

MUSEU DO MICROSCÓPIO: ESPAÇO INTERATIVO SOBRE HISTÓRIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO MICROSCÓPIO ÓTICO

Marcos Farina

Laboratório de Biomineralização

Instituto de Ciências Biomédicas – UFRJ

mfarina@icb.ufrj.br

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

MUSEU DE CIÊNCIA

MUSEU DO MICROSCÓPIO

- Acervo
- História
- Laboratório de Ótica

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

... é desafio, aventura, inclusão, memória, cultura ... cidadania. Talvez uma das formas potencialmente mais eficientes de levar à cidadania, pois neste contexto, discutimos (ensinamos, aprendemos, debatemos...) os assuntos de forma abrangente/multidisciplinar.

Quando ensinamos algo que não é de nossa especialidade, estamos necessariamente fazendo divulgação científica.

As carências na área de “divulgação científica”, não são apenas questões relacionadas à falta de verbas para esta área...

MUSEU DE CIÊNCIA

“Sabe-se muito pouco quando se sabe apenas o essencial”

Von Laue

“La realidad se compone de dos cosas: objetos y fenómenos. Los objetos ocupan el espacio, los fenómenos ocupan el tiempo. Los objetos son distribuciones espaciales de materia, energía e información. Los fenómenos son cambios temporales de los objetos...”

Jorge Wagensberg

(La Rebelión de las Formas, Tusquets Editores, Barcelona, 2005)



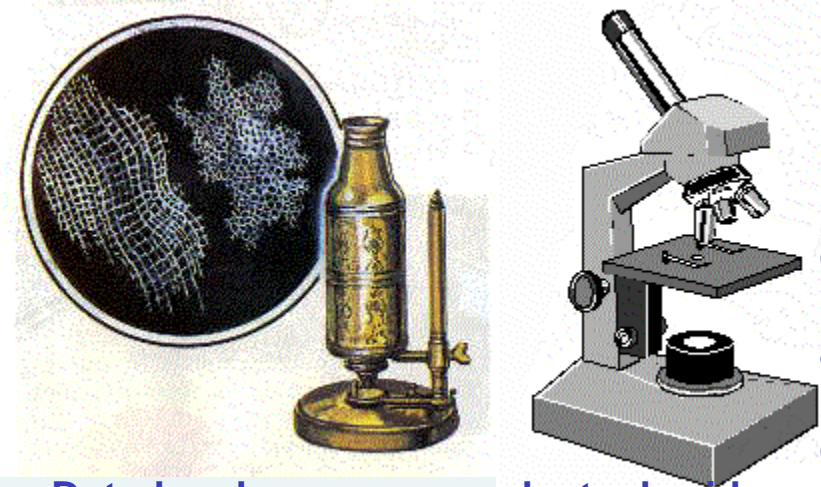
Divulgação científica deve estimular a criatividade. Seria possível dizer a que horas o evento ocorreu? A simples discussão das possibilidades já nos leva a estimular nossa criatividade...

VÔO AO LUAR Avião a jato passa na frente da Lua ao cruzar o céu de Boston (EUA) a cerca de 10,7 mil metros de altitude anteontem; os rastros de fumaça são consequência da grande diferença entre a temperatura das turbinas e a do ar externo

O QUE NÃO É DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

(ou “a importância do professor na formação de indivíduos”)

As duas transparências a seguir, foram retiradas de um site da internet.
As frases destacadas em **vermelho** estão erradas.



O Microscópio Ótico

Não se sabe exatamente quem inventou o microscópio porém sabe-se muito bem que depois dessa invenção, lá pelo início do século XVII, nossa percepção do mundo ficou muito diferente. Muitos atribuem a invenção deste instrumento a Galileu, porém foi Leeuwenhoek quem realmente aperfeiçoou o instrumento e o utilizou na observação de seres vivos.

Dotados de apenas uma lente de vidro, os primeiros microscópios permitiam aumentos de até 300 vezes com razoável nitidez. E todo um mundo que se encontrava invisível aos nossos olhos, se descortinou. Com este instrumento muito simples, Leeuwenhoek estudou os glóbulos vermelhos do sangue e constatou a existência dos espermatozóides. Este cientista também desvendou o extraordinário mundo dos micróbios (ou seja, seres microscópicos), hoje mais conhecidos como microrganismos.

O microscópio simples de Leeuwenhoek, foi aprimorado por Hooke, ganhando mais uma lente. Deste modo, foram obtidos aumentos ainda maiores.

Os microscópios óticos modernos são descendentes sofisticados do microscópio composto de Hooke e muito mais poderosos do que os pequenos instrumentos usados pelos cientistas no início do século XVII. Eles são dotados de 2 sistemas de lentes de cristal (*oculares e objetivas*) que produzem ampliações de imagem que vão em geral de 100 a 1000 vezes, deste modo revelando detalhes, até então invisíveis para nossa visão.

No microscópio ótico, a luz que chega aos nossos olhos para formar a imagem, atravessa primeiro o objeto em estudo. **Por isto, o material a ser observado não pode ser opaco.** Muitas vezes, para se obter material biológico translúcido o suficiente para ser bem observado ao microscópio, é preciso preparar convenientemente o material que se quer estudar. Para isto são feitos cortes muitos finos, de preferência com **uma máquina semelhante a um fatiador de presunto, chamada micrótomo.** O material a ser cortado recebe um tratamento de desidratação e inclusão em parafina que facilita o manuseio e permite que sejam cortadas fatias muito finas.

O Microscópio Eletrônico

O microscópio eletrônico apareceu em 1932 e vem sendo rapidamente aperfeiçoado. As máquinas mais atuais permitem aumentos de 5 mil a 500 mil vezes, sem muita dificuldade. **A diferença básica** entre os microscópios ótico e eletrônico é que neste último não é utilizada a luz, mas sim feixes de elétrons. No microscópio eletrônico não há lentes de cristal e sim bobinas, chamadas de lentes eletromagnéticas. **Estas lentes ampliam a imagem gerada pela passagem do feixe de elétrons no material e a projetam para uma tela onde é formada uma imagem de pontos mais ou menos brilhantes, semelhante à de um televisor em branco e preto.**

Não é possível observar material vivo neste tipo de microscópio. O material a ser estudado passa por um complexo processo de desidratação, fixação e inclusão em resinas especiais, muito duras, que permitem cortes ultrafinos obtidos através das navalhas de vidro do instrumento conhecido como ultramicrotomo.

IMPORTÂNCIA DO MICROSCÓPIO

ESTÁÇÃO COMANDANTE
(FUNDEADOURO VISCA)
(PLANO B)
Escala natural 1:5 000



Brasil 80 4,00

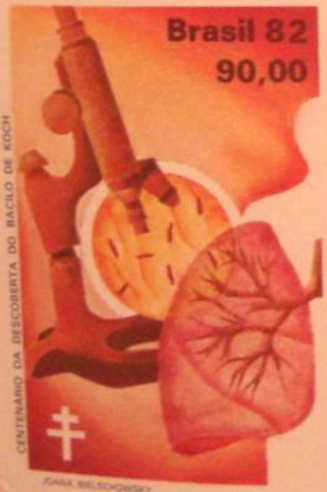
PREVENÇÃO DO CANCER - FUNDAÇÃO A. PRUDENTE



MARTHA POPPE



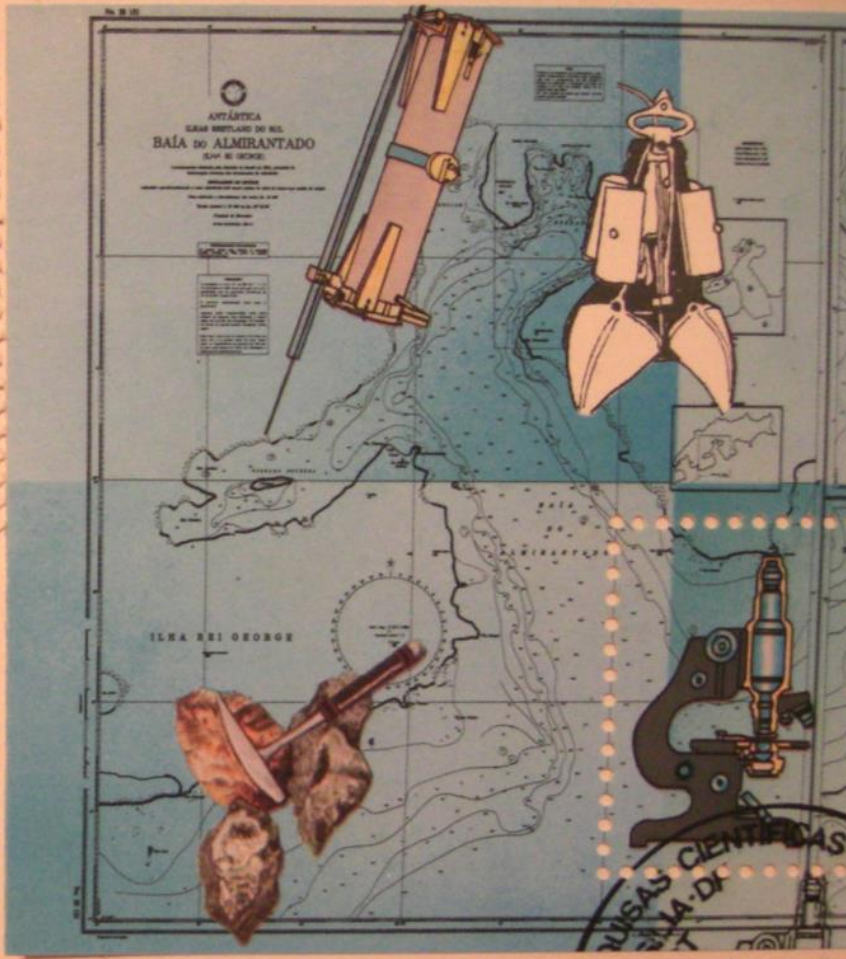
MARTHA POPPE



JOANA BELSCHOWSKY



JOANA BELSCHOWSKY



PESQUISAS CIENTÍFICAS NA ANTÁRTICA

1º dia de circulação
Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos

SCIENCIA

INDUSTRIA
PHARMACEUTICA

SOROS
&
VACCINAS

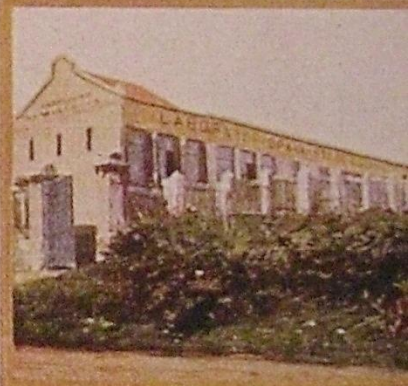
OFICIO PRINCIPAL, Rua Tymbiras 2 e 4



LABORATORIO - LABORATORIO DE ANALYSES - HYPODERMIA



FABRICA



RUA LEONCIO DE CARVALHO 61, esq. ALAM...

LABORATORIO PAULISTA DE BIOLOGIA

SÃO PAULO

Musée des Arts et Métiers, Paris, fundado no final do século XVIII. Ali são guardados microscópios entre outros objetos científicos e do desenvolvimento da técnica, como uma réplica do laboratório de Lavoisier e um pêndulo de Foucault. Esta instituição ajudou ao Museu do Microscópio-UFRJ a identificar nosso acervo do século XIX.



Musée des Arts et Métiers



2 Microscope simple à manche
d'ivoire, Italie, fin XVII^e siècle
Inv. 22294



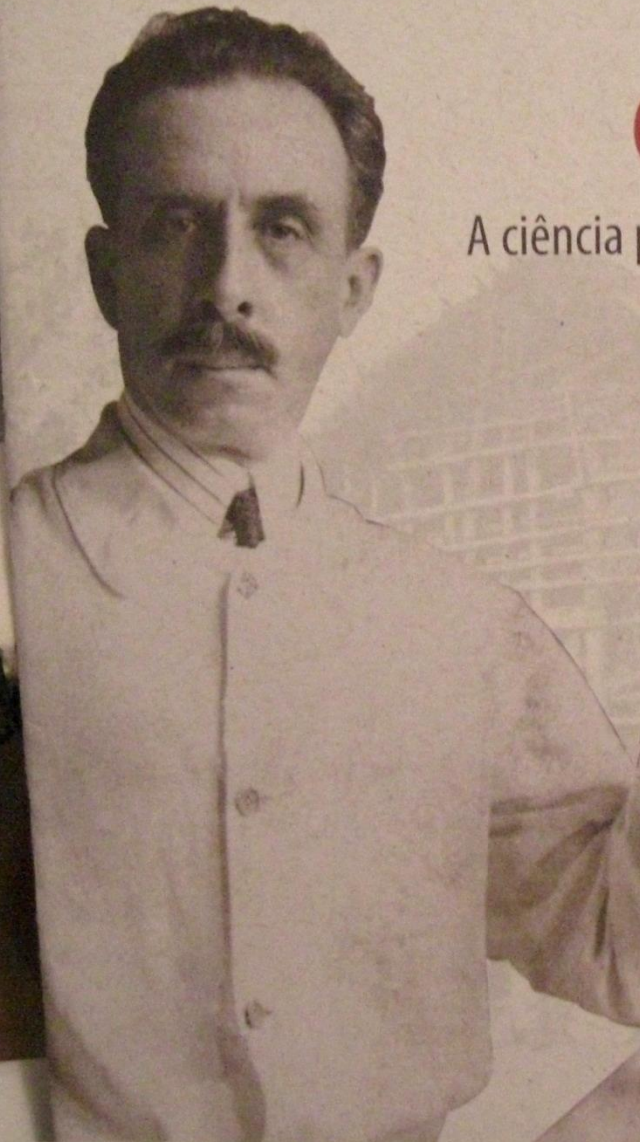
8 Microscope composé de
Giuseppe Campani, 1673
Fabriqué par Giuseppe Campani
Inv. 1838



14



O microscópio está sempre presente como um símbolo do desenvolvimento científico

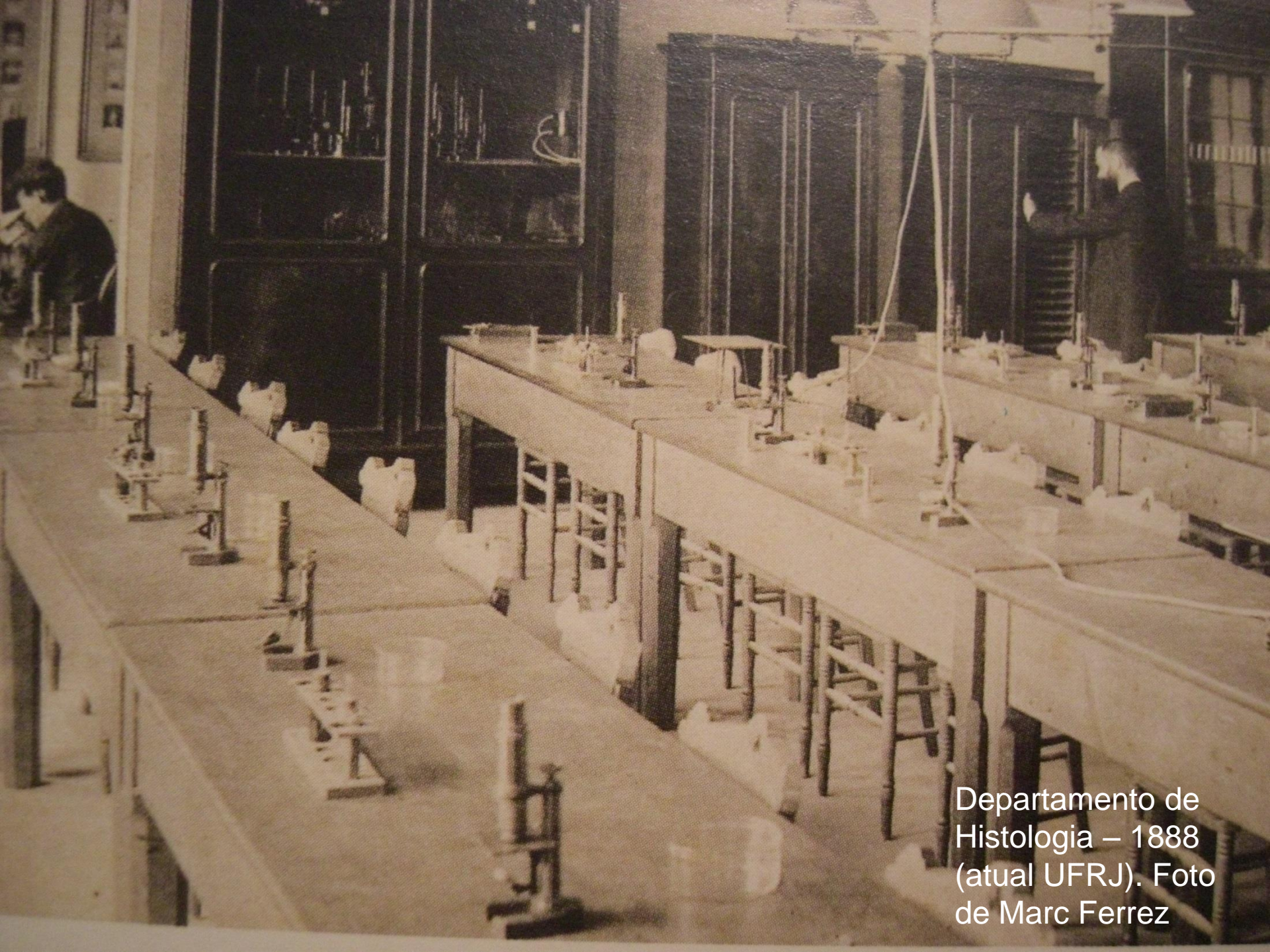


Carlos Chagas,

A ciência para combater doenças tropicais

Simone Petraglia Kropf & Luisa Massarani





Departamento de
Histologia – 1888
(atual UFRJ). Foto
de Marc Ferrez



Um dos microscópios
mais antigos de
nosso acervo - UFRJ.

≈ 1840; Albert Nacet. “Notice sur l’Invention du Microscope et son évolution”. *Instruments Scientifiques et Livres Anciens*, Imprimerie Geores Petit, 1929, Paris



Microscópios contemporâneos daquele apresentado no slide anterior, por Oberhauser – circa 1840
(www.arsmachina.com/oberhauser1184.htm)



Algumas amostras de diatomáceas por Dr. Henri van Heurck e seu filho Ferdinand van Heurck (final do sec. XIX).

Ernst Leitz, Vertreter: Franz Bergmann, Berlin N.W.

No.

ERNST LEITZ

Vertreter: **Franz Bergmann**

BERLIN N.W.6.

Luisenstr. 45.

Fernando Patino
15/11/910

Laboratoriums-
Einrichtungen.



Microscópio de demonstração que se podia levar ao campo; início sec.XX. Acervo da UFRJ.

Demonstrations-Stativ.

Stativ IV.

Universidade Federal da Bahia - Salvador



Nachet, final sec. XIX



Fotografia: início sec. XX

MICROSCOPISTAS DO BRASIL: GUSTAVO OLIVEIRA CASTRO



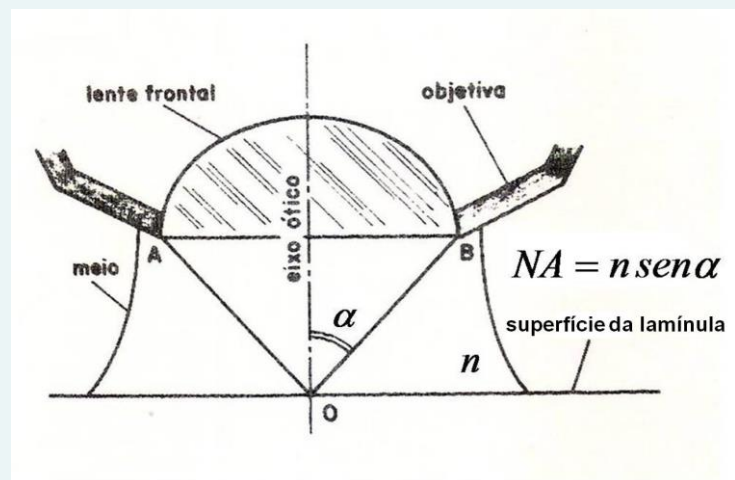
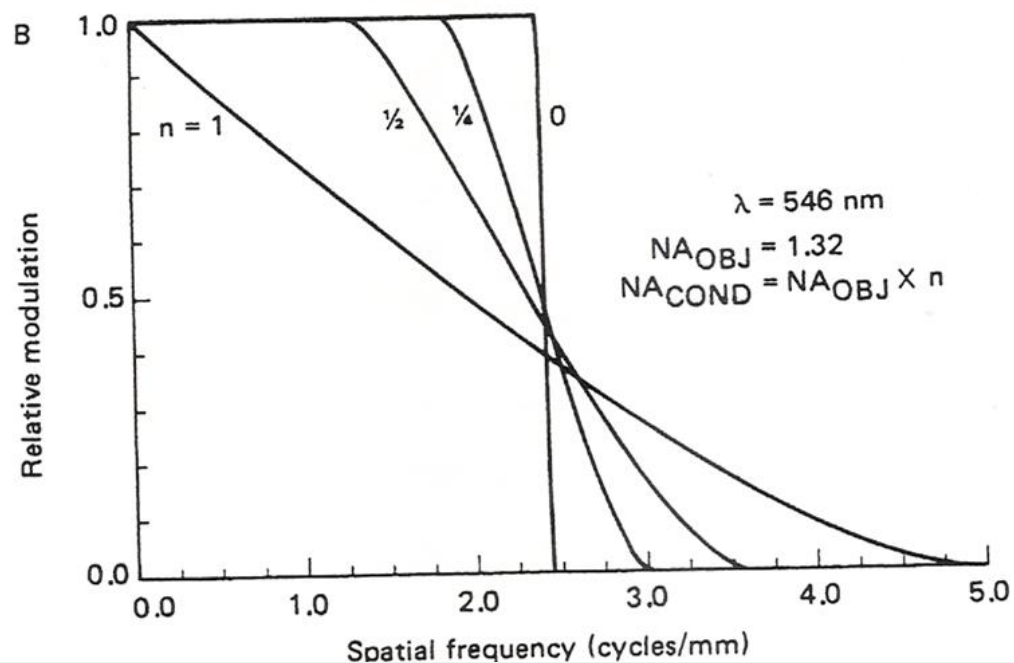
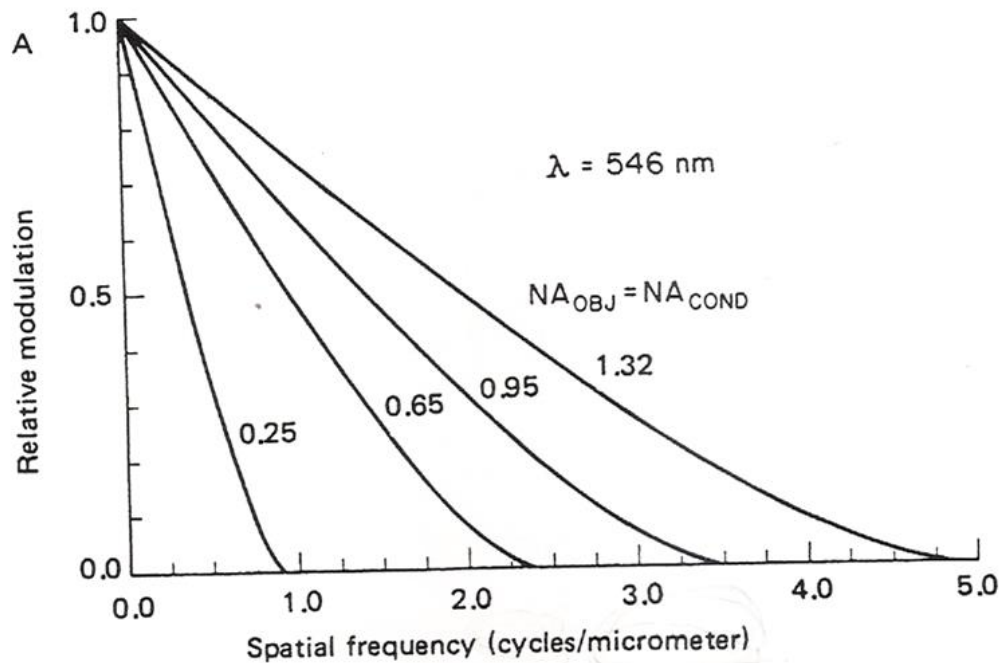
Gustavo Oliveira Castro (à direita) com o prof. Ricardo Gatass do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho – UFRJ. Como um neurocientista, Gustavo deixou contribuições significativas sobre a histologia e a fisiologia do peixe elétrico, e do fenômeno Leão (“depressão alastrante”) na retina , as quais dependeram de suas montagens de ótica e do uso criativo do microscópio.

Laboratório de Ótica:

Nesta vertente do projeto Museu do Microscópio, visamos montar laboratórios de ótica em escolas, e realizar demonstrações/interações frequentes para/com alunos e professores de ensino médio e alunos de cursos de licenciatura em Física.

Vários projetos são propostos, bem como montagens de bancos óticos e de experimentos de baixo custo para desenvolvimento de atividades em escolas.

Iniciaremos com um breve resumo dos fundamentos, e em seguida duas aplicações.



Os gráficos à esquerda representam o contraste da imagem de um objeto formado por barras brancas e pretas alternadas e cada vez menores, através do microscópio. Na figura superior, observa-se que o contraste (relative modulation) diminui quando a frequência espacial do objeto aumenta, chegando a zero, o que corresponde à resolução da imagem (5,0 ciclos por micrômetro, que equivale a 0,2 micrômetros por par de barras). A figura inferior mostra que, para solucionar a carência crescente de contraste na imagem das altas frequências espaciais, o microscopista é levado a fechar o diafragma do condensador, o que causa um aumento do contraste, mas em consequência, uma diminuição na resolução. Este procedimento deve ser tomado com o devido cuidado.

“o uso correto do microscópio segue o caminho oposto ao da intuição”

O Microscópio Ótico

A palavra microscópio foi usada pela primeira vez em 1624 por um membro da primeira “Academia dei Lincei” um grupo de cientistas do qual Galileu fazia parte. Origina-se do Greco mikros (pequeno) e skopein (examinar). Portanto desde sua origem, associa-se microscópio imediatamente, a um instrumento para a observação de detalhes de objetos que observamos à vista desarmada, ou objetos que nosso olho não pode ver. Quanto a este último aspecto, destaca-se a figura de Robert Hooke, que embora não tenha sido o inventor do microscópio, foi o primeiro a sistematicamente observar objetos com um olhar científico e não por simples curiosidade como outros contemporâneos seus do sec. XVII. Hooke procurava explicações através do microscópio para fenômenos físicos como por exemplo, o fato de um pedaço de cortiça boiar. Ele afirmava que isto era devido ao fato de que o material era formado por muitos compartimentos ou células contendo ar, o que o tornava mais leve.

Aumento transversal

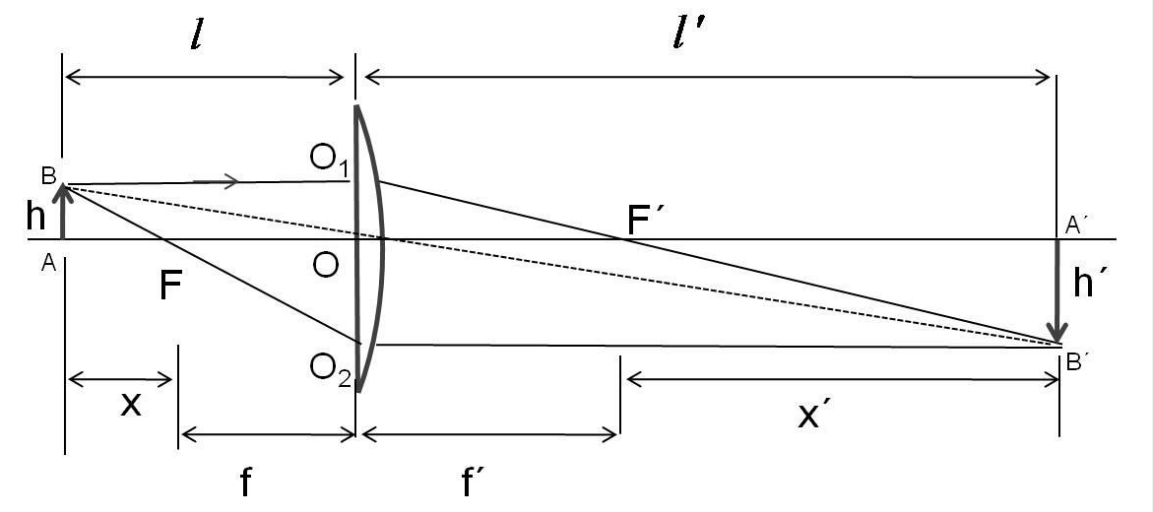
$$\frac{h'}{h} = \frac{l'}{l}$$

$$\frac{h'}{h} = -\frac{x'}{f'}$$

$$\frac{h'}{h} = -\frac{f}{x}$$

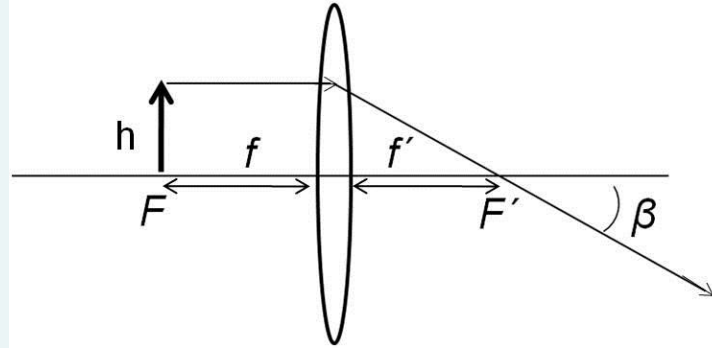
$$\frac{x'}{f'} = \frac{f}{x}$$

$$xx' = ff' = \text{constante}$$



Aumento transversal por uma lente fina. h: altura do objeto; F: foco anterior; O: centro da lente; F': foco posterior; h': altura da imagem;

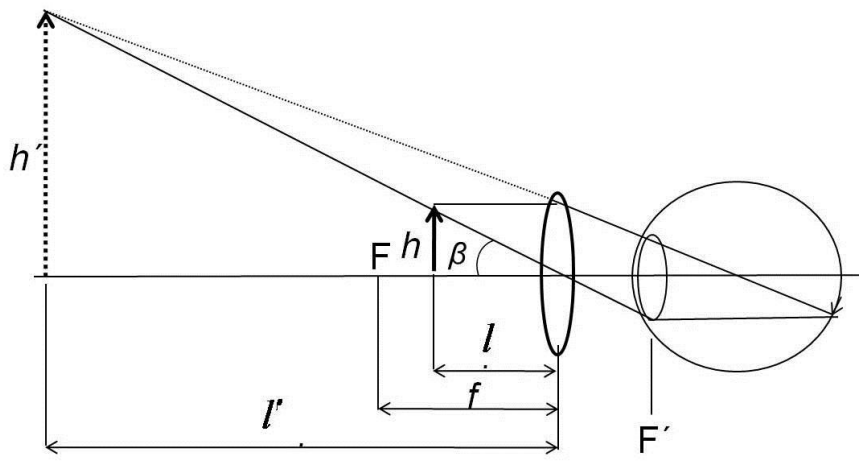
Microscópio Simples e aumento angular



Esquema do **Microscópio Simples**. O objeto com altura h , está posicionado sobre o foco anterior; o observador verá o objeto segundo um ângulo β . M : aumento; α : ângulo segundo o qual se observa o objeto a vista desarmada, à *distância mínima de visão distinta* (25 cm).

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \approx \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}$$

$$M = \frac{\frac{h}{f'}}{\frac{h}{25}} = \frac{25}{f'}$$

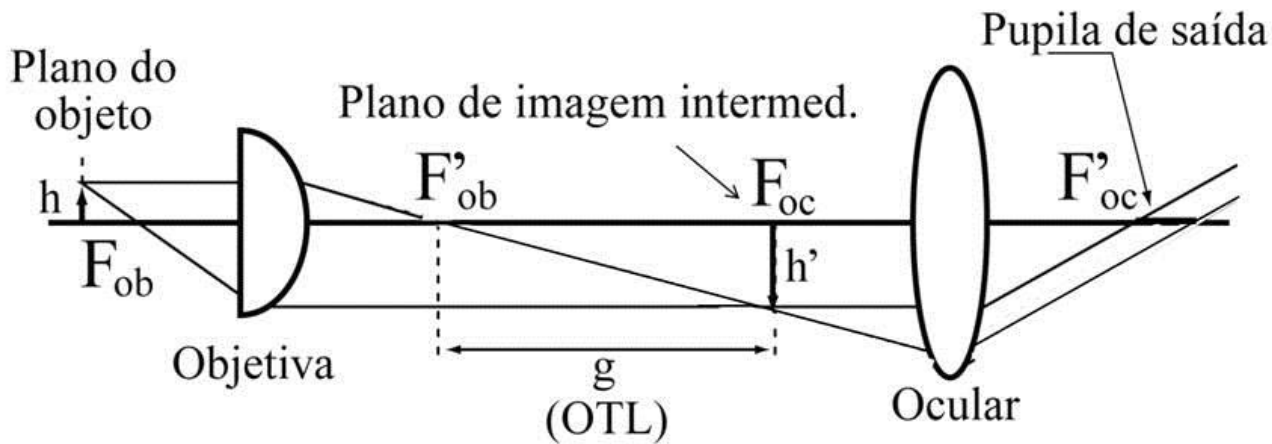


Representação da imagem de um objeto por uma lupa, quando o objeto é posicionado mais próximo da lente do que a distância focal. A imagem é virtual, maior do que o objeto, e direita. No desenho, o olho está posicionado sobre o foco posterior. Numa lente fraca, o olho pode estar mais próximo da lente.

Microscópio composto

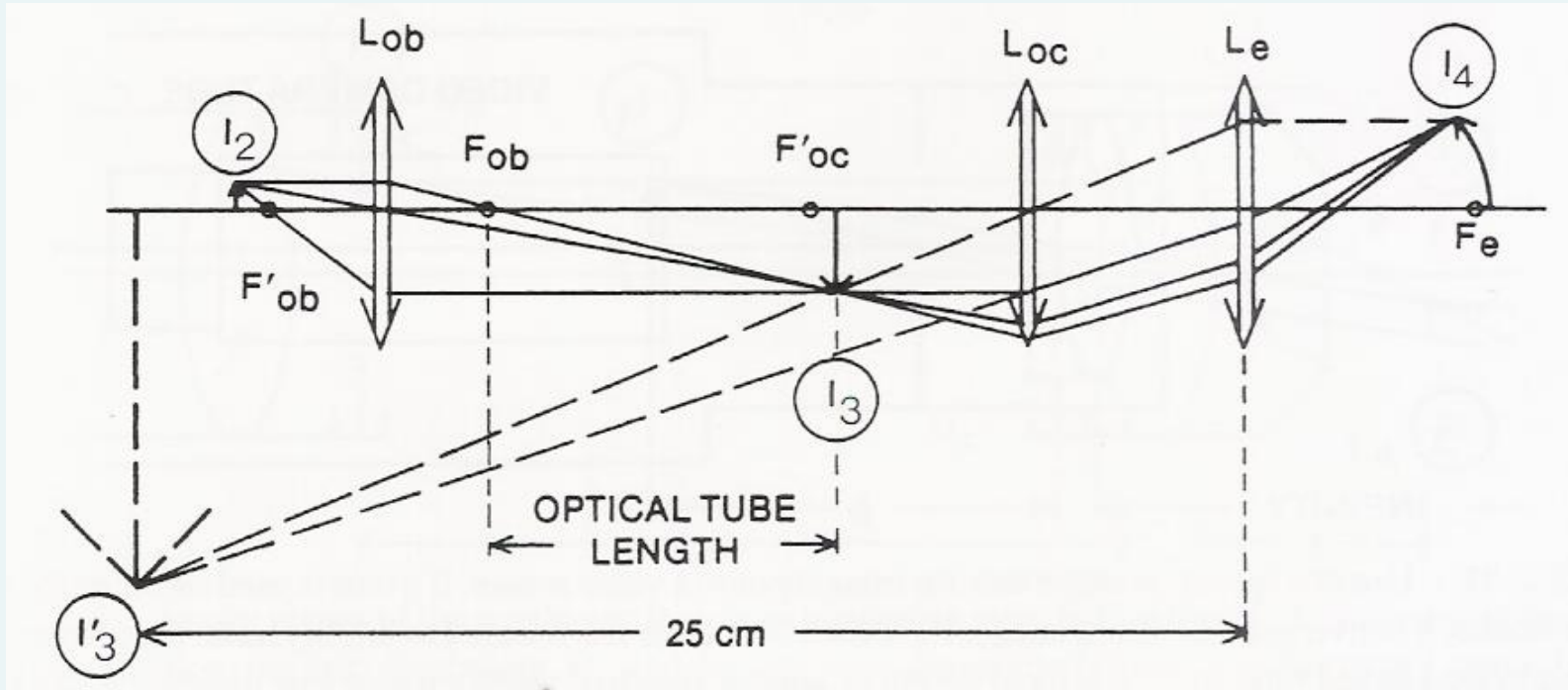
$$h' = -h(g / f'_{ob}) \quad \omega' = -\frac{h(g / f'_{ob})}{f'_{oc}} = -\frac{hg}{f'_{ob}f'_{oc}} \quad \omega = -h/b \quad \frac{\omega'}{\omega} = \frac{gb}{f'_{ob}f'_{oc}}$$

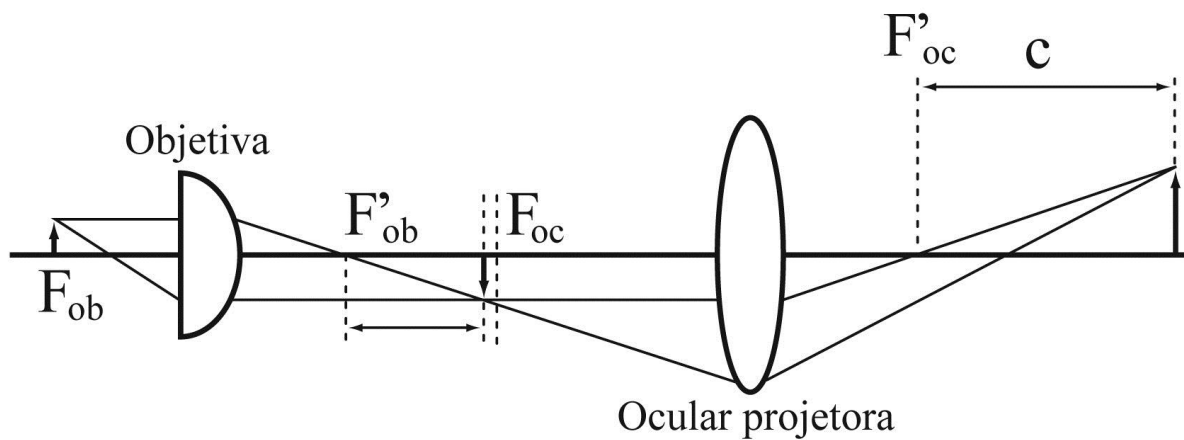
$$M_{Total(visualiza\tilde{c}o)} = (\text{aumento da objetiva}) \times (\text{aumento da ocular}) = \frac{g}{f'_{ob}} \times \frac{25}{f'_{oc}}$$



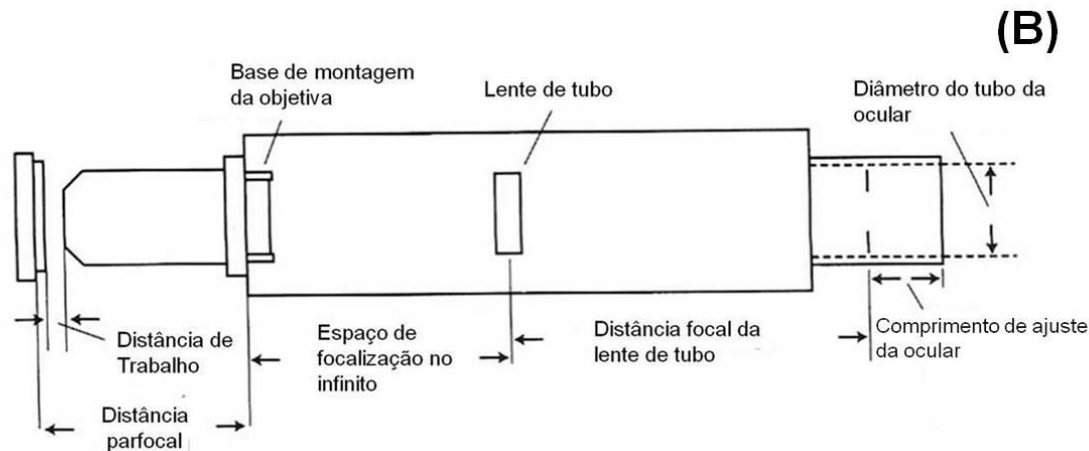
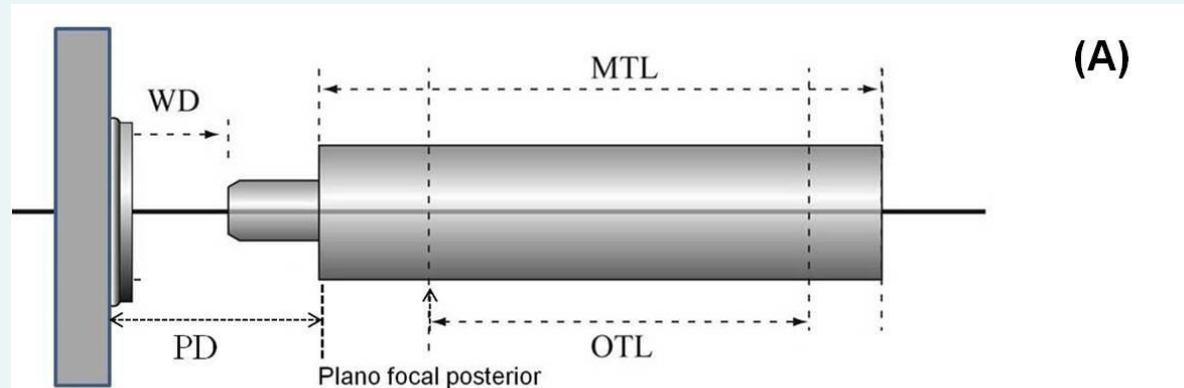
Esquema simplificado do microscópio ótico composto ajustado para observação visual direta. A pupila do olho deve ser posicionada no plano da pupila de saída da ocular. OTL: comprimento ótico do tubo (optical tube length).

Relação entre os planos conjugados

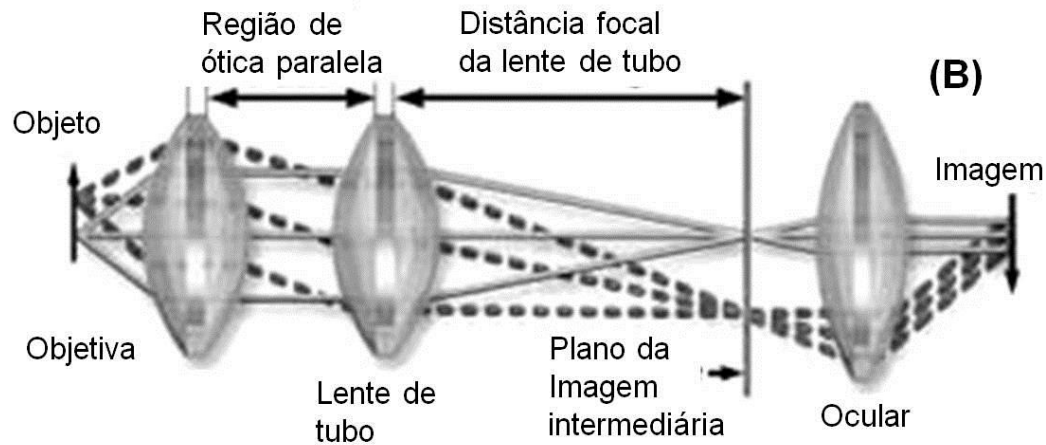
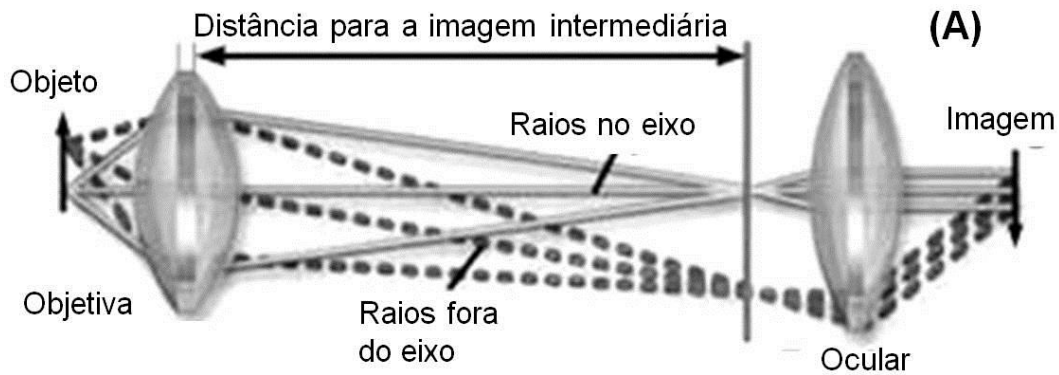




Esquema simplificado do microscópio ótico composto ajustado para o caso de projetar uma imagem real do objeto a uma distância C do plano focal posterior da ocular. A imagem do objeto pela objetiva está posicionada ligeiramente à esquerda do plano focal anterior (F'_{oc}) da ocular, a qual gera uma imagem real ampliada e invertida em relação ao objeto (neste caso o objeto é a imagem previamente gerada pela objetiva).



Distâncias características no microscópio ótico composto. A) Sistema de ótica finita. WD: distância de trabalho (working distance); PD: distância parfocal (parfocal distance); MTL: comprimento mecânico do tubo (mechanical tube length); OTL: comprimento ótico do tubo (optical tube length). B) Sistema de ótica infinita. Nota-se a presença da lente de tubo. Adaptado de Inoué & Spring, 1997.



Representação comparativa do trajeto dos raios **no microscópio de ótica finita (A)** e o microscópio de ótica infinita (B). Notar que para o **sistema de ótica infinita**, há uma região de raios paralelos, entre a objetiva e a lente de tubo, o que permite a inserção de elementos óticos para diversas aplicações, afetando minimamente o trajeto dos raios. Adaptado de <http://www.olympusmicro.com/primer/java/infinityoptics/magnification/index.html>.

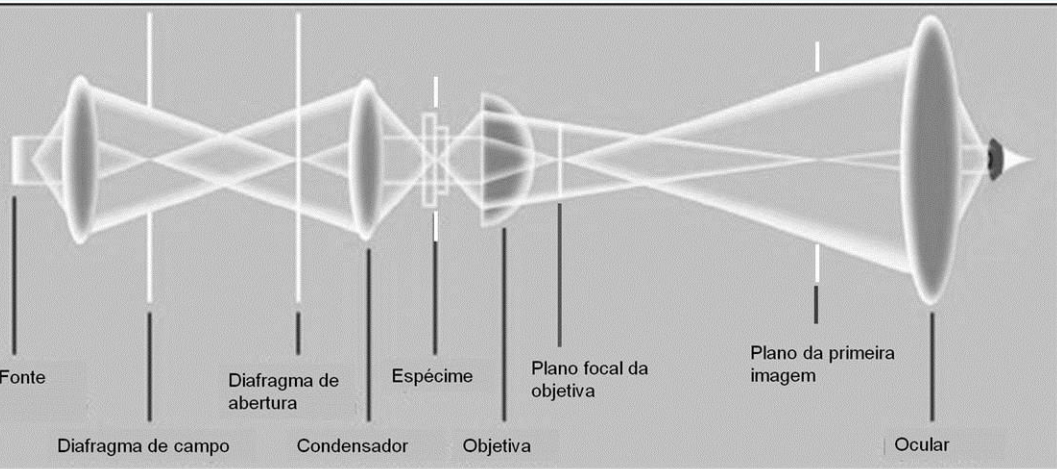
Fabricante	Distância focal da Lente de Tubo (mm)	Distância parfocal (mm)
Leica	200	45
Nikon	200	60
Olympus	180	45
Zeiss	165	45

Dados sobre a distância focal da lente de tubo e distância parfocal para os sistemas de ótica infinita de diferentes firmas.

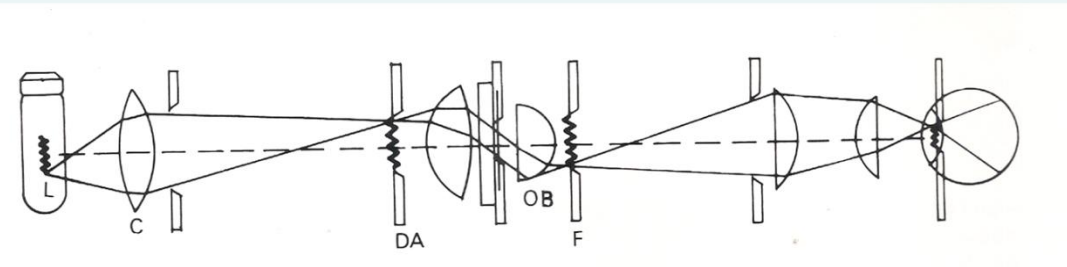
Dados obtidos de <http://www.microscopyu.com/articles/optics/cfintro.html>

Sistemas de iluminação

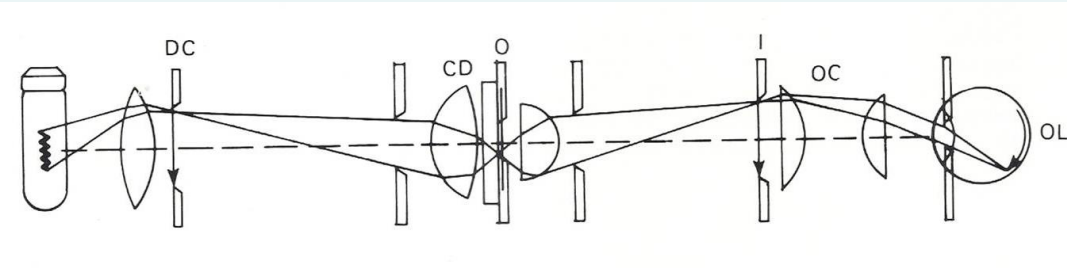
Sistema de iluminação de Koehler.: No fim do século XIX, August Koehler desenvolveu um sistema de iluminação da amostra no microscópio, originalmente projetado para fotomicrografia, que passou a ser usado universalmente até os dias de hoje. Este método permite uma iluminação homogênea da amostra e resolve muitas das limitações impostas por outras técnicas mais antigas de iluminação.



Esquema do microscópio óptico composto mostrando suas partes, e a posição dos planos conjugados dos raios relacionados à iluminação do objeto e dos raios formadores da imagem (detalhes no texto).



Iluminação de Köhler. A imagem do filamento (L) é projetada pela lente coletora (C) sobre o diafragma de abertura (DA). Outra imagem do filamento aparecerá no plano focal posterior (F) da objetiva (OB). Obtido de Raul D. Machado, 1982, in memoriam.



Iluminação de Köhler: A imagem do diafragma de campo (DC) é projetada pelo condensador (CD) sobre o plano do objeto (O). Aparecerá também, sobre a imagem intermediária (I) e na retina do olho do observador (OL). OC – Ocular.

Difração e resolução

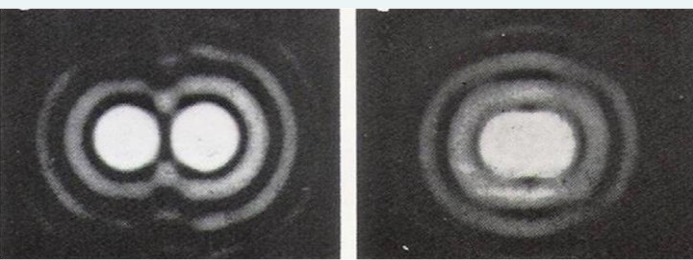
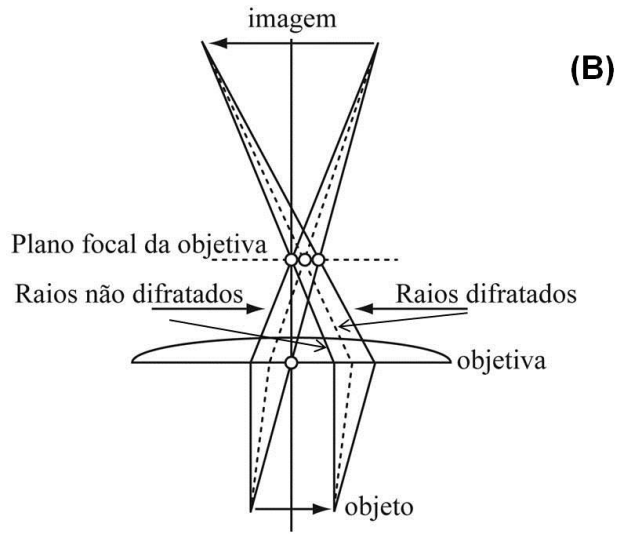
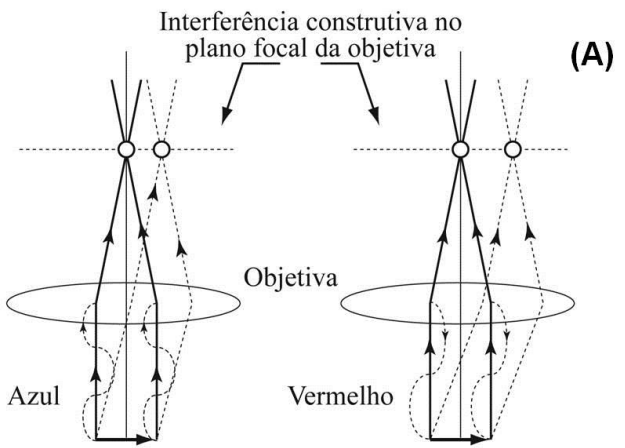


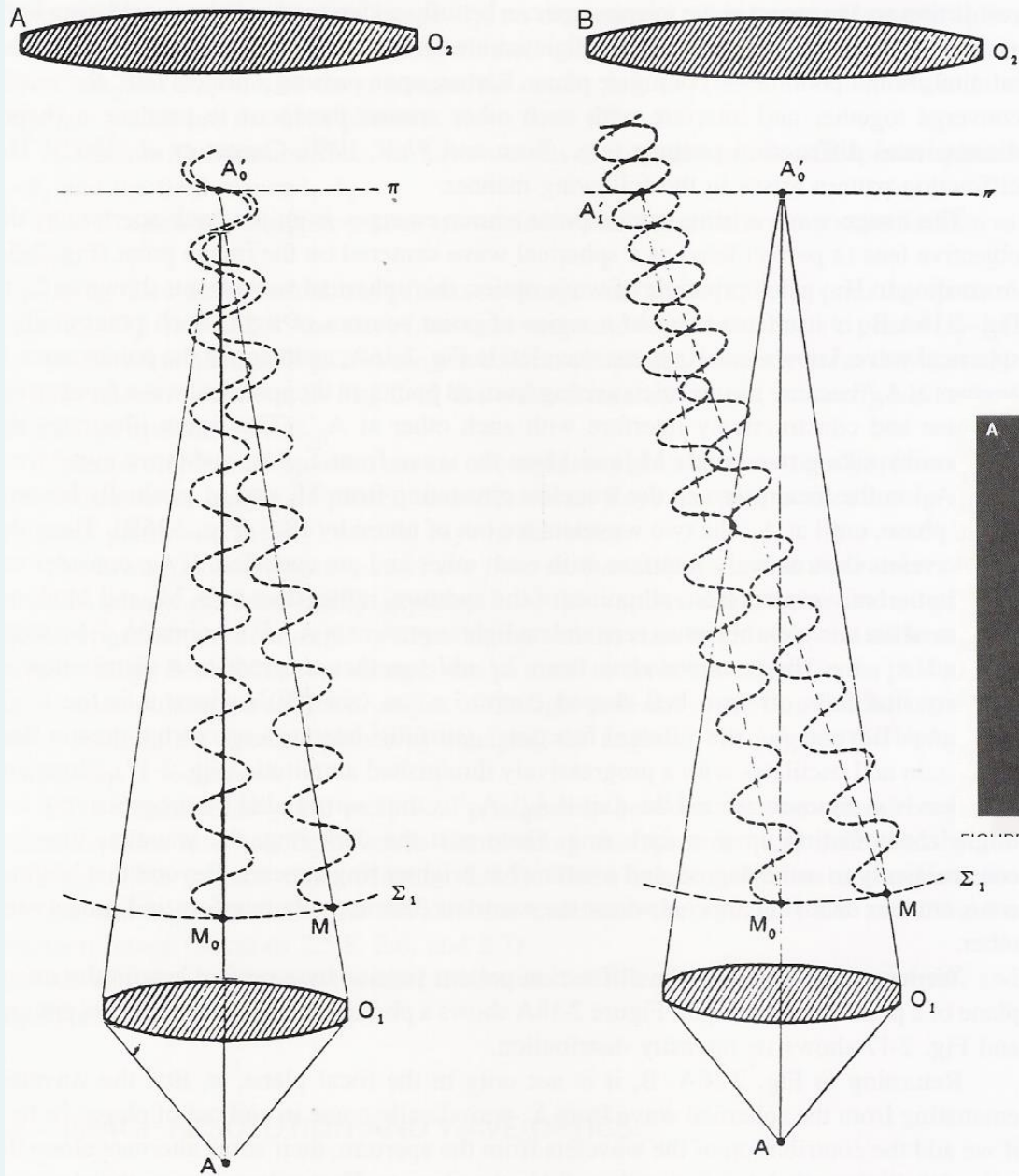
Figura de Airy de dois objetos luminosos pontuais, exageradamente ampliados. A imagem de cada ponto equivale a um disco central claro e anéis claros e escuros alternados. Na figura da esquerda, a distância entre os objetos é maior do que o raio do primeiro mínimo (primeiro anel escuro) de difração. Na figura à direita a distância entre os objetos é igual ao raio do primeiro mínimo de difração. Esta é considerada a menor distância para a qual ainda podemos distinguir os objetos, segundo o critério de Raileigh.

$$d = \frac{0,61\lambda}{n \text{ sen } \alpha}$$

Correspondência entre a figura de difração e a imagem, de um objeto periódico iluminado com luz paralela, monocromática. A) A distância entre os spots de difração no plano focal posterior da objetiva é menor para o azul do que para o vermelho, mostrando que um número maior de spots de difração do azul podem ser captados pela mesma lente objetiva. B) A imagem mostra a relação entre o padrão de difração no plano focal da objetiva, e a imagem do objeto.



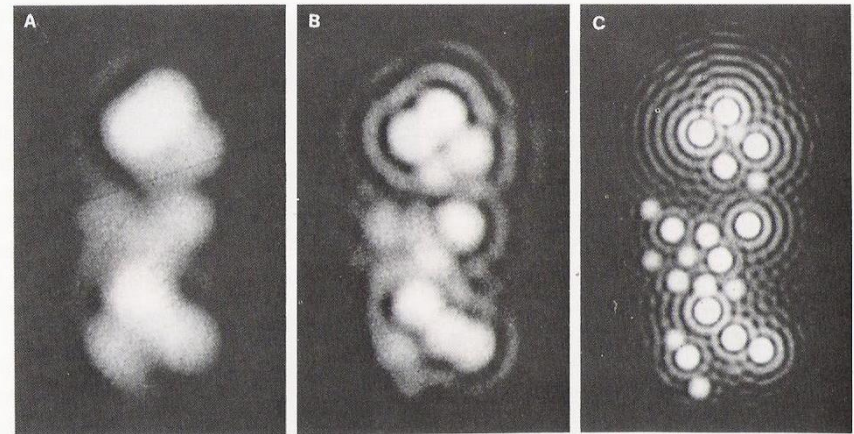
$$d = \frac{1,22 \lambda}{NA_{obj} + NA_{cond}}$$



M_0 and M emit vibrations which are in phase at A'_0 .

The vibrations are in opposition at A'_1 .

Figura de Airy (explicação geométrica)

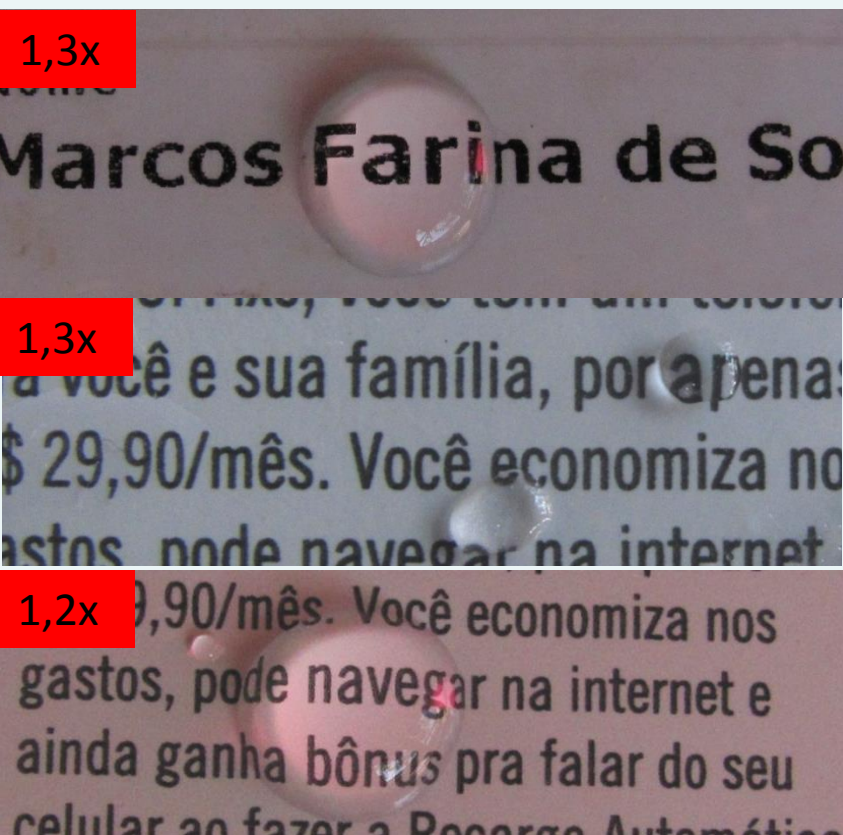


Aumento da resolução com o aumento do numero de abertura da objetiva

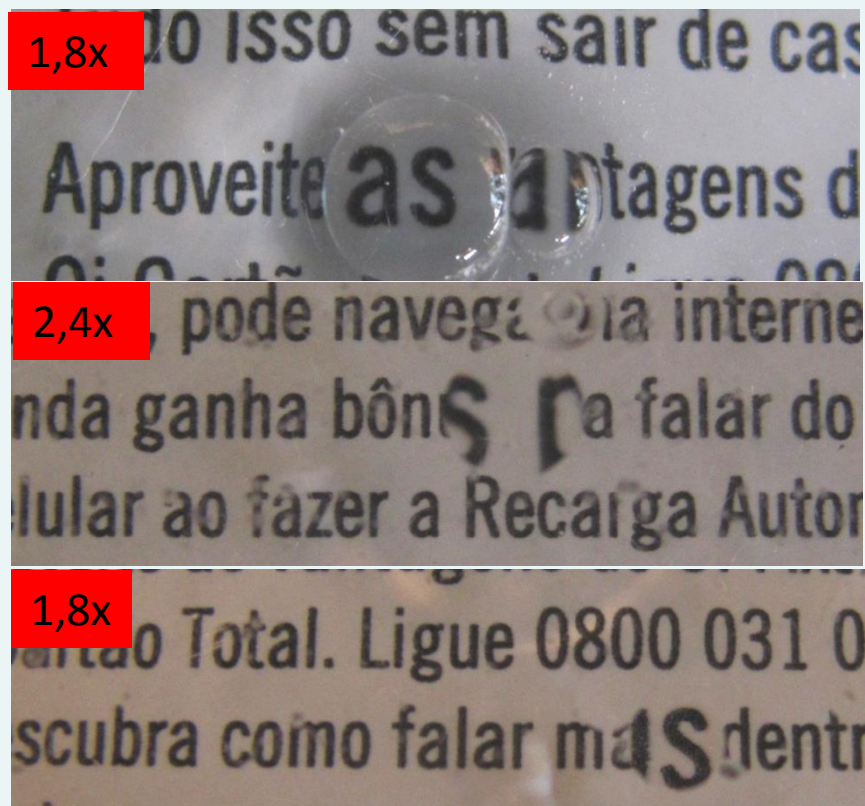
FIGURE 2-16. Formation of an Airy disk. According to geometrical optics, light coming from a point (A) on the

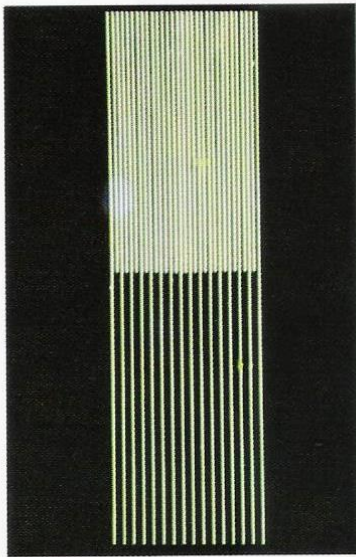
Práticas: Verificação do efeito de uma lupa em fenômenos comuns

Gotas de água depositadas diretamente sobre o objeto

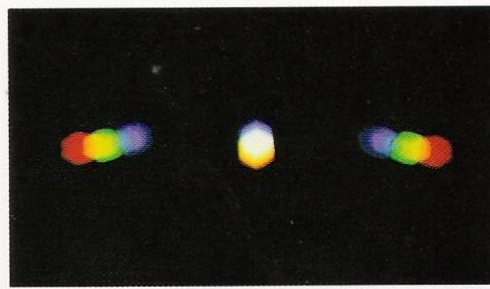


Gotas de óleo em água

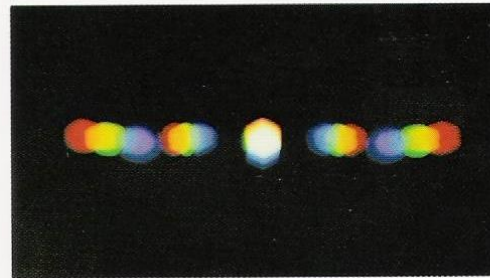




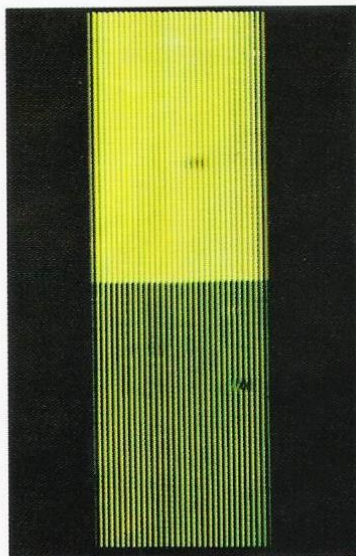
A



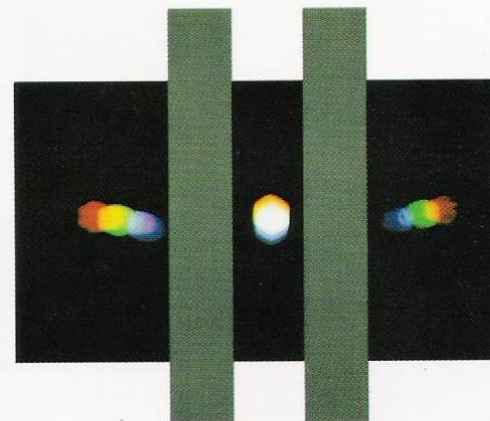
B



C



D

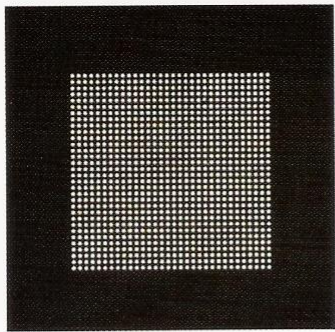


E

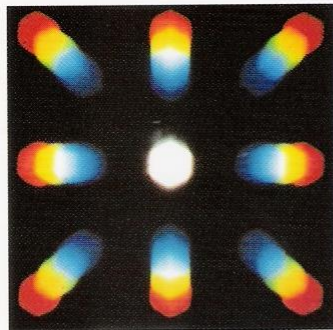
Realização do experimento de Ernst Abbe I

À esquerda estão representadas: a imagem do objeto, e a imagem no plano de difração (plano focal da lente objetiva), das duas partes correspondentes do objeto. A imagem B corresponde à parte com o dobro de frequência espacial relativamente a C.

Na situação à esquerda, foi aplicado um filtro no plano focal da objetiva, eliminando os raios difratados pelo objeto de menor frequência espacial, resultando numa imagem correspondente apenas ao objeto de maior frequência.



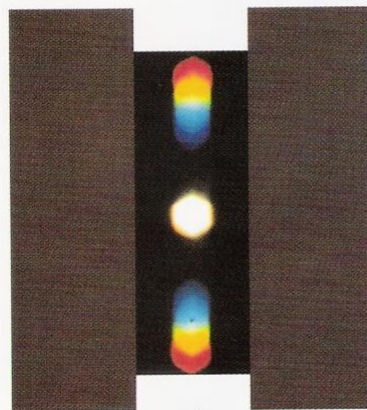
A



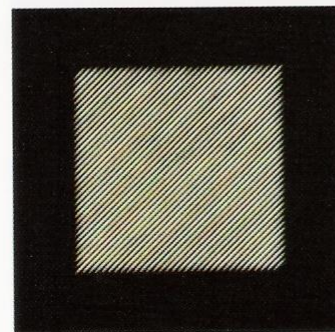
B



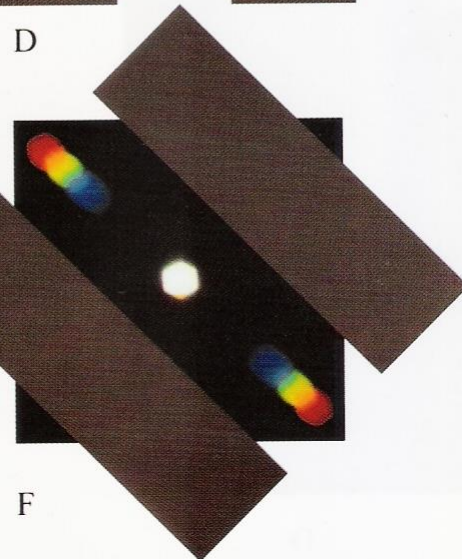
C



D



E



F

Experimento de Ernst Abbe II

O objeto neste caso, é uma grade com padrão quadrado (acima à esquerda).
Dependendo do tipo de filtro utilizado no plano de difração (D e F), obteremos diferentes “imagens finais reconstruídas” (C e E).



Observações por microscopia de polarização. Acima à esquerda: pena de ave, campo claro; abaixo à esquerda: imagem por microscopia de polarização; abaixo à direita: microscopia de polarização (compensador: vermelho de primeira ordem). As regiões em azul correspondem ao maior índice de refração no material, na direção indicada pelo compensador.

