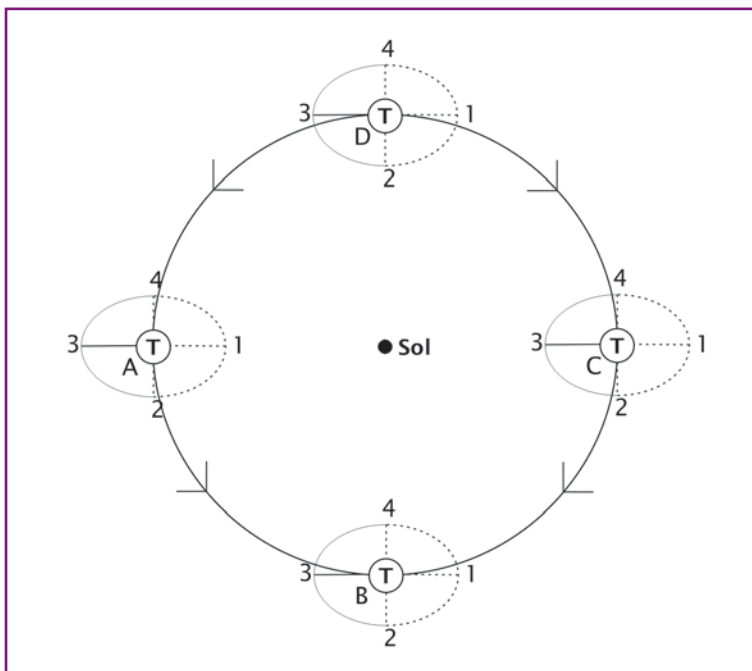


os planos das órbitas da Lua ao redor da Terra e desta ao redor do Sol é de 5° , o que evita os dois eclipses mensais.

Atenção! A órbita da Lua não é fechada como desenhada. O desenho atende a outros propósitos explicados no texto. A linha 2-4 sempre pertence aos dois planos (órbita da Lua ao redor da Terra e órbita da Terra ao redor do Sol), simultaneamente. O ponto 1 sempre está abaixo do plano da órbita da Terra e o ponto 3 sempre acima do mesmo plano. A região pontilhada da órbita da Lua, mostra a parte da órbita que está abaixo do plano da órbita da Terra, e a parte contínua da órbita da Lua mostra a parte da órbita que está acima do plano da órbita da Terra.



João Batista Garcia Canalle (Uerj).

Figura 2.37. Esquema da Terra girando ao redor do Sol e da Lua girando ao redor da Terra em posições A, B, C, e D.

Toda a explicação das fases da Lua ocorreu com a Terra no ponto A da Figura 2.37. Note que nesta Figura 2.37 o ponto 1 (semicírculo tracejado entre os pontos 4, 1 e 2) sempre está abaixo do plano da órbita da Terra e o ponto 3 está acima do mesmo plano,

enquanto o segmento que liga os pontos 2 e 4 sempre pertencem a ambos os planos da órbita da Lua e da Terra, ou seja, a órbita da Lua não muda com a translação da Terra. Note que nas posições A e C nunca ocorrem eclipses; contudo, nas posições B e D eles podem ocorrer, pois a Lua pode estar passando pelas posições 4 ou 2 e, portanto, cruzando a linha Terra-Sol. Quando a Lua passar pelas posições B4 ou D2 é Lua nova e um eclipse solar pode ocorrer, quando ela passar por B2 ou D4 é Lua cheia e eclipses lunares podem ocorrer. O aluno que transporta a Lua (bola de isopor) deve procurar manter sempre a mesma trajetória para a bola de isopor, independentemente do movimento da Terra.



DESAFIOS

PARTE I

João Batista Garcia Canalle (Uerj).

1. Você já brincou num “carrossel” cujas cadeirinhas viajam a 1.670 km por hora? Não? Pois os moradores que vivem próximos à Linha do Equador já! Calcule a velocidade de um ponto da superfície da Terra (próximo do Equador) devido à rotação da própria Terra. Dados: raio equatorial da Terra: 6.378 km.

Resposta: Velocidade = 1.668,91 km/h

Achou muito? Então calcule a velocidade (em quilômetros por hora) da Terra em torno do Sol. Dados: distância Terra-Sol: 149.500.000 km.

Resposta: Velocidade = 107.102,44 km/h

2. Determine você mesmo a massa do Sol; para tanto, basta usar a equação abaixo:

$$M_s = \frac{4\pi^2}{G} \times \frac{D^3}{T^2}$$

na qual G é a constante de gravitação universal e vale $6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$. D é a distância média de qualquer planeta ao Sol e T o período de translação deste mesmo planeta. Cuidado: Se usar G com as unidades dadas, então D precisa estar em metros e T em segundos.

Resposta: $M_{\text{sol}} \cong 1,96 \times 10^{30} \text{ kg}$

Dica! Esta fórmula vale também para determinar a massa de qualquer planeta, desde que ele tenha um satélite com período (T) e distância satélite-planeta (D) conhecida.

PARTE II

Questões de várias edições da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA). As respostas estão no sítio da OBA: www.oba.org.br/.

1. (IV OBA, 2001 – 5º ao 9º ano). Você sabe que toda vez que faz aniversário é porque se passou mais um ano para você, certo? Isto significa que o planeta Terra deu mais uma volta ao redor do Sol desde o seu último aniversário. Muito bem, esperamos que você já tenha estudado a forma do movimento da Terra ao redor do Sol. Uma das figuras abaixo é a que melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.
 - a) Pinte (de qualquer cor) na Figura 2.38 o desenho que, na sua opinião, melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.
 - b) Na figura que você escolher no item (a) desenhe o Sol (basta fazer um ponto) no local que melhor representa o lugar que ele deve ocupar.

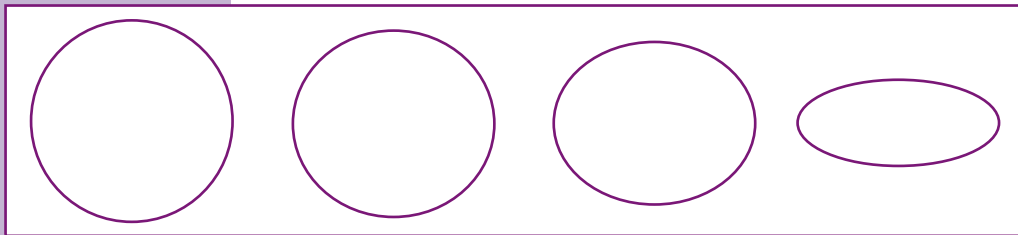


Figura 2.38.

2. (IV OBA, 2001 – 5º ao 9º ano). A seguir foram desenhados, na mesma escala, todos os planetas na ordem decrescente de tamanho para você ver que 2 são gigantes, 2 são grandes, 2 são pequenos e 3 são pequeninos.

Escreva dentro dos planetas (ou ao lado deles) o nome de cada um. Cada nome que você acertar vale 0,1 ponto, mas, se você acertar o nome do maior planeta, ganha 0,2 pontos.

Nota: Em 2001, Plutão ainda era planeta.

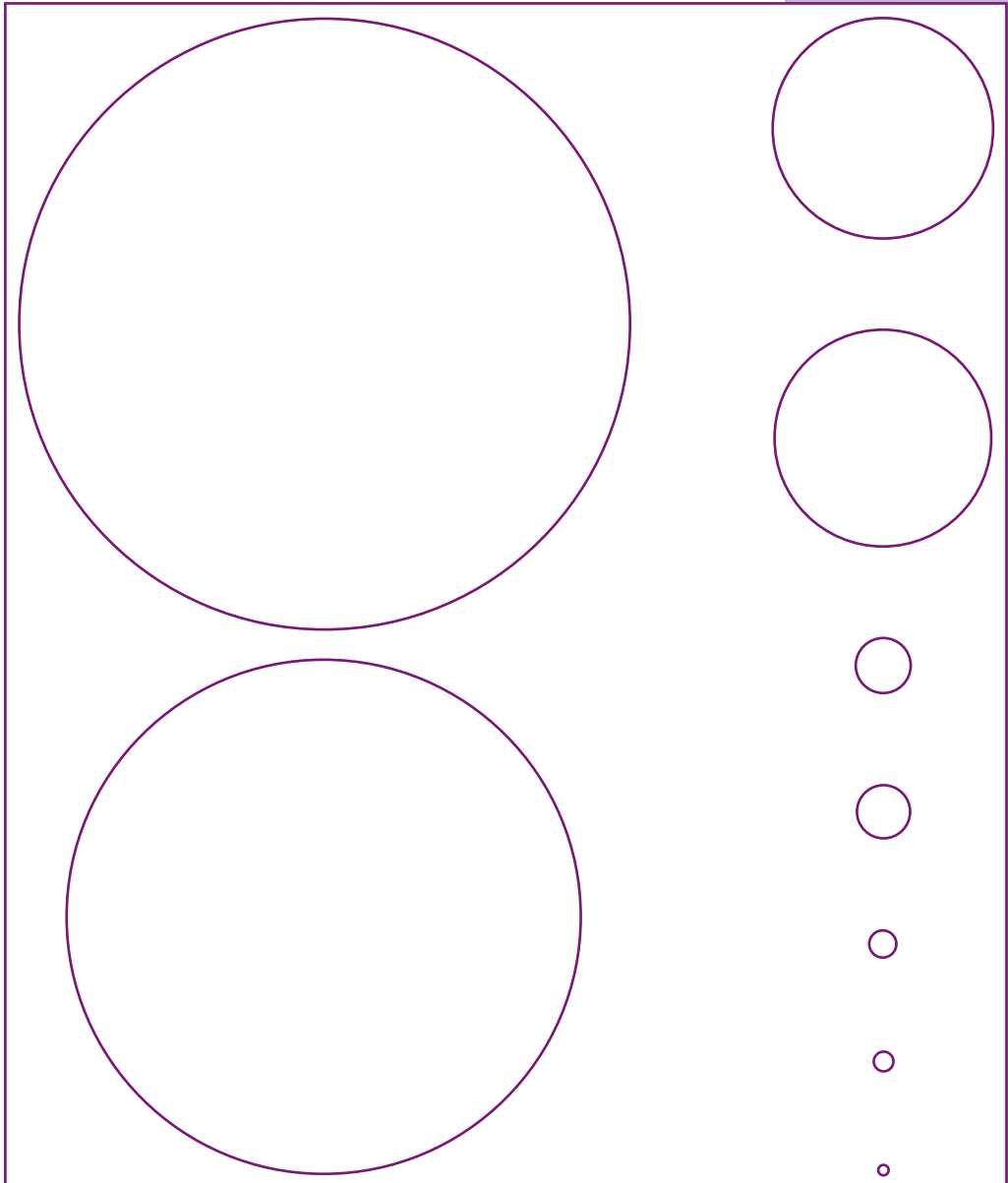


Figura 2.39.

3. (VI OBA, 2003 – Ensino Médio). Durante o período de máxima atividade solar, o Sol ejeta grandes quantidades de massa para o meio interplanetário (claro que a perda destas grandes quantidades não afetam a massa total do Sol em termos de ordem de grandeza). Esta matéria é proveniente da parte mais externa da atmosfera, a coroa, e representa uma fração muito pequena da atmosfera solar. Às vezes, estas bolhas de matérias são arremessadas em nossa direção, causando grandes danos quando estas partículas e o campo magnético que vem junto alcançam a Terra. Entre os distúrbios causados nas proximidades e na superfície da Terra, podemos citar interferência nas comunicações de longa distância, pane em satélites de comunicação, queima de transformadores, e confusão nos sistemas de navegação, sem mencionar doses letais de radiação para astronautas fora da estação espacial. A radiação emitida simultaneamente com a ejeção da matéria, como se sabe, atinge a Terra em apenas 8 minutos. As partículas, porém, demoram mais tempo por viajarem com uma velocidade bem menor do que a da luz.

Pergunta: Uma vez que uma ejeção de massa seja observada em um telescópio, qual o tempo disponível para que as precauções necessárias sejam tomadas pelas autoridades para minimizar os danos mencionados acima, supondo que as partículas viajam com velocidade de 2.000 km/s? Considere que a trajetória das partículas até a Terra é uma linha reta (na verdade a trajetória é uma espiral, mas, para partículas bem rápidas, uma trajetória retilínea é uma boa aproximação).

Dado: distância Terra-Sol = 150.000.000 km.



SALA DE PESQUISA

Artigos/Livros

FARMER, G.; HAMBLIN, D. J. *First on the Moon*. London: Michael Joseph, 1970, 434 p.

MEDAWAR, J.; PYKE, D. **O presente de Hitler**. São Paulo: Ed. Record, 2003, 303 p.

SAGAN, C. **Pálido ponto azul**: o futuro do homem no espaço. São Paulo: Companhia das Letras, 1996, 480 p.

Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais corpos celestes. Disponível em:

<http://www.aeb.gov.br/area/PDF/DecPrincJuridico.pdf/>.

Acesso em: 28 jan. 2009.

Obras de Júlio Verne

A Volta ao Mundo em 80 Dias

Cinco Semanas em um Balão

Vinte Mil Léguas Submarinas

Viagem ao Centro da Terra

Da Terra à Lua

Viagem ao Redor da Lua

Obras de Herbert George Wells

A Máquina do Tempo

O Homem Invisível

A Guerra dos Mundos

Guerra Aérea

Sítios

Planetários – <http://www.planetarios.org.br/>

Sky&Telescope – <http://www.skytelescope.com/>

Astronomy Picture of the Day –
<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html/>

Heavens Above – <http://www.heavens-above.com/>

Cartas Celestes –
<http://www.stargazing.net/astrocp/pindex.html/>

Endereços de sítios sobre o Sol

http://homepage.mac.com/mrlaurie/btcfolder/astro2002_webpages/Period%204/spots%20and%20flares.html/

<http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm/> (português)

<http://www.spaceweather.com/>

<http://solarscience.msfc.nasa.gov/>

<http://www.lmsal.com/YPOP/Spotlight/Tour/index.html/>

<http://www.lmsal.com/sxt/html2/list.html/>

<http://ousrvr2.oulu.fi/~spaceweb/textbook/cycle.html/>

<http://umbra.nascom.nasa.gov/images/latest.html/>

<http://www.hao.ucar.edu/Public/education/slides/slides.html/>

http://www.dxlc.com/solar/solar_links.html/

http://www.astro.ucla.edu/~obs/150_link.html/

<http://www.windows.ucar.edu/openhouse/sun.html/>

<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/sftheory/flare.htm/>

<http://solar.physics.montana.edu/YPOP/Classroom/index.html/>

Filmes

A Guerra dos Mundos

A Máquina do Tempo

A Volta ao Mundo em 80 Dias

Da Terra à Lua

Guerra Aérea

O Homem Invisível

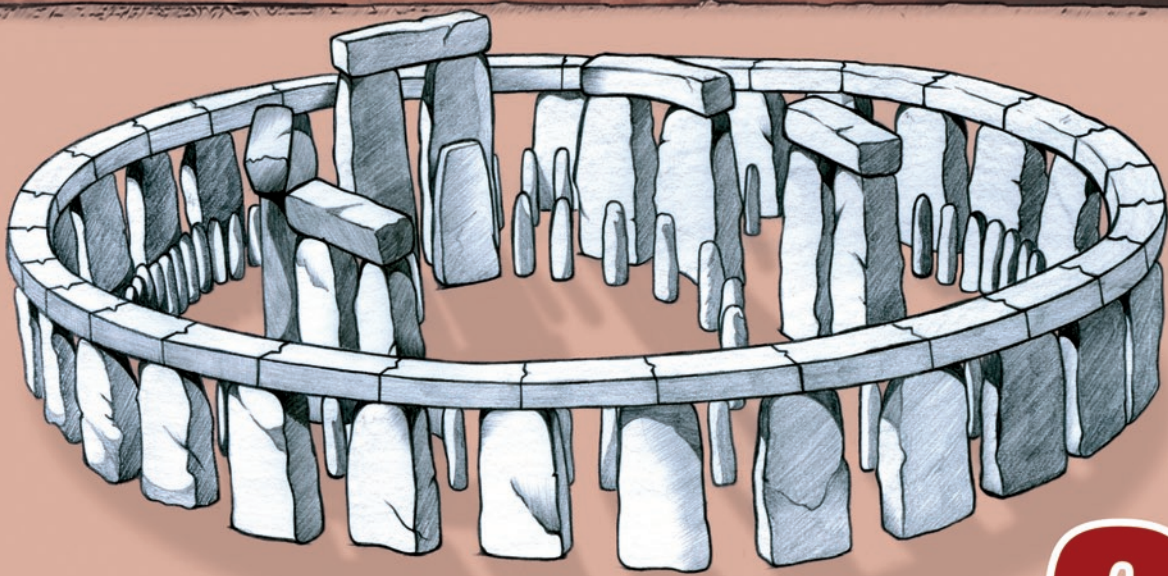
O Planeta Vermelho

Viagem ao Centro da Terra (1959)

O Núcleo – Missão ao Centro da Terra (2003)

Vinte Mil Léguas Submarinas

Documentário: Dias que Abalaram o Mundo – vol. 2 (Hiroshima, Primeiro Teste Nuclear, Acidente em Chernobyl)



capítulo **3**

OBSERVADORES NO TERCEIRO PLANETA

Salvador Nogueira

Durante a maior parte de sua existência, a prática da astronomia dependeu basicamente de visão aguçada e alta capacidade de abstração matemática – e só. No entanto, o fato de que as observações astronômicas feitas até o século 17 foram produzidas todas com a vista desarmada não significa que a “mãe” de todas as ciências não tenha sido uma fonte de inspiração tecnológica. Na verdade, mesmo na pré-história a astronomia contou com o uso de instrumentos.

O primeiro e mais rudimentar deles parece ter sido a carta estelar. Trata-se basicamente de um mapa do céu, repositório de conhecimentos que os antigos conseguiram apreender a partir das observações a olho nu. Os registros mais confiáveis das primeiras cartas celestes vêm de depois da invenção da escrita, mas alguns pesquisadores suspeitam que elas possam ter sido criadas bem antes disso. Não há dúvida de que, quanto mais voltamos no tempo, mais nebuloso fica o cenário.

Por exemplo: há quem diga que uma possível carta estelar pré-histórica vem da famosa caverna de Lascaux, na França. O local abriga algumas das pinturas **rupestres** mais antigas conhecidas. Lá, em meio a muitos desenhos de animais de caça, existem representações feitas cerca de 17 mil anos atrás que os estudiosos julgam ser do conjunto de estrelas hoje conhecido como Plêiades.

Claro, em comparação com a existência do ser humano (que, em sua forma atual, como *Homo sapiens*, existe há uns 170 mil anos), isso ainda é muito recente. É difícil acreditar que os homens



Rupestre: inscrito ou desenhado na rocha.

tenham passado 90% de sua existência sem notar o céu. Supõe-se então que existam registros astronômicos que antecedam os achados de Lascaux.

É nesse tipo de suposição que se baseiam as investigações de Michael Rappenglück, arqueoastrônomo do Instituto para Estudos Interdisciplinares, localizado na Baviera, Alemanha. Embora muitos pesquisadores da área ainda achem cedo para dizer que o pesquisador está na trilha certa, é fato que ele conseguiu evidências de que uma lasca de presa de mamute trabalhada por humanos pré-históricos e encontrada numa caverna alemã em 1979 pode ser a mais antiga carta estelar já vista, 15 mil anos mais antiga que a descoberta de Lascaux, ou seja, com 32 mil anos de idade.

As conclusões do pesquisador, apresentadas pela primeira vez em 2003 e debatidas fortemente nos círculos da **arqueoastronomia** desde então, são um bom exemplo de, por um lado, como é difícil interpretar artefatos antigos e, por outro, como os conhecimentos astronômicos dos antigos poderiam ter atingido um alto grau de sofisticação, do qual quase nada sabemos. Ainda assim, vale a pena prestar atenção a esse tipo de pesquisa, que já recebeu divulgação até mesmo da mais prestigiosa revista científica do planeta, a britânica *Nature*.

A tábua apresenta, de um lado, uma estranha figura de um homem. No verso, 87 marcações. Para Rappenglück, o homem na verdade é uma representação do que seria uma versão antiga da constelação de Órion, consagrada pela mitologia grega séculos depois. Mas, para chegar a essa conclusão, o alemão teve de recorrer à computação. Com o auxílio de um *software* especial, o arqueoastrônomo conseguiu visualizar como as estrelas da constelação estavam cerca de 32 mil anos atrás. (Como as estrelas estão orbitando ao redor do centro da Via Láctea em velocidades e órbitas diferentes, ao longo de muito tempo suas posições relativas no céu, vistas da Terra, se modificam; isso é imperceptível na escala de vida humana, mas passa a ser representativo quando falamos de períodos de milhares de anos.)

Depois dessa pequena “cirurgia celeste”, as coisas começaram a se encaixar. Mas o pesquisador foi ainda mais longe e propôs



Arqueoastro-
nomia: ciência que
estuda os métodos e
conhecimentos as-
tronômicos de cul-
turas agrárias de um
passado remoto.

que a tábua, mais do que meramente um trabalho de cartografia celeste, servia a um princípio prático: instruir mulheres sobre períodos mais adequados para uma gravidez.

O alemão parte do princípio de que os antigos já sabiam fazer uma conta parecida com a usada hoje por muitos médicos para calcular quando uma gestação chegará a termo, a chamada “regra de Nägele”. Ocorre que

A regra de Nägele determina que um nascimento pode ser estimado ao se subtrair três meses desde o primeiro dia da última menstruação e então se somar um ano e uma semana.



da caverna de Geissenklösterle, onde foi encontrada a tábua, a estrela mais brilhante de Órion, Betelgeuse, é visível por cerca de três meses durante o ano, número aproximadamente igual a 87 dias – para 87 marcações no verso do artefato.

Rappenglück acredita que a barra servia como guia para que se evitasse uma gravidez que fosse ser terminada durante períodos de migração entre o abrigo de verão e o abrigo de inverno daquele agrupamento humano. Uma “tabelinha” das mais sofisticadas, por assim dizer.

Há muitas suposições na proposição do arqueoastrônomo alemão, o que deixa muitas dúvidas na cabeça de seus colegas acadêmicos. Mas o mais interessante de tudo é que a descoberta é uma excelente representação do que o céu significava de mais importante na pré-história: a única referência realmente confiável para a marcação do tempo.

Desse ponto em diante, não tardou para que os humanos comesçassem a erigir grandes obras que servissem, possivelmente, como observatórios astronômicos. O exemplo mais famoso é o conjunto de pedras conhecido como Stonehenge, na Inglaterra. Trata-se de um monumento construído entre 5.000 e 4.000 anos atrás, composto por vários arranjos de grandes pedras.

Por muito tempo, um mistério pairou sobre aquelas rochas. Ninguém sabia a que propósito elas serviriam – se é que tinham algum, além de se prestar como um local para rituais religiosos –, embora desde

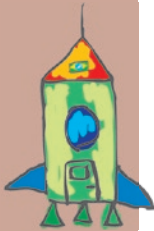
sempre houvesse a desconfiança de que os arranjos megalíticos (ou seja, de grandes pedras) estivessem ligados às posições dos astros.

Na verdade, o estudo dessas grandes construções de pedra (há outras, além de Stonehenge, menos famosas e sofisticadas) foi o impulso que deu início à ciência da arqueoastronomia que no princípio foi denominada “astronomia megalítica”.

A arqueoastronomia desenvolveu-se graças às pesquisas iniciadas em 1890 pelo astrônomo inglês Sir [Joseph] Norman Lockyer [1836-1920], que pode ser considerado como o moderno fundador desta ciência em virtude dos seus estudos dos monumentos egípcios e dos megalíticos ingleses. (MOURÃO, 2000, p. 14).

O mistério de Stonehenge, foi aparentemente solucionado pelos astrônomos Gerald Hawkins (1928–2003) e Fred Hoyle (1915-2001).

Após detalhados estudos das formações circulares de rochas, os pesquisadores concluíram que a obra na verdade se destinava a ajudar na previsão de eclipses. Hoje, esta é a teoria mais aceita, embora ainda existam arqueoastrônomos que defendem explicações alternativas para aquela formação megalítica.



A partir dos anos 1960, com a expansão dos estudos para além das construções megalíticas inglesas e francesas, o termo “astronomia megalítica” caiu em desuso, substituído por “arqueoastronomia”. E, desde a época de Lockyer, o campo tem se desenvolvido notavelmente, com novas descobertas e interpretações mais sólidas aparecendo ano após ano. E não houve civilização avançada em tempos antigos que não orientou grandes construções arquitetônicas em razão da

posição dos astros (como a pirâmide de Gizé, no Egito) ou erigiu impressionantes construções com o objetivo de melhor observar o céu (como é o caso dos maias, na América pré-colombiana).

Ao longo do tempo, vários instrumentos foram desenvolvidos para a observação do céu, atingindo seu ponto culminante por volta dos séculos 15 e 16, época das Grandes Navegações. Muitos desses instrumentos tiveram forte desenvolvimento entre os árabes, numa época em que a astronomia não era muito popular

no mundo cristão. Ao final de seu desenvolvimento, três deles ganharam maior destaque e presença no arsenal do astrônomo.

Esfera armilar

Sua aparência lembra a de um globo terrestre, mas, com grau muito maior de sofisticação. No centro do aparelho, um pequeno modelo da Terra. Ao seu redor, vários anéis representavam os grandes círculos de referência da esfera celeste – o equador celeste, a eclíptica, o meridiano, o horizonte etc. Trata-se basicamente de uma forma geocêntrica de organizar o céu, e não é à toa que tenha se tornado tão popular entre os astrônomos ainda antes da publicação dos trabalhos de Copérnico – a realidade observacional, ou seja, a sensação que temos ao observar o céu, é geocêntrica.

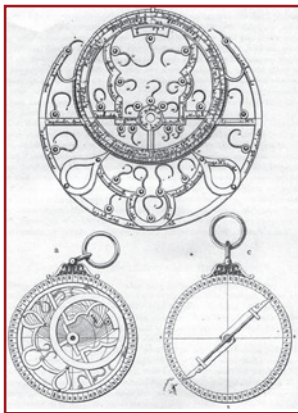


Figura 3.2. Ilustração mostra astrolábio persa do ano 1208.

Astrolábio

Trata-se de um objeto que permite medir a posição dos astros e sua altura acima da linha do horizonte. É composto de dois ou mais círculos, que podem ser girados uns em relação aos outros.

Sextante

Era o mais prático dos três. Com a forma de um sexto de círculo (daí o seu nome), ele era utilizado principalmente para a navegação. Usando-o em observações astronômicas, era possível determinar a latitude de um dado lugar, ou seja, a coordenada vertical num globo ou mapa terrestre.

Com esses instrumentos, a astronomia ganhava a sua principal utilidade da época (tirando o uso desses conhecimentos na elaboração de supersticiosas previsões

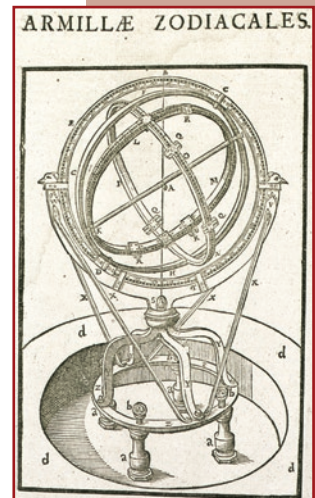


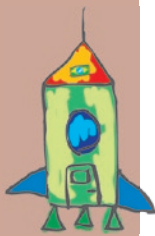
Figura 3.1. Imagem de esfera armilar.



Figura 3.3. Sextante de Johannes Hevelius (1611-1687), astrônomo do século 17. Os sextantes também existiam em modelos menores, mais práticos para medições em alto mar.

Reprodução de imagem publicada em obra de Tycho Brahe, *Astronomiæ Instauratæ Mechanica*, de 1598. Disponível em www.hps.cam.ac.uk/starry/armillobiser.html

Reprodução de imagem publicada no sítio www.wikipedia.org/



astrológicas, que eram parte do fazer astronômico de então): prestar auxílio aos navegantes para determinar sua posição no mar, uma vez que outros pontos de referência desapareciam numa viagem transoceânica. Além de permitir uma navegação mais segura, esse tipo de informação ajudava a impressionar e dominar povos menos instruídos.

Os capitães de embarcações no passado costumavam ter razoáveis conhecimentos de astronomia e, muitas vezes, levavam a bordo um astrônomo para ajudá-los a mapear o curso.

É clássica a história em que Cristóvão Colombo, para conseguir a colaboração de silvícolas das Antilhas, ameaça apagar a luz da Lua, já sabendo que um eclipse lunar estava previsto para aquela noite. Os eclipses, como

se sabe, muitas vezes evocam temores supersticiosos (astrólogos que o digam!), mesmo a quem já os viu com frequência. E ver alguém que podia “comandá-los” (ou, na melhor das hipóteses, prevê-los) foi demais para os índios. Conforme o disco lunar começou a ser encoberto pela sombra projetada pela Terra, os nativos trataram de atender rapidamente a todas as demandas do explorador genovês. A história é relatada pelo astrônomo Ronaldo Rogério de Freitas Mourão, em sua obra “O Livro de Ouro do Universo”.

Vale lembrar que, a despeito da ajuda celeste às navegações, esses empreendimentos guardavam uma enorme dose de risco – a partir dos astros, só se podia dizer com alguma precisão a **latitude**. Ninguém conseguia determinar a **longitude** – a coordenada horizontal, igualmente importante, porque informa, por exemplo, a distância entre um navio e a Europa na travessia do oceano Atlântico.

Descobertas que permitiram determinar a longitude

A tecnologia de determinação da longitude permaneceu como o maior desafio para os astrônomos durante séculos. Ao final, a solução não emergiu da astronomia, mas da construção de relógios. A longitude podia ser determinada com facilidade se um navegador pudesse confrontar a hora local em seu navio (medida por



Latitude: num mapa, é designada pela posição num eixo vertical. Dada a esfericidade da Terra, ela é medida em graus, a partir da Linha do Equador (0°). A escala vai até 90° Norte ou 90° Sul.

Longitude: num mapa, é designada pela posição num eixo horizontal. Dada a esfericidade da Terra, ela é medida em graus, a partir do meridiano de Greenwich (0°). A escala vai até 180° Leste ou 180° Oeste (que se encontram no mesmo lugar e marcam a linha internacional de mudança de data).

um relógio de Sol ou outro instrumento equivalente) no momento exato em que fosse meio-dia num ponto de referência cuja longitude fosse conhecida. Calcular a diferença de horário permitiria determinar quantos graus separavam o navio do ponto de referência.

O problema era como levar ao navio um relógio sincronizado com o horário no ponto de referência com longitude conhecida – o balanço produzido pelas ondas e as dilatações de materiais ocasionadas pelas diferenças de temperatura inevitavelmente desregulavam o relógio, impedindo a obtenção de medidas precisas. O resultado era rotineiramente catastrófico – navios topavam sem aviso com terras que julgavam estar muito mais distantes, muitas vezes resultando na perda da embarcação e sua tripulação.

Enquanto os astrônomos trabalhavam em soluções que envolveriam observações detalhadas da Lua ou mesmo dos satélites naturais de Júpiter (medições possivelmente refinadas demais para serem realizadas a bordo de um navio), a resposta partiu de um modesto construtor de relógios inglês, John Harrison (1693-1776), que conseguiu produzir modelos capazes de manter o sincronismo, mesmo depois de submetidos a grandes turbulências oceânicas a bordo de um navio.

A despeito dessa grande vitória dos relógios terrestres sobre os relógios celestes, mesmo antes que Harrison tivesse sucesso, uma nova tecnologia entraria em cena na astronomia, proporcionando uma revolução no conhecimento que até hoje segue em andamento.

MENSAGENS SIDERAIS

Cerca de dez meses atrás um relato chegou a mim de que um holandês havia construído um óculo, com o qual objetos visíveis, embora a uma grande distância do olho do observador, eram vistos distintamente como se estivessem perto; e algumas provas de seu desempenho maravilhoso foram relatadas, a que alguns deram crédito e outros contradisseram. Uns poucos dias depois, eu recebi confirmação do relato em uma carta escrita de Paris por um nobre francês, Jaques Badovere, o que finalmente

O cientista italiano Galileu Galilei (1564-1642) foi o grande precursor do empirismo – atitude de realizar experimentos calculados e deliberados para decifrar os segredos da natureza. Ao estabelecer este que é um dos pilares fundamentais da ciência moderna, Galileu pôde iniciar a decifração de alguns dos maiores mistérios da física, desbancando Aristóteles. Ele decifrou a equação que descreve o movimento de projéteis (iniciativa que mais tarde levaria à descrição da gravitação universal) e esboçou a lei da inércia. No campo da astronomia, foi forte defensor do heliocentrismo de Copérnico e iniciou a exploração telescópica dos céus, em 1609 e 1610. Descobriu quatro luas em Júpiter, hoje denominadas “satélites galileianos”. Por sua defesa do heliocentrismo, foi julgado e condenado pela Santa Inquisição, em 1633, e terminou seus dias em prisão domiciliar.

me motivou primeiro a investigar o princípio do óculo e então considerar os meios pelos quais poderia eu inventar um instrumento similar, o que pouco depois eu consegui fazer, pelo estudo profundo da teoria da Refração; e eu preparei um tubo, primeiro de chumbo, e nas pontas coloquei duas lentes de vidro, ambas planas de um lado, mas uma com o outro lado esfericamente convexo, a outra, côncavo. Então, ao levar meu olho à lente côncava, eu vi objetos satisfatoriamente grandes e próximos, que pareciam estar a um terço da distância e nove vezes maiores do que quando vistos com o olho natural apenas. Eu logo em seguida construí outro óculo com mais competência, que ampliou objetos em mais de sessenta vezes. No fim, sem evitar trabalho ou custo, consegui construir para mim um instrumento tão superior que objetos vistos através dele pareciam ampliados em quase mil vezes, e mais do que trinta vezes mais próximos do que se vistos somente com o poder natural da vista.

Seria uma grande perda de tempo enumerar a importância e os benefícios que esse instrumento deve conferir, quando usado em terra ou mar. Mas, sem prestar atenção a seu uso para objetos terrestres, eu me dediquei a observações dos corpos celestes. (GALILEU GALILEI, 1880, p.p.10-11).

Foi assim que o cientista italiano Galileu Galilei começou a descrever as primeiras observações consistentes dos céus feitas por um ser humano com um telescópio refrator (ou luneta, como também é chamado esse instrumento). A publicação de seu primeiro livro, *Sidereus Nuncius* [Mensageiro das Estrelas], em 1610, marcou uma nova era na história da astronomia – uma em que os instrumentos revelariam muito mais do que estava ao alcance do homem usando apenas a vista desarmada e reforçariam as idéias copernicanas. Quase instantaneamente inúmeras descobertas incríveis começaram a se revelar ao italiano.

E, como se pode notar pelo texto, Galileu nem tenta tomar para si o crédito pela invenção da tecnologia em si – criada originalmente, segundo a maioria dos historiadores, pelo

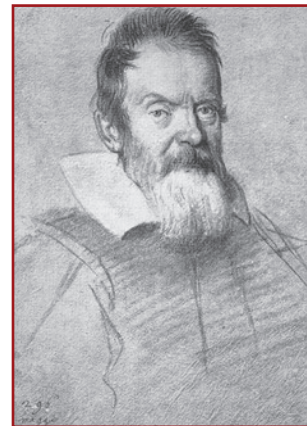


Figura 3.4. Retrato de Galileu Galilei.

Reprodução do quadro pintado pelo pintor italiano Ottavio Leoni (1578-1630). A obra encontra-se no Museu do Louvre, em Paris.

holandês Hans Lippershey (1570-1619), em 1608. O italiano se coloca apenas como um aperfeiçoador do invento, e sua grande inovação consiste em sua aplicação – pela primeira vez uma luneta era empregado na observação de objetos no céu.

Galileu começou suas primeiras observações, realizadas entre janeiro e março de 1610, pela Lua. Embora fosse o objeto de maior visibilidade para os astrônomos antigos, pois, mesmo a olho nu revelava alguns traços de sua superfície, ainda havia muito para se descobrir. E o astrônomo italiano começa a demolir a noção aristotélica do mundo pela observação lunar.

Essas manchas [as crateras] nunca foram observadas por ninguém antes de mim; e pelas minhas observações, repetidas muitas vezes, fui levado à opinião que eu expressei, qual seja, de que estou certo de que a superfície da Lua não é perfeitamente lisa, livre de variações e exatamente esférica, como uma grande escola de filósofos toma a Lua e os outros corpos celestes, mas que, ao contrário, ela é cheia de desigualdades, variações, cheia de vazios e protuberâncias, exatamente como a superfície da própria Terra, que varia em toda parte por grandes montanhas e vales profundos. (GALILEU GALILEI, 1880, p.15).

Galileu tirou essa conclusão com base nas sombras projetadas no interior das crateras na região da Lua que divide o hemisfério que está sendo iluminado pelo Sol do que está nas sombras. Se a superfície lunar fosse completamente lisa, essa linha que separa luz e escuridão seria regular. O que o astrônomo notou foi uma série de irregularidades. Em desenhos, ele demonstrou o que queria dizer.

O astrônomo italiano também fez outras considerações relevantes a respeito da Lua, ao defender a tese (correta) de que o brilho pálido da região da superfície lunar não-iluminada pelo Sol é produzido pela luz refletida pela própria Terra. (Assim como o luar ilumina fracamente a noite terrestre, o “brilho terrestre” ilumina fracamente a noite lunar.)

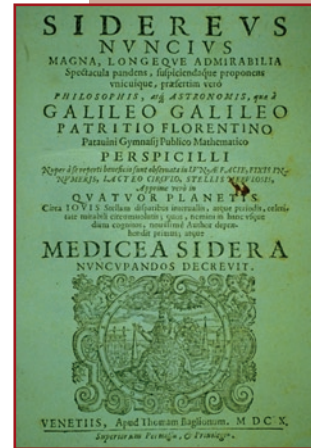



Figura 3.5. Capa do livro *Sidereus Nuncius*, de Galileu Galilei, publicado em 1610.

Reprodução de imagem publicada no site
www.math.yorku.ca/SCS/gallery/images/galileo1610-cover.jpg/



Saiba
mais...

A partir de suas observações, Galileu também apoiou (erradamente) a tese de que a Lua possui uma atmosfera. Ele postulou a existência desse invólucro gasoso para explicar por que as irregularidades da superfície não aparecem nas bordas do disco lunar; uma proposta engenhosa, ainda que equivocada. O astrônomo italiano também imaginou que as regiões escuras da Lua pudessem ser mares. Até hoje o termo em latim para mar, *mare*, é usado para descrever essas regiões, muito embora saibamos que não há água em estado líquido na Lua – embora haja suspeitas da existência de gelo em crateras de seu pólo sul. Essas conclusões de Galileu explicam em parte o porquê de Kepler, em seu *Somnium*, ter descrito o satélite natural terrestre como possuidor de atmosfera, água e, como consequência, habitantes.



Depois das observações lunares, o italiano se voltou para as chamadas “estrelas fixas”. E a revelação aí foi que existem muito mais estrelas do que antes se imaginava. Para onde quer que apontasse sua luneta, Galileu via objetos nunca antes catalogados. Ele também reparou que o poder de aumento proporcionado por seu instrumento não era muito efetivo para ampliar a imagem das estrelas, que se mantinham apenas como pontos, em vez de discos, como era o caso de todos os planetas. E, ao mirar seu telescópio na **Via Láctea**, Galileu constatou que o que parecia uma faixa gasosa, na verdade, era uma vasta coleção de estrelas, todas muito compactadas e, individualmente, pouco brilhantes para serem vistas a olho nu.

Via Láctea: é a nossa galáxia, ou seja, o grande conjunto de estrelas do qual o Sol e seus planetas fazem parte. Em sua forma espiral, estima-se que ela abrigue cerca de 200 bilhões de estrelas, sendo o Sol apenas uma delas. No Universo inteiro, os astrônomos estimam que existem bilhões de galáxias como a Via Láctea.

Mas a revelação mais chocante feita pelo italiano acerca dos céus nessa primeira bateria de observações, foi a descoberta de quatro pontos luminosos que pareciam estar girando ao redor de Júpiter, movendo-se em grande velocidade – quatro satélites, que ele batizou de “estrelas mediceanas”, em homenagem a seu “padrinho” na nobreza, o grão-duque Cosimo de Médici, da Toscana.

As maiores luas de Júpiter hoje são conhecidas como Ganimedes, Calisto, Europa e Io (na ordem, da órbita mais externa para a mais interna), e, ao serem mencionadas em conjunto, costumam ser chamadas de “satélites galileanos”.

Galileu logo percebeu que a descoberta das luas de Júpiter era o maior argumento já levantado em favor do heliocentrismo de Copérnico. Em *Sidereus Nuncius*, ele escreveu:

[...] Temos um notável e esplêndido argumento para remover os escrúpulos daqueles que podem tolerar a revolução dos planetas ao redor do Sol no sistema copernicano, mas ficam tão perturbados pelo movimento de uma Lua ao redor da Terra, enquanto ambos realizam uma órbita de um ano de duração em torno do Sol, que consideram que essa teoria da constituição do universo deve ser vista como impossível; pois agora temos não só um planeta que gira ao redor de outro, enquanto ambos atravessam uma vasta órbita em torno do Sol, mas nosso sentido da visão nos apresenta quatro estrelas circulando Júpiter, como a Lua em torno da Terra, enquanto o sistema inteiro viaja por uma enorme órbita em torno do Sol no espaço de doze anos. (GALILEU GALILEI, 1610, p.p. 69-70).

E essas seriam apenas as primeiras descobertas do italiano que apoiavam Copérnico. Mais tarde, ele descobriria que Vênus possui fases, como as da Lua, o que só pode significar que aquele planeta gira ao redor do Sol.

Mesmo com evidências quase conclusivas (o modelo de Tycho Brahe ainda sobrevivia como alternativa ao copernicano), Galileu acabou levado ao tribunal da Santa Inquisição após a publicação de outro livro, “Diálogos sobre os dois máximos sistemas de mundo, ptolomaico e copernicano”, em 1632, e condenado por heresia (muito embora acreditasse fervorosamente em Deus).

Após abjurar seus ensinamentos “profanos”, Galileu escapou da fogueira e teve a pena abrandada para prisão domiciliar, que cumpriu até o fim de sua vida, em 1642, numa vila de Arcetri, na Itália.

A despeito do ataque às idéias do italiano, seu novo método de trabalho com a luneta estava fadado a mudar completamente a visão que temos do céu. Vale lembrar também que foi Galileu quem primeiro documentou a existência de manchas solares. Ele obviamente não olhou diretamente para o Sol por uma luneta – o que o cegaria de imediato –, mas usou um anteparo para observar uma projeção da imagem do Sol obtida através da luneta. Mais um exemplo da engenhosidade experimental do cientista italiano.



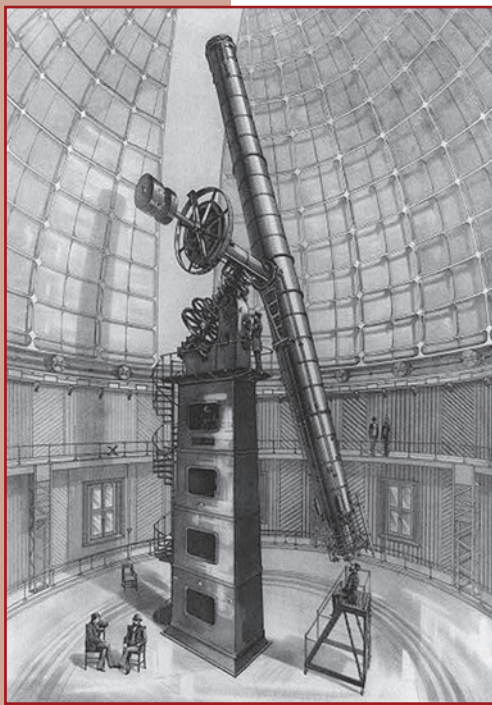


Figura 3.6. Ilustração do Observatório Lick, na Califórnia, publicada em 1889.

Com as descobertas sucessivas de Galileu, assim como de outros observadores munidos desse novo instrumento óptico, o **telescópio refrator** rapidamente se tornou a peça mais importante da astronomia. Com ele, um novo céu literalmente se abria aos pesquisadores. No entanto, essa tecnologia ainda era severamente limitada por duas dificuldades.

Uma delas era que o esforço para produzir um poder de ampliação cada vez maior tornava o aparelho imenso, devido à necessidade de construir uma lente objetiva enorme (para recolher a luz do objeto distante), o que por sua vez exigia um grande afastamento entre as duas lentes do instrumento, a objetiva e a ocular (que concentra a luz no olho do observador).

Além de permitir instrumentos com maior poder de ampliação, esse grande aumento da distância entre as lentes também ajudava a resolver outra grave deficiência dos telescópios refratores: a chamada **aberração cromática**. O resultado foi a construção de instrumentos monstruosos, com distâncias focais que chegavam a atingir os 70 metros! O astrônomo Ronaldo Rogério de Freitas Mourão (1935-) descreve em sua obra “O Livro de Ouro do Universo”:

Como era muito difícil fabricar tubos com tais comprimentos, dispunham-se as lentes sobre suportes (torres, mastros etc.), e os astrônomos no chão, com lupas, fazendo acrobacias, procuravam examinar as imagens fornecidas pelas objetivas. (MOURÃO, 2000, p. 116).

O problema perdurou até o fim do século 17, e só obteve uma solução mais razoável quando o óptico inglês John Dollond (1706-1761), em 1758, inventou as primeiras lentes objetivas “acromáticas”, que não possuíam a terrível distorção de cores. Elas eram compostas



Telescópio refrator: assim chamado por usar lentes para coletar luz (objetivas) e ampliar as imagens (oculares), segundo os princípios da refração.

Aberração cromática: é a distorção das cores dos objetos observados pela luneta, pelo fato de o vidro das lentes não ter o mesmo índice de refração para todas as cores do espectro.

por duas lentes de vidro, coladas uma na outra, cada uma com um índice de refração diferente. Com essa inovação, as objetivas passaram a se acomodar em focos mais curtos e voltar a ser instaladas em tubos. “Surtem então algumas famosas lunetas”, prossegue Mourão.

Em 1824, a [luneta] do Observatório de Dorpat, na Rússia, com objetiva de 42 cm e 4,30 m de foco; em 1835, a do Observatório de Cambridge, com 32 cm; logo depois as dos Observatórios de Estrasburgo, Washington, Viena, Paris e Lick (Califórnia), respectivamente, com 50, 66, 68, 85 e 91 cm de diâmetro. Em 1892, foi construída a maior até hoje, no Observatório de Yerkes, em Chicago, com 1,02 m de diâmetro e 19 m de distância focal. (MOURÃO, 2000, p. 117).

Mas havia uma outra estratégia de ampliar imagens que contornava os principais problemas dos telescópios refratores; bastava, para isso, usar um espelho, em vez de uma lente objetiva, para fazer a coleta da luz. O primeiro a construir um telescópio refrator foi o grande físico inglês Isaac Newton. Em 1672, ele construiu um instrumento com um espelho metálico de concavidade esférica com 25 cm de abertura e 15 cm de foco. Foi a construção desse chamado telescópio refletor (por basear-se no princípio de reflexão da luz, ampliando a imagem por meio de espelho) que, aliás, lhe garantiu uma vaga como membro da *Royal Society*, importante instituição científica britânica que ele presidiria tempos depois.

A despeito de todas as qualidades do instrumento de Newton, ele possuía um grave defeito: deformava as imagens por aberração esférica (distorção da imagem causada pela curvatura do espelho usado para ampliar os objetos). A solução só foi encontrada em 1720, pelo inglês John Hadley (1682-1744), que trocou a forma da concavidade do espelho; em vez de esférica, parabolóide. Isso tinha o potencial para tornar os telescópios **refletores** mais eficientes que os gigantes **refratores**, mas ainda esbarrava num sério problema: a incipiência da técnica para a fabricação e o polimento de espelhos metálicos. Somente quando a construção de espelhos se tornou mais simples, os refletores assumiram uma posição de liderança na observação astronômica.



Reflexão: ocorre quando a luz, ao encontrar um meio diferente daquele em que está se propagando, é rebatida. É o caso da luz que, ao se propagar pelo ar, encontra um espelho.

Refração: ocorre quando a luz, ao encontrar um meio diferente daquele em que está se propagando, é desviada. É o caso da luz que, ao se propagar pelo ar, encontra uma lente e tem seu curso levemente modificado. O fenômeno explica a diferença de ângulo que observamos em objetos dentro de uma piscina ou uma banheira, com relação à sua posição real.

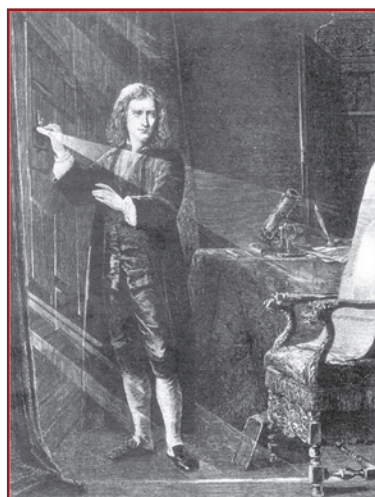
O primeiro grande telescópio, com espelho de 1,20 m de diâmetro e foco de 12 m, foi construído em 1789, pelo astrônomo inglês William Herschel. Um segundo foi construído pelo irlandês William Parsons (1800-1867), conde de Rosse, em 1845, com um espelho de 1,83 m de diâmetro e 17 m de foco. Mas esses esforços só seriam batidos quando o francês Leon Foucault (1819-1868) e o alemão Carl A. von Steinheil (1801-1870), em 1856, demonstraram a possibilidade de fabricar os espelhos com vidro, apenas recobertos por uma leve camada refletora de prata. Mourão completa:

Logo que surgiram os espelhos de vidro, não houve astrônomo que não preferisse os telescópios, em virtude da grande luminosidade garantida por seus diâmetros e pelo fato de os telescópios serem mais adequados que as lunetas [ou telescópios refratores] para registrar as imagens de astros fracos, bem como para fornecer espectros mais fiéis, pois a luz dos astros não era obrigada a atravessar o vidro. (MOURÃO, 2000, p. 120).

O século 19 marcou não só o momento de transição entre os telescópios refratores e refletores, mas também uma grande descoberta – era possível, a distância, descobrir a composição dos astros. Entra em cena a **espectroscopia**.

O espectro, como sabemos, é o efeito de decomposição da luz em suas componentes básicas. Os primeiros estudos profundos desse efeito também tiveram sua origem com

Isaac Newton, que demonstrou a decomposição da luz branca nas cores do arco-íris, após a passagem por um **prisma** de vidro. Apesar de suas notáveis investigações, Newton naquele momento ainda estava longe de desvendar o poder dos espectros em portar informações sobre os objetos a partir dos quais eles emanavam.



Reprodução do quadro de Isaac Newton, pintado pelo italiano barroco, Antonio Verrio por volta de 1690 e que está em Burghley House, Stamford, Lincolnshire, Inglaterra.

Figura 3.7. Isaac Newton realiza experimento com prisma.



Espectroscopia:

estudo de objetos a partir do seu espectro, ou seja, da decomposição da luz que emitem ou refletem em suas cores componentes. A decomposição pode se dar por meio de um prisma, como identificou Isaac Newton.

Prisma: sólido geométrico de arestas paralelas podendo ter um triângulo com base.

O grande salto ocorreu de fato quando se fez um exame cuidadoso do espectro da luz solar: descobriu-se então que o padrão de arco-íris era atravessado por numerosas faixas negras de várias espessuras. Conforme esse espectro era ampliado, usando uma seqüência de prismas, chegavam a ser observadas cerca de 3.000 dessas raias (as faixas negras). Mas o que elas indicavam? Ninguém tinha a menor idéia, até o físico alemão Gustav R. Kirchoff (1824-1887) matar a charada. Em 1860, ele descobriu o que aquilo queria dizer.

Ocorre que os elementos químicos, quando aquecidos até se tornarem incandescentes, possuem cada um seu próprio padrão de espectro característico. Cada um dos elementos tem sua própria distribuição de raias, situadas em posições bem determinadas, e nenhum elemento tem uma faixa igual à do outro. Então, a presença de uma determinada raia, em detrimento de outra, indica a presença de um elemento, em vez de outro. Os espectros de cada elemento são muito variados. “O ferro, por exemplo, tem mais de duas mil faixas, ao passo que o chumbo e o potássio têm apenas uma”, afirma Mourão em “O Livro de Ouro do Universo”.

Como todos os elementos químicos já foram estudados, suas raias características são bem conhecidas, de modo que se torna possível explorar as estrelas, os planetas, as galáxias e nebulosas e descobrir suas composições químicas. (MOURÃO, 2000, p. 122).

Pela primeira vez, era possível identificar do que eram compostos os corpos celestes, ou seja, pelos mesmos elementos que vimos aqui na Terra: hidrogênio, hélio, oxigênio, carbono, ferro, e assim por diante.

LUZ INVISÍVEL

Enquanto alguns cientistas duelavam para entender o que poderia ser aprendido a partir do espectro, outros se perguntavam se havia algo além dele a ser investigado. A iniciativa daria origem a uma outra revolução na observação astronômica.

Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894) físico alemão que, em 1888, foi o primeiro a demonstrar a existência da radiação eletromagnética ao construir aparelhos geradores de ondas de rádio UHF. Empréstou seu nome, hertz, para a designação da unidade de frequência no Sistema Internacional de Unidades.

Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) foi o físico alemão que, em 1895, produziu e detectou os primeiros raios X, na época também chamados de raios Röntgen. O feito deu a ele o Prêmio Nobel em Física de 1901. Seu nome é comumente apresentado com a grafia inglesa, “Roentgen”, sem o traço e com um “e” a mais.

O primeiro grande inovador nessa escalada possivelmente foi o inglês William Herschel. Em 1800, o astrônomo estudava a temperatura das diferentes regiões do espectro solar. Quando colocou o termômetro aquém da faixa vermelha, ele não esperava resultado algum, mas acabou encontrando ali uma estranha fonte de calor. Claramente havia algo naquela região que, embora fosse invisível, influenciava o termômetro. Com isso, ele se tornou o descobridor da chamada radiação infravermelha.

Um processo similar levou à descoberta da radiação ultravioleta – localizada, naturalmente, na outra ponta do espectro visível, além do violeta. Ao observar os diferentes efeitos produzidos pelo espectro solar na decomposição de uma substância chamada cloreto de prata, o físico alemão Johan Wilhelm Ritter (1776-1810) constatou que a região além do violeta era ainda mais poderosa na destruição do composto do que as partes visíveis do espectro.

Em 1803, o físico inglês Thomas Young (1773-1829) começa a sustentar a idéia de que a luz pode ser interpretada como uma onda, e não como uma partícula, como imaginava Isaac Newton. Era o início de um processo que levaria a uma compreensão mais profunda da natureza da luz, que atingiria um ponto alto com o escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), ao demonstrar que eletricidade e magnetismo eram apenas faces da mesma moeda e estavam fortemente atrelados à luz – que passaria então a ser vista como radiação eletromagnética. O quadro começava a fazer um pouco mais de sentido.

A descoberta seguinte viria do alemão Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894), que detectou radiação eletromagnética com comprimento de onda mais longo que o do infravermelho – primeiramente elas foram chamadas de “ondas hertzianas”, mas logo acabaram popularizadas como “ondas de rádio”. Menos de dez anos depois, em 1895, mais um achado impressionante: o alemão Conrad Röntgen (1845-1923) descobre os raios X, que depois seriam confirmados como uma forma de radiação eletromagnética mais energética que o ultravioleta.

Um ano depois da primeira observação dos raios X, o francês Antoine Henri Becquerel (1852-1908) descobriria a radioatividade, mesmo sem identificar sua fonte (no caso específico em questão, o urânio). O físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1930) batizou essa faixa, posicionada além dos raios X, de radiação gama.

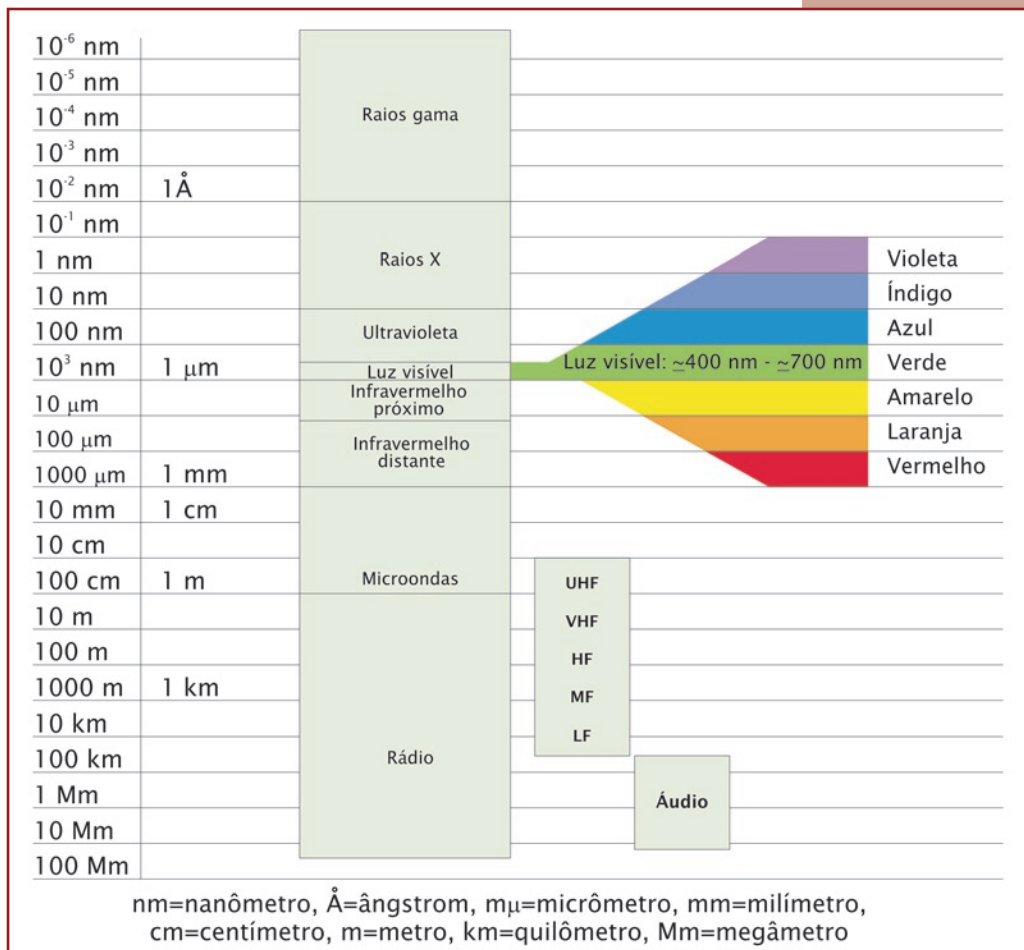


Figura 3.8. Espectro eletromagnético total com identificação da porção visível.

Com isso, o século 20 começaria com dois poderosos instrumentos novos: o primeiro, e pronto para uso, consistia na decodificação das informações que vinham dos astros distantes na forma de seu espectro de luz visível. O segundo, e mais assustador,

Suell Prates (AEB/Programa AEB Escola). Adaptação de ilustração publicada no site <http://i.asp.colorado.edu/cassini/education/Electromagnetic%20Spectrum.htm/>.



Atualmente, é impossível falar no estudo dos astros sem levar em conta todas essas vastas possibilidades. Afinal de contas, ficou demonstrado que a porção visível do espectro é apenas uma pequena parte de tudo que pode ser estudado.

era o de que o espectro ia muito além daquilo que podíamos enxergar, e com isso vinha a noção de que seria possível garimpar ainda mais informações nessas regiões invisíveis do espectro.

Com a enorme ampliação das perspectivas e o crescimento na-

tural dos telescópios, começaram a ficar evidentes algumas das deficiências (quase) incontornáveis da astronomia. Como, por exemplo, evitar a significativa influência da atmosfera terrestre na observação dos astros?

ADAPTAÇÃO À ATMOSFERA

Uma noite sem ventos pode ser enganadora. Enquanto a paz reina no solo, na alta atmosfera a temperatura varia bastante de acordo com a altitude e intensos fluxos de ar se locomovem a grandes velocidades. Esses fatores, naturalmente, influenciam a luz, enquanto ela atravessa as camadas atmosféricas em direção às lentes e aos espelhos de nossos telescópios refratores e refletores. Nos instrumentos menores, a distorção gerada pela atmosfera é quase imperceptível. Nos maiores, ela cresce em proporção.

Resultado: as imagens obtidas são inevitavelmente menos nítidas do que os astrônomos gostariam que fossem. Como solucionar a questão? Uma idéia, que por muito tempo pululou nas mentes dos pesquisadores, foi atacar fogo com fogo. Explicando: se a atmosfera distorce os raios luminosos, a solução seria distorcer também o espelho que recebe a luz, de forma a “endireitar” novamente a radiação. A esse conceito os cientistas deram o nome de “óptica adaptativa”.

A lógica é impecável, mas, a realização é complexa. Como entortar o espelho de modo a compensar a distorção atmosférica?

Em primeiro lugar, é preciso identificar exatamente de que modo a atmosfera está distorcendo a luz vinda do espaço. Feito isso – que já não é tarefa tão simples –, é preciso distorcer o espelho, na velocidade exigida para produzir a compensação – ação que durante muito tempo foi simplesmente impossível. Por essa razão, o conceito acabou deixado de lado.

A coisa só começou a mudar de figura durante os anos 1990, quando a tecnologia dos computadores já estava suficientemente avançada para processar todas essas informações e produzir automaticamente a deformação exigida no espelho. Começaram então a surgir os primeiros telescópios equipados com óptica adaptativa, que produziram as melhores imagens já obtidas de objetos astronômicos com equipamentos em terra, ou seja, sujeitos aos caprichos da atmosfera terrestre.

O surgimento de telescópios equipados com óptica adaptativa foi destacado pela prestigiosa revista científica norte-americana Science como um dos dez maiores feitos da ciência em 2002.



Embora fosse um enorme avanço, a óptica adaptativa não resolvia todos os problemas. Em primeiro lugar, ela não pode ser usada indiscriminadamente para estudar qualquer região do céu. Para que ela funcione, é preciso que a área observada possua um astro suficientemente brilhante para permitir a “calibragem” do sistema, ou seja, a detecção dos efeitos atmosféricos para sua efetiva compensação por meio da distorção do espelho.

Essa deficiência tem sido resolvida nos observatórios mais modernos com a instalação de “estrelas artificiais”, que são produzidas por feixes de laser disparados para o alto. Com a detecção da reação da atmosfera ao laser, é possível configurar corretamente o espelho e observar a região do céu desejada.

Existe, entretanto, uma dificuldade que nem mesmo a “milagrosa” óptica adaptativa pode resolver. Algumas faixas mais energéticas da radiação eletromagnética não conseguem ultrapassar a alta atmosfera. (Aliás, ainda bem que não conseguem, pois

raios ultravioleta, X e gama são extremamente nocivos à vida, desestabilizando as grandes moléculas de carbono que fazem os principais componentes dos organismos). Ou seja, por melhor que seja o instrumento utilizado em terra, para efeito do estudo dessas radiações, o astrônomo está efetivamente no escuro.

A resposta a esse dilema é óbvia, ainda que tortuosa: é preciso sair da atmosfera. A busca pelo conhecimento, cedo ou tarde, necessariamente, nos põe a caminho do espaço.



LEITURA COMPLEMENTAR

RECONHECENDO OS PLANETAS E AS ESTRELAS

Cássio Leandro Dal Ri Barbosa (Univap).

Conhecer e reconhecer os astros ao observar o céu constitui uma atividade multidisciplinar. Além de conceitos de astronomia e geografia, pode-se explorar uma simples observação noturna em aulas de história, física, mitologia e até mesmo filosofia. É possível conduzir uma atividade proveitosa de observação do céu sem instrumentos em qualquer lugar do Brasil, necessitando-se apenas de um local aberto com pouca iluminação, como um pátio ou quadra de esportes que estejam escuros. Grandes centros como São Paulo, Rio de Janeiro ou Belo Horizonte, por exemplo, serão prejudicados, mas ainda é possível trabalhar o reconhecimento de planetas e estrelas.

Os planetas não guardam uma posição fixa no céu, como as estrelas. Isto significa que não existe uma época do ano preferencial para se observar um planeta. Por outro lado, os planetas nunca se afastam de uma faixa estreita no céu, chamada de eclíptica. Esta faixa se estende de Leste a Oeste e representa o trajeto percorrido pelo Sol, pela Lua e pelos planetas durante o ano. Esta faixa percorre uma série de constelações, das quais se destacam as constelações do zodíaco, tais como Escorpião, Touro, Aquário etc. Devido a esta peculiaridade para localizar um planeta no céu, é recomendável o apoio de cartas celestes atualizadas para o dia da atividade. Estas cartas celestes podem ser geradas sem custo em diversos sítios na Internet.

Dos oito planetas do Sistema Solar, podemos observar sem instrumentos Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, cada qual

com uma particularidade que nos permite identificá-lo. Com muita atenção e paciência é possível notar o deslocamento dos planetas em relação às estrelas. Este deslocamento é mais notável nos planetas mais próximos do Sol e está relacionado com o movimento de translação do planeta em torno do Sol.

Mercúrio é o planeta mais próximo do Sol, por isso nunca se afasta muito dele. Mercúrio pode ser visto apenas pouco antes do nascer do Sol, ou pouco depois do anoitecer por poucas horas no céu, dependendo da sua posição em sua órbita. Por este motivo ganhou o nome do mensageiro dos deuses, veloz em suas aparições, sempre perto do horizonte, próximo ao poente (Oeste) ou próximo ao nascente (Leste). Além disso, tem um brilho claro, mas não muito intenso, e por esses motivos é o planeta mais difícil de se observar.

Vênus também está mais próximo do Sol do que a Terra. Desta maneira também não se afasta muito dele, mas é muito mais fácil de se localizar do que Mercúrio, já que, dependendo da ocasião, poderá ficar no céu por várias horas. O planeta Vênus, a deusa do amor para os antigos romanos, tem um brilho intenso e na maioria das vezes é o astro mais brilhante do céu, depois do Sol e da Lua. Também é observado logo depois do anoitecer quando surge próximo ao poente. Nesta situação é chamado, popularmente, de “Vésper”, a “estrela” da tarde. Quando Vênus surge um pouco antes do nascer do Sol, na direção leste, é chamado de “Estrela d’Alva”, a “estrela” da manhã.

Marte está mais distante do Sol do que a Terra, em uma órbita mais externa; por isso, em determinadas ocasiões pode permanecer a noite toda visível no céu. Marte possui um brilho que vai do vermelho pálido ao laranja intenso, dependendo de sua posição em relação ao Sol e à Terra. Esta coloração peculiar o fez conhecido como o deus da guerra para os antigos romanos por lembrar o sangue derramado nas batalhas.

Júpiter está ainda mais distante que Marte, mas possui um brilho mais intenso e bem claro, por ser maior e ter uma capa de nuvens

com grande capacidade de refletir a luz do Sol. Frequentemente, torna-se o astro mais brilhante do céu (depois do Sol e da Lua, claro), suplantando Vênus. Este aspecto majestoso fez de Júpiter o deus dos deuses para os romanos.

Saturno é o mais distante dos planetas que se pode observar a olho nu, e tem um aspecto pálido e amarelado. Seu brilho, todavia, pode se tornar tão intenso quanto o de Júpiter em ocasiões favoráveis. É o planeta que tem o deslocamento mais lento no céu, sendo notado apenas depois de vários meses de observação.

Em virtude da grande extensão territorial do Brasil, em especial na direção Norte-Sul, algumas constelações são visíveis apenas nas regiões mais ao norte e outras apenas nas regiões mais ao sul do País. Além disso, em consequência do movimento de translação da Terra em torno do Sol, as constelações não permanecem visíveis no céu durante o ano todo.

De todas as constelações visíveis de norte a sul do Brasil, a mais famosa é a do Cruzeiro do Sul. Ela nos auxilia a localizar os pontos cardeais a partir do Sul, bastando prolongar o braço maior da cruz por quatro vezes e meia o seu tamanho nesta mesma direção e então “descer” perpendicular ao horizonte. Este ponto no horizonte será o Sul e, se estivermos de frente para ele, o Norte estará às nossas costas, o Leste à esquerda e o Oeste à direita.

O Cruzeiro do Sul pode ser usado para marcar as estações do ano, assim como os índios tupi faziam. Para eles o Cruzeiro do Sul era chamado de curuçu – a cruz. Logo ao anoitecer, no início do outono, em 20 de março, o Cruzeiro está deitado com a extremidade superior na direção leste; já no início do inverno, em 21 de junho, o Cruzeiro estará quase em pé. Três meses depois, no início da primavera, em 23 de setembro, ele estará tombado na direção oeste. Durante o verão, o Cruzeiro está de cabeça para baixo, portanto, abaixo do horizonte na maioria das regiões brasileiras. No entanto, logo ao anoitecer do dia do início do verão (21 de dezembro), as “Três Marias” estarão a Leste, logo acima

do horizonte. (É preciso lembrar que as estações são “invertidas” no Hemisfério Norte, como em Roraima e Amapá, por exemplo: 20/03 primavera; 21/06 verão; 23/09 outono e 21/12 inverno.)

As “Três Marias” são o nome popular dado para as três estrelas do cinturão de Órion, o caçador que dizimava os animais na Terra. Segundo a lenda (ou, pelo menos, em uma das muitas versões dela), Artêmis, irmã de Apolo, enviou um escorpião com a intenção de matá-lo, que passou a persegui-lo, incansavelmente, até que um dia conseguiu ferroá-lo no pé, no momento em que Órion pisou nele. Essa perseguição da mitologia pode ser vista nos céus também. Órion é uma constelação de verão, e o Escorpião uma constelação de inverno, portanto, nunca as duas estão no céu ao mesmo tempo. Toda vez que o Escorpião surge no céu prenunciando a chegada do inverno, Órion se esconde no horizonte. Seis meses depois, com a chegada do verão, Órion surge no céu perseguindo o Escorpião, mas este se esconde abaixo do horizonte.



ATIVIDADES

SIMPLIFICANDO A LUNETA COM LENTE DE ÓCULOS

João Batista Garcia Canalle (Uerj) e Adelino Carlos Ferreira de Souza (Uerj). Publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física v.22, n 1, p. 121- 130, 2005.

Apresentação

A principal ferramenta de trabalho do astrônomo é o telescópio. O manuseio dele é sempre motivo de enorme curiosidade por parte de alunos do ensino fundamental ou médio e até mesmo dos respectivos professores. Visando propiciar o acesso destes a uma luneta de fácil construção, com materiais alternativos, de fácil localização no comércio, de baixo custo e resistente ao manuseio de alunos, simplificamos a montagem de uma luneta construída com lente de óculos, de 1 ou 2 graus positivos, e monóculo de fotografia (CANALLE, 1994).

Nesta atividade mostramos como construir uma luneta constituída por uma lente de óculos de 2 graus positivos, um ou dois monóculos de fotografia, canos de PVC, e que tem como tripé uma simples garrafa PET.

A construção da luneta tem sido muito útil para professores, alunos e demais interessados em astronomia em geral, pois ela é de simples construção, usa materiais acessíveis no comércio de quase qualquer cidade do País, é resistente ao manuseio e permite ver, em condições adequadas, as crateras lunares.

Objetivos

Construir uma luneta e observar as crateras da Lua.

Sugestão de problematização

Usar a criatividade e habilidades manuais para construir uma luneta; descobrir o aumento de uma luneta, observar a inversão das imagens, estudo da lei da refração e ótica geometria de lentes.

Materiais

As letras indicativas em algumas peças estão esquematizadas na Figura 3.9.

1. Lentes e encaixes

- 1 lente incolor de óculos de 2 graus positivo (letra B)
- 1 luva simples de 50 mm, branca, de tubo de esgoto (conexão de PVC)
- 2 monóculos de fotografia (ou visor de fotografia) – letra J
- 1 bucha de redução curta, marrom, de 40 mm x 32 mm (conexão de PVC) – letra II'
- 1 disco de cartolina preta de 50 mm de diâmetro com um furo de 25 mm de diâmetro – letra C

2. Luneta

- 1 tubo branco de esgoto com diâmetro de 2" (= 50 mm) e com 40 cm de comprimento – letra DE
- 1 tubo branco de esgoto com diâmetro de 1 1/2" (= 40 mm) e com 40 cm de comprimento – letra FG
- 1 tubo branco de esgoto de com diâmetro 1 1/2" (= 40 mm) e com 10 cm de comprimento – letra H
- 1 plugue branco de esgoto de 2" (= 50 mm) – letra L
- 1 rolo de esparadrapo de aproximadamente 12 mm de largura por 4,5 m de comprimento
- 1 caixa pequena de resina epóxi (mais conhecida pela marca Durepoxi®) ou similar

3. Tripé

- 1 tubo com as mesmas características do tubo da luneta, com 10 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro
- 2 parafusos de 3/16" x 1/2" e 1 parafuso de 3/16" x 1" com porca borboleta
- 2 suportes de trilho de cortina de 1/2" x 1 1/2"
- 1 tampa de garrafa PET
- 1 garrafa PET de 2,5 litros
- Água ou areia

Procedimentos

1. As lentes da luneta e seus encaixes

Os materiais críticos para a construção de uma luneta são as lentes, que são difíceis de encontrar e de preços elevados, por isso vamos usar lente de óculos no lugar da lente objetiva e um monóculo de fotografia no lugar da ocular.

A distância focal (f) da lente é dada, em metros, pela seguinte equação $f = 1/(\text{grau da lente})$. Assim, se você quiser lente de 1 m de distância focal, compre a lente de 1 grau, se quiser lente de 0,5 m de distância focal, compre uma lente de 2 graus, ou seja, a distância focal (em metros) é o inverso do “grau”, o qual tem que ser positivo e a lente incolor.

O diâmetro original da lente é de 65 mm, mas é só pedir para o vendedor reduzir o diâmetro para 50 mm. Como é lente para luneta, ela deve ser incolor e de grau positivo.

Quando for comprar a lente, leve junto uma luva, simples, branca, de tubo de esgoto (conexão de PVC) de 50 mm, (veja o item A da Figura 3.9). Solicite ao vendedor para ele reduzir o diâmetro da lente para 50 mm, para que ela se encaixe livremente dentro da luva.

A segunda lente da luneta é chamada de ocular, atrás da qual se forma a imagem. Vamos usar a lente contida nos monóculos de fotografias (peça de letra J na Figura 3.9).

Depois de revestidas as paredes internas do monóculo com cartolina preta e retirada a sua “alça”, é só encaixar o monóculo dentro da bucha de redução, marrom de 40 mm x 32 mm (conexão de PVC), (peça de letra II’ da Figura 3.9).

A abertura retangular do monóculo deve ser introduzida na bucha marrom, no mesmo sentido que seria colocado um cano d’água, de 1”, dentro da bucha. A frente retangular do monóculo se encaixa perfeitamente dentro da bucha (veja a Figura 3.9, apesar de fora de escala).

Para preencher os espaços laterais entre o monóculo e a bucha, use resina epoxi ou massa de modelar ou, simplesmente, papel amassado, para que o monóculo fique preso e não passe luz pelas laterais. A Figura 3.12 mostra à esquerda a bucha de redução, no meio o monóculo e à direita o monóculo encaixado na bucha.

Com a lente de óculos no lugar da lente objetiva e a lente do monóculo no lugar da lente ocular, estão improvisadas as partes mais difíceis de serem conseguidas da luneta, agora é só questão de encaixá-las nas extremidades de dois tubos que corram um dentro do outro.

2. A montagem da luneta

Pinte as paredes internas dos tubos DE, FG e H com tinta *spray* preto fosco ou forre-os internamente com cartolina preta, mas isto é opcional. Antes de pintá-las (ou revesti-las) coloque um anel de esparadrapo na extremidade E da parede interna do tubo DE e outro anel de esparadrapo na extremidade externa F do tubo GF (veja a Figura 3.9).

Depois de completada esta pintura, retire os dois anéis de esparadrapo acima mencionados, pois eles estarão sujos de tinta. No lugar do anel que estava na extremidade interna E, coloque tantos anéis sobrepostos de esparadrapo quantos forem necessários para que o tubo GF possa passar pela extremidade E do tubo DE e deslizar dentro deste sem muito esforço.

No lugar do anel de esparadrapo que estava na extremidade externa F, coloque tantos anéis de esparadrapos quantos forem necessários para que o tubo GF possa deslizar dentro do tubo ED sem precisar de esforço, mas sem escorregar sozinho se os tubos ficarem na vertical. Obviamente, será preciso fazer a extremidade G, do tubo GF, entrar pela extremidade D, do tubo ED e sair pela extremidade E, e, então, verificar se eles deslizam suavemente sem muito esforço.

Seqüência de montagem: coloque o tubo FG dentro do tubo ED, conforme descrito no parágrafo anterior. Coloque estes tubos

na vertical, com a extremidade D para cima. Sobre esta extremidade (D) coloque o disco de cartolina preta (C). A finalidade deste disco é diminuir a aberração cromática; este é o nome dado à dispersão da luz branca (separação de todas as cores) após ela passar pela lente. Sem este disco (C) nem a Lua é visível. Continuando a seqüência de montagem: sobre o disco C coloque a lente (limpe-a bem) com o lado convexo (veja letra B na Figura 3.9) para cima e, então, encaixe a luva A, conforme indicado na Figura 3.9. É importante que o corte da extremidade D do tubo tenha sido feito perpendicularmente ao eixo do tubo DE.

O monóculo J já está encaixado na bucha marrom II'. Pegue agora um pedaço de 10 cm de comprimento do próprio tubo branco de 40 mm de diâmetro (H) e encaixe uma extremidade na bucha II' e a outra extremidade na extremidade G do tubo GF. Mas, como este pedaço de tubo tem o mesmo diâmetro do tubo GF e o mesmo diâmetro da bucha marrom II', temos que serrar a parede deste pedaço de tubo ao longo do seu comprimento. Fazendo isso, devemos inserir a bucha marrom dentro do cano H e também devemos sobrepor cerca de 2 cm deste mesmo cano H na extremidade G do cano GF (veja Figura 3.10).

Como a imagem se forma a uns 4 cm ou 5 cm atrás da lente ocular, há um espaço de, aproximadamente, 4 cm entre a lente da ocular e a extremidade esquerda do tubo H (Figura 3.10), de modo que o observador poderá encostar o olho (ou sobran-celha) na extremidade esquerda do tubo H, pois lá estará se formando a imagem, (veja a Figura 3.13).

A imagem é invertida, afinal esta é uma luneta astronômica e, em astronomia, cabeça para baixo ou para cima é só uma questão de referencial.

A aproximação (ou aumento) que esta luneta proporciona é igual à razão entre a distância focal da objetiva pela distância focal da ocular, portanto: $50 \text{ cm} / 4 \text{ cm} = 12,5$. Para duplicar este aumento e só encaixar mais um monóculo dentro daquele que está preso na bucha marrom. Não se esqueça de revestir

as paredes internas deste monóculo com a cartolina preta. Este revestimento e a pintura dos tubos DE e FG são para evitar a reflexão da luz dentro da luneta. Agora a imagem estará se formando a uns 2 cm da lente da ocular, por isso, neste caso, aumente a sobreposição (em cerca de mais 2 cm) do cano H sobre a extremidade G do cano GF, para que a imagem continue se formando rente à extremidade esquerda do cano H.

Como a bucha marrom e a extremidade F do cano GF possuem o mesmo diâmetro, o cano H fica aberto ao longo do seu comprimento. Recomendamos fechar esta abertura forrando-o com cartolina preta.

A peça L da Figura 3.9 é um plugue branco de esgoto de 5 cm e sua função é proteger a lente quando a luneta estiver fora de uso. Obviamente, esta peça é opcional.

Como você rapidamente percebe ao usar a luneta, seu braço fica cansado ao segurar a luneta e a imagem treme muito. Se apoiar o braço em algo facilita a observação, mas o ideal é ter um tripé.

Desenvolvemos um tripé extremamente simples e que usa basicamente uma garrafa PET de 2,5 litros e dois suportes de fixação de trilhos de cortinas, conforme descrevemos na seção seguinte.

João Batista Garcia Canalle (Uerj).

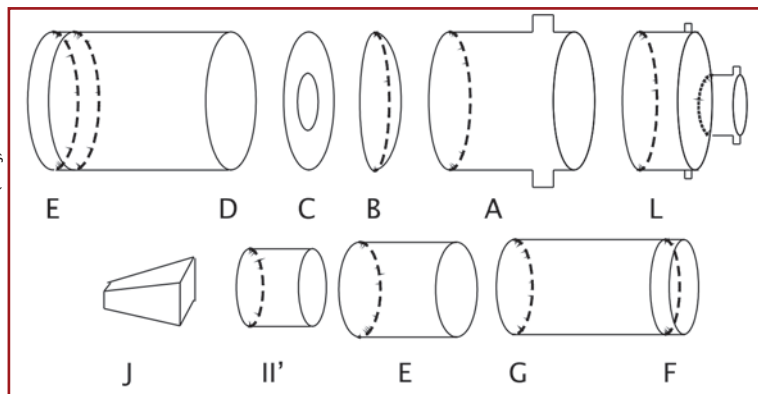
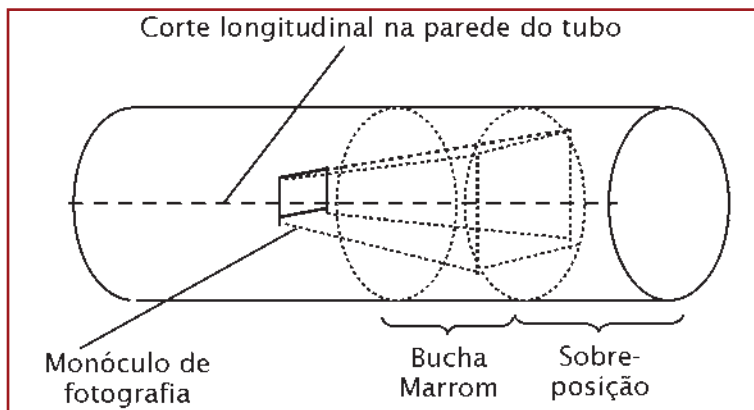


Figura 3.9. Esquema explodido da luneta. L é um plugue, A é a luva, B é a lente de óculos, C é um disco de cartolina, DE e FG são tubos brancos de esgoto de 50 mm e 40 mm de diâmetro, respectivamente, H é um tubo de 40 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento, II' é uma bucha de redução e J é o monóculo de fotografia (ou visor de fotografia).



João Batista Garcia Canalle (UERJ).

Figura 3.10. Peça H com a bucha de redução (II') e o monóculo de fotografia dentro dela.

3. O tripé

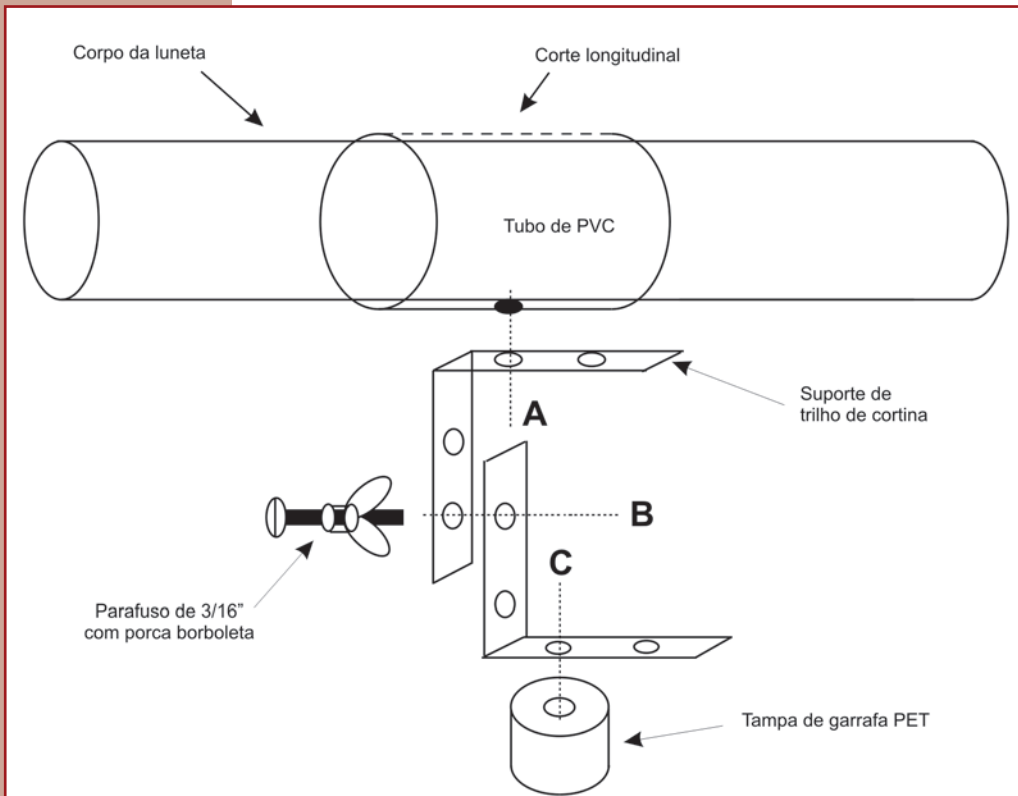
O corpo da luneta será apoiado num tubo com as mesmas características do tubo externo dela, mas com 10 cm de comprimento, com um corte ao longo de sua lateral e um furo na região central dele e oposto ao local do corte longitudinal, conforme mostra a parte superior da Figura 3.11.

Este tubo, que serve de suporte da luneta, deve ficar perpendicular ao suporte de trilho de cortina (Figura 3.11). Um parafuso de 3/16" x 1/2" com porca borboleta prende o suporte da luneta ao suporte de trilho de cortina (linha tracejada A) (Figura 3.11).

O suporte de trilho de cortina, sob o tubo de PVC, é conectado a outro igual a ele por outro parafuso igual ao acima descrito (este pode ter 1" de comprimento) e podem ser fixadas duas porcas borboletas em sentidos opostos, sendo uma de cada lado do suporte do trilho de cortina (linha tracejada B), para facilitar o apertar e afrouxar deste parafuso, pois o movimento vertical da luneta será obtido por meio da inclinação do suporte do trilho de cortina, que está debaixo do tubo de PVC.

O suporte do trilho de cortina inferior, por sua vez, será fixado numa simples tampa de garrafa PET (Figura 3.11) por outro parafuso, igual ao acima descrito, com porca borboleta ao longo da linha tracejada C. A tampa, por sua vez, deve

ficar numa garrafa PET, de preferência de 2,5 litros, completamente cheia de água (ou de areia), que não está desenhada na Figura 3.11. O movimento horizontal da luneta é obtido girando-se lentamente a tampa sobre a própria garrafa. A Figura 3.14 mostra esta peça já montada e a Figura 3.15 mostra a luneta montada e apoiada sobre seu tripé.



João Batista Garcia Canalle (Uerj).

Figura 3.11. Esquema, fora de escala, da montagem do tripé sem o desenho da respectiva garrafa PET. O corpo da luneta representa o local onde ela se encaixa.

4. Conclusão

Esta luneta permite ver as crateras lunares e seu relevo, principalmente quando a observação é feita durante as noites de lua crescente ou minguante. Como a distância focal desta luneta é de 50 cm (= 2 graus) e aquela descrita por Canalle (1994)

tinha distância focal de 100 cm (= 1 grau), o aumento desta é de apenas 12,5 vezes, enquanto a outra era de 25 vezes.

Este mesmo aumento pode ser obtido desde que se substitua o monóculo de fotografia por uma lente ocular de 20 mm de distância focal, mas como estas lentes não são de simples localização no comércio, preferimos descrever a montagem, ainda, usando o monóculo de fotografia.

A presente montagem também pode ser usada para se construir uma luneta com 100 cm de distância focal. Neste caso o tripé ainda funcionará bem, mas precisará de um pouco mais de paciência do observador, pois a vibração do conjunto como um todo será maior.

Com esta luneta o professor poderá desmitificar a complexidade da construção da luneta astronômica e terá um experimento didático que despertará a curiosidade dos alunos para o tema de astronomia que estiver sendo estudado. Além disso, devido ao baixíssimo custo da sua construção, nada impede que os alunos interessados possam fazer a própria luneta.

Recomendação importantíssima: não observe o Sol com a luneta, pois ficará cego.

Fotos ilustrativas da montagem da luneta com lente de óculos.

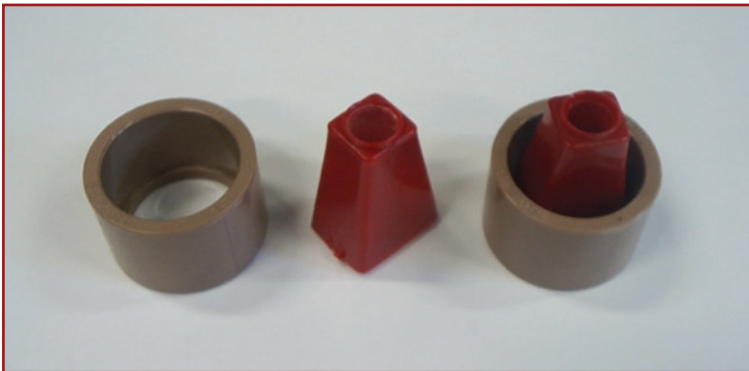


Figura 3.12. À esquerda a bucha de redução, no meio o monóculo e à direita o monóculo encaixado na bucha.

João Batista Garcia Canalle (UERJ).

João Batista Garcia Canalle (UERJ).



Figura 3.13. Mostra o monóculo inserido na bucha de redução e esta dentro do tubo H. Do lado esquerdo da figura pode-se ver a distância entre a ocular do monóculo e a extremidade esquerda do tubo H.

João Batista Garcia Canalle (UERJ).



Figura 3.14. Detalhe do tripé com a tampa de garrafa PET, dois suportes de cortina pequenos e sobre eles o "berço" da luneta, pois esta será encaixada neste tubo de PVC, o qual tem um corte longitudinal na sua parte superior, não visível na foto.

João Batista Garcia Canalle (UERJ).



Figura 3.15. Montagem completa da luneta apoiada em seu "berço" e este preso no suporte do trilho de cortina.

ESPECTROSCÓPIO SOLAR

Carlos Eduardo Quintanilha Vaz de Oliveira, com base nos trabalhos publicados por Maria Cristina P. Stella de Azevedo e Webster Spiguel Cassiano e João Batista Canalle (Uerj).

Apresentação

Ao lermos um livro de astronomia, várias vezes encontramos neste a composição química dos corpos celestes. Vemos que no Sol ela é, basicamente, constituída de hidrogênio, hélio e alguns outros elementos em pequena quantidade.

Uma pergunta nos vem à mente: como os astrônomos sabem do que são constituídas as estrelas, se não têm como analisar uma amostra retirada delas, já que estão tão longe e ao mesmo tempo são tão quentes?

A resposta é a seguinte: analisamos a luz que chega até nós, destes corpos, através de um aparelho chamado espectroscópio. Nesta análise, comparamos com resultados experimentais de elementos químicos que existem em nosso planeta e determinamos qual a composição química do objeto celeste que estamos observando.

Luz como fonte de observação astronômica

Quando fazemos passar a luz de uma lâmpada comum através de um prisma, ou até mesmo através de uma caneta esferográfica, verificamos que ela se decompõe em diversas cores. Estas cores vão do vermelho, passando pelo alaranjado, amarelo, verde, azul e violeta (as cores do arco-íris). A este conjunto de cores, obtido da decomposição da luz da lâmpada, denominamos espectro de luz.

Em especial, o espectro de luz de uma lâmpada comum, ou lâmpada de filamento, é denominado de espectro contínuo, ou seja, o espectro não apresenta nenhuma falha ou quebra quando é decomposto.

Já ao se analisar a luz de uma lâmpada fluorescente, verificamos que a luz se decompõe com as mesmas cores da lâmpada comum, mas seu espectro é diferente, apresenta algumas linhas bem definidas além do contínuo.

Este espectro (chamado de espectro de linhas) é diferente, porque a lâmpada fluorescente possui em seu interior um gás, o qual é excitado pela energia elétrica que passa por ele e o faz “acender”. Em todo e qualquer gás excitado e que emite luz, encontraremos um espectro que é característico (também conhecido como impressão digital) do elemento constituinte do gás.

Ora, sabemos que as estrelas são bolas de gás incandescentes, então, se analisarmos a luz que chega delas, devemos encontrar um espectro de linhas!

Bem, as primeiras pessoas que analisaram o espectro de luz das estrelas não encontraram exatamente um espectro de linhas como os que eram observados em laboratório, mas observaram um espectro contínuo e com linhas escuras que coincidiam com linhas de elementos conhecidos em laboratório – e assim os elementos químicos das estrelas foram descobertos.

Um dos equipamentos que podemos usar para analisar a luz é o espectroscópio. Este aparelho decompõe a luz, a qual queremos analisar, em suas diversas cores (ou espectro).

Objetivos

1. Observar a decomposição da luz.
2. Descrever qualitativamente as diferentes frequências (no visível) emitidas pelas fontes de luz do nosso cotidiano, inclusive o Sol.

Sugestão de problematização

Sabemos que existe uma variedade enorme de lâmpadas em nosso cotidiano, dos mais variados tamanhos, formatos, potências e cores, cada uma com sua finalidade. Por exemplo, com a luz negra os objetos refletem de maneira diferente de uma luz incandescente. O que diferencia essas lâmpadas e como devemos agir na escolha de uma lâmpada?

Materiais

- 1 caixa de sapato
- 1 pedaço de CD de aproximadamente 4 cm²
- 1 estilete
- 1 tesoura
- Fita adesiva larga
- Papel cartão ou papelão (aproximadamente 10 cm x 5 cm)
- Cola branca

Procedimentos

Como fazer

1. Primeiro temos que aproveitar as grades de difração do CD de modo que elas fiquem o mais paralelas possível. Para isso, vamos usar a borda do CD, cortando um pedacinho de 2 cm x 2 cm. Antes de cortar, deve ser arrancada a cobertura (a película na qual ficam gravados os dados que seriam lidos futuramente) usando um pedaço da fita adesiva.
2. Faça, com o estilete, um corte quadrado (aproximadamente 3 cm x 3 cm) do lado direito da tampa da caixa de sapato.
3. O arco-íris (espectro) forma um ângulo com a superfície do CD. O primeiro

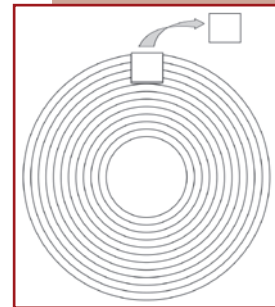


Figura 3.16. Esquema mostrando onde deve ser cortado o pedaço do CD.



Figura 3.17. Como deve ser o recorte do CD.

Leonardo Nemer (AEB/Programa AEB Escola).

Carlos Eduardo Quintanilha Vaz de Oliveira.

máximo da interferência se dá para o lado esquerdo, por isso o quadrado deve ficar do lado direito.

4. Ainda com o estilete, faça uma abertura para observação em um dos lados de menor área da caixa de sapato.
5. Faça um “cavelete” com o papel cartão: corte um pedaço do papelão de aproximadamente 5 cm x 10 cm e dobre em quatro. Ele ficará com largura de 5 cm e comprimento de 2,5 cm, como segue $\rightarrow _ \wedge _$.
6. Cole o pedaço de CD em uma das laterais do cavelete. Cole o cavelete bem embaixo do buraco na tampa da caixa e com o pedaço de CD em oposição ao orifício de observação. Desta maneira, a reflexão direta da luz se dará próxima à quina da caixa e o arco-íris se formará, aproximadamente, no centro do lado menor da caixa que não está cortado.
7. Pode-se passar uma fita isolante nas arestas da caixa para uma maior vedação da luz, mas isso pode impossibilitar eventuais “reparos” no instrumento.



Leonardo Nemer (AEB/Programa AEB Escola).

Figura 3.18. Esquema do espectroscópio montado.

Como utilizar

Deixe a luz de alguma fonte (pode ser até o Sol) passar pelo corte da tampa e refletir sobre o pedaço de CD, que vai decompor a luz desta fonte nas várias cores do espectro visível. Anote e compare os vários espectros que você coletou com seu espectroscópio, usando a tabela a seguir.

Fonte de Luz	Espectro		Representação da imagem observada	Cores que se destacam
	Junto (contínuo)	Separado (discreto)		
Vela	(X)	()	V L A V A A V 	Da esquerda para a direita: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.
Lâmpada incandescente	()	()		
Lâmpada fluorescente compacta	()	()		
Lâmpada de vapor de mercúrio	()	()		
Lâmpada mista (logo ao ligá-la)	()	()		
Lâmpada mista (depois de aquecida)	()	()		
Luz negra	()	()		
Letreiros luminosos (lâmpadas de neon)	()	()		
Postes de iluminação pública (_____)*	()	()		
Lanternas traseiras de automóveis	()	()		
Sol (CUIDADO! Não olhe para ele!)	()	()		
	()	()		
	()	()		

* Pesquise e escreva que tipo de lâmpada você observou. Normalmente, esses postes estão equipados com lâmpadas de vapor de mercúrio (brancas/levemente azuladas) ou vapor de sódio (amarelas).

Orientações complementares

Usos do espectroscópio

As frequências emitidas pelos objetos indicam a sua constituição, como uma assinatura ou impressão digital. As frequências mais altas, como raios X e raios γ , estão relacionadas a fenômenos muito energéticos. O infravermelho está associado ao calor emitido pelo objeto.

Assim, cientistas usam os espectros dos corpos para estudar do que eles se compõem e quais propriedades físicas e/ou químicas eles possuem.

Possíveis desdobramentos

Professor/a, a partir dessa atividade, é possível desencadear novos estudos, estimular a leitura e a produção de textos na escola, ou ainda o estudo de conteúdos específicos de sua disciplina ou em projetos multidisciplinares, como, por exemplo:

- Estudar uma relação entre os espectros das lâmpadas e suas potências, procurando assim o modelo de lâmpada mais eficiente.
- Em algumas lâmpadas fluorescentes aparece na embalagem um número do tipo 6.000K (que é uma temperatura). Como esta temperatura se relaciona com a cor da lâmpada?
- Estudar a relação entre a cor que enxergamos a lâmpada e a mudança de estado energético do elétron dentro do átomo.
- Estudar as cores, principalmente com a motivação da descoberta do branco. Por que alguns brancos são mais brancos que outros?



DESAFIOS

PARTE I

João Batista Garcia Canalle (Uerj) e Luiz Bevilacqua (UFABC).

1. Sobre a superfície do Sol quase sempre podemos observar manchas escuras, chamadas manchas solares, que são regiões de menor temperatura, cerca de $3.000\text{ }^{\circ}\text{C}$, e de intensos campos magnéticos. Estas manchas não são fixas nem perenes, mas aparecem, migram sobre a superfície do Sol, juntam-se a outras e depois desaparecem.

Suponha que numa simples observação do Sol, por projeção, que é o método mais seguro para se observar o Sol, num determinado dia, viu-se a imagem ao lado, onde a região escura, que para simplificar colocamos na forma circular, representa uma mancha solar.

Qual é o diâmetro aproximado da mancha em questão?

Aproximadamente, quantas vezes o diâmetro da mancha é maior do que o diâmetro da Terra?

Resposta: Meça o diâmetro (D) do disco do Sol representado pela Figura 3.19 e o diâmetro (d) da mancha na figura. Sabemos que o diâmetro do Sol é de $1.390.000\text{ km}$. Assim sendo, o diâmetro

real da mancha é $= 1.390.000 \times d/D = 63.800\text{ km}$. Sendo o da Terra de 12.760 km , então, $63.800/12.760 = 5$, ou seja, a mancha tem 5 vezes o diâmetro da Terra. Provavelmente você não vai obter estes resultados exatos, pois o erro na medida de d é relativamente grande.

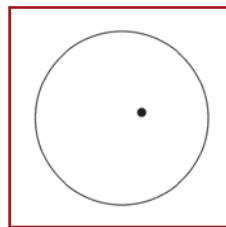


Figura 3.19. Disco do Sol.

João Batista Garcia Canalle
(Uerj).

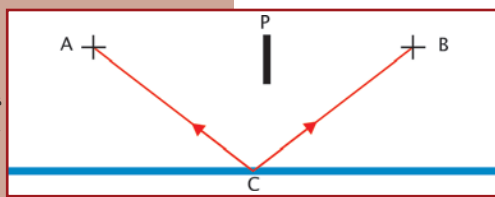


Figura 3.20. Mostra a reflexão da luz em um espelho.

2. No século XVII registrou-se o diálogo entre dois sábios da época que, resumidamente, foi o seguinte:

I.N. Observe como é singular a propagação de um raio luminoso: aparece sempre e invariavelmente como uma reta. A luz tem propriedades peculiares e eu te digo que ela se propaga sempre em linha reta.

F. Creio que há uma imprecisão no que dizes, pois, se considerares que a luz se reflete num espelho, ela pode ir de um ponto a outro (de A para B na Figura 3.20) num percurso que não é exatamente uma reta, embora tu possas dizer que

é formado por vários segmentos de reta. De qualquer forma tua asserção não é precisa.

I.N. Estás correto, vou reformular minha declaração: um raio luminoso propaga-se numa trajetória composta de segmentos de reta que corresponde à mínima distância

entre dois pontos e que não viola os obstáculos interpostos entre esses dois pontos.

Assim, na figura que tu desenhasse, com o obstáculo representado pela placa P, o raio luminoso partindo de A chega a B refletido no espelho E de modo que a distância ACB seja mínima.

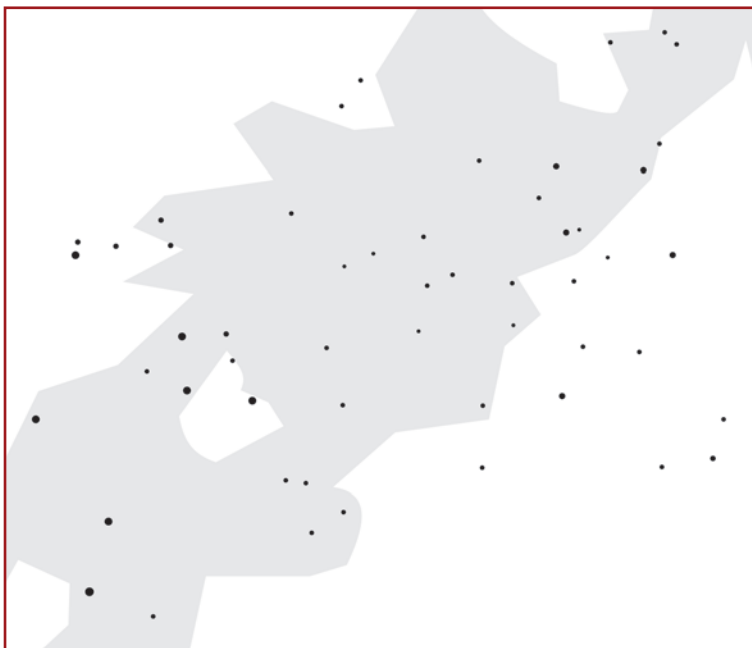
F. Embora tua afirmação agora aparentemente resolva o problema, pois generalizaste a solução, ainda assim precisas demonstrar essa afirmação. Digo que resolve aparentemente porque eu creio que não está correto o que dizes em termos gerais. Vale apenas para casos particulares. Eu afirmo que a luz se propaga de modo a minimizar o tempo que leva para ir de um ponto a outro.

- Qual a sua análise com respeito às afirmações deste diálogo?
- Quem tem razão e por quê?

3. As constelações são aparentes agrupamentos de estrelas. Aparentes porque de fato as estrelas não estão próximas entre si. Elas apenas estão numa mesma região do céu e como visualmente não temos como identificar as distâncias delas à Terra, elas parecem estar próximas entre si. Pois bem, no céu do Hemisfério Sul temos a constelação do Cruzeiro do Sul, a qual é muito famosa e até aparece em várias bandeiras nacionais.

O Cruzeiro do Sul é visível de quase todo o território brasileiro e é mais facilmente visível no inverno, quando ele está mais “alto” no céu.

Identifique na Figura 3.21 a seguir a constelação do Cruzeiro do Sul. **Cuidado!** Não se deixe enganar pelo “falso Cruzeiro do Sul”.



João Batista Garcia Canalle (Uerj).

Figura 3.21. Representação do céu no Hemisfério Sul.

PARTE II

Questões de várias edições da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA). As respostas estão no sítio da OBA: www.oba.org.br/.

1. (IX OBA, 2006 – 3º e 4º ano). Qual é o lugar mais quente do Sol? Dentro dele ou na sua superfície?
2. (VIII OBA, 2005 – 3º e 4º ano). O Sol é uma grande bola de fogo. É um fogo diferente deste que temos aqui na Terra. Na Lua não tem fogo. Os astronautas até já andaram sobre ela. Então, por que a Lua brilha durante a noite?
3. (V OBA, 2002 – 5º ao 9º ano). Imagine que, de repente, a Terra passasse a girar muito mais perto do Sol do que gira atualmente, tal como fazem os planetas descobertos ao redor de outras estrelas. Escreva o que você acha que aconteceria com as pessoas, animais, plantas, com as águas dos rios e mares se isso acontecesse. Por que você achou isso?
4. (VIII OBA, 2006 – 5º ao 9º ano). Sobre o globo terrestre são colocadas algumas linhas imaginárias, como, por exemplo: Círculo Polar Ártico, Trópico de Câncer, Equador terrestre, Trópico de Capricórnio e Círculo Polar Antártico. Pois bem, na Rodovia dos Trabalhadores, no Estado de São Paulo, tem uma placa que diz: “Aqui passa o Trópico de Capricórnio”. Claro que ele passa ali e em todos os pontos da Terra que estão à mesma latitude, ou seja, à mesma distância angular do equador. Na verdade esta linha cruza 3 continentes e 11 países. O Brasil é tão grande que tem outra linha imaginária que passa por ele.

- a. Veja a coincidência: num certo dia eu estava dirigindo pela Rodovia dos Trabalhadores e, quando passei pela dita placa, vi que ela não tinha nenhuma sombra! E era um dia ensolarado! Qual era a hora solar verdadeira quando eu passei pela placa “Aqui passa o Trópico de Capricórnio”?
- b. Que ângulo o Sol fazia com o horizonte naquele instante?



SALA DE PESQUISA

Artigos/Livros

REED, J. **10 Dias que abalaram o mundo**. Porto Alegre: L&PM Pocket, 2002, 376 p.

SANTOS DUMONT, A. **O que eu vi. O que nós veremos**. São Paulo: Ed. Hedra, 1918, 147 p.

YENNE, B. **100 invenções que mudaram a história do mundo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2003, 220 p.

Sítios

Telescópios utilizáveis remotamente –

<http://www.phy.duke.edu/~kolena/imagepro.html>

Para agendar observações no Brasil com telescópios –

<http://www.das.inpe.br/miniobservatorio/obsremotas/index.htm/>

Impacto de meteoros

<http://janus.astro.umd.edu/astro/impact/>

<http://impact.arc.nasa.gov/>

Filmes

Hiroshima

Treze Dias que Abalaram o Mundo

Reds

1492 – Conquista do Paraíso

Documentário: Dias que Abalaram o Mundo – vol. 4 (Julgamento de Galileu, Gagarin: O Primeiro Homem no Espaço).

Documentário: Hubble 15 Anos de Descobertas (a história do Hubble, o Hubble visto de perto, lendas planetárias, a vida das estrelas, colisões cósmicas, monstros no espaço, ilusões gravitacionais, nascimento e morte do universo, olhando para o fim do tempo).

Série Cosmos: Carl Sagan

Episódio 1: As Margens do Oceano Cósmico

Episódio 2: Uma Voz no Mundo Cósmico

Episódio 3: A Harmonia dos Mundos

Episódio 4: Céu e Inferno

Episódio 5: O Planeta Vermelho

Episódio 6: Navegantes do Universo

Episódio 7: O Esqueleto da Noite

Episódio 8: Viagens pelo Tempo e Espaço

Episódio 9: A Vida das Estrelas

Episódio 10: O Limite da Eternidade

Episódio 11: A Persistência da Memória

Episódio 12: Enciclopédia Galáctica

Episódio 13: Qual o Futuro da Terra?



conclusão

A evolução do conhecimento astronômico ao longo das eras é algo que deve ser visto como motivo de grande orgulho para a raça humana. A despeito de todas as nossas mazelas, nossas guerras, disputas infantis, conflitos de interesses, conseguimos, por meio de nosso intelecto aguçado e nossa curiosidade insaciável, estabelecer uma versão muito aproximada (ainda que não totalmente precisa) da história da evolução do Universo inteiro. Nossa compreensão das leis da física nos permitiu não só mergulhar no passado longínquo do cosmos – em épocas muito anteriores ao surgimento de nossa espécie ou mesmo de nosso planeta –, mas também abriu uma vasta janela na direção do futuro, com especulações precisas de como as coisas continuarão evoluindo pelo Universo afora.

O mais importante nesse processo de conhecimento, entretanto, não é o acúmulo de informações, mas sim a sabedoria que ele carrega consigo. Por meio da astronomia, podemos não só compreender o Universo, mas – o que é realmente digno de nota – conseguimos perceber nosso papel dentro dele. A astronomia oferece um contexto para a existência humana, um contexto que traz consigo um significado paradoxal: somos, ao mesmo tempo, pequeninos e gigantes nesses espaços infinitos.

O lado pequenino é mais fácil de compreender: diante da vastidão quase incalculável (e certamente inimaginável) do Universo observável, somos menos que grãos de areia, entidades simples cujo destino individual é inconseqüente para a sobrevivência da praia em que eles estão contidos. A astronomia nos traz essa convicção

de que devemos reverenciar um mundo que é tão maior que nós – e vastamente maior que o mundo visto pelos antigos, que tinham o planeta Terra como tudo que existia de fato ao alcance do homem.

Paradoxalmente, é justamente dessa mudança na visão de mundo que nasce o lado da grandeza. Somos gigantes porque, uma vez que entendemos nossa posição pequenina nesse imenso contexto, podemos usufruir dela – após compreender a natureza, passamos a transformá-la, para atingir nossos próprios objetivos.

Isso se traduz no que poderia ser visto como uma continuação da astronomia: a astronáutica.

Definida tecnicamente como a arte e a ciência da navegação pelo espaço, ela é muito mais do que isso. Ela reflete esse desejo pós-astronômico de exploração. Depois de termos revelado, com o auxílio de mentes argutas e telescópios construídos com toda a precisão possível, tantas maravilhas que existem no espaço, e termos nos perguntado sobre os mistérios que o espaço ainda oculta de nossa vista, é chegada a hora de colocarmos nossa criatividade a serviço de como adentrá-lo e revelar todos os segredos e potencialidades ali represados.

Ao chegarmos a essa conclusão, descobrimos que ela nada mais é do que uma porta de entrada para um mundo bem maior – uma rota na direção do infinito.

Como não poderia deixar de ser, esse salto, como todo grande salto na história da espécie humana, passa por uma auto-reavaliação. Ao irmos ao espaço, não só aprendemos mais sobre os mundos que existem lá fora, como também adquirimos uma renovada apreciação do nosso próprio mundo. A Terra ganha novos contornos, e a humanidade que nela habita encontra um novo entendimento de sua importância, de quão especial ela é e de como é imperativo preservar as riquezas nela contidas. No mínimo, só de vermos nosso mundo de origem como um globo pequenino e distante, já aprendemos uma lição valiosa: a Terra é finita. Não pode ser explorada indefinidamente sem se esgotar.

A astronáutica também é uma forma de testar os limites humanos e responder a uma pergunta quase tão intrigante quanto a que diz respeito às nossas origens: até onde devemos ir? Será que devemos, com nossa crescente capacidade tecnológica, colonizar outros mundos? Até onde podemos ir em nossa busca por vida extraterrestre, por sinais de que não estamos sozinhos nessa escura vastidão do Universo?

É o tipo de questionamento que só pode ser respondido por experimentação – usando o rigor dos preceitos científicos de investigação da natureza. E é isso que estivemos fazendo desde 1957, quando colocamos o primeiro satélite artificial em uma órbita ao redor da Terra – estivemos experimentando.

Assim, este livro não poderia terminar de outra maneira que não fosse um convite. No Volume sobre astronáutica desta mesma coleção, abordaremos todas as possibilidades – das mais banais às mais fantasiosas – abertas pela exploração espacial.

Nossa jornada pelo mundo da astronomia jamais estaria completa sem isso. Considere-se, portanto, convidado a prosseguir nesta viagem. O ponto de parada é incerto, e, de antemão, alertamos: não há garantias. Lançar foguetes rumo ao espaço é um negócio delicado e perigoso. O único conforto que se tira dessas atividades tão arriscadas é a convicção de que a aventura humana está apenas começando.

E, convenhamos, nada como uma boa aventura para fisgar alunos. Chegou a hora de mostrar quão entusiasmante e fascinante pode ser o mundo da ciência.

Ad astra, per aspera!

[Aos astros, por árduos caminhos!]

REFERÊNCIAS

ADAMS, Fred; LAUGHLIN, Greg. **Uma biografia do Universo: do big bang à desintegração final**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

ARISTÓTELES. *Meteorology*. Tradução de E.W. Webster. Adelaide: University of Adelaide, 2004.

ASHCROFT, Frances. **A vida no limite**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

BARBER, David J.; SCOTT, Edward R. D. Origin of supposedly biogenic magnetite in the Martian meteorite Allan Hills 84001. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 99, n. 10, May 14, 2002, p. 6556-6561.

BARCELOS, Eduardo Dorneles. **Telegramas para Marte**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

BELTRAME, Z. V. **Geografia ativa – investigando o ambiente do homem**. São Paulo: Ed. Ática, 1996, v. 1.

BERGREEN, Laurence. **Viagem a Marte**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2002.

BIZZO, N. et al. **Graves erros de conceito em livros didáticos de ciências**. *Ciência Hoje*, v. 21, n. 121, p. 26 – 35, 1996.

BOTTKE, William et al. (eds). **Asteroids III**. Tucson: The University of Arizona Press, 2003.

BROOKS, Courtney G.; ERTEL, Ivan D. *The Apollo spacecraft chronology*. Washington: Nasa, V. III, 1973. (Nasa-SP-4009, 1973).

BROWNLEE, Donald; WARD, Peter. *Rare Earth*. New York: Copernicus Books, 2000.

- _____. *The life and death of planet Earth*. New York: Times Books, 2003.
- BRYSON, Bill. *A short history of nearly everything*. New York: Broadway Books, 2003.
- CAMPBELL, Bruce et al. Radar imaging of the lunar poles. *Nature*, v. 426, p. 708-12, 2003.
- CANALLE, J.B.G, A luneta com lente de óculos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 11, n. 3, p. 212- 220, dez. 1994.
- CANALLE, J.B.G.; TREVISAN, R.H.; LATTARI, C.J.B. **Análise do conteúdo de astronomia dos livros de geografia de 1º grau**. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 14, n. 3, p. 254 – 263, dez. 1997.
- CANUP, Robin M.; ASPHAUG, Erik. Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation. *Nature*, v. 412, p. 708-12, 2001.
- CHAPMAN. Clark R.; POLLACK, James B.; SAGAN, Carl. *An analysis of the Mariner 4 photographs of Mars*. Washington: Smithsonian Astrophysical Observatory, 1968. (Special Report 268).
- CHAPMAN. Clark R. et al. *The comet/asteroid impact hazard: a systems approach*. Boulder: Office of Space Studies, Southwest Research Institute, 2001.
- _____. Perspectives on the impact hazard in a dangerous world. In: American Association for the Advancement of Science, Annual Meeting, 169. Denver, Colorado. *Proceedings...* Denver: AAAS, 2003.
- CHRISTIANSON, Gale E. Kepler's somnium: science fiction and the renaissance scientist. *Science Fiction Studies*, v. 3, Part 1. Greencastle, 1976.
- CLARKE, Arthur C. *The exploration of space*. Bristol: Pelican Books, 1958.
- _____. Extra-terrestrial relays. *Wireless World*, Oct., p. 305-308, 1945.
- CLARKE, Lee. Responding to panic in a global impact catastrophe. In: American Association for the Advancement of Science, Annual Meeting, 169. Denver, Colorado. *Proceedings...* Denver, Colorado: AAAS, 2003.

COCCONI, Giuseppe; MORRISON, Philip. Searching for interstellar communications. *Nature*, v. 184, 1959, p. 844-6.

COLLINS, Michael. *Mission to Mars*. Nova York: Grove Press, 1990.

Columbia accident investigation board report, V. I. Washington: Nasa, 2003.

COSTA FILHO, Edmilson. **Política espacial brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2002.

DARLING, David. *The complete book of spaceflight*. Nova York: John Wiley & Sons, 2002.

DUNAR, Andrew. J.; WARING, Stephen P. *Power to explore: a history of marshall space flight center, 1960-1990*. Washington: US Government Printing Office, 1999.

ERTEL, Ivan D.; MORSE, Mary Louise. *The Apollo spacecraft chronology*, v. 1. Washington: Nasa, 1969. (Nasa-SP-4009).

ERTEL, Ivan D.; NEWKIRK, Roland W. *The Apollo spacecraft chronology*, v. 4. Washington: Nasa, 1978. (Nasa-SP-4009).

European Space Agency (ESA). CDF study executive summary – Human missions to Mars: overall architecture assessment. Köln, 2004. CDF-20(C).

EZELL, Linda; EZELL, Edward. *The partnership: a history of the Apollo-Soyuz test project*. Washington: Nasa, 1978. (Nasa-SP-4209).

FERRIS, Timothy. **O despertar na Via Láctea – uma história da astronomia**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990.

FORWARD, Robert. The stars our destination? The feasibility of interstellar travel. *The Planetary Report, Special Interstellar Flight Issue*, v. 23, n. 1, Jan./Feb. 2003.

FRASER, Gordon. *Antimatter: the ultimate mirror*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

FRIEDMAN, Louis. *Starsailing: solar sails and interstellar travel*. Hoboken: John Wiley & Sons, 1988.

_____. To the Stars. *The planetary report, Special Interstellar Flight Issue*, v. 23, n. 1, Jan./Feb. 2003.

GALILEU, Galilei. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico & copernicano**. São Paulo: Discurso Editorial/Fapesp, 2001.

_____. *The sidereal messenger*. Tradução de Edward Stafford Carlos. London: Dawsons of Pall Mall, 1880.

GARBER, Stephen J. *Looking backward, looking forward: forty years of US human spaceflight symposium*. Washington: Nasa, (Nasa-SP-2002-4107).

GREENE, Brian. **O universo elegante**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

GRINSPOON, David H. *Venus revealed: a new look below the clouds of our mysterious twin planet*. Nova York: Perseus Publishing, 1997.

_____. **Planetas solitários: a filosofia natural da vida alienígena**. São Paulo: Editora Globo, 2005.

HACKER, Burton C.; GRIMWOOD, James M. *On the shoulders of titans: a history of project Gemini*. Washington: Nasa, 1977. (Nasa-SP-4203).

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 4**. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 412p.

HARFORD, James K. *Korolev's triple play: Sputniks 1, 2, and 3*. Washington: Nasa Headquarters – Sputnik 40th anniversary, 1997.

HEPPENHEIMER, T. A. *The space shuttle decision – Nasa's search for a reusable space vehicle*. Washington: Nasa, 1999. (Nasa-SP-4221).

HOFFERT, Martin I. et al. Advanced technology paths to global climate stability: energy for a greenhouse planet. *Science*, v. 298, p. 981-7, 2002.

HOFFMAN, Stephen J.; KAPLAN, David I. (eds). *Human exploration of Mars: the reference mission of the Nasa Mars exploration study team*. Houston: Nasa, 1997. (Nasa-SP-6017).

- JEDICKE, Robert. Intermediate impact factors. *Nature*, v. 420, p. 273-4, 2002.
- KAKU, Michio. **Hiperespaço**. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.
- _____. **Visões do futuro**. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.
- KANT, Immanuel. *Universal natural history and theory of heaven*. Trad. Ian C. Johnston. Nanaimo: [s.n], 1998.
- KORYCANSKY, Donald G.; LAUGHLIN, Gregory; ADAMS, Fred C. Astronomical engineering: a strategy for modifying planetary orbits. *Astrophysics and Space Science*, v. 275, p. 349-66, 2001.
- KRAUSS, Lawrence M. **A física de Jornada nas Estrelas**. São Paulo: Makron Books, 1997.
- KRING, David A.; COHEN, Barbara A. Cataclysmic bombardment throughout the inner solar system 3.9-4.0 Ga. *Journal of Geophysical Research (Planets)*, v. 107, n. E2, p. 4-1– 4-6, 2002.
- LAUNIUS, Roger D. *Sputnik and the origins of the space age*. Washington: Nasa Headquarters – Sputnik 40th Anniversary, 1997.
- LEWONTIN, Richard. **A tripla hélice**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- LINS DE BARROS, Henrique. **Santos Dumont e a invenção do vôo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.
- LOWELL, Percival. *Mars*. Boston: Houghton-Mifflin, 1895 (reedição eletrônica, Universidade da Virgínia, 2000).
- MAGUEIJO, João. **Mais rápido que a velocidade da luz**. Rio de Janeiro: Editora Record, 2003.
- MALIN, Michael; EDGETT, Kenneth S. Evidence for recent groundwater seepage and surface runoff on Mars. *Science*, v. 288, p. 2330-5, 2000.
- MAYER, Lucio et al. Formation of giant planets by fragmentation of protoplanetary disks. *Science*, v. 298, p. 1756-9, 2002.

MAZANEK, Daniel C. et al. Comet/asteroid protection system (CAPS): A spacebased system concept for revolutionizing Earth protection and utilization of near-Earth objects. In: International Astronautical Congress, 53, 2002. Houston. *Proceedings...* Houston: AIAA, 2002.

MCKAY, Christopher P. e MARINOVA, Margarita M. The physics, biology, and environmental ethics of making Mars habitable. *Astrobiology*, v.1, p. 89-109, 2001.

MCKAY, David S. et al. Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH84001. *Science*, v. 273, p. 924-30, 1996.

MENDELL, W. W. *Lunar bases and space activities of the 21st century*. Houston: The Lunar and Planetary Institute, 1986.

MOLTZ, James Clay (ed.). *Future security in space: commercial, military, and arms control trade-offs*. Monterey: Monterey Institute of International Studies, 2002.

MORSE, Mary Louise; BAYS, Jean Kernahan. *The Apollo spacecraft chronology*, v. 2. Washington: Nasa, 1973. (Nasa-SP-4009).

MORRISON, David. Overview of the impact hazard. In: AAAS Annual Meeting, 169, Denver, 2003. *Proceedings...* Denver: AAAS, 2003.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Dicionário enciclopédico de astronomia e astronáutica**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1987.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **O livro de ouro do Universo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2000.

_____. **A astronomia na época dos descobrimentos**. Rio de Janeiro: Lacerda Editores, 2000.

_____. **Astronáutica: do sonho à realidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

MUELLER, Karl P. **Totem and taboo: Depolarizing the space weaponization debate**. Arlington: RAND, 2002.

_____. **Is the weaponization of space inevitable?** Arlington: RAND, 2002.

MÜNKER, Carsten et al. Evolution of planetary cores and the Earth-Moon system from Nb/Ta systematics. *Science*, v. 301, p. 84-7, 2003.

NAVARRO-GONZÁLEZ, Rafael et al. Mars-like soils in the Atacama desert, Chile, and the dry limit of microbial life. *Science*, v. 302, p. 1018-21, 2003.

NOGUEIRA, Salvador. **Rumo ao infinito**: passado e futuro da aventura humana na conquista do espaço. São Paulo: Editora Globo, 2005.

_____. **Conexão Wright-Santos Dumont**: a verdadeira história da invenção do avião. Rio de Janeiro: Editora Record, 2006.

PORTREE, David S. F. *Mir hardware heritage*. Houston: Nasa, 1995. (Nasa-RP-1357).

PORTREE, David S. F.; TREVIÑO, Robert C. *Walking to Olympus*: an EVA chronology. Washington: Nasa, 1997. (Nasa Monographs in Aerospace History Series #7).

PRESTON, Bob et al. *Space weapons, Earth wars*. Santa Monica: RAND, 2002.

RAEBURN, Paul. *Mars*: uncovering the secrets of the red planet. Washington: National Geographic Society, 1998.

REES, Martin. *Our final hour*. New York: Basic Books, 2003.

Report by the International Space Station (ISS) Management and Cost Evaluation (IMCE). Task Force to the Nasa Advisory Council. 2001.

Report of the Task Force on potentially hazardous Near Earth Objects. London: British National Space Centre, 2000.

RUMERMAN, Judy A. U.S. *human spaceflight, a record of achievement, 1961-1998*. Washington: Nasa, 1998. (Nasa Monographs In Aerospace History Series #9).

SAGAN, Carl. **Pálido ponto azul**. São Paulo: Companhia das Letras. 1996.

_____. **O mundo assombrado pelos demônios**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

_____. **Cosmos**. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1983.

_____. **Bilhões e bilhões**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

SHEEHAN, William. *The planet Mars: a history of observation and discovery*. Tucson: The University of Arizona Press, 1996.

SIDDIQI, Asif A. *Deep space chronicle: a chronology of deep space and planetary probes (1958-2000)*. Washington: Nasa, 2002. (Nasa Monographs in Aerospace History Series #24).

_____. *Korolev, Sputnik, and the international geophysical year*. Nasa Headquarters – Sputnik 40th Anniversary. Washington: Nasa, 1997.

SIGURDSSON, Steinn. A young white dwarf companion to pulsar B1620-26: evidence for early planet formation”. *Science*, v. 301, p. 193-6, 2003.

SIMAAN, Arkan; FONTAINE, Joëlle. **A imagem do mundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.

SLOOP, John L. *Liquid hydrogen as a propulsion fuel, 1945-1959*. Washington: Nasa, 1978.

SMITHERMAN, David. *Space elevators: an advanced Earth-space infrastructure for the new millenium*. Washington: Nasa, 2000.

SOMMER, Geoffrey. Policy frameworks for impact mitigation. In: AAAS Annual Meeting, 169, 2003, Denver. *Proceedings...* Denver, AAAS, 2003.

SPITALE, Joseph N. Asteroid hazard mitigation using the yarkovsky effect. *Science*, v. 296, p. 77, 2002.

The Spaceguard Survey. Moffett Field: Nasa Ames Space Science Division, 1992.

SWENSON, Jr. Loyd S.; GRIMWOOD, James M.; ALEXANDER, Charles C. *This new ocean: a history of project Mercury*. Washington: Nasa, 1966. (Nasa-SP-4201).

TERZIAN, Yervant; BILSON, Elizabeth (orgs.). **O universo de Carl Sagan**. Brasília: Editora UnB, 2001.

TREVISAN, R.H.; LATTARI, C.J.B.; CANALLE, J.B.G. **Assessoria na avaliação do conteúdo de astronomia dos livros de ciências do primeiro grau**. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 14, n. 1, p. 7, 1997.

TURNER, Russ. Human space flight – a matter of safety. *Space News*, v. 12, n. 26, p. 14, 2 July, 2001.

WALLACE, Alfred Russel. *Is Mars habitable?* Londres: Macmillan, 1907.

YEFFETH, Glenn (org.) **A pílula vermelha**: questões de ciência, filosofia e religião em Matrix. São Paulo: Publifolha, 2003.

YOUNG, Laurence R. The international space station at risk. *Science*, v. 296, p. 429, 2002.

ZUBRIN, Robert. *The case for Mars*. Nova York: Free Press, 1996.

APÊNDICE

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA (OBA)

Ivette Maria Soares Rodrigues (AEB/Programa AEB Escola) e João Batista Garcia Canalle (Uerj).

A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) é um evento promovido pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e pela Agência Espacial Brasileira (AEB/MCT), tendo por objetivo divulgar a astronomia e as atividades espaciais do Brasil e do mundo nas escolas do País.

A OBA atua como recurso pedagógico que, além de informar alunos e professores, atinge o louvável objetivo de cativar o interesse pela ciência entre os jovens, contribuindo para a descoberta de talentos, pois os estudantes têm a oportunidade de entrar em contato com pesquisadores da astronomia e da astronáutica, conhecendo as possibilidades de uma carreira nestas áreas.

Embora a OBA esteja voltada para a participação dos estudantes, suas ações são direcionadas para orientar a correta formação dos professores quanto aos conteúdos de astronomia e Astronáutica. Neste sentido, são enviados materiais educacionais para todas as escolas participantes da OBA, além das próprias provas e gabaritos, que são verdadeiros enunciados informativos.



Figura 1. Alunos da EMEF Prof. Firmo Antônio de Camargo Del Fiol do Tatuí, SP, realizando a prova da X OBA.

Acervo EMEF Prof. Firmo Antônio de Camargo Del Fiol. Disponível em www.oba.org.br/

A OBA se inclui como parte das atividades do Programa AEB Escola, iniciativa da AEB de popularização da ciência e divulgação das atividades espaciais. Para tanto, a AEB conta com o apoio do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe/MCT).

Acervo EM. São Clemente – Bela Vista. Disponível em www.oba.org.br/



Figura 2. Alunos da EM São Clemente de Bela Vista, MS, realizando a atividade prática da II Obfog.

Os alunos participantes da OBA são incentivados ao estudo, observação e experimentação. Além das provas teóricas, desenvolvem atividades práticas com material de baixo custo. A Olimpíada Brasileira de Foguetes é um tipo de atividade prática e tem por objetivo desafiar alunos e professores a fazerem uso de sua criatividade para lançar pequenos foguetes didáticos o mais longe possível.

Acervo EM Prof. Ignes Blanco de Abreu. Disponível em www.oba.org.br/



Figura 3. Alunos da EM Prof. Ignes Blanco de Abreu de Mairinque, SP, realizando a atividade prática da II Obfog.

Em 2008, as provas da OBA passaram a contemplar também questões sobre Conservação de Energia, no intuito de estimular alunos e professores a se dedicarem ao estudo de temas tão importantes e atuais, os quais estão diretamente ligados ao aquecimento global e às mudanças climáticas.

Podem participar da OBA todos os estudantes dos níveis fundamental e médio do País regularmente matriculados em instituições de ensinos médio e/ou fundamental que tenham previamente se cadastrado como participantes da OBA, por meio de um professor responsável por coordenar as atividades da OBA em sua escola, conforme orientações constantes do sítio www.oba.org.br/.

Não há restrição quanto ao número mínimo ou máximo de alunos participantes por escola. Se a escola em que o aluno estuda não estiver cadastrada para participar da OBA, o estudante interessado pode recorrer a uma outra instituição cadastrada. A inscrição do aluno deve ser feita pelo professor que aplica a prova. O prazo para as inscrições dos alunos tem como limite máximo o dia estabelecido pela CO/OBA para a realização das provas, ficando a critério da escola, que poderá estabelecer outra data para que tenha tempo hábil de reproduzir as provas e tomar as demais providências cabíveis.

A participação na OBA é inteiramente gratuita e as escolas, além de se beneficiarem com esses conhecimentos, recebem, também, certificados que são distribuídos para todos os alunos e professores envolvidos com a Olimpíada, além de medalhas, para valorizar o esforço e dedicação dos alunos com melhores desempenhos nas provas.

Adicionalmente, os 50 alunos que mais se destacam nas questões de astronomia, juntamente com seus professores, são convidados a participar da Reunião Anual da SAB, quando têm a oportunidade de conhecer astrônomos de todo o País e participar de cursos sobre astronomia, visando, inclusive, à participação na Olimpíada Internacional de Astronomia. Já os 50 alunos que se destacam em



Acervo Col. Curso Pentágono.
Disponível em www.oba.org.br/

Figura 4. Alunos do Colégio Curso Pentágono de Limoeiro, PE, realizando a atividade prática “Relógio Solar” da OBA e a atividade prática da II Obfog.



Acervo AEB.

Figura 5. Alunos do Colégio Militar de Brasília, DF, apresentando a atividade prática da Obfog, que os classificou para participar da III Jornada Espacial, realizada em São José dos Campos, SP.



Acervo AEB.

Figura 6. Aluno realizando, com a ajuda de uma especialista, a atividade prática “Interpretando Imagens de Satélite” durante a III Jornada Espacial, em São José dos Campos, SP.



Figura 7. Professores realizando a atividade prática "Construindo Foguetes", durante a III Jornada Espacial, em São José dos Campos, SP.

astronáutica, são convidados a participar da Jornada Espacial, também acompanhados de seus professores, evento que ocorre anualmente no município de São José dos Campos, SP, pólo do desenvolvimento da tecnologia espacial no País, oportunidade em que realizam visitas a órgãos executores das atividades espaciais e participam de cursos sobre ciências espaciais. Para preparar os seus alunos, as escolas recebem, ainda, materiais de apoio sobre essas ciências, tais como

CDS, vídeos, livros, livretos, revistas, pôlderes etc.

Por meio da Reunião anual da SAB e da Jornada Espacial, a OBA e o Programa AEB Escola pretendem contribuir para a revelação de novos talentos para a carreira científica, permitindo aos jovens o contato com pesquisadores das áreas de astronomia e astronáutica – com o objetivo de conhecerem o cotidiano das profissões nestas áreas ou em ciências afins.

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

ASTRONOMIA



Ministério da
Educação

Ministério da
Ciência e Tecnologia

