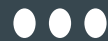
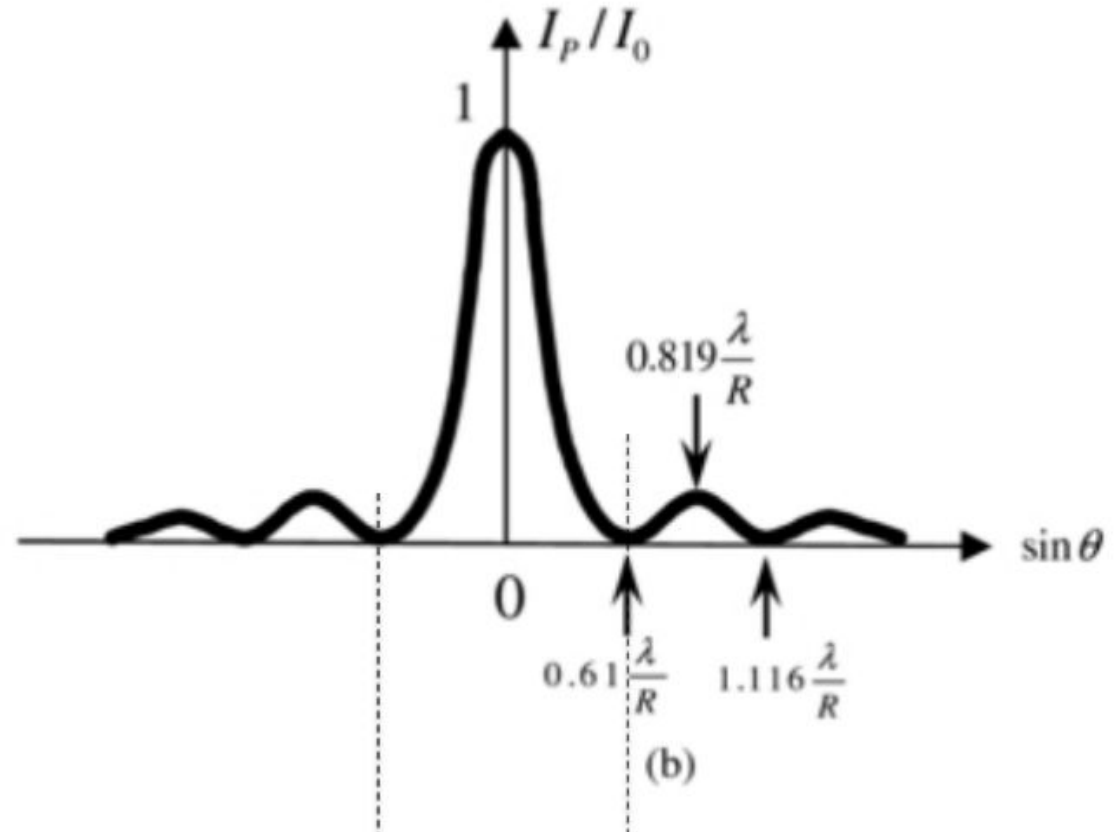
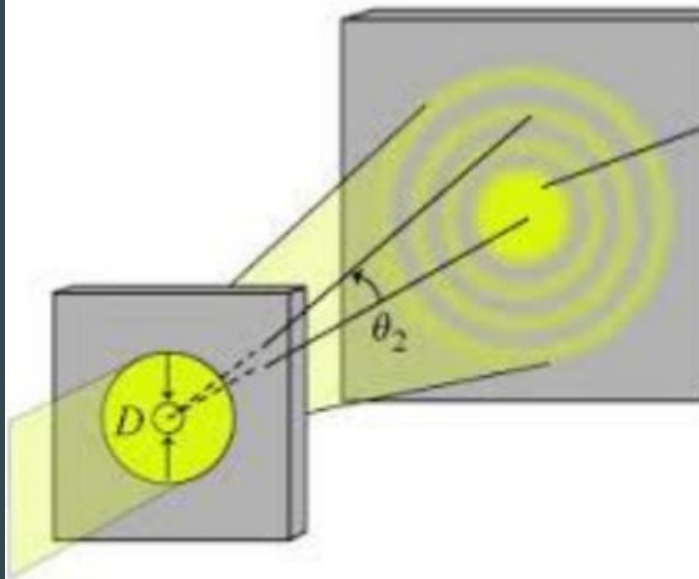


Óptica



Aula 11 - Interação da Luz e a Matéria
ewout@usp.br

Difração por uma abertura circular

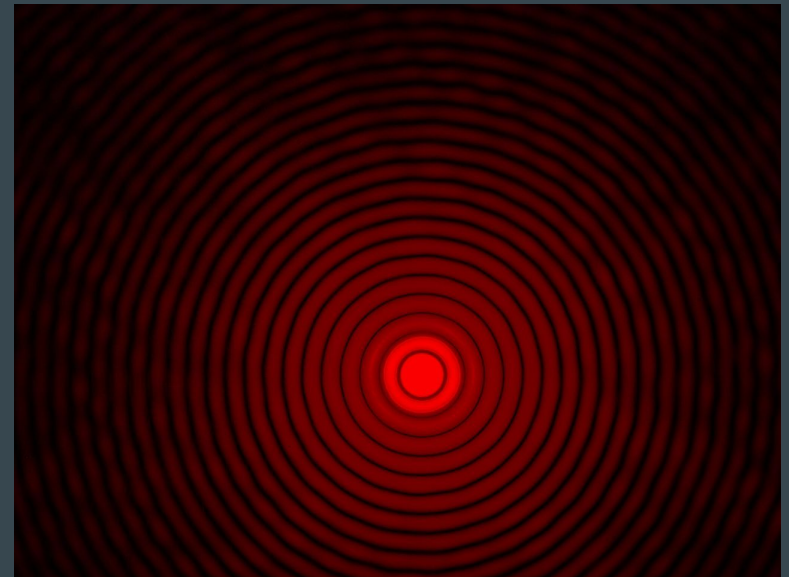
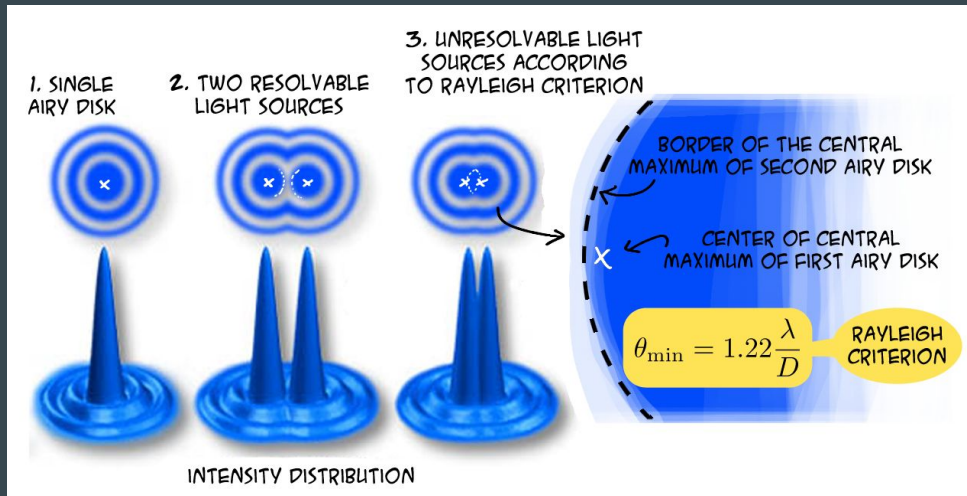
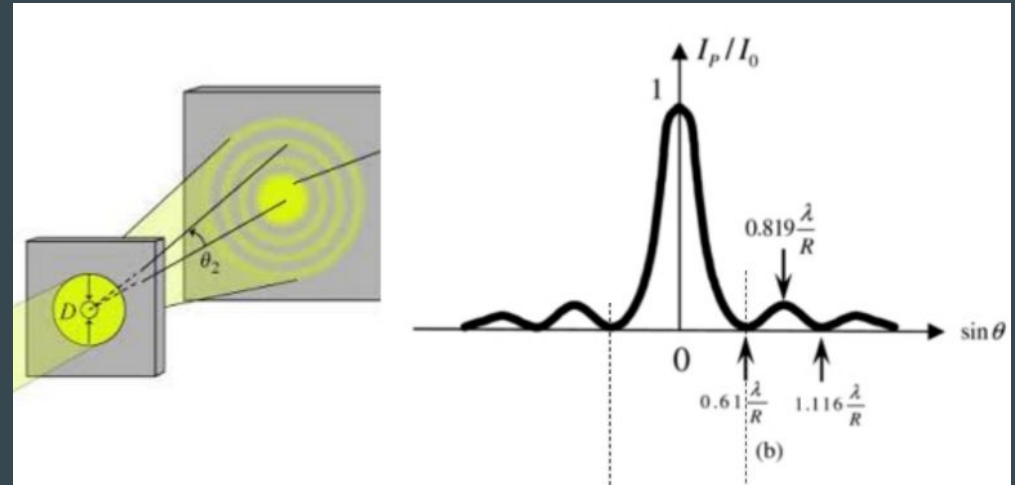


Φ =diâmetro do primeiro anel escuro

Difração por uma abertura circular (“Airy disk”)

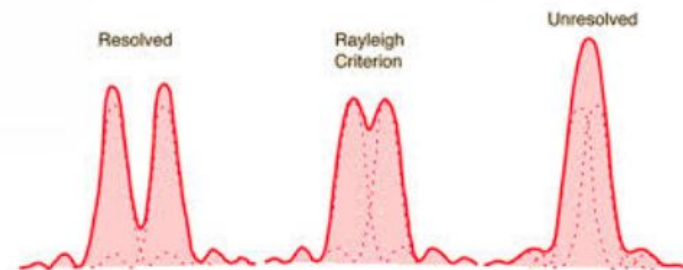
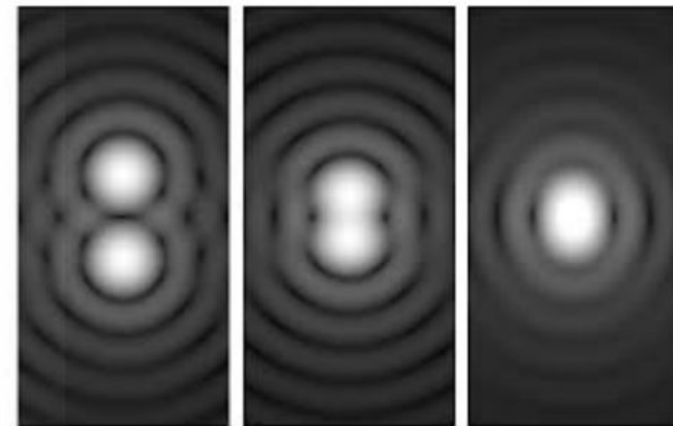
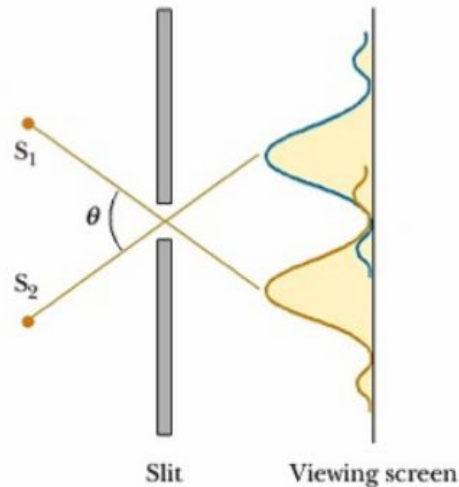
primeiro mínimo de
intensidade para

$$\text{sen}(\theta) = 1,22\lambda/D$$



Consequência: limites da acuidade visual e da resolução angular de instrumentos óticos

Limite de resolução



θ =separação angular entre os objetos pontuais S_1 e S_2 .

Limites da acuidade visual e da resolução angular de instrumentos óticos

Para fenda simples com largura d , primeiro mínimo de intensidade em

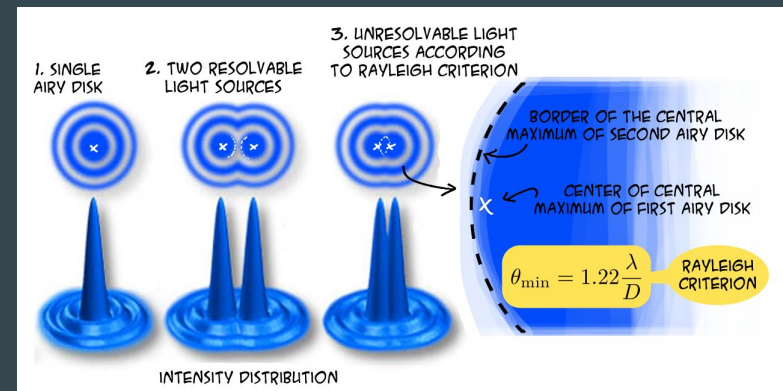
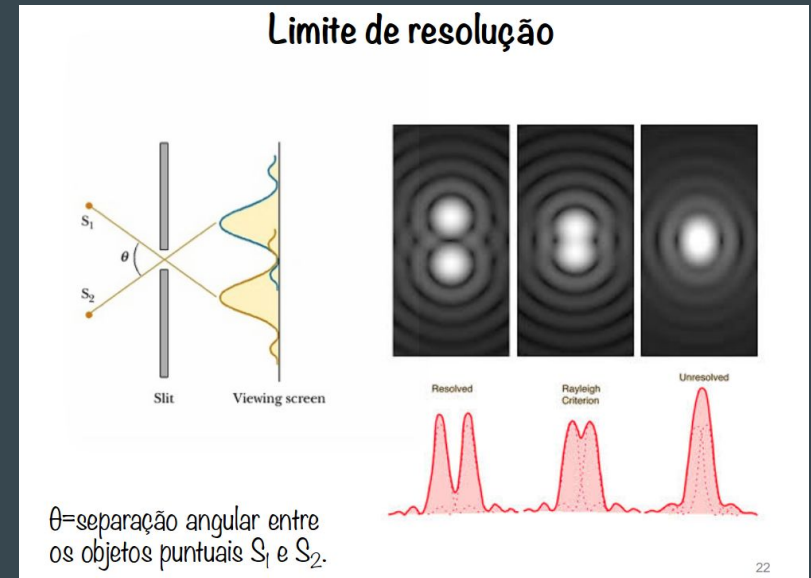
$$\text{sen}(\theta) = \lambda/d$$

→

ângulo mínimo para que as imagens de duas fontes de luz ainda podem ser *resolvidas*:

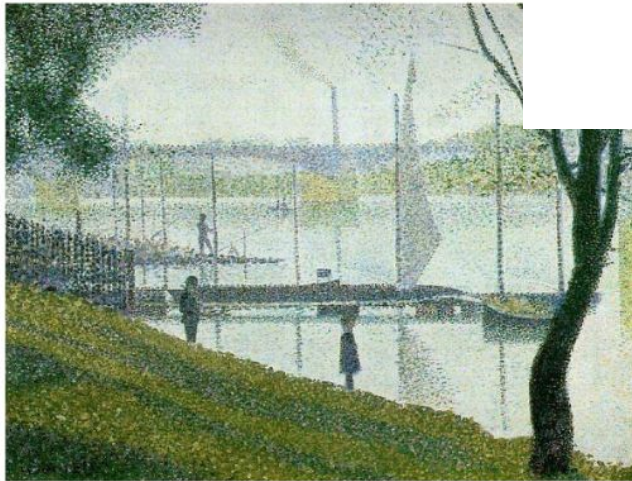
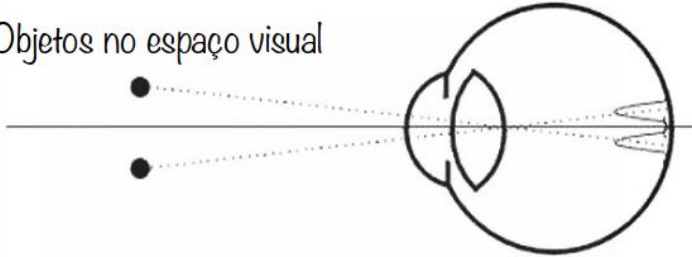
$$\text{sen}(\theta) = \lambda/d \text{ (fenda simples)}$$

$\text{sen}(\theta) = 1,22\lambda/D$ (abertura circular, diâmetro D)

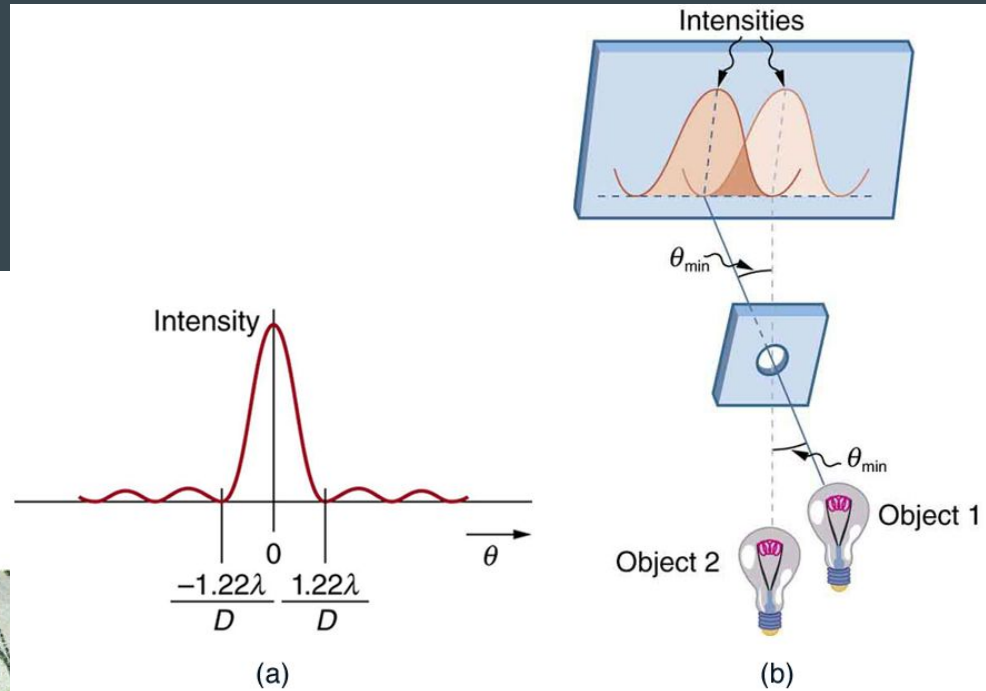


Limites da acuidade visual e da resolução angular de instrumentos óticos

Objetos no espaço visual



George Serraut



Aplicação: telescópios e o limite de difração



Mesmo abertura grandes como as de telescópios profissionais (2-10 metros) resultam em padrões de interferência com mínimos de intensidade para

$$\text{sen}(\theta) = 1,22\lambda/D$$

Exercício: compare tamanho angular de estrelas próximos com padrão de difração.

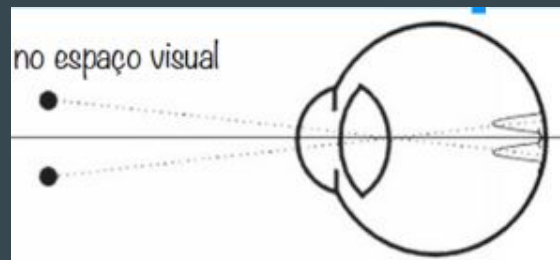
Busca no Google: diâmetro de e distância até Próxima Centauri (estrela mais próximo).

Comparar tamanho angular com resolução angular

Estudo dirigido, resolução do olho humano

1. Verifique experimentalmente qual é a sua resolução angular. Desenhe 2 linhas em papel com 1 mm de distância. Verifique a partir de qual distância não consegue mais distinguir
2. Em princípio este limite da acuidade visual pode ser devida a
 - a. tamanho dos cones e bastonetes ($\approx 2 \mu\text{m}$)
 - b. difração na pupila (diâmetro $\approx 5 \text{ mm}$)

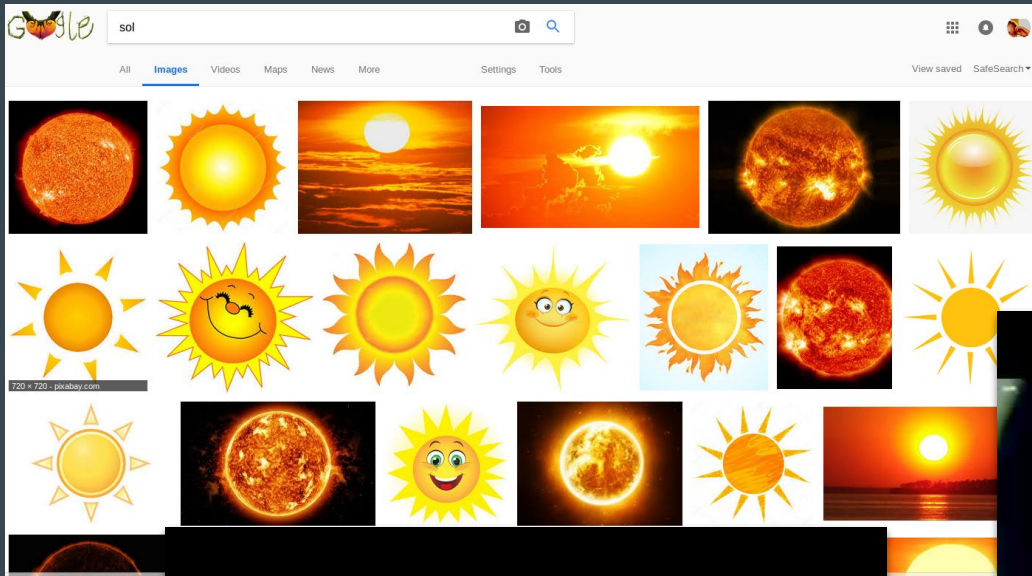
Calcular ângulos para a. 2 bastonetes adjacentes. e b. o ângulo do disco central no padrão de difração de abertura circular



Cores

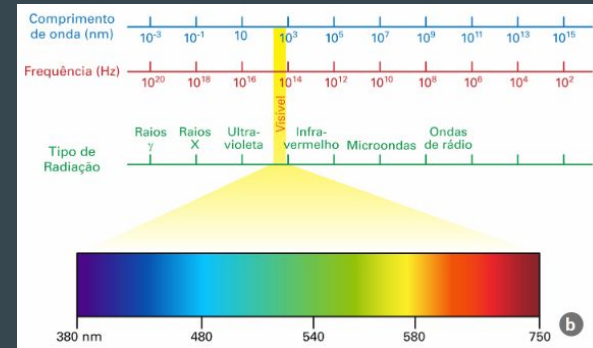
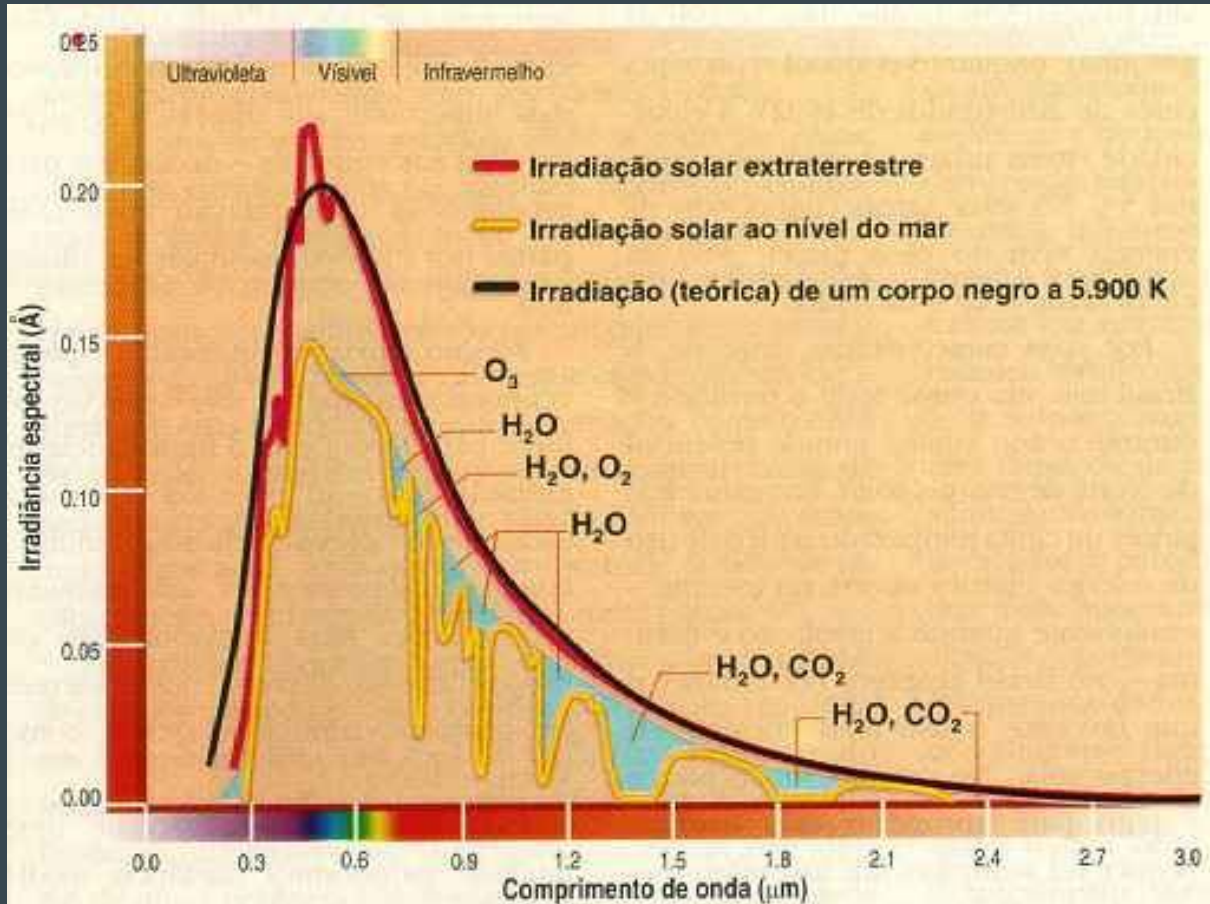
1. A grande maioria das cores no mundo em nossa volta é produzida por absorção e reflexão seletiva.
2. Outras maneiras de produzir cores
 - a. dispersão
 - b. interferência
 - c. espalhamento

Cores: qual é a cor do Sol?



Cores: o que é luz “branca”?

Luz do Sol, acima e abaixo da atmosfera

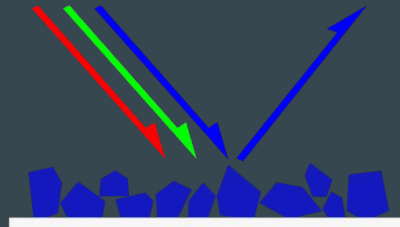


Tipo de Radiação	Comprimento de onda relativo	Comprimento de onda típico (m)	Energia transportada por onda ou fóton
Ondas de rádio AM		100	Aumento
Ondas de televisão		1	
Microondas		10 ⁻³	
Ondas infravermelhas		10 ⁻⁶	
Luz visível		5 x 10 ⁻⁷	
Ondas ultravioletas		10 ⁻⁷	
Raios x		10 ⁻⁹	

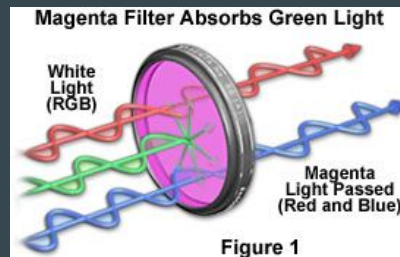
Cores: absorção seletiva

Algumas frequências são absorvidas mais que outros. Depende das frequências de ressonância das moléculas.

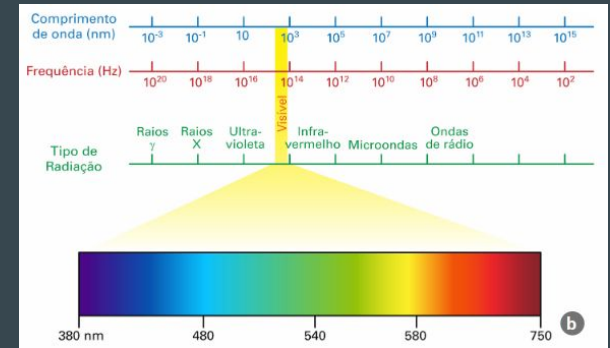
→ reflexão seletiva



→ transmissão seletiva



Cores



Um pigmento **azul** absorve quais comprimentos de onda? Quais comprimentos são refletidos?

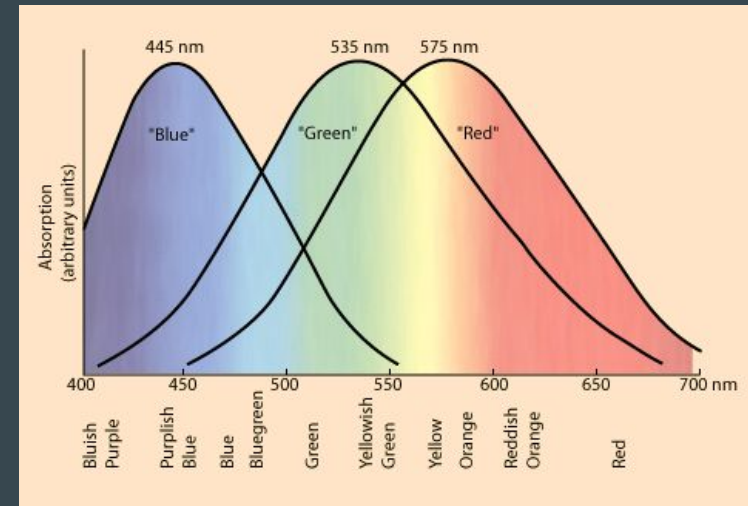
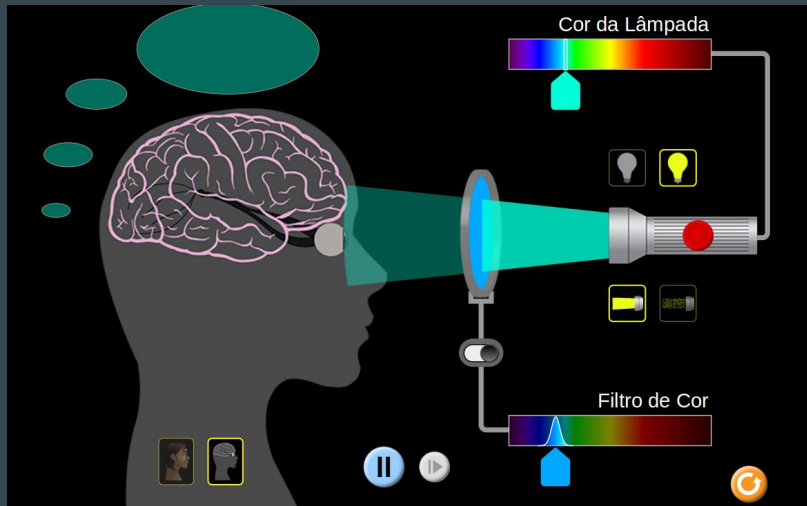
E um pigmento **verde**?

Comprimento de onda de marrom? Magenta?

Cinza?

“Um fóton branco”: faz sentido?

Percepção de cores



As células fotossensíveis à cor são chamados de “cones”. Pelo menos 2 dos 3 tipos de cones precisam ser excitados e a cor percebida depende do nível de excitação relativa.

Porque o céu é azul?

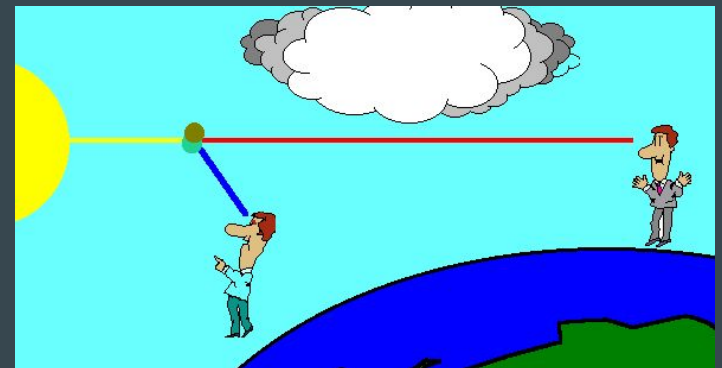
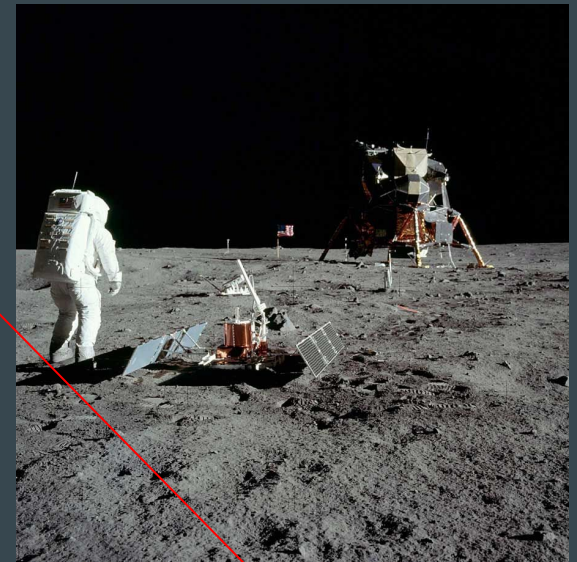
(e como explicar ao seu sobrinho de 10 anos)

- Atividade:
 - fazer a busca no Google no seu telefone
 - engajar criticamente com a resposta

Porque o céu é azul?

Não! 😱

1. Porque o céu não é escuro, como na Lua?
2. Em direções *diferentes* que a linha entre você e o sol, a luz que você vê é a espalhada pela atmosfera.
3. Luz azul é “espalhada mais” (do que outras cores)
4. Quando o sol está baixo, a luz passa por muito mais atmosfera que do quando está alto.



Espalhamento e céu azul

“quantidade de espalhamento” $\sim 1/\lambda^4$

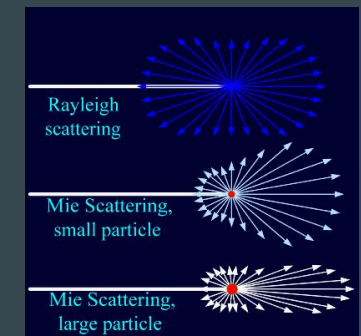
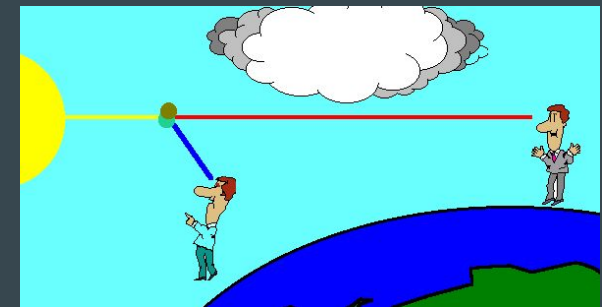
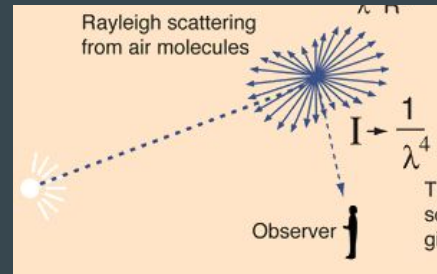
$\rightarrow (700/400)^4 \cong 10$

Centros de espalhamento ?

\rightarrow moléculas (O_2 , N_2)

Porque o céu não é violeta?

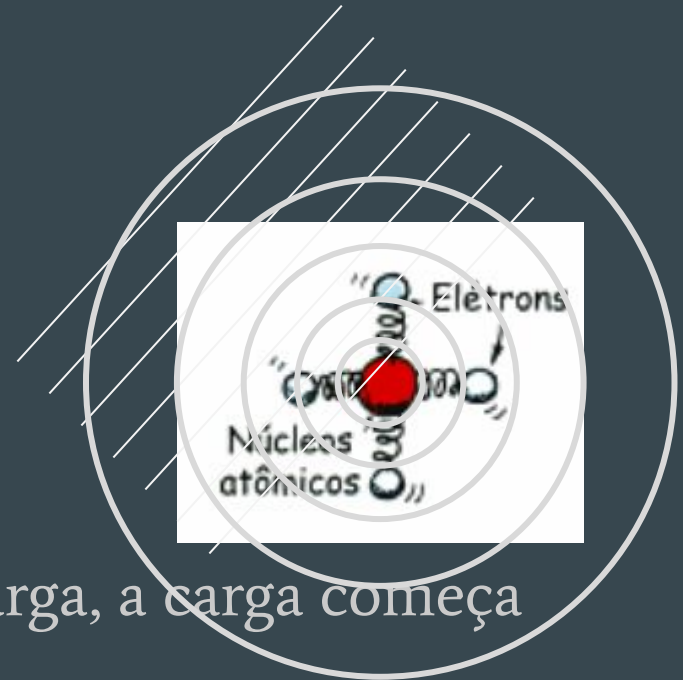
1. Quantidade de violeta no espectro solar
2. Sensibilidade ao violeta dos olhos
3. Percepção de cores



Interação de luz e matéria (modelos microscópicos)

Ingredientes:

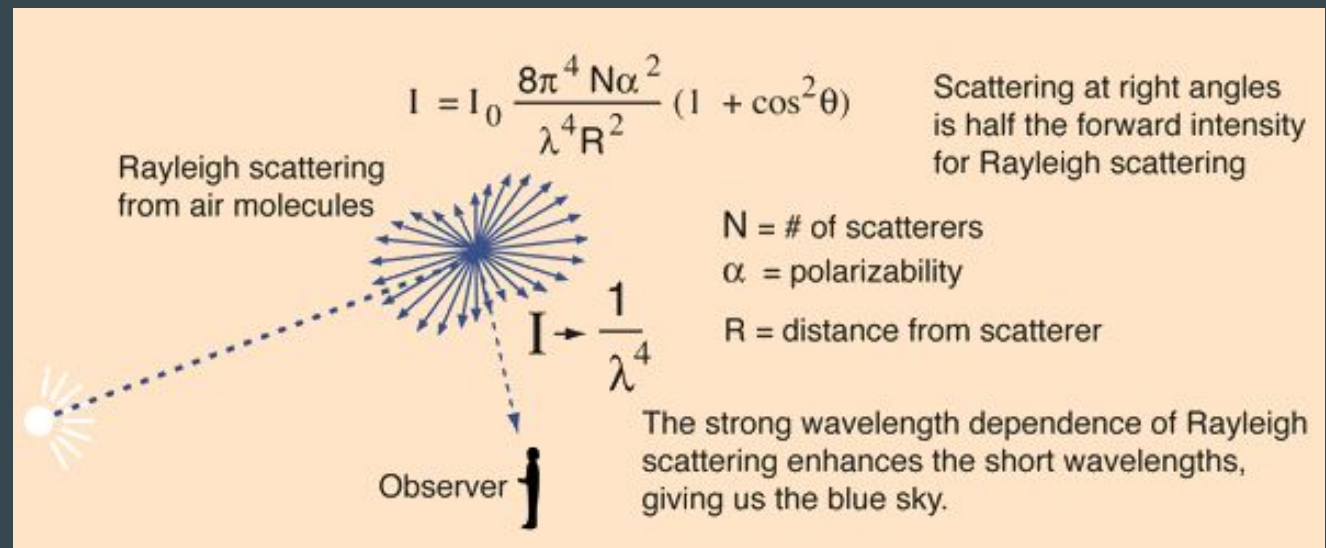
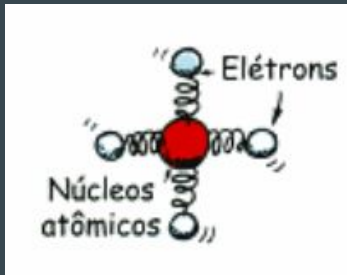
1. Se uma onda de luz incide numa carga, a carga começa chacoalhar.
2. Se uma carga chacoalha, emite uma onda de luz (em todas as direções).



Espalhamento

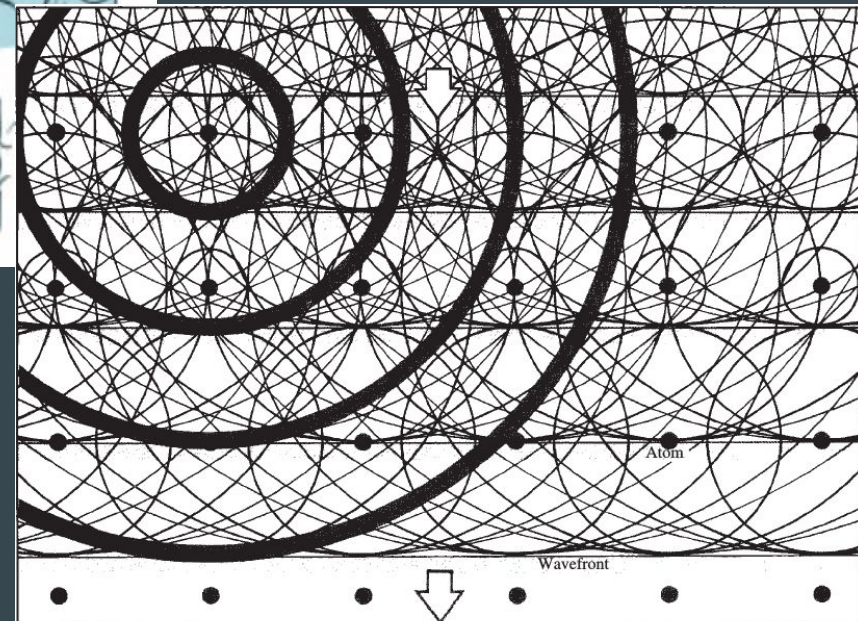
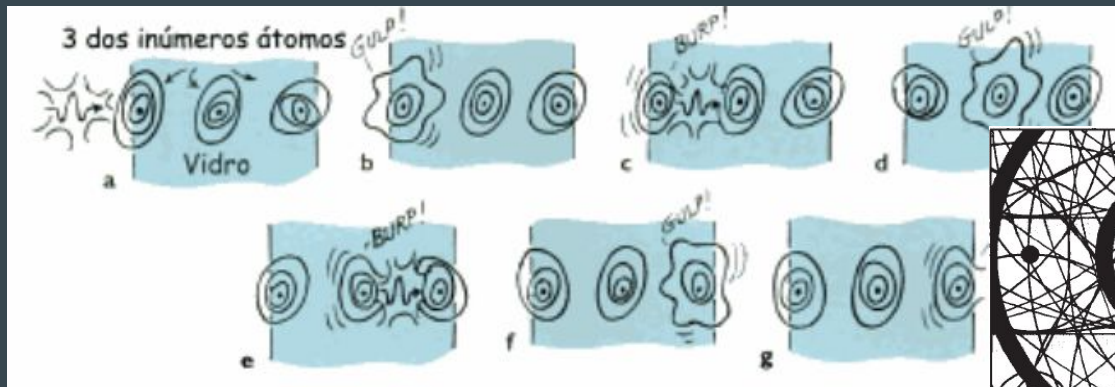
Em geral: o nome para o que acontece quando luz incide numa partícula e é reemitida (em todas as direções) com a mesma frequência.

Situação mais simples: as partículas $\ll \lambda$ e a distância entre elas $\gg \lambda$. Neste caso o chamado espalhamento de Rayleigh $\sim 1/\lambda^4$



Fenômenos macroscópicos em termos de espalhamento

Materiais densos, distância entre partículas $\ll \lambda \Rightarrow$ Reflexão, refração e transparência podem ser descritas usando o modelo microscópico também



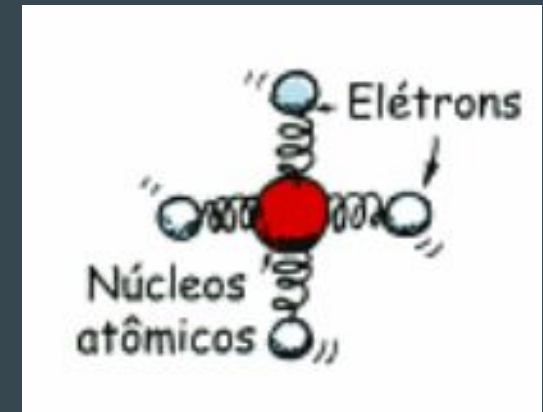
Paul Hewitt, Física Conceitual

Absorção

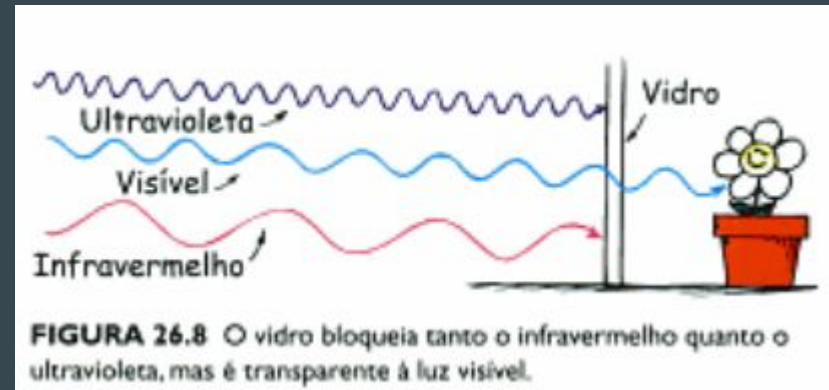
Luz incide em átomos e é reemitida com *outra* frequência. Energia luminosa é transformada em energia térmica (**calor**).

Nos termos do modelo microscópico, o sistema “mola-massa” entra *em ressonância*.

Se algumas frequências são absorvidas mais que outras ⇨ cores



Ressonância



Resumo da disciplina

Conteúdo

1. Natureza da luz
2. Óptica geométrica
 - 2.1. Reflexão (especular, difusa), refração, formação de imagens por espelhos e lentes.
3. Óptica ondulatória
 - 3.1. Frentes de onda, raios, difração, interferência
4. Cores

Habilidades

1. Fazer ligações entre
 - 1.1. experimentos e **fenômenos**
 - 1.2. **modelos** e conceitos e suas representações visuais ou verbais (palavras e imagens)
 - 1.3. **formalismo** matemático
2. Pensar criticamente
 - 2.1. conteúdo curricular
 - 2.2. metodologias pedagógicas
 - 2.3. função pedagógica de representações de modelos

A disciplina em imagens

