

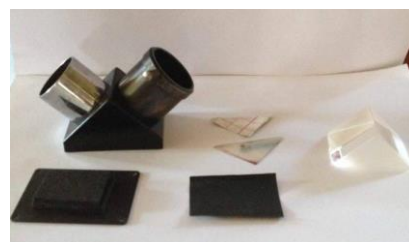
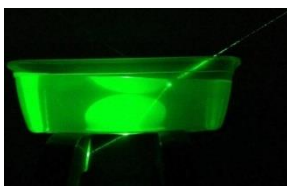
MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE OBSERVAÇÃO
ASTRONÔMICA PARA O ENSINO DE ÓPTICA
GEOMÉTRICA
PRODUTO EDUCACIONAL**

JEFFERSON DE SOUSA PEREIRA

**Orientador:
Dr. Wytler Cordeiro dos Santos, PhD**



Óptica Geométrica

- **Luz**

A natureza da luz é dual: onda e partícula.

Na Óptica Geométrica a descrição da luz é através de raios, das leis da reflexão e da refração e da geometria.

Sua propagação é retilínea e uniforme, ou seja, se desloca em linha reta e com velocidade constante.

- **Cores e pigmentos**

Cor é uma característica da luz ligada a sua frequência de onda, que constitui num feixe luminoso.

Pigmento é um atributo de cor relacionado um corpo ou objeto, que pode ser colorido por uma tinta.

As cores básicas da luz são divididas em dois grupos:

- *Primárias*: azul, vermelho e verde.
- *Secundárias*: amarelo, magenta e ciano.

Na figura 1 abaixo é possível notar as cores primárias nos círculos e a mistura das cores como interseção dos círculos, que são as cores secundárias.

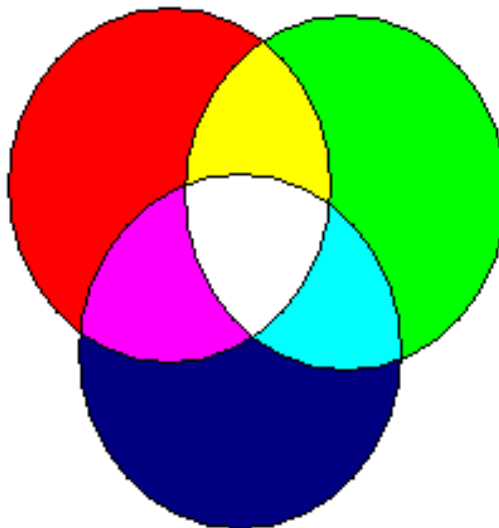


Figura 1: Esquema das cores da luz.

Na figura acima nota-se também que a interseção dos três círculos resulta a cor branca.

- **Fontes de Luz**

1. **Fonte primária**

São os corpos que emitem luz própria.

Exemplo: as estrelas, carvão aceso, metal aquecido, lâmpadas, LED (fonte de luz monocromática), etc.

2. **Fonte secundária**

São os corpos que refletem luz de outros corpos de fonte de luz própria.

Exemplo: A Lua, planetas, a maioria dos corpos iluminados pela luz do Sol e/ou qualquer outra fonte de luz.

3. **Fonte pontual**

Quando a luz emitida pelo corpo pontual se espalha igualmente em todas as direções.

Exemplo: Luz vinda das estrelas, sinalizador de uma torre.

4. **Fonte extensa**

Quando a luz emitida pelo corpo chega ao observador em várias dimensões

Exemplo: Lâmpada acesa de uma sala, farol de um carro, tela do computador.

5. **Fonte colimada**

São fontes de luz que se propaga em um ângulo de abertura muito pequeno, de maneira a se espalhar muito pouco.

Exemplo: *Laser*

As fontes podem emitir luz de dois tipos:

1. **Monocromática**

É a luz que possui uma só cor em sua essência, com um único comprimento de onda.

Exemplo: Luz monocromática azul, vermelha, verde, etc.

- Policromática**

É a luz que possui uma combinação de cores em sua essência, com vários comprimentos de ondas.

Exemplo: Luz branca composta pela mistura de todas as cores

• As cores e o sentido da visão

Sempre que se ilumina um objeto, parte dessa luz é absorvida pelo objeto, e a outra parte é refletida. A luz tem a propriedade de interagir com todos os objetos.

Por exemplo, ao iluminar um objeto com a luz branca, se enxergamos vermelho significa que esse objeto absorveu as luzes da cor azul e verde, e refletiu o vermelho. A luz vermelha chega aos nossos olhos e temos a impressão que a cor do objeto é vermelha.

Na figura abaixo é possível notar como enxergamos cada objeto quando iluminado por uma luz branca (composta pelas três cores primárias):

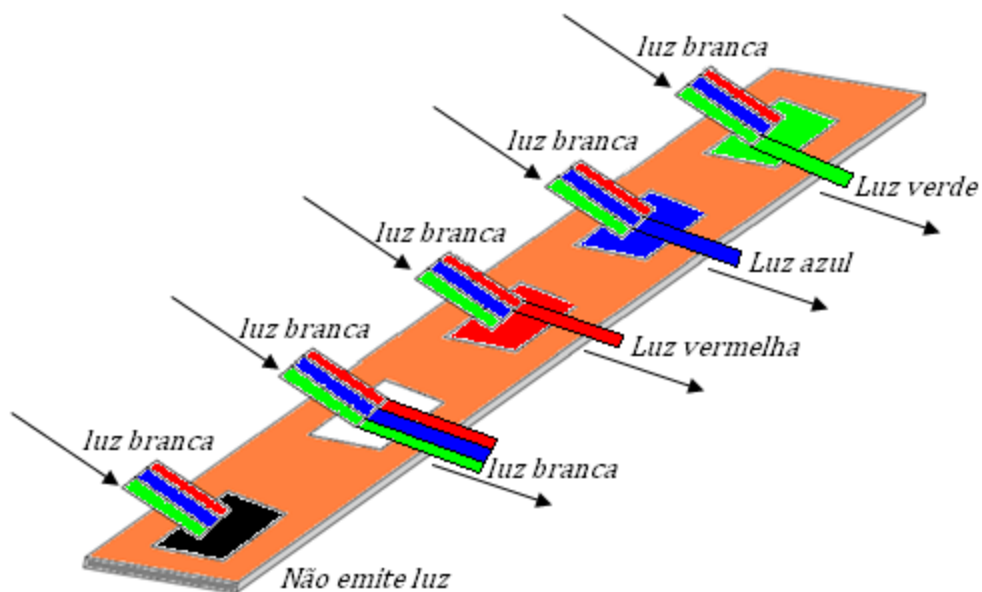


Figura 2: Objetos de cores diferentes e seu comportamento ao ser iluminado por uma luz policromática branca.

• Propriedades da Luz

1. Trajetória retilínea

Quando a luz está se propagando num meio transparente (como no ar, na água ou no vácuo) sua trajetória é retilínea, o que pode ser comprovado pela formação das sombras quando algum objeto intercepta a luz.

2. Independência dos raios

Quando um raio de luz atravessa o caminho de outro raio, as suas trajetórias não são desviadas, sendo assim os dois raios continuam seus caminhos, como se não tivesse acontecido nada.

3. Reversibilidade dos raios

Quando se modifica a posição do observador com a fonte de luz, o caminho da luz não se modifica, ou seja, tanto de ida como de volta a trajetória da luz é sempre a mesma.

• Câmara escura

A câmara escura é um objeto em forma de caixa, com as paredes opacas e um pequeno orifício numa das paredes. A luz atravessa esse orifício, de modo a formar a imagem em seu interior, como mostra a figura 3 abaixo:

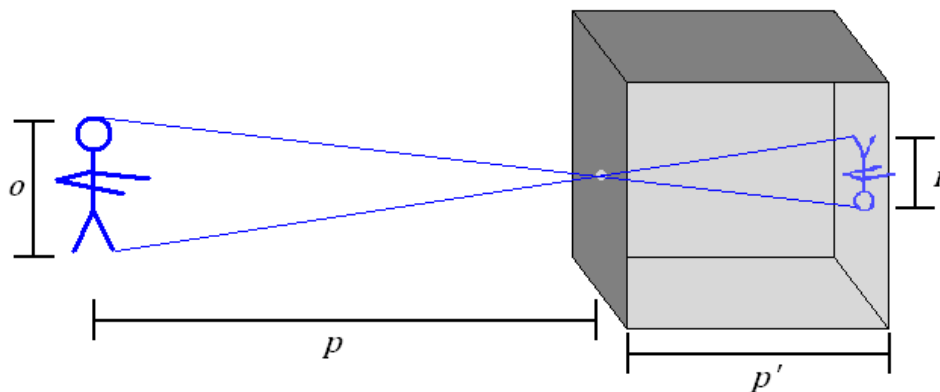


Figura 3: Esquema dos raios de luz e formação de imagem numa câmara escura.

Pode-se notar que o tamanho do objeto e o tamanho da imagem produzida no interior da câmara são proporcionais, e dependem ainda da distância do objeto a câmara e o tamanho da câmara escura, ou seja:

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

Equação 1: Câmara escura.

onde: o é o tamanho do objeto
 i é o tamanho da imagem
 p é a distância do objeto a câmara
 p' é a distância da imagem a câmara (comprimento da câmara)

• Reflexão da Luz

É a característica que a luz possui de retornar ao meio de incidência, quando incide numa superfície uniforme refletora.

São exemplos de superfícies refletoras: a água num lago, uma placa metálica e um piso encerado.

Nos processos de reflexão, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Como pode ser visto na figura abaixo:

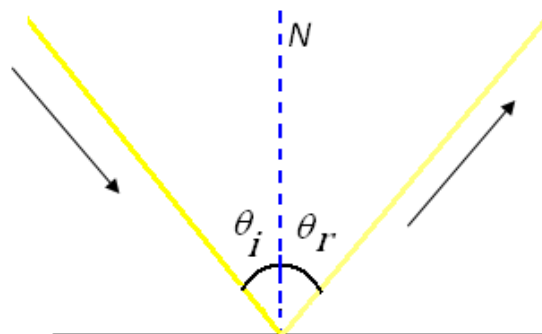


Figura 4: esquema representativo da reflexão da luz

Como pode ser visto na figura acima, o raio de luz vindo da esquerda incide na superfície com um ângulo de incidência θ_i em relação a reta normal a superfície do plano N , e reflete com ângulo de reflexão θ_r . Desta maneira, pode-se afirmar que:

$$\theta_i = \theta_r$$

Equação 2: Lei de reflexão da luz

• Construção de imagens nos espelhos

A imagem é formada num espelho (superfície refletora) no ponto onde há o cruzamento dos raios refletidos.

Existem dois tipos de imagens:

- *Real*: quando os raios refletidos se convergem para um ponto.
- *Virtual*: quando refletidos se divergem, assim a imagem é formada pelo prolongamento dos raios, de modo a encontrar o ponto onde os dois raios se cruzam.

As imagens ainda podem ser classificadas como:

Natureza	Direção	Tamanho
Real	Direita	Ampliada
Virtual	Invertida	Reduzida
		Mesmo tamanho

- **Espelhos planos**

Num espelho plano, a imagem formada é sempre virtual, direita e do mesmo tamanho, como pode ser vista na figura abaixo:

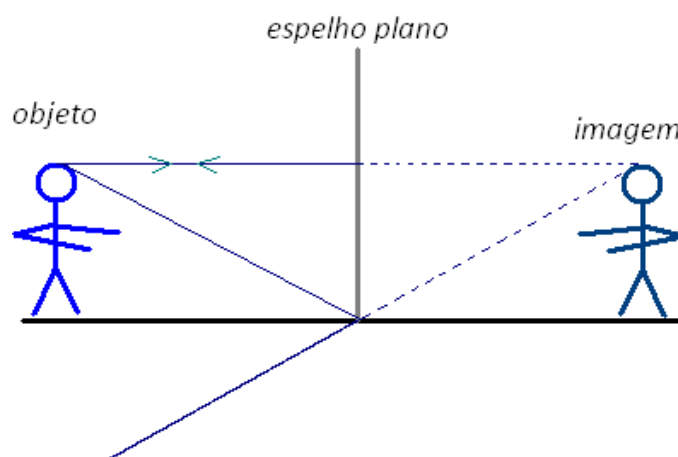


Figura 5: imagem formada num espelho plano.

- **Espelhos esféricos**

Os espelhos esféricos são originados a partir de uma esfera, conforme a figura abaixo:

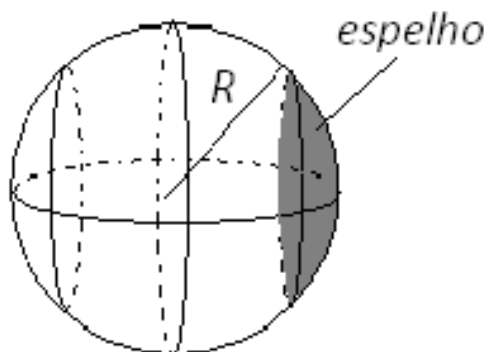


Figura 6: representação da origem de um espelho esférico

Os espelhos esféricos podem ser: côncavos ou convexos.



Figura 7: a) espelho côncavo e sua representação gráfica. b) espelho convexo e sua representação gráfica.

Um espelho é côncavo é quando a parte refletora é a interna, e quando a parte refletora é a externa dizemos que o espelho é convexo.

Sendo assim podemos definir alguns elementos geométricos dos espelhos esféricos que são: centro de curvatura (C) em que o seu valor é dado pelo raio de curvatura da esfera que deu origem ao espelho, vértice (V), eixo principal e foco (f). Nesse caso, pode-se definir o foco como sendo o ponto médio do segmento CV, como na figura abaixo:

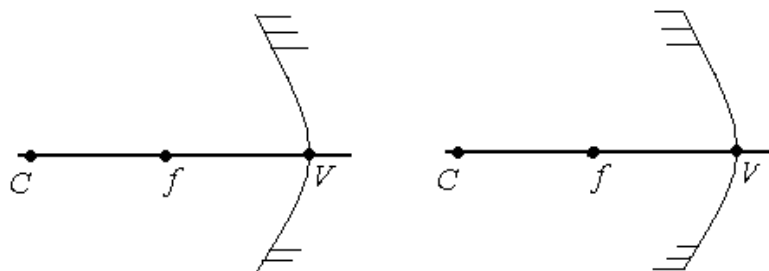


Figura 8: componentes geométricos dos espelhos esféricos. A direita o espelho côncavo e a esquerda o espelho convexo.

Pela figura 8 acima, nota-se que o vértice, o foco e o centro de curvatura estão no mesmo plano óptico. Podemos ainda pode-se definir o foco como sendo o ponto médio do segmento **CV**, ou seja:

$$f = \frac{C}{2}$$

Equação 3: relação foco e raio de curvatura.

De posse desses conceitos, podemos agora definir o comportamento dos raios de luz ao incidir em cada espelho, e explicarmos como há a formação das imagens. assim:

- ✓ *Todo raio de luz que passa pelo centro de curvatura e incide em um espelho esférico reflete sobre si mesmo.*
- ✓ *Todo raio de luz que incide paralelamente ao espelho esférico reflete-se passando pelo foco, assim como todo raio de luz que passa pelo foco e incide no espelho côncavo reflete-se paralelo ao eixo principal.*
- ✓ *Todo raio de luz que incide no vértice de um espelho esférico reflete com o mesmo ângulo de incidência em relação ao eixo principal.*

Na figura 9 abaixo se observa o comportamento dos raios de luz ao incidirem num espelho esférico côncavo.

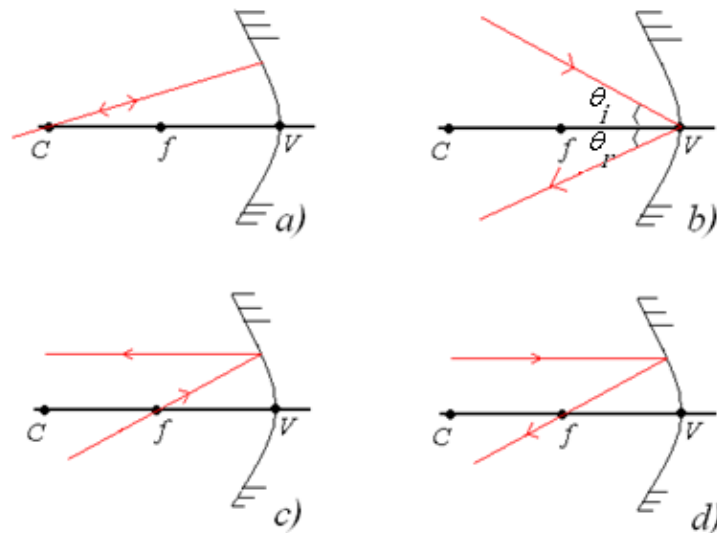


Figura 9: representação dos raios de luz num espelho côncavo. a) o raio que passa por C e incide no espelho reflete sobre si. b) o raio que incide no vértice num ângulo i reflete com ângulo θ . c) um raio que passa pelo foco e incide espelho reflete paralelo ao eixo óptico. d) um raio paralelo ao eixo óptico que incide no espelho reflete de tal modo a passar pelo foco.

De maneira análoga a figura 9, a figura 10 representa o comportamento dos raios de luz ao incidirem num espelho convexo.

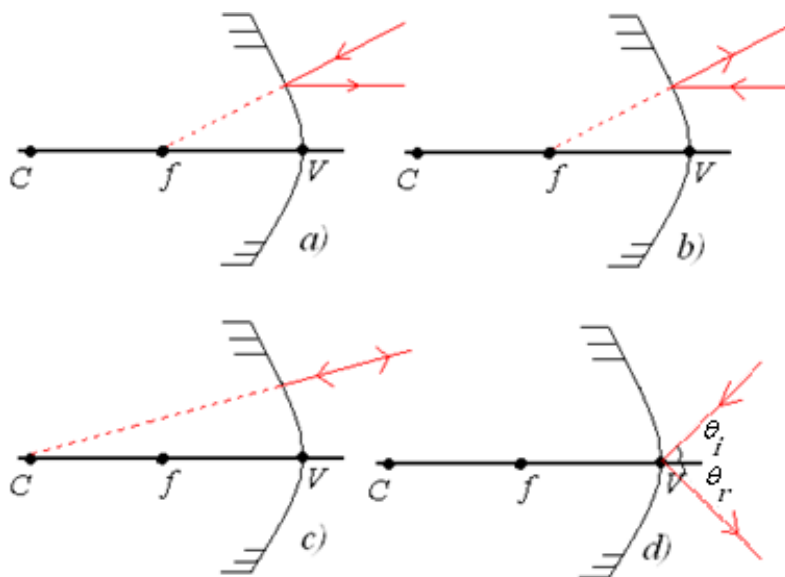


Figura 10: representação dos raios de luz num espelho convexo. a) o raio que incide na direção do foco reflete paralelamente ao eixo óptico. b) o raio que incide paralelo ao eixo óptico reflete na direção do foco e em sentido contrário. c) o raio que incide na direção do centro de curvatura reflete em sentido contrário. d) o raio que incide no vértice num ângulo i reflete com ângulo θ .

Assim, quando objeto está situado no mesmo eixo óptico do espelho, podemos utilizar dois raios de luz partindo de um mesmo ponto do para deduzir a representação da imagem deste objeto no espelho, nas diversas situações representadas a seguir.

- **Espelhos côncavos**

1. **Caso: Objeto posicionado depois do centro de curvatura**

A imagem será *real*, *invertida* e *reduzida*, como o esquema abaixo:

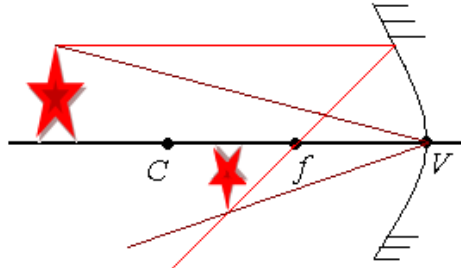


Figura 11: representação da imagem obtida num espelho côncavo com objeto posicionado depois do centro de curvatura do espelho.

2. **Caso: Objeto posicionado no centro de curvatura**

A imagem será *real*, *invertida* e *mesmo tamanho*, como o esquema abaixo:

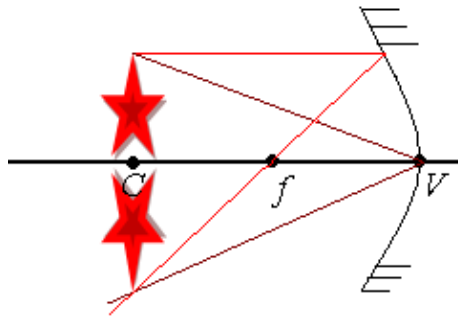


Figura 12: representação da imagem obtida num espelho côncavo com objeto posicionado no centro de curvatura do espelho.

3. **Caso: Objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco**

A imagem será *real*, *invertida* e *ampliada*, como o esquema abaixo:

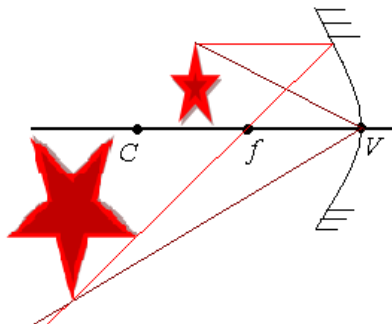


Figura 13: representação da imagem obtida num espelho côncavo com objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco do espelho.

4. Caso: Objeto posicionado entre no foco

A imagem será *Imprópria*, pois os raios ao refletidos no espelho são paralelos entre si, e a imagem se formará no infinito como o esquema abaixo:

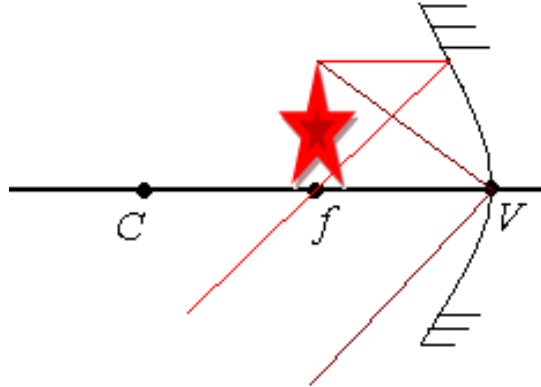


Figura 14: representação da imagem obtida num espelho côncavo com objeto posicionado no foco do espelho

5. Caso: Objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco

A imagem será *virtual* (formada pelo prolongamento dos raios), *direita* e *ampliada*, como o esquema abaixo:

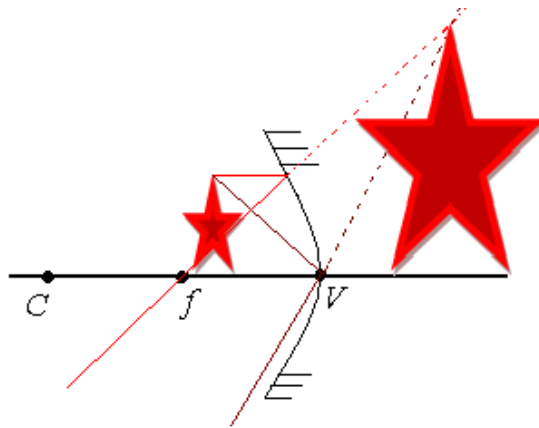


Figura 15: representação da imagem obtida num espelho côncavo com objeto posicionado antes do foco do espelho

- **Espelhos convexos**

Caso único: Independente da distância do objeto ao espelho, a imagem sempre será *Virtual*, *direita* e *reduzida*, como mostra a figura abaixo:

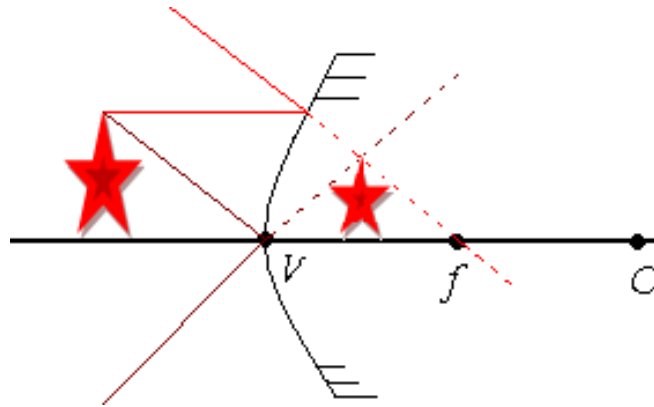


Figura 16: representação da imagem num espelho convexo independente da posição do objeto

- **Equação de Gauss**

A Equação de Gauss relaciona a distância focal com a posição do objeto e a posição da imagem, e assim deduzir de forma analítica a imagem de um objeto refletida em um espelho esférico, da seguinte maneira:

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

Equação 4: Equação de Gauss

Onde: f → foco do espelho

p → distância do objeto ao espelho

p' → distância da imagem ao espelho

- **Aumento linear**

Aumento linear é a proporção entre a altura da imagem e a altura do objeto formada no espelho, ou ainda a razão entre a distância da imagem pela distância do objeto a lente.

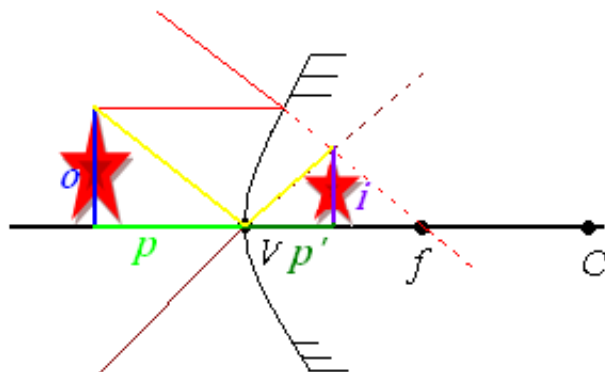


Figura 17: esquema da relação entre imagem e objeto num espelho esférico.

Como pode ser visto na figura 17 acima, o e p se relacionam por semelhança de triângulos com i e p' , ou seja:

$$\frac{o}{p} = \frac{i}{p'} \rightarrow \frac{i}{o} = \frac{p'}{p} = A \quad \text{onde: } A \rightarrow \text{aumento linear transversal}$$

• Refração da Luz

Quando se observa um objeto através de uma Luneta, notamos sua imagem mais próxima.

Isso é possível por que dentro desse instrumento há um objeto chamado lente.

As lentes são constituídas de dois meios transparentes e tem propriedade de desviar os raios de luz.



Figura 18: Foto de uma lente convergente

Ao atravessar de um meio a outro, a luz sofre desvio. Esse fenômeno é chamado de refração.

Dessa forma, ao passar do ar para a água notamos uma “quebra no raio luminoso”, como pode ser visto na figura abaixo:

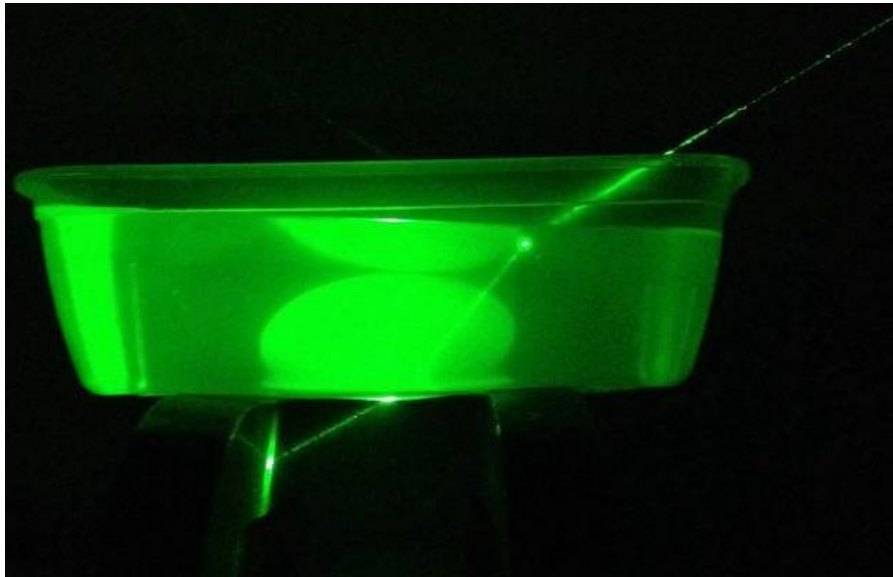


Figura 19: Foto da luz de um laser atravessando uma bacia com água.

É possível notar na figura acima que ao chegar na água, a luz “quebra” seu caminho e ao sair da bacia a luz volta desviar seu caminho novamente.

A lente da figura 18 também é capaz de desviar a trajetória da luz.

Assim, todo meio translúcido é capaz de desviar a trajetória da luz, uns desviando mais e outros desviando menos, essa característica se chama índice de refração do meio.

Na refração além da trajetória da luz ser alterada, a sua velocidade também é alterada.

Defini-se o índice de refração do meio como sendo a razão entre a velocidade da luz no vácuo com a velocidade da luz no meio, ou seja:

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

Equação 5: definição de índice de refração

Onde: $n \rightarrow$ índice de refração

$c \rightarrow$ velocidade da luz no vácuo

$v \rightarrow$ velocidade da luz no meio

A luz branca ao sofrer refração dispersa as cores: decomposição da luz.

O arco-íris é um exemplo de dispersão da luz. A luz vinda do sol, ao passar por gotículas de água na atmosfera, se decompõe em diversas cores formando o arco-íris.

Se usarmos um prisma óptico será possível observar a decomposição da luz de uma lanterna de um aparelho de celular, como na figura abaixo.

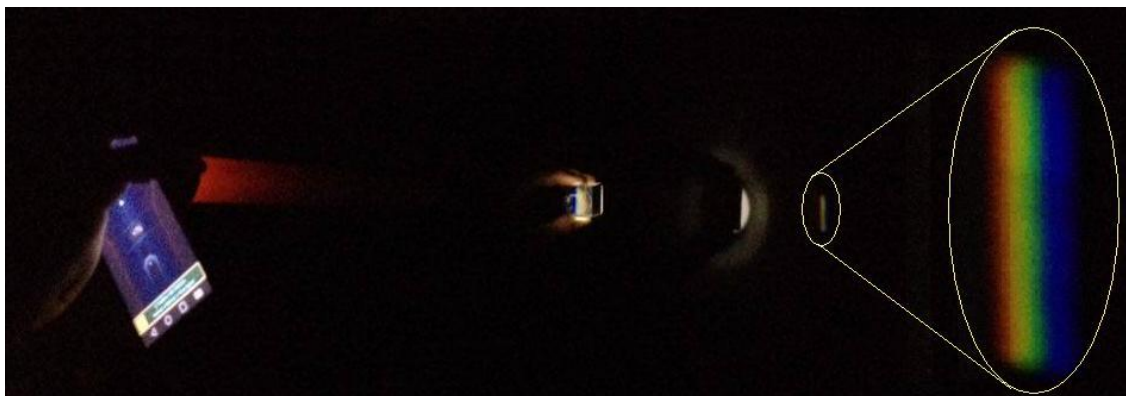


Figura 20. Ao incidir a luz de uma lanterna de celular num prisma, há a decomposição da luz.

Reflexão interna total

Na figura 18 é possível notar que uma parte da luz de laser sofre reflexão, pois a superfície da água também age como um espelho.

Se aumentarmos a inclinação da luz será possível observar que num determinado momento a luz deixará de sofrer refração e passará apenas reflexão, o que é chamado de reflexão interna total.

Num prisma de 45° , é possível observar a reflexão interna total, onde os raios de luz são refratados em 90° . Na figura abaixo temos o prisma diagonal com ângulo de 90° da luneta, que visualizar as imagens com mais conforto o instrumento de observação.

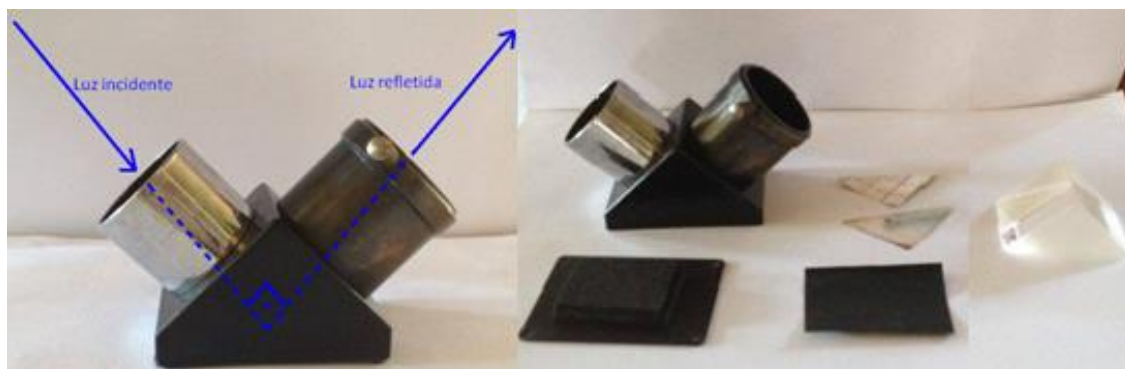


Figura 21: Foto do prisma diagonal com ângulo de 90° da luneta a esquerda e a direita o instrumento desmontado.

- **Construção de imagens nas lentes**

As lentes, assim como os espelhos são originadas a partir de uma esfera (com esquema semelhante ao da figura 6).

As lentes também são constituídas pelos elementos geométricos: centro de curvatura (C) em que o seu valor é dado pelo raio de curvatura da esfera que deu origem ao espelho, vértice (V), eixo principal e foco (f).

Existem vários tipos de lentes, como é mostrado na figura 22 abaixo:

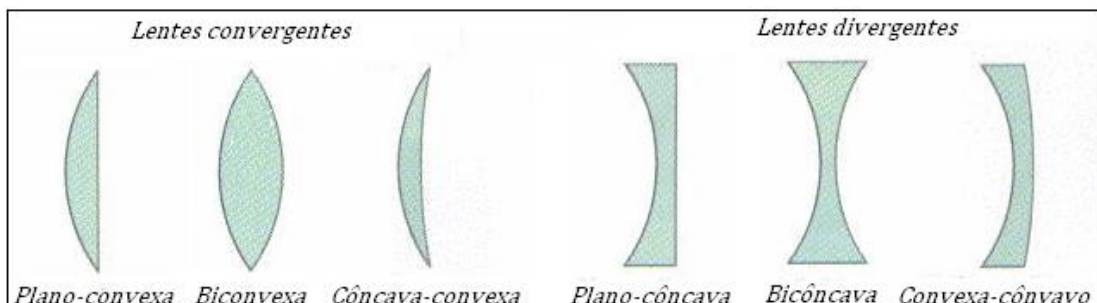


Figura 22: Formatos das lente. Retirado de <http://curso2012fisica.blogspot.com.br/p/4-ano-reflexion-y-refraccion-de-la-luz.html> com adaptações.

As lentes podem ser classificadas quanto a forma de desviar os raios de luz: convergentes ou divergentes, como mostra a figura 22 acima.

A representação das lentes convergentes e divergentes é indicada na figura 23 abaixo:

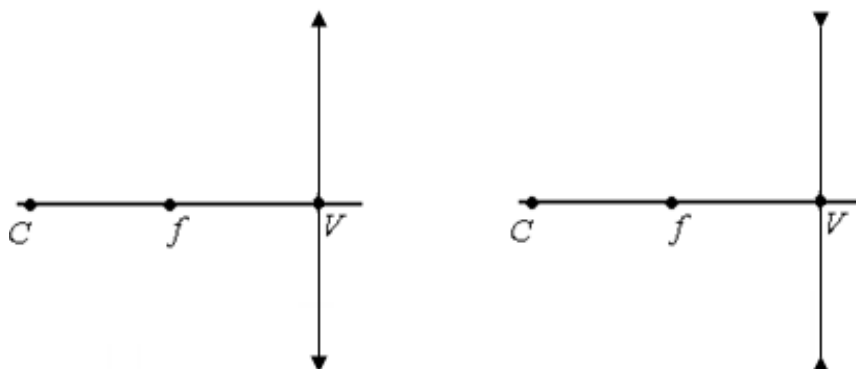


Figura 23: componentes geométricos das lentes. A direita a lente convergente e a esquerda lente divergente.

Assim como nos espelhos, podemos representar a imagem formada quando objeto está situado no mesmo eixo óptico da lente com apenas dois raios luminosos.

Os raios de luz se comportam nas lentes semelhantemente aos espelhos, sendo que os espelhos refletem os raios luminosos enquanto as lentes refratam esses raios.

Dessa maneira, podemos utilizar dois raios de luz partindo de um mesmo ponto do para deduzir a representação da imagem deste objeto nas lentes, nas situações representadas a seguir.

- **Lentes convergentes**

1. **Caso: Objeto posicionado depois do centro de curvatura**

A imagem será real, invertida e reduzida, como o esquema abaixo:

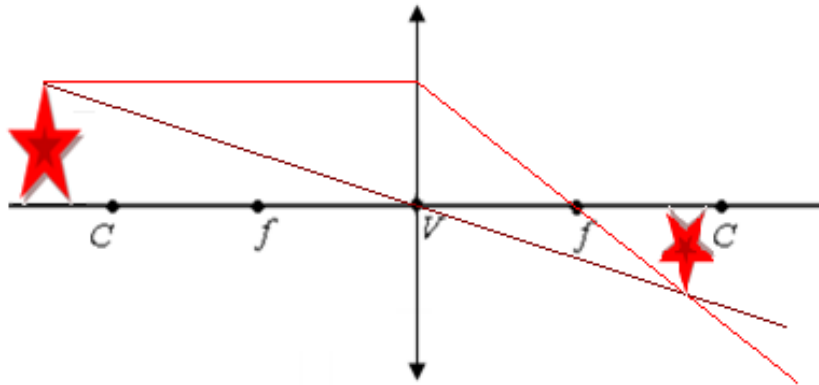


Figura 24: representação da imagem obtida numa lente convergente com objeto posicionado depois do centro de curvatura da lente.

2. **Caso: Objeto posicionado no centro de curvatura**

A imagem será real, invertida e mesmo tamanho, como o esquema abaixo:

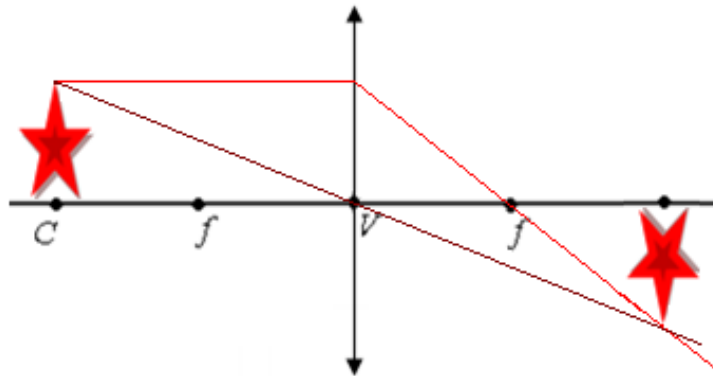


Figura 25: representação da imagem obtida numa lente convergente com objeto posicionado no centro de curvatura dessa lente.

3. **Caso: Objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco**

A imagem será *real, invertida e ampliada*, como o esquema abaixo:

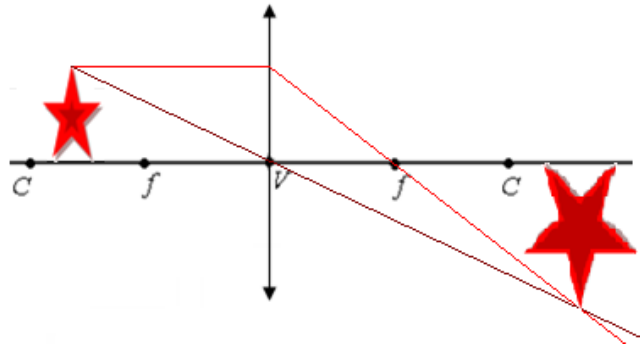


Figura 26: representação da imagem obtida numa lente convergente com objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco dessa lente.

4. Caso: Objeto posicionado no foco

A imagem será Imprópria, pois os raios ao refratados na lente são paralelos entre si, e a imagem se formará no infinito como o esquema abaixo:

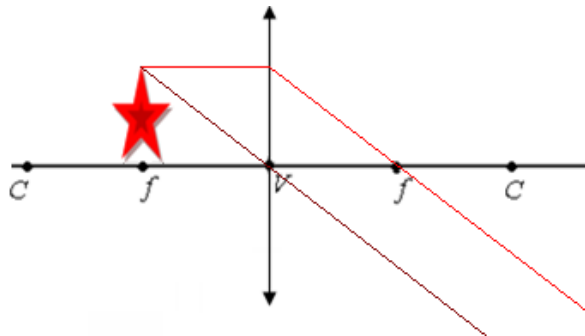


Figura 27: representação da imagem obtida numa lente convergente com objeto posicionado no foco dessa lente.

5. Caso: Objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco

A imagem será *virtual* (formada pelo prolongamento dos raios), *direita* e *ampliada*, como o esquema abaixo:

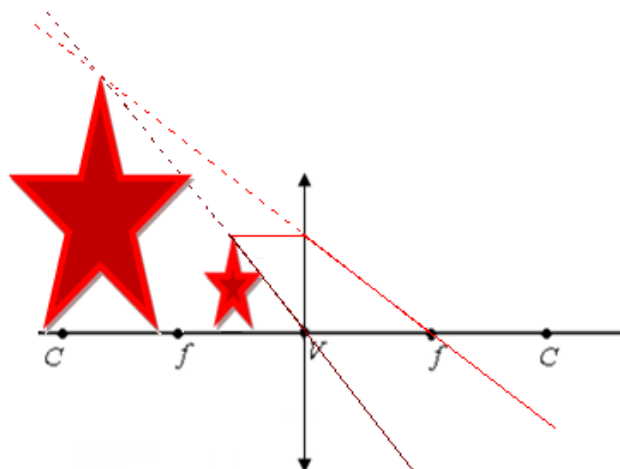


Figura 28: representação da imagem obtida numa lente convergente com objeto posicionado antes do foco dessa lente.

- **Lentes divergentes**

Caso único: Independente da distância do objeto a lente, a imagem sempre será *Virtual, direita e reduzida*, como mostra a figura abaixo:

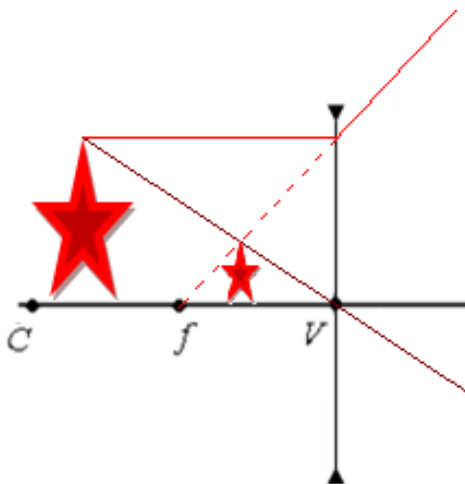


Figura 29: representação da imagem numa lente divergente independente da posição do objeto

Assim como nos espelhos esféricos, a equação de Gauss relaciona à distância focal com a posição do objeto e a posição da imagem, conforme a equação 4 já apresentada na página 10, essa equação é também conhecida como a *equação dos fabricantes de lentes*.

- **Associação de lentes**

Podem-se usar duas ou mais lentes em associação para se obter alguns instrumentos ópticos, como a luneta galileana.

Em associação de lentes separadas temos dois casos:

1. **Caso: Convergente-divergente**

Associamos uma lente convergente e uma lente divergente no instrumento óptico como no esquema a seguir:

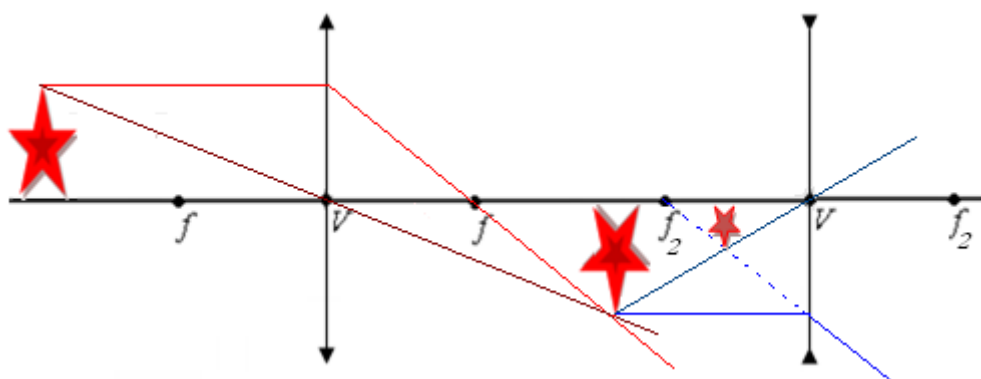


Figura 30: representação da imagem numa associação de lentes convergente-divergente.

2. Caso: Convergente-convergente

Associamos duas lentes convergentes no instrumento óptico como no esquema a seguir:

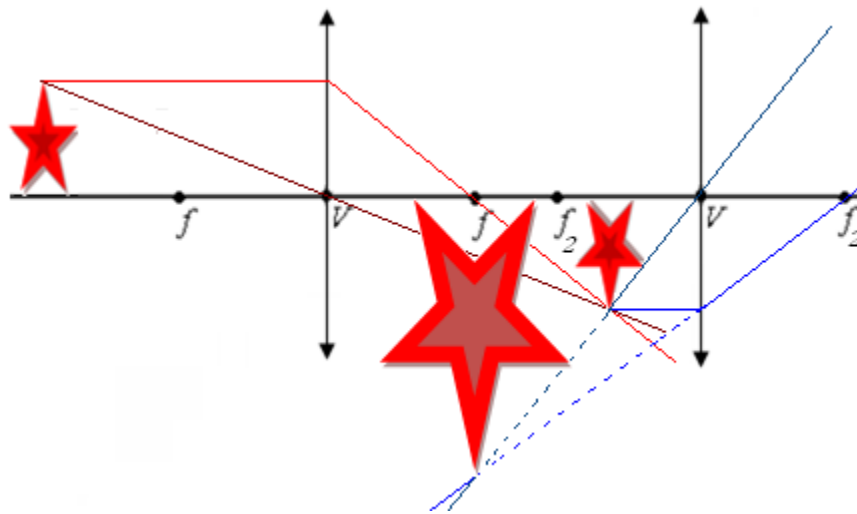


Figura 31: representação da imagem numa associação de lentes convergente-convergente.

• Luneta Astronômica

Também conhecida como telescópio refrator, a luneta é formada da associação de duas lentes convergentes.

Para visualizar objetos como Lua e outros planetas, por exemplo, que estão a uma distância muito grande, usamos o esquema a seguir:

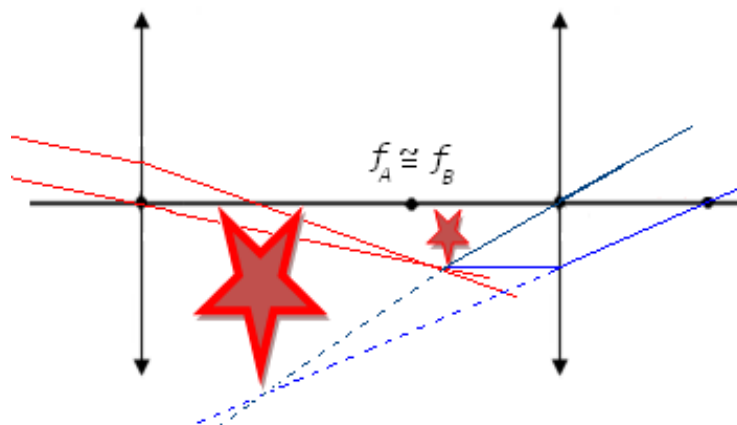


Figura 32: representação do funcionamento da luneta astronômica.

Guia para montagem da Luneta.

Para construção de luneta com lentes de óculos, recomenda-se usar lentes convergentes de +1,25 graus a objetiva e + 4 graus a ocular (facilmente encomendado nas lojas de ópticas).

As lentes devem ser fabricadas de modo a se encaixar numa junção de tubo de esgoto de 50 a objetiva, e numa redução de tubo de água de 40 x 32 a ocular.

Com auxílio de um aparelho de celular, ou mesmo de uma lâmpada (comum, lâmpada acesa da sala de aula) conferir a distância focal das lentes. Caso esteja usando as lentes recomendada, essas medidas estarão em torno de 65 cm a 85 cm de foco para a lente objetiva, e entre 15 cm e 25 cm para a lente ocular.

Sendo assim, é recomenda cortar o tubo de esgoto de 50, com 50 cm de comprimento, assim como o tubo de esgoto de 40, com 50 cm.

É importante que o cano de 40 possa transpassar ajustadamente pelo tubo de 50 (para poder focalizar as duas lente e obter melhor visualização na luneta), para isso corte alguns “anéis” de tubo de 40, deixando separado, conforme a figura abaixo:



Figura 33: a esquerda foto do anel de tubo de 40. A direita o mesmo anel agora aberto

Os anéis serviram para ajustar o cano de 40 a passar pelo cano de 50, sem folga. Para isso, é preciso colar dois anéis ao cano de 40, um em cima do outro. Conforme a figura abaixo:



Figura 34: Anéis de 40 fixados ao tubo de 40.

Caso ainda haja mais alguma folga, passe uma fita isolante nos anéis, o que ajudará a melhorar no ajuste, como na figura abaixo:



Figura 35: fita ajudará no ajuste entre o cano de 50 e de 40.

Com os dois canos já preparados, coloque a lente objetiva na junção de 50, de modo a fixá-la com o tubo de 50, conforme a figura abaixo:



Figura 36: encaixe da lente objetiva no tubo de 50.

Da mesma maneira, faremos com a lente ocular, encaixando-a na redução de 32 x 50, como na figura abaixo:



Figura 37: encaixe da lente ocular na redução de 32 x 50

A próxima etapa é encaixar a redução no tubo de 40. Mais uma vez, cortam-se os anéis e separa-os conforme a figura 33, mas ao invés de colar um em cima do outro, dessa vez cola-se um ao lado do outro (os tubos de água são ligeiramente mais delgado que os tubos de esgoto) em uma das extremidades do tubo, conforme a figura abaixo:



Figura 38: montagem d final do tubo de 40.

Outra vez, passa-se a fita isolante de modo a ajustar ainda mais o encaixe entre essas duas peças. Pode-se usar uma junção de 40 para unir as duas partes.

Assim, os dois tubos montados ficarão como na figura abaixo:



Figura 39: luneta montada

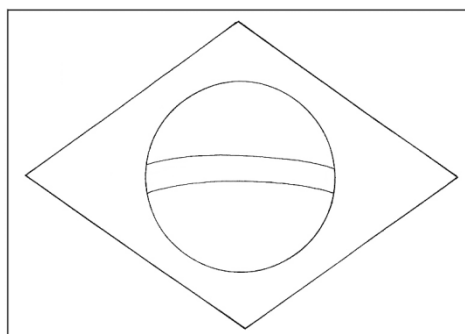
É importante pintar a luneta, de preferência com tinta spray da cor “preto fosco”, principalmente por dentro dos tubos, para evitar reflexos de imagens nas paredes internas dos canos.

Lista de Exercícios

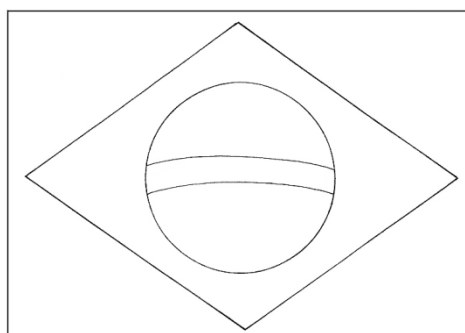
✓ Exercícios 1

1. O que acontece com a luz branca ao incidir num objeto amarelo?
2. Qual a cor que um observador irá enxergar um objeto amarelo quando iluminá-lo com uma luz policromática ciano?
3. O mesmo objeto amarelo agora será iluminado por uma luz policromática magenta, qual cor o observador irá enxergar?
4. Com auxílio do lápis de cor, pinte a bandeira brasileira quando ela for iluminada pela cor:

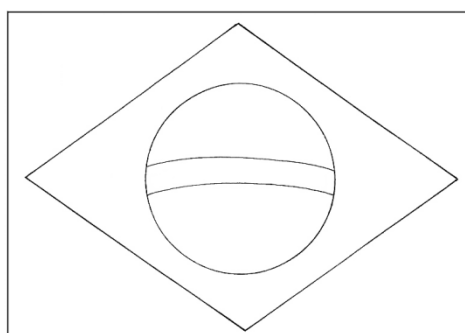
a) Amarela



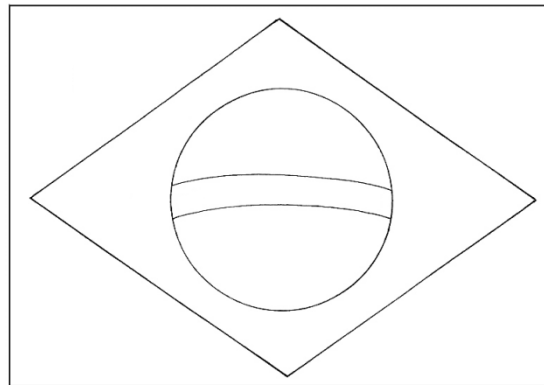
b) Vermelha



c) Azul



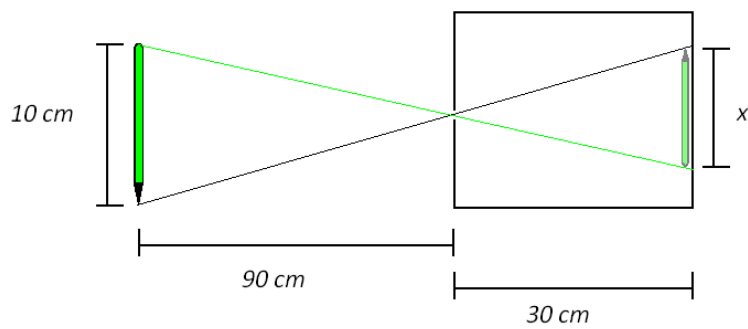
d) Verde



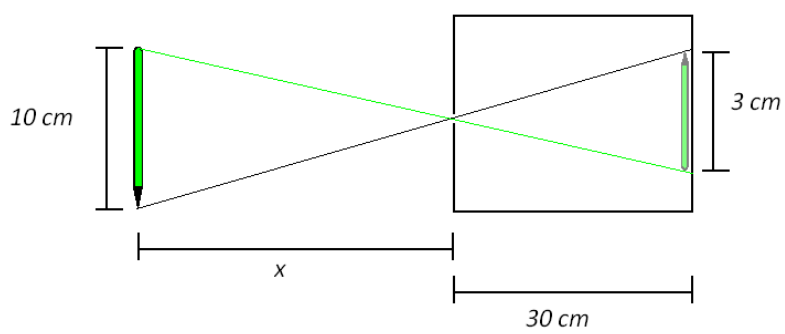
✓ Exercícios 2

1. Nas figuras abaixo determine o valor de "x":

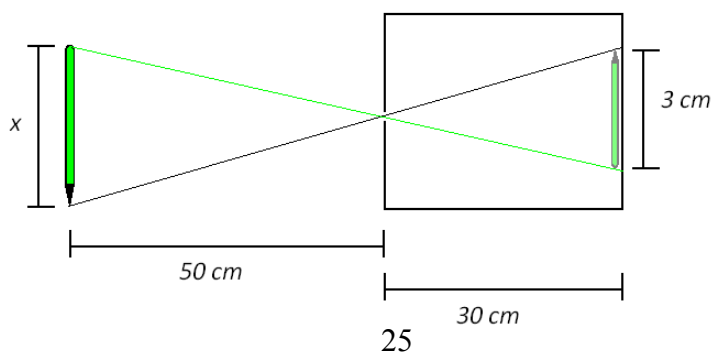
a)



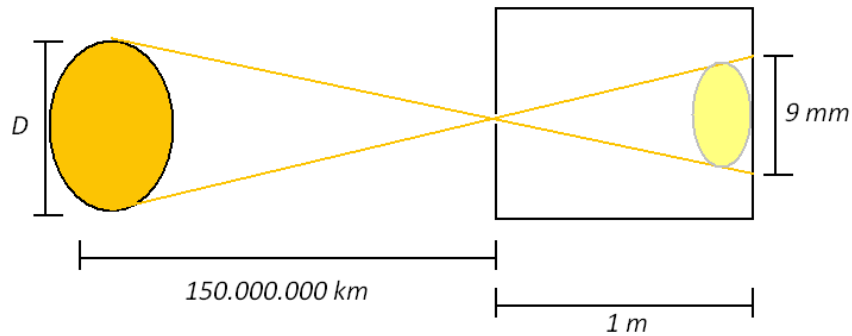
b)



c)



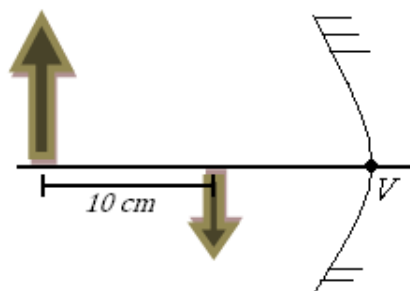
2. Quando o Sol é visualizado numa câmara escura quadrada de 1,0 m a imagem formada é de 9,0 mm, como mostra o esquema na figura abaixo.



Sabendo que a distância da Terra ao Sol é de 150.000.000 km, determine o diâmetro do Sol.

✓ Exercícios 3

- Um objeto é colocado a 30 cm de um espelho côncavo de 10 cm de raio e curvatura. qual a posição da imagem e seu aumento linear transversal?
- Ao se posicionar um objeto na frente de um espelho côncavo de 20 cm de raio de curvatura verificamos a formação de uma imagem invertida com o dobro do tamanho do objeto.
 - Qual a distância focal do espelho?
 - Qual o aumento linear transversal?
 - Qual posição do objeto e da imagem?
- Na figura abaixo, o tamanho da imagem é a metade do tamanho do objeto. Qual a distância focal do espelho?



4. Um objeto de 10 cm de altura é colocado a 30 cm de um espelho convexo de 60 cm de raio de curvatura. Qual a posição e o tamanho da imagem?

5. Um objeto de 40 cm de altura é colocado a 20 cm de um espelho esférico formando uma imagem direita á 5 cm do espelho. Determine:
 - a) o tipo de espelho.
 - b) a distância focal do espelho.
 - c) o tamanho da imagem.

✓ Exercícios 4

1. Na figura abaixo explique por que o lápis parece estar “quebrado”.



2. Pelo esquema abaixo determine o tipo de lente pelo formato.

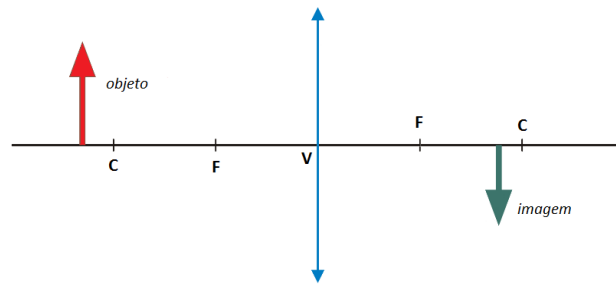


3. Os raios do Sol ao passar por uma lente convergente, se convergem a 10 cm de distância da lente. Se ao colocar um objeto a 20 cm desta lente, qual a distância da lente será formada a imagem?

4. Um objeto é colocado no mesmo plano óptico de uma lente convergente de distância focal 30 cm. A imagem visualizada é direita e três vezes maior que o objeto. Sendo assim, determine a distância entre o objeto e a imagem

5. Na figura abaixo, o objeto de 10 cm de altura, está no mesmo plano óptico de uma lente convergente de distância focal de 15 cm. À distância

em que a imagem é formada é de 25 cm da lente. A qual a distância do objeto até a lente? Qual o aumento dessa lente?



Respostas das listas de Exercícios

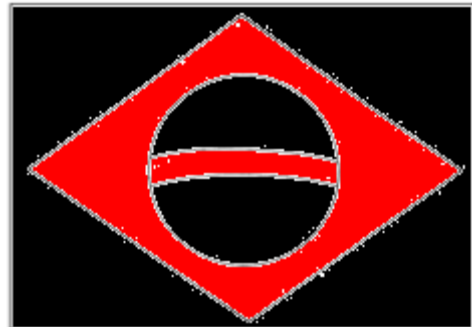
✓ Exercícios 1

5. O corpo absorve a cor azul e reflete o vermelho e o verde.
6. O corpo absorve a cor azul e reflete o verde.
7. O corpo absorve a cor azul e reflete o vermelho.
- 8.

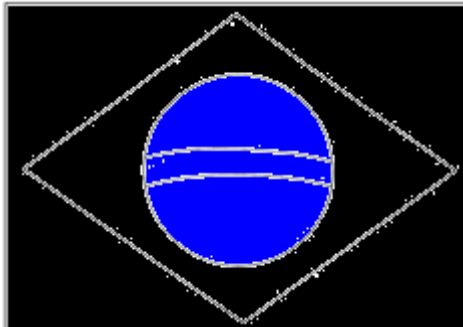
a)



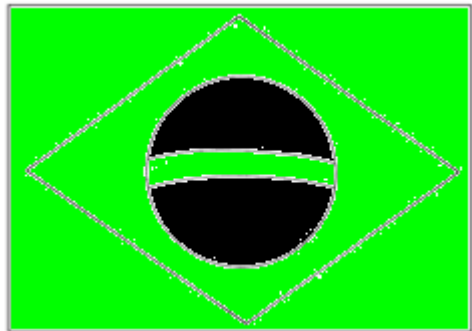
b)



c)



d)



✓ Exercícios 2

1.

$$\text{a) } \frac{o}{p} = \frac{i}{p'} \quad \frac{10}{90} = \frac{x}{30} \quad 90x = 300 \quad x = \frac{300}{90} \quad x = 3,33 \text{ cm}$$

$$\text{b) } \frac{o}{p} = \frac{i}{p'} \quad \frac{10}{x} = \frac{3}{30} \quad 3x = 300$$

$$x = \frac{300}{3} \quad x = 100 \text{ cm} \text{ ou } x = 1,0 \text{ m}$$

$$C) \frac{o}{p} = \frac{i}{p'} \quad \frac{x}{50} = \frac{3}{30} \quad 30x = 150$$

$$x = \frac{150}{3} \quad x = 50 \text{ cm}$$

2.

$$O = D = ?$$

$$p = 150.000.000 \text{ km} \text{ ou } 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$p' = 1 \text{ m}$$

$$i = 9 \text{ mm} \text{ ou } 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

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

$$\frac{D}{1,5 \cdot 10^{11}} = \frac{9 \cdot 10^{-3}}{1}$$

$$D = 1,5 \cdot 10^{11} \cdot 9 \cdot 10^{-3}$$

$$D = 13,5 \cdot 10^8 \text{ m} \quad \text{ou} \quad D = 1,35 \cdot 10^9 \text{ m}$$

✓ Exercícios 3

1.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{5} = \frac{1}{30} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{p'} = \frac{1}{5} - \frac{1}{30} \quad \frac{1}{p'} = \frac{6-1}{30}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{6-1}{30} \quad \frac{1}{p'} = \frac{5}{30} \quad 5p' = 30 \quad p' = 6 \text{ cm}$$

2.

a)

$$f = \frac{c}{2} \quad f = \frac{20}{2} \quad f = 10 \text{ cm}$$

b)

$$A = \frac{i}{o} \quad A = \frac{2 \cdot o}{o} \quad A = 2 \quad \text{OU} \quad A = 200\%$$

c)

$$\frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} \quad 2 = -\frac{p'}{p} \quad 2p = -p'$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{10} = \frac{1}{p} + \frac{1}{2p} \quad \frac{1}{10} = \frac{2+1}{2p} \quad 2p = 30 \quad p = 15 \text{ cm}$$

3.

$$i = \frac{o}{2} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad p = p' - 10$$

$$\frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} \rightarrow \frac{o/2}{o} = -\frac{p-10}{p} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{-p+10}{p} \rightarrow p = -2p + 20 \rightarrow$$

$$\rightarrow p = 20 \text{ cm} \quad \rightarrow p = p' - 10 \quad \rightarrow 20 = p' - 10 \quad \rightarrow p' = 10 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{20} + \frac{1}{10} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2+1}{20} \rightarrow 3f = 20 \rightarrow f = 6,66 \text{ cm}$$

4. Não há imagem formada.

5.

a) convexo

b)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{20} - \frac{1}{5} \quad \frac{1}{f} = \frac{1-4}{20} \quad 3f = 20 \quad f = 6,66 \text{ cm}$$

c)

$$\frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} \quad \frac{i}{40} = -\frac{-5}{20} \quad \frac{i}{40} = \frac{5}{20} \quad 20i = 200 \quad i = \frac{200}{20} \quad i = 10 \text{ cm}$$

✓ Exercícios 4

1. A luz ao passar de um meio para o outro sofre a refração, e aos chegar em nossos olhos dá a impressão de estar quebrado.

2. Plano-convexa, côncavo-convexa, bi-côncava.

3.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{10} = \frac{1}{20} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{10} - \frac{1}{20} = \frac{1}{p'} \quad \frac{2}{20} - \frac{1}{20} = \frac{1}{p'}$$
$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{20} \quad p' = 20 \text{ cm}$$

4.

$$i = 3o \quad -\frac{i}{o} = \frac{p'}{p} \quad -\frac{3o}{o} = \frac{p'}{p} \quad p' = -3p$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{30} = \frac{1}{p} - \frac{1}{3p} \quad \frac{1}{30} = \frac{3-1}{3p} \quad \frac{1}{30} = \frac{2}{3p}$$

$$3p = 60 \quad p = \frac{60}{3} \quad p = 20 \text{ cm}$$

$$p' = -3p \quad p' = -3 \cdot 20 \quad p' = -60 \text{ cm}$$

$$d_{io} = p - p' \quad d_{io} = 20 - (-60) \quad d_{io} = 80 \text{ cm}$$

5.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad \frac{1}{15} = \frac{1}{p} + \frac{1}{25} \quad \frac{1}{p} = \frac{1}{15} - \frac{1}{25} \quad \frac{1}{p} = \frac{5-3}{75}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{2}{75} \quad 2p = 75 \quad p = 37,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} \quad A = -\frac{-25}{37,5} \quad A = 0,66$$

Bibliografia

BONJORNO, José Roberto, RAMOS, Clinton Marcico, PRADO, Eduardo de Pinho, CASEMIRO, Renato. *Física: Termologia, óptica, ondulatória, 2º ano*. FTD, São Paulo, 2013.

FÍSICA BACHILLERATO: disponível em: < <http://curso2012fisica.blogspot.com.br/p/4-ano-reflexion-y-refraccion-de-la-luz.html> > acesso em agosto de 2015

FÍSICA INTERESSANTE: disponível em: < <http://www.fisica-interessante.com/fisica-ondas-cores.html> >. acesso em agosto de 2015.

PUBLIC DOMAIN PICTURES: disponível em < <http://www.fisica-interessante.com/fisica-ondas-cores.html> > acesso em julho de 2015

WINKMEDIA COMONS: disponível em: < <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CamaraOscura.png> > acesso em agosto de 2015