

O Céu ao Alcance de Todos

Ramachrisna Teixeira (Departamento de Astronomia, IAG/USP)
email: teixeira@astro.iag.usp.br

OBS: Adaptado da publicação, pelo mesmo autor, no Caderno de Ensino de Ciências e Saúde do projeto Pedagogia Cidadã da UNESP

Introdução

De forma bastante rudimentar como na antiguidade ou de forma extremamente sofisticada como atualmente, o Homem observa o céu e coleta informações a respeito dos fenômenos celestes (astronômicos ou não) e dos astros. São essas observações que deram origem, que sustentaram e que continuam sustentando, uma das mais belas páginas do conhecimento humano, **o conhecimento astronômico**.

A quase totalidade das informações que coletamos dos astros, nos chega através da “luz” por eles emitida ou refletida. As amostras de rochas trazidas da Lua pelos astronautas que lá estiveram e os meteoritos encontrados na superfície da Terra, também, contêm informações importantes mas em quantidade incomparavelmente menor que aquelas obtidas com a “luz” (veja o quadro amarelo abaixo).

Ao observar o céu, ao observar os astros, não importa quais, o Homem pode determinar sua posição no céu (distância angular entre um astro e outro, por exemplo) e suas variações ao longo do tempo (deslocamentos reais ou aparentes). Pode também, medir seu brilho (aparente ou absoluto) e suas possíveis variações com o tempo. Essas duas grandezas podem ser obtidas sem ajuda de qualquer instrumento e por isso mesmo, fazem parte das observações astronômicas desde há milhares de anos. A utilização de instrumentos permite um alcance muito maior (objetos muito mais fracos) e erros de medida muito menores.

Finalmente, pode-se ainda, utilizando instrumentos, observar um astro e ver com detalhes quais são as frequências presentes e ausentes em sua luz visível ou invisível.

Trabalhando com a luz que vem dos astros, pode-se determinar as suas distâncias, velocidades, dimensões, massas, idades, temperaturas, etc.

A observação (determinação) da posição dos astros fornece desde informação sobre a forma da Terra, sobre sua rotação, até a chave para a determinação de distâncias no Universo, a paralaxe estelar.

"Luz": A luz que vemos de um astro ou de uma residência, etc., corresponde a uma pequena fração da gama enorme de frequências do que chamamos radiação eletromagnética. A radiação eletromagnética além da luz que vemos, é composta também, pelas ondas de rádio, micro-ondas, radiação infra-vermelha, raios gama e muitas outras faixas de frequência. Quando nos referimos à luz normalmente pensamos na parte visível, capaz de sensibilizar o olho humano, da radiação eletromagnética. Poderíamos também, falar "luz visível" para a porção da radiação eletromagnética que somos capazes de ver e "luz invisível" para as demais frequências.

A paralaxe corresponde a um deslocamento angular aparente de um corpo qualquer em relação aos corpos mais distantes. Trata-se de um deslocamento que resulta da mudança do ponto de onde estamos observando. A **paralaxe estelar**, refere-se ao deslocamento aparente sofrido por uma estrela, quando observada de pontos distintos e bem separados, da órbita da Terra. (Veja: A missão do satélite Hipparcos, R. Teixeira, em “Ciência Hoje na Escola – Céu e Terra”).

Já, a medida do brilho aparente (brilho que percebemos daqui da Terra) permite estudar os mecanismos de geração de energia em uma estrela, a evolução das estrelas e até mesmo, a detecção de planetas extra-solares (planetas que giram ao redor de outras estrelas). Saber quais frequências estão presentes ou ausentes na luz que recebemos de um astro é fundamental para o conhecimento da composição química desse astro e da velocidade com que se afasta ou se aproxima de nós.

Um dos feitos mais fantásticos da ciência, *o Universo teve uma origem*, começou a se concretizar no início do século XX. Neste momento, o Homem, observando o espectro de frequência (frequências presentes e ausentes) das galáxias até então conhecidas, pôde medir a velocidade com que estas se aproximavam ou se afastavam de nós. Para sua grande surpresa e espanto, descobriu que a quase totalidade das galáxias se afastavam e estão se afastando de nós. ***Estamos então, no centro do Universo?*** Pouco tempo depois, com espanto ainda maior, o Homem descobriu que quanto mais distante maior a rapidez com que uma galáxia se afasta de nós. Isto é, uma galáxia duas vezes mais distante se afasta duas vezes mais rápido e assim por diante.

Finalmente, ainda na primeira metade do século XX, o Homem acabou compreendendo e aos poucos foi aceitando suas conclusões a respeito dessas observações: ***as galáxias não estão se afastando de nós, elas afastam-se umas das outras em consequência do crescimento do espaço entre elas, em consequência da expansão do Universo***. Tudo se passa como se estivéssemos em uma das ameixas de um bolo que esta no forno. A medida que o bolo cresce as ameixas se afastam mutuamente e não importa em qual ameixa estejamos, veremos as outras se afastarem com velocidades tanto maiores quanto maiores forem suas distâncias. Não, não estamos no centro, o Universo não tem centro.

Essa observação e interpretação, sugeriu ao Homem que no passado as galáxias estavam mais próximas entre si. O Universo era menor, mais denso e mais quente. Num passado mais remoto ainda, podemos imaginar que todas estariam juntas e mais longe ainda no tempo, que o Universo era extremamente denso e quente. Este é o modelo de Universo do Big Bang. Um Universo que teve uma origem (inclusive origem do espaço e do tempo) há mais ou menos 15 bilhões de anos, saindo de um estado de condições extremas e que aos poucos está se expandindo, se resfriando e evoluindo.

É verdade isso?

O modelo do Big Bang não é definitivo e nem explica tudo mas as observações a cada dia mais precisas, que o Homem incesantemente vem fazendo do Universo casa bem com o que se espera ver segundo esse modelo. Esse modelo será certamente aperfeiçoado e modificado e poderá mesmo ser substituído na busca de melhor descrever a evolução do Universo principalmente, em seu passado mais remoto (instantes iniciais) e seu futuro mais longínquo. Entretanto, a idéia que o Universo teve uma origem parece ter vindo para ficar.

O céu

Observações como estas do espectro de frequência da luz de um astro para se medir a velocidade de afastamento ou de aproximação, como muitas outras, não são simples e necessitam de instrumentos relativamente sofisticados para serem realizadas. Entretanto, mesmo distante dessas possibilidades, a observação do céu a olho nú que pode ser realizada por qualquer pessoa, inclusive crianças, além do enorme fascínio que exerce, pode nos levar a compreender muito do que nos foi ensinado e do que ensinamos e sobretudo a nos motivarmos e a motivarmos o estudo e a convivência com a ciência.

Com as observações do céu a olho nú e/ou com pequenos telescópios, o Homem superou muitos obstáculos, construiu modelos de Universo, desenvolveu não só a Astronomia mas também outras áreas do conhecimento e contribuiu em muito para atingirmos o estágio científico e tecnológico em que nos encontramos.

Podemos aqui, com pouco esforço mas com muita vontade e imaginação, tomarmos conhecimento de alguns aspectos do céu, de alguns fenômenos celestes que motivaram e levaram o Homem à construção do quadro que temos hoje.

De início, exercite um pouco seus conhecimentos e pense em dois ou três fenômenos celestes. Quais deles seriam astronômicos? Todos?

O reconhecimento de um fenômeno astronômico é por si só extremamente atraente e motivador. Sua explicação racional estimula a observação em busca de confirmação. A busca de confirmação leva a novas descobertas, a novos fenômenos enquanto que a validação da explicação estimula a tentativa de explicação de outros.

Dessa forma, as observações do céu que vêm sendo realizadas desde os primórdios das civilizações, mesmo que bastante rudimentares, permitiram aos gregos antigos construir um modelo de Universo que durou aproximadamente 2000 anos.

Esse modelo foi substituído no início da Renascença por outro, ainda baseado em observações realizadas a olho nú. Aos poucos, observações realizadas com instrumentos de medidas cada vez mais precisos, e com pequenos telescópios, aperfeiçoaram esse o novo modelo de Universo que encontrou um respaldo teórico enorme no início do século XVIII com Newton. Esse modelo permitiu ao Homem descobrir novos planetas fazendo contas, antes mesmo de observá-los. Dessa forma, parecia que a caminhada do Homem chegara ao fim.

Com o passar do tempo, a capacidade observacional se ampliou muito com novos instrumentos e novas técnicas de observação de tal forma a impor um Universo complexo, com dimensões inimagináveis, que teve um começo, que evolui e se transforma, o Universo do Big Bang.

Alguns instantes observando o céu...

...durante o dia.

Olhando para o céu por alguns minutos durante o dia, já poderemos notar algumas coisas interessantes.

Certamente, se o tempo não estiver muito ruim, se não estiver chovendo, etc., a primeira coisa que notaríamos seria que o **céu é azul**.

Por que o céu é azul? Desde Newton, o Homem sabe que a luz visível (luz branca) que recebemos do Sol compõe-se de várias cores (frequências). O arco-íris que admiramos no céu, nada mais é que a decomposição em suas cores, da luz do Sol por gotículas de água presentes na atmosfera. Quando a luz do Sol passa pela atmosfera da Terra, essas cores interagem com o ar de maneiras diferentes. Por exemplo, a componente vermelha atravessa mais facilmente a atmosfera enquanto que a componente azul tem mais dificuldades e é espalhada pela atmosfera. Isso explica porque o céu é azul. Explica também, porque o Sol aparece meio avermelhado quando está no horizonte. Esse efeito é mais acentuado quando o Sol está no horizonte pois neste caso a camada de ar que a luz atravessará para chegar aos nossos olhos é maior. A presença de poeira, fumaça, etc., no horizonte, realça ainda mais esse efeito.

Poderíamos perceber também, com uma rápida olhada para o céu durante o dia, a eventual presença de nuvens. As nuvens não são fenômenos astronômicos, são fenômenos, se quisermos, celestes mas não astronômicos. As nuvens são fenômenos atmosféricos, meteorológicos e se originam na condensação do vapor de água nas camadas mais altas e mais frias da atmosfera. Você conhece algum outro fenômeno atmosférico? Consegue distinguir entre os naturais e aqueles provocados pela ação do Homem?

Observando o céu por pouco tempo durante o dia, um dia bonito, não deixaríamos de notar a presença do Sol. Se nossa observação é realizada pela manhã, veríamos o Sol do lado leste, no hemisfério oriental do céu, à tarde o veríamos no lado oeste, hemisfério ocidental do céu. Por volta do meio-dia, o veríamos relativamente alto no céu, mais alto ou menos alto dependendo da latitude do lugar onde estivéssemos. Poderíamos ver o Sol a pino, mas isso é muito raro e ocorre somente em determinados dias do ano e não em todos os lugares. O Sol só vai a pino, duas vezes por ano, nas regiões entre os trópicos. Exatamente nos trópicos ele vai a pino uma vez por ano e no resto da Terra ele jamais vai a pino.

Poderíamos também, ver a Lua durante o dia, seja a oeste do Sol seja a leste do Sol, dependendo de sua fase. Dificilmente veríamos algum outro astro. Isso não é impossível mas é muito difícil. O principal astro candidato a ser observado durante o dia é o planeta Vênus (estrela d'Alva). Por seu tamanho, proximidade ao Sol e à Terra, Vênus é o astro mais brilhante que vemos no céu depois do Sol e da Lua,. Sabendo para onde olhar, o que nem sempre é o caso, e principalmente no entardecer ou amanhecer, poderíamos vê-lo. Se tivéssemos uma estrela muito mais brilhante do que as que vemos no céu, eventualmente poderíamos vê-la durante o dia. No passado, o Homem pode ver durante muitos dias, uma estrela durante o dia. Trata-se de uma estrela que explodiu e em consequência ficou tão brilhante que pode ser vista mesmo durante o dia. Esse fenômeno, **supernova** (veja o quadro abaixo), é extremamente importante em Astronomia e ao mesmo tempo extremamente raro.

As estrelas evoluem, elas nascem e morrem. Uma estrela pode ser imaginada como uma esfera gasosa com temperaturas e pressões extremamente elevadas em seu centro permitindo assim a geração de energia através de reações nucleares. Com o passar do tempo e consequente diminuição do combustível nuclear e taxa de geração de energia o equilíbrio que predomina na maior parte da vida da estrela, deixa de existir e ela morre. A explosão de uma estrela é uma das mortes possíveis. Esse fenômeno recebe o nome de supernova.

... durante a noite.

Durante a noite, com alguns minutos de observação, perceberíamos um céu completamente diferente daquele visto durante o dia. Primeiramente, veríamos que aquele céu azul e "muito pobre", com um ou dois astros apenas, deu lugar a um céu escuro e forrado de pontos brilhantes, riquíssimo. Vale a pena partir para um lugar distante da luz das cidades, para um lugar bem escuro e desfrutar do espetáculo fantástico do céu noturno.

Claro que além do espetáculo dado por esse imenso número de pontos brilhantes no céu, um astro que chamaria nossa atenção por seu brilho e tamanho, se estiver presente, seria a Lua. A Lua é o astro mais brilhante do céu noturno e pode ser vista no início, no meio ou no final da noite e em várias direções, dependendo do dia, dependendo da sua fase. A Lua cheia por exemplo, é vista no horizonte leste no início da noite e no horizonte oeste no final da noite.

No céu noturno, poderíamos ver estrelas, que sem dúvida chamariam muito a atenção. Perceberíamos, com um olhar rápido mas atento, que as estrelas não têm o mesmo brilho. Algumas são bastante brilhantes e nos encantam, outros são fraquinhas e quase não as percebemos.

Poderíamos ver algum(s) planeta(s), mas como reconhecê-lo(s)? Isso não seria possível com alguns minutos de observação apenas. No céu, os planetas parecem-se muito com as estrelas e não sabemos quem tem luz própria e quem não tem.

Se tivermos sorte, poderíamos ver algum cometa e neste caso o reconheceríamos pela sua cauda, se visível. Não veríamos um cometa passando como se fosse um ônibus. Veríamos o cometa lá, entre as estrelas, aparentemente parado como elas.

Olhando atentamente, veríamos algumas manchinhas no céu, como uma nevoazinha. São as famosas nebulosas. Hoje sabemos que muitas dessas nevoazinhas são galáxias, isto é, conjuntos de bilhões e bilhões de estrelas, que estão tão distantes que nossos olhos não conseguem separá-las. Em outras palavras, não conseguimos ver as estrelas de uma galáxia individualmente, não conseguimos distingui-las umas das outras da mesma forma que não distinguimos os dois faróis de um carro quando este encontra-se muito distante. Outras dessas manchinhas, correspondem a aglomerados contendo centenas ou milhares de estrelas. Esses, são estruturas que pertencem a nossa própria **Galáxia** (veja quadro cinza na próxima página). Outras dessas manchinhas, correspondem a nuvens de gás e de poeira, em geral associadas a regiões onde estão se formando estrelas ou estrelas que explodiram e neste caso, continuam a receber o nome de nebulosas. Veríamos também, uma faixa meio nevoenta cortando o céu de fora a fora, a **Via Láctea**. Hoje sabemos que esta faixa é na realidade um conjunto muito denso de estrelas distantes que da mesma forma que nos casos de aglomerados e galáxias, nossos olhos não conseguem separá-las. Essa região do céu tem mais estrelas justamente por estarmos olhando na direção do plano da nossa galáxia. Nossa galáxia se parece com um disco e nos encontramos em sua periferia. Portanto, quando olhamos no plano do disco, vemos um céu muito mais denso em estrelas.

Nossa Galáxia ou Via Láctea corresponde a um conjunto de 100 a 200 bilhões de estrelas distribuídas em um espaço em forma de disco cujo diâmetro a luz leva aproximadamente 100 mil anos para percorrer. A Via Láctea apresenta braços espirais sendo que o Sol com seu cortejo de planetas, satélites, asteróides, cometas, etc., encontra-se em um deles, bem na periferia.

Finalmente, com poucos minutos de observação, iríamos perceber que algumas estrelas, principalmente aquelas mais próximas ao horizonte, parecem "**piscar**", parecem "**mudar de cor**" e poderíamos ver também, alguma(s) estrela(s) cadente(s), **estrela cadente ou meteoro**. Todos esses fenômenos são como as nuvens, fenômenos meteorológicos, fenômenos atmosféricos.

A cintilação, causada pela atmosfera da Terra, explica as variações de cores e o "piscar" das estrelas. A luz ao atravessar a atmosfera sofre desvios que dependem da densidade da camada de ar atravessada. Como esta não é constante e se altera o tempo todo devido à turbulência, temos a impressão que as estrelas piscam. Esse fenômeno ocorre quando podemos considerar a fonte de luz como sendo puntual como é o caso das estrelas. Nos planetas visíveis a olho nú esse fenômeno praticamente não ocorre. A atmosfera da Terra é ainda responsável por essa idéia de pontas nas estrelas, que obviamente não existem.

As estrelas cadentes, são fenômenos luminosos que ocorrem quando um corpo, em geral minúsculo, penetra na atmosfera da Terra e devido ao atrito ficará tão quente que passa a brilhar. A atmosfera se encarrega de difundir a luz e dar essa aparência de uma estrela que cai. Esses fenômenos têm estrela somente no nome. Em geral esses corpos são do tamanho de grãos de areia e se queimam inteiramente na atmosfera, isto é, não caem na superfície. Quando se trata de um corpo maior, poderemos encontrar seus restos na superfície da Terra. Estes restos são então chamados meteorito.

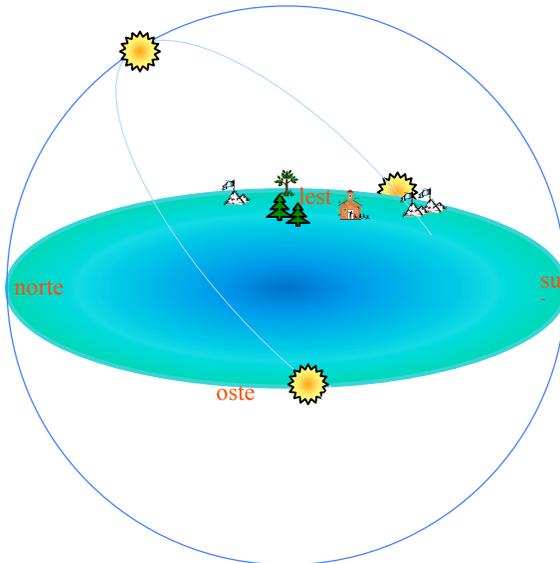
A observação do céu durante tão pouco tempo, minutos, não nos permite obter por exemplo, informações sobre o movimento, real ou aparente dos astros nem sobre variações de forma ou de brilho. Para tal, necessitamos de mais tempo de observação, nem por isso menos atentas.

O céu ao longo das horas...

... durante o dia.

Observar atentamente o céu por algumas horas é um experiência muito mais rica do ponto de vista da informação. Além de confirmarmos tudo que vimos durante alguns minutos, teremos agora, muito mais.

A observação diurna durante algumas horas, por exemplo do amanhecer ao anoitecer, nos levaria a descobrir que o Sol se movimenta em relação ao horizonte. Veríamos que pela manhã ele estaria próximo ao horizonte leste (provavelmente não no ponto cardinal leste), a partir daí, veríamos que sua altura aumenta continuamente até atingir um ponto máximo por perto do meio-dia. Em seguida sua altura começa a diminuir até seu ocaso no horizonte oeste (provavelmente não no ponto cardinal oeste).

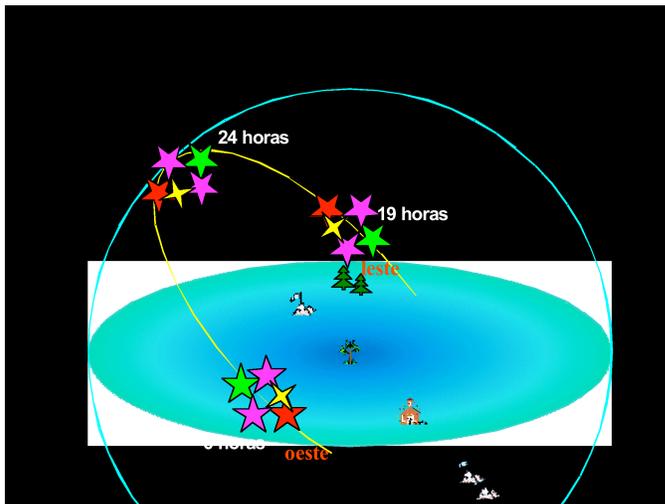


Se a Lua estiver presente no céu diurno, verificaremos que ela faz mais ou menos o mesmo movimento. Entretanto, se a observarmos com muito mais atenção, já perceberíamos que além de seu movimento em relação ao horizonte como o do Sol, ela apresenta um outro movimento que a aproxima um pouco ou a afasta um pouco, angularmente falando, do Sol. Poderíamos, num dia muito especial e em geral acompanhado de anúncios

nos jornais, revistas, rádios e televisões, perceber a Lua, se aproximando angularmente do Sol, passando em sua frente, isto é, entre nós e o Sol e com isso ocultando-o parcialmente ou totalmente, para em seguida deixá-lo brilhar novamente como antes. Em outras palavras, poderíamos observar um eclipse do Sol.

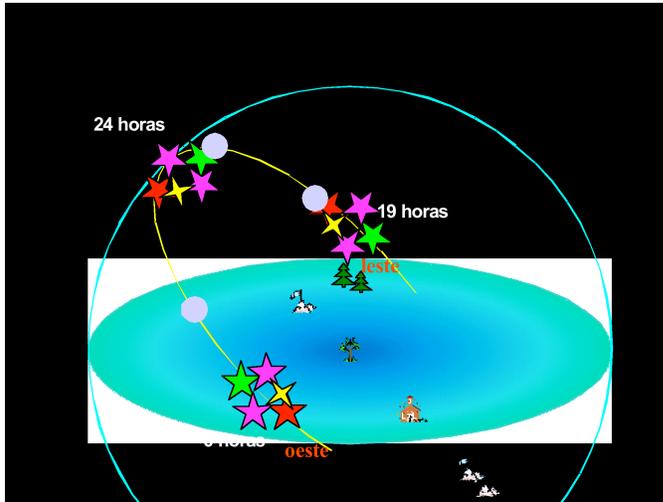
... durante a noite.

À noite, do anoitecer ao amanhecer, perceberíamos que o céu noturno, se movimenta também de leste para oeste, da mesma forma que o céu diurno. Isto é, as estrelas, a Lua, os planetas, cometas, nebulosas, etc., teriam um movimento de leste para oeste, muito parecido com aquele que o Sol realiza ao longo do dia.



Entretanto, perceberíamos facilmente, depois de duas, três horas, que a Lua vai se atrasando em relação às estrelas. Isto é, juntamente com todo o céu ela parece girando de leste para oeste mas notaríamos que ela o faz não no mesmo ritmo. Se em uma

certa hora da noite a vissemos em uma direção próxima a um grupo de estrelas, 2 ou 3 horas mais tarde já poderíamos notar que tanto o grupo de estrelas quanto a Lua moveram-se para oeste mas que a Lua moveu-se um pouco menos, ficou para trás. Poderíamos notar que de vez em quando a Lua encobre, oculta certas estrelas. Não deixe de observar a Lua e seus movimentos.



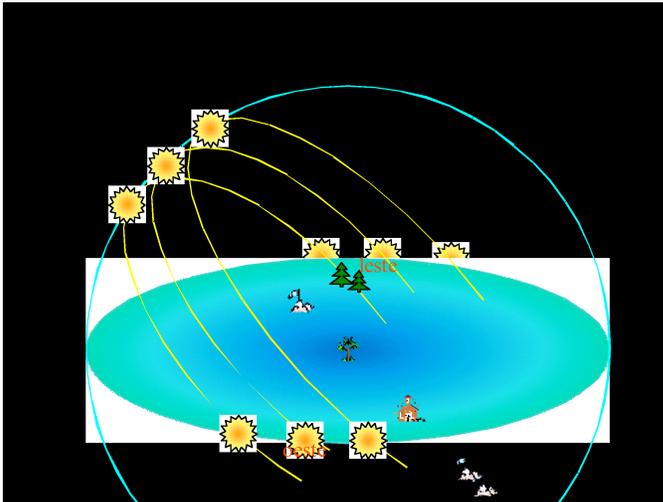
Ao longo da noite, naturalmente, veríamos um número muito maior de meteoros e se por sorte estivéssemos realizando nossa noite de observação em uma data especial, quando a Terra em seu movimento ao redor do Sol atravessa regiões do espaço com uma densidade maior de corpúsculos, teríamos uma chuva de meteoros.

Um outro detalhe já teria chamado nossa atenção: a Lua e o Sol têm praticamente o mesmo tamanho aparente.

Meses de observação do céu...

... durante o dia.

Ao observarmos o céu ao longo de muitos dias, 30, 40, 60 dias, iríamos notar novas e importantes mudanças. Primeiramente, durante nossas observações diurnas, notaríamos que o Sol não nasce sempre no mesmo ponto no horizonte leste e nem se põe sempre no mesmo ponto no horizonte oeste. Também notaríamos que a altura máxima que atinge a cada dia, varia de dia para dia, isto é, todos os dias o Sol atinge uma altura máxima mas que é diferente de um dia para outro.



... durante a noite.

As observações noturnas, nos revelariam ainda muitas outras curiosidades. Por exemplo, no caso da Lua, de uma noite para outra, confirmaríamos o seu movimento diferente, independente daquele das estrelas, ela vai ficando para trás, para leste. Notaríamos que aos poucos a forma da Lua vai se alterando. Ora um disco bem brilhante, ora uma metade de disco, ora somente um filete e às vezes mesmo, nada. Notaríamos também, que ela é vista em um mesmo lugar do céu em horários diferentes. Como nosso horário está amarrado à posição do Sol em relação ao horizonte, isso sugeriria que a Lua que tem um movimento em relação às estrelas já percebido, também tem um movimento em relação ao Sol.

Ao longo de meses notaríamos que diferentemente do Sol e da Lua, as estrelas nascem e se põem sempre no mesmo ponto nos horizontes leste e oeste e que suas alturas

máximas a cada dia são sempre as mesmas. Seria fácil perceber que as posições de umas em relação às outras não se alteram. Além disso, poderíamos verificar que a configuração do céu vai se alterando com o passar de muitos dias. Por exemplo, um grupo de estrelas, uma constelação vista à meia-noite bem acima de nossas cabeças, um mês depois, também à meia-noite, seria vista a 30 graus para oeste. Perceberíamos, observando com muita atenção que as estrelas nascem e se põem aproximadamente 4 minutos mais cedo a cada dia. Da mesma forma que anteriormente, como o horário está amarrado ao Sol, poderíamos supor que as estrelas também têm um deslocamento angular em relação ao Sol, como no caso da Lua. Também, poderíamos supor o contrário, o Sol tem um movimento diferente, independente daquele das estrelas e se atrasa em relação a elas, 4 minutos por dia. Exatamente como a Lua mas mais devagar. A variação do ponto de nascer e de ocaso do Sol diferentemente do das estrelas, fortalece a idéia que o Sol tem um movimento com relação ao fundo estelar.

Finalmente, perceberíamos que alguns daqueles pontos de luz, relativamente brilhantes, que se parecem estrelas, também apresentam deslocamentos em relação ao fundo estelar. Um deslocamento muito mais lento que o da Lua mas perfeitamente perceptível ao longo de um mês de observação. Esses são os **planetas**. A palavra planeta, simboliza esse movimento entre as estrelas. A palavra planeta quer dizer um "astro errante" fazendo alusão ao que "acabamos de observar". Se tivéssemos um cometa no céu, veríamos que também sua posição, além da variação de todos os dias com o conjunto do céu, vai variando em relação às estrelas ao longo do tempo.

Atualmente, define-se planeta como um astro que não tem luz própria, diferenciando-o das estrelas definidas como astros luminosos. Entretanto, quando olhamos para o céu não temos essa informação. Descobrir o movimento dos planetas no céu é uma experiência altamente motivadora. Não é tão difícil uma vez que os planetas encontram-se relativamente próximos de um círculo no céu, unindo a Lua e o Sol e são relativamente brilhantes (aqueles visíveis a olho nu: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno). As cartas celestes podem ajudar bastante.

Se formos bastante atentos poderemos perceber que o brilho de alguns astros (estrelas ou planetas) variam ao longo do tempo, com períodos e amplitudes diferentes.

Depois de um ano...

...durante o dia.

Depois de um ano teríamos aprendido muito. Durante o dia, veríamos que os pontos de nascer e de ocaso do Sol, que haviam chamado nossa atenção justamente por variarem de dia para dia, agora, após um ano, começam a se repetir, retomam um novo ciclo. Notaríamos que ao longo de um ano, o Sol nasceu somente duas vezes no ponto cardinal leste e que nesses dois dias, também se pôs no ponto cardinal oeste. Perceberíamos que o nascer e ocaso do Sol, oscilam entre os pontos cardinais leste e oeste, ora nascendo e se pondo mais ao norte até atingir um máximo e ora mais ao sul até atingir um máximo. Notaríamos que o ponto de altura máxima que o Sol atinge a cada dia e que varia de um dia para o outro, também inicia um novo ciclo, começa a se repetir. Dependendo de nossa latitude, não seria difícil associar

essas alterações no movimento do Sol com as estações do ano. Por exemplo, nós que estamos no hemisfério sul da Terra, veríamos que a medida que o Sol nasce ao sul do ponto cardeal leste e se põe ao sul do ponto cardeal oeste, estaríamos nas estações quentes (primavera e verão) e quando o Sol está nascendo e se pondo ao norte dos pontos cardiais leste e oeste, estaríamos nas estações frias (outono e inverno). Notaríamos que quando nasce e se põe nos pontos cardiais leste e oeste, o dia e a noite têm a mesma duração, são os equinócios. Quando nasce mais ao sul possível do ponto cardeal leste, teremos o dia mais longo do ano e ao contrário, quando nasce mais ao norte possível do leste, teremos o dia mais curto do ano.

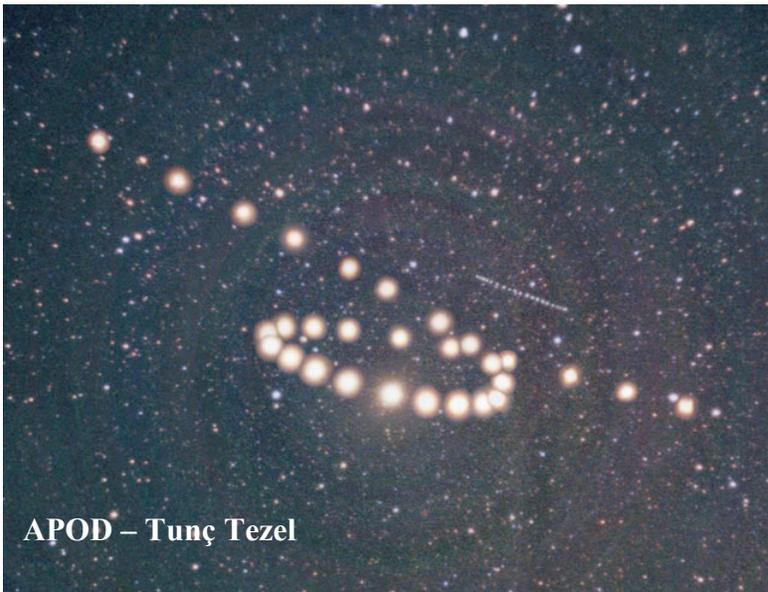
Durante a noite, teríamos notado que a forma da Lua se altera com uma periodicidade de aproximadamente um mês. Isto é, após um mês o ciclo de formas ou de fases da Lua se repete. Teríamos confirmado seu movimento em relação ao fundo estelar e também, em relação ao Sol. Não seria difícil notar a relação entre as suas fases e a distância angular entre a Lua e o Sol. Por exemplo, a Lua cheia estaria sempre a mais ou menos 180 graus do Sol. A Lua minguante estaria sempre antes, a oeste do Sol e se aproximando. A Lua crescente ao contrário, estaria a leste e se afastando do Sol. Notaríamos que em determinado momento a Lua não seria vista nem de dia e nem de noite, lua nova.

Confirmaríamos a variação da configuração do céu noturno e constataríamos que o ciclo recomeça após um ano. As constelações que víamos acima de nossas cabeças por exemplo à meia-noite e que a cada dia, foi sendo vista também à meia-noite mais para oeste, que após um certo tempo deixaram de ser vistas, após um ano voltariam a ser vistas bem acima de nossas cabeças. Não seria difícil associarmos a configuração de céu noturno ao movimento independente do Sol, às estações do ano. Por exemplo, no inverno teríamos a companhia de Escorpião, enquanto que no verão seria a vez de Orion (das Três Marias).

Teríamos ainda, uma dor de cabeça muito maior com os planetas. Confirmaríamos seus movimentos entre as estrelas, mas mais ainda, que diferentemente da Lua e do Sol que

sempre se atrasam em relação às estrelas, os planetas lentamente, ora se atrasam e ora se adiantam, dando laçadas no céu. Veja a laçada de Marte a seguir tendo ainda Urano no fundo, exibindo também, seu movimento em relação às estrelas.

Ao longo de um ano poderíamos ter observado eclipses da Lua e do Sol. Teríamos percebido que os eclipses da Lua ocorrem na lua cheia e do Sol na lua nova. Os eclipses reforçariam a constatação de movimentos



diferentes e independentes do Sol e da Lua em relação às estrelas.

As regularidades encontradas nas observações que fazemos do céu ou da natureza em geral, sugerem-nos que existe uma regra por trás disso tudo. São justamente essas regras que buscamos descobrir. A busca dessas regras é o trabalho do cientista, é fazer ciência.

Por quês?

Por que os astros giram ao nosso redor?

Por que percebemos o movimento da Lua entre as estrelas com tanta facilidade?

Por que o movimento do Sol em relação ao fundo estelar é mais lento que aquele da Lua?

Por que o movimento dos planetas em relação às estrelas pode ser ainda mais lento?

Por que as posições das estrelas não mudam umas em relação às outras?

Naturalmente, os movimentos descritos têm várias componentes que se superpõem, tanto ligadas ao movimento do observador quanto do próprio astro em questão.

Para melhor compreendermos, podemos discutí-los separadamente.

Claro que o movimento mais evidente, mais óbvio, mais fácil de ser percebido, é aquele que detectamos com poucas horas de observação, aquele movimento que todos os astros, estrelas, Sol, Lua, planetas, etc., realizam todos os dias de leste para oeste em relação ao nosso horizonte. Por isso mesmo, podemos ver este movimento como um movimento de conjunto, independentemente do astro.

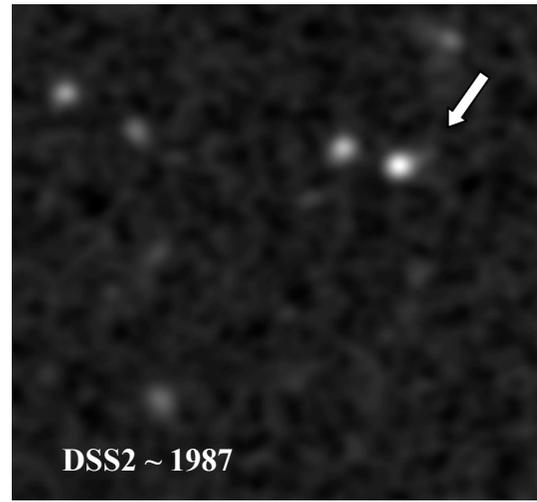
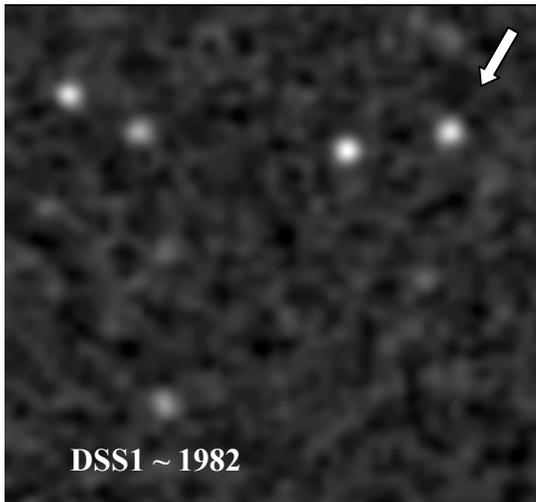
Por outro lado, constatamos que existem astros que apresentam além desse movimento de conjunto, movimentos particulares, como a Lua por exemplo. Esse movimento particular depende do astro. É mais rápido no caso da Lua mais lento no caso dos planetas. Por que?

Um fator muito importante para percebermos, sentirmos, detectarmos e medirmos o movimento de um corpo, é a distância. O passo de uma pessoa pode ser facilmente percebido se estivermos próximos mas a quilômetros de distância já não perceberemos. Um avião parece muito mais rápido, mais veloz quando está próximo do solo, próximo de nós aqui no solo, e quando está muito alto no céu, parece mais lento, parece nem mesmo se mover. Claro que a velocidade do avião quando ele está alto no céu é muito maior mas seu deslocamento angular é maior quanto mais próximo estiver.

Percebemos facilmente o movimento da Lua em relação às estrelas, mais do que aqueles do Sol e dos planetas porque a Lua está muito mais próxima da Terra do que qualquer um desses corpos. A luz leva aproximadamente 1 segundo para vir da Lua até nós. Do Sol, ela leva 8 minutos, de Plutão leva ao redor de 5 horas. As estrelas parecem não ter movimentos umas em relação às outras pois estão muito mais distantes. Excluindo o Sol, a estrela mais próxima de nós, está a uma distância tal, que a luz leva para chegar até nós, aproximadamente 4 anos e meio. Isso significa que para percebermos o movimento de uma estrela em relação às outras, para percebermos a deformação das constelações, precisamos de muito tempo, dezenas, centenas de anos.

As estrelas estão tão distantes que para detectarmos e medirmos seus movimentos no céu, umas em relação às outras, necessitamos comparar posições separadas por muitos e muitos anos. As imagens, do “Digital Sky Survey”, mostram a mesma região do céu observadas com telescópios em diferentes épocas (aproximadamente 1982 e 1987). Nelas

podemos perceber o deslocamento de uma estrela relativamente “rápida” com relação às demais. Ela se desloca em relação às demais por estar mais próxima de nós do que as outras.

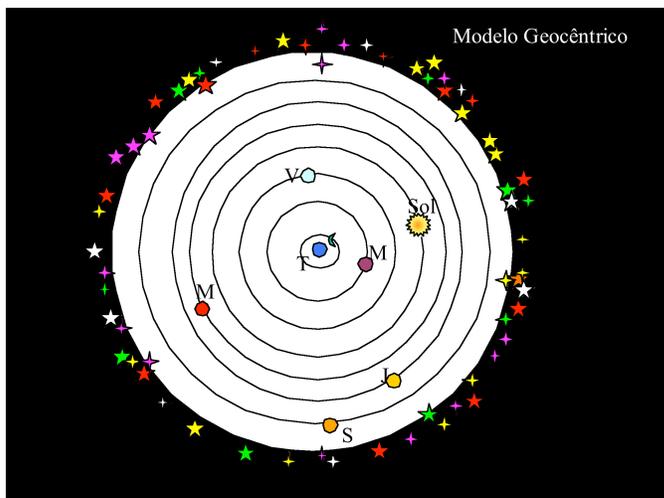


Universo Geocêntrico

De posse de todas essas informações que "acabamos de coletar", os gregos antigos construíram um modelo de Universo que durou muitos e muitos anos.

Primeiramente, explicaram aquele movimento maior, mais fácil de se notar, aquele que podemos descobrir com algumas poucas horas de observação e que é realizado por todos os astros de leste para oeste. Para tal, imaginaram um modelo de Universo muito simples, composto apenas de duas esferas: a Terra, imóvel no centro e uma outra esfera de raio maior, onde estariam grudados os astros, que girava ao redor da Terra.

Esse modelo não durou muito. Esse modelo não explicava os movimentos distintos e independentes facilmente observáveis, da Lua, do Sol e dos planetas. Não explicava também outros fenômenos como os eclipses, já conhecidos na Grécia Antiga. Como a Lua poderia ocultar o Sol se ambos estivessem grudados na mesma esfera? Dessa forma, esse primeiro modelo foi facilmente contestado e foi aperfeiçoado para levar em conta a realidade das observações, os movimentos diferentes da Lua, do Sol e dos planetas.



Como esses astros moviam-se de maneira distinta e independente das estrelas, a eles também foram atribuídas esferas.

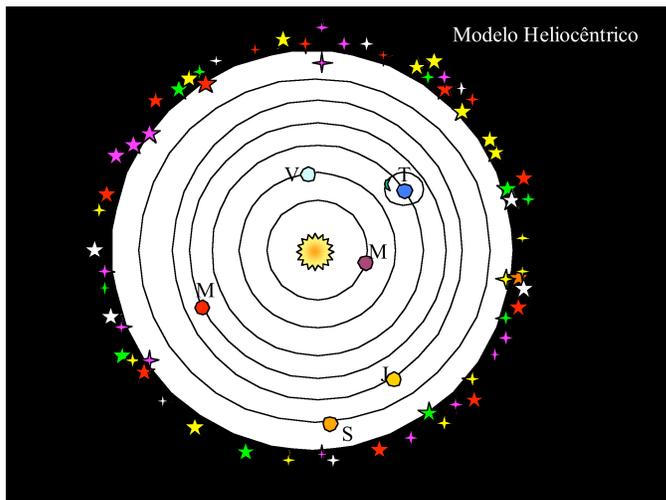
Dessa forma, o Universo ficou composto por várias esferas e todas girando ao redor da Terra, inclusive uma esfera mais externa que continha as estrelas.

Esse modelo evoluiu e foi sendo aperfeiçoado, até mais ou menos 200 d.C. e permaneceu tal e qual por mais de mil anos ainda.

Universo Heliocêntrico

O modelo de Universo dos gregos que já tinha muitas dificuldades para explicar o movimento dos planetas (insistiam em ora se atrasarem ora se adiantarem em relação às estrelas) foi sendo cada vez mais contestado pelo acúmulo de observações e pela melhora nas precisões das observações. Isto é, a medida que avançamos no tempo, a observação do céu casava cada vez menos com o que previa o modelo dos gregos. Neste contexto, surgiu um outro modelo de Universo.

No início da Renascença a Terra que estava imóvel no centro do Universo, ganhou um movimento de rotação, que explica facilmente aquele movimento de todos os astros de



leste para oeste. Além disso deixou o centro do Universo dando lugar ao Sol. Assim, passamos a um modelo que ainda guardava as esferas, mais ou menos como o dos gregos, mas agora o Sol era o centro e a esfera da Terra juntamente com as esferas dos demais planetas girava ao redor do Sol. A Terra girava também ao redor de si mesma. A Lua por sua vez girava ao redor da Terra. A esfera das estrelas agora, estava imóvel e seu movimento de todos os dias de leste para oeste era explicado pela rotação da Terra. O movimento da Lua entre

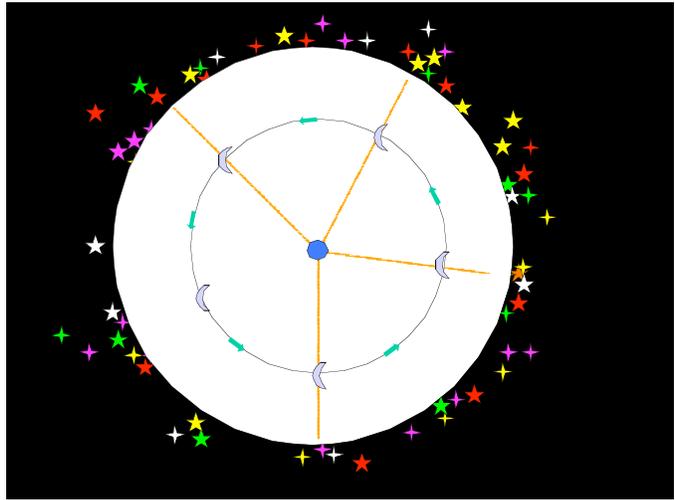
as estrelas foi explicado pelo **movimento da Lua ao redor da Terra** (veja quadro na próxima página) enquanto que aquele do Sol pelo **movimento de translação da Terra**. Esse modelo, embora imperfeito, tornava muito mais simples a explicação de certos fenômenos, como por exemplo o movimento dos planetas. Por essa e outras razões foi aceito e substituiu o modelo grego.

Com o passar do tempo, o Homem percebeu que mesmo esse modelo não casava tão bem com o que se observava e foi obrigado a aperfeiçoá-lo. As esferas foram abandonadas, as órbitas dos planetas ao redor do Sol deixaram de ser circunferências e passaram a ser elipses.

Um pouco mais tarde o Homem tomou consciência que o Sol, a Terra, a Lua, os planetas e demais corpos do Sistema Solar, faziam parte de uma estrutura de bilhões de estrelas, a nossa galáxia. Descobriu que estamos na periferia de nossa galáxia girando em torno de seu centro. Descobriu ainda que existem bilhões de galáxias e aos poucos chegou ao Universo do Big Bang.

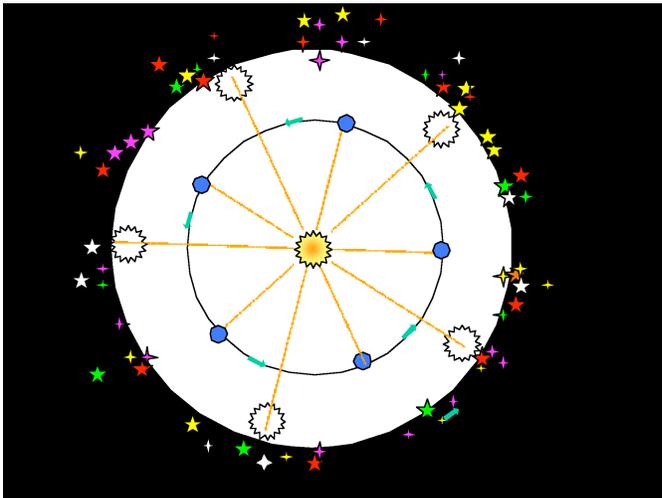
Movimento aparente da Lua no céu

O movimento da Lua no céu, em relação às estrelas, pode ser facilmente explicado pelo movimento da Lua ao redor da Terra. Perceba na figura que a medida que a Lua gira ao redor da Terra, olhando da Terra veremos a Lua ora na direção de um grupo de estrelas ora na direção de outro e assim por diante.



Movimento aparente do Sol no céu

O movimento do Sol em relação às estrelas ou a alteração na configuração do céu noturno, constelações vistas somente em determinadas épocas do ano, pode ser explicado pelo movimento da Terra ao redor do Sol,



como na figura a seguir. Da mesma forma que no caso da Lua, com a diferença que agora é a Terra que gira ao redor do Sol, veremos o Sol, se pudéssemos “apagá-lo”, ora na direção de um grupo de estrelas ora na direção de outro. Ou se quisermos, pense que o céu noturno é aquele oposto ao Sol. Dessa forma, perceba que à medida que a Terra vai se deslocando ao redor do Sol, o céu oposto a ele também vai mudando.

Sugestão de leitura:

“O Céu” – Rodolpho Caniato, Projeto Brasileiro para o Ensino de Física, Vol.1

“Ciência Hoje na Escola” – Vol. Céu e Terra