

Universidade de São Paulo
Instituto de Física de São Carlos

Práticas Pedagógicas & Comunicação e Expressão Oral

Aula Expositiva Dialogada
Área: Óptica Ondulatória

Adriano Otuka.
Diego Lencione.
Sebastião Pratavieira.



Roteiro da Aula:

- *Apresentação da Estratégia*

- *Objetivos da Aula:*

- Luz como onda e algumas implicações no cotidiano;
- Poder de resolução das câmeras fotográficas e microscópio óptico;
- Armazenamento óptico de dados: CD, DVD e Blu-ray.

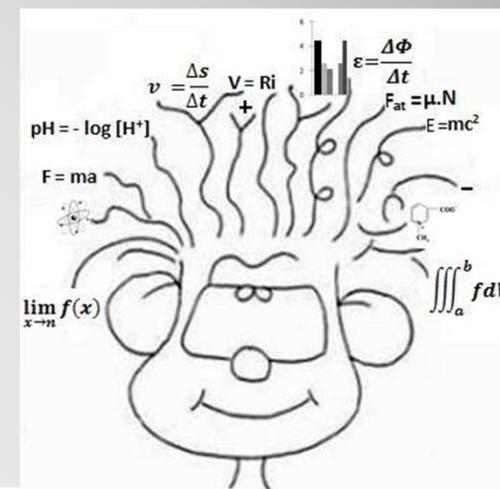
- *Revisão*

Aula Expositiva Dialogada no Curso de Física

Aula Tradicional + Participação Contínua dos Estudantes.

É uma exposição do conteúdo, com a participação ativa dos estudantes, cujo conhecimento prévio deve ser considerado e pode ser tomado como ponto de partida.

Deve favorecer análise crítica, resultando na produção de novos conhecimentos. Propõe a superação da passividade e imobilidade intelectual dos estudantes.



Roteiro de Aula Expositiva Dialogada.

Apresentação dos objetivos de estudo da unidade e sua relação com a disciplina ou curso.

Faz a breve exposição, que deve ser bem preparada.

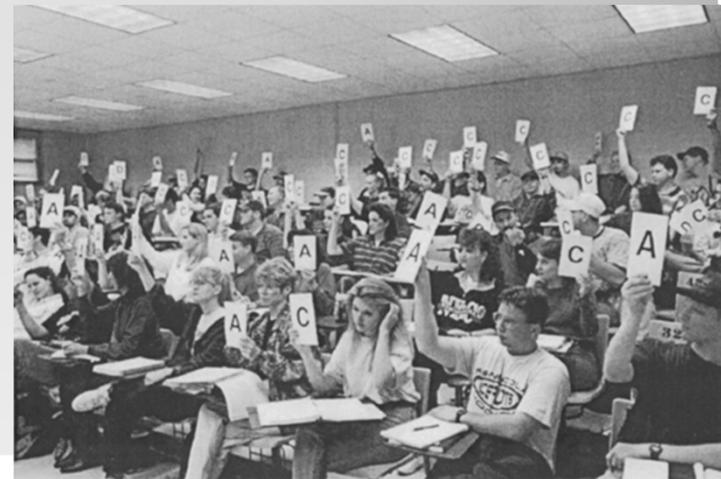
Dialogo e a participação dos estudantes contribuindo na exposição, perguntando, respondendo, questionando. *Diálogo Frequente.*

Síntese integradora.

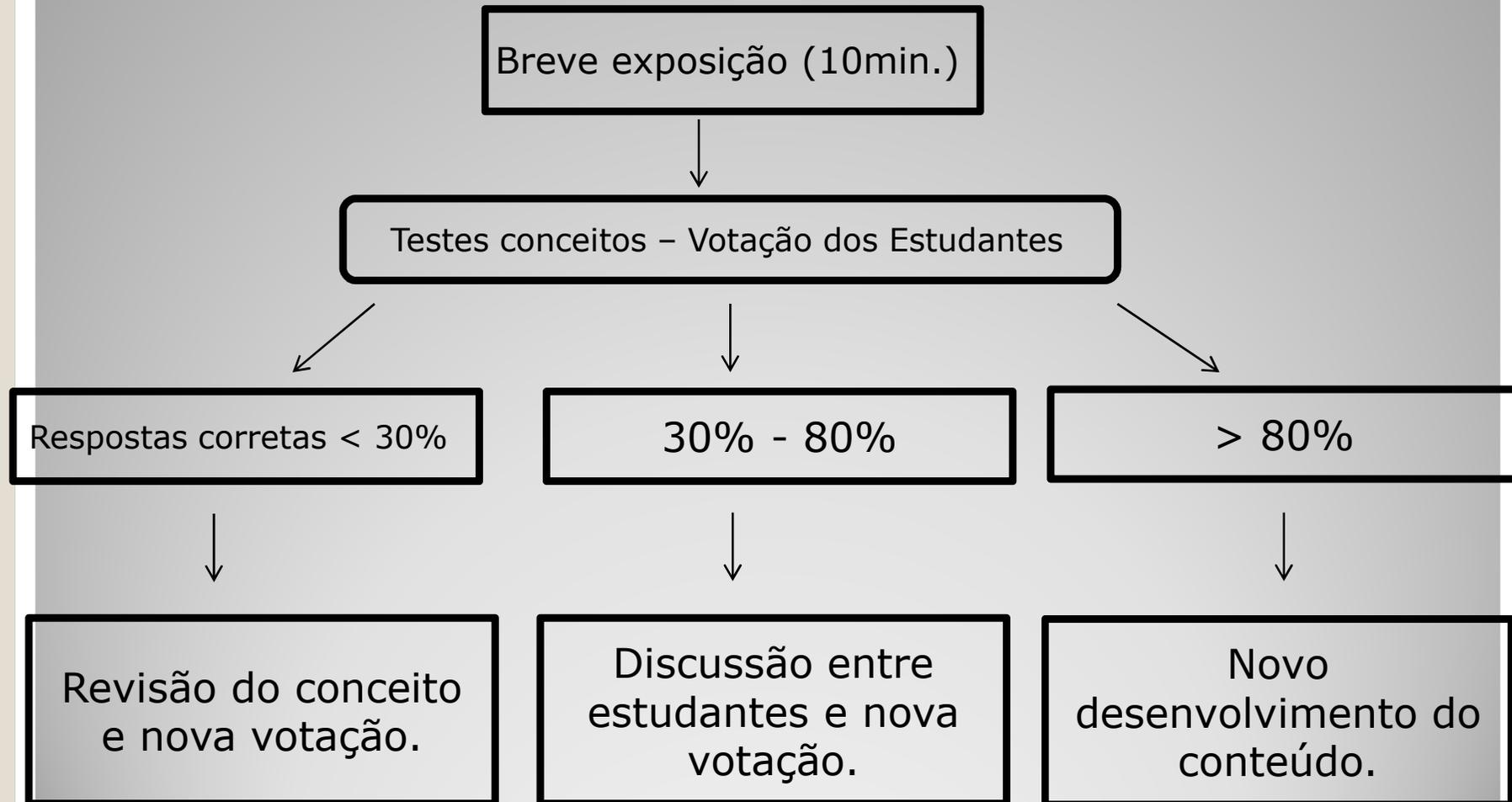


Métodos e Estímulos para Incentivar a Participação do Aluno.

- *“Think-pair-share”*: interrupção periódica de palestras para discussão estudantil.
- *“Minute paper”*: comentários dos alunos escritos durante o último minuto de aula.
- *“Active-learning problem sheets”*: para o estudante utilizar durante as reuniões de classe na sala de aula.
- *“Concep Test - Flash Card”*: Perguntas chaves respondidas através de cartões.

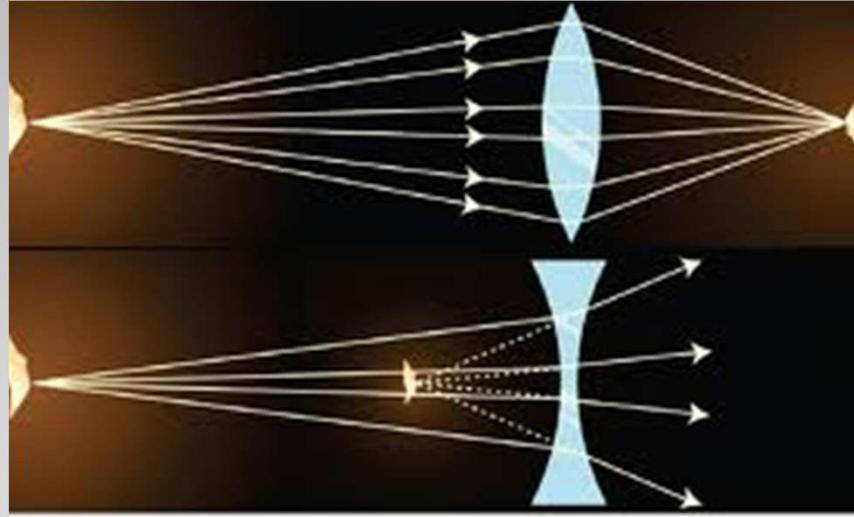


Metodologia da nossa aula “Concep Test - Flash Card” :

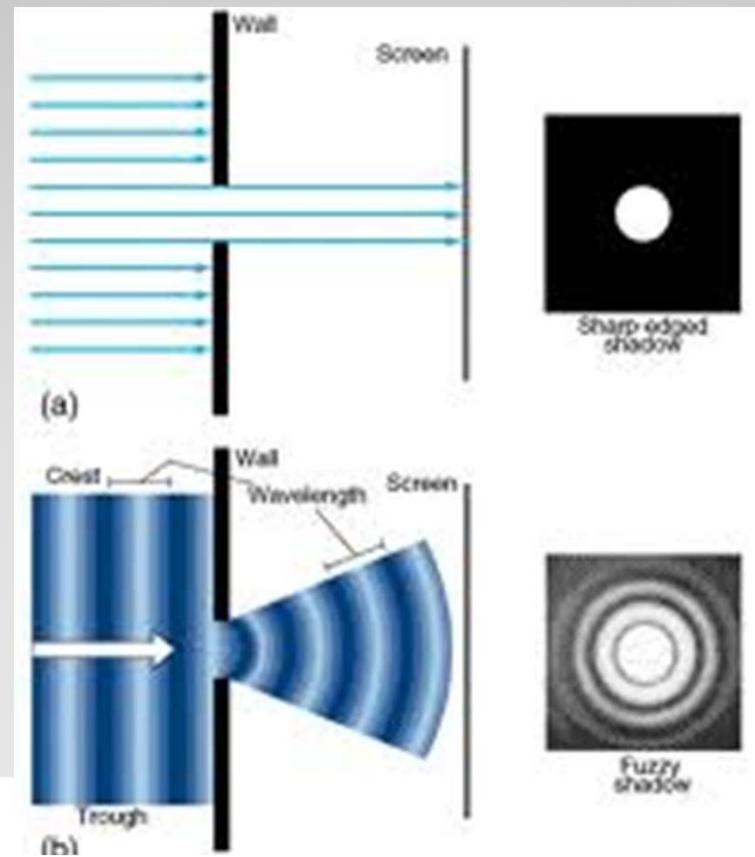
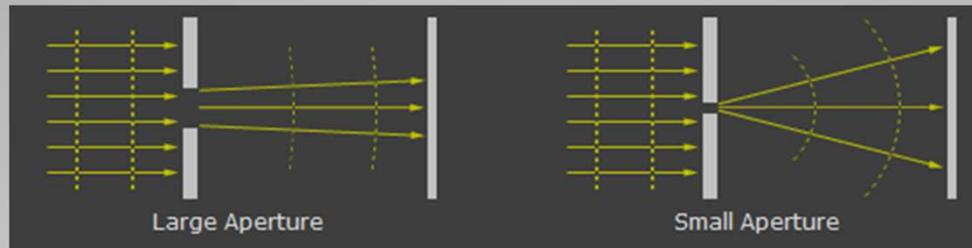


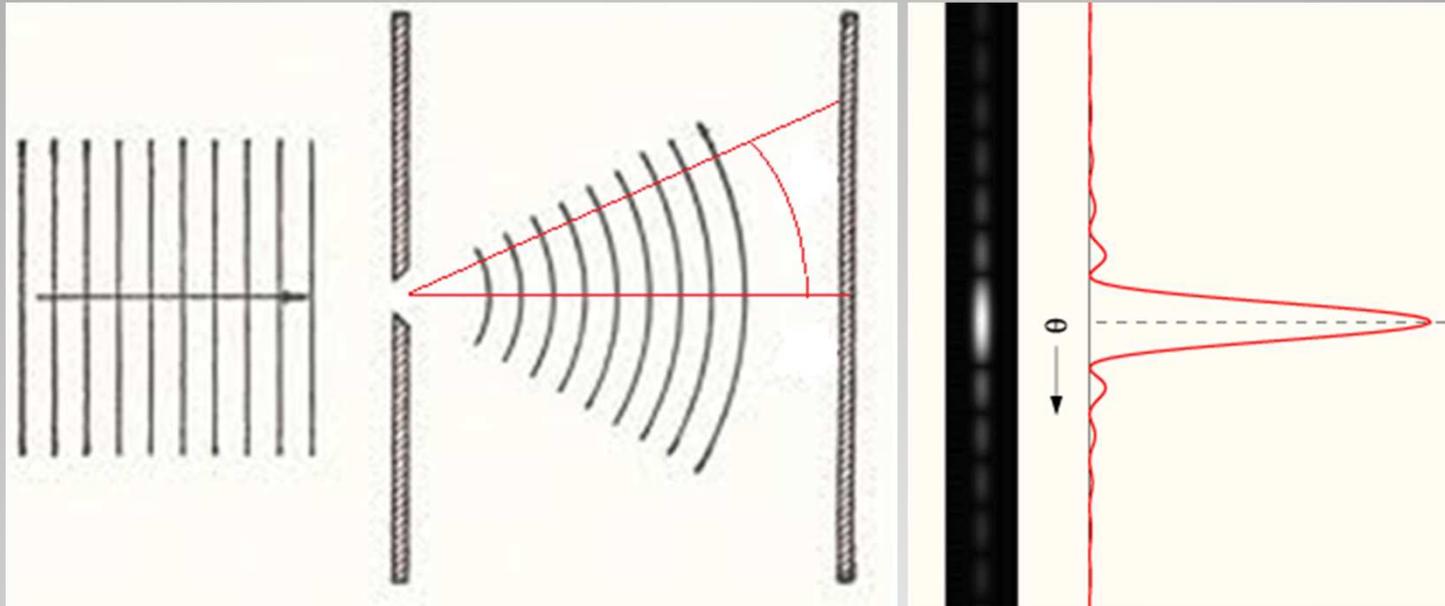
Aula Expositiva Dialogada
Área: Óptica Ondulatória

Óptica geométrica: propagação da luz linha reta.



Porém experimentos mostram outro resultado:





$$d \sin \theta = m\lambda$$

$m = 1, 2, 3 \dots$ Ptos. Mínimos – franjas oscuras.



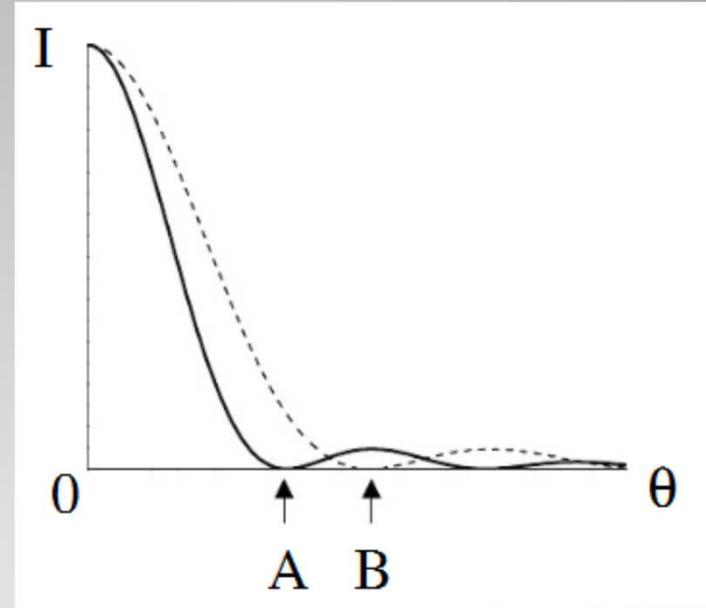
$d = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin \alpha}$

ERNST ABBE
1840-1905
FRIEDRICH SCHILLER
UNIVERSITÄT JENA

Verificação:

Dois comprimentos de onda, 650 e 430nm, são usados separadamente em um experimento de difração por uma fenda. A figura mostra os resultados na forma de gráficos da intensidade I em função do ângulo θ para as duas figuras de difração. Se os dois comprimentos de onda forem usados simultaneamente, *que cor será vista* na figura de difração resultante (a) para o ângulo A e (b) para o ângulo B?

- A) ângulo A – vermelho; ângulo B – azul;
- B) ângulo A – azul; ângulo B – vermelho;

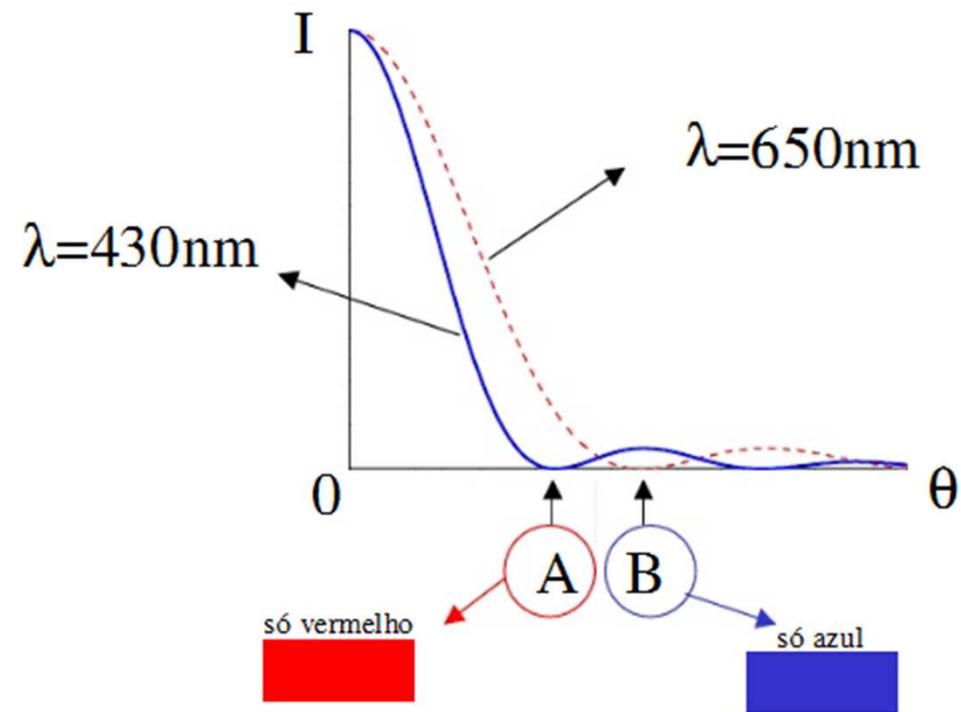


$$d \sin \theta = m\lambda \quad m = 1, 2, 3 \dots \text{ Ptos. Mínimos - franjas escuras.}$$

Resolução:

Lembrando: $\sin \theta = \frac{\lambda}{d}$

Portanto:



Aplicações: Câmeras Fotográficas de Alta Resolução

- Existe uma disputa entre os fabricantes de equipamentos "multi-tarefa" de introduzir câmeras digitais com cada vez mais resolução.
- A palavra **MEGAPIXEL** é atrativo!
- Mas é a melhor maneira de caracterizar o desempenho óptico de uma câmera?



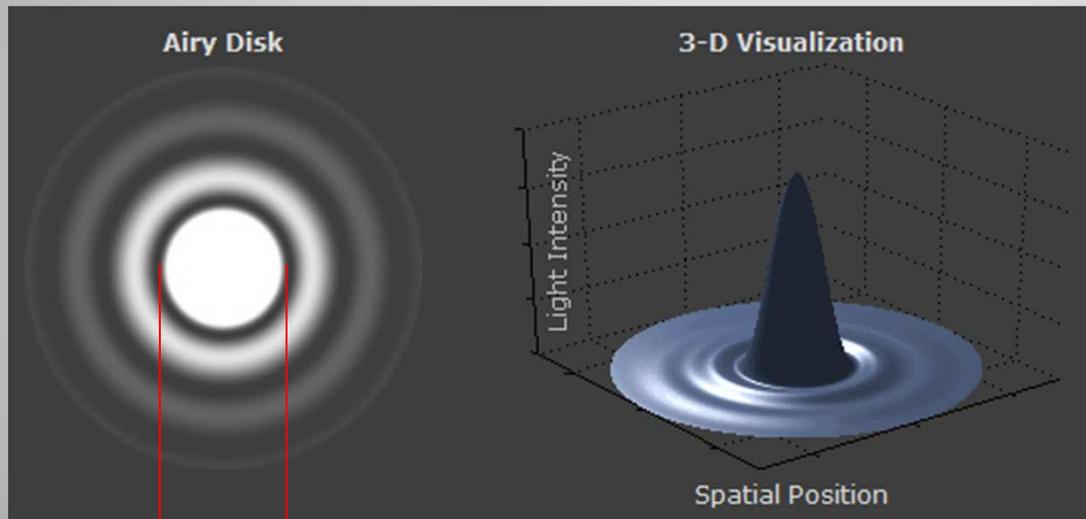
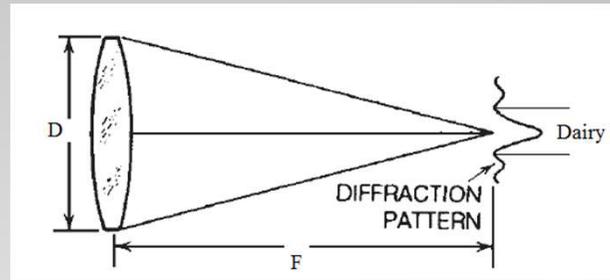
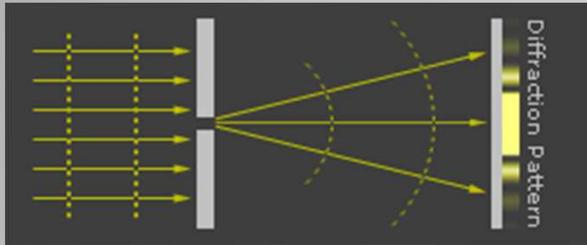
5.0 megapixel camera

Number of pixels across and down that are used to capture an image. More pixels, the sharper the photo.



Câmeras Fotográficas de Alta Resolução:

- Para que o desempenho óptico da câmera seja mantido, existe um limite para a compactação de suas dimensões e que é fortemente dependente da difração.



Dairy

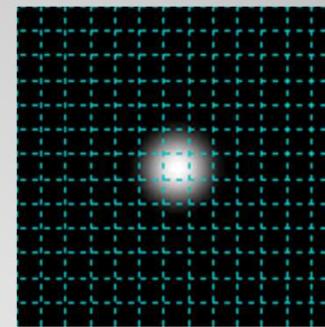
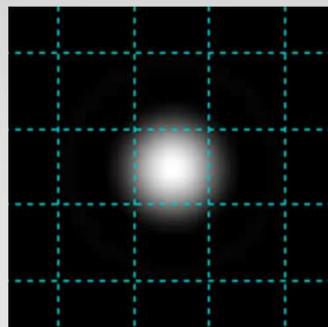
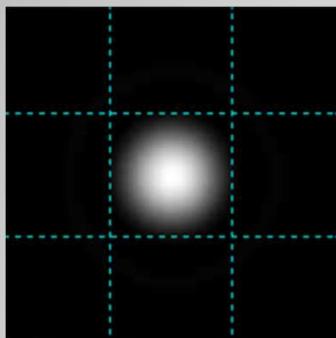
Sistema óptico com
abertura circular:

$$\mathbf{D_{airy} = 2.44.\lambda.F/\#}$$

$$\mathbf{F/\# = F/D}$$

Câmeras Fotográficas de Alta Resolução:

- Aumentar a resolução do detector (diminuindo o tamanho dos pixels e aumentando o seu número) em alguns casos pode resultar em nenhuma mudança efetiva na capacidade da câmera detalhes da cena observada;
- Variação da **Energia Enquadrada** no pixel em função do seu tamanho.



Muitos pixels não “carregam informação”

Câmeras Fotográficas de Alta Resolução:

- Fixando a resolução do detector e apenas diminuindo a abertura podemos observar como o efeito da difração diminui o nível de detalhamento da imagem.



Verificação:

- Determine o máximo valor do F/# de uma câmera fotográfica convencional para que ela possa enquadrar 100% da energia do disco de Airy, quando o pixel tem dimensão de $9 \times 9 \mu\text{m}$.

Lembrando: $D_{\text{airy}} = 2.44 \cdot \lambda \cdot F/\#$

- A) 10
- B) 1
- C) 67
- D) 6.7

Resolução:

$$D_{\text{airy}} = 2.44\lambda F/\#$$

Considerando $\langle \lambda_{\text{visível}} \rangle = 0.55\mu\text{m}$ e que $D_{\text{airy}} = L_{\text{pixel}}$

$$F/\# = \frac{L_{\text{pixel}}}{2.44\langle \lambda_{\text{visível}} \rangle} = \frac{9\mu\text{m}}{2.44 \times 0.55}$$

$$F/\# = 6.7$$

Vantagens do F/# alto

- Óptica Simples;
- Sistemas compactos e baratos;
- Alta profundidade de foco.

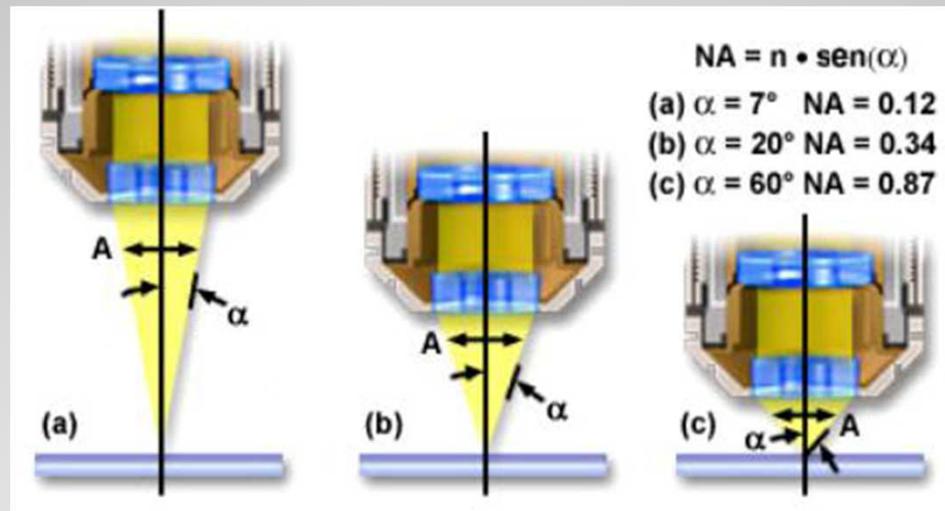
Desvantagens do F/# alto

- Pode prejudicar resolução devido ao limite de difração;
- Imagem pode ficar ruidosa (exige detector bem sensível e alta transmitância óptica).

Poder de Resolução de um Microscópio

A resolução D pode ser dada por:
$$D = \frac{\lambda}{2NA}$$

Onde: $NA = n \cdot \sin(\alpha)$



Utilizando o ar como meio externo e uma boa objetiva, o máximo NA que obtemos é de aproximadamente 0,95.

Verificação:

Em uma análise laboratorial, qual a resolução D obtida quando utilizamos um feixe laser verde (550nm) e uma $NA = 0,95$?

- A) 185nm
- B) 1120nm
- C) 550nm
- D) 290nm

Dica: $D = \frac{\lambda}{2NA}$

Resolução:

$$D = \frac{\lambda}{2NA} = \frac{550nm}{2 * 0,95} \approx 290nm$$

Alternativa D!



Como aumentar NA sem trocar a objetiva?

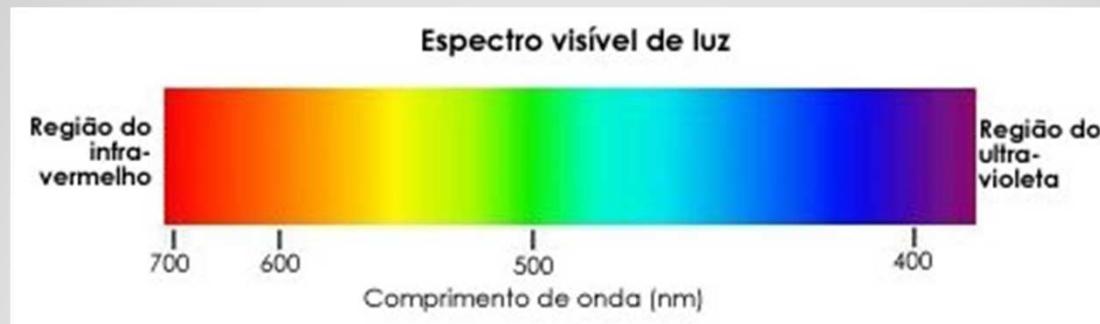
$$NA = n \cdot \sin(\alpha)$$

<http://www.olympusmicro.com/primer/java/microscopy/immersion/index.html>

Verificação:

Para reduzir os efeitos de difração em microscópios, qual comprimento de onda deve ser utilizado para se observar o máximo de detalhes numa amostra?

- A) Verde – 550nm
- B) Ultravioleta – 400nm
- C) Vermelho – 600nm
- D) Azul – 450nm



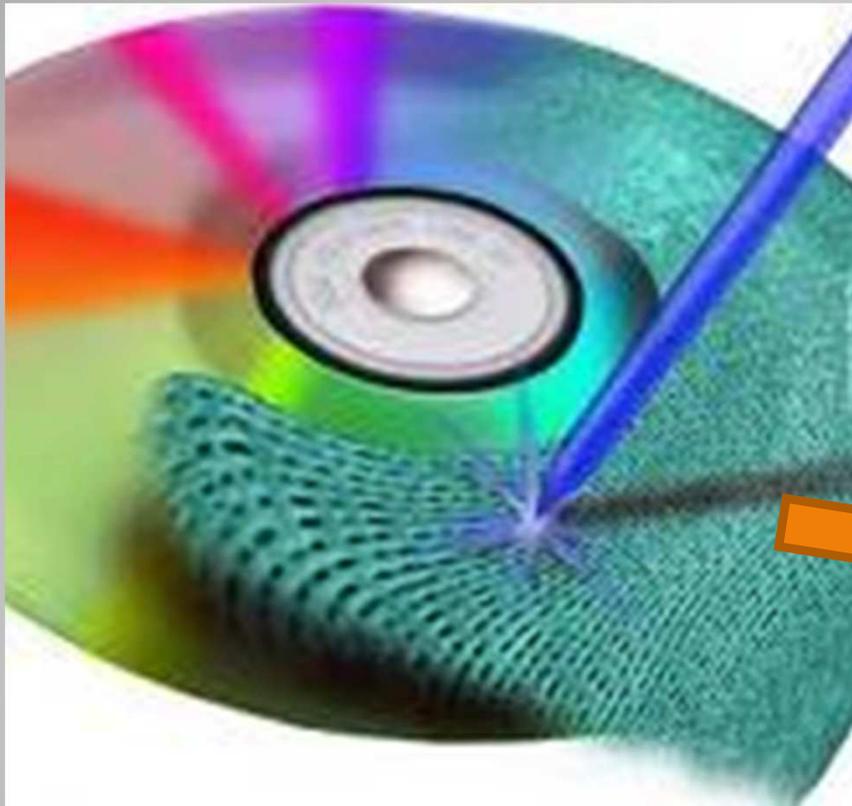
Resolução:

$$D = \frac{\lambda}{2NA} \rightarrow$$

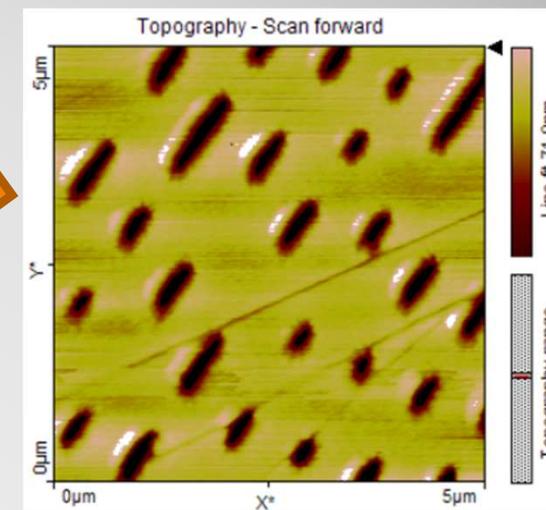
Quanto menor a resolução D , maior o nível de detalhamento da imagem. Portanto, quanto menor o λ , maior será nossa resolução!

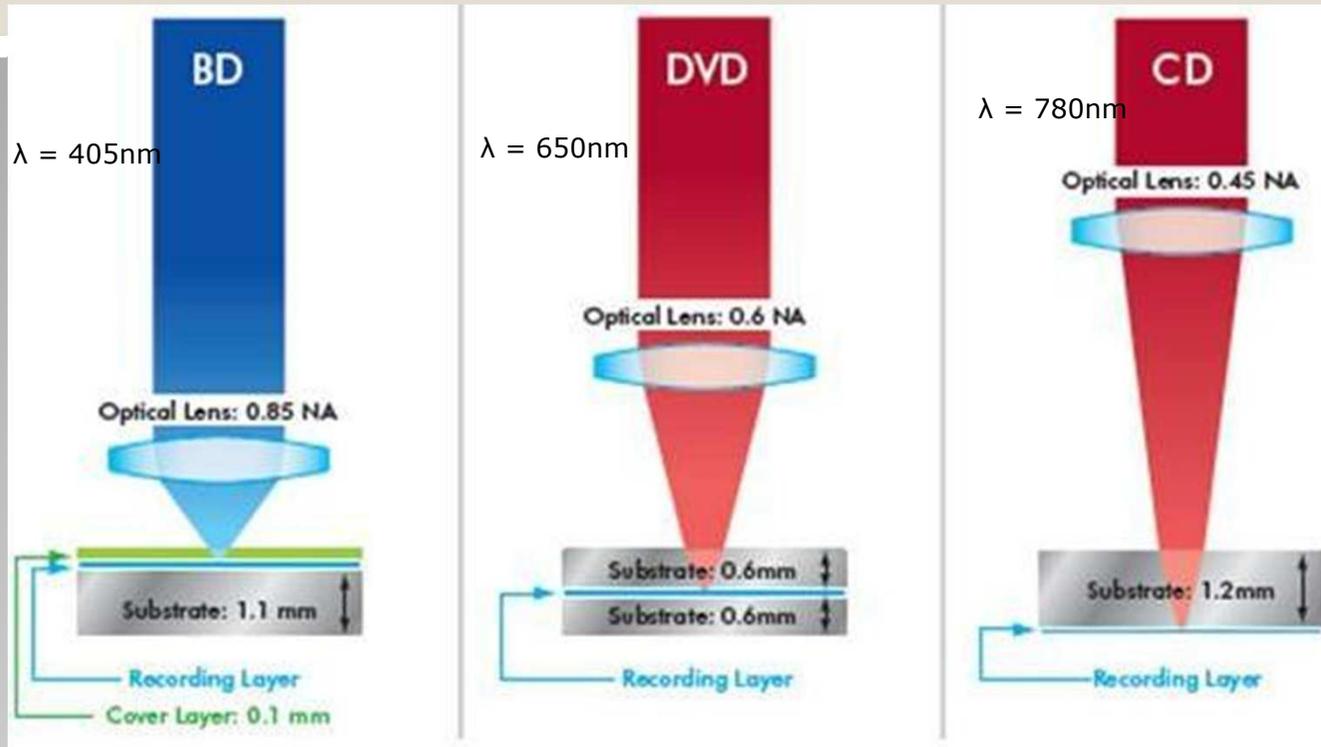
Alternativa B!

Armazenamento Óptico de Dados



Necessidade de armazenar maior número de informação em um mesmo espaço.

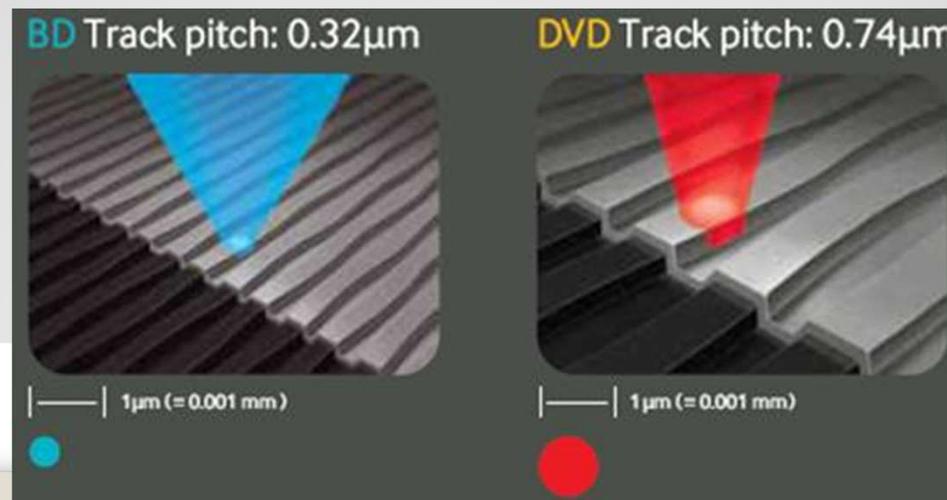




50 GB

8,5 GB

700 MB



Revisão:

- “Teoria” ondulatória da luz;
- Difração;
- Resolução de câmeras fotográficas e microscópio:
 - Câmeras: MEGAPIXEL não é tudo!!!
 - Microscópio: λ e NA influenciam na resolução D !
- Armazenamento óptico de dados.

Próxima Aula:

- Prova!

Referências:

- Mazur, *Peer Instruction: a user's manual*, Prentice Hall, 1997.
- Sokoloff, *Interactive Lectures Demonstrations*, Active Learning in Introductory Physics, Wiley, 2006.
- Meltzer e Manivannan, 2002.
- Sears, *Física IV*, Pearson Education, 2004.
- Hallyday, *Física 4*, LTC, 5ed., 2002.
- <http://www.olympusmicro.com>

