NOTAS AULAS DE FÍSICA

ÓPTICA

05/2015

Professor Danilo Lima

Site: estudeadistancia.professordanilo.com

estudeadistancia.professordanilo.com

PREFÁCIO

Estas notas são divulgadas periodicamente no blog estudeadistancia.professordanilo.com

A data na folha de rosto representa o mês em que foi publicada as notas. Estas notas são publicadas mensalmente em arquivo único em formato adequado para dispositivos móveis, como tablets de 7'' (17 cm de largura por 9 cm de altura).

Aceito sugestões e erros cometidos em minhas notas podem ser comunicados em comentário no próprio post onde disponibilizo o arquivo coma as notas.

Caso lhe seja útil tais notas, tenha em mente que são apenas **notas**, ou seja, não há detalhamento da teoria e haverá bastante lacuna de conteúdo, que são preenchidas durante o decorrer da aula, mas poderá ser útil como complemento da aula.

Danilo José de Lima, Campinas, maio de 2015

estudeadistancia.professordanilo.com

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA

1.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1.2 LUZ

1.3 VELOCIDADE DA LUZ

1.4 FONTES DE LUZ

1.5 RAIO DE LUZ

1.6 MEIOS

1.7 PRINCÍPIOS DA ÓTICA GEOMÉTRICA

1.8 APLICANDO OS PRINCÍPIOS

1.9 EXPERIMENTO DE NEWTON

1.10 DISCO CROMÁTICO

estudeadistancia.professordanilo.com

2 ESPELHOS PLANOS

2.1 INTRODUÇÃO

2.2 REFLEXÃO REGULAR E DIFUSA

2.3 REFLEXÃO SELETIVA

2.4 LEIS DA REFLEXÃO

2.5 O ESPELHO PLANO

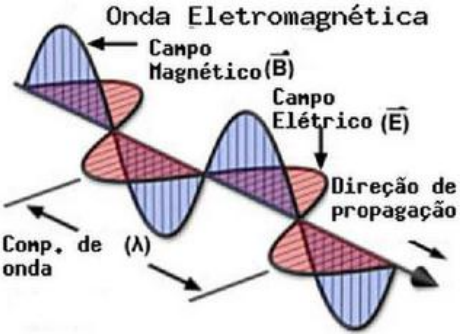
estudeadistancia.professordanilo.com

1 INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA

estudeadistancia.professordanilo.com

1.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Onda transversal



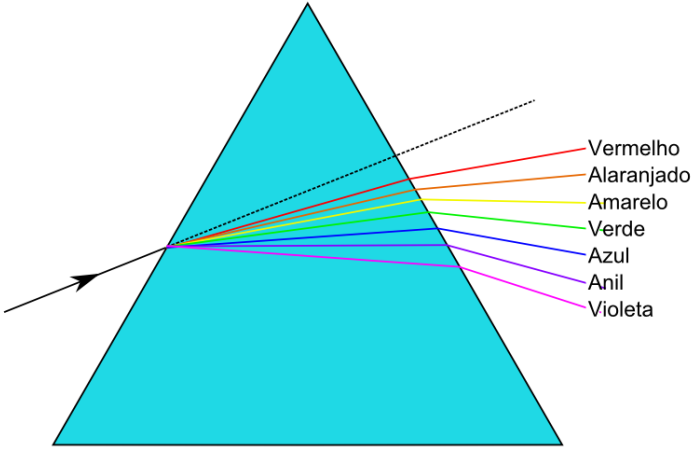
http://www.c2o.pro.br/automacao/figuras/onda_eletro_mag.png

Exemplos em ordem crescente de frequência (energia):

Ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raios x, raios Gama

1.2 LUZ

Onda Eletromagnética Visível



Luz monocromática: composta apenas de uma frequência

1.3 VELOCIDADE DA LUZ

$$c = 299.792.458{,}6 \text{ m/s}$$

Máxima velocidade possível!!!

Ano-luz: distância que a luz percorre em um ano

$$\Delta s = 1 \text{ ano-luz}$$
$$\Delta t = 1 \text{ ano}$$

$$v = c = 299.792.458{,}6 \text{ m/s}$$

$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 1 \text{ ano-luz} \approx 9{,}5 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

Em qualquer meio que não seja o vácuo, a luz terá velocidade menor que c.

Vamos usar a aproximação c $\approx$ 3.10^8 m/s

estudedistance.ordanilo.com

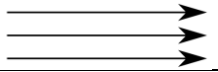
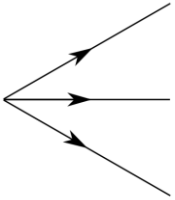
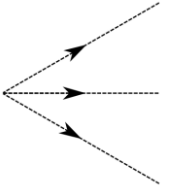
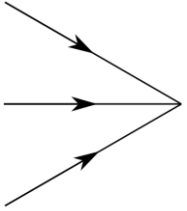
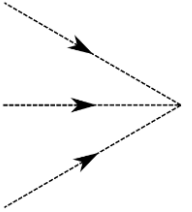
1.4 FONTES DE LUZ

- FONTES PRIMÁRIAS
    - Estrelas
    - Sol
    - Lâmpada ligada
    - Vela
    - Monitor do computador
- FONTES SECUNDÁRIAS
    - Lua
    - Outros planetas
    - Lousa
    - Papel do livro

estudeadistancia.professordanilo.com

1.5 RAIO DE LUZ

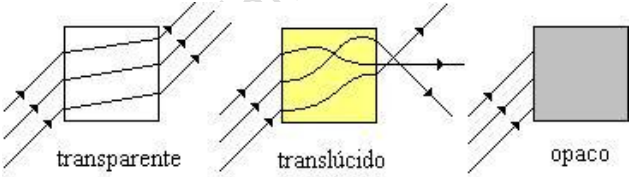
Representa a direção e o sentido de propagação da luz. Tipos de representações usando raios:

		Feixe paralelo	
	Pincel cônico divergente Ponto objeto real		Pincel cônico divergente Ponto objeto virtual
	Pincel cônico convergente Ponto imagem real		Pincel cônico convergente Ponto imagem virtual

estudeadistancia.pr danilo.com

1.6 MEIOS

- Transparentes
  - Vidro
  - Água
  - Ar
- Translúcido
  - Vidro fosco
  - Papel vegetal
  - Neblina
- Opaco
  - Metais
  - Parede
  - Madeira



http://1.bp.blogspot.com/-iQ0mfMUc5CM/UTOugykShFI/AAAAAAAAACQ/TrSMLIuOr_c/s400/imagem-2.jpg

estudeadistancia.p[illegible]nilo.com

1.7 PRINCÍPIOS DA ÓTICA GEOMÉTRICA

1. **Propagação retilínea da luz**

2. **Independência dos raios de luz**

3. **Reversibilidade dos raios de luz**

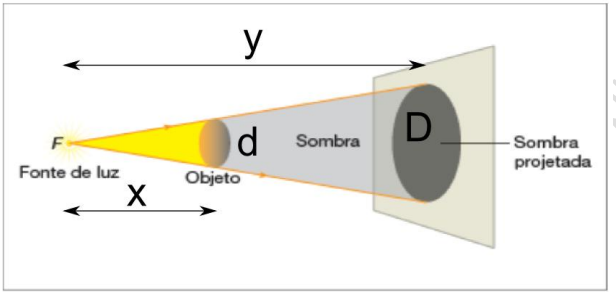
estudeadistancia.professordanilo.com

1.8 APLICANDO OS PRINCÍPIOS

SOMBRAS

Resolve-se usando geometria: semelhança de triângulos

Fontes pontuais (d e D os diâmetros do objeto e sombra respectivamente):



http://images.comunidades.net/wel/well31/luz10.png

Por semelhança de triângulos

$$\frac{y}{x} = \frac{D}{d} = k$$

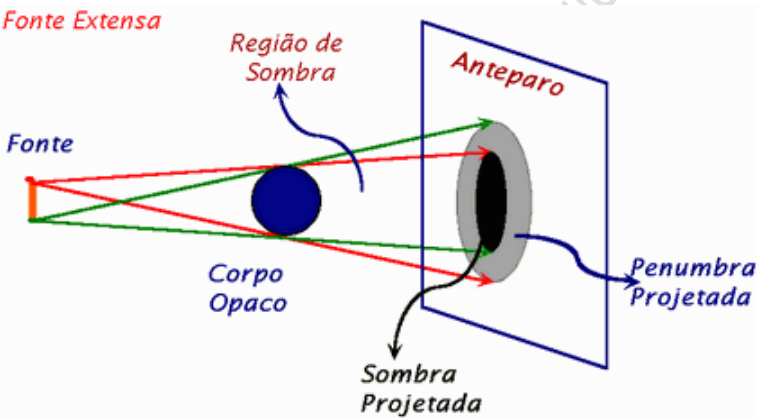
Razão entre as áreas:

$$\frac{A}{a} = \frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = k^2$$

estudo.professordanilo.com

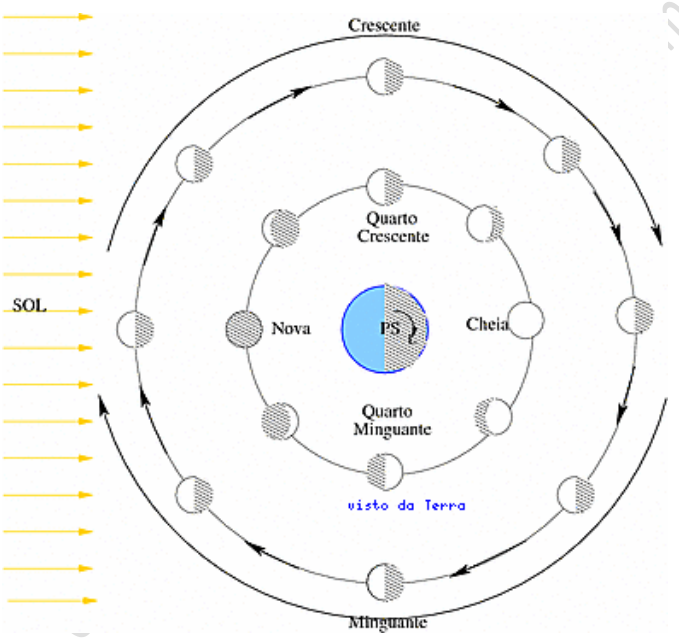
SOMBRAS E PENÚMBRAS

Corpo extenso.



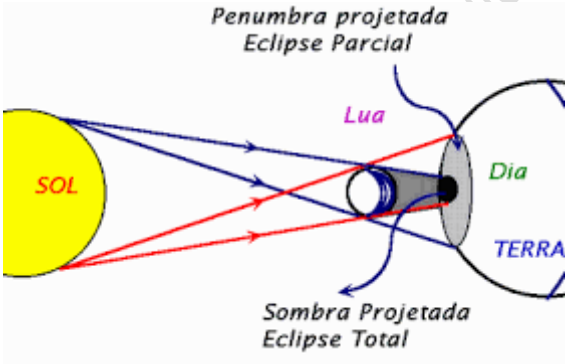
http://www.ciencia-cultura.com/pagina_fis/vestibular00/FenomenosOpticos/aula01-optica-fig005.gif

FASES DA LUA



http://astro.if.ufrgs.br/lua/lua.htm

ECLÍPSE SOLAR



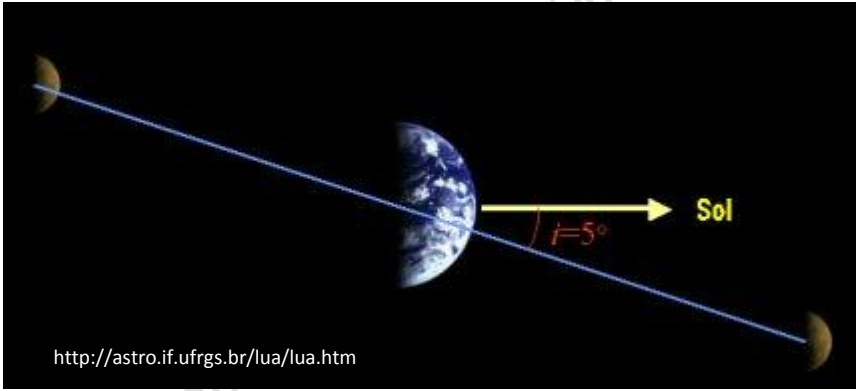
http://www.ciencia-cultura.com/pagina_fis/vestibular00/FenomenosOpticos/aula01-optica-fig007.gif

estudeadistancia.com

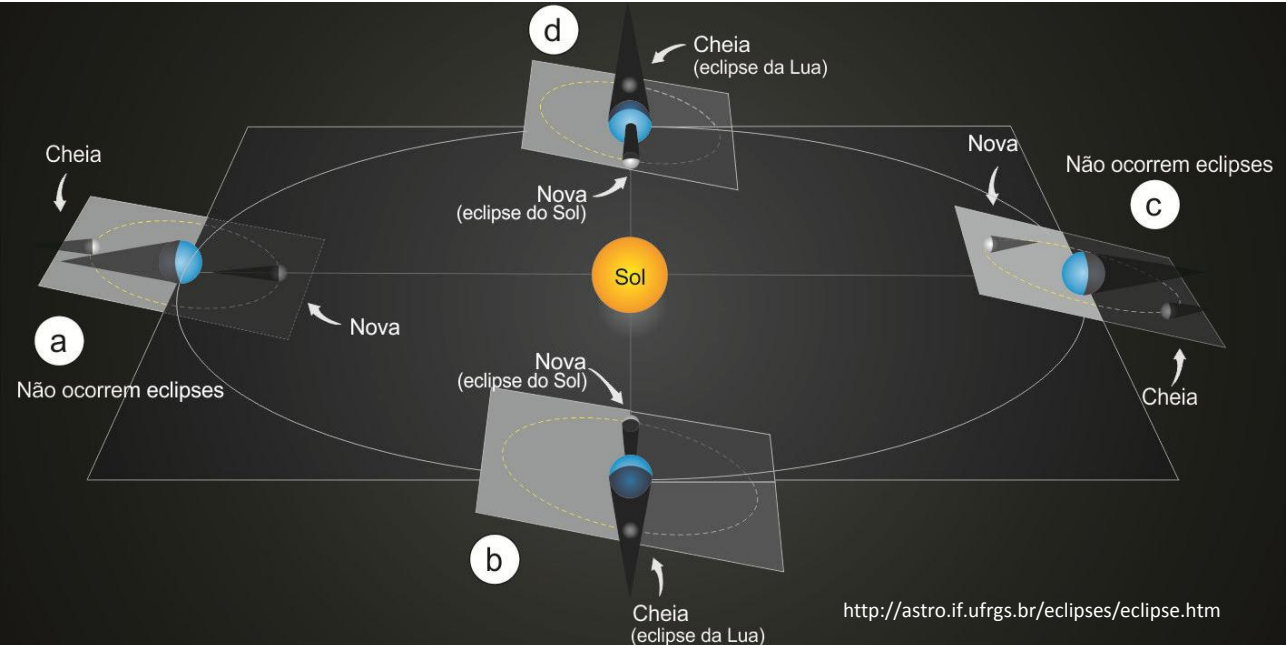
http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm

LUA

A Lua possui uma órbita com inclinação de cerca de 5º em relação ao plano da eclíptica (um plano imaginário que contém a trajetória da Terra em torno do Sol).



O nome eclíptica vem do fato de que só ocorrem eclipses se a Lua estiver passando por este plano. Veja figura na próxima página.


d
Cheia
(eclipse da Lua)
Cheia
Nova
(eclipse do Sol)
Nova
Não ocorrem eclipses
c
Sol
Nova
a
Não ocorrem eclipses
Nova
(eclipse do Sol)
Cheia
b
Cheia
(eclipse da Lua)
http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm

MAIS SOBRE ASTRONOMIA

Você pode encontrar mais informações sobre astronomia na página http://astro.if.ufrgs.br/

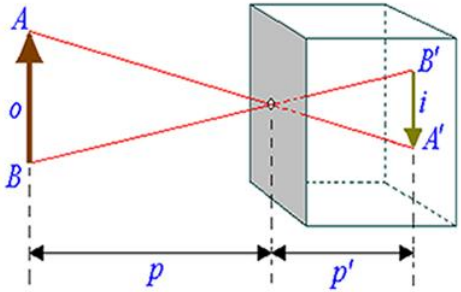
Uma apresentação sobre astronomia com questões de vestibular pode ser baixada em http://professordanilo.com/pdf/ASTRONOMIA.pps

Este último link está temporariamente com problemas. Assim que possível será consertado e estará funcionando normalmente.

estudeadistancia.professordanilo.com

CÂMARA ESCURA

Mais uma vez semelhança de triângulos:



http://www.brasilescola.com/upload/conteudo/images/esquema-geral-de-uma-camara-escura.jpg

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

estudeadista.ilo.com

1.9 EXPERIMENTO DE NEWTON

Erroneamente, é possível encontrar em diversos materiais didáticos como livros, apostilas e sites a informação de como Newton foi capaz de recompor a luz branca que, após ser dispersada por um prisma, usando um segundo prisma. Na realidade, foi necessário usar um terceiro elemento: uma lente. Além disso, o experimento mostra que mesmo usando a lente, a luz não se recompões, e temos a impressão de que a luz volta a ser branca porque nossos olhos não são capazes de distinguir as diversas cores.

Um ótimo vídeo feito pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology* – Istitudo de tecnologia de Massachusetts) pode ser encontrado no youtube: https://www.youtube.com/watch?v=uucYGK_Ymp0

Uma compilação, em inglês, dos textos originais, podem ser vistos no site

http://www.newtonproject.sussex.ac.uk/prism.php?id=1

estudoadistancia.professordanilo.com

1.10 DISCO CROMÁTICO

Quando se vê um objeto com determinada cor, por exemplo, verde, isto significa que a cor que ele menos absorve é a cor verde. Com isso, podemos inferir, com base na cor de um objeto, qual cor ele mais absorve.

Por exemplo, a grama absorve mais cores vermelhas, pois reflete a verde. E isto nós podemos concluir analisando o disco cromático, apresentado na página seguinte, da seguinte maneira: a cor oposta à cor de um objeto, segundo o disco cromático, é a cor que o material mais absorve. Por exemplo, como o vermelho está oposto ao verde (cor que vemos uma folha), então as folhas mais absorvem a cor vermelha.

Pelo disco cromático, também é possível prever qual a cor que se obtém misturando dois pigmentos. Por exemplo, se misturarmos em partes iguais pigmentos de cores azul e amarelo, obtemos a coloração esverdeada. Aumentando a quantidade de amarelo, obtemos verdes mais claros, enquanto que aumentando quantidades de pigmentos azuis, obtemos verde mais escuro. Isso pode ser visto no disco: a cor obtida está entre as cores dos pigmentos misturados.

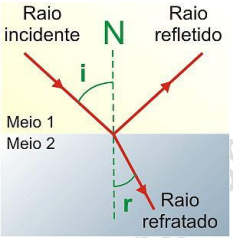
Observe a figura a seguir e verifique que misturando vermelho e azul obtemos cores roxas.

estudeadistancia.professordenilo.com

2 ESPELHOS PLANOS

estudeadistancia.professordanilo.com

2.1 INTRODUÇÃO



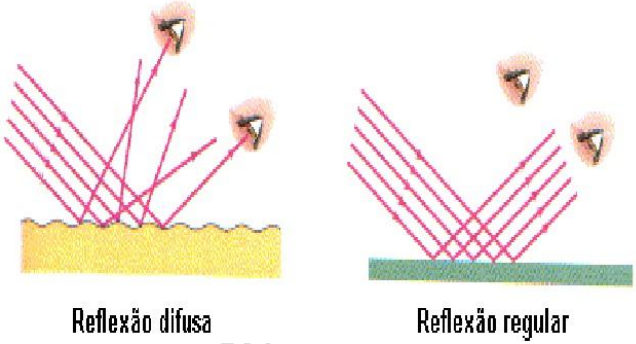
http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/images/fib_opt_1.jpg

REFLEXÃO: onda interage com a superfície e retorna ao mesmo meio em que estava inicialmente.

REFRAÇÃO: a onda interage com a superfície e se propaga para no outro meio.

estudeadistancia.prof.br/danilo.com

2.2 REFLEXÃO REGULAR E DIFUSA

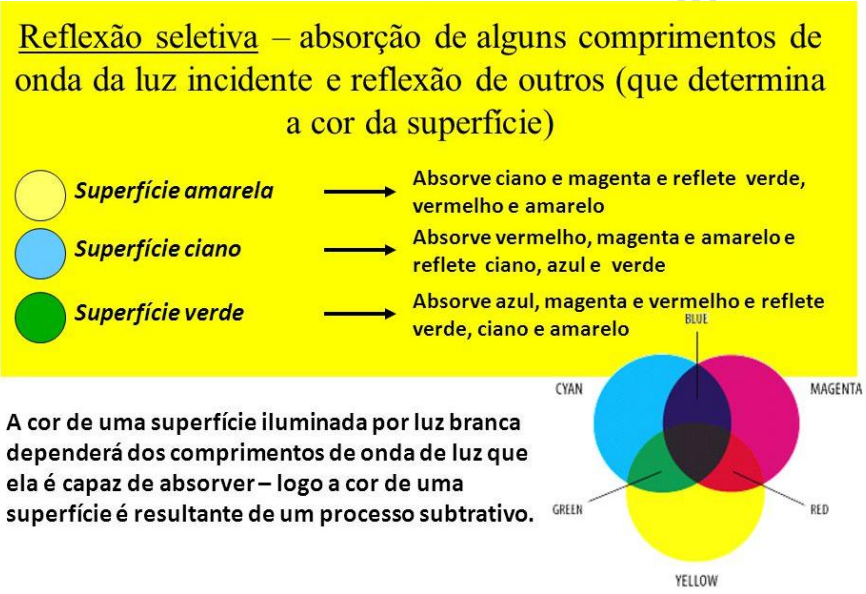


http://wiki.stoa.usp.br/images/2/2a/Reflex%C3%A3o_regular_difusa.jpg

Reflexão difusa ocorre em superfícies irregulares e é o que possibilita enxergarmos objetos ao nosso redor, ler livros, ver o que se escreve em um quadro negro, etc.

Reflexão regular ocorre em superfícies polidas e é o que permite produzir espelhos. Uma superfície que possui reflexão difusa, se bem polida, pode se tornar uma superfície que produz reflexão regular.

2.3 REFLEXÃO SELETIVA



http://images.slideplayer.com.br/7/1790448/slides/slide_32.jpg

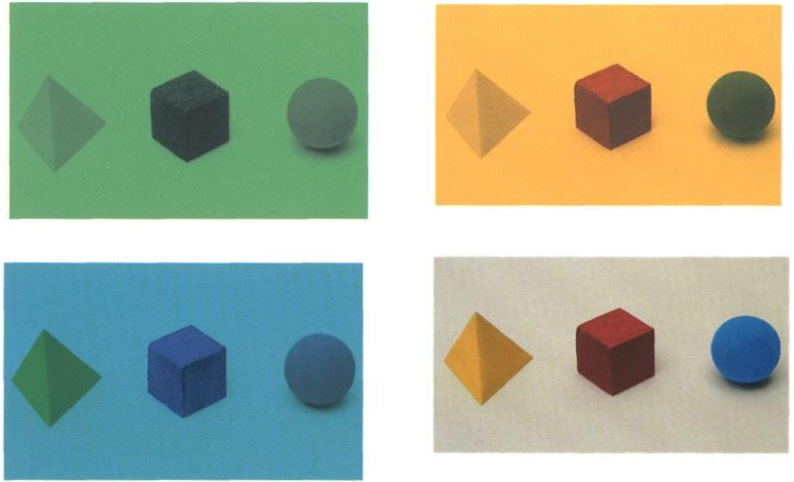
Cor dos objetos

A cor dos objetos também dependa da cor da luz incidente

http://images.slideplayer.com.br/7/1790448/slides/slide_33.jpg

Cor dos objetos

A cor dos objetos também dependa da cor da luz incidente



http://images.slideplayer.com.br/7/1790448/slides/slide_34.jpg

COR BRANCA IDEAL: reflete todas as cores

COR PRETA IDEAL (corpo negro): absorve todas as cores

OBJETOS DE CORES: quando dizemos que é feito de pigmentos puros, então este objeto não absorve somente a cor que o vemos. Por exemplo, se a lousa é verde e se afirmarmos que é feita de pigmentos puros, então ela não absorve somente a frequência da luz correspondente ao verde.

Um objeto de cor e transparente (por exemplo, luminárias coloridas) permitem a reflexão e/ou transmissão apenas da luz verde.

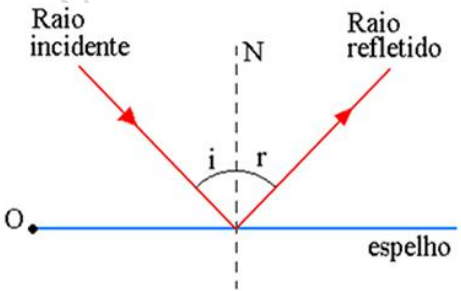
Se falarmos que um objeto foi visto usando um filtro de determinada cor (por exemplo, filtro azul, filtro vermelho, etc), isso quer dizer que usamos uma lâmina transparente à cor correspondente ao filtro. Como exemplo, a figura anterior apresenta fotografias de três objetos onde foram usados filtros verde, amarelo e azul.

estudeadistancia.professorcamilo.com

2.4 LEIS DA REFLEXÃO

1ª LEI DA REFLEXÃO

O raio de luz incidente, o raio de luz refletido e a reta normal à superfície refletora pertencem à um mesmo plano.



2ª LEI DA REFLEXÃO

O ângulo de incidência e de reflexão são congruentes (usaremos a palavra congruente como sinônimo de igual).

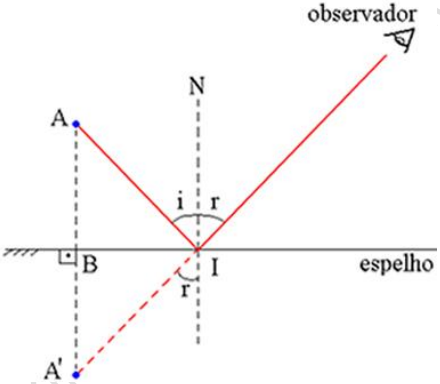
$$i = r$$

OBS: ângulos de incidência e de reflexão são medidos **<u>sempre</u>** em relação à normal!

estudeadistancia.professordar.com

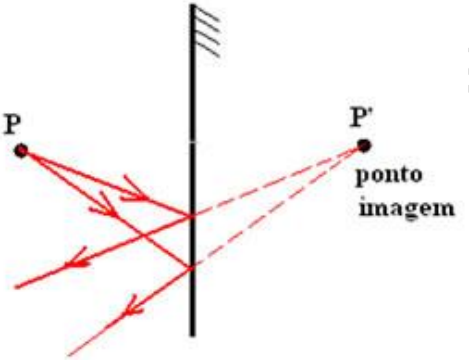
2.5 O ESPELHO PLANO

1. CONSTRUÇÃO DE IMAGEM



http://www.brasilescola.com/upload/conteudo/images/imagem-de-um-objeto-pontual.jpg

estudeaula.com

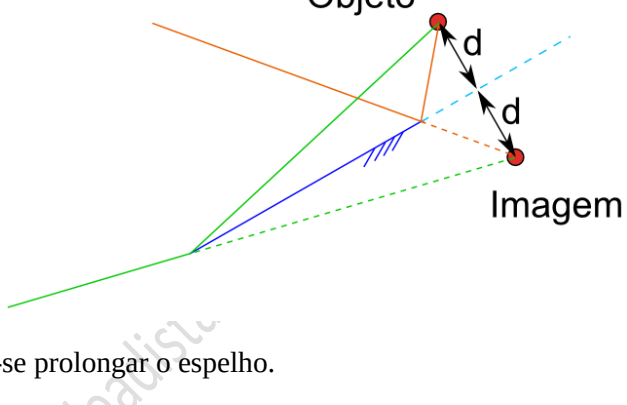


http://www.alunosonline.com.br/upload/conteudo/images/espelho%20plano2.jpg

P é ponto objeto real e P' é ponto imagem virtual.

estudeadistancia.com

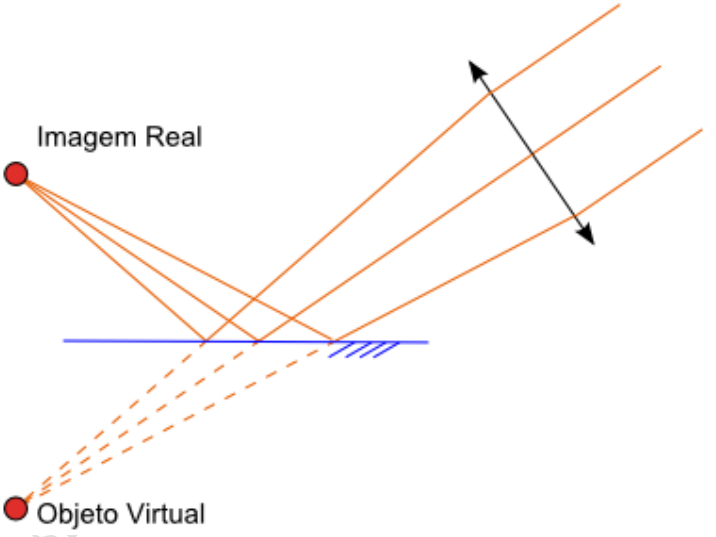
Note que o espelho pode estar inclinado e, além disso, a reta que liga objeto e imagem não precisa passar pelo espelho.



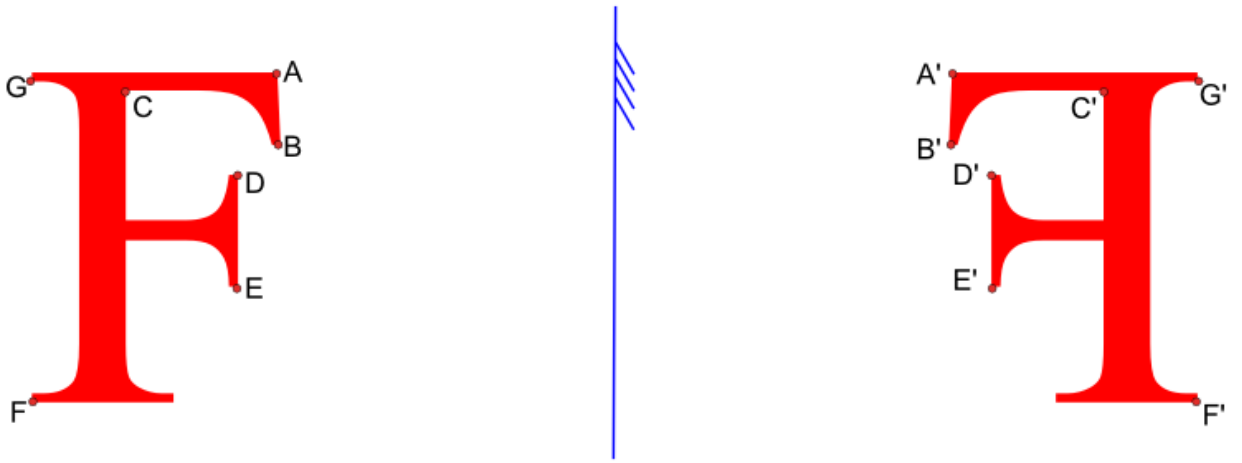
Quando isto acontece, deve-se prolongar o espelho.

Nunca se esqueça: a imagem e objeto são simétricos em relação ao plano que passa pelo espelho (ou seja, a distância d não é em relação ao espelho, mas sim em relação ao plano que contém o espelho). Tal plano está parcialmente representado pela linha azul claro tracejada.

Espelhos planos podem formar imagens reais.

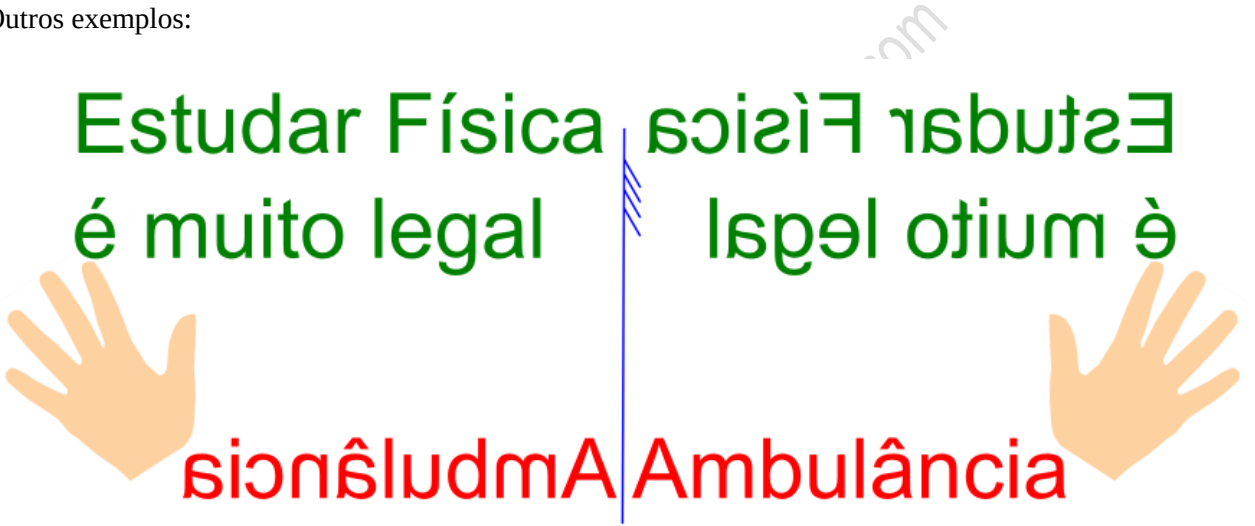


2. IMAGEM DE UM CORPO EXTENSO

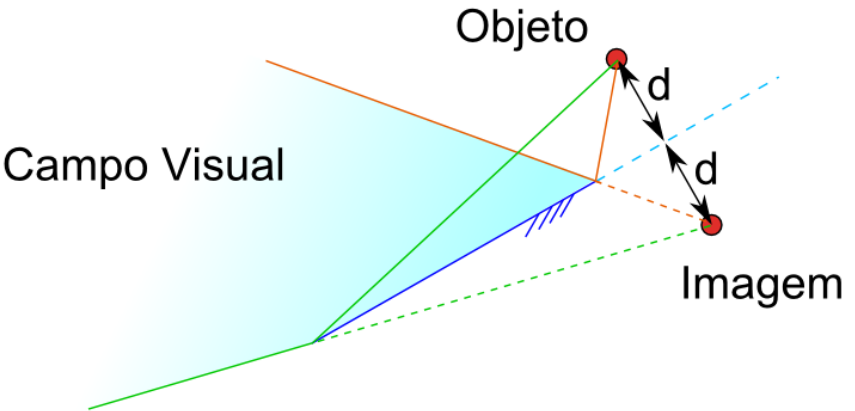


Brinque de ligar os pontos...

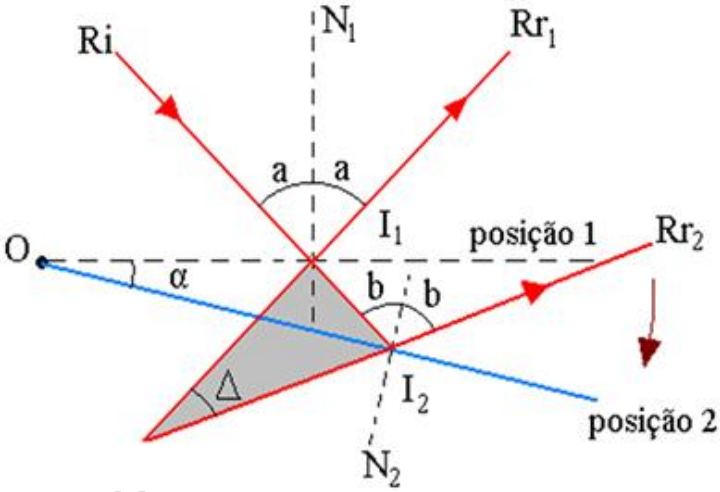
Outros exemplos:



3. CAMPO VISUAL



4. ROTAÇÃO DE UM ESPELHO PLANO



http://www.alunosonline.com.br/upload/conteudo/images/rotacao-do-espelho-plano.jpg

Verifique que $b = a + \alpha$ e que o desvio $\Delta = 2\alpha$. Pense na normal se inclinando de um ângulo α.

5. TRANSLAÇÃO DE ESPELHOS E OBJETOS

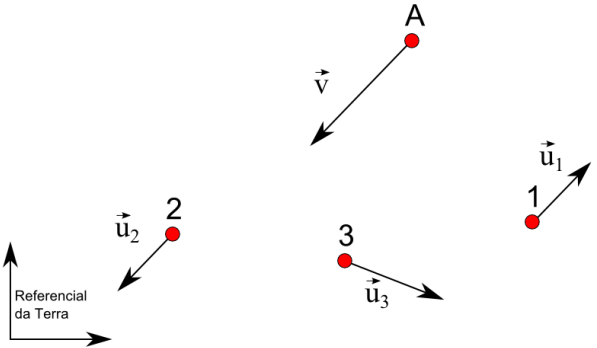
Farei uma abordagem vetorial neste assunto. Para isso, temos que lembrar (ou ver pela primeira vez) como mudar de referencial. Assim, supondo um móvel A com velocidade $\vec{v}$ medido em relação à Terra e *n* corpos nomeados simplesmente de corpo 1, corpo 2, ... e corpo *n* com velocidades respectivamente de $\vec{u}_1$, $\vec{u}_2$, $\vec{u}_3$, ... e $\vec{u}_n$. Se quisermos mudar para o referencial de A, isto é, se quisermos saber a velocidade de cada corpo em relação ao corpo A, temos que subtrair o vetor velocidade de A de todos os corpos.

Ou seja, a velocidade do corpo 1 será $\vec{u}_1 - \vec{v}$, do corpo 2 $\vec{u}_2 - \vec{v}$ e assim sucessivamente até o corpo *n* que será $\vec{u}_n - \vec{v}$.

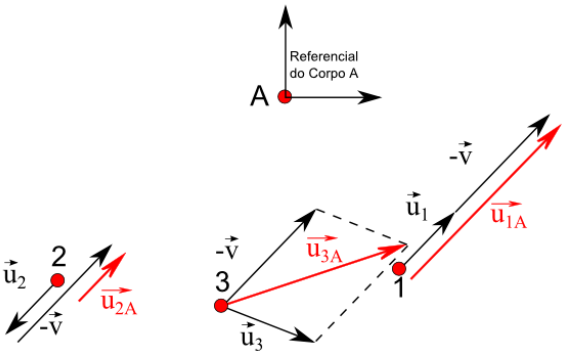
estudeadistancia.professordomio.com

Vetorialmente temos a seguinte representação:

Velocidades medidas no referencial da terra

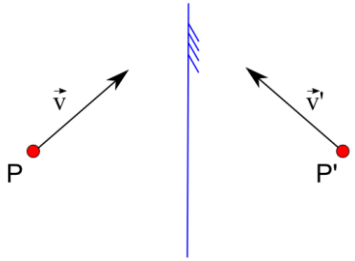


Velocidades medidas em relação ao corpo A

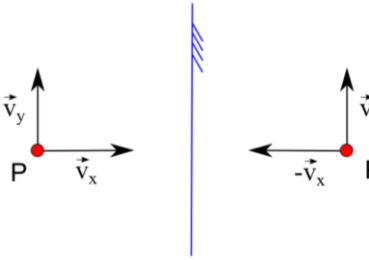


estudo profe danilo.com

Agora vamos ao problema dos espelhos: um espelho plano não gera imagens enantiomorfas apenas de objetos reais (no sentido de objetos que existem), mas também de representações matemáticas, como um vetor, por exemplo. Assim, um objeto diante de um espelho (espelho em repouso) que apresenta uma velocidade $\vec{v}$ terá uma imagem tal que a velocidade da imagem é representada pela imagem do vetor $\vec{v}$ que chamaremos de $\vec{v}\,'$. Observe o desenho ao lado que representa esta situação.



É mais fácil pensarmos em termos das componentes dos vetores velocidade. Com isso, podemos ver que o espelho apenas inverte o sentido da componente da velocidade na direção do espelho, que chamaremos de $\vec{v}_x$, mantendo inalterado a componente $\vec{v}_y$ paralela ao espelho. Veja isso na figura ao lado.



Como trabalhamos apenas em relação à espelhos parados, o que acontece se o espelho se mover? Talvez a maneira mais simples de resolvermos este problema seja mudarmos de referencial: vamos para o referencial do espelho, no qual já sabemos o que acontece.

estudeadistancia.professordarillo

Seja um espelho com uma velocidade $\vec{u}$ e um objeto com velocidade $\vec{v}$ medidos em relação à Terra. Qual é a velocidade da imagem em relação à Terra?

A figura abaixo (fig. 1) representa tal situação. Vamos mudar de referencial calculando a velocidade de P em relação ao espelho (fig. 2): para isso somamos $-\vec{u}$ ao ponto P. Nesta nova configuração, basta encontrar a imagem dos vetores velocidade, agora com $\vec{v}$ decomposto em $\vec{v}_x$ e $\vec{v}_y$. Depois voltamos para o referencial do espelho somando $\vec{u}$ em todos os corpos.

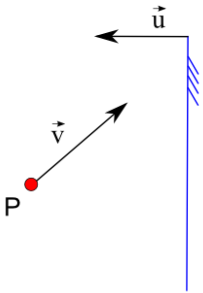


Figura 1

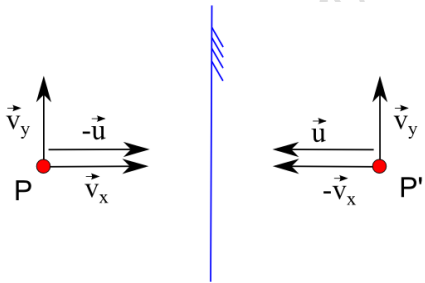


Figura 2

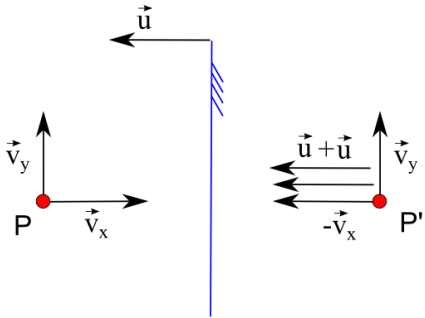
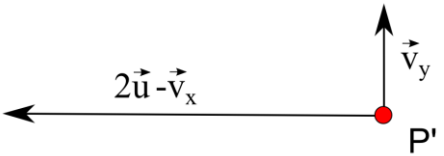


Figura 3

Observe que a velocidade de P' é dada pela na figura ao lado.

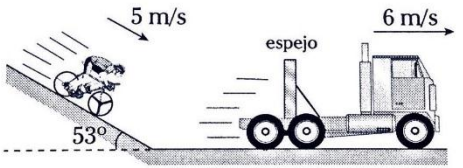
Se um corpo estiver se movendo perpendicularmente à um espelho plano, a velocidade da imagem será o dobro da velocidade do espelho subtraída da própria velocidade do corpo.



Vamos fazer um exemplo para ver como aplicar isto.

EXERCÍCIO

(UNA VISON ANALÍTICA-LUMBRERAS) Um caminhão que se move com velocidade constante possui instalado em sua traseira um espelho plano. Determine o módulo da velocidade com qual se move a imagem do jovem em relação ao solo, considere que a pessoa realize um MRU.
Use $\text{sen}\,53^o = 0,8$ e $\cos 53^o = 0,6$

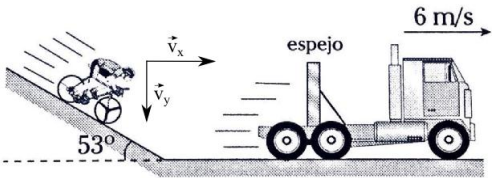


estudeadistância.professordar...com

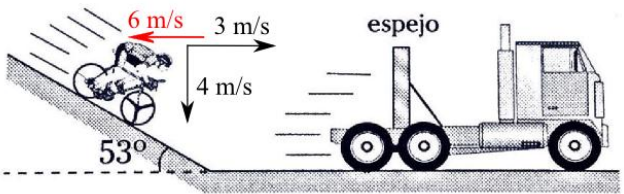
RESOLUÇÃO

Decompondo a velocidade, temos que:

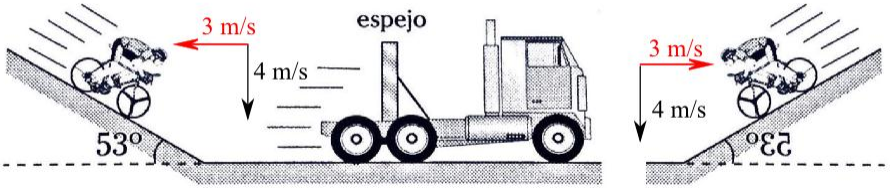
$$\begin{cases} v_x = v\cos 53^o = 3 \text{ m/s} \\ v_y = v\,\text{sen}\, 53^o = 4 \text{ m/s} \end{cases}$$



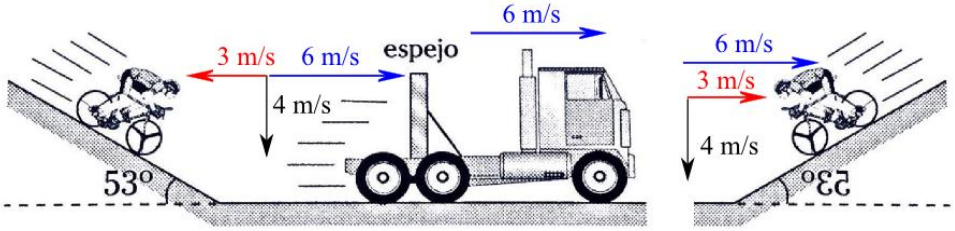
Agora mudamos de referencial conforme a figura abaixo, indo para o referencial do caminhão.



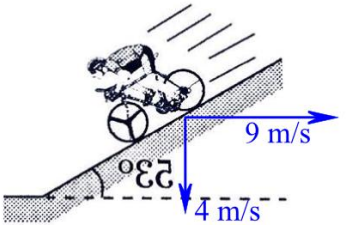
Encontramos a velocidade da imagem em relação ao espelho (caminhão):



Por fim, retornamos ao referencial do solo:



Por fim, calculamos o módulo da velocidade do ciclista em relação ao solo através do teorema de Pitágoras:

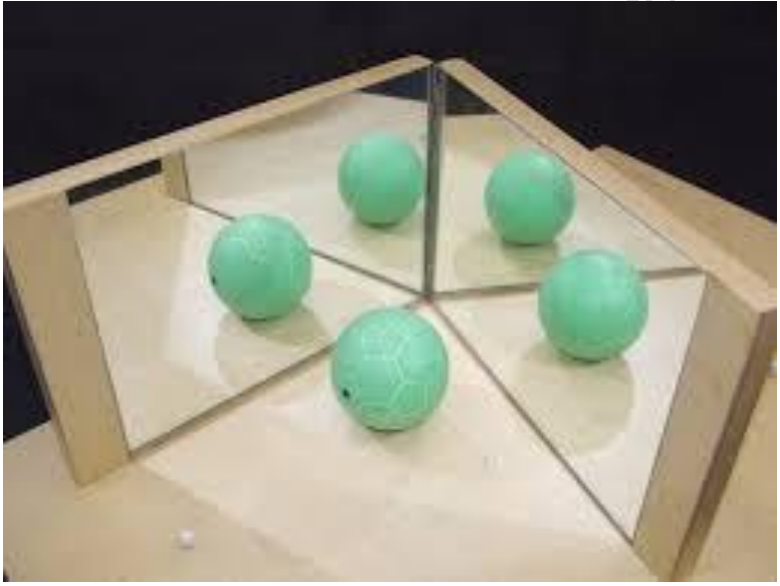


$$v'_{\text{ciclista}} = \sqrt{9^2 + 4^2} \Rightarrow$$

$$\boxed{v'_{\text{ciclista}} = \sqrt{97}}$$

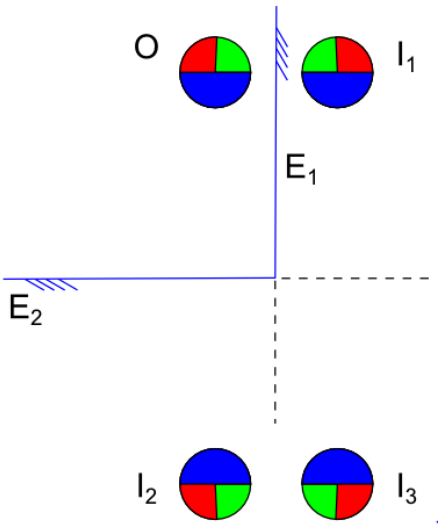
estudeadistancia.p...o.com

6. ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS



http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/01/espelho-plano.jpg

Observe o esquema ao lado no qual apresentamos um objeto O e dois espelhos E_1 e E_2. Como localizar todas as imagens formadas por estes espelhos?



Primeiro podemos encontrar a imagem I_1 formada devido ao espelho E_1; depois encontramos a imagem I_2 devido ao espelho E_2. Agora, tanto a imagem I_1 pode servir como objeto para o espelho E_2 como a imagem I_2 pode servir como objeto para o espelho E_1.

O resultado para estas duas imagens, que se comportam como objetos, serão duas imagens coincidentes que é a I_3.

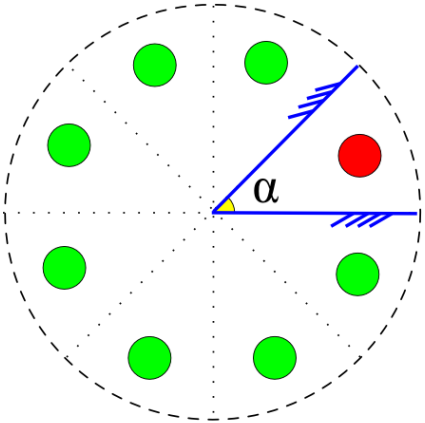
Você pode prolongar os espelhos para auxiliar você a encontrar as imagens. Note que no exemplo, consideramos que os espelhos formam 90º.

estudadistancia.pr

7. NÚMERO DE IMAGENS EM UMA ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS

Se tivermos dois espelhos formando um ângulo α entre eles, quantas imagens serão formadas?

Observe a figura a seguir. Observe que as figuras sempre estarão dispostas em torno de uma circunferência (olhe também o desenho na página anterior). Observe o número de imagens (n) mais o número de objetos (= 1) é o número de "fatias de pizza" que obtemos se cortarmos a circunferência sob arcos medindo α. Assim:



$$n+1=\frac{360^{o}}{\alpha}$$

Portanto, o número total de IMAGENS será: $\boxed{n=\frac{360^{o}}{\alpha}-1}$

estudeadistancia.pro.br