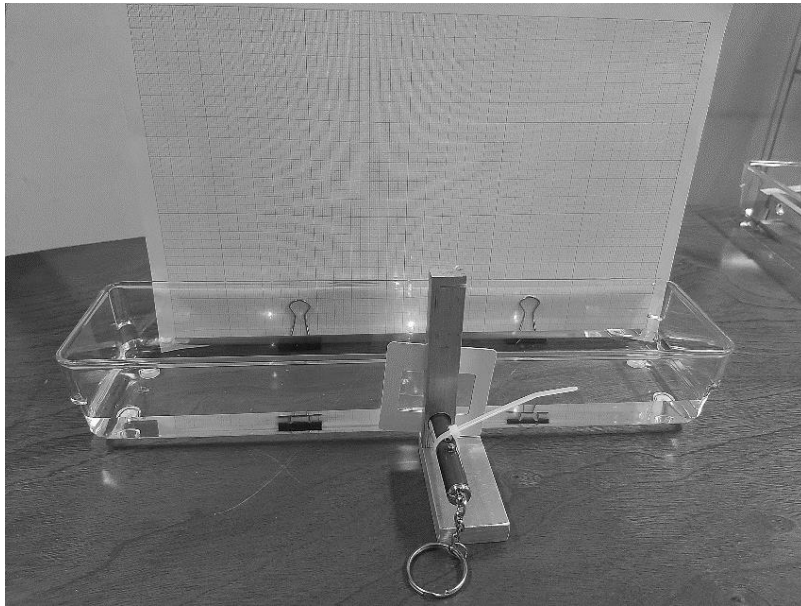


Figura 6 – Montagem B para medir o índice de refração da água

- 1- Fixe novamente a rede de difração junto da saída do laser.
- 2- Encoste o recipiente plástico à rede de difração, de forma à parte mais alongada ficar perpendicular ao feixe laser (ver Figura 6).
- 3- No lado oposto, coloque o cartão branco. Note que o recipiente deverá estar totalmente encostado às franjas, assim como ao cartão branco de forma a minimizar a propagação da luz no ar.
- 4- Ligue o laser, verifique que obtém novamente um padrão de difração com pelo menos uma franja central e duas franjas de ordem  $N = 1$ .
- 5- Registe na tabela 3 a distância entre franjas e a distância entre a rede de difração e o cartão branco.
- 6- Encha o recipiente de vidro com água de forma a que o feixe laser se propague pela água e se obtenha novamente uma franja central e duas franjas de ordem  $N = 1$ .
- 7- Registe novamente os mesmos parâmetros como em 5) na tabela 3.
- 8- Para comparação, remova o recipiente com água sem alterar a distância entre a rede de difração e o cartão. Registe novamente os dados.

Análise:

- a) Indique o que observou quando colocou a água no interior do recipiente.
- b) Utilizando a expressão 1 e 2 e sabendo que a fonte é a mesma (laser), determine o índice de refração da água.
- c) Compare com o valor esperado para o índice de refração da água  $n \approx 1,3$ . Comente o resultado obtido.

## Realização experimental

Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Tabela 1 : Determinação do comprimento de onda do laser

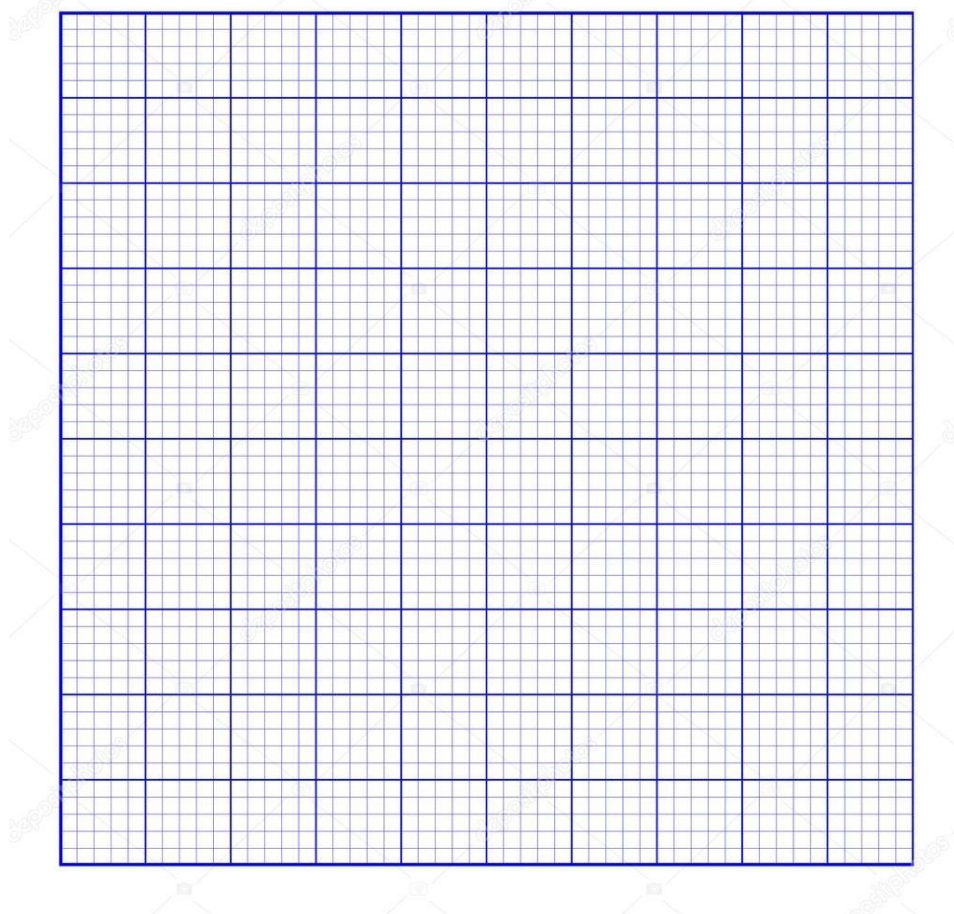


Gráfico 1

Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Tabela 2 - Determinação da distância entre faixas de um CD

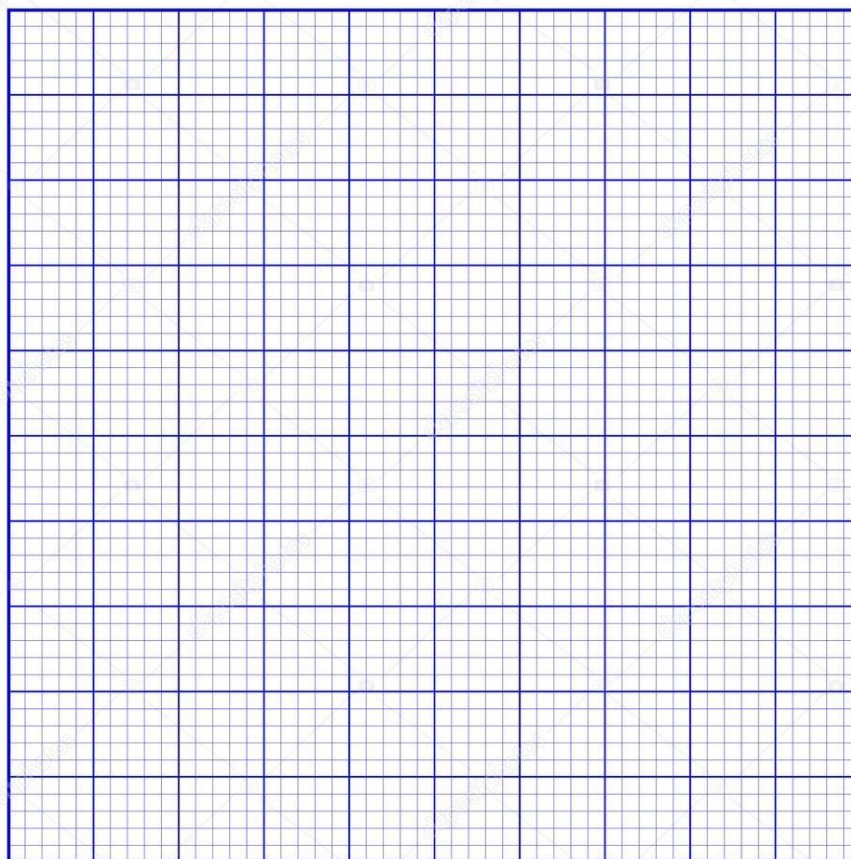


Gráfico 2



Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Tabela 3 - Determinação do índice de refração da água

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |