

## Experimentação

### Objetivos

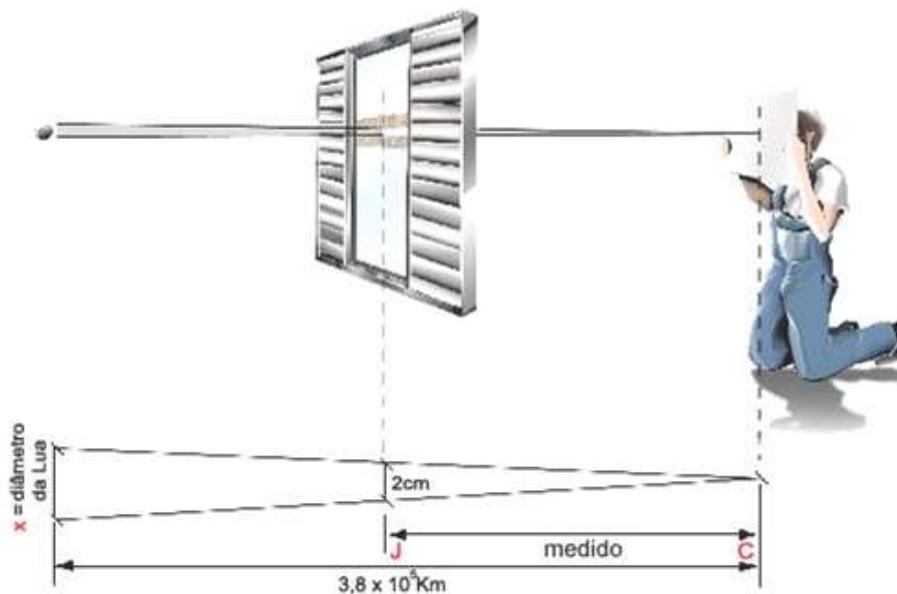
- Conhecer métodos indiretos de medição.
- Utilizar o método da triangulação.
- Medir objetos muito pequenos através do fenômeno da difração da luz.
- Utilizar aparelhos de alta precisão como micrômetro e paquímetro.
- Desenvolver o senso crítico para poder fazer a escolha adequada de métodos e equipamentos, para realizar medições de diferentes distâncias.

### Experimento 1.1

#### Medições indiretas de distâncias grandes

Medindo experimentalmente o diâmetro da Lua

- Com o auxílio de uma agulha grossa faça um furo no centro de um pedaço quadrado de cartolina, de aproximadamente 20 cm de lado.
- Cole duas tiras paralelas de fita crepe no vidro da janela, a uma distância relativa de 2 cm.
- Segure a cartolina com o furo diante do seu olho e vá se afastando da janela até que a Lua fique exatamente encaixada entre as duas tiras paralelas.



Esquemáticamente podemos representar os elementos essenciais do método acima descrito como se segue, sem obedecer à escala com as dimensões envolvidas.

AB - diâmetro da Lua.

L - centro de AB DE - distância entre as fitas coladas na janela.

J - centro de DE.

LC - distância entre a Lua e a cartolina.

JC - distância entre a janela e a cartolina.

Observe os triângulos semelhantes ABC e DEC (todos os ângulos são iguais).

Então,

$$\frac{JC}{DE} = \frac{LC}{AB}$$

$$AB = \frac{DE, LC}{JC}$$

$$DE = 2\text{cm}$$

LC é praticamente igual à distância entre a Terra e a Lua e é  $3,8 \times 10^5$  km.

Determinando a distância JC pode-se obter AB, o diâmetro da Lua. Se possível, repita as medidas algumas vezes para ter um valor médio e o desvio correspondente.

**Discussão:** A distância entre a Lua e a Terra, TL, é medida entre os centros desses dois corpos. Uma pessoa está em frente à janela fazendo a observação sugerida, dentro de uma casa. Mesmo sabendo que a pessoa está longe do centro da Terra (mais do que 6378 km), por que podemos usar simplesmente a semelhança de triângulos, como sugerido? Está certo considerarmos a distância Terra-Lua como se fosse medida a partir da superfície?

$$TL = 3,8 \times 10^5 \text{ km} = 380000 \text{ km}$$

$$RT = 6378 \text{ km}$$

Aproximadamente 6 em 380

$$\frac{6}{400} = 1,5\%$$

$$\frac{6378}{380000} = 1,5\%$$

Isto é pouco comparado com outras imprecisões?

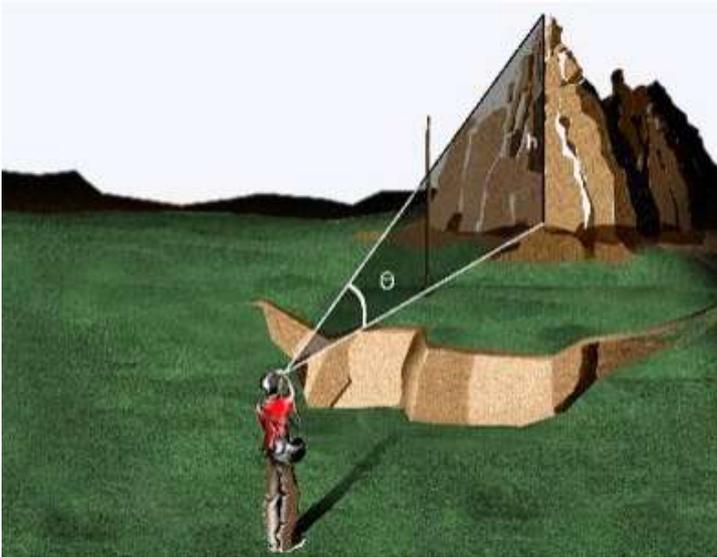
Para colar o papel adesivo na janela podemos ou colar um pouco torto ou a distância não ser exatamente 2,0 cm. Certamente podemos errar facilmente de 1 a 2 mm nessa distância. Digamos que fizemos com todo o capricho e erramos só 1 mm.

$$2,0 \text{ cm} = 20 \text{ mm}$$

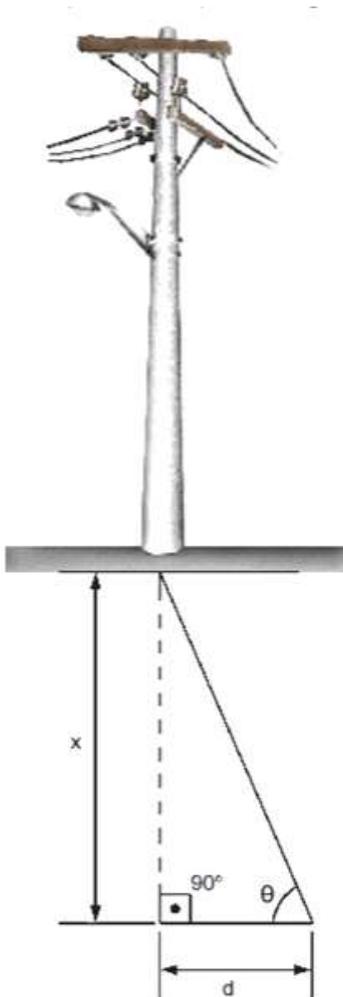
1 mm em 20 mm é 5%.

Esta imprecisão compromete muito mais que o 1,5% acima. O furo que fazemos na cartolina certamente não é um pontinho, tanto que enxergamos através dele. Então, a nossa montagem certamente não é das mais precisas! Se nós conseguirmos o valor do diâmetro da Lua dentro de 5% ou pouco mais de erro, já está mais do que possível de ser determinado por este método.

**Observação:** Ao realizar esta experiência, você vai notar claramente a rotação da Terra. Pode ser difícil medir várias vezes a distância JC. Agora tente imaginar como poderíamos obter a altura de uma montanha usando relações em triângulo!



Outra situação onde se pode usar a triangulação é para medir a distância, por exemplo, de um poste longínquo.

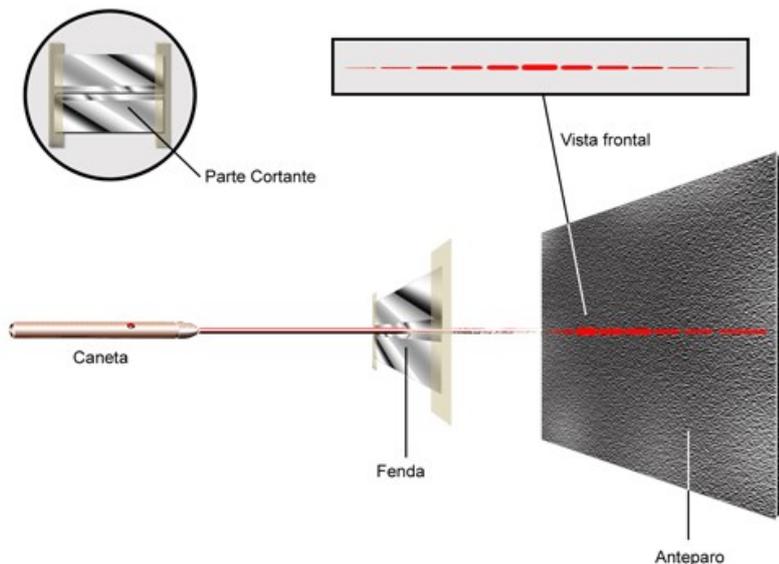


## Experimento 2.1

### Medições indiretas de distâncias pequenas

Você vai precisar de uma fonte de luz LASER, uma fenda (veja como fazer uma logo a seguir), cabelos de diferentes grossuras, moldura vazia de diapositivos, anteparo, algumas lâminas de gilete que nunca tenham sido usadas.

- Corte ao meio duas giletas novas e cole sobre molduras vazias de diapositivos. A distância que deve ser deixada entre as duas lâminas cortantes é a espessura de uma lâmina ou de duas lâminas. Fazendo isso, você terá duas fendas longas, uma com o dobro da largura que a outra. Você pode dar o acabamento que quiser para as fendas. Sobre outras molduras, cole fios de cabelos de pessoas diferentes (grosseiros e finos), bem esticados
- Mude a distância entre a fenda e o anteparo: você deve notar diferença na figura formada. Quanto maior a distância, mais aberta fica a figura de difração. Mude a distância entre a caneta e a fenda: não vai mudar o tamanho da figura.
- Fixe agora a posição de cada elemento: caneta, fenda e anteparo. Marque as posições para eventualmente poder voltar. Vamos copiar o desenho obtido. Vamos mudar a fenda para a de largura diferente.



Quanto menor a largura da fenda, mais aberta é a figura de difração obtida. Mantendo as posições relativas do equipamento, conhecendo a largura de uma fenda, pode-se determinar a largura da outra.

Se colocarmos agora um fio de cabelo, observaremos o seguinte:

Com fios mais finos obteremos figuras mais abertas. Quanto mais fino for o cabelo mais aberta será a figura de difração observada. Novamente, mantendo-se as distâncias relativas (caneta, moldura, anteparo) fixas, conhecendo o valor da espessura de um cabelo, pode-se determinar o dos outros dada a proporção.

Com o mesmo arranjo experimental é possível medir o diâmetro de uma hemácia, que é de aproximadamente  $6\mu m$ .

A dedução das fórmulas correspondentes à difração da luz por fenda longa e fenda circular, bem como por obstáculos longos e circulares, pode ser encontrada em textos de física básica. Usando essas fórmulas não seria necessário conhecer a espessura de uma fenda ou de um cabelo para poder calcular o de outros. Bastaria medir algumas distâncias e conhecer o comprimento de onda da luz utilizada na caneta de LASER.

### Experimento 3.1

#### *Medindo o diâmetro de uma agulha de costura*

- Utilize um paquímetro e meça o diâmetro de uma agulha. Faça medições ao longo da agulha, não nas duas extremidades. Organize os dados em uma tabela e calcule o valor médio e o desvio.
- Utilize agora um micrômetro e refaça as medições do diâmetro da agulha. Organize os dados em uma tabela, calcule o valor médio e o desvio. Compare com a medida obtida no item 1.
- Discuta a precisão das medidas obtidas.