



UM ESTUDO DA LUZ: CONSTRUINDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO UMA ANTI-LUNETAS POLARIZADORA E O SISTEMA SOLAR

Marciléa Machado de Souza

Orientador(es):

Emanuel Antonio de Freitas,
José Luiz Matheus do Valle (co-orientador)

Resumo

Esse trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e aplicação de um experimento de baixo custo, que simule a redução da intensidade da luz com o inverso da distância ao quadrado, usando lentes e lâminas polarizadoras sobrepostas em tubo de PVC, que pode ser utilizada para reforçar o conteúdo sobre a luz e o Sistema Solar. O interesse no uso das lentes é reduzir a intensidade com que se observa a fonte luminosa (Sol), buscando o mesmo resultado que seria obtido se o observador se afastasse do Sol. Esse aspecto do experimento está relacionado à formação de imagens. Quanto maior a distância, menor a imagem formada. No entanto, apenas o uso de lentes não permite a visão que se pretende passar para os alunos sobre um observador distante do Sol. Sabemos que a intensidade luminosa é inversamente proporcional ao quadrado da distância, (ou seja, $I \propto 1/r^2$). Para obter o efeito na redução da intensidade luminosa utilizamos um par de lâminas polarizadoras.

Estas lâminas ao girarem uma em relação a outra num intervalo de $0 < \theta < 90^\circ$ irão possibilitar o efeito desejado. Esse trabalho é destinado aos professores de Física do nível médio, que propõe complementar o tratamento meramente descritivo do Sistema Solar e dos fenômenos de reflexão, refração e polarização da luz mediante uma experimentação.

1. A Luneta

No século XVI, cientistas faziam observações astronômicas a olho nu ou com equipamentos pouco eficientes. No início do século XVII, Hans Lippershey (1570-1619) inventou a luneta, instrumento óptico que utilizava uma lente côncava e uma convexa, que recebeu o nome de refrator. Em 1609, Galileu Galilei (1564- 1652) construiu sua própria luneta e a utilizou para observar o céu, era constituída de duas lentes: a objetiva e a ocular. A objetiva tem distância focal da ordem de metros, enquanto na ocular a distância focal é da ordem dos centímetros. De um objeto real, distante, a objetiva produz uma imagem real situada no foco imagem da objetiva. Essa imagem comporta-se como objeto para a ocular, que funciona como lupa, produzindo uma imagem final virtual e invertida em relação ao objeto e com isso nasceu a luneta astronômica, equipamento que revolucionou a astronomia. Por volta de 1680, Isaac Newton (1642-1727) desenvolveu o telescópio refletor, para resolver os problemas das aberrações cromáticas dos refratores de sua época. No lugar de uma lente para captar a luz, Newton usou um espelho de metal curvo (espelho primário) para captar essa luz e refletí-la para o foco.

As lunetas terrestres são considerados instrumentos ópticos simples de aproximação, são menores e constituídos por uma ou mais lentes dispostas coaxialmente e, sua função é aumentar a dimensão angular do objeto amplificando o tamanho da sua imagem, ela dispõem de um sistema endireitador da imagem final, o que vem a dar a sensação de que o objeto está mais perto e permite que seja observado com maior número de detalhes. O aumento é pequeno, e ela pode ser construída com materiais de baixo custo e fácil comercialização.

2 - A Anti-Luneta Polarizadora

A anti-luneta foi construída com duas lentes acopladas coaxialmente, produzindo um efeito oposto ao da luneta, ou seja, reduzir as dimensões da fonte luminosa (Sol), buscando o mesmo resultado que seria obtido se o observador se afastasse do Sol. Esse aspecto do experimento está relacionado à formação de imagens. Quanto maior a distância, menor a imagem formada. O princípio usado para construir a luneta é o mesmo para a anti-luneta quando se tem o valor da dioptria das lentes, pode-se calcular a distância focal. E com o valor da distância focal f pode-se achar o valor da distância máxima das lentes.

Para construir a anti-luneta foi usada uma lente de 2 di como a objetiva e a outra lente com - 5,75 di como a ocular, que resulta numa imagem real e direita. As duas lentes estão associadas coaxialmente de forma que o foco imagem real da objetiva coincide com o foco objetivo virtual da ocular. Com essa associação teremos a imagem final direita. Ao virar a luneta e olhar pela outra extremidade onde está a lente objetiva perceberá que a imagem ficará menor, esta será a nossa anti-luneta. A vergência de uma lente mede a capacidade de focalizar numa distância pequena a luz que atinge a lente. Quanto menor a distância focal, maior a vergência.

Então usa-se:

$$f = \frac{1}{V} ,$$

Onde: f é a distância focal e V é a vergência.

Para a lente convergente de 2 di a distância focal da objetiva é $F'_{ob} = 0,5$ m ou 50 cm

Para a lente divergente de $-5,75$ di a distância focal da ocular é $F_{oc} = -0,18$ m ou -18 cm.

Como as lentes estão associadas coaxialmente o foco imagem real da objetiva deve coincidir com o foco objetivo virtual da ocular. Com essa associação teremos a imagem final direita, ou seja $F'_{ob} = F_{oc}$ que pode ser visualizada na figura 2.1.

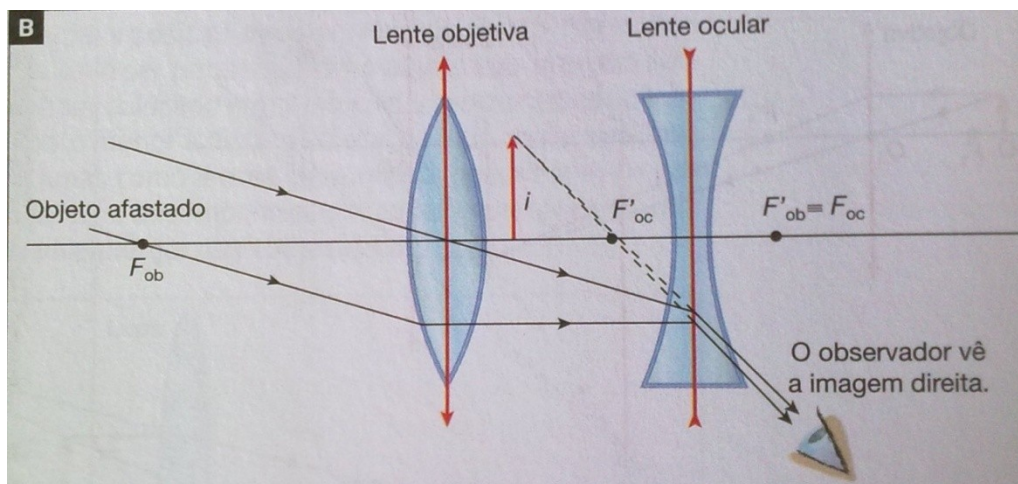


Figura 2.1. Esquema das lentes **Fonte:** <http://rededosaberfisico.xpg.uol.com.br/08052011586.jpg>

Para desenvolver a luneta de baixo custo, com materiais de fácil comercialização, houve uma grande pesquisa em livros e sites, para encontrar materiais mais acessíveis dentro dos recursos disponíveis para a confecção da luneta.

Para conseguir a vergência da lente equivalente que é associada à distância entre as lentes separadas, foi feitos cálculos, inclusive para usar medidas menores nos canos de PVC, pois o polarizador ainda seria acoplado. Na luneta a distância d que separa a lente objetiva(1) da lente ocular(2) é o tamanho do instrumento e então $d = f$

3– Polarizadora

Para a confecção da parte Polarizadora foram usadas duas lentes polarizadas que funcionam como fendas para que apenas parte da luz

incidente ao atravessar, passe em somente um plano paralelo da lente. Como foram utilizadas duas lentes polarizadas, e seja feito o alinhamento das mesmas em ângulo não perpendicular, ou seja, que o ângulo θ esteja variando de 0° à 90° , a luz que passar pela primeira lente e atingir a segunda lente, pode ser considerada como a intensidade final proporcionada pelo ângulo entre as duas lentes é:

Lei de Malus $I = I_0 \cos^2 \theta$

A intensidade final da luz ao atravessar as duas lentes é igual a intensidade inicial que atravessa a primeira lente multiplicado pelo cosseno ao quadrado dos ângulos formados entre elas. E sabendo que o $\cos^2 \theta$ é proporcional ao inverso do quadrado do raio da órbita do planeta. Então :

$$\cos^2 \theta \propto \frac{1}{R^2}$$

Para calcular a intensidade da luz ao atingir os planetas usamos a equação acima e fixamos o $\theta = 0$ a intensidade máxima e conseguimos associar a distância do planeta ao Sol com o ângulo entre as lentes polarizadas, que pode ser verificado no quadro 4.1

Planetas	Raio da órbita em (km)	Ângulo θ
Mercúrio	$0,579 \times 10^8$	0°
Vênus	$1,082 \times 10^8$	$56,3^\circ$
Terra	$1,496 \times 10^8$	$66,4^\circ$
Marte	$2,279 \times 10^8$	$74,7^\circ$
Júpiter	$7,783 \times 10^8$	$85,6^\circ$
Saturno	$14,29 \times 10^8$	$87,6^\circ$
Urano	$28,71 \times 10^8$	$88,8^\circ$
Netuno	$45,04 \times 10^8$	$89,2^\circ$

Quadro 3.1. Órbitas dos planetas ao redor do Sol **Fonte:** Produzida pelo autor

Para ângulo igual a zero a intensidade da luz é máxima e para ângulos próximos a 90° a intensidade é mínima.

Então a intensidade é máxima , quando $\theta = 0^\circ$ será em Mercúrio e a intensidade é mínima quando θ for próximo de 90° que será em Netuno.

4- Materiais Utilizados para construir a Anti-luneta Polarizadora

Esses materiais do quadro 4.1 podem ser facilmente encontrados em qualquer loja de materiais hidráulicos, podem fazer reciclagem usando para as lentes polarizadas as lentes de óculos escuros polarizados, que não são mais usados. E para as fitas de feltro podem usar fita dupla face e fitas de feltro.

Quantidades	Descrição	Medidas	Preços (R\$)
1 tubo	Branco de esgoto	8 cm x 50 mm	----
4 redutores	Branco de esgoto	50 mm x 40 mm	1,30
3 luvas	Simplex de esgoto	50 mm eletroduto 1 1/2	1,10
1 tubo	Branco de esgoto	20 cm x 50 mm	7,40
1 tubo	Branco de esgoto	30 cm x 40 mm	4,65
2 fitas	adesivas de feltro	2 cm x 40 mm	-----
1 lente incolor esférica	divergente	-5,75 graus x 50 mm de diâmetro	15,00
1 lente incolor esférica	convergente	2 graus de 40 mm de diâmetro	15,00
2 lentes	Escuras polarizadas	50 mm de diâmetro	160,00
1 nípel preto	Tubo de PVC com rosca 1 1/2	3cm x 40mm de diâmetro	2,40

Quadro 4.0 – Materiais para a Anti-luneta Polarizadora

Esses materiais descriminados no quadro 4.1 podem ser visualizados na figura 4.1



Figura 4.1 Material da antiluneta polarizadora **Fonte:** Foto da Autora

5- Montagem da Anti-luneta

No lugar da lente objetiva usa-se uma lente de óculos de dois grau positivos e no lugar da lente ocular usa-se uma de 5,75 graus negativos. Os encaixes são feitos com tubos e conexões de PVC.

As lunetas terrestres, são instrumentos ópticos de observação, usados para aproximar imagens de objetos que estão afastados até alguns quilômetros de distância do observador. Se quiser usar uma lente objetiva para observar planetas, estrelas e cometas é so usar uma objetiva maior, com distância focal da ordem de metros. Faremos o instrumento em duas partes, a primeira parte será feita a Anti-luneta e na segunda parte o Polarizador.

Montar a primeira parte - ***A anti-luneta***

- 1- Colar utilizando a fita adesiva com feltro em uma extremidade de cada tubo, no cano de 40 mm a fita deve ser colada por fora e no cano de 50 mm a fita deve ser colada por dentro do tubo como mostra a figura 5.1 e acoplar os canos de 50 mm e 40 mm de diâmetro



Figura 5.1 Extremidades dos tubos com o feltro adevido **Fonte:** Foto da autora

- 2- Na outra extremidade do tubo de 50 mm colocar a lente convergente de 2 graus dentro da luva de 50 mm fixá-la no tubo que será a objetiva, conforme mostrado na figura 5.2.



Figura 5.2. Primeira parte a Anti-luneta **Fonte:** Foto da autora

- 3- Colocar a lente divergente de - 5,75 graus negativos dentro do redutor e fixá-la na extremidade livre do cano de 40 mm, que será a ocular que resulta numa imagem real e direita, como mostrado na figura 5.2

- 4- As duas lentes estão associadas coaxialmente de forma que o foco imagem real da objetiva coincide com o foco objetivo virtual da ocular. Com essa associação mostrada na figura 2.1 teremos a imagem final direita. Ao virar a luneta e olhar pela lente objetiva perceberá que a imagem ficará afastada, que será a nossa Anti-luneta.

6- Segunda parte – O Polarizador

Na figura 6.1 foi colocado o material do polarizador em sequência da montagem. Da esquerda para a direita:

- 1º - a luva
- 2º - a lente polarizada
- 3º - o cano de 8 cm x 50 mm
- 4º - o Nípel
- 5º - o redutor
- 6º - a outra lente polarizada
- 7º - a luva
- 8º - o redutor



Figura 6.1. Material do Polarizador **Fonte:** Foto da Autora

1. Colocar a lente na luva de 50 mm e acoplar em uma das extremidades do tubo de 8 cm , que será acoplado ao nípel, conforme mostrado na figura 6.2



Figura 6.2 luva com a lente acoplado no cano de 8 cm **Fonte:** foto da autora

2. Na outra extremidade do nípel acoplar um redutor como mostrado na figura 6.3.



Figura 6.3. redutor acoplado no nípel **Fonte:** foto da autora

3. Na parte livre do redutor da figura 6.3 , colocar a lente polarizada dentro da luva e fixá-la no redutor conforme figura 6.4.



Figura 6.4. segunda parte – O Polarizador – **Fonte:** foto da autora

4. Por último colocar um redutor para fixar a lente polarizada na luva, que pode ser visualizada na figura 6.4 . Ao girar o nípel entre 0° e 90° a luminosidade diminuirá consideravelmente.
5. Acoplar as duas partes, a Anti-luneta da figura 5.2 e o polarizador como mostrado na figura 6.4.
6. Na figura 6.5 está a anti-luneta Polarizadora



Figura 6.5. A Anti-luneta Polarizadora **Fonte:** Foto da autora

7- Materiais Utilizados no Sistema Solar

No quadro 7.2 está especificados os materiais utilizados para a montagem do Sistema Solar. Os diâmetros das bolinhas de isopor no quadro 8.2 do Sol e dos planetas.

Quantidades	Descrição	Medidas	Preço R\$
9	Bolinhas de Isopor	Diâmetros diferentes	1,00
3	Tintas Guache	Vermelho, azul, amarelo	1,00
1	Pincel, Giz, Trena, Cola		Na escola
1	Cartolina Branca		Na escola
9	Pedaços de Papelão Caixa de sapato	10 cm x 10 cm	-----
10	Alfinetes, percevejos		Na escola
1	Sala de Aula, quadra		

Quadro 7.2 – Materiais para a confecção dos Planetas

8- Montagem do Sistema Solar

Os planetas rochosos que são formados de materias diversos e abundantes nos planetas pintados com cores próximas do real. E os gasosos pintados das cores dos gases mais abundantes em cada planeta. As medidas dos diâmetros das bolinhas de isopor estão no quadro 8.1. Na figura 8.1 está a montagem do Sistema Solar dentro de sala de aula.

Usando os valores das distâncias e dos diâmetros em Centímetros (cm), do quadro 8.1.

- Dividir a turma em 9 grupos de alunos, e cada grupo ficará responsável em produzir um planeta com os diâmetros conforme descrito no quadro 8.1 e cores próximas da realidade do planeta e, com seus respectivos nomes.
- Depois de todos os planetas prontos, colocou-se o Sol no chão da sala de aula e a partir dele, mediu-se as distâncias com a trena e, os planetas com seus respectivos nomes foram colocados nas posições descritas no quadro 8.1.
- De acordo com as características do Sistema Solar os planetas rochosos estão próximos ao Sol e são menores em diâmetro.
- E os gasosos mais afastados do Sol e são os maiores em diâmetro como está mostrado no quadro 8.1, onde a escala adotada foi cm.

PLANETA	DIÂMETRO EQUATORIAL (km)	DISTÂNCIA MÉDIA AO SOL (km)	DISTÂNCIA AO SOL NA ESCALA ADOTADA (cm)	ESCALA DOS PLANETAS FAZENDO JÚPITER = 30 cm
Mercúrio	4.879,40	57.910.000	5,8	1 cm
Vênus	12.103,60	108.200.000	10,8	2,5 cm
Terra	12.756,20	149.600.000	15,0	2,7 cm
Marte	6.794,40	227.940.000	22,8	1,4 cm
Júpiter	142.984,00	778.330.000	77,8	30 cm
Saturno	120.536,00	1.429.400.000	142,9	25 cm
Urano	51.118,00	2.870.990.000	287,1	10,7 cm
Netuno	49.538,00	4.504.300.000	450,4	10,3 cm

Quadro 8.1. Distâncias médias dos Planetas e diâmetros dos planetas

Essa é a representação do Sistema Solar dentro de sala de aula confeccionada pelos alunos do 2º ano do Ensino Médio.



Figura 8.1. Montagem do Sistema Solar **Fonte:** Foto da Autora