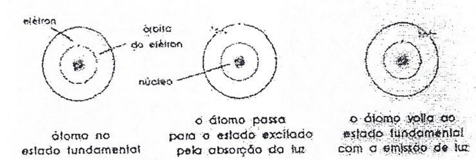
APOSTILA DE ÓPTICA

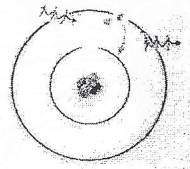
APÊNDICE

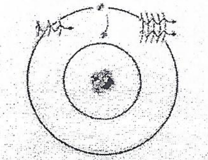
APÊNDICE

Laser e Holografia



EMISSÃO ESPONTÂNEA





EMISSÃO ESTIMULADA

A luz incidente provoca a emissão de luz na mesma direção. A luz emitida é mais intensa do que a luz incidente.

DIRECIONAL E INTENSIDADE

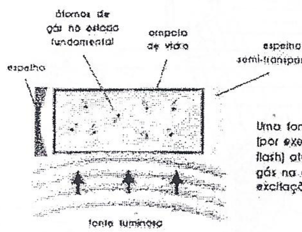
Comparado com a lâmpada comum, o LASER tem uma divergência muito pequena no espaço.

É muito intensa devido ao processo de amplificação da radiação luminosa

MONOCROMÁTICA

É a propriedade do laser de emitir a luz de uma só cor (uma só frequência).

A luz de uma lâmpada comum é a combinação de várias cores, que pode ser decomposta por um prisma.

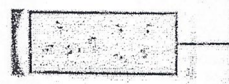


Uma fonte luminosa intensa (por exemplo, uma lâmpada de flash) atua sobre os átomos do gás na ampola provocando excitações nos mesmos.

A luz emitida pelos átomos estimula a emissão de luz na mesma direção.

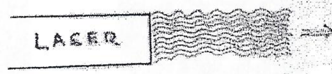
Cada vez que a luz atinge um espelho volta sobre a mesma direção.

Ao mesmo tempo, parte da luz é emitida em outras direções, por emissão espontânea.



A curvatura dos espelhos favorece a amplificação da luz na direção do eixo da ampola.

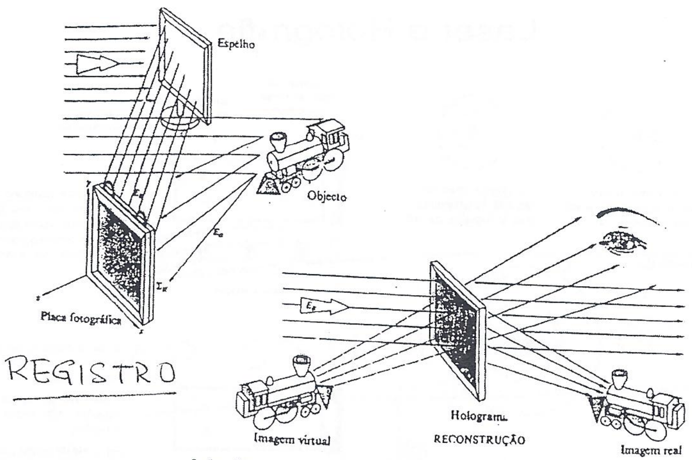
Parte da luz laser produzida atravessa o espelho semi-transparente.



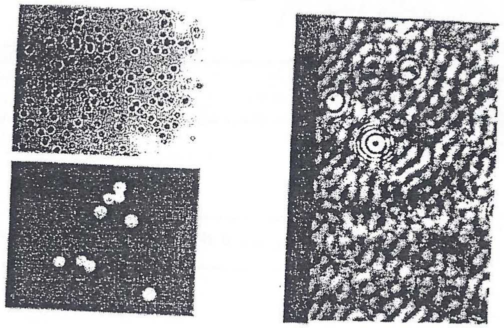
LUZ COERENTE:

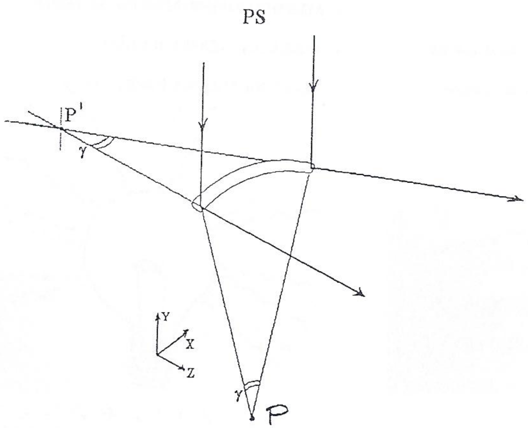
- MESMO COMPRIMENTO DE ONDA
- VIBRA NA MESMA RAZÃO
- VIAJA NA MESMA DIREÇÃO

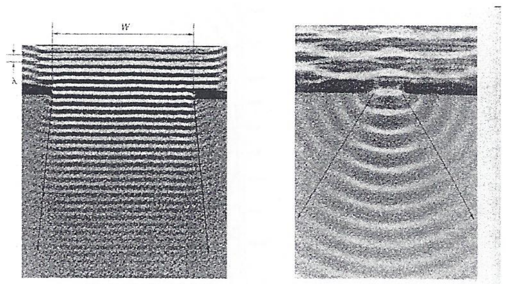
LUZ INCOERENTE



Holograma

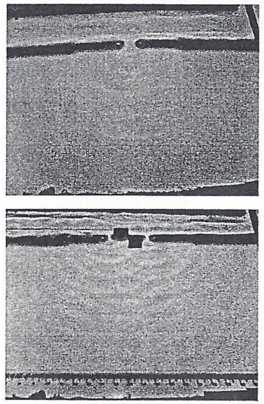


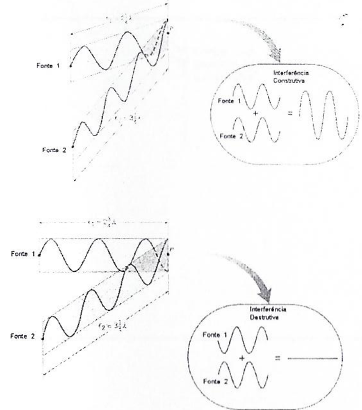


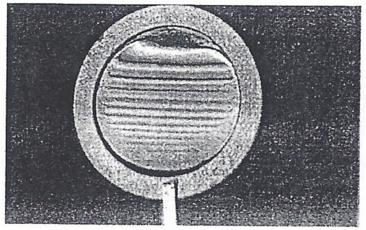


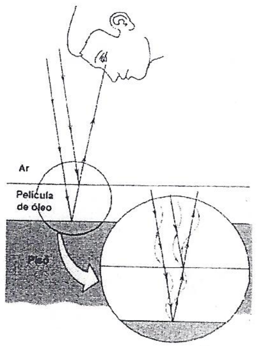
(a) Pequeno valor para λ/W, pouca difração

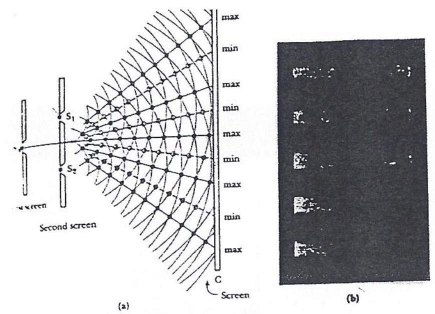
(b) Grande valor para λ/W, maior difração

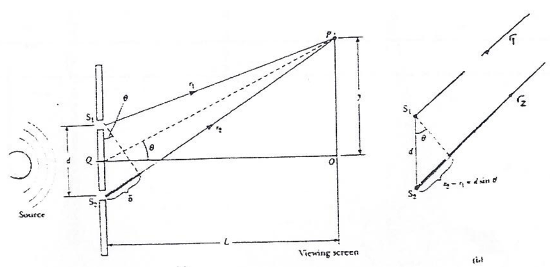


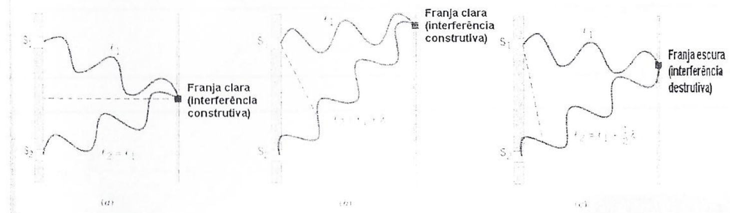


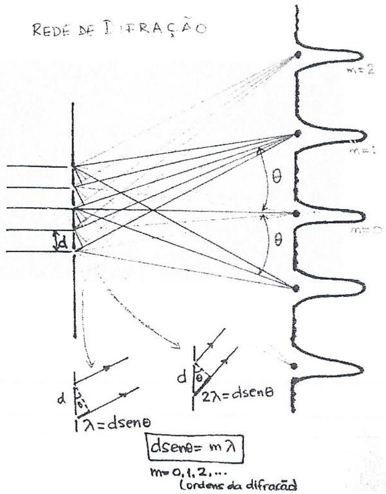


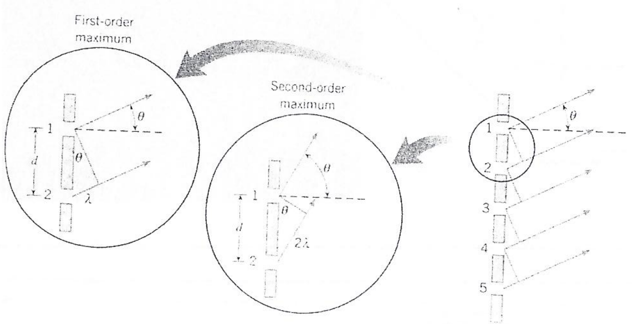

Ar
Película de óleo
Piso

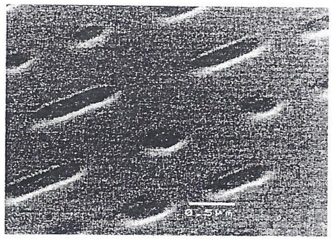

Second screen
max
min
max
min
max
min
max
min
max
C
Screen
(a)
(b)

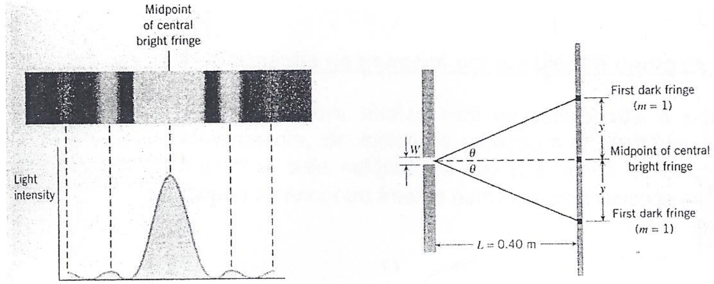

Source
Viewing screen
(a)

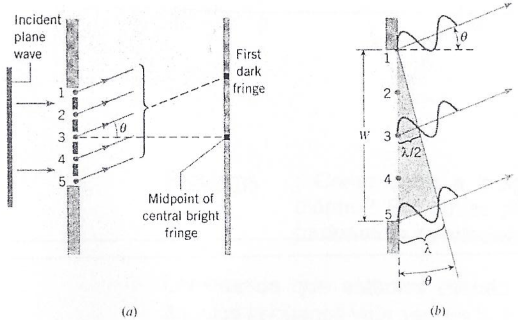

Franja clara (interferência construtiva)
Franja clara (interferência construtiva)
Franja escura (interferência destrutiva)

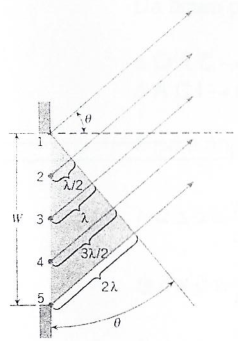




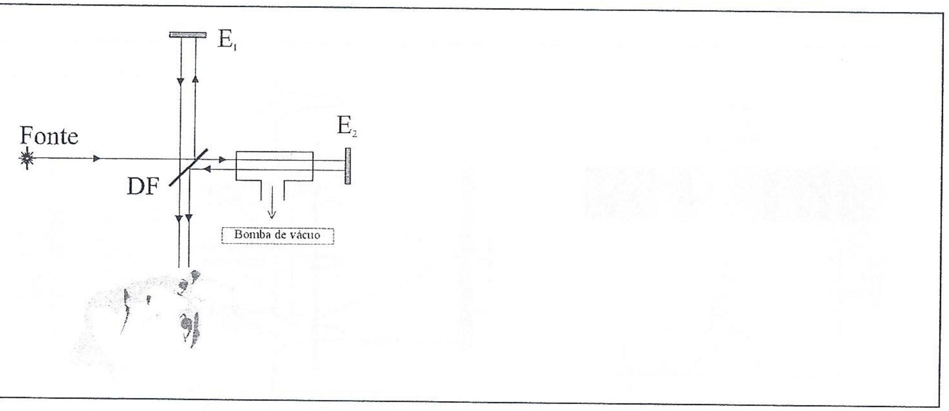


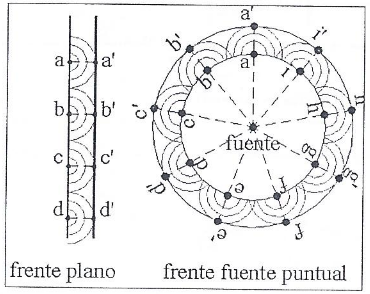


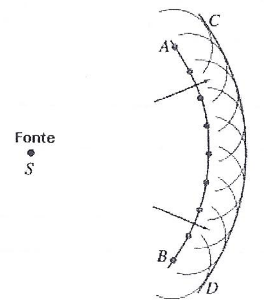


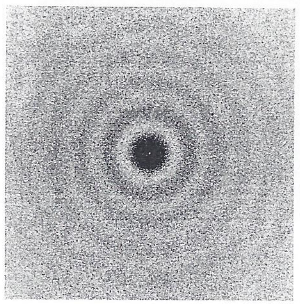


$$d sen\theta = m\lambda (m = 1 \rightarrow 1^{o}\ \min.)$$



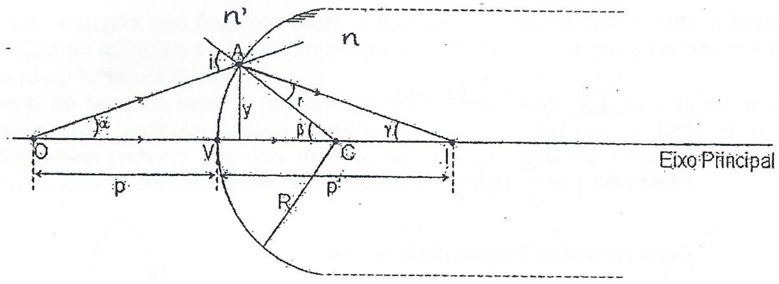






I – Formação de imagens por um dióptro curvo

Na figura abaixo está esquematizada o perfil de um dióptro curvo transparente, de índice de refração n e, para simplificar, suponhamos que a superfície seja esférica de raio R e centro C. Consideramos também que o dióptro se encontra imerso num meio de índice de refração n', se for o ar n'≅1.



Problema : Como obter a imagem I do objeto O, conjugada por esse dióptro? Em outras palavras, conhecido n, n' e R, como esses parâmetros se relacionam com p e p' ?

Lembramos que estamos usando sempre a condição paraxial, isto é, para ângulos pequenos vale sen $\theta \cong$ tg $\theta \cong \theta$.

Para se obter a imagem de um ponto traçamos 2 raios quaisquer representado na figura e na interseção dos raios refratados obtemos a imagem I

Da figura podemos verificar que:

Δ O A C $\rightarrow$ i = $\alpha + \beta$ (1)
Δ A C I $\rightarrow$ r = $\beta - \gamma$ (2)

E para ângulos pequenos podemos escrever também:

$$\left.\begin{aligned} tg\alpha &\cong \alpha \cong \frac{y}{p} \\ tg\beta &\cong \beta \cong \frac{y}{R} \\ tg\gamma &\cong \gamma = \frac{y}{p'} \end{aligned}\right] \quad (3)$$

E usando a lei de Snell:

n' sen i =n sen r

que pode ser escrita como:

$n'i \cong n\,r$. e usando (1) e (2), teremos:

$n'(\alpha + \beta) = n\,(\beta - \gamma)$

$n'\alpha + n'\beta = n\,\beta - n\,\gamma$

$n'\alpha + n\,\gamma = \beta\,(n - n')$

ou

$$\frac{n'y}{p} + n\frac{y}{p'} = \frac{y}{R}\,(n - n')$$

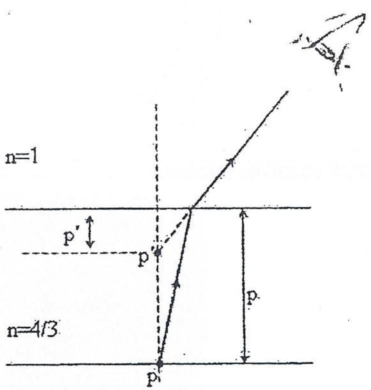
Portanto $\frac{n'}{p} + \frac{n}{p'} = \frac{n - n'}{R}$ **(Equação do dióptro curvo)**

Caso particular: Dioptro plano → R∞

Portanto $\frac{n'}{P} + \frac{n}{p'} = 0$

Exemplo:

Um peixe se encontra a uma profundidade, p (= 4m); qual a profundidade aparente (p´) para num observador próximo à normal à superfície?



$$\frac{4}{3x4} + \frac{1}{p'} = 0$$

p´ = -3m

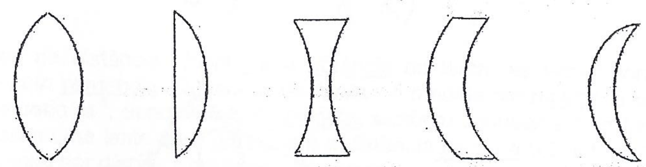
imagem virtual, localizada a 3m da superfície

II – Equação do fabricante de lentes

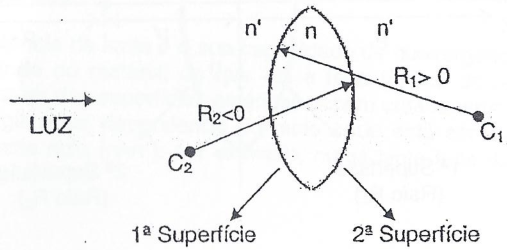
Vamos utilizar a equação do dióptro deduzida acima para o estudo da equação da lente. Já estudamos a lente sob o ponto de vista puramente geométrico através da equação

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}.$$

Essa equação não leva em conta o tipo de material de que é feita a lente (índice de refração) e nem o formato geométrico da mesma (raios de curvatura, caso de lentes esféricas).
Para se ter uma lente é preciso que pelo menos uma das superfícies seja curva, em particular vamos considerar esférica. Portanto, a lente é um dispositivo limitado por dois dióptro, em que um deles é necessariamente curvo. Abaixo estão esquematizados o perfil de alguns tipos de lentes:

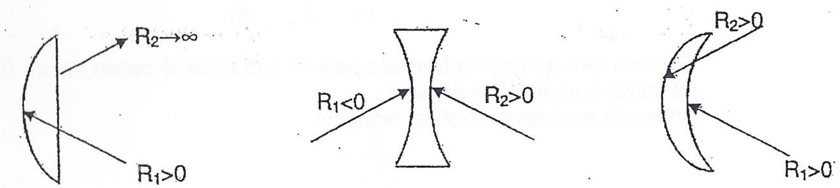


Para aplicar a equação do dióptro vamos considerar a seguinte convenção:



- A luz se propaga da esquerda para direita.
- Centro de curvatura à direita tem raio positivo e a esquerda negativo.

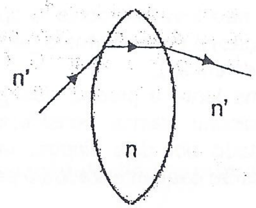
Exemplo:

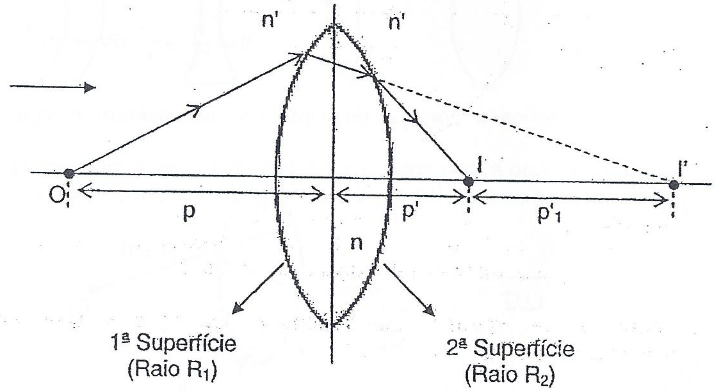


Vamos agora aplicar a equação do dióptro em duas etapas:

1º) a luz propagando do meio de índice de refração n´ para lente (n);

2º) a luz propagando da lente para o meio n´.





1º refração: meio (n´) → meio (n).

$$\frac{n'}{p}+\frac{n}{p_1} = \frac{n-n'}{R_1}$$

2º refração: meio (n) → meio (n´)

$$-\frac{n}{p_1} + \frac{n'}{p'} = \frac{n'-n}{R_2}$$

Observe que a imagem formada pela 1ª superfície é objeto virtual (daí o sinal negativo) para a 2ª superfície.
Somando as duas equações, teremos:

$$\frac{n'}{p} + \frac{n'}{p'} = \frac{n-n'}{R_1} + \frac{n'-n}{R_2} = (n - n')\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

ou

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \left(\frac{n}{n'}-1\right).\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

A primeira igualdade dessa equação é a conhecida equação de Gauss para lente delgadas e a 2º igualdade é conhecida como **Equação da fabricante de lentes**. Geralmente a lente se encontra no meio ambiente (ar) cujo índice de refração consideramos como sendo $n' = n_{ar} = 1$.
Podemos escrever essa equação como:

$$\frac{1}{f} = (n-1).\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

O inverso da distância focal f é a potência da lente, as vezes conhecida também com vergência. Quando a distância f é medida em metros, a unidade expressa seria m^{-1}, denominada de dióptria, também conhecida com "grau" da lente. Assim uma lente de 2 graus, tem a distância focal de 0,5metros, 1 grau, 1,0m e assim por diante. Para lentes divergentes o grau é negativo.

Observação:

A potencia da lente e o sua capacidade de convergência ou divergência da luz depende do material de que ela à feita (índice de refração) e dos raios de curvatura das superfícies esféricas. Assim uma mesma lente pode convergir ou divergir a luz dependendo do meio onde está sendo usada ou mesmo tem potencia nula (n=n´); por exemplo, numa lente feita de água, colocada dentro da água.