

# Experimentos de Astronomia para o Ensino Fundamental e Médio

**Roberto Ortiz**

*Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP*

**Colaboradores:**

**Diego F. Gonçalves (EACH/USP)**

**Roberto Boczko (IAG/USP)**

**Segunda Edição**

**2011**

## **Prefácio**

Este trabalho visa fornecer ao professor de ensino fundamental e médio, material didático para a demonstração de fenômenos relacionados à Astronomia, sob a forma de atividades práticas. Nele, o professor irá encontrar mais de 20 roteiros de atividades, incluindo Astronomia de Posição, instrumentos de observação, movimentos de componentes do Sistema Solar, eclipses, estações do ano, e até mesmo Cosmologia. A proposta inicial foi fornecer um roteiro de experimentos para utilização na disciplina “*Experimentos de Astronomia para o Ensino de Ciências*”, optativa do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP.

O objetivo deste trabalho não é ensinar Astronomia. Para isso o leitor dispõe de outras fontes de consulta, apesar da relativa escassez de títulos em português. Alguns experimentos propostos pressupõem um conhecimento prévio do assunto, portanto sugerimos que o professor os aborde com antecedência em sala de aula, de modo que o estudante já esteja familiarizado com o mesmo na ocasião da demonstração. Outra opção para o professor é realizar os experimentos aqui descritos de forma conjunta com a teoria, facilitando sua compreensão.

O professor poderá substituir alguns dos materiais sugeridos por outros que julgue mais adequados, especialmente por aqueles que podem ser reciclados ou que sejam bio-degradáveis. Alguns experimentos requerem a utilização de ferramentas cortantes e/ou perfurantes. Nesses casos, o professor tem duas opções: apresentar ele mesmo o experimento em sala (previamente preparado) ou efetuar previamente as etapas perigosas, deixando para o estudante as tarefas que não apresentam risco.

Esta é a segunda edição deste trabalho, portanto é bastante provável que ele ainda contenha falhas. Os autores são abertos a críticas e comentários dos leitores e são gratos pela comunicação de eventuais erros que porventura sejam encontrados.

***Os autores***

## Sumário

1. Cor e Temperatura .....	4
2. Distância e Temperatura .....	6
3. Incidência solar direta e indireta .....	8
4. Efeito Estufa .....	11
5. Expansão do Universo.....	15
6. Órbitas elípticas.....	18
7. Segunda Lei de Kepler.....	20
8. Órbitas dos planetas interiores.....	26
9. Satélites de Júpiter.....	27
10. As estações do ano.....	30
11. A esfera celeste e seus movimentos.....	34
12. O movimento aparente do Sol e as estações do ano.....	35
13. Observações do Sol através de um orifício e o diâmetro solar.....	39
14. Ângulos no céu.....	40
15. Eclipses solares e lunares.....	42
16. Planetário de caixa de sapatos.....	46
17. O movimento do Cruzeiro do Sul e a determinação do polo sul celeste.....	47
18. Espectroscópio de estudante.....	50
19. Relógio de Sol Equatorial.....	54
20. Relógio de Sol Horizontal.....	59
21. Telescópio Refletor.....	62
22. Câmera escura.....	66
23. Astrolábio.....	67
24. Paralaxe estelar.....	69
Bibliografia.....	75

# Experiência 1

## Cor e Temperatura

### 1. Objetivo:

Verificar como a cor de um objeto (planeta ou satélite) afeta a temperatura de sua superfície

### 2. Material Necessário:

- 2 termômetros
- 1 luminária (ou lâmpada incandescente ligada a um soquete, de preferência de 200 W de potência)
- régua ou barbante
- cartolinas branca e negra
- tesoura, fita adesiva
- 2 latas de refrigerante vazias



**Figura 1**

*O material a ser utilizado.*

### 3. Procedimento:

Recorte a cartolina de modo a cobrir a superfície das latas. Revista as latas com as cartolinas e prenda-as com fita adesiva. Coloque um termômetro dentro de cada lata (\*). Vede a abertura das latas com fita crepe (figura 2). Leia e anote a temperatura dos termômetros na tabela abaixo. Coloque ambas as latas a uma distância de cerca de 25 cm da luminária. Se achar melhor, corte um pedaço de barbante com cerca de 20 a 25 cm de comprimento para medir a distância entre a lâmpada e as latas.

(\*) Caso só haja 1 termômetro disponível, depois de fazer a leitura da temperatura na primeira lata, coloque o mesmo termômetro na segunda lata, espere alguns minutos até o sistema entrar em equilíbrio térmico e repita o procedimento.



**Figura 2**

*Esquema experimental. As duas latas devem ficar à mesma distância da lâmpada. Meça a distância com uma régua ou um barbante, conforme a figura. Observe a vedação da parte superior das latas com fita adesiva.*

Acenda a lâmpada. Após 10 minutos, leia e anote a temperatura de ambos os termômetros na tabela abaixo. Calcule o aquecimento de cada lata:  $\Delta T = \text{Temp. final} - \text{Temp. inicial}$ . Coloque os resultados na tabela abaixo.

	Temp. inicial (°C)	Temp. final (°C)	$\Delta T$ (°C)
Lata “branca”			
Lata “preta”			

#### **4. Questões:**

- O que ocorreu com a temperatura de cada termômetro quando as latas foram expostas à luz?
- Qual das duas latas foi mais aquecida pela lâmpada?
- Explique como a luz pode afetar a temperatura de um corpo.
- Qual é a fonte de radiação luminosa no Sistema Solar?

- Discuta como deve ser a temperatura na superfície da Lua. Lembre-se de que ela apresenta regiões de diversas tonalidades de cinza.
- Durante as “eras glaciais” que ocorreram na Terra, uma grande parte do planeta foi coberta por gelo e neve. Cite possíveis consequências desse fenômeno sobre a temperatura do planeta.

### **5. Sugestão:**

Repita o experimento utilizando papel alumínio ao invés de cartolina branca envolvendo uma das latas e discuta possíveis diferenças.

## **Experiência 2**

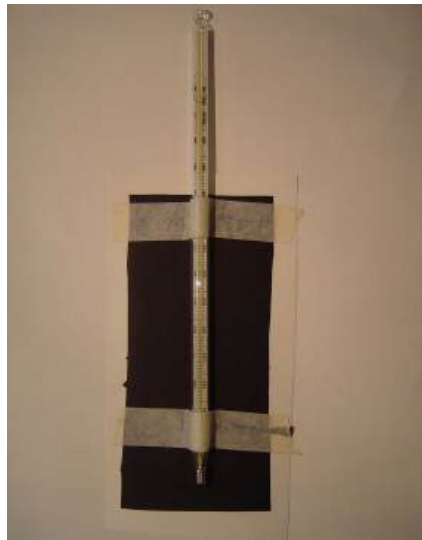
### **Distância e Temperatura**

#### **1. Objetivo:**

Verificar como a distância do Sol influencia na temperatura dos planetas

#### **2. Material Necessário:**

- 1 termômetro
- Cartolina preta
- Tesoura
- Fita adesiva
- 1 luminária (ou lâmpada incandescente ligada a um soquete, de preferência de 200 W de potência)
- Régua ou fita métrica

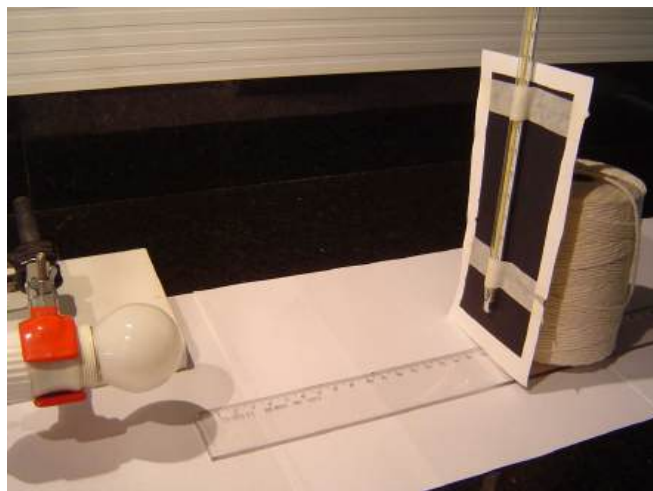


**Figura 1**

*O termômetro fixado ao retângulo de cartolina preta. Observe que o bulbo do termômetro não está coberto pela fita crepe e localiza-se sobre o cartão preto.*

### **3. Procedimento:**

- Recorte um retângulo de cartolina preta e fixe o termômetro ao cartão com a fita adesiva, conforme a figura 1; assegure-se de que o bulbo do termômetro esteja sobre a área preta da cartolina e de que a fita crepe não o encubra;
- Sobre uma mesa, posicione a luminária na posição “zero” da régua, conforme a figura 2;
- Posicione o termômetro verticalmente na posição 10 cm; (figura 2)
- Ligue a luminária, espere de 10 a 15 minutos e anote a temperatura na tabela abaixo;
- Reposicione o termômetro na posição 10 cm mais distante da luminária do que a marca anterior, espere 10 – 15 minutos e anote a temperatura na tabela;
- Repita o procedimento anterior sucessivamente, até a distância de 50 cm.



**Figura 2**

*Arranjo experimental. A lâmpada é posicionada sobre o “zero” da escala da régua. O cartão com o termômetro é mantido na posição vertical.*

T(°C) a 10 cm	T(°C) a 20 cm	T(°C) a 30 cm	T(°C) a 40 cm	T(°C) a 50 cm

#### **4. Questões:**

- Como varia a temperatura do termômetro com a distância à luminária? Ela fica constante, aumenta ou diminui?
- Faça um gráfico da temperatura do termômetro (em °C) em função da distância (em cm), em uma folha de papel quadriculado ou milimetrado.
- A temperatura varia linearmente com a distância?
- No Sistema Solar, o papel da luminária é desempenhado pelo Sol, que emite energia radiativa. Pesquise sobre a temperatura média dos 8 planetas do sistema solar. Considerando esses dados, pode-se dizer que a temperatura dos planetas do Sistema Solar diminui com a distância?
- Pesquise outros fatores que podem influir na temperatura da superfície de um planeta.

#### **5. Sugestão:**

Verifique se 10 minutos são suficientes para que o termômetro atinja a temperatura de equilíbrio. Senão, verifique o tempo necessário para que isso ocorra.

## **Experiência 3**

### **Incidência solar direta e indireta**

#### **1. Objetivo:**

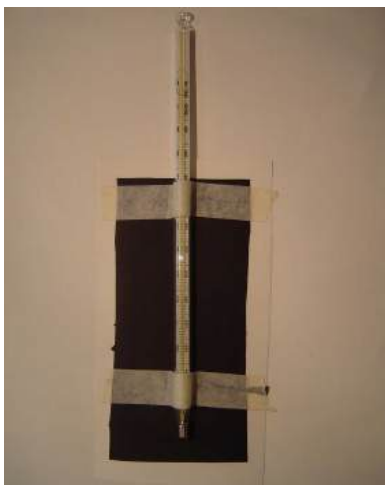
Verificar como a incidência oblíqua dos raios solares é menos eficiente no aquecimento de superfícies

#### **2. Material Necessário:**

- 1 termômetro
- 1 luminária (ou lâmpada incandescente ligada a um soquete, de preferência de 200 W de potência)
- Cartolina preta
- Tesoura
- Fita adesiva
- Esquadro de 60°



- Régua ou barbante

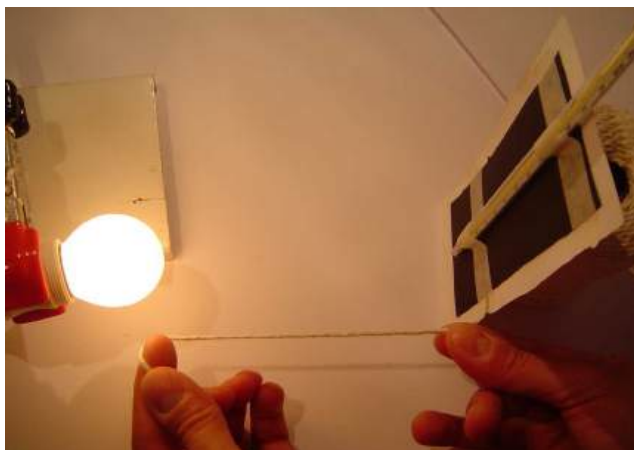


**Figura 1**

*O termômetro fixado ao retângulo de cartolina preta. Observe que o bulbo do termômetro não está coberto pela fita crepe e localiza-se sobre o cartão preto.*

### **3. Procedimento:**

- Recorte um retângulo de cartolina preta; prenda nele o termômetro conforme a figura 1; assegure-se de que o bulbo do termômetro esteja sobre o cartão preto e de que a fita crepe não o encubra;
- Coloque o termômetro na posição vertical, a cerca de 20 cm da lâmpada; marque a distância da lâmpada ao bulbo do termômetro com uma régua ou um pedaço de barbante (figuras 2 e 3);
- Espere 15 minutos, meça a temperatura do termômetro e anote-a na tabela abaixo;
- Utilizando um esquadro de 60°, posicione a cartolina com o termômetro conforme a figura 4; espere 15 minutos, leia a nova temperatura do termômetro e anote na tabela abaixo.



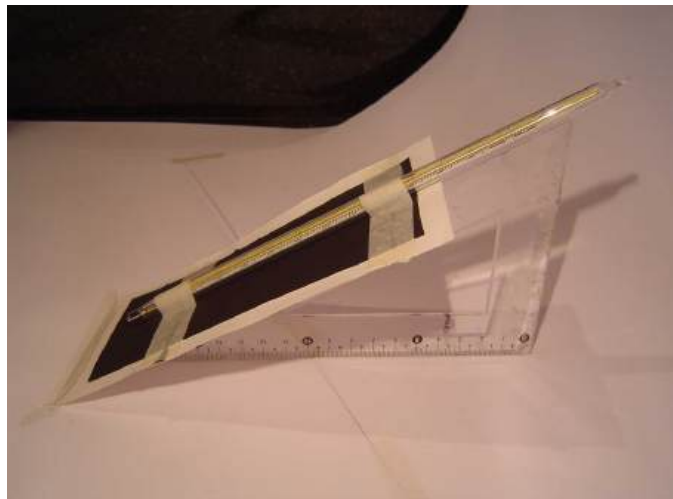
**Figura 2**

*A distância deve ser medida sempre entre a lâmpada e o bulbo do termômetro. Na ausência de uma régua, um barbante pode servir para tomar a medida.*



**Figura 3**

*Na primeira medida, o termômetro é mantido verticalmente.*



**Figura 4**

*Na segunda medida, coloca-se o termômetro inclinado  $60^\circ$  com relação à direção da lâmpada. Não se esqueça de medir a segunda temperatura com a distância da lâmpada ao bulbo igual à primeira medida.*

	T(°C)
Incidência reta sobre o termômetro	
Incidência oblíqua a $60^\circ$	

#### **4. Questões:**

- Em qual situação o termômetro registrou a maior temperatura? Por quê?
- Qual é a relação entre o ângulo de incidência dos raios solares em uma região e as estações do ano?
- Que regiões dos planetas/satélites devem ter maior temperatura? E menor?
- Que outros fatores devem influenciar na temperatura da superfície dos planetas?

#### **5. Sugestões:**

- Refaça a experiência substituindo a luminária por luz solar natural. Utilize o tamanho da sombra para determinar a posição reta/oblíqua do cartão. Verifique se os resultados são satisfatórios.
- Verifique se 10 minutos são suficientes para que o termômetro atinja a temperatura de equilíbrio. Senão, determine o tempo necessário para que isso ocorra.

## **Experiência 4**

### **Efeito Estufa**

#### **1. Objetivo:**

Verificar como o efeito estufa contribui para o aquecimento da atmosfera dos planetas

#### **2. Material Necessário:**

- 2 termômetros
- Duas jarras de vidro transparente, com tampa, altas o suficiente para conter um termômetro. Pode-se substituir as jarras por garrafas de refrigerante PET.
- Cartolina preta
- Tesoura (ou estilete) e fita adesiva
- Régua ou barbante
- Uma lâmpada incandescente com potência de 200W (opcional, para o caso de a experiência ser realizada em ambiente fechado)

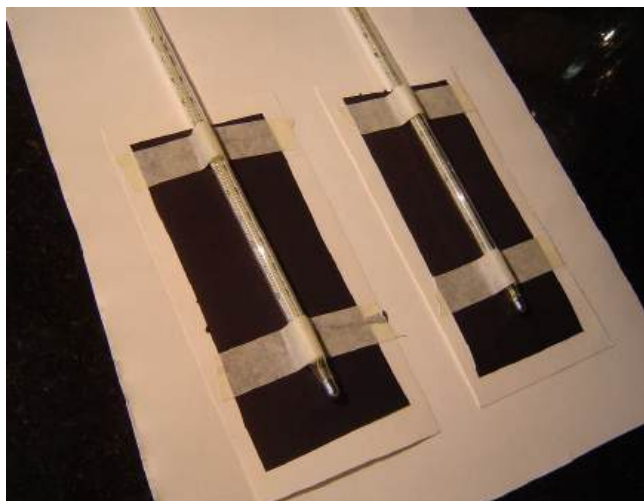


**Figura 1**  
*Material utilizado.*

### **3. Procedimento:**

- Recorte um retângulo de cartolina preta e afixe nele o termômetro com fita crepe; faça-o de modo que o bulbo do termômetro esteja sobre o retângulo preto e que a fita crepe não o encubra. Repita o procedimento para os dois termômetros (figura 2);
- Recorte a parte superior das duas garrafas (para o caso de você estar substituindo as jarras por garrafas PET) conforme a figura 3;
- Coloque os termômetros presos à cartolina dentro da jarra de vidro (figura 4); faça-o de modo que os termômetros estejam situados à mesma altura nas duas garrafas;
- Recoloque a “tampa” de uma das garrafas e fixe-a com fita crepe.
- Leia a temperatura dos dois termômetros e anote-as na tabela abaixo;
- Exponha as duas garrafas à luz solar na mesma posição. Caso a experiência seja realizada em ambiente fechado utilizando uma lâmpada incandescente como fonte de radiação, posicione as duas garrafas à distância de cerca de 20 cm da lâmpada. Utilize uma régua ou um barbante para certificar-se de que a distância da lâmpada às garrafas seja a mesma.
- Após 20 minutos leia novamente a temperatura de cada um dos termômetros e anote na tabela abaixo.

Calcule o aquecimento  $\Delta T$  das garrafas aberta e fechada e escreva o resultado na tabela abaixo.



**Figura 2**

*Os dois termômetros são afixados sobre retângulos de cartolina preta. O bulbo dos termômetros deve estar sobre a cartolina preta e exposto diretamente à fonte de radiação.*



**Figura 3**

*Recorte a “tampa” das duas garrafas. Desnecessário caso opte-se por uma jarra de água.*



**Figura 4**

*Um dos termômetros sendo introduzido em uma das garrafas, sem sua “tampa”.*



**Figura 5**

*Caso a experiência seja realizada em ambiente fechado, utiliza-se uma lâmpada incandescente como fonte de radiação. Ela deve ser posicionada equidistante das duas garrafas. Utilize uma régua ou um barbante para certificar-se disso.*

	Garrafa aberta	Garrafa fechada
Temperatura inicial (°C)		
Temperatura final (°C)		
$\Delta T$ (°C)		

#### **4. Questões:**

- Qual garrafa apresentou o maior aquecimento  $\Delta T$  devido à exposição à fonte de radiação?
- Explique a razão física de sua resposta anterior.
- O ambiente interno à garrafa representa a atmosfera terrestre. O que representa a tampa da garrafa?
- Pesquise quais são os gases responsáveis pelo efeito estufa.
- Pesquise quais são os planetas do Sistema Solar que possuem efeito estufa. Faça comentários sobre suas temperaturas e composição química preponderante de suas atmosferas.
- A Lua possui efeito estufa? Por quê?
- De que maneira pode-se reduzir o efeito estufa?

## **Experiência 5**

### **Expansão do Universo**

#### **1. Objetivo:**

Verificar que, quanto mais distante uma galáxia se encontra, mais rápido ela se afasta.

#### **2. Material Necessário:**

- Bexiga de borracha
- Caneta, de preferência hidrocor
- Fita métrica (ou régua e barbante)
- Papel milimetrado ou quadriculado
- Lápis

#### **3. Procedimento:**

- Infle a bexiga até que esta atinja o tamanho de seu punho;
- Utilizando a caneta, desenhe 4 pontos em diferentes lugares da superfície da bexiga. Identifique-os com as letras *A*, *B*, *C* e *D*. Eles representarão galáxias do Universo. O ponto *A* representará a Via-Láctea e os demais outras galáxias do Universo;
  - Meça a circunferência da bexiga utilizando a fita métrica ou o barbante; determine seu raio dividindo o valor encontrado por  $2\pi=6,28$ . Anote o raio na tabela abaixo;
  - Meça a distância entre os pontos *A* e *B* com a fita métrica; anote na tabela;
  - Meça a distância entre os pontos *A* e *C* com a fita métrica; anote na tabela;

- Meça a distância entre os pontos  $A$  e  $D$  com a fita métrica; anote na tabela;
- Infle mais um pouco a bexiga e repita o procedimento acima para raios cada vez maiores, anotando os resultados obtidos até completar a tabela abaixo. Se o formato da bexiga desviar-se muito do esférico, interrompa o procedimento.
- Em um gráfico, coloque os diversos raios da bexiga no eixo das abscissas ( $x$ ) e as distâncias entre  $A$  e  $B$  no eixo das ordenadas, representando esse dados como pequenas “bolinhas”; desenhe uma reta que represente o melhor ajuste aos dados de modo que ela intercepte a origem;
- Repita o procedimento anterior para as distâncias  $AC$ , representando esses dados por “quadrados” ou outro símbolo qualquer. Desenhe uma segunda reta que passe por esses pontos de modo que ela intercepte a origem;
- Repita todo o procedimento gráfico para as distâncias  $AD$  utilizando um símbolo diferente que os anteriores para representar esses dados.

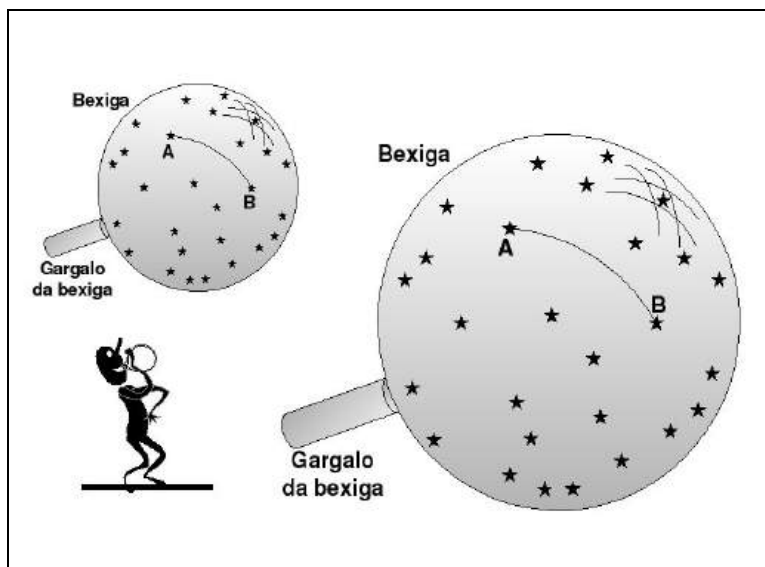
#### **4. Questões:**

- Nesse universo particular (bexiga), há somente duas dimensões espaciais, na superfície da bexiga. A dimensão temporal é representada pelo raio da bexiga, que cresce desde o instante do Big-Bang. Que distância deveriam separar as galáxias no instante do Big Bang?
- As retas obtidas durante o procedimento interceptam a origem. Por quê?
- Se imaginarmos que a bexiga tinha raio de 5 cm no instante  $t = 5$  segundos, raio de 6 cm no instante  $t = 6$  segundos e assim por diante, estaríamos representando o tempo  $t$  no eixo das abscissas. Calcule a velocidade de recessão das galáxias  $B$ ,  $C$  e  $D$  com relação à Via-Láctea, em km/s, entre os instantes  $t = 5$  e 6 segundos. Em seus cálculos, utilize as retas que você ajustou aos dados. Verifique se as galáxias mais distantes da Via-Láctea afastam-se com maior velocidade e discuta seus resultados.



*Tabulação dos Dados:*

Circunferência (cm)	Raio da bexiga (cm)	Distância $AB$ (cm)	Distância $AC$ (cm)	Distância $AD$ (cm)



# Experiência 6

## Órbitas elípticas

### 1. Objetivo:

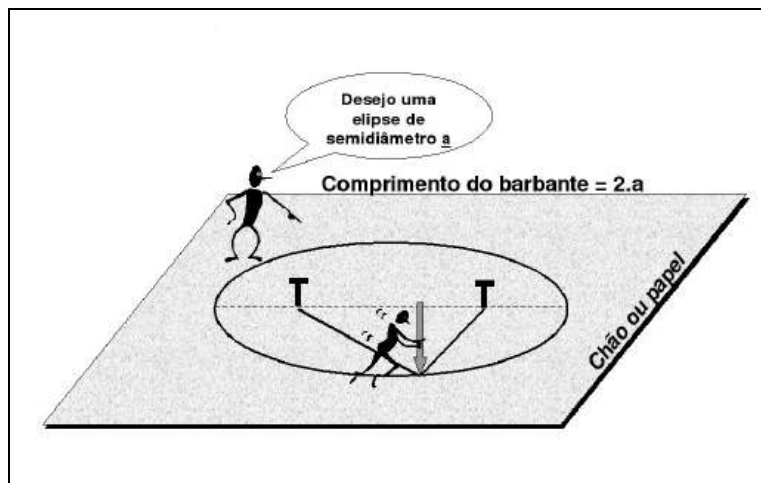
Desenhar órbitas de planetas e cometas, em escala.

### 2. Material Necessário:

- Dois pregos, pinos ou outro material semelhante
- 1 folha de papel sulfite de tamanho A3 ou uma cartolina branca.
- Linha ou barbante
- Lápis
- Superfície perfurável (folha de cortiça, madeira ou semelhante)
- Régua

### 3. Procedimento:

- Utilizando a tabela abaixo, calcule o parâmetro  $c$  da elipse da órbitas dos cometas. Lembre-se de que a distância do astro ao Sol no periélio é igual a  $a-c$  e no afélio  $a+c$ ;
- Escolha uma escala que seja mais apropriada para o seu tamanho de papel: 1 U.A. = 2 cm ou 1 U.A. = 1 cm e desenhe as órbitas dos planetas Vênus, Terra, Marte e Júpiter, admitindo que sejam circunferências; utilize um barbante se não dispuser de um compasso;
- As órbitas dos cometas são elipses muito achatadas; para desenhar a órbita do cometa Kohoutek, coloque o papel sobre a superfície perfurável; fixe dois pinos, cada um deles à distância  $c$  do centro das órbitas planetárias (observe a escala: 1 U.A. = 2 cm);
- Amarre um barbante (ou linha) de comprimento  $2a$ , ligando os dois pinos;
- Utilizando um lápis, desenhe a órbita dos cometas Encke e Kohoutek.



**Figura 1**

#### 4. Questões:

- Compare a distância do periélio dos cometas que você desenhou com a da tabela. Elas são iguais? Comente.
- Meça com uma régua o eixo-menor ( $2b$ ) dos dois cometas. Em seguida, calcule o valor  $2b$  através da relação bem conhecida para elipses:  $a^2 = b^2 + c^2$ . Elas são iguais? Comente.
- As órbitas de todos os planetas são elipses. Na escala utilizada, qual seria a distância (em cm) entre os pregos que marcariam a posição dos focos das elipses da órbita da Terra e de Júpiter? Considerando esses resultados, você considera válida a aproximação utilizada para desenhar as órbitas planetárias de que elas são uma circunferência?
- Qual a posição dos periélios dos cometas Encke e Kohoutek relativamente aos planetas do sistema solar?
- Verifique se os cometas Encke e Kohoutek seguem a terceira lei de Kepler.

#### **Dados das órbitas dos cometas**

Nome	Período (anos)	Periélio (U.A.)	Afélio (U.A.)
Encke	3,30	0,33	4,11
Kohoutek	6,65	1,78	5,30

#### **Dados das órbitas planetárias**

Planeta	Período (anos terrestres)	Semi-eixo maior da elipse ( $a$ ), em U.A.	Excentricidade ( $e = c/a$ ) da órbita
Mercúrio	0,24	0,39	0,21
Vênus	0,62	0,72	0,007
Terra	1,00	1,00	0,017
Marte	1,88	1,52	0,09
Júpiter	11,9	5,20	0,05
Saturno	29,4	9,54	0,05
Urano	83,7	19,19	0,05
Netuno	163,7	30,07	0,09

# Experiência 7

## Segunda Lei de Kepler

### 1. Objetivo:

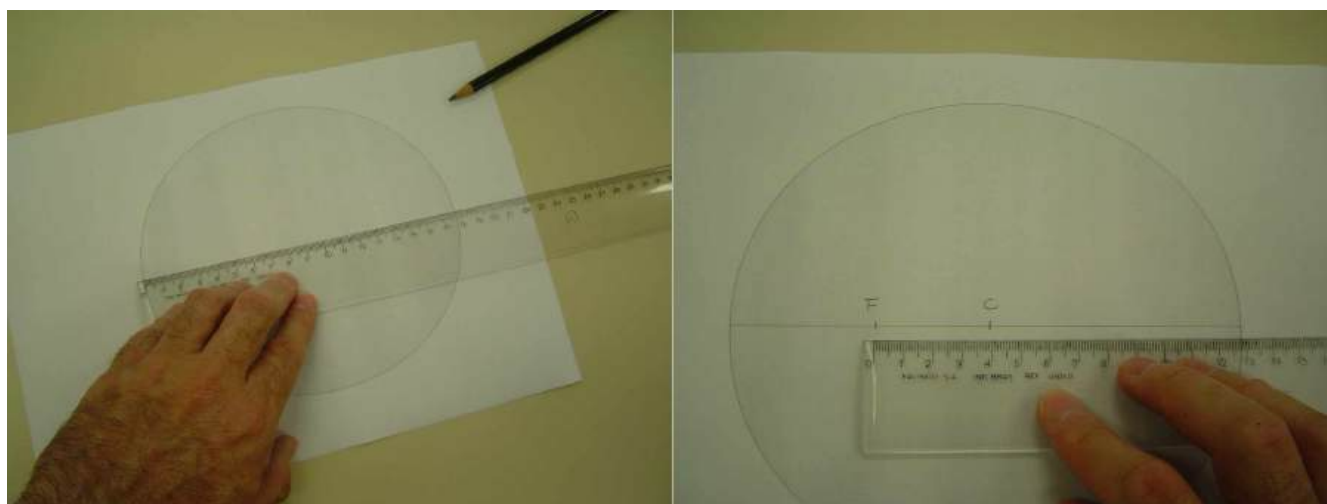
A partir do desenho de uma órbita elíptica, mostrar como o segmento de reta que une a posição de um planeta (ou qualquer outro astro que percorra uma órbita) varre áreas iguais em tempos iguais.

### 2. Material necessário:

- Figura de uma elipse (anexa, no final do roteiro)
- Cartolina branca, tamanho A4
- Placa de isopor ou cortiça, tamanho A4
- Tesoura, Estilete
- Lápis
- Régua e fita métrica
- Transferidor
- Cola branca
- Confeitos, medindo cerca de 1 cm cada (balas, chiclete ou similar)

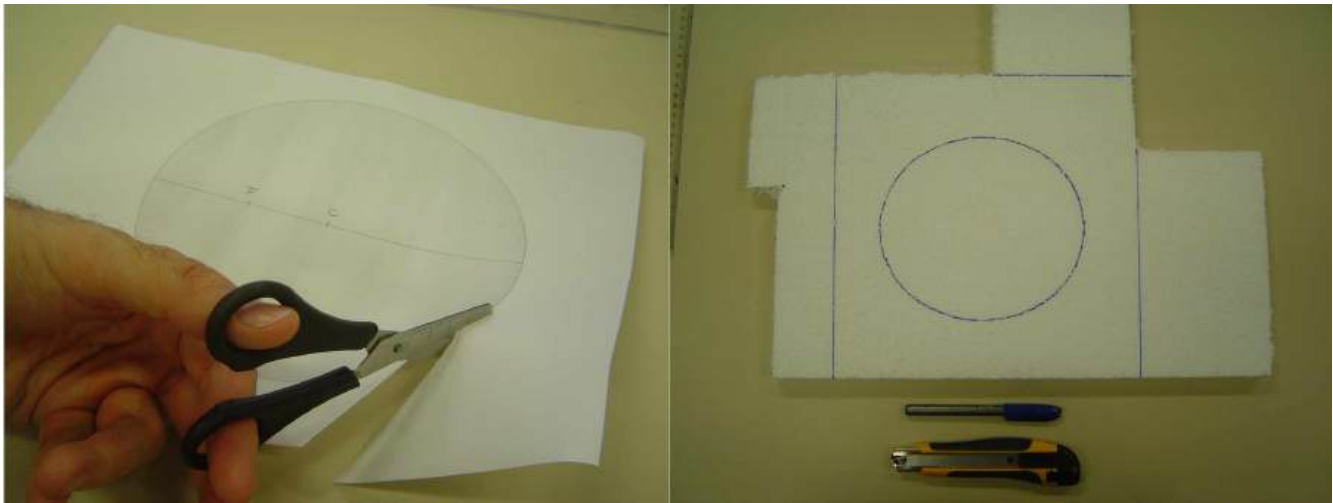
### 3. Procedimento:

Com o auxílio de uma régua, desenhe sobre a figura da elipse o seu eixo maior. Determine a posição do centro da elipse ( $C$ ). Com a régua, meça o eixo-maior ( $2a$ ) e o eixo-menor ( $2b$ ) da elipse. A relação entre o semi-eixo maior ( $a$ ), semi-eixo menor ( $b$ ) e a semi-distância entre os focos ( $c$ ) é dada pela relação bem conhecida da geometria plana:  $a^2 = b^2 + c^2$ . Utilizando essa relação, determine  $c$  e anote a posição ( $F$ ) de um dos focos da elipse na figura, utilizando um lápis.



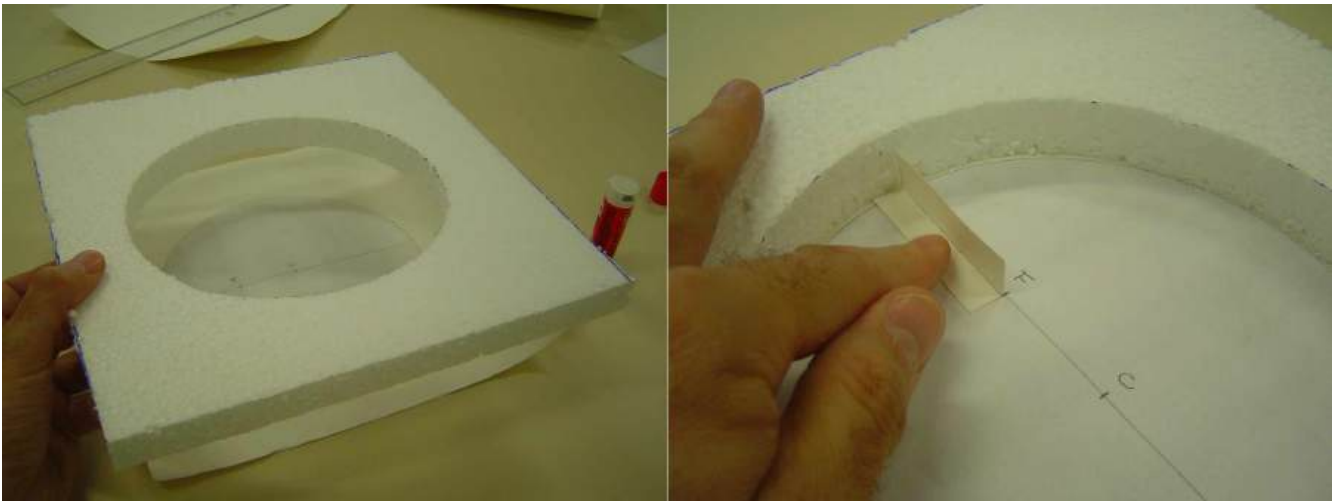
**Figura 1**

*Com o auxílio de uma régua, desenhe o eixo-maior da elipse, seu centro e um de seus focos ( $F$ ).*



**Figura 2**

Recorte a elipse com uma tesoura. Utilizando-a como um molde, corte a placa de isopor (ou cortiça) do mesmo tamanho.

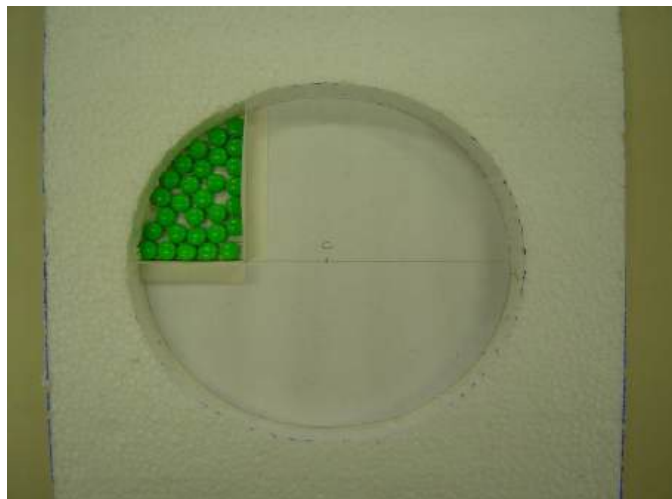


**Figura 3**

*Cole a figura da elipse sobre uma folha de cartolina tamanho A4 e sobre esta cole a placa de isopor.*

Utilize uma cartolina para cortar uma ou duas tiras medindo aproximadamente 2,5 x 40 cm. Dobre-a conforme a figura abaixo, recorte e cole um pedaço sobre o fundo da elipse unindo o foco  $F$  à borda mais próxima da elipse, ao longo de seu eixo maior (Figura 3).

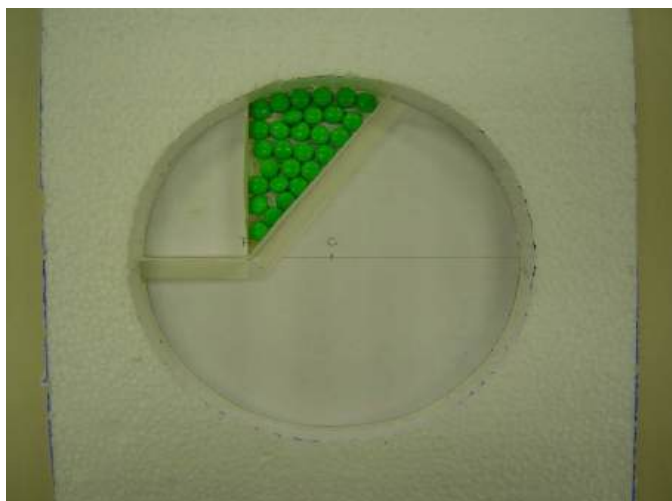
Repita o processo, colando uma nova fita de cartolina ligando o foco  $F$  a um ponto da elipse situado na direção de  $90^\circ$  no sentido horário. Preencha o setor da elipse entre as duas divisórias com confeitos (Fig. 4). Não permita que eles se sobreponham, mas ao mesmo tempo tente colocar o maior número deles nesse espaço. Conte o número de confeitos que couberam nesse espaço e jogue fora (ou coma) os que sobraram.



**Figura 4**

*Os confeitos, preenchendo o primeiro setor da elipse.*

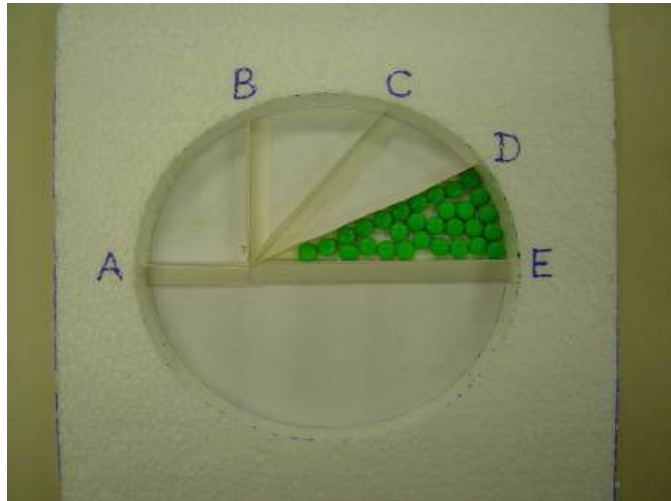
Transfira os confeitos do setor da elipse acima para a área restante. Cole outra divisória de cartolina no fundo da elipse de modo a acomodar todos os confeitos em um novo setor da elipse, tendo um dos lados a fita cortada anteriormente (Fig. 5).



**Figura 5**

*Os confeitos, preenchendo o segundo setor da elipse. Utilize o mesmo número de confeitos que você utilizou para preencher o primeiro setor.*

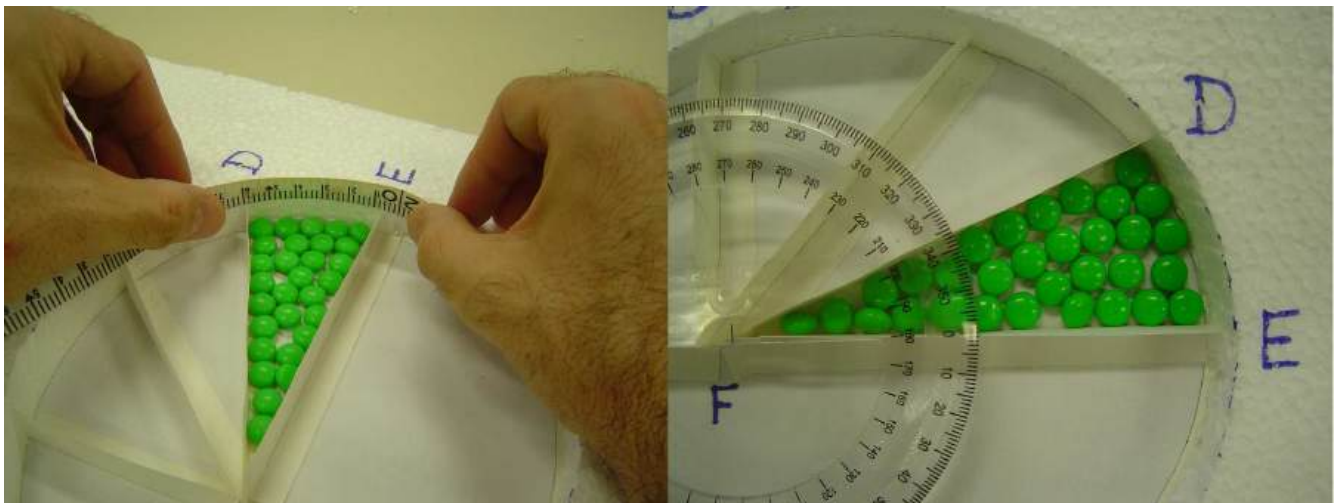
Repita o processo de adicionar divisórias até que você tenha dividido pelo menos metade da área da elipse em setores que acomodem o mesmo número de confeitos. Todos eles terão a mesma área pois podem abrigar o mesmo número de confeitos.



**Figura 6**

*Metade da elipse dividida em setores.*

Utilizando uma fita métrica, meça o comprimento dos arcos da elipse nos trechos AB, BC, CD e assim por diante. Anote os resultados na tabela abaixo. Depois, meça o tamanho das divisórias AF, BF, CF, etc., conforme as figuras abaixo.



**Figura 7**

*Medidas do setor da elipse.*

Com o auxílio de um transferidor, meça os ângulos AFB, BFC, CFD, etc. Anote os resultados na tabela abaixo.

## Tabulação dos dados

Setor	Arco (cm)	Divisória anterior (cm)	Divisória posterior (cm)	Ângulo entre as divisórias
AB	AB=	AF=	BF=	AFB=
BC	BC=	BF=	CF=	BFC=
CD	CD=	CF=	DF=	CFD=
DE	DE=	DF=	EF=	DFE=

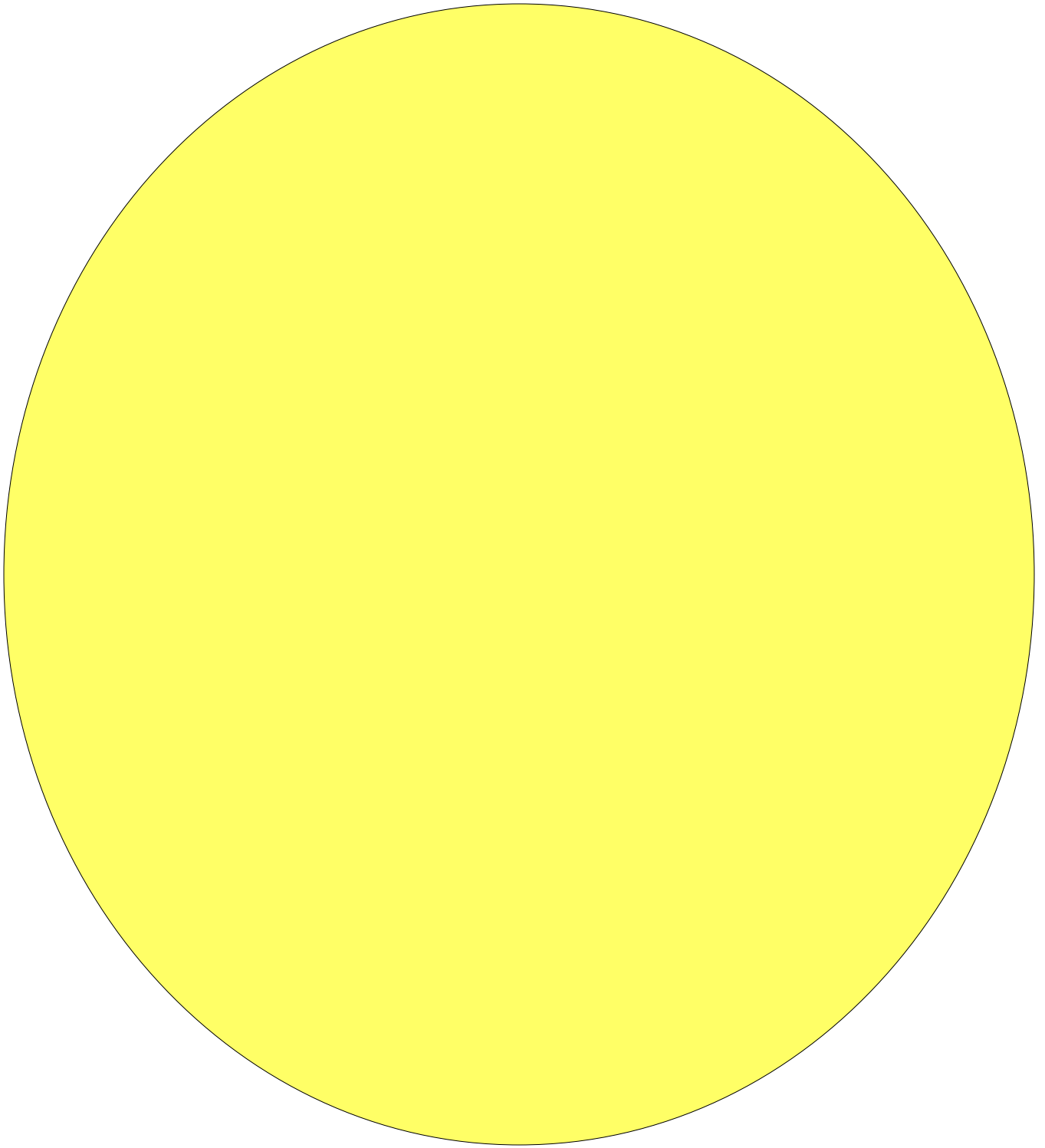
### 4. Questões:

- Se seu experimento simula a órbita de um astro em torno do Sol, em que posição este último deve estar localizado?
- Os tempos decorridos entre a passagem de um astro pelos pontos A e B, B e C, C e D e assim por diante são os mesmos. Tendo esse fato em mente, em qual desses trechos o astro apresentou maior velocidade? E menor?
- Calcule a razão entre a maior e a menor velocidade que um astro teria ao percorrer essa órbita.
- Calcule a excentricidade dessa órbita. Compare-a com a dos planetas do Sistema Solar. Discuta possíveis diferenças.
- Calcule as áreas utilizando a aproximação de um “setor circular”, utilizando a expressão abaixo:

$$A = \pi r_m^2 (\theta/360^\circ)$$

onde  $r_m$  é a média das divisórias adjacentes ( $r_m = (r_1+r_2)/2$ ) e  $\theta$  é o ângulo entre elas. Essas áreas são aproximadamente iguais? Discuta possíveis diferenças.





# Experiência 8

## Órbitas dos planetas interiores

### 1. Objetivo:

Criar um modelo para a elongação máxima de Vênus e Mercúrio e suas fases.

### 2. Material Necessário:

- 1 folha de papel sulfite formato A3 ou 1 folha de cartolina branca
- Compasso
- Transferidor
- Régua
- Caneta ou lápis

### 3. Procedimento:

- Utilizando os dados das órbitas de Mercúrio, Vênus e da Terra da experiência 6, desenhe-as em escala no papel utilizando a escala 1 U.A. = 30 cm, aproximando as suas órbitas por circunferências.
- Suponha a Terra numa posição fixa. Determine com o transferidor a máxima distância angular entre Mercúrio e o Sol. Ligue os três astros com linhas retas. Faça o mesmo com Vênus.

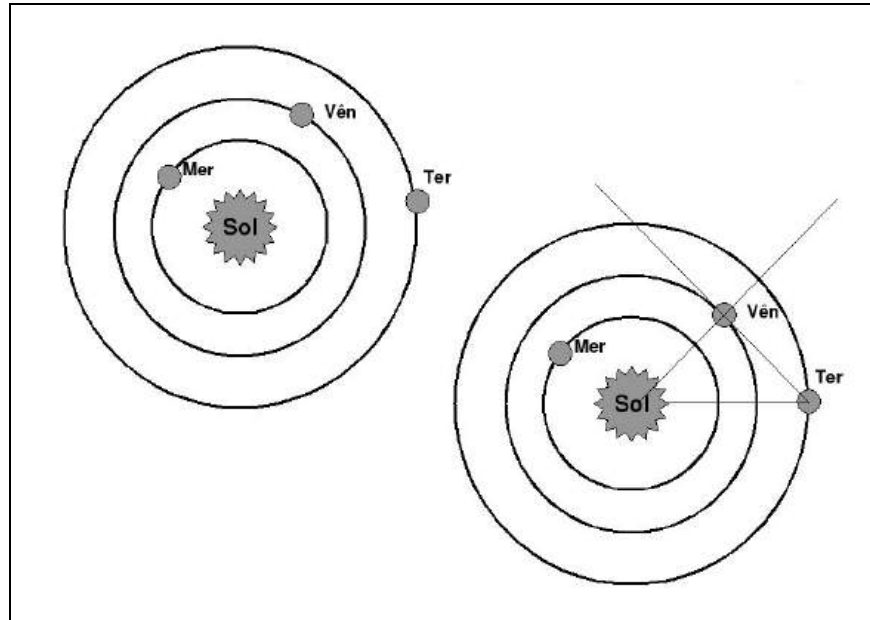
### 4. Questões:

- Utilizando o seu desenho, determine a distância entre Mercúrio e a Terra na elongação máxima, em U.A.
- Qual a distância entre Vênus e a Terra na elongação máxima?
- Chamamos de “conjunção inferior” a configuração na qual Sol, planeta interior e Terra estão alinhados, nessa ordem. Qual é a distância entre Mercúrio e a Terra nessa configuração?
- Chamamos de “conjunção superior” a configuração na qual planeta interior, Sol e Terra estão alinhados, nessa ordem. Qual é a distância entre Mercúrio e a Terra nessa configuração?
- Qual a distância entre Vênus e a Terra na conjunção inferior? E na conjunção superior?
- Que fatores devem influenciar o brilho aparente de Vênus, quando visto da Terra? Em que posição você espera que Vênus esteja mais brilhante no céu? Comente.
- Faça um desenho ilustrando o aspecto de Vênus ao telescópio, quando o ângulo entre esse planeta e o Sol, visto da Terra é igual a: 10°, 20°, 30°, 40°, 47°.

### 5. Sugestões:

- Numa outra folha de papel, desenhe as órbitas da Terra e de Marte e baseando-se em seu desenho, responda as perguntas abaixo:
- Marte apresenta o fenômeno de elongação máxima? Comente.

- Marte apresenta fases? Comente.



**Figura 1**

*Esquema das órbitas da Terra e dos planetas interiores.*

## Experiência 9

### Satélites de Júpiter

#### **1. Objetivos:**

Verificar como os 4 maiores satélites de Júpiter são visto como uma *fila* de corpos celestes ao lado do planeta. Verificar como ocorrem os trânsitos, eclipses e ocultações de Júpiter.

#### **2. Material Necessário:**

- Esfera de isopor de cerca de 5-10 cm de diâmetro
- Arame ou fio elétrico rígido, encapado
- Massa de modelar
- Lanterna ou conjunto de lâmpada-soquete
- Folha de papel sulfite, de preferência formato A3
- Régua e compasso

### **3. Procedimento:**

- Utilizando os dados da Tabela abaixo, desenhe na folha de papel uma circunferência representando Júpiter com o mesmo diâmetro que o da esfera de isopor que você possui. Aproximando as órbitas dos satélites de Júpiter como circunferências, desenhe também na folha de papel circunferências na mesma escala representando as órbitas de Io, Europa, Ganimedes e Calisto. O diâmetro real de Júpiter (no equador) é de 143 mil quilômetros.
- Corte um pedaço de arame de cerca de 15 cm de comprimento. Enfie uma das extremidades na esfera de isopor e dobre a outra ponta sobre si mesma de maneira a moldar um apoio para a esfera sobre a mesa. Este conjunto representará Júpiter.
- Utilizando massa de modelar, faça moldes com massa de modelar para representar os satélites. Em seguida, introduza uma ponta do arame em cada satélite e dobre a outra ponta de modo que todos os 4 satélites fiquem acima da mesa à mesma altura que você fez com Júpiter.
- Coloque a folha de papel contendo as órbitas em escala sobre uma mesa. Em seguida, coloque cada satélite sobre sua órbita. Movimente-os à medida que você mantém a linha dos olhos no mesmo plano que Júpiter e seus satélites, cerca de 10 cm acima da mesa. Ilumine o conjunto à distância com uma lanterna ou lâmpada a partir de pontos diferentes da sala.

### **4. Questões:**

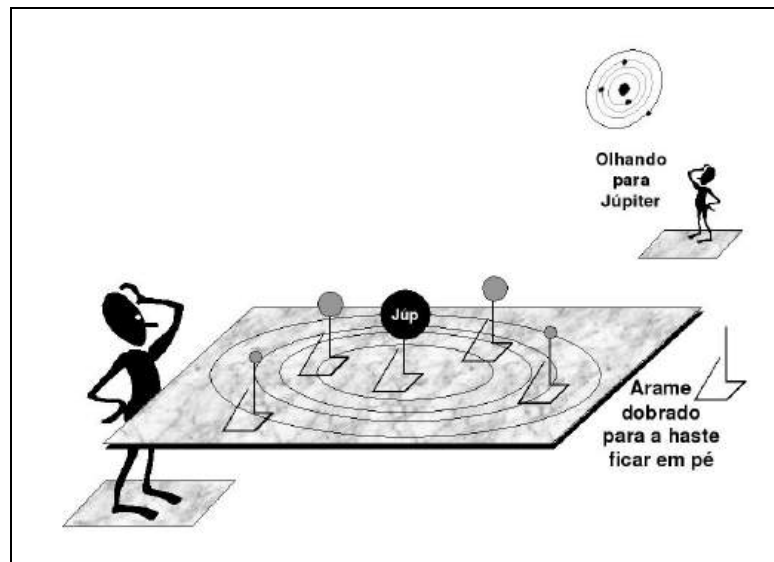
- O que é um trânsito? Qual a diferença entre eclipse e ocultação?
  - Em que ocasiões ocorrerá um eclipse dos satélites? E uma ocultação?
  - Estime o tempo de duração de um trânsito do satélite Io e de Calisto. Para tanto, calcule a velocidade média (em km/s) desses dois satélites e compare-a com o tamanho do trajeto que eles têm a percorrer durante um trânsito sobre Júpiter.
- 11
- Utilizando os dados da tabela abaixo e a constante da gravitação universal  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ , calcule a massa de Júpiter.

### **5. Sugestões:**

- Verifique se os 4 satélites seguem a 3a. Lei de Kepler.
- Pesquise sobre outros satélites de Júpiter. Na sua escala, onde estaria localizado o satélite mais distante conhecido? Qual é o seu período, em dias? (lembre-se da 3a. lei de Kepler).

## Dados sobre os 4 maiores satélites de Júpiter

Satélite	Diâmetro (km)	Raio da órbita <sup>3</sup> (10 km)	Período (dias)
Io	3640	422	1,77
Europa	3130	671	3,55
Ganimedes	5268	1070	7,15
Calixto	4806	1883	16,69



**Figura 1**

*Júpiter e seus satélites assemelham-se a um “Mini Sistema Solar”.*

# Experiência 10

## As estações do ano

### **1. Introdução:**

A questão das estações do ano é um tema recorrente no Ensino Fundamental e Médio. No entanto, muitos professores ainda têm dificuldades para explicar corretamente o fenômeno, que ocorre devido à inclinação do eixo de rotação terrestre com relação ao plano de sua órbita. Neste experimento, o fenômeno é demonstrado com materiais de baixo custo e fácil manipulação.

### **2. Objetivo:**

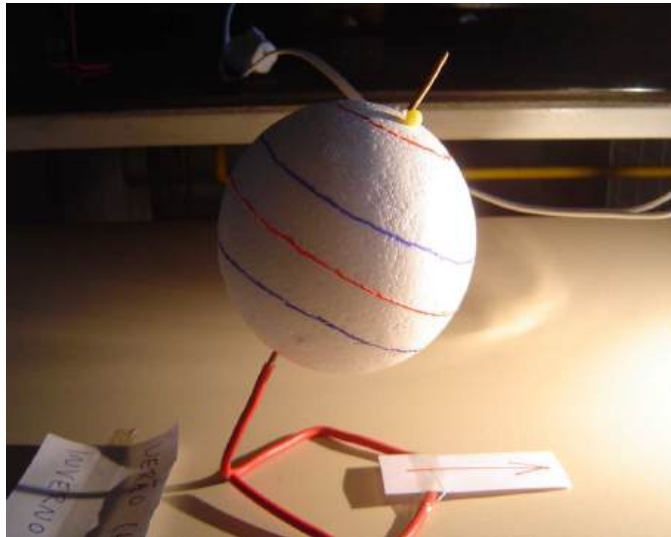
Construir um modelo fora de escala que descreva a ocorrência das estações do ano.

### **3. Material Necessário:**

- Sala escurecida
- Mesa
- Luminária (ou conjunto montado de lâmpada e soquete)
- 1 Bola de isopor com diâmetro entre 5 e 10 cm
- Caneta
- Arame ou fio elétrico grosso, não flexível
- Alfinete de marcar mapas

### **4. Montagem e Procedimento:**

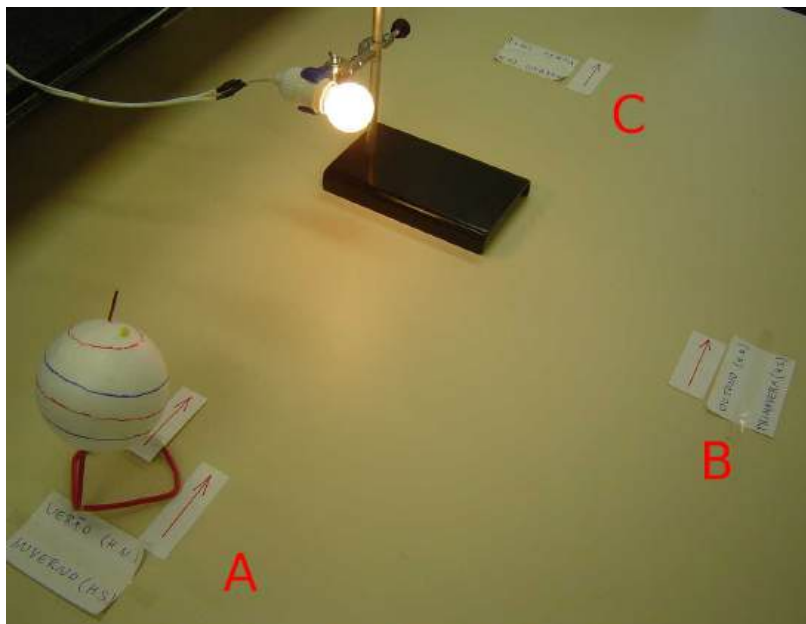
Corte e dobre o arame ou fio elétrico como a Fig. 1. Se estiver utilizando um fio elétrico, desencape sua parte superior. Insira a esfera de isopor que representará a Terra na parte desencapada do fio, conforme a figura. Disponha o conjunto sobre uma mesa de modo que o arame faça um ângulo de cerca de 23 graus com a vertical. Desenhe paralelos de latitude representando os trópicos de Câncer e Capricórnio e os círculos polares Ártico e Antártico.



**Figura 1**

*A Terra e seu eixo, representados por uma esfera de isopor montada sobre uma armação de fio elétrico. A seta presa à base assinala a direção da inclinação do eixo de rotação terrestre. Os principais paralelos de latitude também estão representados.*

Coloque a esfera que representa a Terra sobre uma mesa, juntamente com a luminária. Regule a posição da esfera de isopor sobre o fio elétrico de modo que a distância do centro da esfera à mesa (altura da esfera) seja igual à distância da mesa ao centro da lâmpada (altura da lâmpada). Prenda uma seta à base do conjunto que representa a Terra e seu eixo, assinalando a direção da inclinação do eixo da Terra (Fig. 1).

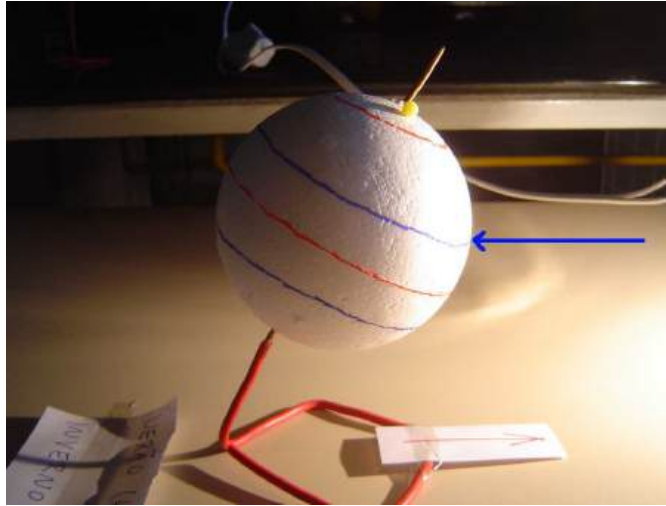


**Figura 2**

*O Sistema Sol-Terra, representado pela luminária (Sol) e uma esfera de isopor montada sobre um fio elétrico moldado. Observe que a direção da inclinação da Terra (indicada pela seta vermelha) deve ser fixa no espaço!*

A Figura 2 ilustra a posição da Terra em três ocasiões diferentes. Na posição **A**, ocorre o solstício de Verão no hemisfério Norte (e Inverno no hemisfério Sul); três meses depois, a Terra se moverá para a posição **B**, que assinala o equinócio de Outono no hemisfério Norte (equinócio de Primavera no hemisfério Sul); após mais três meses, a Terra estará na posição **C**, que corresponde ao solstício de Inverno no hemisfério Norte (e Verão no hemisfério Sul).

Estando a sala escurecida, coloque a Terra na posição **A**. Observe como o Sol incidirá diretamente sobre o trópico de Câncer no hemisfério Norte (Fig. 3).

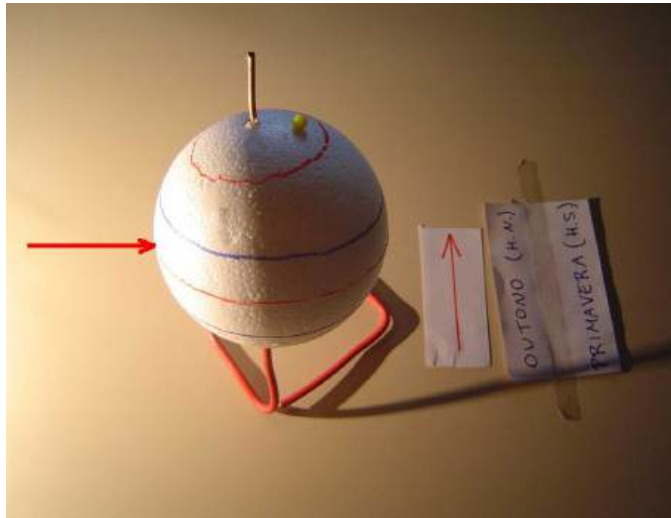


**Figura 3**

*A Terra na posição A. Os raios solares, representados pela luz da luminária, atingem diretamente os pontos situados sobre o trópico de Câncer. Essa posição marca o início do Verão no hemisfério Norte, no dia 20 ou 21 de junho.*

A Figura 4 ilustra os raios solares incidindo sobre a Terra no dia de equinócio (posição **B** no esquema da Fig. 2). Nessa posição, o Sol incide diretamente sobre os pontos situados no equador terrestre. O equinócio de Outono no hemisfério Norte ocorre no dia 22 ou 23 de setembro; nesse mesmo dia ocorre o equinócio de Primavera no hemisfério Sul. Nessas datas, dias e noites têm exatamente a mesma duração: 12 horas.

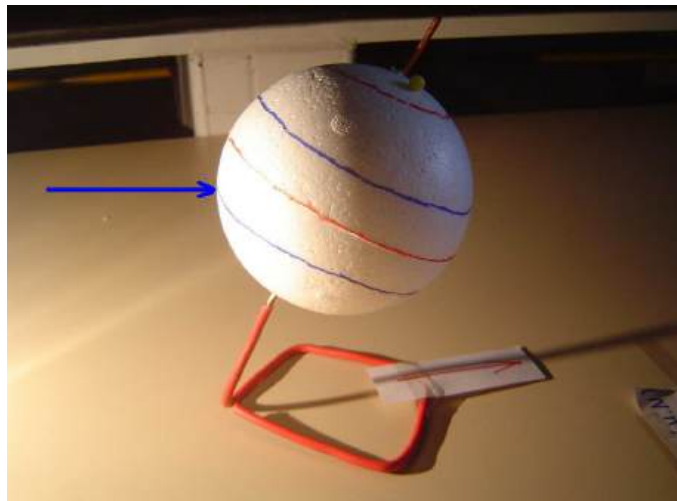




**Figura 4**

*Nos equinócios o Sol incide diretamente sobre o equador terrestre. Observe que os dois hemisférios da Terra são igualmente iluminados nesse dia.*

Finalmente, na posição assinada como **C** no esquema da Fig. 2, a Terra atinge um ponto da órbita chamado de solstício de Verão no hemisfério Sul. Observe na Fig. 5 como os raios de luz advindos do Sol incidem verticalmente sobre os pontos situados no trópico de Capricórnio. Observe também que, mesmo considerando o movimento de rotação da Terra, todos os pontos situados dentro do círculo polar Ártico permanecem 24 horas sem iluminação, i.e. o Sol permanece abaixo do horizonte.



**Figura 5**

*A Terra na posição C. Os raios solares, representados pela luz da luminária, atingem diretamente os pontos situados sobre o trópico de Capricórnio. Essa posição marca o início do Verão no hemisfério Sul, no dia 20 ou 21 de dezembro. Nessa mesma data tem início o Inverno no hemisfério Norte.*

## **5. Questões e sugestões:**

- Qual é o ângulo de inclinação do eixo do planeta Marte? Há estações do ano naquele planeta?
- O eixo de rotação do planeta Urano é de 89 graus. Construa um modelo similar ao que você construiu para a Terra e faça comentários sobre as estações do ano em Urano.

# **Experiência 11**

## **A esfera celeste e seus movimentos**

### **1. Objetivo:**

Construir um modelo que represente a esfera celeste e seus movimentos

### **2. Material Necessário:**

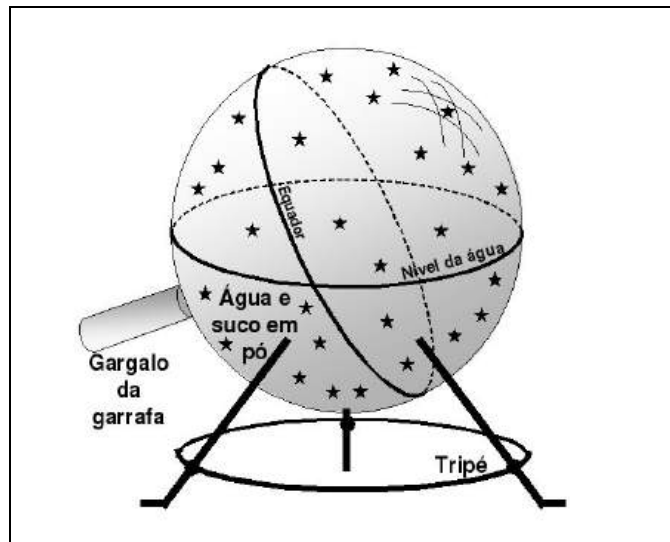
- Um balão de vidro ou um recipiente arredondado.
- Tripé de ferro (para o balão)
- Caneta marcadora (permanente)

### **3. Procedimento:**

- Desenhe com a caneta a posição do equador celeste, da eclíptica, e de algumas constelações, tal como o Cruzeiro do Sul, Orion etc.
- Encha o balão até 50% de seu volume com água e suco em pó.
- Apóie o balão sobre o tripé de modo que o pólo celeste sul fique localizado de acordo com sua latitude.
- Girando o balão, simule o nascer, passagem meridiana e ocaso do Sol nas diversas épocas do ano.
- Verifique quais são as estrelas circumpolares e aquelas que nunca podem ser observadas de sua latitude.

### **4. Questões:**

- Posicione o balão de vidro de modo a reproduzir a esfera celeste vista do pólo sul terrestre. Nessa posição, ela gira no sentido horário ou anti-horário? E no pólo norte?
- Como é o movimento aparente do Sol no pólo norte terrestre, quando é solstício de verão? E no solstício de inverno? E nos equinócios?



**Figura 1**

*O suco em pó dá coloração à água, facilitando a visualização do horizonte astronômico.*

## **Experiência 12**

### **O movimento aparente do Sol e as estações do ano**

#### **1. Objetivo:**

Mostrar o movimento aparente do Sol nas diversas estações do ano, considerando a latitude do lugar.

#### **2. Material Necessário:**

- 2 embalagens de leite longa vida
- 1 garrafa plástica (PET ou similar)
- 1 lanterna
- Fita Crepe, Fita adesiva
- Fio elétrico grosso, não-flexível
- Sala escura



**Figura 1**

*As embalagens de leite (cheias), presas com fita crepe.*

### **3. Preparação:**

Encha as embalagens de leite longa vida, caso estejam vazias; prenda-as juntas com fita crepe, conforme a Figura 1; fixe um pedaço de fio elétrico, formando um arco de tamanho suficiente para acomodar o “bico” de uma garrafa plástica (Fig. 2).



**Figura 2**

*A base pronta.*

Corte um orifício circular no meio da garrafa, com diâmetro justo para acomodar a lanterna. Introduza a lanterna e prenda-a com fita adesiva. Utilize o rolo de fita crepe ou adesiva para servir como um mancal sobre o qual a base da garrafa será apoiada. Oriente o seu conjunto conforme a Figura 3.



**Figura 3**

*O conjunto pronto e sua correta orientação.*

#### **4. Procedimento:**

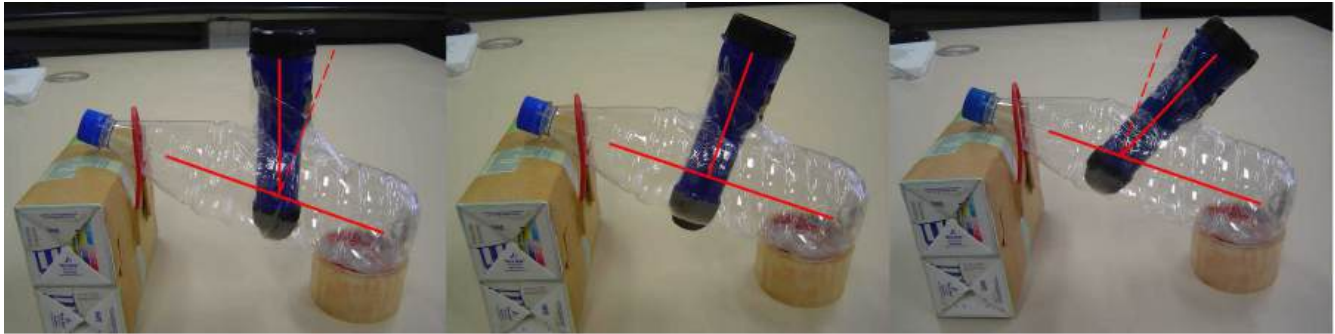
Estando o conjunto pronto, conforme a Fig. 3, procede-se a demonstração do movimento aparente do Sol nas diversas épocas do ano. Escureça a sala. O foco da lanterna no teto ilustrará o Sol. Girando cuidadosamente a garrafa com as mãos, simule o movimento diurno do Sol, de leste para oeste (Fig. 4).



**Figura 4**

*Girando-se a garrafa, o foco da lanterna simulará o movimento aparente do Sol na esfera celeste. Na figura à esquerda, o Sol é representado alguns graus acima do horizonte leste; no centro, o Sol é visto cruzar o meridiano astronômico local, em horário próximo ao meio-dia; na figura à direita o Sol caminha para o seu ocaso no horizonte oeste.*

Uma vez observado o movimento diurno do Sol ao longo de um dia, pode-se configurar o experimento para simular o movimento diurno do Sol nas diversas épocas do ano. Para tanto, basta rearranjar a posição da lanterna conforme a Figura 5.



**Figura 5**

*O movimento diurno do Sol, descrito na Fig. 4, pode ser reproduzido para diversas épocas do ano. Na figura à esquerda, o Sol encontra-se próximo ao Solstício de Verão e passa próximo ao zênite na região do Sudeste Brasileiro; no centro, o Sol está sobre o equador celeste; à direita, o Sol está próximo do Solstício de Inverno.*

Inclinando-se a lanterna para a direção Sul, pode-se simular o movimento diurno do Sol em datas próximas ao Solstício de Verão (no hemisfério Sul). Com essa configuração, pode-se observar que o Sol nascerá em algum ponto à direita do ponto cardinal Leste e sua passagem meridiana dar-se-á próxima ao zênite (para observadores no Sudeste Brasileiro). Colocando-se a lanterna em posição perpendicular ao eixo da garrafa, simula-se o movimento diurno do Sol nas datas de equinócio. Pode-se assim demonstrar que o Sol nasce exatamente na direção Leste e põe-se na direção Oeste nessas datas. Na configuração mostrada à direita a lanterna é inclinada na direção Norte, simulando a posição ocupada pelo Sol em data próxima ao Solstício de Inverno (20 ou 21 de junho). Girando-se a garrafa, simula-se o nascer, passagem meridiana e ocaso do Sol nessa data.

### **5. Sugestões e Questões:**

- Adapte seu experimento para simular o movimento diurno do Sol visto por um observador situado sobre o equador terrestre. Em que dia(s) do ano o Sol passa pelo zênite desse observador?
- Adapte seu experimento para simular o movimento diurno do Sol visto por um observador situado no pólo Sul terrestre. Como é o movimento do Sol ao longo de 24 horas? Em que dia sua altura é máxima?
- Que alteração você deveria fazer em seu experimento para simular o movimento diurno do Sol visto por um observador situado em uma latitude próxima a  $\varphi=60^\circ$ ? O Sol passa pelo zênite desse observador?

# Experiência 13

## Observações do Sol através de um orifício e o diâmetro solar

### 1. Objetivo:

Construir um dispositivo seguro para observar o Sol; determinar seu diâmetro angular e por conseguinte seu diâmetro absoluto.

### 2. Material Necessário:

- Cartão ou cartolina
- Pino ou outro material perfurante
- Trena
- Luz solar direta

### 3. Procedimento:

- Utilizando o pino, faça um pequeno orifício no cartão, medindo cerca de 1,5 – 2,0 mm de diâmetro.
- Observe a formação de uma imagem do Sol num anteparo qualquer (de preferência branco), numa linha reta anteparo-orifício-Sol. Atenção: não observe o Sol pelo orifício! A imagem do Sol formar-se-á no anteparo!
- Utilizando a trena, meça a distância entre o anteparo e o orifício.
- Utilizando a trena, meça o tamanho da imagem solar.

### 4. Questões:

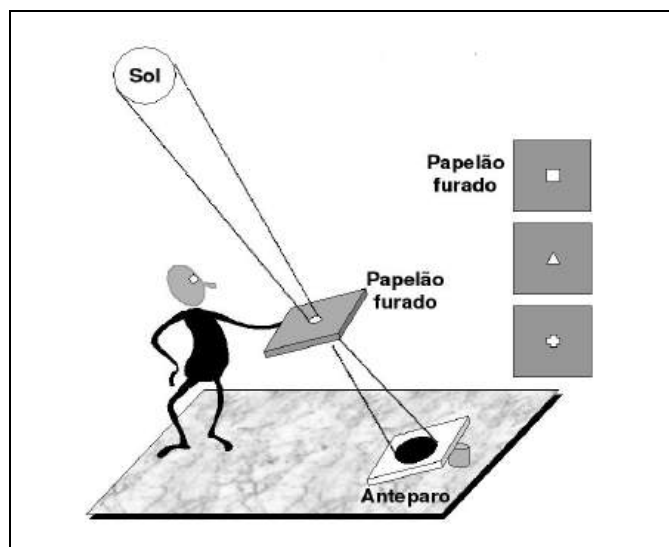
- Você é capaz de distinguir quaisquer características no disco solar, tais como: manchas etc.?
- Qual é o diâmetro angular do Sol em radianos? Em graus?
- Utilizando os dados obtidos em sua experiência, determine o diâmetro do Sol em unidades astronômicas? Sabendo que 1 U.A. equivale a 149,5 milhões de quilômetros, determine o diâmetro do Sol em quilômetros.

### 5. Sugestões:

- Faça outros orifícios no cartão e observe a influência do tamanho do orifício sobre a imagem do Sol. Quais as vantagens e desvantagens de: (a) um orifício muito pequeno; (b) um orifício maior. Comente.
- Substitua o cartão perfurado por um minúsculo caco de espelho e observe o reflexo do Sol.

Comente.

- Faça orifícios quadrados, triangulares e irregulares e observe a imagem do Sol em cada caso, conforme a figura abaixo. Comente.



**Figura 1**

*Experimente diversos formatos de orifícios e veja os resultados.*

## **Experiência 14**

### **Ângulos no céu**

#### **1. Objetivos:**

Construir um dispositivo capaz de medir pequenos ângulos no céu. Determinar o diâmetro aparente da Lua, Plêiades e outros corpos celestes.

#### **2. Material Necessário:**

- Uma régua de pelo menos 50 cm de comprimento
- Cartolina
- Tesoura
- Caneta
- Fita adesiva



### **3. Procedimento:**

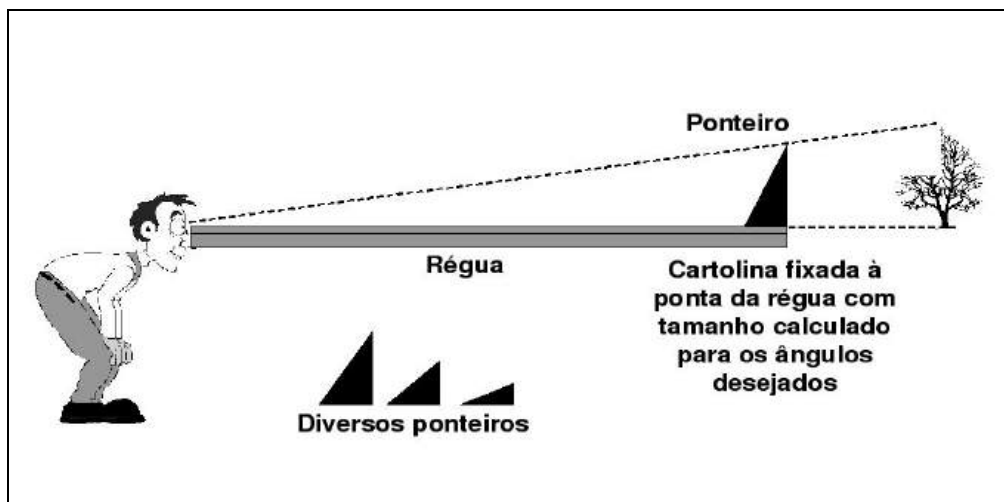
Calcule o tamanho de um objeto medindo  $\frac{1}{2}$  grau de diâmetro aparente, visto de uma ponta à outra de sua régua. Lembre-se da definição de um ângulo em radianos. Recorte a cartolina de modo a fazer um gabarito medindo o valor obtido. Faça outros gabaritos de cartolina para outros ângulos, tais como 1, 2, 3, 5, 10 etc. graus. Fixe-os na extremidade da sua régua. Observe os astros no céu que você quer medir descobrindo o gabarito que melhor coincide com o seu objeto, quando observado da extremidade de sua régua.

### **4. Questões:**

- Estime a precisão de seu instrumento de medida.
- Você pode compor um instrumento desse tipo para medir ângulos como 45 graus, por exemplo? Comente.

### **5. Sugestões:**

Meça o diâmetro aparente da Lua quando ela está próxima ao horizonte e quando estiver próxima ao zênite. Comente.



**Figura 1**

*Utilize ponteiros de diversos tamanhos ou faça um grande, com marcação em graus.*

# Experiência 15

## Eclipses solares e lunares

### **1. Introdução:**

A questão dos eclipses solares e lunares é tema recorrente no Ensino Fundamental e Médio. No entanto, muitos professores ainda têm dificuldades para explicar por que os eclipses não acontecem a cada luação. Como se sabe, a órbita da Lua é inclinada com relação à órbita da Terra e esse fato faz com que ela não se alinhe perfeitamente com o Sol e a Terra nas ocasiões de Lua Nova ou Lua Cheia. Na realidade, durante a maior parte do tempo, a Lua encontra-se distante da *Linha dos Nodos*, i.e. a reta que une os nodos ascendente e descendente da órbita lunar. Esses dois pontos representam, respectivamente, as posições da órbita nas quais a Lua cruza a eclíptica de Sul para o Norte e do Norte para o Sul. Consequentemente, os eclipses lunares são relativamente raros e acontecem geralmente apenas duas vezes por ano. Pelo mesmo motivo, os eclipses solares também são relativamente raros e acontecem com a mesma frequência que os lunares.

### **2. Objetivo:**

Construir um modelo que descreva a ocorrência dos eclipses solares e lunares.

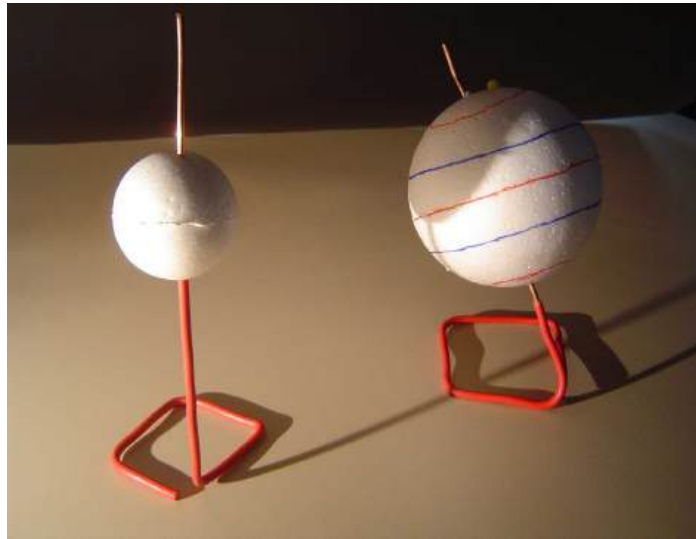
### **3. Material Necessário:**

- Sala escurecida
- Mesa
- Luminária (ou conjunto montado de lâmpada e soquete)
- 1 Bola de isopor pequena
- 1 Bola de isopor com diâmetro de pelo menos o dobro do item anterior
- Arame ou fio elétrico grosso, não flexível

### **4. Montagem e Procedimento:**

#### **4.1. Montagem:**

Corte e dobre o arame como a Fig. 1, deixando cerca de 25 cm de comprimento em posição quase vertical para representar os eixos de rotação da Terra e da Lua. Se estiver utilizando um fio elétrico, desencape sua parte superior. Insira as esferas de isopor que representarão a Terra e a Lua na parte desencapada do fio, conforme a figura. Disponha o conjunto sobre uma mesa, juntamente com a luminária.



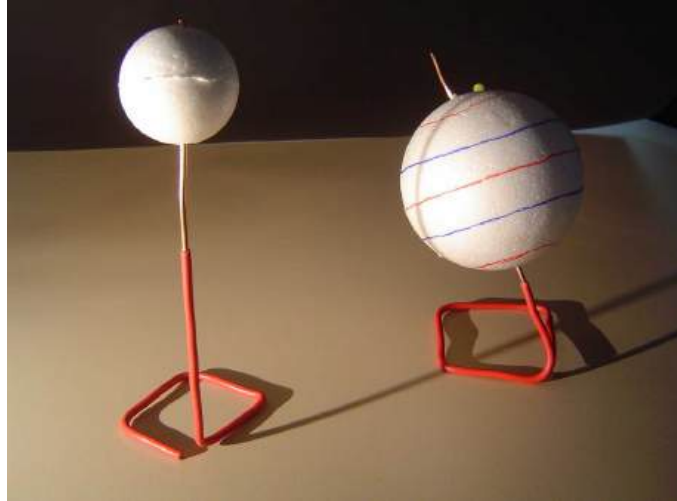
**Figura 1**

*A luminária foi posicionada do lado esquerdo da figura e a distância entre a mesa e o centro das esferas é a mesma que a distância entre a lâmpada e a mesa. Nessa situação a Lua, representada pela esfera menor, lança uma sombra no espaço que intercepta a Terra, representada pela esfera maior. Há eclipse solar.*

#### **4.2. Procedimento:**

Para demonstrar a ocorrência de um eclipse solar, mova as esferas sobre os arames de modo que a distância entre os seus centros e a mesa seja igual à distância entre a lâmpada da luminária e a mesa. Coloque alinhados a luminária, a esfera menor (representando a Lua) e a esfera maior (representando a Terra). Nessa configuração, a Lua projetará sua sombra sobre a Terra, configurando um eclipse solar. Observe que eclipses solares ocorrem somente na fase de Lua Nova.

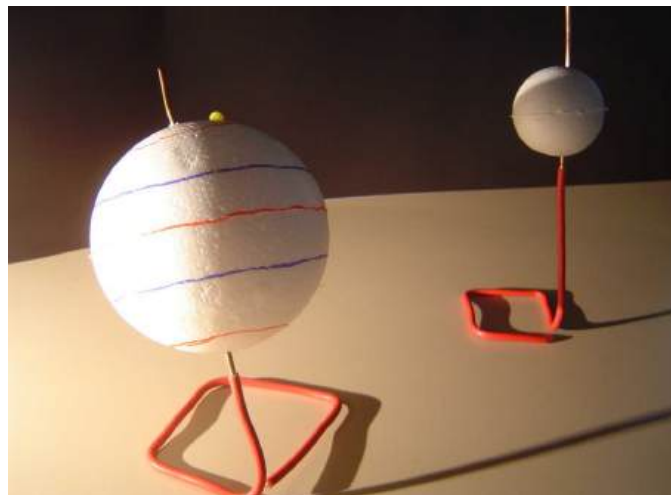
Para demonstrar a não-ocorrência de um eclipse solar na ocasião da Lua Nova, desloque verticalmente a esfera que representa a Lua (para cima ou para baixo) e alinhe novamente a luminária, a esfera menor e maior, nessa ordem (Fig. 2). Observe que, nessa configuração, a Terra pode ser apenas parcialmente coberta pela sombra da Lua. Se o deslocamento vertical aplicado for grande, a Lua não lançará sombra alguma sobre a Terra e conseqüentemente não haverá eclipse.



**Figura 2**

*A esfera menor, que representa a Lua, foi deslocada verticalmente (neste caso, para cima). Consequentemente, Sol, Lua e Terra não estão mais no mesmo plano e a sombra da Lua projeta-se em uma direção do espaço que não intercepta a Terra. Como resultado, não há eclipse, apesar de a Lua encontra-se na fase Nova.*

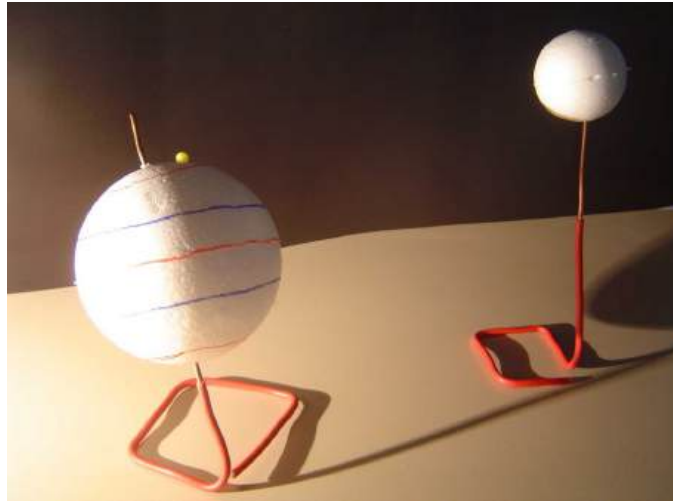
Para demonstrar a ocorrência de um eclipse lunar, mova as esferas sobre os arames de modo que a distância entre os seus centros e a mesa seja igual à distância entre a lâmpada da luminária e a mesa. Coloque alinhados a luminária, a esfera maior (representando a Terra) e a esfera menor (representando a Lua), nessa ordem. Nessa configuração (Fig. 3), a Terra projetará sua sombra numa região do espaço na qual a Lua penetrará, ao percorrer a sua órbita. Observe que eclipses lunares ocorrem somente na fase de Lua Cheia.



**Figura 3**

*A luminária foi posicionada do lado esquerdo da figura. Nessa configuração, a lâmpada, a esfera maior e a menor estão todos no mesmo plano geométrico. A Lua, representada como a esfera menor do lado direito, penetra dentro da sombra projetada pela Terra no espaço. Há eclipse lunar.*

Para demonstrar a não-ocorrência de um eclipse lunar na ocasião da fase Cheia, desloque verticalmente a esfera que representa a Lua (para cima ou para baixo) e alinhe novamente a luminária, a esfera maior e menor, nessa ordem (Fig. 4). Observe que, nessa configuração, a Lua não penetrará – ou penetrará apenas parcialmente – na sombra da Terra. No primeiro caso, o eclipse lunar será apenas parcial, mas se o deslocamento vertical aplicado for grande não haverá eclipse algum.



**Figura 4**

*Nessa configuração a Lua aparece deslocada verticalmente (na ponta do arame) do plano orbital da Terra. Percorrendo sua órbita e aproximando-se da fase Cheia, ela não penetra no cone de sombra da Terra e conseqüentemente não há eclipse lunar.*

## **5. Questões:**

- Pesquise sobre os diâmetros da Terra e da Lua. Qual deve ser a razão entre o diâmetro da esfera maior/menor do seu experimento, caso ele tivesse sido feito em escala?
- O Sol, Terra e Lua giram todos no mesmo sentido, tanto na translação como na rotação. Tendo em mente este fato, simule o movimento de rotação da Terra, lembrando que este se dá de oeste para leste. Depois, faça o mesmo para o movimento de translação da Terra em torno do Sol e da Lua em torno da Terra. Finalmente, discuta com seus colegas sobre o movimento de rotação da Lua em seu experimento.
- Coloque um alfinete sobre um ponto qualquer da Terra para marcar a posição de um observador e responda: um eclipse lunar é visível de qualquer lugar da Terra? Discuta quais as condições para que um observador possa ver um eclipse lunar.

# Experiência 16

## Planetário de caixa de sapatos

### **1. Objetivo:**

Mostrar como funciona um planetário e o movimento diurno da esfera celeste.

### **2. Material Necessário:**

- Sala escura
- Conjunto de lâmpada-soquete-fio-tomada
- Arame grosso com comprimento de cerca de 50-55 cm.
- Caixa de sapatos com tampa
- Objeto pontiagudo perfurante

### **3. Procedimento:**

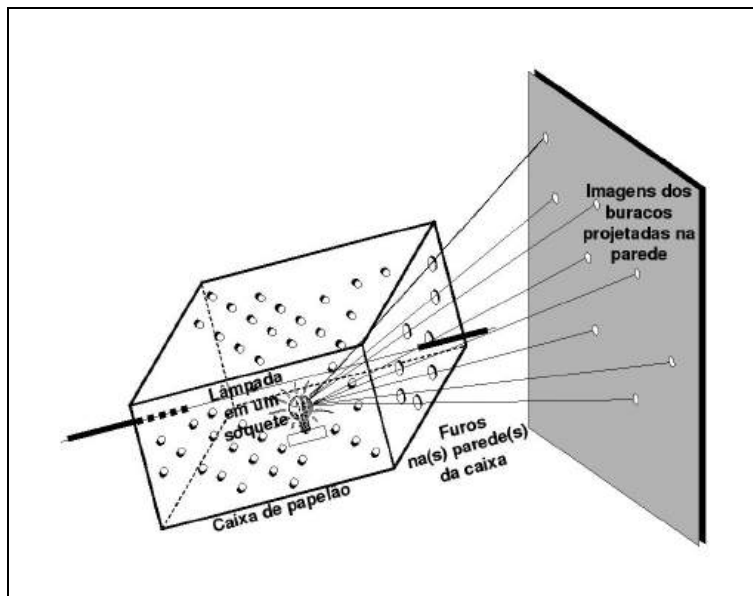
Introduza o arame no sentido do eixo longitudinal da caixa. Efetue furos de pequeno tamanho nos lados da caixa, formando um padrão geométrico qualquer. Fixe a lâmpada com fita adesiva no interior da caixa. Apague a luz do ambiente e verifique se pontos brilhantes de luz aparecem projetados na parede. Incline o eixo da caixa de um ângulo aproximadamente igual à sua latitude. Gire a caixa em torno de seu eixo, simulando o movimento diurno da esfera celeste. Observe a trajetória aparente das estrelas.

### **4. Questões:**

- Qual o sentido que a caixa deve ser girada para simular o movimento diurno da esfera celeste?
- Em que direção (norte, sul, leste ou oeste) eu devo posicionar o eixo da caixa?
- Em que face da caixa você faria um furo para simular a imagem do Sol?
- Em que face da caixa você faria um furo para simular a imagem de um planeta?

### **5. Sugestões:**

Descreva como você faria essa experiência utilizando uma lanterna ao invés da lâmpada.



**Figura 1**

*O planetário feito com uma caixa de sapatos. Não utilize lâmpada do tipo “leitosa”.*

## **Experiência 17**

### **O Movimento do Cruzeiro do Sul e a determinação do Pólo Sul Celeste**

#### **1. Objetivos:**

Demonstrar os conceitos de pólo (Sul) celeste, determinação do ponto cardinal Sul geográfico e movimento diurno da esfera celeste em diferentes latitudes.

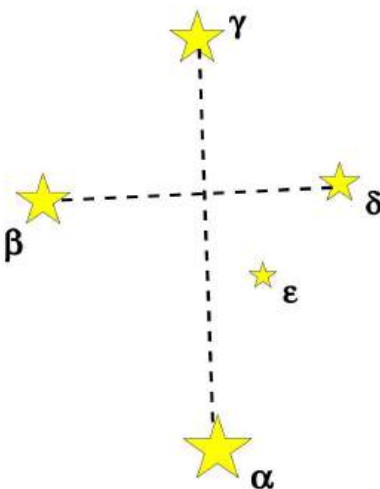
#### **2. Material Necessario:**

- Guarda-chuva
- Cartão ou pedaço de cartolina
- Fita crepe ou adesiva
- Caneta
- Tesoura
- Mesa
- Trena ou Fita Métrica

### **3.1 Procedimento 1:**

Abra o guarda-chuva (seco). Meça (em curva) o comprimento das varetas, do centro do guarda-chuva à borda e anote. Desenhe a figura do “Cruzeiro do Sul” num papel, de maneira que seu eixo-maior meça cerca de 1/7 da medida do comprimento da vareta. Recorte o cartão com a figura do Cruzeiro do Sul com a tesoura. Fixe-o na face interna do guarda-chuva, apontando para o centro, de modo que a estrela  $\alpha$  *Crucis* esteja situada no ponto médio da vareta e que seu braço maior (Figura 1) esteja apontando diretamente para o centro do guarda-chuva. Se quiser, fixe com fita adesiva outras estrelas na face interna do guarda-chuva.

Apoie o guarda-chuva sobre uma mesa, como se você fosse colocá-lo para secar. Posicione seu olho próximo à extremidade do cabo do guarda-chuva (Figura 2). Essa será sua “posição de observação”, isto é, a posição em que você vê as estrelas no céu.



**Figura 1**

*As cinco estrelas mais brilhantes da constelação de Crux, o “Cruzeiro do Sul”. Os braços maior (ligando as estrelas  $\alpha$  a  $\gamma$ ) e menor (de  $\beta$  a  $\delta$ ) da cruz estão assinalados. A estrela  $\alpha$  Crucis, também é chamada de “Estrela de Magalhães” e está mais próxima do pólo celeste Sul, enquanto  $\gamma$  Crucis é a mais distante. Observe essas relações quando for montar o seu experimento.*

Mantendo o guarda-chuva apoiado sobre a mesa e girando-o lentamente no sentido horário, você simulará o movimento diurno da esfera celeste, incluindo a constelação do Cruzeiro do Sul, para um observador situado a uma latitude de aproximadamente de 45 graus Sul. Uma volta completa do guarda-chuva corresponde a um período de aproximadamente 24 horas.



### **3.1.1 Questões:**

- O que é uma estrela circumpolar? Nessa configuração experimental, o Cruzeiro do Sul é uma constelação circumpolar?
- Seu guarda-chuva tem 8 varetas. Então quanto tempo corresponde a girar o guarda-chuva de 1 vareta?
- Quanto tempo se passa entre o Cruzeiro do Sul passar de sua posição mais alta no céu para a mais baixa?
- Onde está localizado o ponto cardeal Sul no seu experimento?
- O pólo sul celeste corresponde ao centro do guarda-chuva, onde todas as varetas se encontram. Pode-se afirmar que o Cruzeiro do Sul aponta sempre para o ponto cardeal Sul?
- Existe alguma ocasião quando o Cruzeiro do Sul aponta para o ponto cardeal Sul?
- Existe alguma ocasião quando o Cruzeiro do Sul aponta para o ponto cardeal Norte?

### **3.2 Procedimento 2:**

Reposicione o guarda-chuva, de modo que seu cabo fique totalmente apoiado sobre a mesa, na posição horizontal (neste caso, as varetas do guarda-chuva ficarão para fora da mesa). Seu ponto de observação continuará sendo o mesmo: a extremidade do cabo. Gire o guarda-chuva (livremente) como você fez no procedimento 1, para simular o movimento da esfera celeste com passar das horas.

### **3.2.1 Questões:**

- A que latitude corresponde essa configuração experimental?
- Nessa latitude, quanto tempo o Cruzeiro do Sul permanece acima do horizonte em um dia?
- Nessa latitude, o Cruzeiro do Sul aponta para o ponto cardeal Sul?
- Nessa latitude, o Cruzeiro do Sul é uma constelação circumpolar?



**Figura 2**

*A posição correta de observação: o olho deve ficar bem próximo do cabo do guarda-chuva.*

# Experiência 18

## Espectroscópio de Estudante

### 1. Objetivos:

Demonstrar, com poucos recursos, que a luz pode ser decomposta em suas diversas frequências ou comprimentos de onda.

### 2. Introdução:

Os livros didáticos frequentemente mencionam o fato de que a luz pode ser decomposta em suas diversas frequências, normalmente identificadas pelo olho humano como “cores”. A maioria dos livros cita o prisma como o elemento responsável por separar as diferentes cores, graças ao fenômeno físico conhecido como *refração*. No entanto, um prisma, seja de vidro ou de qualquer outro material transparente, não é facilmente encontrado, a não ser em lojas especializadas e a um custo não muito baixo.

Nesta experiência, a luz de uma fonte luminosa é separada em suas diversas cores graças a um Compact Disc (CD), que age como uma rede de difração. Embora o fenômeno físico responsável pela separação da luz nas diversas frequências seja completamente diferente daquele que ocorre em um prisma, o resultado obtido é o mesmo e pode ser realizado facilmente em sala de aula a um custo praticamente nulo.

### 3. Material Necessário:

- Caixa de sapatos
- Compact Disc (CD)
- Tesoura ou estilete
- Papel de seda
- Fita crepe ou adesiva
- Fonte luminosa (luz solar, lâmpada, lanterna, apontador laser, etc.)

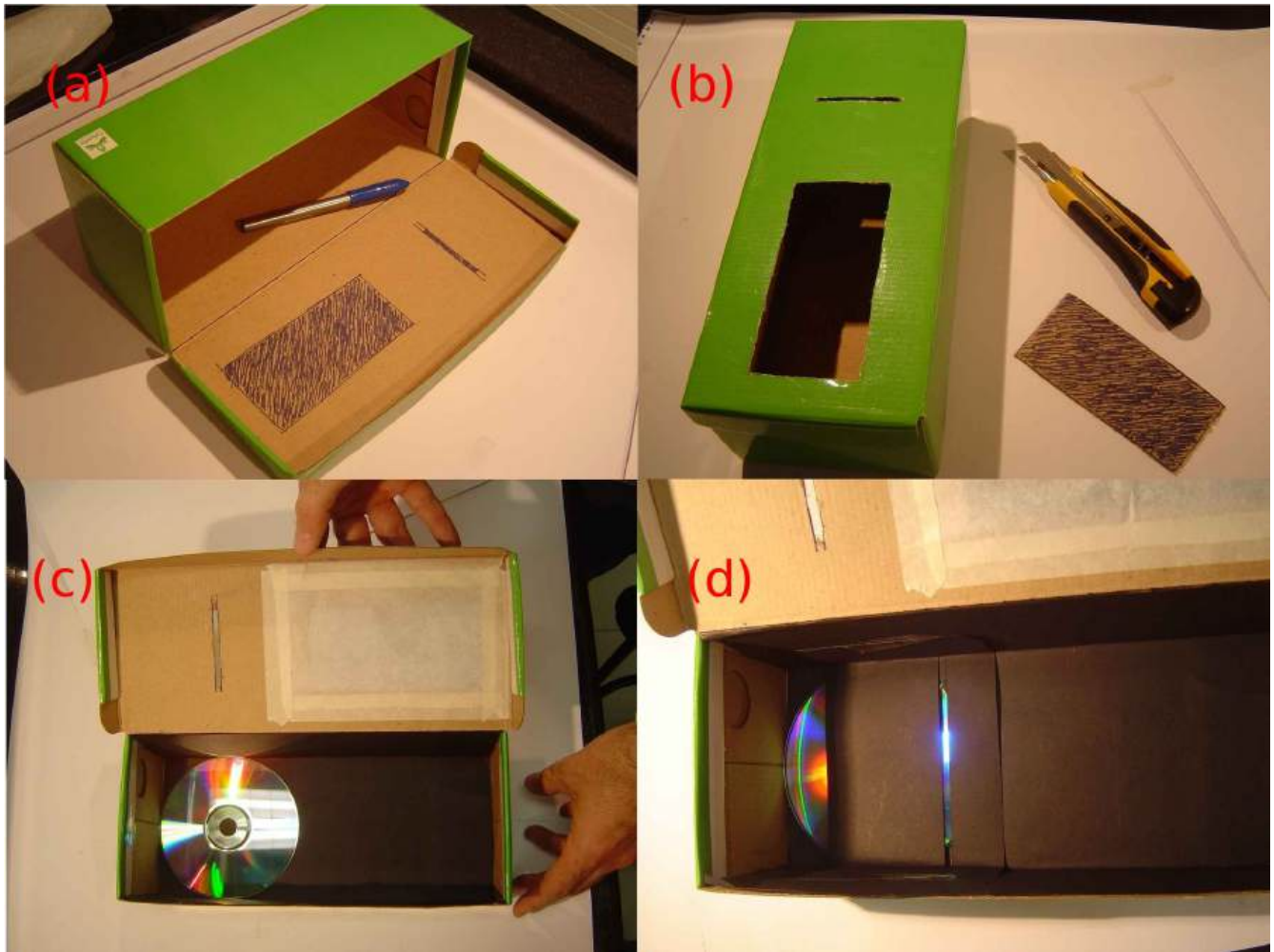


**Figura 1**

*Material a ser utilizado na construção do espectroscópio.*

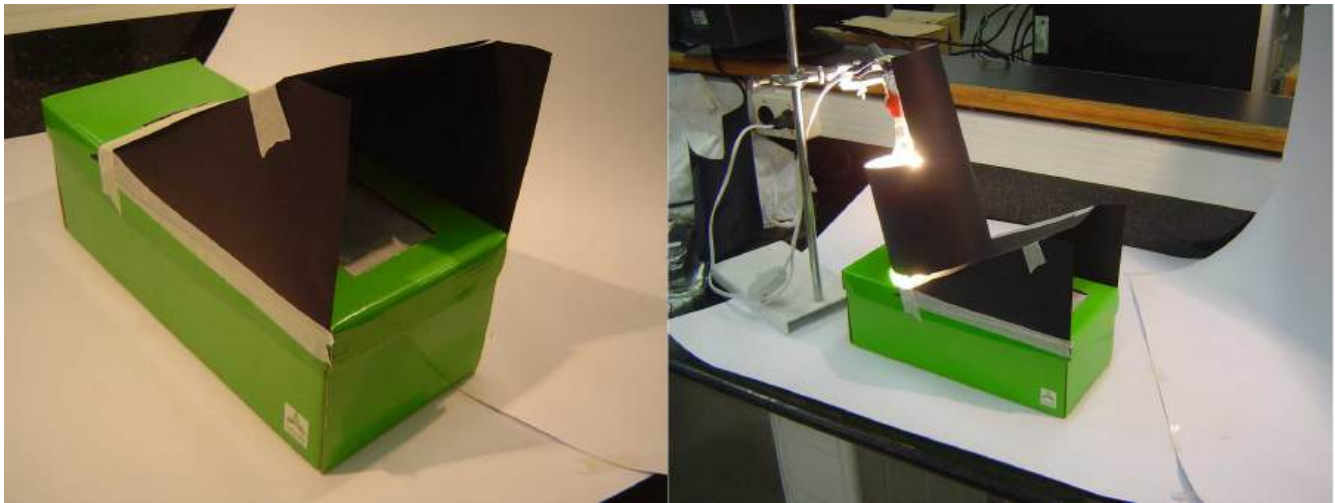
#### **4. Procedimento:**

- Corte a caixa de sapatos conforme as medidas da figura: uma fenda de 4 mm de largura, 5 cm de comprimento, situada a 7 cm da extremidade da tampa da caixa; um abertura retangular medindo 5 cm de largura, a partir do meio da tampa até a outra extremidade (figuras 2 e 3).
- Forre o interior da caixa com papel preto.
- Posicione o CD com o seu lado “colorido” para cima, no fundo da caixa. Ele deve encostar na extremidade do fundo (fig. 4).
- Cubra o CD com uma “máscara” de papel preto, deixando à mostra somente uma “faixa” do CD, medindo 4 mm de abertura (fig. 5).
- Cubra a abertura da tampa que você fez no item (a) com papel de seda, utilizando fita crepe para fixa-lo (fig. 4).
- Feche a caixa e monte uma cobertura com papel ou cartolina preta, semelhante à da figura 6.
- Posicione o seu espectroscópio de modo que a fenda da tampa fique a cerca de 10 cm de uma lâmpada. Se necessário, reposicione a caixa até que o espectro da lâmpada apareça no papel de seda.
- Para melhorar a visualização, você pode construir um anteparo com papel preto para evitar que a luz da lâmpada se espalhe por toda a sala.



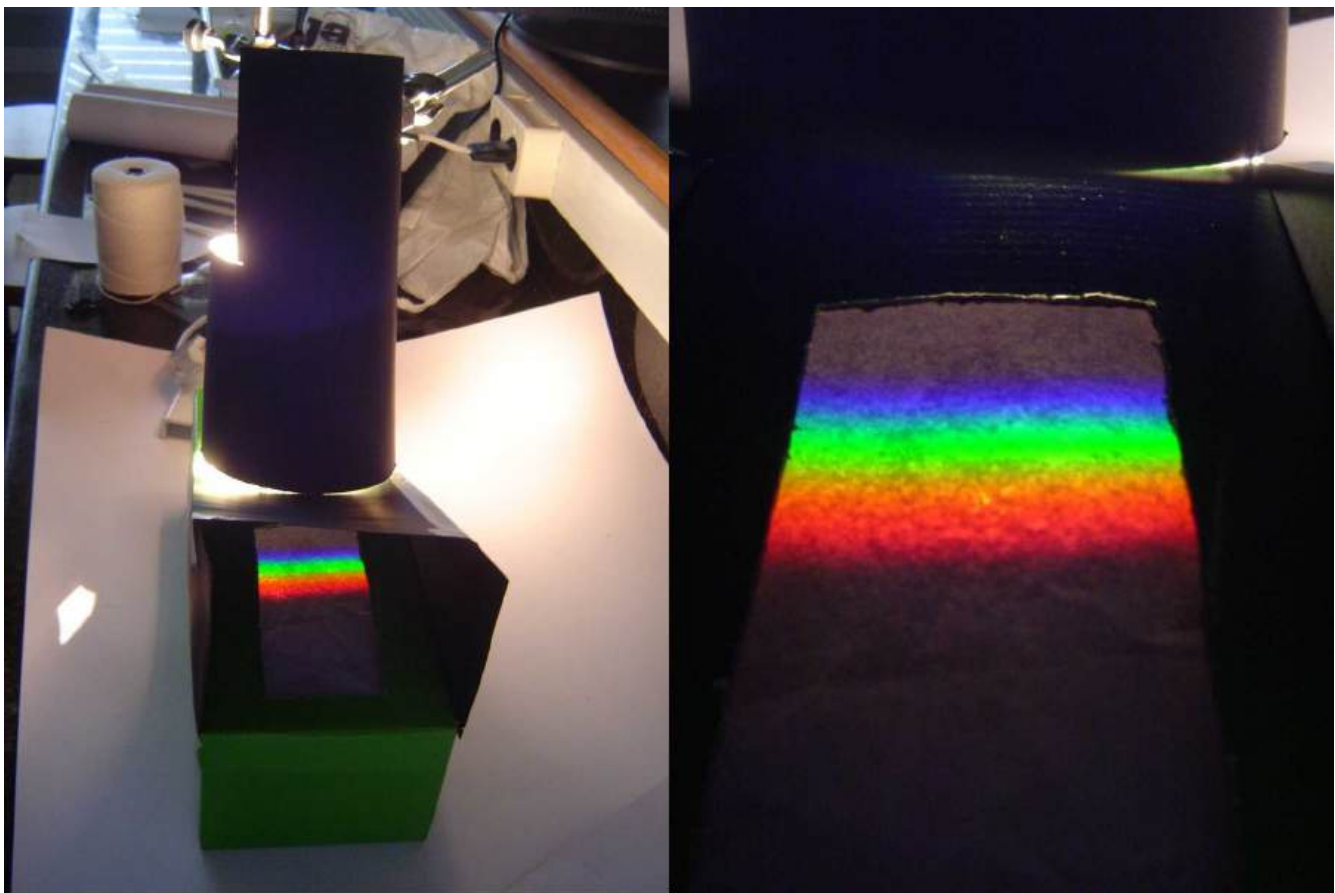
**Figura 2**

*(a) a área hachurada será recortada. Marque primeiro a posição de uma fenda medindo 4 mm x 5 cm, situada à distância de 7 cm da extremidade da tampa. O retângulo também tem 5 cm de largura e começa aproximadamente no ponto médio da tampa, estendendo-se até a outra extremidade; (b) A tampa da caixa, após o corte; (c) o interior da caixa, forrado com papel preto, o CD em sua localização correta e a “tela” de papel de seda, cobrindo totalmente a abertura retangular da tampa; (d) a “máscara” fixada sobre o CD: assim como a fenda na tampa da caixa, ela tem cerca de 4 mm de largura.*



**Figura 2**

*À esquerda, a caixa, pronta. À direita, um “parasol” adicional restringe a ação da fonte luminosa à fenda do espectroscópio.*



**Figura 3**

*O experimento em curso. Pode-se visualizar o espectro da lâmpada na tela de papel de seda. À direita, o espectro de uma lâmpada incandescente de 200 W de potência.*

## **5. Procedimento Adicional:**

Experimente diferentes fontes luminosas: uma lanterna, lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente, apontador laser, etc. Observe se existem diferenças entre os espectros observados.

## **6. Questões:**

- Como deve ser o espectro de uma lâmpada incandescente? Contínuo, de Emissão ou de Absorção? O espectro observado em seu experimento corresponde ao esperado? Por quê?
- Como deve ser o espectro de uma lâmpada fluorescente ou “econômica”? O espectro observado em seu experimento corresponde ao esperado? Por quê?
- Isaac Newton já havia demonstrado, no séc. XVIII, que a luz solar pode ser decomposta por um prisma, mas ele não observou nenhuma linha espectral no Sol, as quais só foram observadas pela primeira vez um século mais tarde. Por quê?
- Como é feita uma rede de difração? Pesquise!
- Cite alguns “objetos astronômicos” que emitam espectros de emissão.
- Os espectros estelares são todos parecidos? Se não, qual são as principais causas das diferenças entre eles?

# **Experiência 19**

## **Relógio de Sol Equatorial**

### **1. Introdução:**

O *Relógio de Sol* é um dispositivo utilizado para se determinar a hora local, a partir da posição aparente do Sol. Ele utiliza uma vareta (também chamada gnômon) que projeta uma sombra sobre um painel, onde são feitas marcações correspondendo às diversas horas do dia. A posição da sombra do gnômon sobre o painel fornece a hora local.

Existem diversos tipos de relógios de Sol, porém em todos eles o gnômon deve estar alinhado com o eixo de rotação da Terra, isto é: apontando para o pólo Sul (ou Norte) celeste. Portanto, o posicionamento do relógio de Sol e seu correto funcionamento depende do conhecimento de duas informações: (1) a direção do ponto cardinal Norte (ou Sul) verdadeiro (ou geográfico); (2) a latitude do local ( $\phi$ ), que é o ângulo que o gnômon fará com a horizontal. Em resumo: em um relógio de Sol situado no hemisfério Sul, seu gnômon deverá apontar para uma direção no céu  $\phi$  graus acima do Sul verdadeiro; um relógio de Sol situado no hemisfério Norte terá seu gnômon direcionado para a direção  $\phi$  graus acima do Norte verdadeiro.

O Relógio de Sol *Equatorial* recebe este nome porque sua sombra é projetada sobre um disco paralelo ao equador terrestre. O prolongamento imaginário desse plano intercepta a esfera celeste no equador celeste. Portanto, o painel desse tipo de Relógio de Sol é perpendicular ao gnômon. A Figura 1 mostra um exemplo desse tipo de Relógio de Sol.



## **2. Objetivos:**

Construir um relógio de Sol do tipo equatorial. Estudar os fatores e correções necessárias para se obter a hora local a partir da leitura no relógio de Sol.

## **3. Material Necessário:**

- Cartolina branca
- Placa de isopor, 4cm de espessura (ou placa de madeira fina, que possa ser cortada com tesoura)
- Tesoura, estilete
- Transferidor, régua, esquadro
- Vareta ou artefato semelhante (espetininho de churrasco, por exemplo), para atuar como gnômon
- Lápis e Caneta
- Ferramenta perfurante (desnecessária, caso trabalhe-se com isopor)
- Cola ou fita adesiva

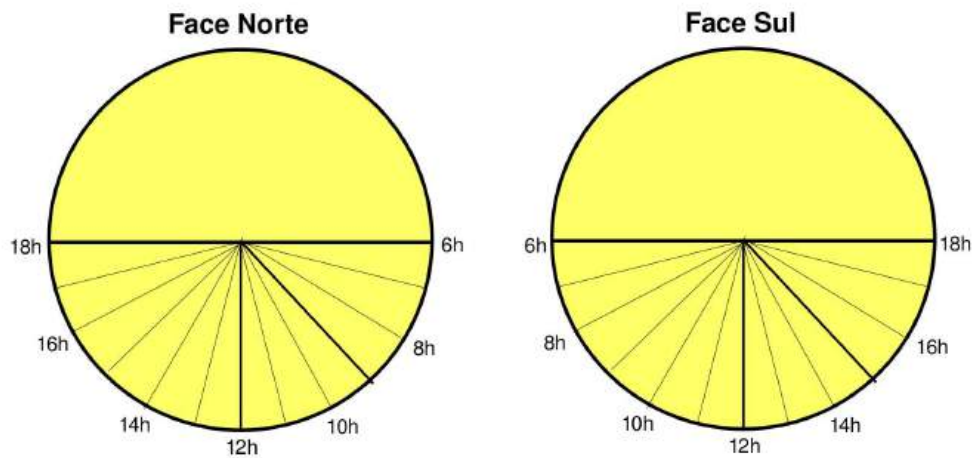
## **4. Procedimento:**

Utilizando um compasso, marque sobre a placa de isopor uma circunferência com cerca de 30 cm de diâmetro. Corte esse círculo com um estilete. Em seguida, utilizando um transferidor, desenhe sobre as duas faces do círculo segmentos de reta conforme a Figura 2. O ângulo entre segmentos de reta consecutivos é de  $15^\circ$ . Insira o gnômon no centro do círculo, perpendicularmente ao mesmo. A seguir, construa também uma base horizontal para o disco, sobre a qual ele é mantido a um ângulo fixo, que faz um ângulo com a horizontal igual à latitude do lugar. (Fig. 1). Modelos permanentes ou mais sofisticados podem ser feitos de madeira ou metal.



**Figura 1**

*Relógio de Sol Equatorial em Pequim (China). Fonte: Wikipedia.*



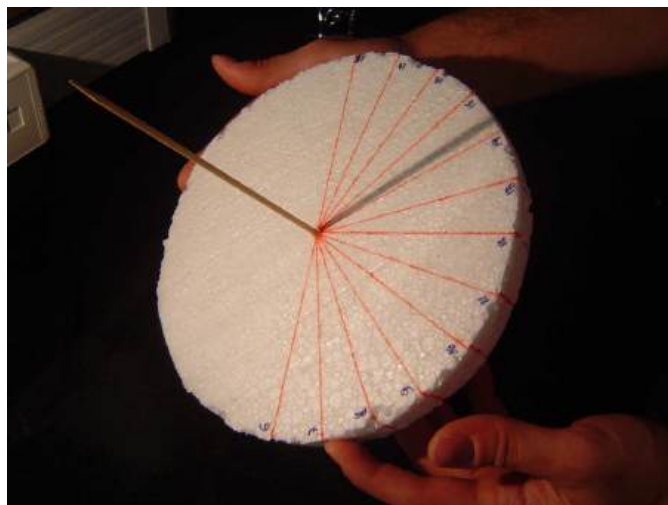
**Figura 2**

*As duas faces do painel de um relógio de Sol equatorial, contendo as marcações de horas a serem feitas sobre o disco. O ângulo entre dois raios consecutivos é de 15 graus. No centro do disco será inserido o gnômon, perpendicular ao mesmo, como na Fig. 1.*

#### **4. Posicionamento e utilização do relógio:**

O gnômon deverá ser apontado para a direção do pólo Sul celeste, que localiza-se a um ângulo  $\phi$  imediatamente acima do ponto cardeal Sul. Este último pode ser determinado aproximadamente com uma bússola, mas atenção: a bússola fornece a direção do Sul magnético, que não coincide com a direção do Sul geográfico. Veja como determinar a direção do ponto cardeal Sul no Apêndice I desta experiência.

O gnômon projetará sua sombra do lado Norte do disco no período entre 21 de março e 22 de setembro. No período de 23 de setembro até 20 de março (do ano seguinte), a sombra do Sol será vista no lado Sul do disco. Leia no Apêndice II desta experiência como obter a hora local “verdadeira” de um relógio de Sol.



**Figura 3**

*O disco do relógio, já com as marcações de horas e o gnômon fixado.*



## **5. Questões:**

- Observe a Figura 1. A fotografia corresponde a um relógio de Sol equatorial situado dentro da “Cidade Proibida”, região central de Pequim, China. Observando aquela imagem, responda: (a) a fotografia foi obtida no período da manhã ou à tarde? (b) Ela pode ter sido obtida no mês de dezembro? Justifique suas respostas.
- Um estudante construiu um Relógio de Sol na cidade do Rio de Janeiro. Ele lê em seu Relógio 10h45m. Considerando que a leitura foi feita no dia 30 de junho e que as coordenadas da cidade do Rio de Janeiro são: longitude 43,2°W e latitude 23°S, calcule a hora verdadeira quando o estudante realizou a leitura das horas.
- Um relógio de Sol equatorial funcionaria no pólo Sul da Terra? Seria possível ler as horas durante o ano todo? Em que direção seria orientado seu gnômon? Você deveria fazer alguma modificação com relação à Figura 2? Qual?

### **Apêndice I**

#### **Determinação da direção dos pontos cardeais utilizando uma bússola**

A posição dos pólos magnéticos da Terra não coincide com a localização dos pólos geográficos, isto é, a intersecção do eixo de rotação terrestre com a sua superfície. De fato, a distância entre o pólo Norte geográfico e magnético é de mais de 2 mil quilômetros! Essa diferença, nada desprezível, faz com que a agulha da bússola aponte para uma direção que não corresponde aos pontos cardeais. Para complicar, a correção a ser aplicada à leitura da bússola depende da localização da bússola na superfície terrestre e esta também varia com o tempo e de forma não previsível!

A diferença entre a direção do norte magnético apontado pela bússola e o norte verdadeiro é chamada de *declinação magnética* do lugar. Para nossos propósitos, devido ao fato de não necessitarmos uma grande precisão nas medidas, podemos utilizar um valor aproximado para a declinação magnética. No sudeste do Brasil, durante a década de 2010, esse valor é de cerca de 20 graus. Portanto, a direção do Norte verdadeiro (ou geográfico) situa-se aproximadamente a 20 graus à direita do norte magnético fornecido pela bússola. Do mesmo modo, a direção do pólo Sul geográfico situa-se cerca de 20 graus à direita da direção Sul dada pela bússola. Algumas bússolas já dispõem de um transferidor acoplado que serve para auxiliar essa correção.

### **Apêndice II**

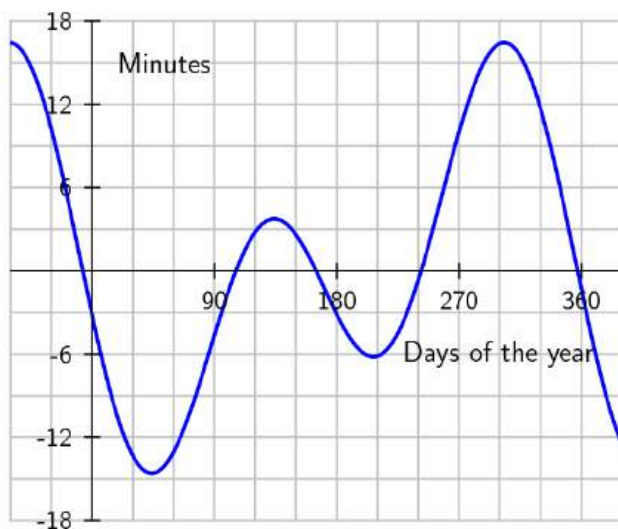
#### **Correções a serem aplicadas na leitura das horas**

Existem 3 tipos de correções que devem ser aplicadas nas horas lidas no painel de um relógio de Sol, para se obter a hora correta. São elas: (a) correção para o horário de verão; (b) correção para a longitude; (c) equação do tempo.

(a) **Correção para o horário de verão:** caso o horário de verão esteja em vigor na época em que for feita a leitura, deve-se somar 1h à leitura feita. Verifique quais são os estados brasileiros que utilizam o horário de Verão, as datas de seu início e término.

(b) **Correção para a longitude:** A leitura do relógio do Sol refere-se ao centro do fuso horário. No caso da faixa atlântica brasileira, o centro do fuso situa-se à longitude de  $45^\circ$  W. Deve-se aplicar uma correção para a longitude caso o local onde está instalado o Relógio de Sol não se situe exatamente sobre essa longitude. A correção é de 4 minutos por grau a leste ou oeste de  $45^\circ$  W. Por exemplo: em São Paulo, onde a longitude é de  $46,6^\circ$ W, a correção a ser aplicada refere-se à diferença entre esse valor e  $45^\circ$  W, ou seja:  $1,6^\circ$ . Este valor corresponde a (faça-se uma “regra de três”) 6,4 minutos. Por São Paulo estar situado a OESTE de  $45^\circ$  W, deve-se SOMAR 6,4 minutos à hora fornecida pelo Relógio de Sol.

(c) **Equação do tempo:** o motivo dessa correção é mais complexo e está relacionado ao fato de que a “velocidade” com que o Sol transita na eclíptica não ser constante ao longo do ano. Quando a Terra está próxima do periélio, o Sol desenvolve maior “velocidade” no céu e consequentemente cruza o meridiano astronômico local mais cedo, adiantando o relógio de Sol. Para corrigir a leitura desse efeito, deve-se SOMAR à hora lida, uma correção, denominada “equação do tempo”. Essa diferença, nada desprezível, pode chegar a 15 minutos em algumas épocas do ano! A figura abaixo fornece os valores a serem SOMADOS à hora lida no painel do Relógio de Sol.



**Figura 4**

Valores a serem SOMADOS à leitura fornecida pelo relógio de Sol, em minutos. Observe o  sinal  da equação do tempo quando for realizar a correção.

# Experiência 20

## Relógio de Sol Horizontal

### **1. Introdução:**

O *Relógio de Sol* é um dispositivo utilizado para se determinar a hora local, a partir da posição aparente do Sol. Ele utiliza uma vareta (também chamada gnômon) que projeta uma sombra sobre um painel, onde são feitas marcações correspondendo às diversas horas do dia. A posição da sombra do gnômon sobre o painel fornece a hora local.

Existem diversos tipos de relógios de Sol, porém em todos eles o gnômon deve estar alinhado com o eixo de rotação da Terra, isto é: apontando para o pólo Sul (ou norte) celeste. Portanto, o posicionamento do relógio de Sol e seu correto funcionamento depende do conhecimento de duas informações: (1) a direção do ponto cardinal Norte (ou Sul) verdadeiro (ou geográfico); (2) a latitude do local ( $\phi$ ), que é o ângulo que o gnômon fará com a horizontal. Em resumo: em um relógio de Sol situado no hemisfério Sul, seu gnômon deverá apontar para uma direção no céu  $\phi$  graus acima do Sul verdadeiro; um relógio de Sol situado no hemisfério Norte terá seu gnômon direcionado para a direção  $\phi$  graus acima do Norte verdadeiro.

O relógio de Sol do tipo “horizontal” é aquele que mais comumente é encontrado no Brasil. Caracteriza-se por um painel colocado horizontalmente e o gnômon inserido em seu centro, inclinado, apontando para o pólo Sul celeste. Comumente são colocadas flores e/ou outros adornos assinalando a posição das horas.

### **2. Objetivos:**

Construir um relógio de Sol do tipo horizontal. Estudar os fatores e correções necessárias para se obter a hora local a partir da leitura no relógio de Sol.

### **3. Material Necessário:**

- Cartolina branca
- Placa de isopor, 4cm de espessura
- Tesoura, estilete
- Transferidor, régua, esquadro
- Vareta ou artefato semelhante (espeterinho de churrasco, por exemplo), para atuar como gnômon
- Lápis e Caneta
- Cola ou fita adesiva

### **4. Procedimento:**

Embora seja mais popular, a maior dificuldade em se construir este modelo de Relógio do Sol consiste no fato de que o ângulo entre as marcações indicativas das horas não são iguais (como os 15°

do modelo Equatorial), mas devem obedecer a uma relação matemática não muito prática de se calcular:

$$\tan(\theta) = \text{sen}(\varphi) \tan(15^\circ \times t(\text{h}))$$

onde  $\varphi$  é a latitude do lugar (em módulo) e  $\theta$  é o ângulo entre uma dada marcação de hora ( $t$ ) e a marcação correspondente ao meio-dia. O argumento  $t$  da equação acima é o número de horas antes ou após o meio-dia. Por exemplo: para obter o ângulo  $\theta$  entre a linha do painel que assinala o meio-dia (orientada na direção norte-sul) e a linha que assinala as 8h da manhã, supondo uma latitude de 30° Sul (em Porto Alegre, por exemplo), calculamos:

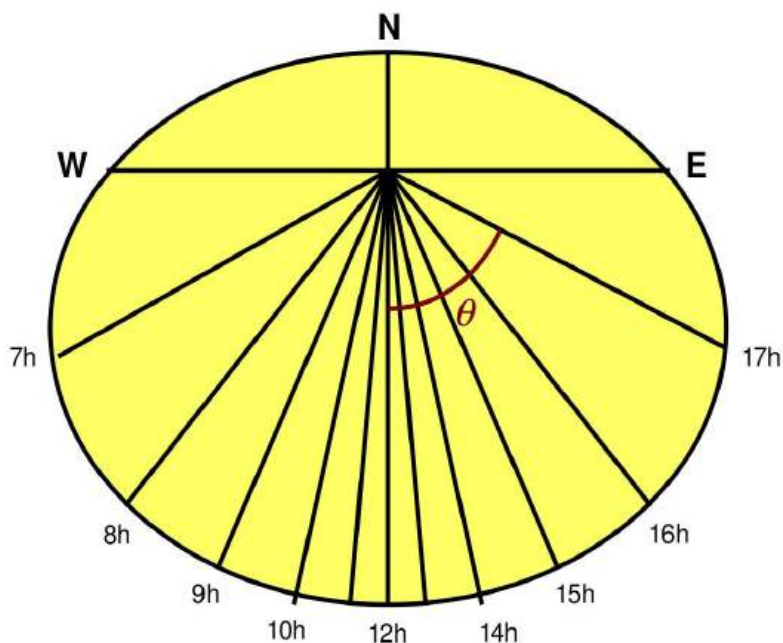
$$\tan(\theta) = \text{sen}(30^\circ) \tan(15^\circ \times (12-8)) = 0,5 \times \tan(60^\circ)$$

$$\theta = \arctan(0,5 \times 1,73) = \arctang(0,87) = 41^\circ$$

Para a cidade de São Paulo ( $\varphi = -23,5^\circ$ ) os ângulos a serem traçados a partir da linha norte-sul são os seguintes:

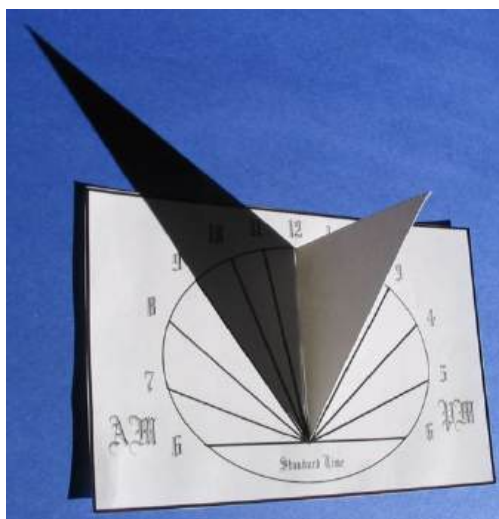
<b>Hora</b>	<b>Ângulo <math>\theta</math></b>
11h, 13h	6°
10h, 14h	13°
09h, 15h	22°
08h, 16h	35°
07h, 17h	56°

A Figura 1 ilustra um exemplo de painel, com as respectivas linhas marcadoras das horas para um relógio de Sol situado no hemisfério Sul. A forma externa (no caso, uma elipse) não é relevante para sua construção. Você pode escolher outras formas, tais como um coração, uma maçã, o escudo do seu time de futebol, etc. O parâmetro relevante para o seu correto funcionamento são os ângulos  $\theta$ .



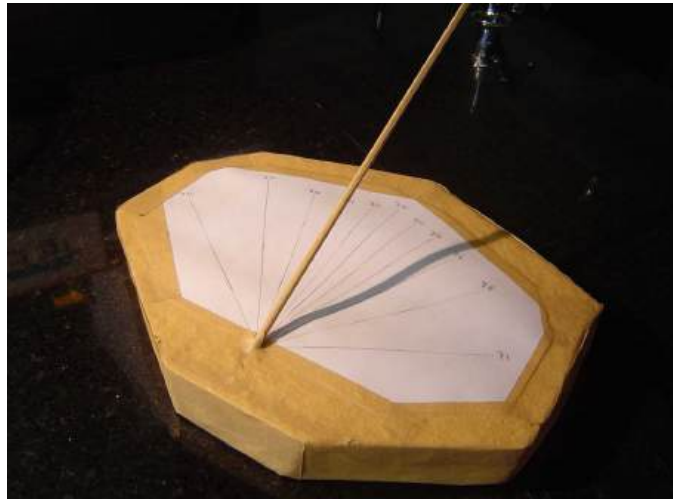
**Figura 1**

Marcações sobre o painel, indicando as horas. O ângulo  $\theta$  é sempre contado a partir da linha norte-sul (para os dois lados: leste e oeste). Quando  $\theta$  é contado para a direção oeste (W), refere-se às horas que antecedem o meio-dia e vice-versa. O gnômon é fixado no ponto de intersecção de todas as linhas da figura, fixado com uma inclinação  $\varphi$  com relação ao solo, na direção Sul (a direção do pólo celeste sul).



**Figura 2**

Relógio de Sol Horizontal, feito para o Hemisfério Norte. Neste caso, o gnômon foi substituído por uma cunha apontando para a estrela polar. No hemisfério Sul, a cunha deve ser dirigida para a direção Sul com um ângulo igual à latitude do lugar. Compare com a Figura 1: a posição das horas aparece invertida nos dois hemisférios.



**Figura 3**

*Relógio de Sol pronto, construído por estudantes.*

### **5. Questões:**

- Um estudante construiu um relógio de Sol na cidade do Rio de Janeiro. Ele lê em seu relógio 10h45m. Considerando que a leitura foi feita no dia 30 de junho e que as coordenadas da cidade do Rio de Janeiro são: longitude  $43,2^\circ\text{W}$  e latitude  $23^\circ\text{S}$ , calcule a hora verdadeira quando o estudante realizou a leitura das horas.
- Considere um habitante situado no equador terrestre. Ele poderia construir um relógio de Sol do tipo Horizontal? Por quê?
- Calcule os ângulos  $\theta$  para a cidade de São Paulo para os seguintes horários: 6h30m, 7h30m, 8h30m, 9h30m, 10h30m e 11h30m.

## **Experiência 21**

### **Telescópio Refletor**

#### **1. Objetivo:**

Observar como funciona um telescópio do tipo refletor

#### **2. Material Necessário:**

- Luminária
- Espelho de maquiagem (de aumento)

- Cartolina preta
- Cartolina branca
- Fita crepe
- Tesoura
- Lupa



**Figura 1**

*Parte do material a ser utilizado no experimento, mostrando a luminária já montada.*

### **3. Preparação do experimento:**

Utilizando a tesoura, corte um pedaço de cartolina preta de modo a tapar completamente a luz da luminária. Corte na parte central do pedaço de cartolina a figura de uma letra **F** (ou outra figura qualquer). Essa cartolina será chamada de *máscara*. Fixe a *máscara* na luminária com fita, de modo a permitir somente a passagem da luz através do buraco que você fez (Fig. 1).

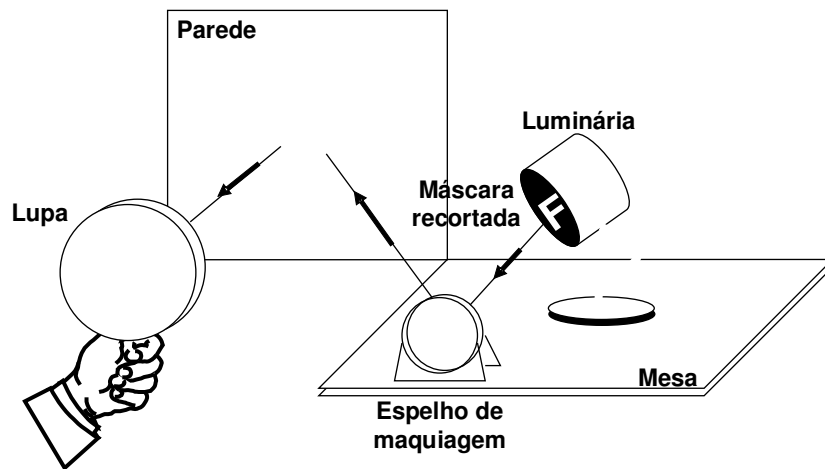
### **4. Procedimento:**

O procedimento a seguir pode ser grandemente facilitado se a *distância focal* do espelho côncavo for determinada preliminarmente. Essa tarefa é feita observando-se a imagem de um objeto distante que o espelho projeta sobre sua mão, por exemplo. Essa imagem é real e menor que o objeto. Tente obtê-la expondo o espelho ao Sol, por exemplo, e procure por sua imagem, que aparece sob a forma de um diminuto disco de luz, muito brilhante e quente. Anote a distância entre o espelho e essa imagem: ela é chamada de *distância focal* (**F**) do espelho. Na impossibilidade de se utilizar o Sol, tente

uma lâmpada brilhante, mas que ao mesmo tempo esteja relativamente distante. Repita o mesmo procedimento para determinar a distância focal da lupa ( $f$ ).

#### **4.1. Visualização da imagem real projetada em um anteparo:**

Escureça a sala. Posicione o espelho de aumento de modo que ele forme uma imagem nítida da sua *máscara* (a letra  $F$ ) sobre um anteparo branco, como a parede da sala, por exemplo. Lembre-se de que a distância entre o espelho e essa imagem é geralmente um pouco maior do que a *distância focal* do espelho. Utilizando uma lupa observe a imagem ampliada da máscara.



**Figura 2**

Observa-se com a lupa a imagem produzida pelo espelho sobre um anteparo branco, que pode ser uma parede branca ou uma folha de cartolina. A distância entre o espelho e o anteparo é geralmente poucos centímetros maior do que a distância focal do espelho ( $F$ ). A imagem final, produzida pela lupa é virtual, invertida e maior do que o objeto.

#### **4.2. Visualização da imagem real no ar:**

Posicione os elementos do seu arranjo experimental de modo que o espelho produza uma imagem (real) não sobre um anteparo, mas no ar. Utilizando uma lupa, tente observar essa imagem, como se ela fosse um objeto qualquer. Geralmente a distância que a lupa deve ser colocada do espelho é um pouco maior do que  $F+f$ . Atenção: seja paciente! Poucos centímetros podem fazer a diferença entre o fracasso e o sucesso da sua observação!





**Figura 3**

O arranjo montado para a observação da imagem real gerada pelo espelho no ar.



**Figura 4**

No centro da lupa aparece a imagem do objeto. Essa imagem é virtual, invertida e maior do que o objeto.

### **5. Questões:**

- Calcule o aumento do seu telescópio, por meio da relação:  $A = F/f$
- Nessa experiência, o espelho foi utilizado para gerar uma imagem real do objeto. Esse mesmo espelho pode ser utilizado para gerar uma imagem virtual? Como? Nesse caso, a imagem virtual gerada por um espelho côncavo é direita ou invertida? Maior ou menor do que o objeto?
- Pesquise os arranjos ópticos do telescópio do tipo **(a)** Newtoniano; **(b)** Cassegrain.

## **6. Sugestões:**

Faça uma máscara com cartolina preta com diâmetro igual ao do espelho de aumento e um furo central com diâmetro igual a  $1/3$  do diâmetro do espelho. Coloque a máscara sobre o espelho e observe a imagem. O aumento do seu telescópio foi modificado? Que alterações a imagem sofreu?

# **Experiência 22**

## **Câmara Escura**

### **1. Objetivo:**

Demonstrar que a luz se propaga em linha reta

### **2. Material Necessário:**

- Lata de achocolatado (ou leite em pó) vazia
- Martelo e prego
- Papel vegetal
- Cartolina ou pano preto
- Fita crepe ou isolante
- Tesoura

### **3. Procedimento:**

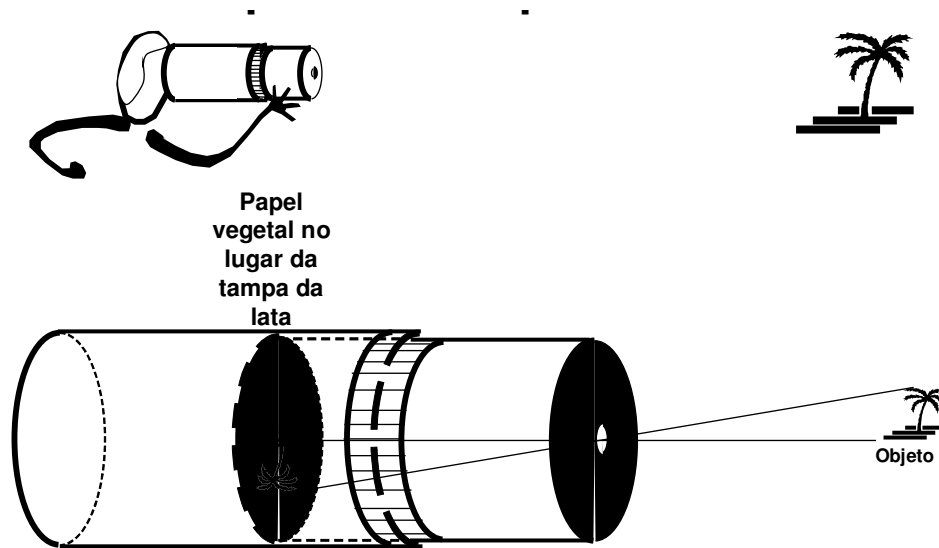
Utilizando o martelo e prego, faça um pequeno furo no centro do fundo da lata. Jogue fora a tampa. Utilizando a tesoura, recorte o papel vegetal de modo a tampar completamente a lata e fixe-o com fita. Utilize o pano preto ou cartolina preta para fazer uma espécie de cone, cuja função é proteger da luz o papel vegetal onde será formada a imagem. Aponte para diversos objetos e veja a imagem formada.

### **4. Questões:**

- Faça um diagrama dos raios luminosos que saem do objeto, passam pelo furo e atingem o papel vegetal
- Por que a imagem gerada pela câmara escura é tão pouco luminosa?
- O brilho da imagem é uniforme ao longo do papel vegetal? Comente.
- De que maneira a câmara escura pode ser utilizada para se determinar o tamanho de objetos?
- Qual seria o efeito de se aumentar o tamanho do furo?

## 5. Sugestões:

- Utilize latas ou outros recipientes de diversos tamanhos e formas e verifique qual delas produz o melhor resultado.
- Elabore um projeto de uma câmera escura para observação solar. Descreva suas características.



**Figura 1**

*Arranjo experimental de uma câmera escura.*

## **Experiência 23** **Astrolábio**

### 1. Objetivo:

Montar um astrolábio e utilizá-lo na medida da altura de objetos celestes

### 2. Material Necessário:

- Canudinho de refrigerante
- Transferidor
- Fita Crepe
- Barbante ou linha
- Pedrinha ou borracha de apagar

### **3. Procedimento:**

Corte um pedaço barbante de 30-35 cm de comprimento. Amarre a pedrinha (ou borracha de apagar) numa ponta e fixe a outra ponta no centro do transferidor com fita crepe. Fixe o canudinho paralelamente à direção 0-180 graus do transferidor com fita crepe. Olhe através do canudinho para um objeto celeste e peça para um ajudante ler a altura na escala do transferidor.

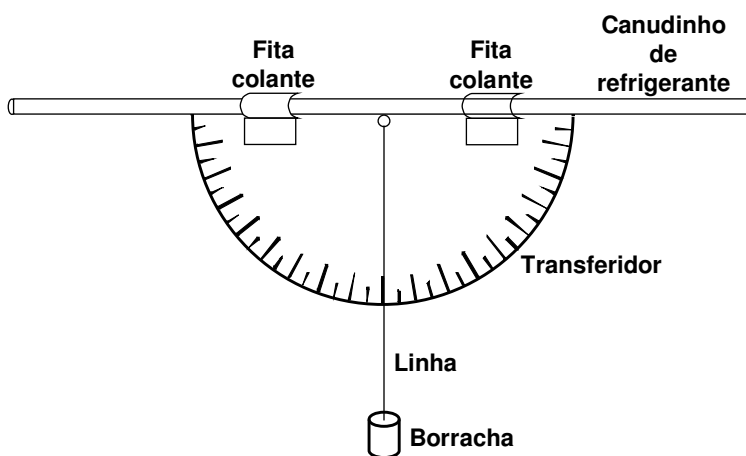
### **4. Questões:**

- A leitura do transferidor é a correta ou necessita de algum cálculo para transformá-la na altura do objeto?
- Qual é a barra de erro de seu sextante? Como ela pode ser diminuída?

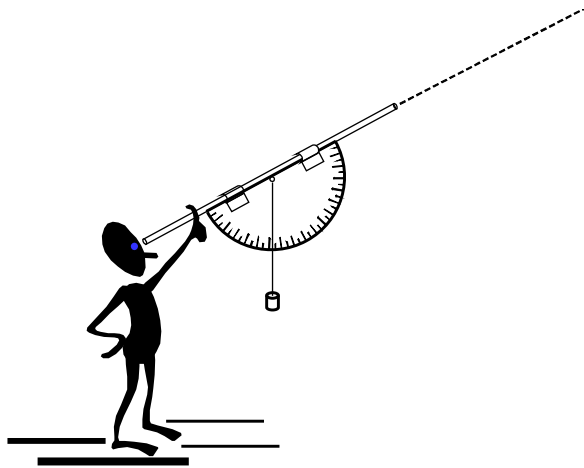
### **5. Sugestões:**

- Escolha duas ou três estrelas próximas ao horizonte leste. Meça sua altura, espere 60 minutos e compare suas novas medidas com as anteriores. Comente.
- Escolha duas ou três estrelas próximas ao horizonte oeste. Meça sua altura, espere 60 minutos e compare suas novas medidas com as anteriores. Comente.
- Repita o procedimento com estrelas na direção norte e sul do céu. Comente possíveis diferenças.

**Atenção:** A altura do Sol pode ser determinada pelo seu sextante ao fazer com que a luz solar passe através do canudinho, observando o resultado num anteparo. Nunca aponte seu sextante olhando diretamente para o Sol!



**Figura 1**  
*O astrolábio completo*



**Figura 2**

*Utilizando o astrolábio.*

## **Experiência 24**

### **Paralaxe estelar**

#### **1. Objetivos:**

Demonstrar, de maneira qualitativa e quantitativa, como funciona o método da paralaxe, utilizado para se determinar as distâncias estelares; utilizar o experimento para calcular a distância de uma estrela hipotética.

#### **2. Material necessário:**

- Caixa de sapatos
- Tesoura
- Cartolina ou papel-cartão preto
- Papel colorido (laminado, por exemplo)
- Cola
- Fita-crepe ou adesiva
- Transferidor de 180°
- Canudinho de refrigerante
- Régua e lápis

#### **3. Introdução:**

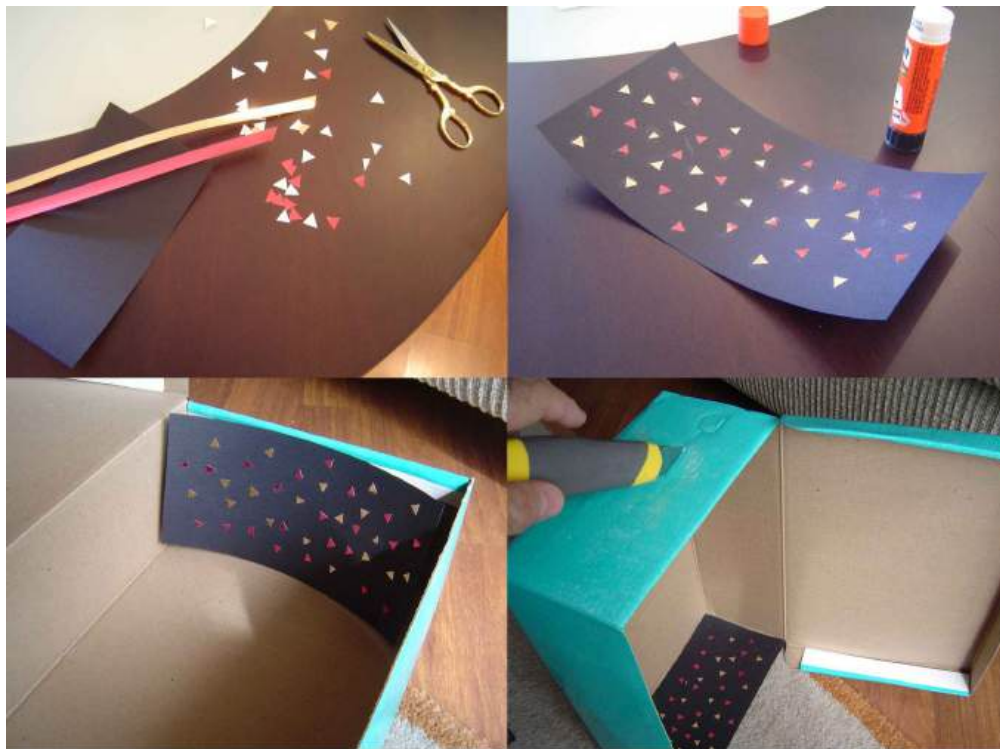
A paralaxe foi o primeiro método utilizado pelos astrônomos para se determinar as distâncias estelares. Ainda hoje, ele é considerado o método mais importante, pois baseia-se basicamente em geometria euclidiana (algumas correções ópticas são necessárias, como por exemplo a aberração da

luz) e outros métodos de cálculo de distância são calibrados de acordo com os resultados da paralaxe estelar.

O fenômeno da paralaxe consiste na mudança aparente de posição de um objeto, quando este é observado a partir de dois pontos distintos. O segmento de reta que une esses dois pontos é chamada “linha de base”. Quanto mais distante estiver o objeto, maior deverá ser a linha de base, de modo que a precisão do método seja razoável.

#### **4. Preparação do experimento:**

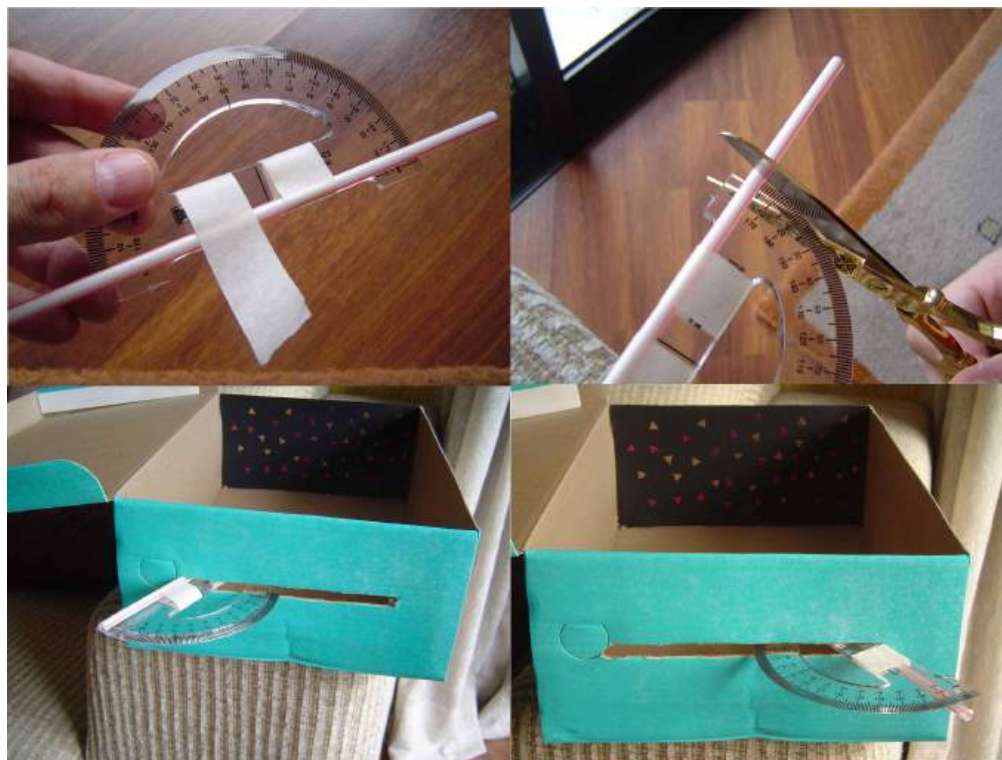
Corte o papel colorido em tiras e faça delas pequenas estrelinhas, que simbolizarão os “objetos de fundo” ou seja, as estrelas “mais distantes”. A seguir, corte um pedaço de cartolina preta cujo tamanho corresponda exatamente às dimensões da lateral menor da caixa de sapatos. Cole as estrelinhas que você fez sobre essa cartolina. Utilizando cola ou fita-crepe, fixe a cartolina contendo as estrelinhas à lateral menor da caixa de sapatos. Depois, utilizando uma tesoura ou estilete, corte uma abertura na face oposta, com cerca de 1 cm de largura e cerca de 13 cm de comprimento. Os dois extremos dessa abertura representarão a “linha de base” do observador. A Figura 1 ilustra o procedimento.



**Figura 1**  
*Montagem da caixa.*

Observe a Figura 2. Fixe, com fita crepe ou adesiva, o canudinho de refrigerante ao transferidor. Cuide para que o canudinho fique paralelo às indicações de  $0^\circ$  e  $180^\circ$ . Em seguida, utilizando uma tesoura, corte o excesso do canudinho que ultrapassar o tamanho do transferidor. O canudinho

representará o “telescópio”, através do qual você observará a estrela cuja distância pretende determinar e anotará a sua posição.

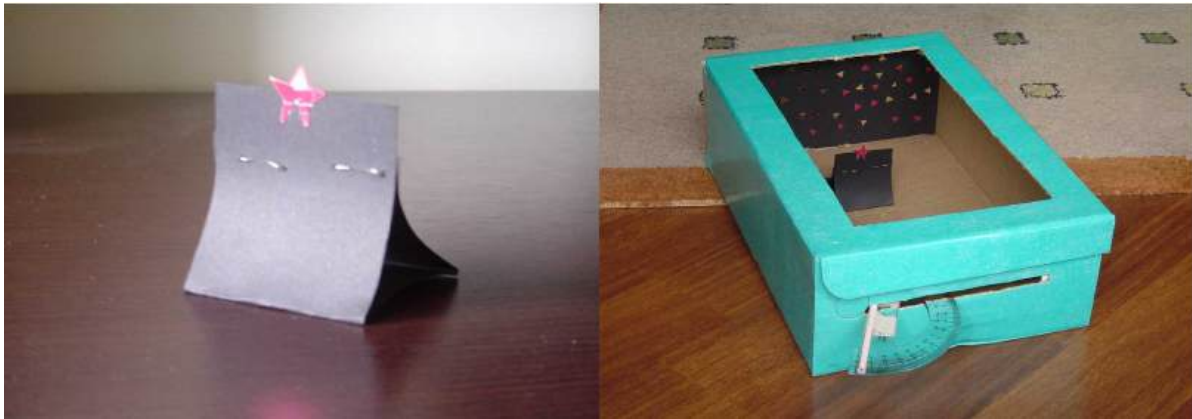


**Figura 2**

*Colocação do “telescópio” nos dois extremos da linha de base.*

Em seguida, instale o seu “telescópio” em uma das extremidades da abertura da caixa, conforme a Fig. 2. No lado esquerdo da figura pode-se ver a posição do seu “telescópio” em um dos extremos da linha de base; no lado direito, vê-se o “telescópio” no outro extremo. Estes serão os seus dois “pontos de observação”.

Utilizando o papel colorido, recorte a figura de uma estrela, com cerca de 1 cm de tamanho. Vamos chamar essa estrela de *Pluft*. Em seguida, recorte a cartolina preta de modo a fazer um “cavalete”, onde você fixará *Pluft*. A Figura 3 ilustra o conjunto completo, montado. Observe que a tampa da caixa deve ser removida ou recortada.



**Figura 3**

*A estrela “Pluft” em seu cavalete.*

### **5. Observação da paralaxe:**

Coloque *Pluft* montada no “cavalete” perto do centro da caixa. Posicione seu “telescópio” no extremo esquerdo da linha de base (Fig. 2, embaixo, à esquerda) e aponte-o para *Pluft*. Observe *Pluft* e outras estrelas que são vistas aproximadamente na mesma direção (Fig. 4). Se quiser, faça um desenho contendo a posição dessas estrelas. Em seguida, reposicione o “telescópio” no outro extremo da linha de base (Fig. 2, embaixo, à direita) e utilize-o para observar *Pluft* novamente (olhando através do canudinho!). Observe que a posição de *Pluft*, vista deste outro ponto da linha de base é diferente em relação às estrelas de fundo! Este fenômeno é denominado Paralaxe.



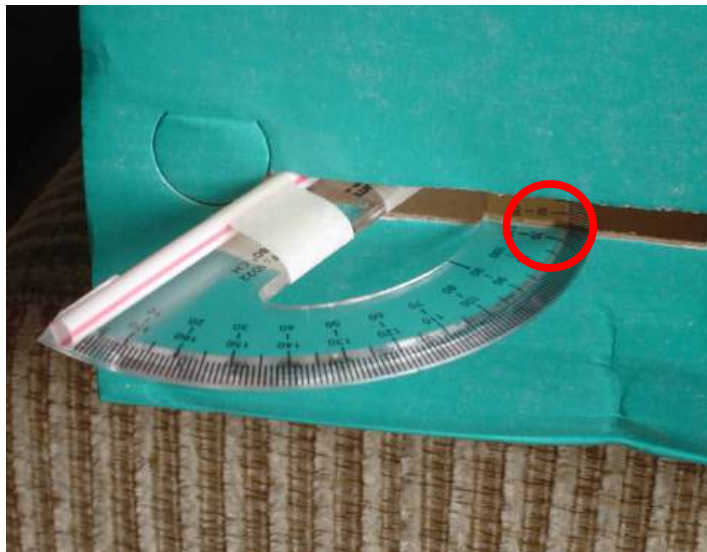
**Figura 4**

*Pluft vista contra o fundo estrelado.*



## **6. Medida da paralaxe:**

Com a estrela posicionada aproximadamente no centro da caixa e o “telescópio” no extremo esquerdo da linha de base, observe *Pluft*. Enquanto isso, peça ao seu colega para anotar o ângulo no transferidor (Fig. 5). Vamos chamar esse ângulo de  $\alpha$ . Em seguida, sem tocar em *Pluft*, reposicione seu “telescópio” no outro extremo da linha de base e repita o procedimento. Anote o ângulo  $\beta$ . Com a régua, meça o tamanho da linha de base e anote.

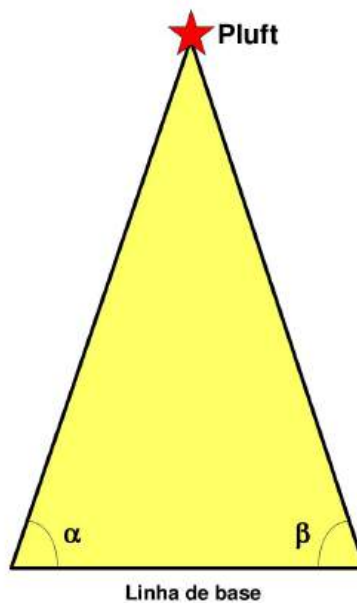


**Figura 5**

*A leitura do ângulo  $\alpha$ . Procedimento semelhante é repetido no outro extremo da linha de base para determinar-se o ângulo  $\beta$ .*

Pronto! Suas medidas terminaram! Você mediu a distância entre os dois “telescópios” e a posição da estrela, em graus, vista a partir desses dois pontos. Agora, pegue uma folha de papel sulfite e desenhe com um lápis um segmento de reta com o mesmo tamanho da linha de base. Do extremo esquerdo desse segmento, desenhe uma semi-reta fazendo um ângulo  $\alpha$  com a mesma. Repita o procedimento no outro extremo, utilizando  $\beta$  (Fig. 6) O ponto onde esses dois segmentos de reta se cruzam representa a posição de *Pluft*, que você pode medir com a régua ou calcular, utilizando trigonometria.

Observe que em nenhum momento você mediu a distância da estrela com a régua. As únicas medidas necessárias para se determinar a distância são: a medida da linha de base e dois ângulos de visada.



**Figura 6**

*O triângulo de paralaxe. Os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  são medidos pelo seu instrumento. A linha de base é a separação entre os dois pontos de visada, medida com uma régua.*

### **7. Questões:**

- O que aconteceria com os valores de  $\alpha$  e  $\beta$ , caso você tivesse posicionado *Pluft* mais distante da linha de base?
- Quando *Pluft* está mais distante, a paralaxe (diferença da posição aparente de *Pluft*) é maior ou menor?
- Pesquise qual é a linha de base que os astrônomos comumente utilizam para determinar distâncias estelares.
- Utilizando o tamanho da linha de base, os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e a *Lei dos Senos* da Trigonometria, determine a distância de *Pluft*.

## ***Bibliografia:***

*Astronomy for every kid*

Janice van Cleave

John Wiley & Sons, 1981, First edition

ISBN 0-471-53573-7

*A+ Projects in Astronomy*

Janice van Cleave

John Wiley & Sons, 2002, First edition

ISBN 0-471-32816-2

*Astronomy Projects with an Observatory you can build*

Robert Gardner

Enslow Publishers Inc., 2008, First edition

ISBN 0-7660-2808-9