



Astrofísica Geral

Tema 05: Noções de Óptica

Alexandre Zabet

Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

Lentes

Interferência e Difração

Bibliografia



Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

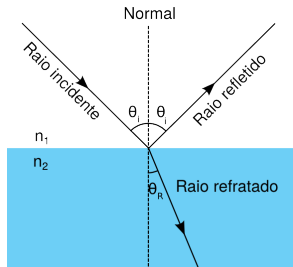
Lentes

Interferência e Difração

Bibliografia



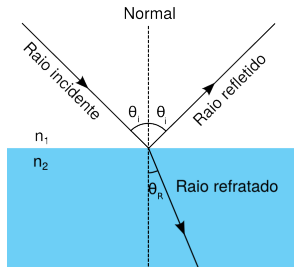
Definição



Reflexão e refração da luz por
um meio.



Definição

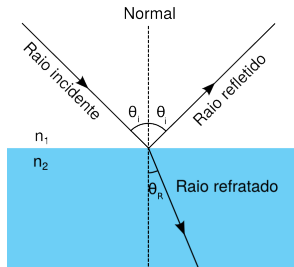


Reflexão e refração da luz por um meio.

- ▶ Reflexão: ângulos iguais
- ▶ Refração: Lei de Snell



Definição



Reflexão e refração da luz por um meio.

- ▶ Reflexão: ângulos iguais
- ▶ Refração: Lei de Snell

$$n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$$



Índice de refração

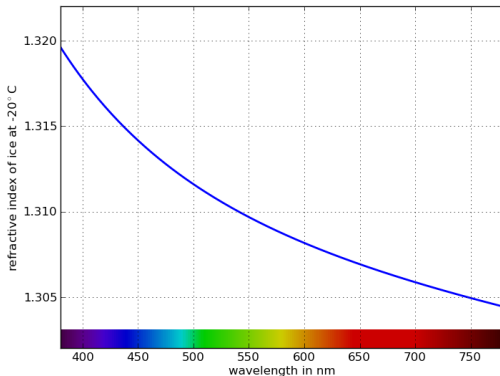
$$n = \frac{c}{v}$$

O índice de refração é uma medida da velocidade da luz no meio.

Material	n
Vácuo	1
Ar	1.0003
Água	1.33
Etanol	1.36
Gasolina (no Brasil)	Etanol
Azeite de Oliva	1.47
Gelo	1.31
Vidro comum	1.5
Diamante	2.42



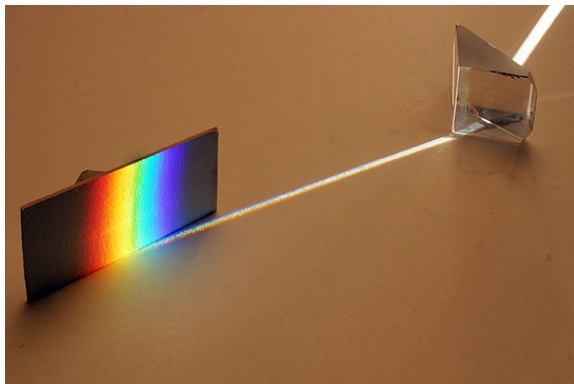
Dispersão



Índice de refração para o gelo à -20°C . O índice de refração depende do comprimento de onda. Esse fenômeno é crucial para a Astrofísica e chama-se dispersão.



Dispersão



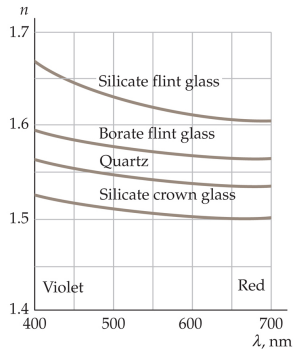
Decomposição da luz por um prisma. Este é o princípio físico usado no Espectrógrafo.



Exercício sobre Dispersão

Exercício 5.1

Você está planejando usar um prisma para dispersar a luz e construir um espectrógrafo. Se a luz branca incide à 45° , utilize o gráfico abaixo para determinar qual o ângulo de refração para a cor violeta e vermelha.

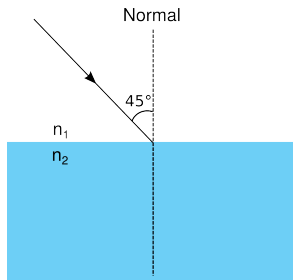


Índice de refração para vários tipos de vidros.



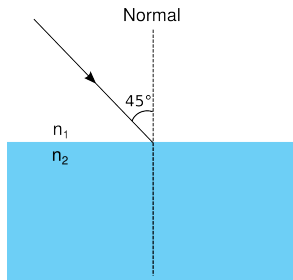
Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ)/n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



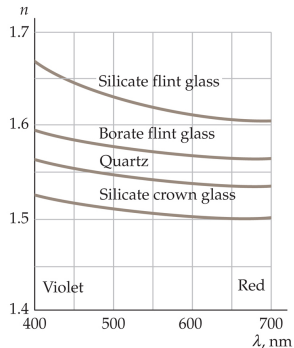
Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ)/n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



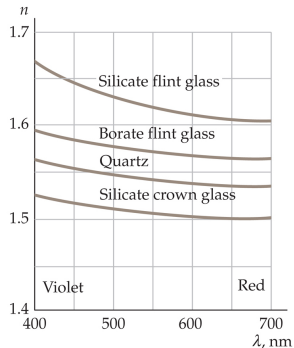
Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ)/n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



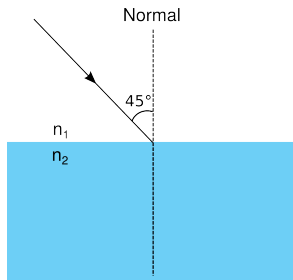
Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ) / n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



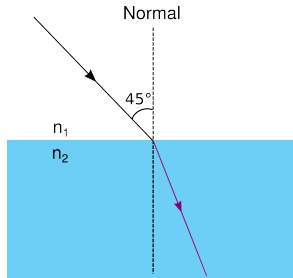
Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ)/n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



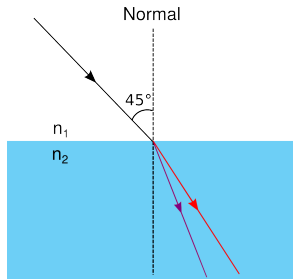
Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ) / n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



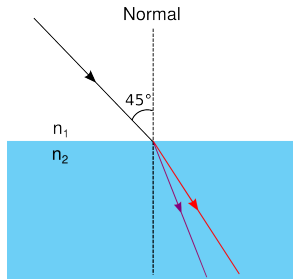
Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ) / n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



Exercício sobre Dispersão

- ▶ Utilizamos a lei de Snell: $n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_R)$
- ▶ Sabemos que $n_1 = n_{ar} = 1$ e $\theta_i = 45^\circ$
- ▶ Do gráfico temos que $n_2 \approx 1.66$ para o violeta
- ▶ e que $n_2 \approx 1.60$ para o vermelho
- ▶ Então, $\text{sen}(\theta_R) = 1 \times \text{sen}(45^\circ) / n_2$
- ▶ Para o violeta: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4260 \rightarrow \theta_R = 25.2^\circ$
- ▶ Para o vermelho: $\text{sen}(\theta_R) = 0.4419 \rightarrow \theta_R = 26.2^\circ$
- ▶ Portanto, 1° de diferença.



Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

Lentes

Interferência e Difração

Bibliografia



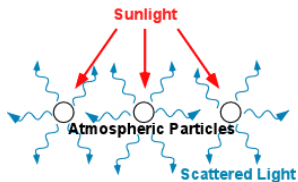
Espalhamento



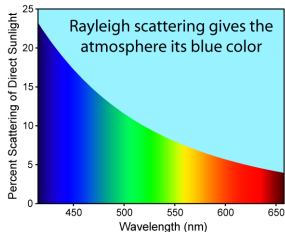
O espalhamento da luz nos permite enxergar os raios de luz nesta imagem.



Espalhamento



Mecanismo do espalhamento.



Quanto menor o comprimento de onda, maior a taxa de espalhamento.



Céu

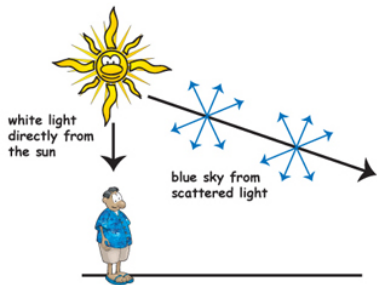


Cores do céu no pôr do Sol.

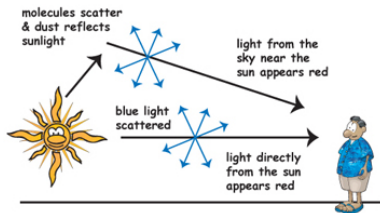


Por quê que o céu é azul?
(Renato Russo)





Vemos o céu azul por que essa é a cor mais espalhada pelas moléculas.



Próximo ao Sol vemos o céu avermelhado porque a poeira reflete luz de outras direções e as moléculas espalham luz para outras direções.



Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

Lentes

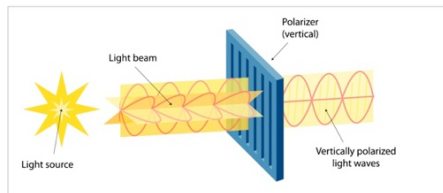
Interferência e Difração

Bibliografia



Polarização da luz

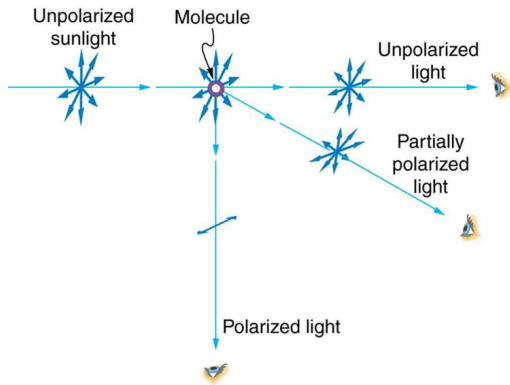
- ▶ Um feixe de luz possui vibrações em todas as direções
- ▶ Um filtro polaróide seleciona uma direção específica
- ▶ Vários fenômenos ópticos causam a polarização naturalmente



Polarização da luz.



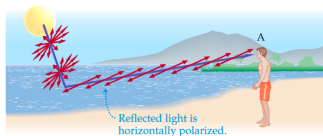
Polarização da luz



A luz pode ser polarizada por espalhamento.



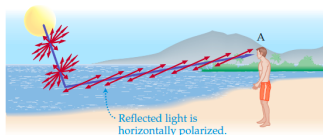
Polarização da luz



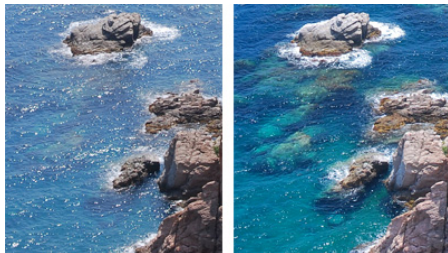
A luz pode ser polarizada por reflexão.



Polarização da luz



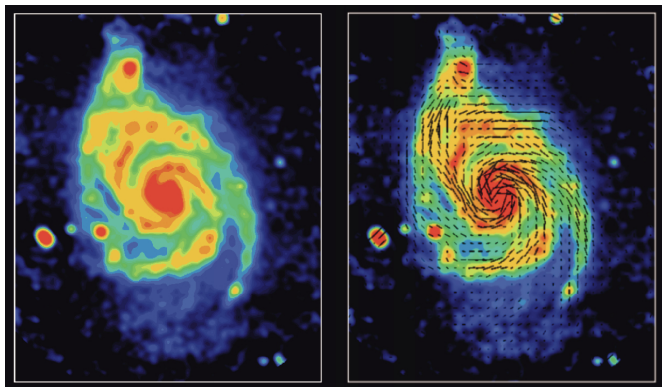
A luz pode ser polarizada por reflexão.



No quadro da direita, a luz polarizada espalhada foi bloqueada com um filtro.



Polarização da luz



A emissão sob um campo magnético polariza a luz. Isso nos permite estudar o campo magnético de objetos celestes. Imagem em rádio da galáxia M51 com vetores de campo magnético segundo dados da polarização da luz.



Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

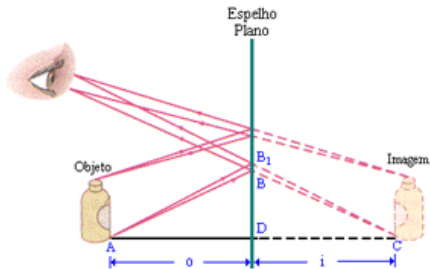
Lentes

Interferência e Difração

Bibliografia



Espelho Plano

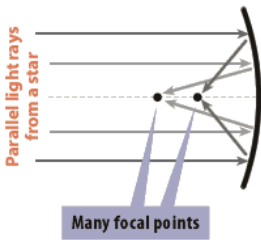


Num espelho plano a imagem aparece à mesma distância e do mesmo tamanho.

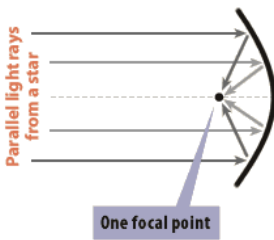


Espelho Curvo

Spherically shaped mirror
has spherical aberration



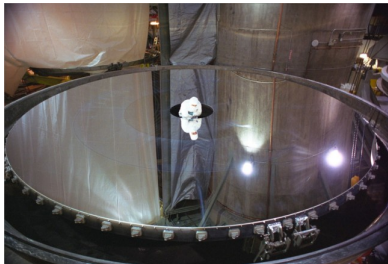
Mirror with parabolic shape
has no spherical aberration



Na Astrofísica utiliza-se muito espelhos parabólicos, porque têm a propriedade de concentrar raios paralelos num ponto só, o ponto focal.



Espelho Parabólico



Técnico trabalhando no espelho de 8m do Telescópio Gemini.



Antenas do Very Large Array, um telescópio em ondas de rádio.



Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

Lentes

Interferência e Difração

Bibliografia



Lente Convergente

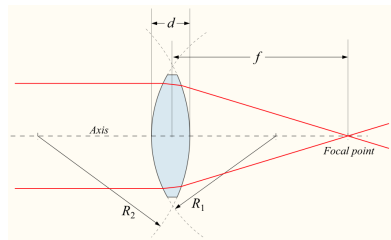
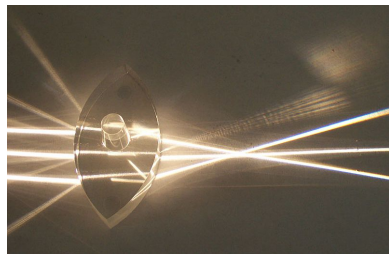


Diagrama de uma lente convergente.



Raios de luz em uma lente convergente



Lente Divergente

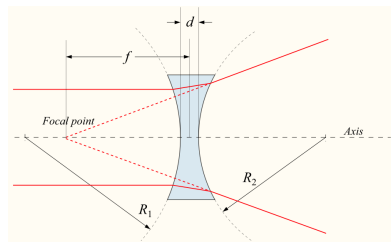
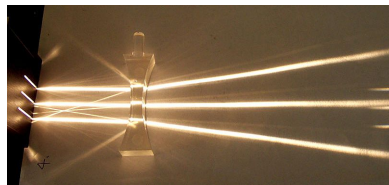


Diagrama de uma lente divergente.



Raios de luz em uma lente divergente



Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

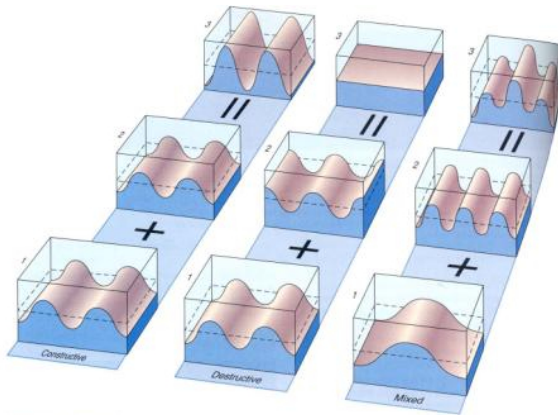
Lentes

Interferência e Difração

Bibliografia



Interferência



As ondas podem interferir entre si de vários modos.



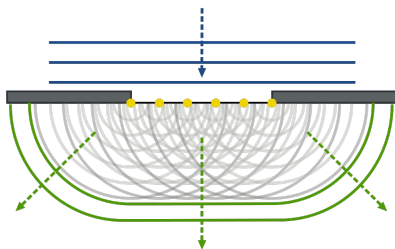
Interferência



Vários padrões de interferência.



Princípio de Huygens

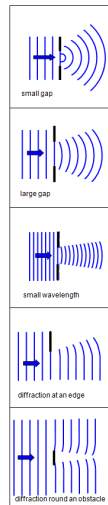


Princípio de Huygens: cada ponto de uma frente de onda é a fonte de uma nova onda.

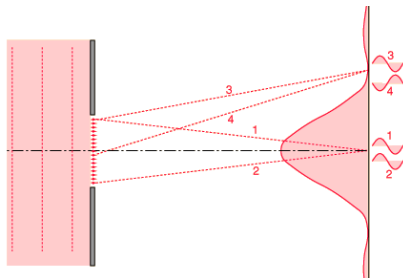


A curva da luz

Consequência: as ondas podem "fazer a curva" quando passam por uma fenda ou obstáculo.



Fenda simples

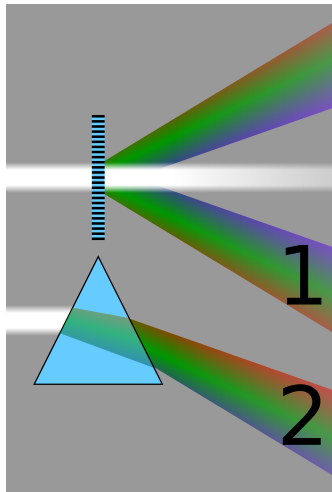


Padrão de interferência para uma fenda simples: máximo central seguido de outros máximos. A distância entre os pontos de mínimo depende do comprimento de onda, do tamanho da fenda e da distância do anteparo.

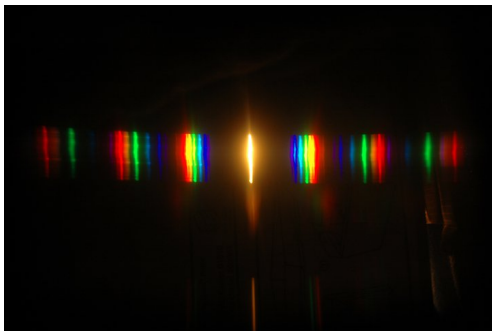


Rede de difração

Podemos usar as propriedades da fenda simples para montar uma rede de difração e separar as cores do espectro luminoso, jogando o máximo secundário de cada cor para um ângulo diferente.



Rede de difração



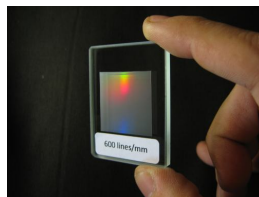
A vida real é sempre mais complicada do que a teoria! Além dos máximos secundários, temos o máximo central e máximos de ordem menor.



Rede de difração

A rede de difração é mais vantajosa:

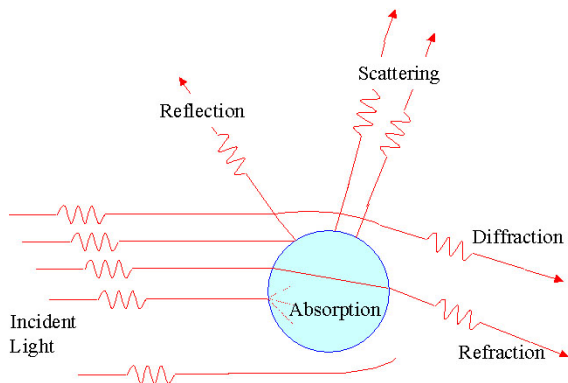
- ▶ Não é preciso um vidro de alta qualidade
- ▶ Pode-se controlar facilmente a dispersão
- ▶ Manutenção mais fácil
- ▶ Mais barata



Rede de difração.



Resumo



Vários fenômenos ópticos possíveis.



Índice

Reflexão e Refração

Espalhamento

Polarização

Espelhos

Lentes

Interferência e Difração

Bibliografia



Bibliografia

Fontes para estudo

- ▶ Física, Paul Tipler & Gene Mosca, Volume 3, Capítulos 31 a 33



REALIZAÇÃO

