

UNICAMP – Universidade estadual de Campinas

Instituto de Física Gleb Wataghin

F 609 – Tópicos de Ensino de Física I

Prof. José Joaquim Lunazzi

RELATÓRIO FINAL

PROJETO:

ESPELHO INFINITO E DISTANCIÔMETRO

Orientador: Eng. Antônio Carlos da Costa

accostaunicamp.br

Aluno: Newton da Silva, RA 063415

newtondasilvagmail.com



Introdução

A ótica talvez seja uma dos conteúdos em Física onde os alunos possuem a maior dificuldade de visualizar ou até mesmo imaginar os resultados obtidos, muitas vezes necessitam de uma visão de geometria plana ao qual não estão acostumados ou desenvolvidos, embora ser extremamente prática, muitas vezes nos passa despercebida seus efeitos.

Na busca da aproximação entre aluno e a ótica, foram realizadas duas montagens de caráter didático para mostrar alguns efeitos óticos e a utilização de espelhos com base na geometria plana.

O primeiro experimento, o Espelho Infinito, seu objetivo será mostrar a formação de imagens infinitas colocando-se um espelho e semi-espelho em paralelo numa câmara. O segundo experimento, o Distanciômetro, utilizará um espelho móvel e outro fixo e a partir destes será possível coletar a distância de objetos a partir de escala já determinada.

Teoria

Temos o surgimento de formas primitivas de espelho na civilização Olmeca (1500 a 400a.C.) no atual centro-sul do México. Seus materiais podiam ser, por exemplo, a antracita e a obsidiana, poderiam vir também em colares esculpidos de tal maneira que serviam de espelhos.

A qualidade da visibilidade e reflexão de tais espelhos nos descreve a maneira como o material foi cortado, a precisão do corte nos mostra a evolução da civilização e como elas a utilizaram. Podemos encontrar também já nessa época o domínio de técnicas para construção de lentes de aumento e polarizadoras.

Com o avanço das épocas o espelho se tornou um produto caro. Os chamados espelhos venezianos eram mais valiosos que navios de guerra ou pinturas de gênios como da Renascença.

A democratização do artigo começou em 1660, quando o rei da França Luis XIV (1638-1715) ordenou que um de seus ministros subordinasse artesãos venezianos para obter o segredo deles. O resultado pode ser conferido na sala dos espelhos no palácio de Versalhes. Com o advento da Revolução Industrial, o processo de fabricação ficou bem mais barato e o preço caiu permitindo a popularização dos espelhos

Espelho Infinito

Resumo

O espelho é um material bem conhecido do homem, sua capacidade de refletir imagens nos encanta, quando imaginamos um espelho pensamos naquele em que reflete totalmente, porém quando temos uma superfície que reflete parte do que vemos e conseguimos ver do outro lado, temos um semi-espelho.

Um exemplo de semi-espelho são os insulfilms dos carros, quando observamos do lado de fora ele nos permite ver muito pouco do lado de dentro e reflete a imagem do lado de fora para quem está dentro do carro.

O espelho infinito irá abordar essa propriedade para a construção de várias imagens iguais, simplesmente colocando um espelho e um semi-espelho e observaremos as imagens formadas.

Descrição

Quando temos uma associação de espelhos, como no nosso experimento, a imagem sofre uma série de reflexões nos dois espelhos antes de emergir do sistema, podemos dispor eles de tal forma que gerem múltiplas reflexões, controlando o ângulo (α) de abertura entre eles teremos um número (N) de imagens formadas.

Temos que:
$$N = \frac{360}{\alpha} - 1$$

Supondo um $\alpha = 36^\circ$, temos:

$$N = \frac{360}{90} - 1 = 3 \text{ Imagens formadas.}$$

Vamos supor agora para 90° , teremos três imagens e o seguinte esquema da

Fig 1:

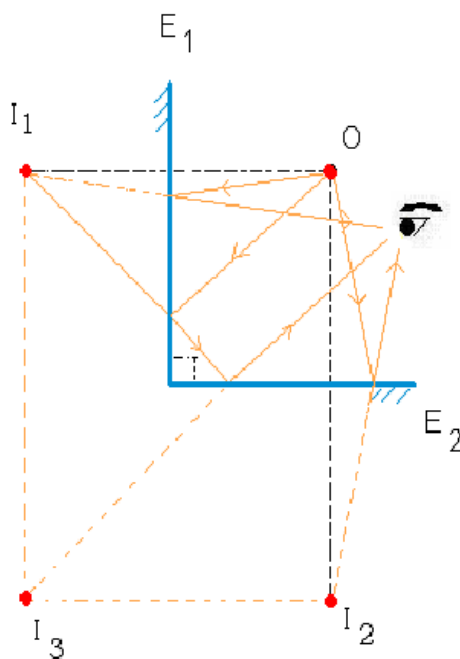


Fig 1: Esquema para imagens infinitas.

Logo podemos supor que se os espelhos forem paralelos teremos infinitas imagens, e isso o que ocorre em nosso experimento, pois cada imagem se comporta como um objeto e assim suscetivelmente.

Distanciômetro

Resumo

Existem diversas maneiras de se coletar uma medida, para se realizar uma medição de algo devemos possuir uma escala e olhamos a ela para ver o nossa medida, que é uma comparação em relação a algo que já fora realizado, no caso nossa escala. O que estamos propondo com o experimento é uma “régua” diferente, uma régua utilizando espelhos.

Todos já ouvimos falar de submarinos e o método que utilizam para olhar sobre a superfície, o periscópio, que consiste em dois espelhos fixos sobre uma coluna com certa distância entre eles, nosso experimento de certa forma é um periscópio, porém com um uso diferente, a coleta de medidas, simplesmente colocando uma escala sobre ele num espelho móvel.

Um exemplo de medição utilizando espelhos é a distância entre Terra e Lua, em uma das missões Apollo os astronautas fixaram um espelho na superfície da Lua e desde então é disparado um laser da Terra e verificado quando tempo demora para o laser refletir nesse espelho e retornar ao disparador na Terra.

Teoria

Inicialmente devemos certificar o alinhamento da imagem do objeto refletida pelo espelho 1 e depois pelo 2 com o objeto que se encontra em frente ao espelho 2, assim com o melhor alinhamento possível, podemos coletar a medida na escala construída do espelho 1.

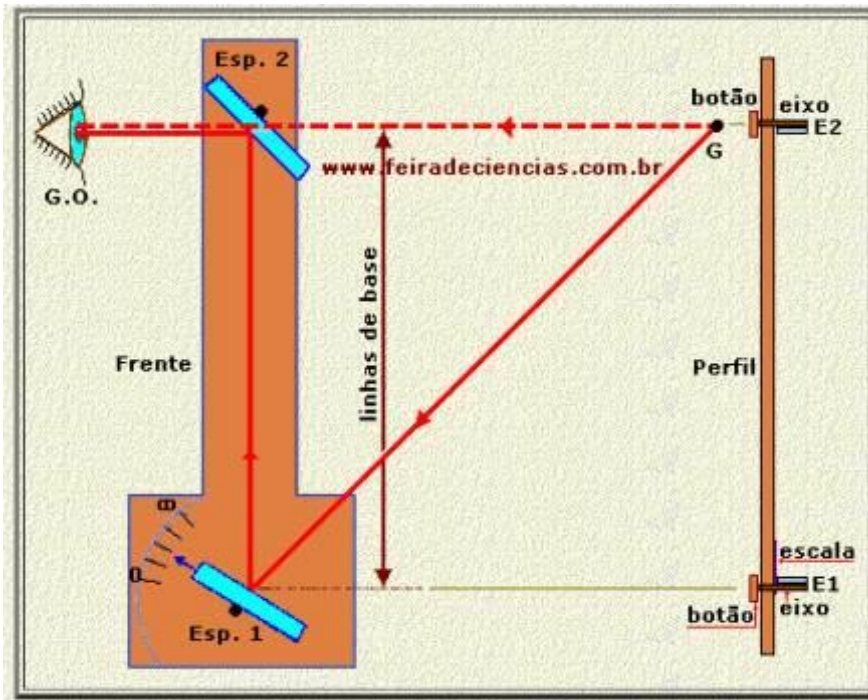


Fig 2: Layout do sistema de espelhos.

Supondo o observador OB, o mesmo irá deslocar o espelho E2 gerando a imagem O' ao qual é observada como O'' no espelho E1 pelo observador, quando ocorrer a sobreposição das imagens teremos O' , O e O'' colineares. Segue abaixo a Fig. 3 descrevendo o processo:

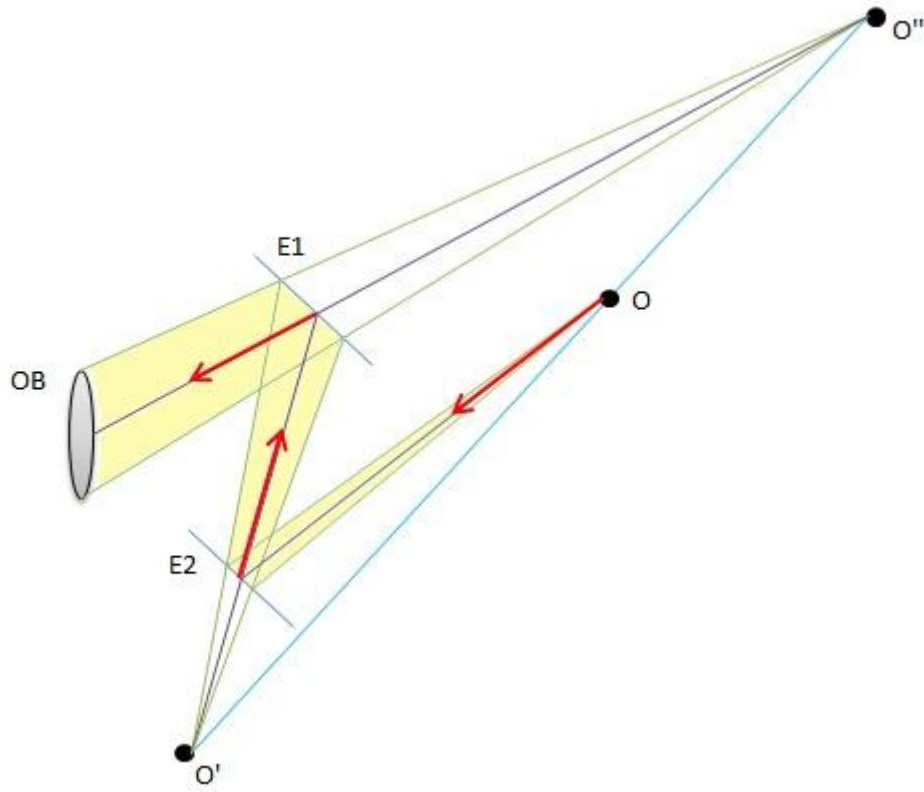


Fig 3: Esquema ótica dos espelhos.

Construção

Espelho Infinito

Material Necessário

- Vidro;
- Espelho;
- Insulfilm;
- Duas réguas de acrílico;
- Led;
- Fonte de 12V;
- Fitas, colas em geral;

Montagem

O espelho infinito consiste basicamente de um espelho, semi-espelho e uma fonte de luz dentro dessa câmera, para que ocorra o efeito das imagens infinitas.

Inicialmente foi cortado o espelho e um vidro do mesmo tamanho, e então aplicado sobre o vidro um filme que reflete boa parte da luz conhecido popularmente como insulfilm, transformando-o num semi-espelho, pois agora ele possui a propriedade de refletir parte da luz e a outra ele deixa passar, ou seja, agindo como um espelho e vidro.

As réguas de acrílico foram furadas de forma simétrica com o mesmo diâmetro dos leds (5 mm) e estes foram encaixados nos furos utilizando duas cores vermelho e branco. Led de diferentes cores necessitam de diferentes correntes para serem ligados, logo foi necessário realizar dois circuitos um para o led vermelho que deveria ter corrente nominal de 15mA e outro para o led branco 30mA.

Utilizando a mesma fonte foram montados os dois circuitos em paralelo, porém no circuito do led vermelho foi colocado em série um resistor de 500 ohms e no circuito do led branco foi colocado dois resistores em paralelo de 500 ohms também, fornecendo uma queda de tensão sobre 250 ohms.

Montada as réguas e preparada a superfície do semi-espelho, foi realizada a montagem, colocando-se o espelho em baixo, as réguas dos leds em volta e finalizando o semi-espelho por cima, unindo cada etapa com cola quente, como segue a Fig. 4:



Fig. 4: Foto do espelho infinito, ainda em montagem.

Para o acabamento foi construída uma caixa de madeira com o objetivo de proteger o circuito e oferecer maior segurança ao manuseio aos usuários, segue abaixo as Fig. 5, 6 e 7 mostrando o resultado final.

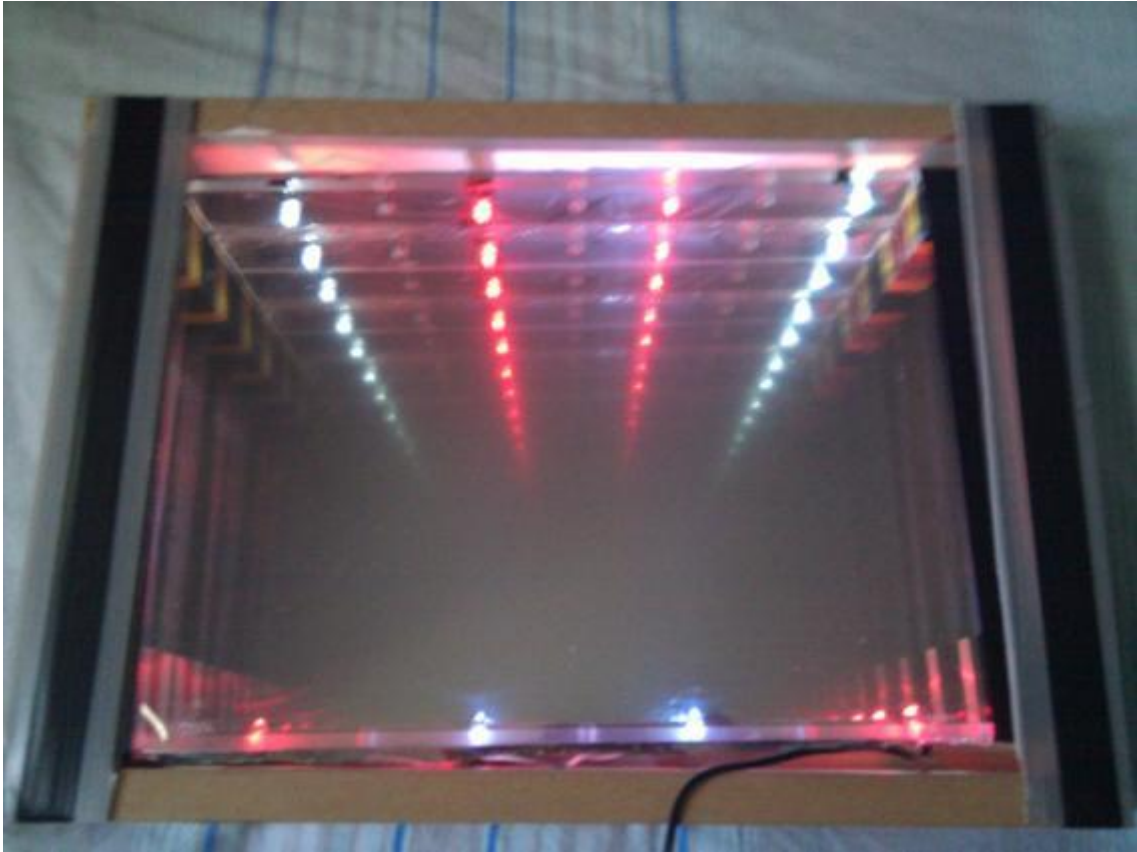


Fig. 5: Experimento, vista Superior.

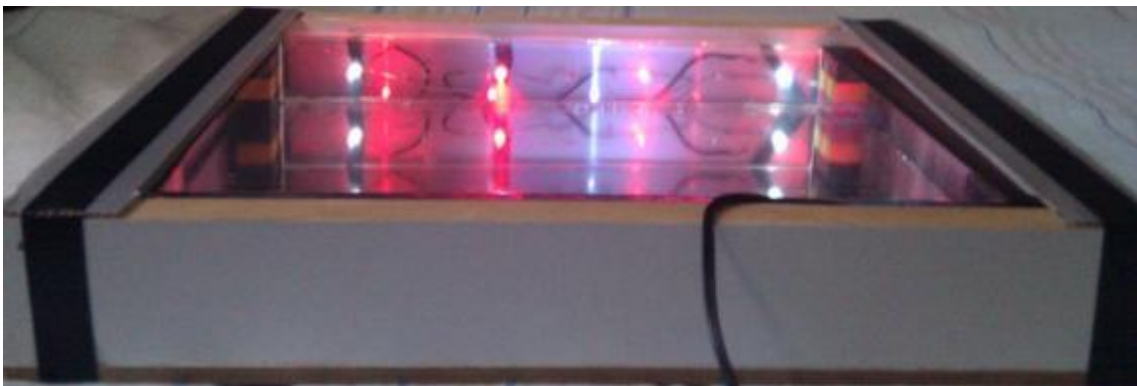


Fig. 7: Experimento, vista lateral.

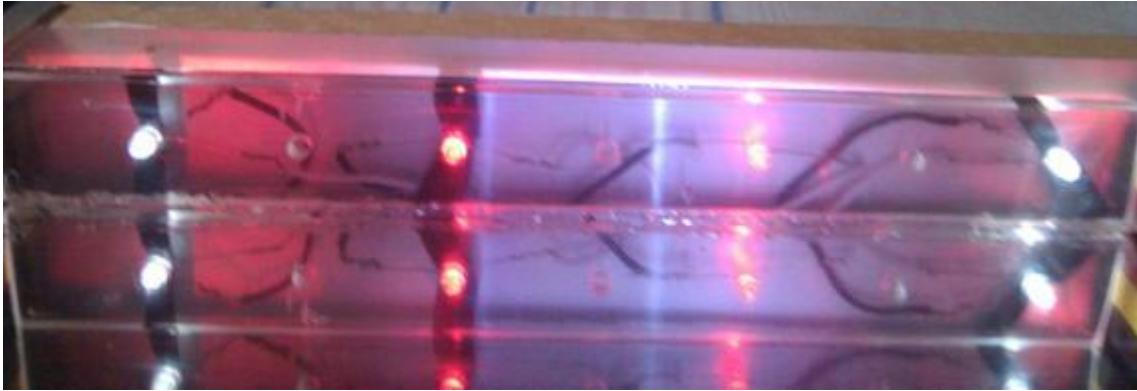


Fig. 6: Detalhe para a régua dos leds.

Dificuldades Encontradas

Para os Leds foi necessário conhecer suas características, estudar quantos volts era necessário para sua ligação que muda dependendo da cor, a escolha da fonte de alimentação, o circuito e os resistores necessários para a queda de tensão em cada circuito.

Inicialmente os Leds foram ligados com uma tensão maior que a suportada, inicialmente ligou após algum tempo ocorreu um sobreaquecimento e queimaram por não suportarem tal tensão, os mesmos foram substituídos e foram utilizadas tensões menores.

A superfície dos espelhos é lisa e para colar a régua de acrílico foi encontradas dificuldades para fixar a mesma com cola quente, a saída para tal foi colocar peças de plástico nas extremidades do espelho utilizar cola quente e fechar com fita, só assim tivemos uma boa fixação.

Absorção e imagens infinitas

Hipoteticamente, o espelho deveria reproduzir infinitas imagens, dado um semi-espelho perfeito teríamos toda a imagem refletida de volta ao espelho e assim suscetivelmente.

Porém, foi utilizado um polímero de baixo custo, de uso comercial, que oferece certa absorção, com isso temos conforme observado na Fig. 5 uma representação limitada de imagens, uma vez que a cada reflexão no semi-espelho este absorve parte dele, em certo momento podemos ver que não ocorrem mais reflexões e nosso espelho chega ao limite máximo de imagens refletidas.

Utilizando um espectrofotômetro foi analisado quanto o Insulfilm utilizado no experimento, colocando-se uma amostra do mesmo material no aparelho e analisado quanto a amostra absorve no espectro da luz visível, o resultado pode ser conferido no gráfico 1 abaixo:

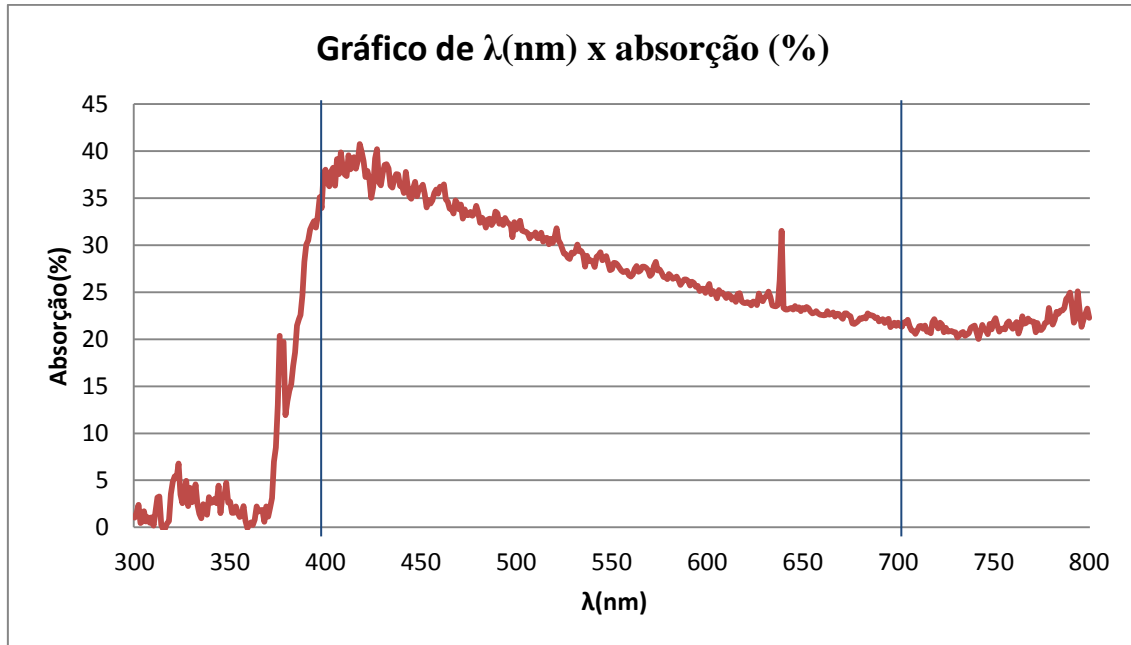


Gráfico 1: Distribuição da absorção conforme espectro da luz visível.

Sabendo-se que o espectro da luz visível vai da ordem de 400nm á 700nm, concluímos a partir do gráfico que o Insulfilm utilizado apresenta uma variação na região de interesse que vai de 20% a 40%, com média de 27,1%.

Vale ressaltar que com essa taxa de absorção, fatores como intensidade dos led, iluminação do meio externo e ângulo de observação podem interferir na quantidade de imagens que o observador vê e até que ponto podemos considerar que aquela reflexão é visível ao observador.

Distanciômetro

Material

- Madeira
- Espelho
- Parafusos para fixação

Montagem

A construção do Distanciômetro consiste de uma base de madeira, ao qual irá conter dois espelhos perpendiculares ao plano da base.

Um deles será o semi-espelho fixo, o espelho ao qual o observador irá utilizar para verificar o alinhamento das imagens e coletar a medida, essa espelho será fixado através de dois parafusos na base e possui um ângulo de 45° . Sua construção será semelhante ao semi-espelho do espelho infinito, foi aplicado um filme insulfilm sobre um pedaço de vidro com dimensão de $10 \times 5 \text{ cm}$ e colocado sobre uma madeira vazada para que o observador possa visualizar o objeto que está a frente. Conforme segue a Fig. 7.



Fig. 7: Espelho fixo.

O segundo espelho será o espelho móvel, que foi fixado com um parafuso no centro e utilizado uma arruela para que ficasse ligeiramente mais alto e não ter contato com a base e a escala, permitindo assim a livre movimentação do espelho, para que seja alinhada as duas imagens no espelho fixo e assim coletar a medida. Segue a Fig. 8:



Fig. 8: Espelho móvel.

Segue abaixo a Fig. 9 mostrando a base:

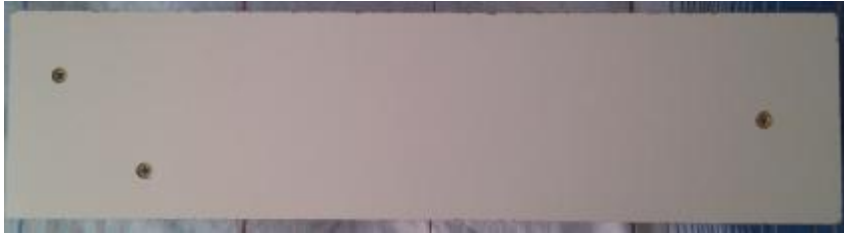


Fig. 9: Detalhe dos furos da base.

A construção da escala se dará de forma experimental, coletando-se duas medidas, criaremos uma escala com base no ângulo de deslocamento do espelho e a variação da distância do objeto.

Dificuldades encontradas

Foi realizada uma primeira montagem do Distanciômetro, porém a parte do espelho móvel feita de madeira como o proposto não ficou boa, ficando de difícil movimentação, posteriormente foi adotado a arruela com o objetivo da placa de madeira não tocar na base.

Inicialmente imaginei colocando dois espelhos dos quais um fixo e outro móvel, após apresentar ao orientador ele mostrou que era possível utilizar um semi-espelho para obter um melhor alinhamento da imagem utilizando a mesma técnica para construção do semi-espelho. Segue abaixo a montagem inicial do experimento:



Fig. 10: primeiro modelo proposto.

Tratamento do erro

Visando a portabilidade e praticidade do experimento, oferecendo um objeto relativamente pequeno e que mostrasse o conceito do Distanciômetro como forma alternativa de medição, tem na atual montagem a distância entre os dois espelhos é de aproximadamente 30 cm.

Foi verificado que tal distância entre espelhos se comporta bem para distância de até 1m, a partir dessas distâncias temos uma variação do ângulo do espelho móvel cada vez menor para variações de distância grandes, logo o erro ou imprecisão de tornam grandes demais.

Tal fato ocorre que para grandes distâncias o raio que percorre o objeto ao espelho móvel é semelhante ao raio que vemos do objeto para o espelho fixo em termos do ângulo no objeto.

Logo poderíamos obter uma variação do ângulo maior para grandes distâncias aumentando-se a distância entre espelhos, com isso teremos uma escala mais pontos numa mesma distância. Temos logo abaixo a Fig. 11 representando os espelhos com uma distância mais curta e a Fig. 12 com uma distância mais longa e podemos verificar o que ocorre.

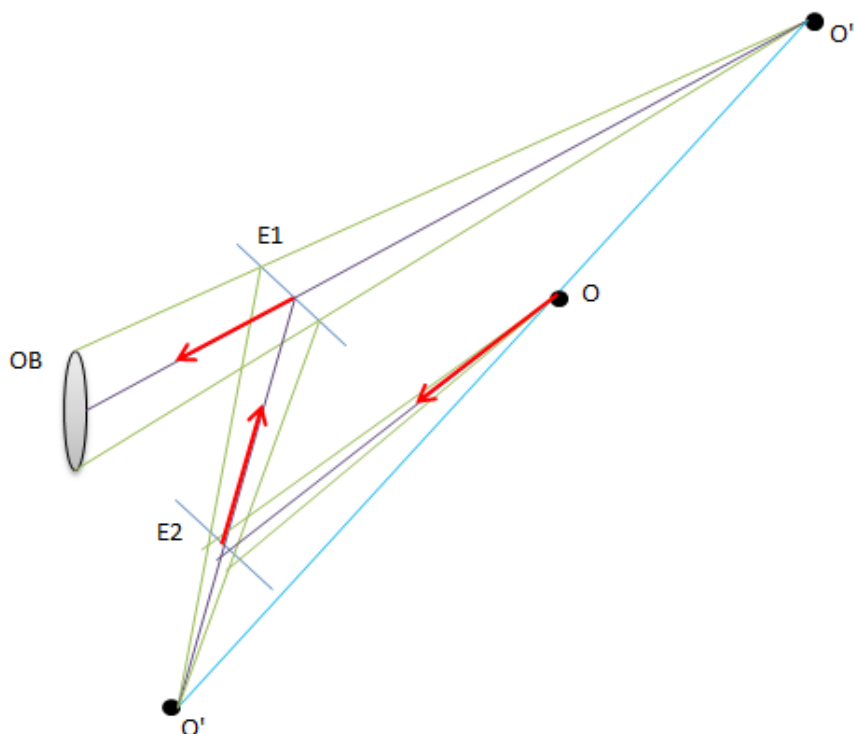


Fig. 11: espelhos com uma distância menor.

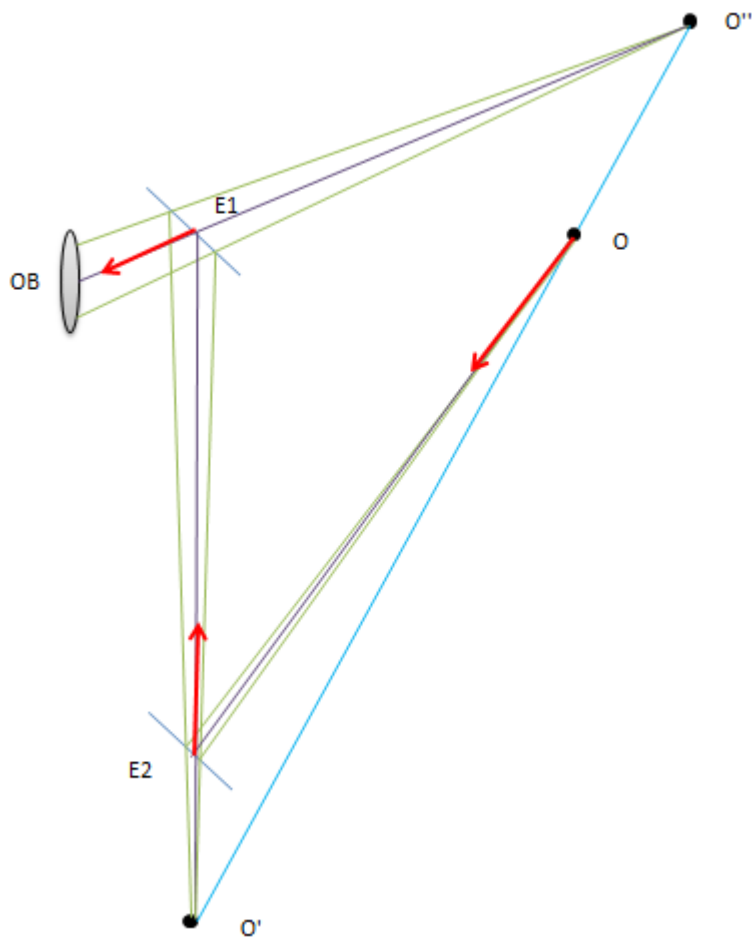


Fig. 12: Espelho com uma distância grande.

Tratamento dos erros e melhora do método

Inicialmente a distância entre os dois espelhos era de 30cm, foi verificado uma escala pequena, numa segunda montagem foi aumentada a distância da base para cerca de 65cm, houve uma melhora na escala com os pontos de interesse melhor distribuídos, porém para distâncias acima de 1,5m a escala diminui drasticamente.

Segue abaixo a Fig. 13 com a primeira montagem e sua escala:

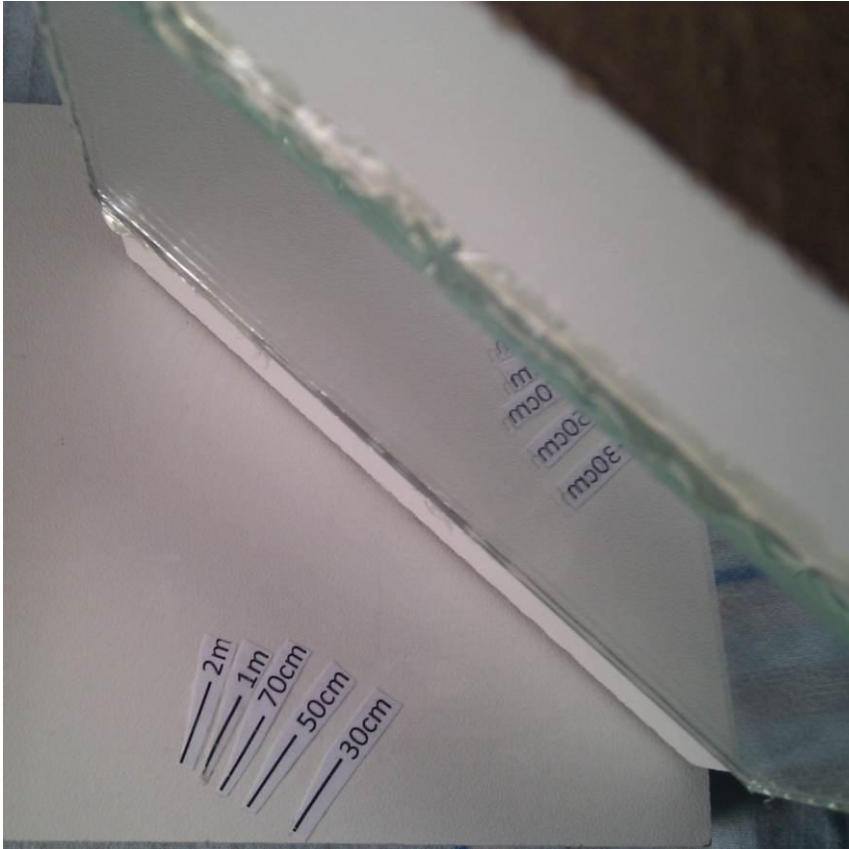


Fig. 13: Primeira montagem e sua escala.

Substituída por uma distância entre espelhos de 65 cm obtivemos uma nova escala conforme Fig. 15, devido a proximidade das medias, foram anotados na escala somente os pontos e colocado legenda ao lado.

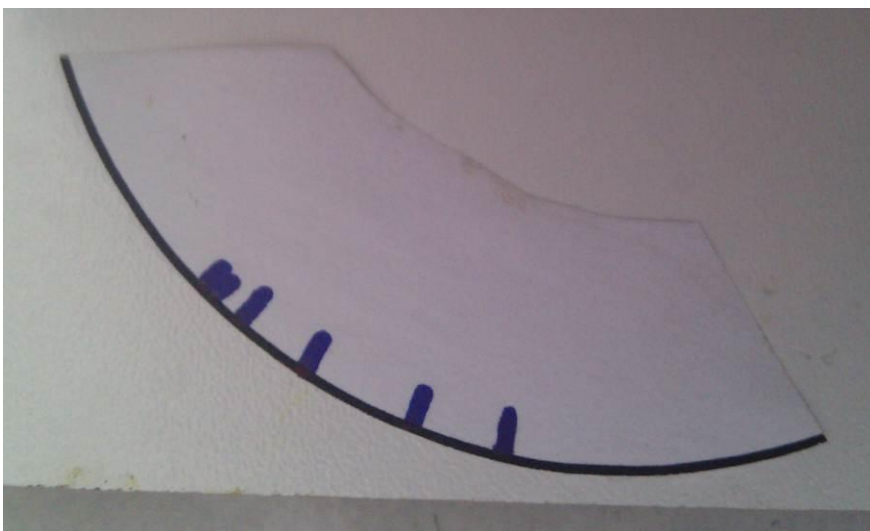


Fig. 15: Escala da segunda montagem.

Legenda dos pontos:

- 1º - 30 cm
- 2º - 50 cm
- 3º - 1 m
- 4º - 1,5 m
- 5º - 2 m
- 6º - 3 m

Tabela de erros dos dois métodos:

Distância real (montagem de 65cm)	Distância na escala	Erro
30cm	35cm	16,6%
50cm	60cm	20%
1m	1,1m	10%
1,5	1,3m	15,3%
2m	1,7m	17,6%
3m	2m	50%

Agora foi utilizado outro método para medição do erro, possuindo a mesma distância entre espelhos (65cm), foi construída nova escala, conforme demonstrado na fig. 15a logo abaixo e fixada na escala a distância conhecida e verificado qual era a distância real do objeto quando alinhado.

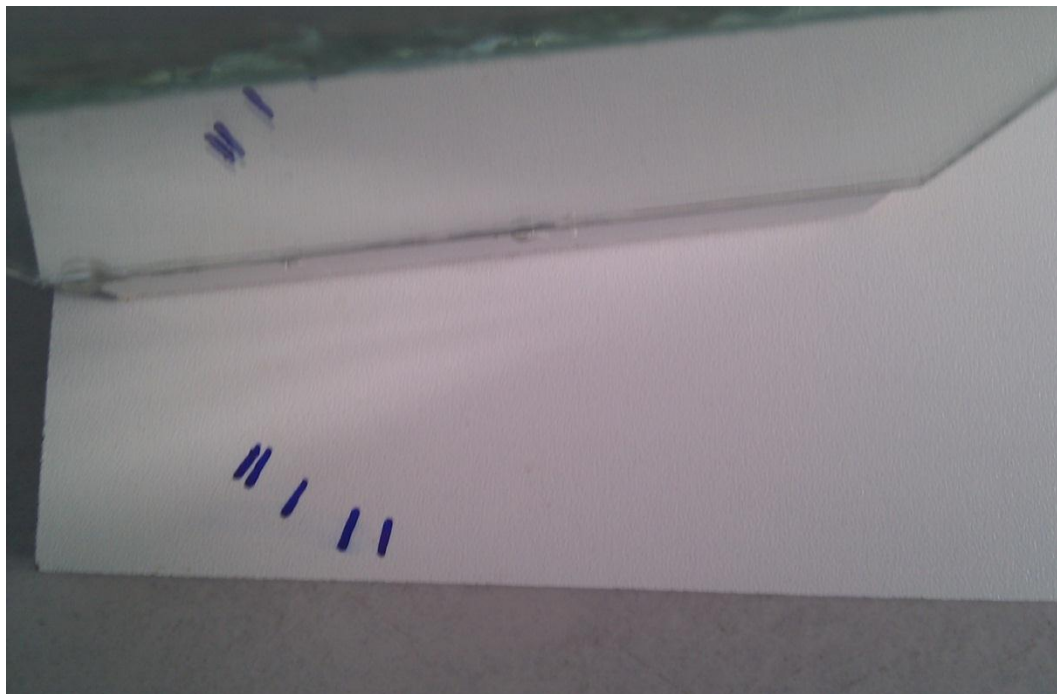


Fig. 15a: detalhe da nova escala do Distanciômetro.

No sentido horário, temos:

- 1º - 30 cm
- 2º - 50 cm
- 3º - 1 m

4º - 2 m

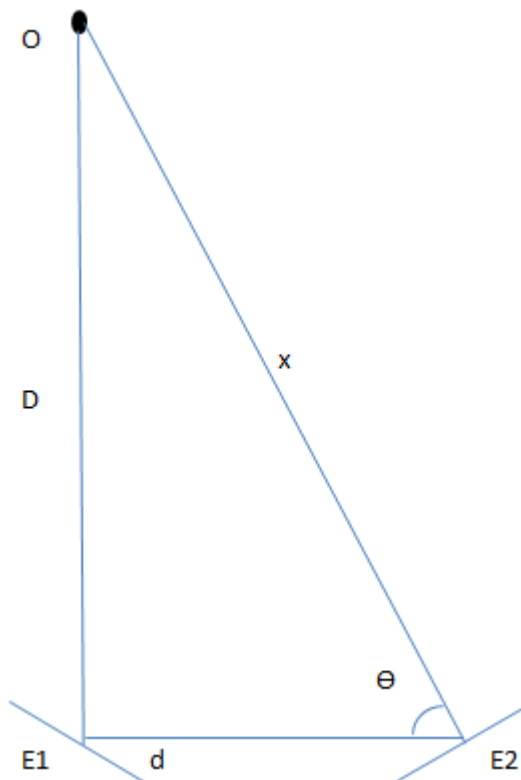
5º - 3 m

Tabela das medidas para o terceiro método e seus erros:

Distanciômetro (cm)	Medida 1		Medida 2		Medida 3		Medida 4		Medida 5		Erro Médio (%)
	Dist. (cm)	Erro (%)	Dist. (cm)	Erro (%)	Dist. (cm)	Erro (%)	Dist. (cm)	Erro (%)	Dist. (cm)	Erro (%)	
30	34,00	13,33	29,00	3,45	36,00	16,67	34,00	11,76	32,00	6,25	11,76
50	46,00	8,00	44,00	12,00	49,00	2,00	52,00	4,00	51,00	2,00	4,00
100	92,00	8,00	94,00	6,00	87,00	13,00	90,00	10,00	88,00	12,00	10,00
200	175,00	12,50	215,00	7,50	181,00	9,50	163,00	63,00	177,00	77,00	12,50
300	242,00	19,33	264,00	12,00	253,00	15,67	257,00	14,33	221,00	26,33	15,67

Analise através da propagação dos erros.

Vamos supor de forma muito simplificada os dois espelhos E1 e E2 e sua distância entre eles d , tomando D como a distância que obtemos através da escala no Distanciômetro, podemos realizar a seguinte formulação:



$$\tan \theta = \frac{D}{d} \quad D = d \tan \theta = d \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

Utilizando-se o método de propagação de erros temos:

$$\Delta D^2 = \left(\frac{\partial D}{\partial \theta} \right)^2 (\Delta \theta)^2 = d^2 (1 + \tan^2 \theta)^2 (\Delta \theta)^2 = d^2 \sec^2 \theta (\Delta \theta)^2$$

$$\sec \theta = \frac{x}{d} \quad \text{vamos supor que } x \approx D, \text{ temos que } \sec \theta = \frac{D}{d}$$

Logo nosso erro fica:

$$\Delta D = \sqrt{d^2 \frac{D^2}{d^2} \Delta \theta^2} = D \Delta \theta$$

Para tal podemos perceber que o erro possui a mesma ordem da própria medida, com aumento do erro de θ o que ocorre naturalmente para distâncias maiores e com um erro com o mesmo fator D , temos altos erros conforme o encontrado no experimento. Baseando-se em tal equação do erro uma forma de minimizar ele seria diminuir consideravelmente o valor do erro de θ , podendo por exemplo, adotar uma escala ampliada do deslocamento do espelho móvel para o alinhamento do objeto.

Conclusões sobre o erro.

Podemos perceber que com distâncias maiores entre espelhos ocorre uma melhora nos pontos, porém ainda torna-se difícil e pouco confiável para distâncias maiores que 1 m. O Distanciômetro mostrou-se um aparato possível de realizar medidas, porém com erros grandes envolvidos.

Ao longo da coleta fica evidente que quando o observador alinha nos extremos do semi-espelho o erro é maior do que quando coletado no com o alinhamento no centro, para grandes distâncias temos o enfraquecimento da imagem e a dificuldade de alinhamento é maior, ficando mais suscetíveis ao erro.

O Distanciômetro nos mostra que é possível coletar medidas através desse método, para o Ensino Médio o mesmo poderia para introduzir não só conceitos óticos como também conceitos de geometria plana e erros, mostrando uma situação real ao aluno que deve analisar e refletir sobre as medidas coletadas.

Pesquisa Realizada

Palavras chaves: Espelhos, ótica, espelhos infinitos, optics, mirros.

Referências encontradas:

Espelho infinito:

Vídeo:

http://www.metacafe.com/watch/2659027/make_a_infinity_mirror_amazing_optical_illusion

Vídeo com montagem semelhante e utilizado como base para a montagem.

http://efisica.if.usp.br/optica/basico/reflexao/dois_espelhos/

Site descrevendo como e quantas imagens podem ser formadas.

Vídeo: <http://www.planetadosgeeks.com/curiosidades/um-espelho-infinito/>

Vídeo demonstrando um espelho infinito utilizado como mesa.

Distanciômetro:

http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_30.asp

Site descrevendo a montagem do Distanciômetro com algumas alterações.

Bibliografia

"Optica precolombina del Perú", J. J. Lunazzi

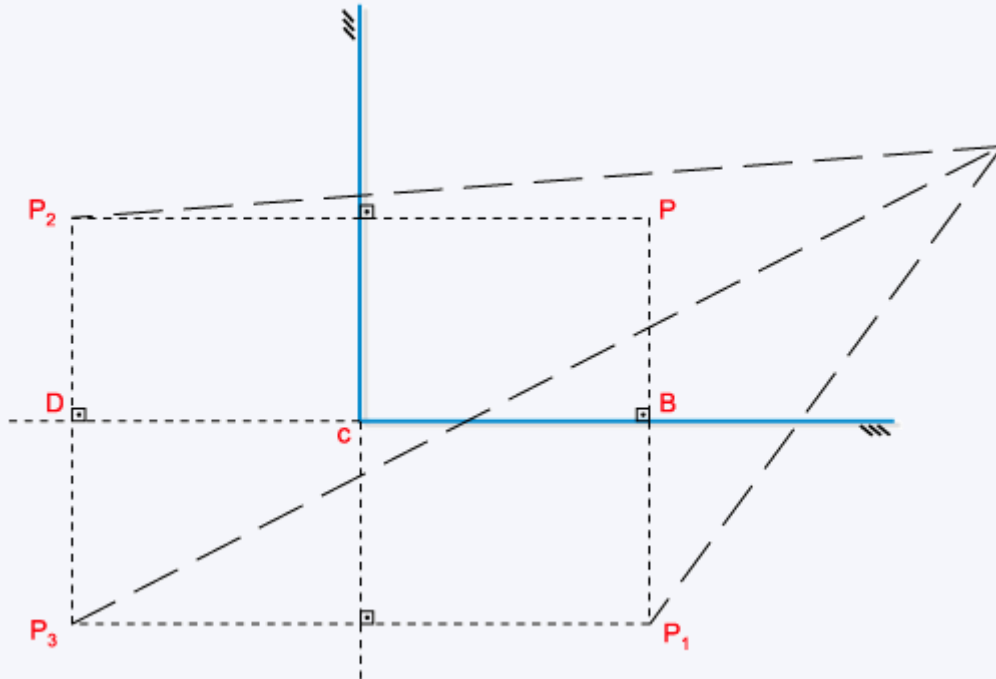
<http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0702/0702024.pdf>

http://efisica.if.usp.br/optica/basico/reflexao/dois_espelhos/

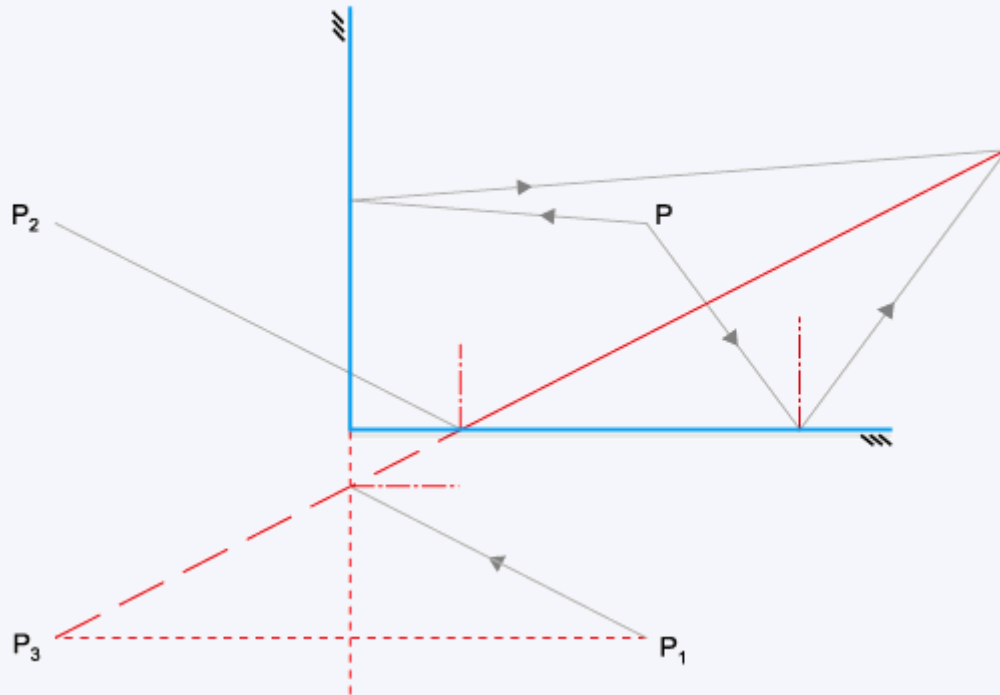
Sistemas de espelhos planos

Às vezes empregamos um sistema de espelhos. Alguns arranjos produzem efeitos deveras interessantes. Com eles podemos obter muitas imagens de um objeto, simulando situações deveras impressionantes. Outras vezes estamos apenas interessados em construir sistemas ópticos simples.

Consideremos dois espelhos colocados perpendicularmente um em relação ao outro. É fácil verificar que nesse caso são formadas três imagens. À medida em que o ângulo aumenta, o número de imagens diminui. Vale o contrário também. À medida em que o ângulo diminui o número de imagens aumenta. Uma situação curiosa é aquela na qual os espelhos são dispostos paralelamente um ao outro. Formam-se infinitas imagens.



Por que as imagens se multiplicam? Isso ocorre porque algumas imagens se transformam em objetos colocados na frente do espelho. As imagens na frente de um espelho se comportam como objetos na frente dos mesmos produzindo uma nova imagem. Quando a imagem de um espelho se coloca atrás do outro espelho o processo se torna inviável a partir desse ponto.



Quantas imagens se formarão?

Se θ o ângulo (medido em graus) entre os espelhos, então, se $360/\theta$ for um número inteiro par, o número de imagens será dado por

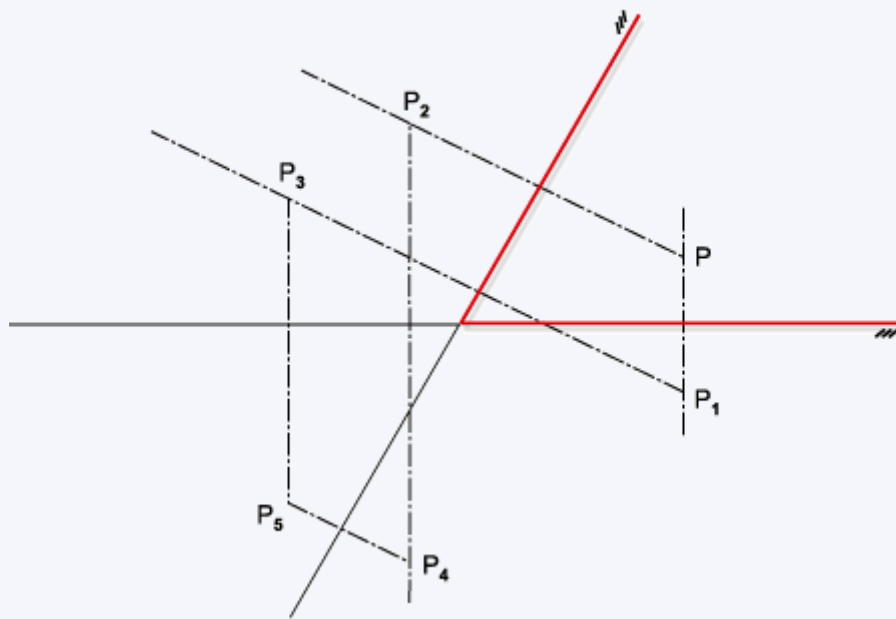
$$M = \frac{360}{\theta} - 1$$

Se $360/\theta$ for um número ímpar a expressão acima só valerá para objetos localizados no plano bissetor de θ .

No caso anterior, em que $360/\theta = 4$ obtemos o número correto de imagens, isto é

$$M = \frac{360}{\theta} - 1 = 4 - 1 = 3$$

Se o ângulo for 60° o número de imagens será 5.



No caso de dois espelhos paralelos localizados a uma distância d o número de imagens é infinita. Isso porque cada imagem se comporta como um objeto para o outro espelho. Temos assim um número infinito de imagens. Tem a imagem e a imagem da imagem e assim sucessivamente. A localização de cada uma das imagens é muito simples.

http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_30.asp

Distanciômetro

(0 medidor de distâncias)

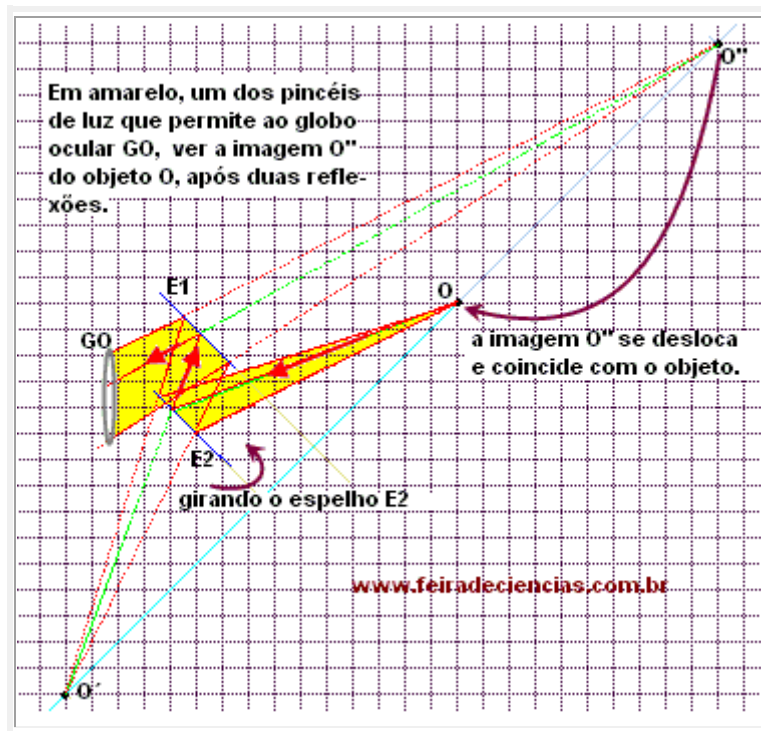
Prof. Luiz Ferraz Netto [Léo]
leobarretos@uol.com.br

Objetivo

Estudar as propriedades dos espelhos planos; conjugação de espelhos.

Material

1 sarrafo de madeira ou mdf de 40 x 10 x 1 cm
 2 tiras de espelhos planos de 8 x 2 cm
 2 eixos de palito de churrasco
 2 botões para fixar nos eixos



A precisão desse medidor de distancias depende da distancia entre o espelho e a base. Pode-se graduar o aparelho através de estacas (postes) dispostas em distâncias conhecidas.