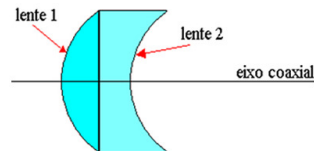


Associação de lentes justapostas:

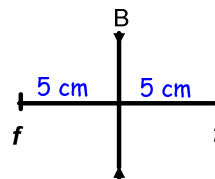
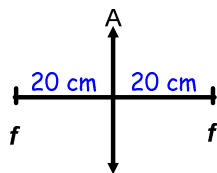
A maioria dos aparelhos ópticos de precisão usa uma associação de lentes justapostas, porque dessa forma se elimina um defeito muito comum em lentes, que é a aberração cromática, provocada pela dispersão da luz branca ao se refratar em uma lente. Justapondo-se lentes de refrações diferentes, o conjunto torna-se acromático, isto é, elimina-se a aberração cromática. Sendo assim, duas ou mais lentes podem ser usadas em conjunto, formando uma associação de lentes. No caso de elas serem justapostas, isto é, colocadas uma junto à outra, a vergência da associação é obtida pela soma das vergências de cada uma:



$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Exercício de aprendizagem:

1) Quais são as vergências das lentes A e B esquematizadas nas figuras e qual será a vergência do conjunto se elas forem colocadas justapostas?



Solução:

$$C_A = \frac{1}{f_A} \rightarrow C_A = \frac{1}{0,2m} \rightarrow C_A = 5 \text{ di}$$

$$C_B = \frac{1}{f_B} \rightarrow C_B = -\frac{1}{0,05m} \rightarrow C_B = -20 \text{ di}$$

$$\begin{aligned} C &= C_A + C_B \\ C &= 5 - 20 \\ C &= -15 \text{ di} \end{aligned}$$

jan 10-18:57

Instrumentos Ópticos

Denomina-se **instrumento óptico** toda combinação conveniente de dispositivos ópticos como espelhos, prismas e lentes capazes de fornecer imagens ampliadas de objetos muito pequenos (microscópio), imagens aproximadas de objetos muito afastados (luneta e telescópio), registrar imagens de objetos (máquina fotográfica) e projetar imagens reais em uma tela (projetores de cinema e Datashow).



jun 22-10:20

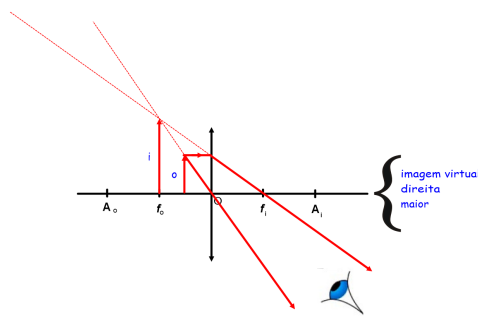
Dependendo da imagem final conjugada pelos instrumentos ópticos, estes se classificam em dois grupos:

Instrumento de observação: aqueles que conjugam imagens finais virtuais, que são vistas diretamente pelo observador, como na lupa, no microscópio e na luneta ou telescópio.

Instrumento de projeção: aqueles que conjugam imagens finais reais, que são vistas pelo observador, projetadas em um anteparo, como na máquina fotográfica e nos projetores em geral.

Lupa

A lupa ou lente de aumento, que já foi comentado na aula 11, é o mais simples dos instrumentos ópticos de observação. Ela é constituída apenas por uma lente convergente, de distância focal da ordem de centímetros, que conjuga uma imagem virtual, direita e maior que o objeto, desde que o mesmo esteja colocado entre o seu foco principal objeto e o centro óptico.



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

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

Saber calcular a posição da imagem e o aumento linear na lupa é muito importante pois, ela será a ocular de nossos instrumentos de observação.

jun 22-15:50

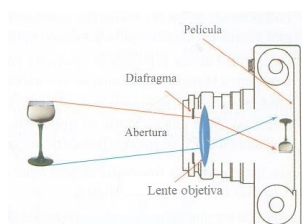
Exercício de aprendizagem:

2) Tendo uma lupa com distância focal igual a 30 cm, a que distância deve ser colocado um objeto para que a imagem seja vista com aumento 3 vezes?



Máquina Fotográfica e Máquina Digital

A máquina fotográfica é constituída de uma lente convergente denominada objetiva, e um anteparo (filme na máquina fotográfica e sensor na digital). Do objeto real a ser fotografado, a objetiva conjuga uma imagem real invertida e reduzida, focalizada sobre a película (filme) ou sensor na digital.



Esquema simplificado de uma máquina fotográfica



Sensor na máquina digital

jan 10-18:57

Exercício de aprendizagem:

2) Tendo uma lupa com distância focal igual a 30 cm, a que distância deve ser colocado um objeto para que a imagem seja vista com aumento 3 vezes?

Solução:

$$f = 30 \text{ cm}$$

$$p = ?$$

$$A = +3$$

$$A = -\frac{p'}{p}$$

$$3 = -\frac{p'}{p}$$

$$p' = -3p$$

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

$$\frac{1}{30} = \frac{1}{p} - \frac{1}{3p}$$

$$\frac{1}{30} = \frac{3-1}{3p}$$

$$\frac{1}{30} = \frac{2}{3p}$$

$$3p = 60$$

$$p = \frac{60}{3}$$

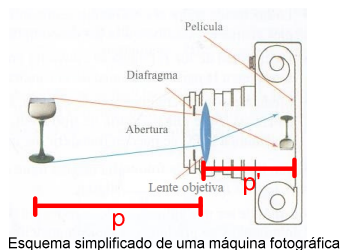
$$p = 20 \text{ cm}$$

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

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

Máquina Fotográfica e Máquina Digital

A máquina fotográfica é constituída de uma lente convergente denominada objetiva, e um anteparo (filme na máquina fotográfica e sensor na digital). Do objeto real a ser fotografado, a objetiva conjuga uma imagem real invertida e reduzida, focalizada sobre a película (filme) ou sensor na digital.



Esquema simplificado de uma máquina fotográfica



Sensor na máquina digital

Como também é um instrumento óptico simples que trabalha com uma lente convergente, usamos as mesmas equações da lupa.

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

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

jan 10-18:57

Exercício de aprendizagem:

3) Existem muitas máquinas fotográficas populares que utilizam objetiva de 35 mm (distância focal de 35 mm). Determine a posição da objetiva em relação ao filme ou sensor, quando a máquina está regulada para fotografar um objeto a longa distância e para um objeto a 1 m de distância.



jan 10-18:57

Exercício de aprendizagem:

- 3) Existem muitas máquinas fotográficas populares que utilizam objetiva de 35 mm (distância focal de 35 mm). Determine a posição da objetiva em relação ao filme ou sensor, quando a máquina está regulada para fotografar um objeto a longa distância e para um objeto a 1 m de distância.

Solução:

$f = 35 \text{ mm}$
 $p' = ?$
 $p = \infty$
 $p_1 = 1 \text{ m}$

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

$$\frac{1}{35} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{35}$$

$$p' = 35 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{p''}$$

$$\frac{1}{35} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{p''}$$

$$\frac{1}{p''} = \frac{1}{35} - \frac{1}{1000}$$

$$\frac{1}{p''} = \frac{200 - 7}{7000}$$

$$\frac{1}{p''} = \frac{193}{7000}$$

$$p'' = \frac{7000}{193}$$

$$p'' \approx 36,3 \text{ mm}$$

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

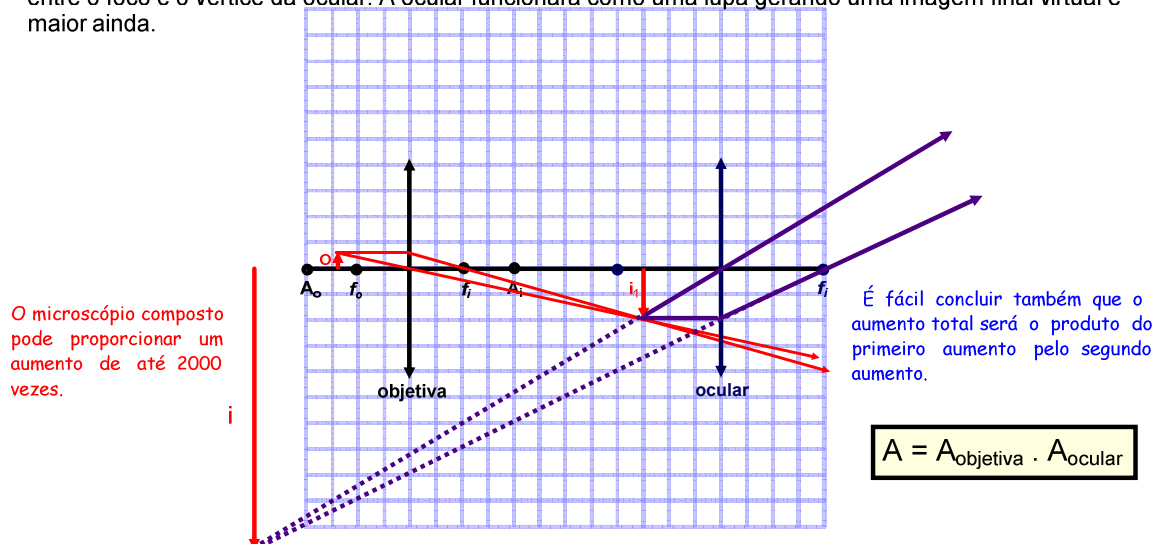
$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

jan 10-18:57

Microscópio Composto

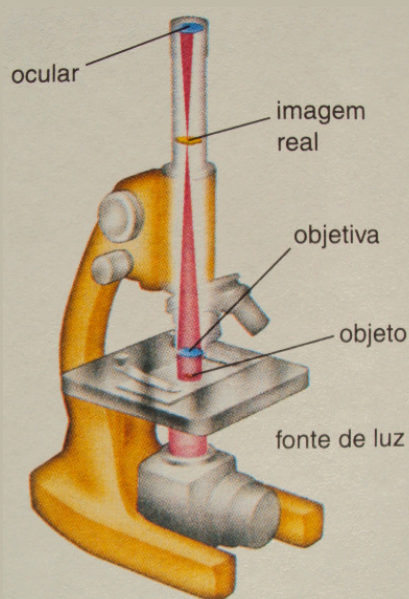
Muito usado nos laboratórios, o **microscópio composto** amplia a imagem de minúsculos objetos. Ele é composto de uma associação de duas lentes convergentes separadas de uma distância da ordem de centímetros. A lente que fica na extremidade próxima do objeto é denominada **objetiva**, cuja distância focal é da ordem de milímetros, e a outra, onde fica o globo ocular do observador, é lente ocular, cuja distância focal é da ordem de centímetros.

A objetiva é colocada próximo ao objeto de maneira que o mesmo fique entre o foco e o ponto antiprincipal da mesma, gerando uma primeira imagem real, invertida e maior que o objeto. Essa imagem real passa a ser um objeto real para a ocular, de maneira que essa imagem que agora virou objeto ficará entre o foco e o vértice da ocular. A ocular funcionará como uma lupa gerando uma imagem final virtual e maior ainda.



jun 24-08:21

Microscópio Composto



Ilustrações tiradas do livro Universo da Física (p.524) - Vol. 2 de José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Calçada.



microscópio antigo

Piolho de cabelo.



imagem youtube: So Sei Que Nao Sei
<https://www.youtube.com/watch?v=Ry-eD5szZVQ>

jun 24-08:21

Exercício de aprendizagem:

4) Num microscópio composto, a distância focal da objetiva vale 0,5 cm e da ocular 5 cm. Estando certo objeto a 0,52 cm da objetiva e sabendo que a distância entre as lentes vale 16 cm, determine:

- a distância da ocular à imagem final;
- os aumentos lineares da objetiva, da ocular e do microscópio.



jun 24-10:55

Exercício de aprendizagem:

4) Num microscópio composto, a distância focal da objetiva vale 0,5 cm e da ocular 5 cm. Estando certo objeto a 0,52 cm da objetiva e sabendo que a distância entre as lentes vale 16 cm, determine:

- a distância da ocular à imagem final;
- os aumentos lineares da objetiva, da ocular e do microscópio.

Solução:

$$f_{ob} = 0,5 \text{ cm}$$

$$f_{oc} = 5 \text{ cm}$$

$$p_1 = 0,52 \text{ cm}$$

$$d = 16 \text{ cm}$$

$$a) p'_2 = ?$$

$$b) A_1 = ?$$

$$A_2 = ?$$

$$A = ?$$

$$a) \frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{p'_1}$$

$$\frac{1}{0,5} = \frac{1}{0,52} + \frac{1}{p'_1}$$

$$\frac{1}{p'_1} = \frac{1}{0,5} - \frac{1}{0,52}$$

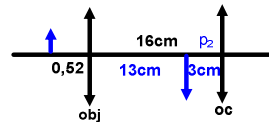
$$\frac{1}{p'_1} = 2 - \frac{100}{52}$$

$$\frac{1}{p'_1} = \frac{104 - 100}{52}$$

$$\frac{1}{p'_1} = \frac{4}{52}$$

$$p'_1 = \frac{52}{4}$$

$$p'_1 = 13 \text{ cm}$$



$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{3} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1}{5} - \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{3 - 5}{15}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{-2}{15}$$

$$p'_2 = -7,5 \text{ cm}$$

$p'_2 < 0 \rightarrow$ imagem virtual

$$b) A_1 = \frac{i_1}{o} = -\frac{p'_1}{p_1}$$

$$A_1 = -\frac{13}{0,52} \rightarrow A_1 = -25$$

$$A_2 = \frac{i_2}{o_2} = -\frac{p'_2}{p_2}$$

$$A_2 = -\frac{(-7,5)}{3}$$

$$A_2 = +2,5$$

$$A = A_1 \cdot A_2$$

$$A = (-25) \cdot 2,5$$

$$A = -62,5$$

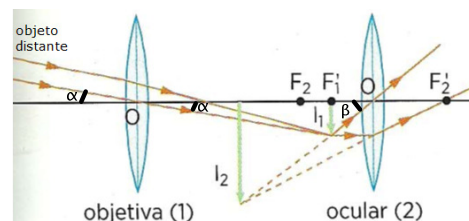
jun 24-10:55

Luneta Astronômica

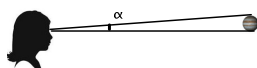


Lunetas são instrumentos ópticos úteis para se observar objetos situados a uma distância muito grande (ou infinitamente afastados). Quando destinadas a observações de astros recebem o nome de **luneta astronômica**.

O funcionamento é basicamente o mesmo do microscópio composto, a diferença é que sua objetiva é bem maior (distância focal da ordem de metros), enquanto a ocular se mantém (distância focal da ordem de centímetros).



Não tem sentido falarmos em aumento linear (A), pois o tamanho real do astro ou estrela é muito maior do que a imagem final obtida. Portanto usamos a ideia de aumento do ângulo visual (G) ou aumento angular. A luneta apenas aproxima a imagem de um corpo celeste longínquo.



α = ângulo a olho nu.

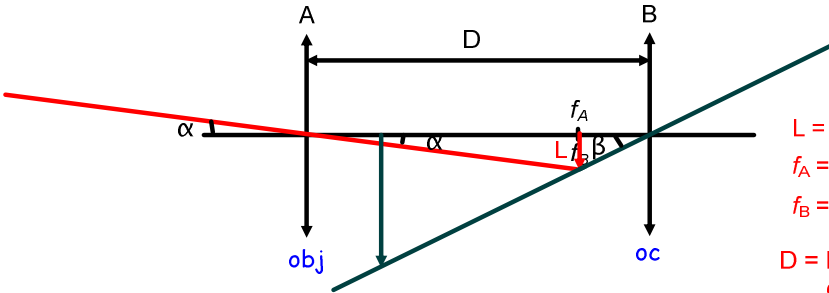
β = ângulo da imagem final vista na luneta.

$$G = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}$$

Na aula 11 de óptica vimos que quando o objeto está entre o foco e o centro óptico da lente convergente, a imagem será virtual e ampliada. E quanto mais próximo do foco o objeto estiver, maior será a imagem virtual. Portanto na luneta se fizermos o foco da ocular coincidir com o foco da objetiva, teríamos um aumento teórico máximo que chamamos de aumento nominal.

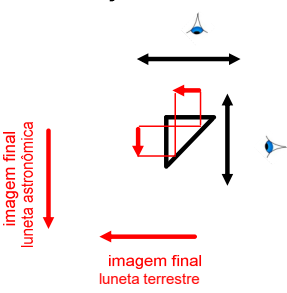
jun 25-07:18

Luneta Astronômica



L = cat. oposto de α e β
 f_A = cat. adjacente de α
 f_B = cat. adjacente de β
 D = Extensão da luneta na condição nominal.

Um outro detalhe que você deve observar é que no nosso esquema a imagem está invertida. Se você for usar uma luneta astronômica para observar paisagens terrestres, você verá tudo invertido, de cabeça para baixo. Para que isso não ocorra, acrescenta-se à luneta astronômica um dispositivo óptico chamado **veículo**, cuja função é desinverter a imagem recebida da objetiva. Com essa modificação, o instrumento passa a chamar-se **luneta terrestre**.





luneta astronômica
Observatório Nacional RJ

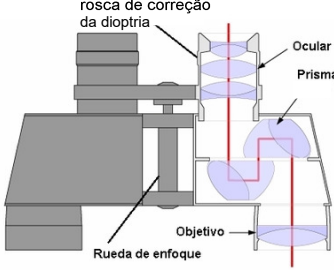


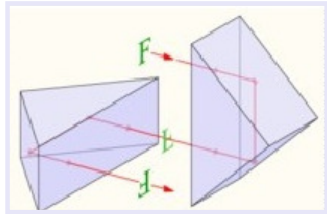
luneta terrestre
Colégio Santa Catarina - JF

jun 25-07:18



O binóculo corresponde a duas lunetas terrestres acopladas, para que o observador possa usar a visão binocular e, assim, ter noção de profundidade. Em cada uma das lunetas se utilizam dois prismas como veículos.

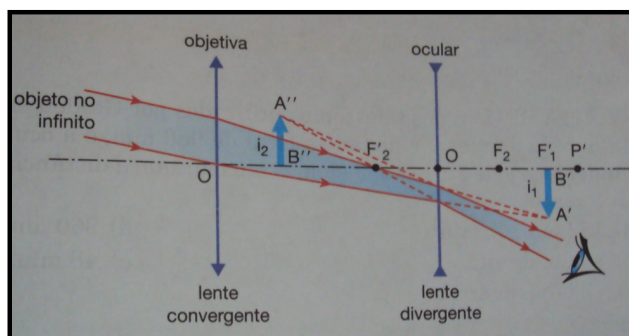




jun 26-07:43

Luneta de Galileu

No esquema abaixo, temos a representação da formação da imagem de um objeto muito afastado, obtida por uma luneta terrestre de Galileu. Nela, a imagem i_1 ($A'B'$) conjugada pela objetiva está no seu foco imagem, devido à grande distância do objeto. Essa imagem i_1 passa a ser objeto virtual para a ocular, que conjuga a imagem i_2 ($A''B''$) direita e ampliada em relação ao objeto observado. Observe que a lente divergente é colocada entre a objetiva e a imagem i_1 .



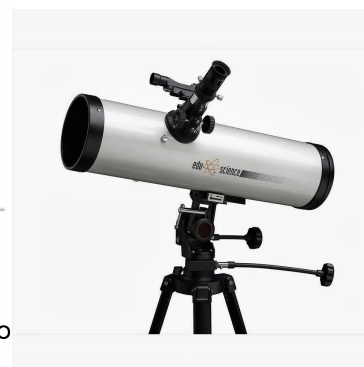
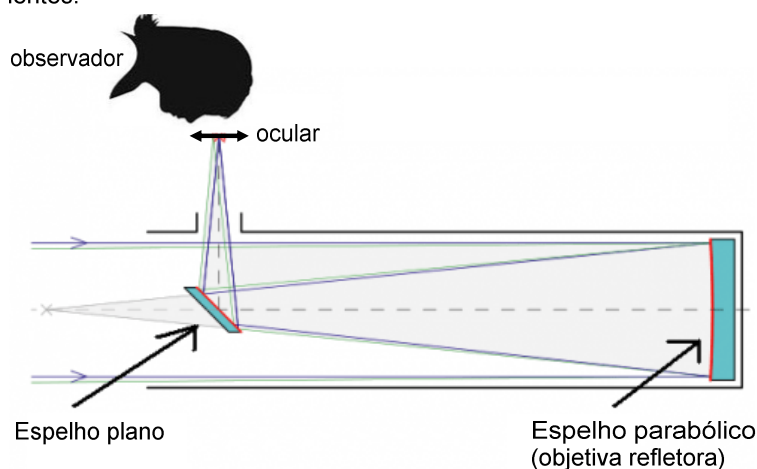
Luneta de Galileu

jun 26-07:59

Telescópio

A diferença básica entre uma luneta e um telescópio é sua objetiva. Enquanto as lunetas usam uma lente convergente, nos telescópios a objetiva é um espelho parabólico, côncavo, de grande distância focal. A sua ocular continua sendo uma lente convergente que faz o papel da lupa.

A imagem real fornecida pelo espelho é objeto para a ocular, que dela conjuga uma imagem virtual final, como nas lunetas, situada dentro do campo visual do olho do observador. A grande vantagem de se usar espelho é que diminui-se o efeito de aberrações cromáticas que ocorrem nas lentes.



jun 26-07:59

Exercício de aprendizagem:

5) A distância entre a objetiva e a ocular de uma luneta astronômica, que visa uma estrela, vale 1,60 m. Sabe-se que a objetiva tem 1,40 m de distância focal e que a imagem final da estrela está a 1,20 m da ocular. Calcular:

- a distância focal da ocular;
- o aumento visual nominal (máximo) da luneta.



jun 26-09:54

Exercício de aprendizagem:

5) A distância entre a objetiva e a ocular de uma luneta astronômica, que visa uma estrela, vale 1,60 m. Sabe-se que a objetiva tem 1,40 m de distância focal e que a imagem final da estrela está a 1,20 m da ocular. Calcular:

- a distância focal da ocular;
- o aumento visual nominal (máximo) da luneta.

Solução:

$f_{ob} = 1,40 \text{ m}$

$p'_{oc} = -1,20 \text{ m}$

Como a primeira imagem é formada no foco da objetiva (1,40m) e a objetiva está a 1,60 m da ocular, conclui-se:

$p_{oc} = 0,20 \text{ m}$

a) $f_{oc} = ?$

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{1}{p_{oc}} + \frac{1}{p'_{oc}}$$

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{1}{0,2} - \frac{1}{1,2}$$

$$\frac{1}{f_{oc}} = 5 - \frac{10}{12}$$

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{60 - 10}{12}$$

b) $G = ?$

$G = \frac{f_{ob}}{f_{oc}}$

$G = \frac{1,40}{0,24}$

$G = 5,83$

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{50}{12}$$

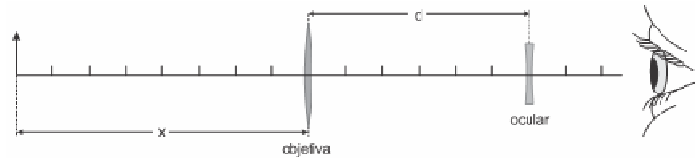
$$f_{oc} = \frac{12}{50}$$

$f_{oc} = 0,24 \text{ m}$

jun 26-09:54

Exercício de aprendizagem:

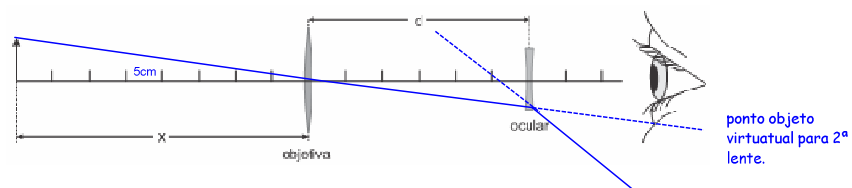
6) (Uff) Uma pequena luneta consiste em uma lente objetiva **convergente** de distância focal $f_{ob} = 35$ cm e de uma lente ocular **divergente** de distância focal $f_1 = -5,0$ cm. As duas lentes estão separadas por uma distância $d = 30$ cm como ilustrado na a seguir. Um objeto é colocado sobre o eixo óptico da luneta, à esquerda da objetiva, distando x da mesma. Calcule a posição da imagem final desse objeto, medida em relação ao centro da lente ocular, quando $x = 40$ cm.



jun 26-09:54

Exercício de aprendizagem:

6) (Uff) Uma pequena luneta consiste em uma lente objetiva **convergente** de distância focal $f_{ob} = 35$ cm e de uma lente ocular **divergente** de distância focal $f_1 = -5,0$ cm. As duas lentes estão separadas por uma distância $d = 30$ cm como ilustrado na a seguir. Um objeto é colocado sobre o eixo óptico da luneta, à esquerda da objetiva, distando x da mesma. Calcule a posição da imagem final desse objeto, medida em relação ao centro da lente ocular, quando $x = 40$ cm.



Solução:

$$f_{ob} = 35 \text{ cm}$$

$$f_1 = -5,0 \text{ cm}$$

$$d = 30 \text{ cm}$$

$$p'_{oc} = ?$$

$$p_{ob} = 40 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{p_{ob}} + \frac{1}{p'_{ob}}$$

$$\frac{1}{35} = \frac{1}{40} + \frac{1}{p'_{ob}}$$

$$\frac{1}{p'_{ob}} = \frac{1}{35} - \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{p'_{ob}} = \frac{8 - 7}{280}$$

$$\frac{1}{p'_{ob}} = \frac{1}{280}$$

$$p'_{ob} = 280 \text{ cm}$$

$$P_{oc} = p'_{ob} - d$$

$$P_{oc} = 280 - 30$$

$$P_{oc} = 250 \text{ cm}$$

porém será um objeto virtual para a ocular, portanto:

$$P_{oc} = -250 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{1}{p_{oc}} + \frac{1}{p'_{oc}}$$

$$\frac{1}{-5} = \frac{1}{-250} + \frac{1}{p'_{oc}}$$

$$\frac{1}{p'_{oc}} = \frac{1}{250} - \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{p'_{oc}} = \frac{1 - 50}{250}$$

$$\frac{1}{p'_{oc}} = \frac{-49}{250}$$

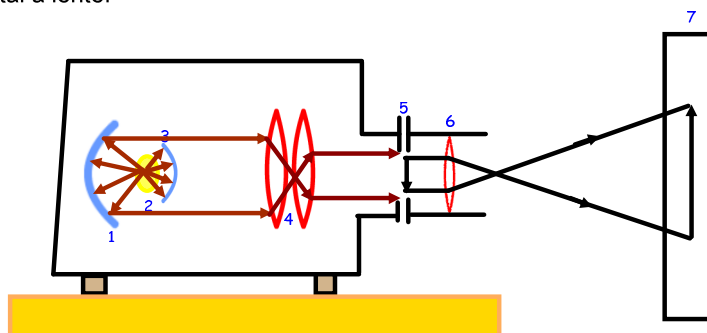
$$p'_{oc} = -5,1 \text{ cm}$$

Imagem virtual

jun 26-09:54

Instrumentos ópticos de projeção

A finalidade desses instrumentos é a de projetar uma imagem real e ampliada em um anteparo (tela). Para isso são usados projetores. Existem vários tipos de tecnologia para projetores, mas o funcionamento básico é o mesmo. Para ilustrar nossa aula irei falar do projetor de slides e o cinematográfico. A diferença básica é que o slide fica em repouso, enquanto o filme apresenta movimento frontal à lente.



1 e 3 - Espelhos côncavos

2 - Lâmpada. Ela se encontra no centro de curvatura do espelho 3 e no foco do espelho 1.

4 - Condensador óptico. É uma associação de lentes que irá convergir o feixe vindo do espelho 1 gerando um feixe cilíndrico e estreito.

5 - Objeto a ser projetado (slide, filme, tela LCD).

6 - Lente convergente que irá ampliar a imagem que será projetada na tela 7.

jul 1-08:22

Exercício de aprendizagem:

(Fuvest SP) Um projetor de slides tem lente de distância focal igual a 10 cm. Ao se focalizar a imagem o slide é posicionado a 10,4 cm da lente.

a) Faça um esquema que represente o objeto, a lente e a imagem formada.

b) Qual a distância da tela à lente para que a imagem fique bem focalizada?



jul 1-10:01

Exercício de aprendizagem:

(Fuvest SP) Um projetor de slides tem lente de distância focal igual a 10 cm. Ao se focalizar a imagem o slide é posicionado a 10,4 cm da lente.

a) Faça um esquema que represente o objeto, a lente e a imagem formada.

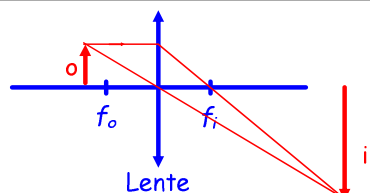
b) Qual a distância da tela à lente para que a imagem fique bem focalizada?

Solução:

$$f = 10 \text{ cm}$$

$$p = 10,4 \text{ cm}$$

a)



b)

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

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{10,4} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{10,4}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{10,4 - 10}{104}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{0,4}{104}$$

$$p' = \frac{104}{0,4}$$

$$p' = 260 \text{ cm}$$

$$p' = 2,6 \text{ m}$$

jul 1-10:01