

MUSEU DE TOPOGRAFIA PROF. LAUREANO IBRAHIM CHAFFE
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA – UFRGS

ASTRONOMIA: MÁGIA, RELIGIÃO OU CIÊNCIA?

Original em espanhol:

<http://www.astromia.com/historia/astromagia.htm>

Tradução e ilustrações:

Iran Carlos Stalliviere Corrêa – Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe, Departamento de Geodésia, IG/UFRGS.

O céu era algo mágico e incompreensível para os homens primitivos. Contemplavam o céu com admiração e, convencidos de sua influência na vida humana, constituíram-no como base das primeiras crenças religiosas.



O Homem primitivo e o céu

Logo observaram a diferença entre as simples estrelas (*que acreditavam fixas*) e os astros com movimentos visíveis a vista desarmada, como a Lua, o Sol, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Agruparam as constelações as quais denominaram de: Gêmeos, Câncer, Balança, etc.

A periodicidade na sucessão das fases da Lua conduziu na criação do **mês lunar**; a regularidade no crepúsculo e no ocaso do Sol, assim como sua trajetória do nascente ao poente, desembocou na noção do dia solar e conduziu ao estabelecimento de um **horário**.

A observação dos movimentos solares com relação às estrelas fixas revelou que o Sol percorre as doze constelações do Zodíaco (*se dividiu a esfera celeste em doze setores de 30° cada um*) em um

determinado espaço de tempo, com o qual se obteve a noção do ano e a distribuição deste em **doze meses**. Destas observações derivam as atuais divisões sexagesimais dos ângulos e do tempo.



Kudurru da época de Nabucodonosor I

A ASTRONOMIA NA ANTIGUIDADE

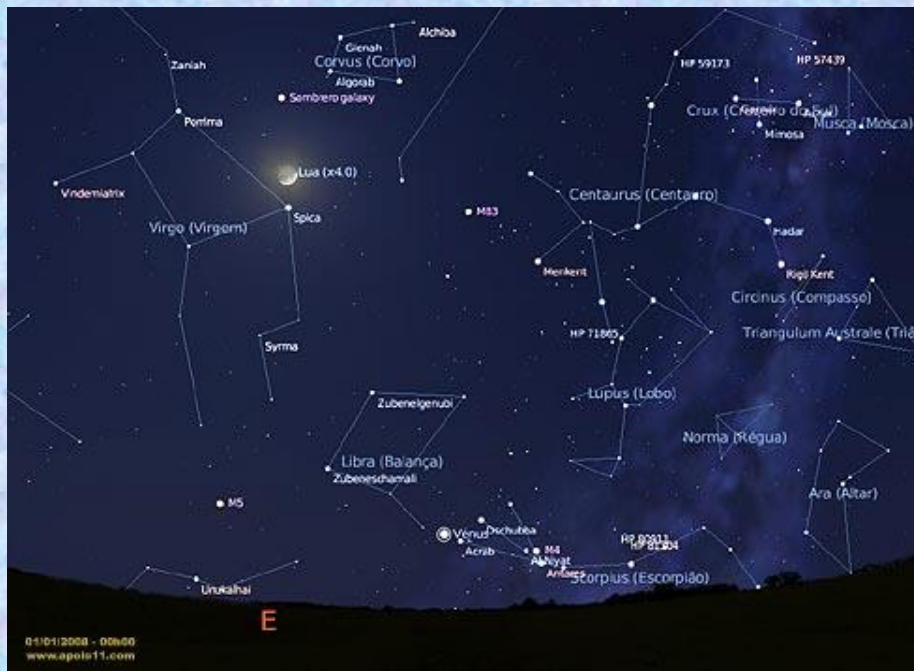


A curiosidade humana, a respeito do dia e da noite, do Sol, da Lua e das estrelas, levou os homens primitivos à conclusão de que os corpos celestes parecem se mover de forma regular. A primeira utilidade desta observação foi a de definir o **tempo** e orientar-se.

A astronomia solucionou os problemas imediatos das primeiras civilizações: a necessidade de estabelecer com precisão as épocas adequadas para semear e colher as plantações e para as celebrações, e a de orientar-se nos deslocamentos e viagens.

Para os povos primitivos o céu mostrava uma conduta muito regular. O Sol que separava o dia da noite saía todas as manhãs, a

partir de uma determinada direção, o Leste, e se movia uniformemente durante o dia e ia se pôr na direção oposta, o Oeste. Durante a noite se podiam ver milhares de estrelas que seguiam uma trajetória similar.



Vista da Lua e de algumas constelações

Nas **zonas temperadas**, comprovaram que o dia e a noite não duravam o mesmo tempo, ao longo do ano. Nos dias mais longos, o Sol saía mais a Norte e ascendia mais alto no céu, ao meio-dia. Nos dias, com noites mais longas, o Sol saía mais ao Sul e não ascendia tanto.



A caça primitiva

Tendo o conhecimento dos movimentos cíclicos do Sol, da Lua e das estrelas, mostraram sua utilidade para a previsão de fenômenos como o **ciclo das estações**, de cujo conhecimento dependia a sobrevivência de qualquer grupo humano. Quando a atividade principal era a caça, era transcendental prever o instante em que se produzia a migração estacional dos animais que lhes serviam de alimento e,

A ASTRONOMIA NA EUROPA ANTIGA

Antigos povos que habitaram a Europa tiveram conhecimentos avançados dos movimentos dos astros, da matemática e da geometria. Realizaram grandes construções para a prática da astronomia observacional, determinaram os solstícios e equinócios e puderam prever os eclipses.



Megalito de Stonehenge - Inglaterra

Os astrônomos das culturas megalíticas tiveram conhecimentos realmente surpreendentes dos movimentos dos astros e da geometria prática. Demonstram-nos, que possuíam esse grande saber, os grupos de grandes **pedras eretas** (*megalitos, alguns de mais de 25 toneladas de peso*), dispostos de acordo com esquemas geométricos regulares, encontrados em muitas partes do mundo.

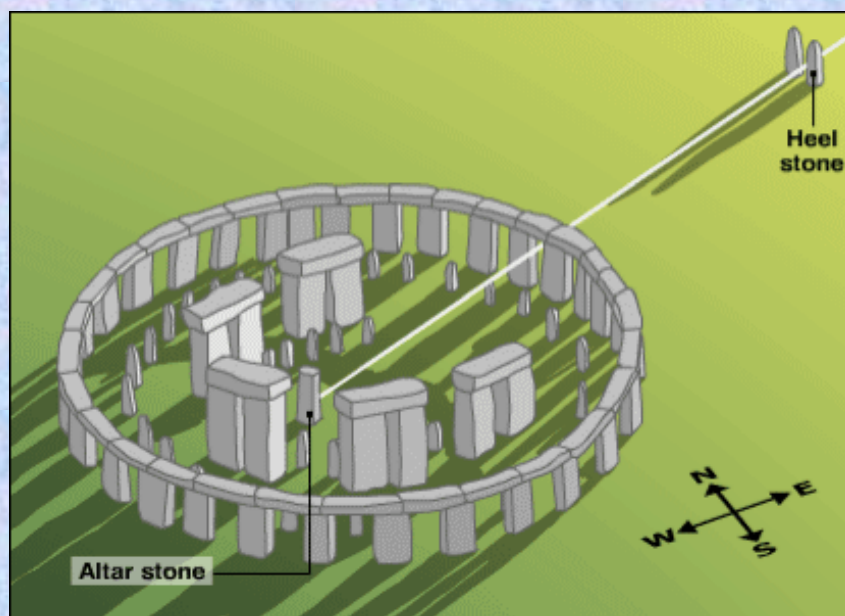
Alguns desses círculos de pedras foram erguidos de modo que assinalassem o nascer e o pôr do Sol e da Lua em momentos específicos do ano; assinalam especialmente as oito posições extremas da Lua em suas trocas de declinação, do ciclo de 21 dias, que media entre uma lua cheia e a seguinte.

Vários destes observatórios se encontram preservado até nossos dias, sendo os mais famosos os de **Stonehenge** na Inglaterra e **Carnac** na França.



Alinhamentos de Carnac - França

Stonehenge tem sido um dos mais extensamente estudados. Foi construído em várias fases entre os anos de 2.200 e 1.600 a.C. Sua utilização, como instrumento astronômico, permitiu ao homem do megalítico realizar um calendário bastante preciso e prever eventos celestes como eclipses lunares e solares.



Maquete de Stonehenge

Stonehenge foi erguido a 51° de latitude norte e teve em conta o fato de que o ângulo existente entre o ponto do nascer do Sol, no solstício de verão, e o ponto mais meridional do nascer da Lua é um ângulo reto. O círculo de pedras, que se dividia em 56 segmentos,

podia ser utilizado para determinar a posição da Lua ao longo do ano, para averiguar as datas dos solstícios de verão e inverno e para prever os eclipses solares.



Vista do Sol pelo alinhamento de Stonehenge

Os círculos de pedras deram ao homem do megalítico, na Europa, um calendário bastante seguro, requisito essencial para seu assentamento em comunidades agrícolas organizadas antes do último período glacial, uns 10.000 anos a.C.

Porém, ainda que o europeu primitivo aprendeu a se servir do firmamento para regular sua vida, seguiu adorando os astros, considerados como residência ou incluso como manifestação de poderosos deuses que o controlavam todo.

A ASTRONOMIA NO ANTIGO EGITO

Os egípcios observaram que as estrelas realizam um giro completo em pouco mais de 365 dias. Ademais este ciclo de 365 dias do Sol concorda com o das estações, e já antes de 2.500 a.C. os egípcios usavam um calendário baseado nesse ciclo, pelo que cabe supor que utilizavam a observação astronômica de maneira sistemática desde o quarto milênio.



Aton o Deus Sol dos Egípcios

O **ano civil egípcio** tinha 12 meses de 30 dias, mais 5 dias chamados epagômenos. A diferença era de $\frac{1}{4}$ de dia em relação ao ano solar. Não utilizavam os anos bissextos: 120 anos depois se aumentava um mês, de tal forma que 1.456 anos depois o ano civil e o astronômico voltavam a coincidir novamente.

O Nilo iniciava seu período de cheias mais ou menos no momento em que a estrela Sothis, nossa Sírio, (ou *Sepedet para os egípcios*), podia ser vista novamente, pois se encontrava abaixo da linha do horizonte, pouco antes do nascer do Sol.

O calendário egípcio tinha **três estações** de quatro meses cada uma:

- Inundação ou Akhet.
- Inverno ou Peret, que quer dizer "*saída*" das terras fora da água.
- Verão ou Shemú, que quer dizer "*falta de água*".

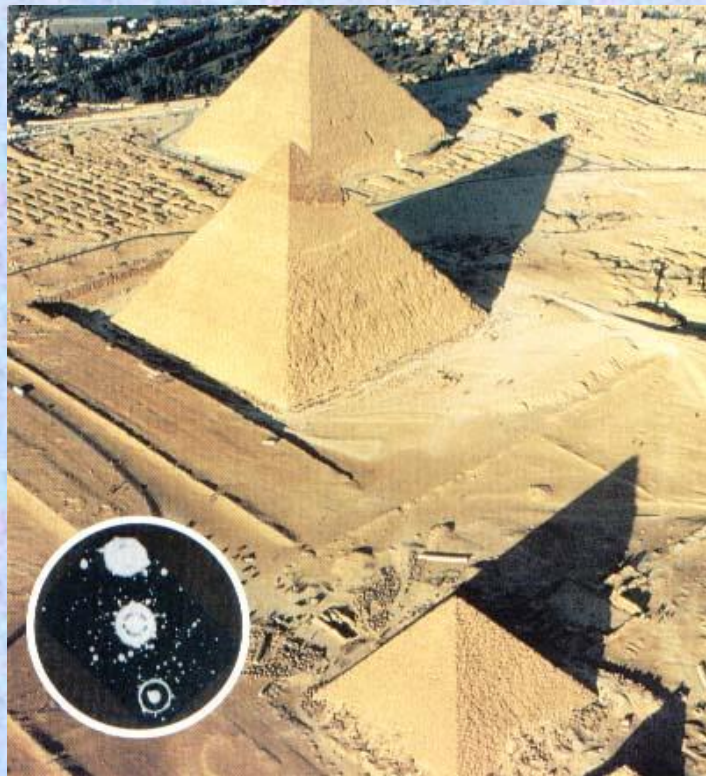
O início do ano egípcio ocorria no primeiro dia do primeiro mês da Inundação, aproximadamente quando a estrela Sírio começava a ser novamente observada, um pouco antes do nascer do Sol.

Do final da época egípcia (144 d.C.) são os chamados papiros de **Carlsberg**, aonde se descreve um método para determinar as fases da Lua, procedente de fontes muito antigas. Nele se estabelece um ciclo de 309 lunações por cada 25 anos egípcios, de tal forma que estes 9.125 dias se dispõem em grupos de meses lunares de 29 e 30 dias. O conhecimento deste ciclo permitia aos sacerdotes egípcios situar no calendário civil as festas móveis lunares.



Papiro de Carlsberg

A orientação de templos e pirâmides é outra prova do tipo de conhecimentos astronômicos dos egípcios: as faces de Se construíram pirâmides como a de Gize, alinhadas com a estrela polar, com a qual era possível determinar o início das estações usando para isso a posição da sombra da pirâmide. Também utilizaram as estrelas para guiar a navegação.



As Pirâmides e as Estrelas de Órion, mesmo alinhamento

O legado da astronomia egípcia chega até nossos dias na forma do **calendário**. Heródoto, em suas Histórias disse: "os egípcios foram os

primeiros de todos os homens que descobriram o ano, e diziam que o determinaram a partir dos astros".

A perspicaz observação do movimento estelar e planetário permitiu aos egípcios a elaboração de dois calendários, um lunar e outro civil. O calendário Juliano e mais tarde, o Gregoriano, o que usamos atualmente, não são mais que uma modificação do calendário civil egípcio.

ASTRONOMIA NA BABILÔNIA

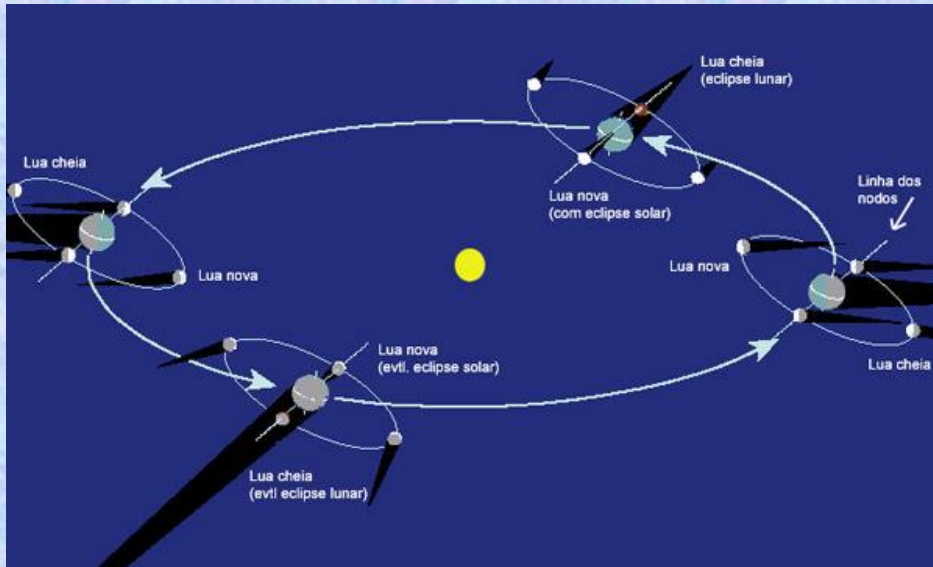


Os babilônios estudaram os movimentos do Sol e da Lua para aperfeiçoar seu calendário. Designaram como o início de cada mês o dia seguinte ao da lua nova, quando aparece o primeiro quarto lunar. Em princípio este dia se determinava mediante a observação, porém depois os babilônios trataram de calcular o mesmo, antecipadamente.

As primeiras atividades astronômicas que se conhece dos Babilônios datam do século VIII a.C. Se conhece que os mesmos mediram com precisão o mês e a revolução dos planetas.

A observação mais antiga de um eclipse **solar** procede também dos Babilônios e se remonta ao dia 15 de junho de 763 a.C. Os babilônios calcularam a periodicidade dos eclipses, descrevendo o ciclo de Saros, o qual ainda hoje se utiliza. Construíram um **calendário lunar** e dividiram o dia em 24 horas. Felizmente chegaram até nossos dias muitas das descrições e nomes das constelações.

Por volta de 400 a.C. comprovaram que os movimentos aparentes do Sol e da Lua de Oeste a Leste, ao redor do zodíaco, não tem uma velocidade constante. Parece que estes corpos se movem com velocidade crescente durante a primeira metade de cada revolução até um máximo absoluto e então sua velocidade diminui até o mínimo originário. Os babilônios intentaram representar este ciclo aritmeticamente dando, por exemplo, à Lua uma velocidade fixa para seu movimento durante a metade de seu ciclo e uma velocidade fixa diferente para a outra metade.



A Terra em órbita do Sol e a Lua em órbita em torno da Terra. Para que os eclipses no topo da imagem se repita, será necessário atingir a mesma configuração dos astros. Por sinal, isto acontece aproximadamente cada 18 anos, a este período é denominado Ciclo de Saros.

Aperfeiçoaram o método matemático representando a velocidade da Lua como um fator que aumenta linearmente do mínimo ao máximo durante a metade de sua revolução e então decresce ao mínimo no final do ciclo. Com estes cálculos os astrônomos babilônios podiam prever a lua nova e o dia em que começaria o novo mês. Como consequência conheciam as posições da Lua e do Sol, todos os dias do mês.

Da mesma forma calculavam as posições planetárias, tanto em seu movimento em direção a Leste como em seu movimento retrógrado. Os arqueólogos encontraram tábuas cuneiformes que mostram estes cálculos. Algumas destas tábuas, que têm sua origem nas cidades de Babilônia e Uruk, as margens do rio Eufrates, levam o nome de **Naburiannu** (491 a.C.), ou **Kidinnu** (379 a.C.), astrólogos que deviam ser os inventores dos sistemas de cálculo.



Tábuas com a lista dos eclipses entre 518 e 465 a.C., mencionando a morte do rei Xerxes – (Kidinnu)

ASTRONOMIA CLÁSSICA



Os gregos relacionaram os movimentos dos astros entre si e idealizaram um **cosmos de forma esférica**, cujo centro era ocupado por um corpo ígneo e ao seu redor giravam a Terra, a Lua, o Sol e os cinco planetas conhecidos; a esfera terminava no céu das esferas fixas: Para completar o número de dez, que consideravam sagrado, imaginaram um décimo corpo, a **Anti-Terra**.

Os corpos descreviam, segundo eles, órbitas circulares, que guardavam proporções definidas em suas distâncias. Cada movimento produzia um som particular e todos juntos originavam a música das esferas.

Também descobriram que a Terra, além do movimento de **rotação**, tinha um movimento de **translação** ao redor do Sol, entretanto esta idéia não logrou prosperar no mundo antigo, devido à crença de que a Terra era o centro do Universo.

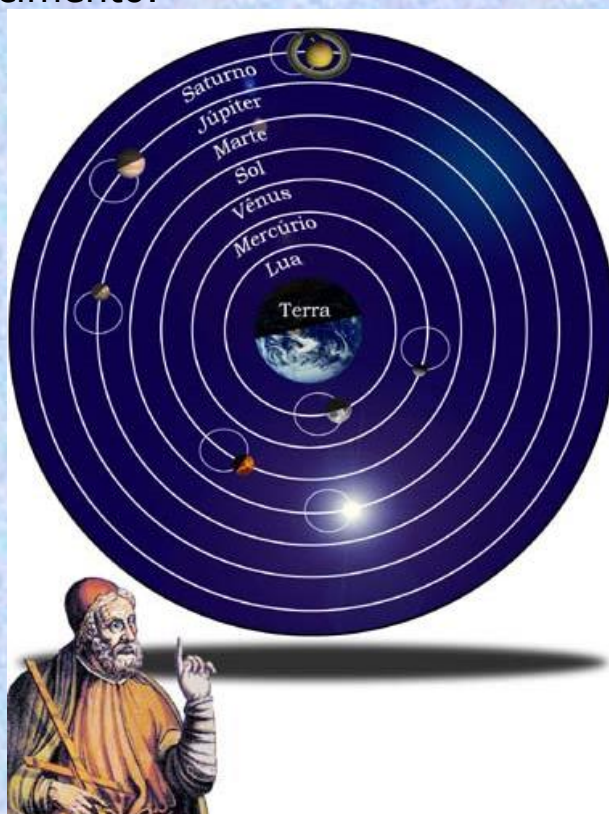


A concepção grega do Universo

Eudóxio e seu discípulo **Calipo** propuseram a teoria das **esferas homocêntricas**, capaz de explicar a cinemática do sistema solar. A teoria partia do fato de que os planetas giravam em esferas perfeitas, com os pólos situados em outra esfera, que por sua vez tinham seus pólos em outra esfera. Cada esfera girava regularmente, porém a combinação das velocidades e a inclinação de uma esfera em relação à seguinte dava como resultado, um movimento irregular do planeta, tal como se observa. Para explicar os movimentos necessitavam 24 esferas.

Calipo melhorou seus cálculos com 34 esferas. **Aristóteles** apresentou um modelo com 54 esferas, porém as considerava reais, não como elementos de cálculo, como seus predecessores. **Hiparco** reduziu o número de esferas para sete, uma para cada planeta, e propôs a teoria **geocêntrica**, segundo a qual a Terra se encontrava no centro, enquanto que os planetas, o Sol e a Lua giravam ao seu redor.

Claudio Ptolomeu adotou e desenvolveu o sistema de Hiparco. O número de movimentos periódicos conhecidos naquele momento era bastante grande: faltavam uns oitenta círculos para explicar os movimentos aparentes dos céus. O próprio **Ptolomeu** chegou à conclusão de que tal sistema não podia ter realidade física, considerando-o uma conveniência matemática. Entretanto foi o que se adotou até o Renascimento.



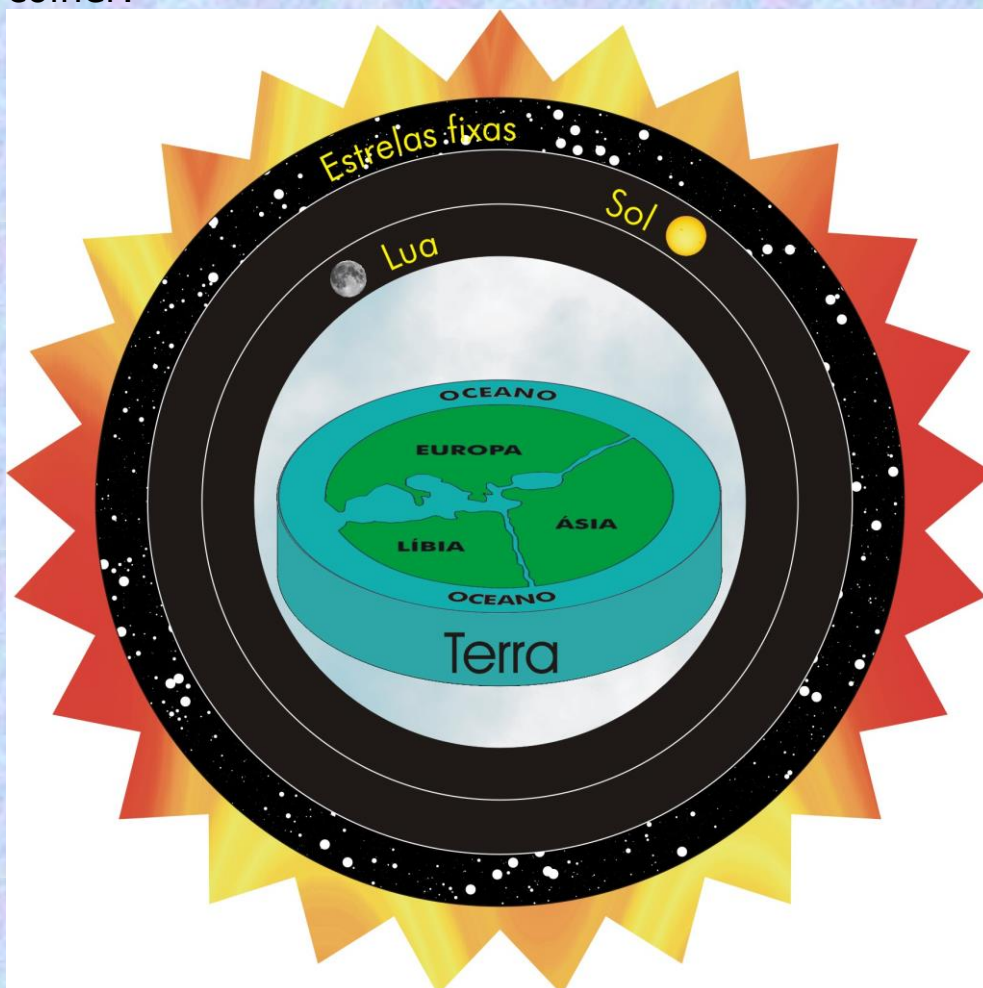
Modelo cosmológico de Ptolomeu

ASTRONOMIA NA ANTIGA GRÉCIA



Teve início na **Grécia** o que hoje conhecemos como astronomia ocidental. No início da história da Grécia, se considerava que a terra era um **disco** em cujo centro se encontrava o **Olimpo** e ao seu redor o **Okeanos**, o mar universal. As observações astronômicas tinham como fim primordial, servir como guia para os agricultores, para o que se trabalhou intensamente na elaboração de um **calendário** que fosse útil para estas atividades.

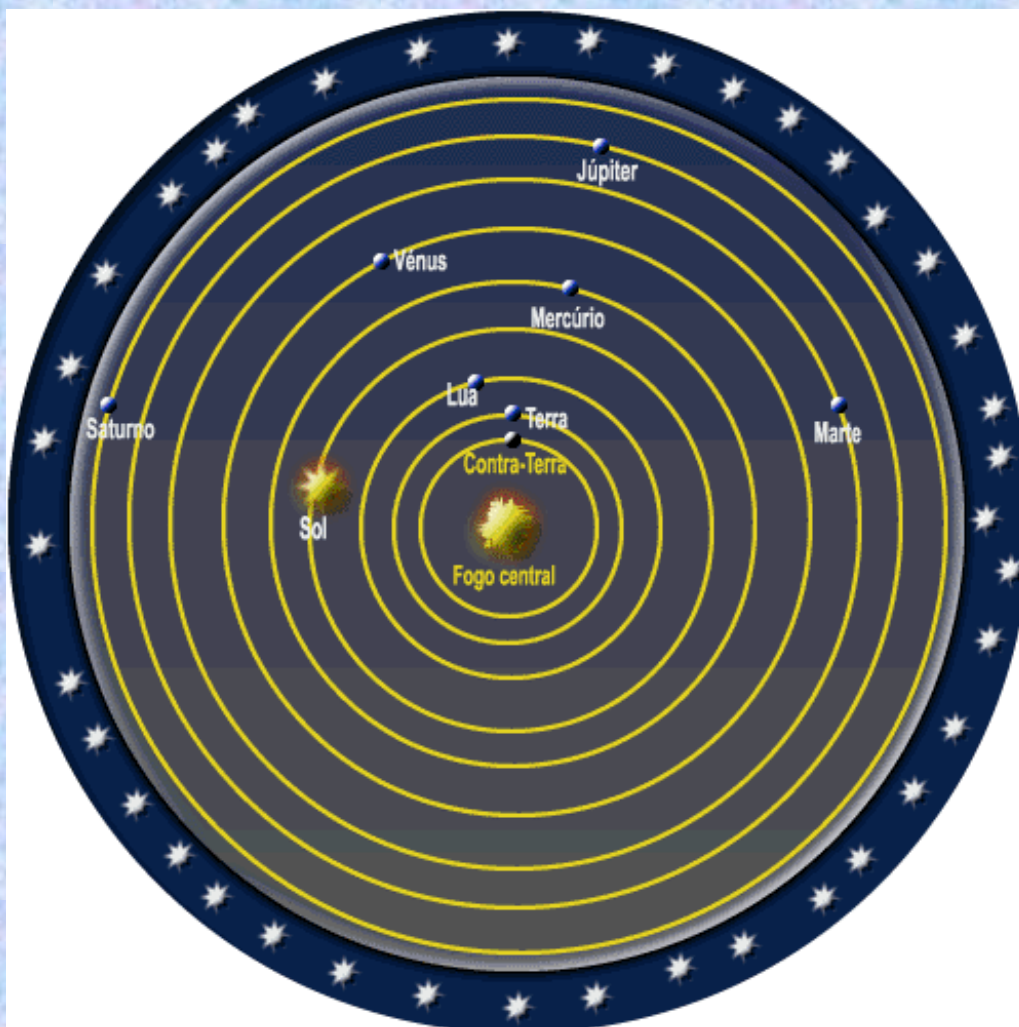
A Odisséia de Homero já se refere a constelações como a Ursa Maior e Orión, e descreve como as estrelas podem servir de guia na navegação. A obra "**Los trabajos y los días**", de Hesíodo, informa sobre as constelações que aparecem antes do amanhecer, em diferentes épocas do ano, para indicar o momento oportuno de arar, semear e colher.



A Terra na forma de um disco, imaginada pelos Gregos

Os aportes científicos gregos, mais importantes, se associam com os nomes dos filósofos **Tales de Mileto** e **Pitágoras**, porém não se conservam nenhum de seus manuscritos. A lenda diz que Tales previu um eclipse total do Sol em 28 de maio de 585 a.C., parece ser apócrifo.

Por volta do ano de 450 a.C., os gregos começaram um frutífero estudo dos movimentos planetários. **Filolao** (*século V a.C.*), discípulo de Pitágoras, acreditava que a Terra, o Sol, a Lua e os planetas giravam todos ao redor de um fogo central oculto por uma "**contra-terra**" interposta. De acordo com sua teoria, a revolução da Terra ao redor do fogo a cada 24 horas, explicava os movimentos diários do Sol e das estrelas.



A concepção do Universo por Filolao

O mais original dos antigos observadores dos céus foi outro grego, **Aristarco de Samos**. Acreditava que os movimentos celestes podiam ser explicados mediante a hipótese de que a Terra gira sobre seu eixo uma vez cada 24 horas e que junto com os demais planetas, gira em torno do Sol.

Esta explicação não foi aceita pela maioria dos filósofos gregos que contemplavam a Terra como um **globo imóvel**, ao redor do qual giram os objetos celestes. Esta teoria, conhecida como **sistema geocêntrico**, permaneceu inalterada uns 2.000 anos. Suas bases eram:

- Os Planetas, o Sol, a Lua e as Estrelas se movem em órbitas circulares perfeitas.
- A velocidade dos Planetas, do Sol, da Lua e das Estrelas é perfeitamente uniforme.
- A Terra se encontra no centro exato do movimento dos corpos celestes.

Com base nestes princípios, **Eudoxo** (408-355 a.C.), foi o primeiro em conceber o universo como um conjunto de 27 esferas concêntricas que rodeiam a Terra, a qual por sua vez também era uma esfera. **Platón** e um de seus mais destacados alunos, **Aristóteles** (384-322 a.C.), mantiveram o sistema idealizado por Eudóxo agregando-lhe não menos de cinquenta e cinco esferas em cujo centro se encontrava a Terra imóvel.



Universo Geocêntrico de Eudóxo

Porém o centro da vida intelectual e científica se trasladou de Atenas para Alexandria, cidade fundada por Alexandro Magno e modelada segundo o ideal grego.

A ASTRONOMIA SE TRASLADA PARA A ALEXANDRIA



No século II d.C. os gregos combinavam suas teorias celestes com observações trasladadas a planos. Os astrônomos **Hiparco de Nicéa** e **Ptolomeu** determinaram as posições de umas 1.000 estrelas brilhantes e utilizaram este mapa estelar, como base para medir os movimentos planetários.

Ao substituir as esferas de Eudoxo por um sistema mais flexível de círculos, prantearam uma série de círculos excêntricos, com a Terra próxima de um centro comum, para representar os movimentos gerais em direção a Leste, ao redor do zodíaco, a diferentes velocidades do Sol, da Lua e dos planetas.

Para explicar as variações periódicas na velocidade do Sol e da Lua e os retrocessos dos planetas, diziam que cada um desses corpos giravam uniformemente ao redor de um segundo círculo, chamado **epiciclo**, cujo centro estava situado no primeiro. Mediante a escolha adequada dos diâmetros e as velocidades dos dois movimentos circulares, atribuídos a cada corpo, se podia representar seu movimento observado. Em alguns casos se necessitava de um terceiro corpo.

Ptolomeu compilou o saber astronômico de sua época nos treze tomos do «**Almagesto**». Expôs um sistema onde a Terra, no centro, estava rodeada por esferas de cristal dos outros 6 astros conhecidos. A terra não ocupava exatamente o centro das esferas e os planetas tinham um **epiciclo** (*sistema criado por Apolônio de Pergamo e aperfeiçoado por Hiparco*), cujo eixo era a linha da órbita que girava ao redor da terra chamada **deferente**.

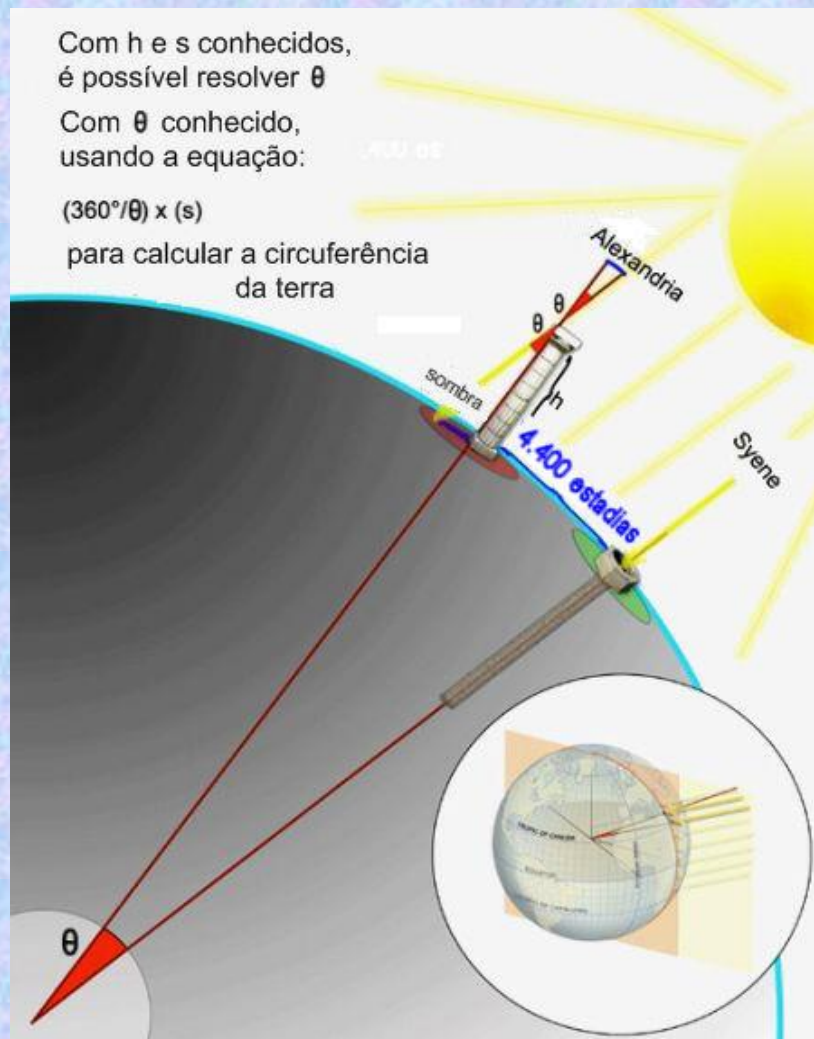


O Almagesto

Como o planeta gira ao redor de seu epiciclo, se aproxima e se afasta da terra mostrando às vezes um movimento retrogrado. Este sistema permitia realizar previsões dos movimentos planetários, ainda que tivessem uma precisão muito pobre. Apesar disso foi popularizado e aceito mais do que um modelo verdadeiro, como uma ficção matemática útil. Calcula-se que o universo ptolomaico só media 80 milhões de quilômetros.

Outra pensadora que, como **Ptolomeo**, manteve viva a tradição da astronomia grega na Alexandria, nos primeiros séculos da era cristã, foi **Hipatia**, discípula de **Platão**. Escreveu comentários sobre temas matemáticos e astronômicos e é considerada como a primeira científica e filósofa do Ocidente.

Outros logros da Astronomia na Alexandria foram o cálculo da circunferência da terra por **Eratóstenes** e as primeiras medições das distâncias ao Sol e a Lua. Foram desenhados catálogos estelares como os de **Hiparco de Nicéia** e o descobrimento da **precessão dos equinócios**.



Determinação da circunferência da Terra por Eratóstenes

A ASTRONOMIA EM ROMA



O império Romano, tanto em suas épocas pagã como cristã, deu pouco ou nenhum impulso ao estudo das ciências. Roma era uma sociedade prática que respeitava a técnica, porém considerava a ciência tão pouco útil como a pintura e a poesia.

Os conhecimentos astronômicos, durante este período, são os que já se conheciam na época Helênica, isto é, algumas teorias **geocêntricas** (*Aristotélicas*) e a existência dos planetas visíveis, a vista desarmada, **Vênus**, **Marte**, **Júpiter** e **Saturno**, com especial menção ao nosso satélite natural, a **Lua** conhecida desde sempre e considerada como uma Deusa.

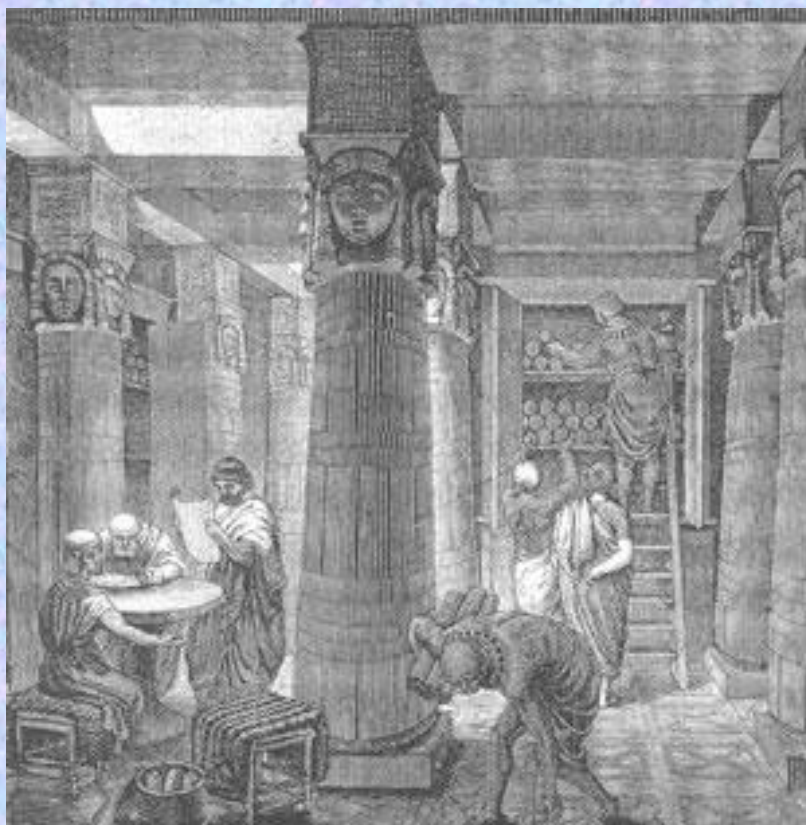
Não podemos deixar de mencionar o filósofo romano **Lucrecio**, do século I a.C., e sua famosa obra "**De Rerum Natura**", na qual

encontramos uma concepção do Universo, muito próxima à moderna, em alguns sentidos, e estranhamente retrógrada, em outros.

Segundo **Lucrecio**, a matéria estava constituída de átomos. Estes se encontram eternamente em movimento, se unem e se separam constantemente, formando e desfazendo terras e sois em uma sucessão sem fim. Nosso mundo é somente um entre um infinito de mundos coexistentes; a Terra foi criada pela união casual de inúmeros átomos e não está longe seu fim, quando os átomos que a formam se desagregarem.

Porém **Lucrecio** não podia aceitar que a Terra fosse redonda. Na realidade, quando Lucrecio falava de um número infinito de mundos se referia a sistemas semelhantes ao qual acreditava e que era o nosso: uma **terra plana** contida em uma **esfera celeste**. Porém indubitavelmente, apesar de seus desacertos, a visão cósmica de Lucrecio não deixa de ser curiosamente profética.

Acredita-se que os cristãos fanáticos destruíram a **Biblioteca de Alexandria** aonde se concentrava o saber da humanidade até esse momento, a academia de Platão foi fechada, o Serapetum de Alexandria, centro do saber, foi destruído e foram assassinados muitos dos sábios que se encontravam em seus campos.



Biblioteca de Alexandria

Os estudiosos fugiram de Alexandria e de Roma para Bizâncio e a ciência teve uma nova etapa de desenvolvimento no âmbito do Islã.

A ASTRONOMIA NA CORTE VISIGODA



São Isidoro de Sevilha (560-636) escreveu um tratado científico intitulado "**De rerum natura**" (*Sobre a natureza*), a inícios do século VII, a pedido do rei **Sisebuto**, que reinou na Espanha visigoda entre os anos de 612 e 621.

Este livro, que logo ficou conhecido em toda a Europa, tratava de sintetizar o conhecimento científico de seu tempo, e abraçava diversas matérias, com um especial enfoque na divulgação da astronomia.

O próprio rei Sisebuto, na resposta a São Isidoro, após ter recebido o livro, tratou de dar uma explicação aos eclipses da Lua e do Sol. A partir de então, o livro de Isidoro e a carta de Sisebuto foram conhecidos de forma conjunta.

Apesar das discussões, no caso de Sisebuto, sua crença em uma **terra esférica**, parece desprender-se da leitura de seu texto, já que fala de "**umbra rotae**" (*sombra redonda*) e de **globulos**. O processo de um eclipse, em seu conjunto (*um Sol que ao girar ocasiona sempre uma forma igual na sombra que é cortada pela Lua*), também implica uma terra na forma de esfera.

A pesar de sua admiração ao sábio hispânico, Sisebuto não seguiu ao pé da letra suas teorias, e assim sua crença na luminosidade própria das estrelas e dos planetas contradiz a São Isidoro, que pensava que estas não tinham luz própria e que eram iluminadas pelo Sol, igual como era a Lua.

A ASTRONOMIA ÁRABE



Os Árabes foram os que, após a decadência dos estudos Gregos e a entrada do ocidente em uma fase obscura, durante os séculos X a XV, continuaram com as investigações em astronomia, deixando um importante legado: traduziram o **Almagesto** e catalogaram muitas estrelas com os nomes que se utilizam ainda hoje, como Aldebaram, Rigel e Deneb.

Entre os astrônomos árabes mais destacados se encontram **Al Batani**, **Al Sufi** e **Al Farghani**, uma autoridade no sistema solar que calculou que a distância a Saturno era de 130 milhões de quilômetros (*sua distância é 10 vezes maior*).

Os **Omeyas**, uma das tribos fronteiriças árabes, que haviam servido como soldados auxiliares aos romanos e se haviam helenizado, constituem a ponta de lança para a introdução da atividade científica no mundo árabe.

No ano 700 os **Omeyas** fundaram, em Damasco, um observatório astronômico. Em 773 **Al-Mansur** mandou traduzir as obras astronômicas hindus, os **Siddhantas**.

No ano 829 **Al-Mamúm** fundou o observatório astronômico de Bagdá, onde se desenvolveram estudos sobre a **obliquidade da eclíptica**. Por sua parte, **Al-Farghani** confecciona, pouco depois, "**El libro de reunión de las estrellas**", um extraordinário catálogo com medidas muito precisas das estrelas.

Al-Battani, um dos gênios astronômicos da época, trabalhou em seu observatório Ar-Raqqá, as margens do rio Eufrates para determinar e corrigir as principais constantes astronômicas. Suas medições sobre a **obliquidade da Eclíptica** e **Precessão dos Equinócios** foram mais exatas que as de Claudio Ptolomeo.

Em 995 **Al-Hakin** fundou, na cidade do Cairo, a "**Casa de la Ciencia**" e, pouco depois, por volta do ano 1000, **Ibn Yunis** recopilou as observações astronômicas dos últimos 200 anos e publicou as "**Tablas Hakenitas**", chamadas assim por seu protetor, Al-Hakin. Ao mesmo tempo, **Avicena** ou Ibn Sina elaborou seu "**Compendio del**

Almagesto" e um ensaio sobre "**a inutilidade da adivinhação astrológica**".

Em 1080 **Azarquiel** elaborou as "**Tablas Toledanas**", utilizadas por mais de um século, para estabelecer o movimento dos planetas.

Os astrônomos árabes começaram a rechaçar a concepção dos Epíclis de Ptolomeu, muito antes do renascimento na Europa, já que segundo seus estudos, os planetas deviam girar ao redor de um corpo central e não em torno a um ponto. Nesta concepção jogaram especial papel, **Averrões**, **Abúqueber** e **Alpetragio**.

Em 1262 **Nasir al-Din al-Tusi** (*Mohammed Ibn Hassan*), assistido com astrônomos chineses, culminou com êxito a construção do observatório de Maragheh. Modificou o modelo de Ptolomeo, realizando traçados de grande precisão dos movimentos dos planetas.

A ASTRONOMIA NA IDADE MÉDIA



A astronomia grega se transmitiu até o Leste, aos **sírios**, **indianos** e **árabes**, depois da queda do Império Romano. Os astrônomos árabes recopilaram novos catálogos de estrelas, nos séculos IX e X, e desenvolveram tabelas do movimento planetário. O astrônomo árabe **Azarquiel**, máxima figura da escola astronômica de Toledo, do século XI, foi o responsável das "**Tablas toledanas**", que influenciaram notavelmente a Europa.

Em 1085, ano da conquista da cidade de Toledo pelo rei Alfonso VI, se iniciou um movimento de tradução do árabe para o latim, que despertou o interesse pela astronomia (*entre outras ciências*) em toda Europa.



Alfonso VI de Castela

Na Escola de tradutores de Toledo, se traduziram as "**Tablas toledanas**" e o "**Almagesto de Ptolomeo**" e, em 1272, se elaboraram as "**Tabelas alfonsinas**" sob o patrocínio de Alfonso X, o Sábio; estas tabelas substituíram as de Azarquiel nos centros científicos europeus. Junto à obra histórica e jurídica, Alfonso X fomentou a tradução de livros astronômicos e astrológicos, em especial de procedência árabe e judia, traduzidos em geral ao latim e desta ao castelhano. Entre estes se podem citar os Livros do saber de astronomia.

Os trabalhos de investigação e tradução desta admirável escola permitiram que obras fundamentais da antiga cultura grega fossem resgatadas do esquecimento e transmitidas a Europa medieval, através da Espanha. A partir destas versões, e graças às mesmas, a Espanha transmitiu a Europa todos aqueles saberes que cobriam campos como a geografia, a astronomia, a cartografia, a filosofia, a teologia, a medicina, a aritmética, a astrologia, a botânica, entre outros. Esta escola foi a origem e a base do renascer científico e filosófico das famosas escolas de **Chartres** e, mais tarde, da **Sorbonne**.

Durante este período, na Europa, dominaram as teorias **geocentristas** promulgadas por Ptolomeo e não se apresentou nenhum desenvolvimento importante da astronomia. Somente **Johannes Müller** (*chamado Regiomontanus*) começou a realizar e reunir novas medições e observações.

No século XV começaram a surgir dúvidas sobre a teoria de Ptolomeu: o filósofo e matemático alemão **Nicolas de Cusa** e o artista e científico italiano **Leonardo da Vinci**, questionaram os suportes básicos da posição central e a imobilidade da Terra. Havia iniciado o **Renascimento**.

A ASTRONOMIA EM OUTRAS CULTURAS



Estudos realizados por paleontólogos e antropólogos em diferentes tribos parecem demonstrar a necessidade das sociedades por guardar um registro dos sucessos do firmamento, a fim de obter conhecimento acerca de sucessos tais como as estações de migração das aves, o retorno dos períodos menstruais ou a necessidade de orientação.

Foram encontrados centenas de **calendários rudimentares**, cuja idade se aproxima dos 30.000 anos, em locais tão distantes como América, África, Europa ou o extremo oriente.

Enquanto que a astronomia européia e árabe evoluíam lentamente, em outros remotos lugares o faziam de diversas formas. Sem conhecimento mutuo e, por tanto, sem comunicação, a astronomia dessas culturas teve um desenvolvimento distinto do ocidental, na maioria dos casos totalmente ligada a religião e posta ao serviço de reis, imperadores, magos e sacerdotes.

A ASTRONOMIA NA ANTIGA CHINA



Sabemos pouco da astronomia na antiga **China**. Entretanto, se sabe que é mais antiga que a astronomia ocidental e que, por estar tão afastada dessa, teve um desenvolvimento totalmente independente.

Os chineses consideravam o universo como uma laranja que pendia da estrela polar ficando suas 284 constelações em 28 segmentos ou casas em que dividiam o universo. A antiga astronomia estelar chinesa difere muito da babilônica e da ocidental. O equador celeste se dividia em 28 «casas» e o número de constelações ascendia ao final a 284.

Igual que na Babilônia, o antigo **calendário chinês**, do principio do século II a. C., é um ano luni-solar, com ciclos bissextos de 19 anos. A obra "**Calendário de três ciclos**", escrita no principio de nossa era e cujo autor é Liu Hsin, descreve a história da astronomia chinesa desde o terceiro milênio.

Os astrônomos da corte imperial chinesa observaram fenômenos celestes extraordinários cuja descrição chegaram, em muitos casos, até nossos dias. Estas crônicas são, para o investigador, uma fonte valiosíssima porque permitem comprovar a aparição de novas estrelas, cometas, etc. Também os eclipses se controlavam desta maneira.

Pelo contrário, o estudo dos planetas e da Lua não esteve até o século I a.C. em condições de proporcionar previsões suficientemente exatas dos fenômenos celestes.



Astrônomos Chineses

Conta-se na história dos dedicados astrônomos da corte, **Hsi** e **Ho**, que foram executados por haver posto em perigo a seguridade do mundo, ao deixar de prever uma eclipse do Sol.



O círculo branco, neste antigo mapa chinês, marca a posição da supernova de 1054 que deu origem à nebulosa do caranguejo

A concepção do Universo na China antiga se encontra exposta no "**Chou pei suan ching**", um tratado escrito ao redor do século IV a.C. Segundo a teoria de **Kai t'ien** (que significa: o céu como coberta), o céu e a Terra são planos e se encontram separados por uma distância

de 80.000 li (*um li equivale aproximadamente a meio quilômetro*). O Sol, cujo diâmetro é de 1.250 li, se move circularmente no plano do céu; quando se encontra em cima da China é dia, e quando se afasta se faz a noite.

Posteriormente, se teve que modificar o modelo para explicar o passar do Sol pelo horizonte; segundo a nova versão de **Kai t'ien**, o céu e a Terra são semi-esferas concêntricas, sendo o raio da semi-esfera terrestre de 60.000 li. O texto não explica como se obtiveram as distâncias mencionadas; ao que parecer, o modelo foi desenhado principalmente para calcular, com um pouco de geometria, a latitude de um lugar a partir da posição do Sol.

O **Kai t'ien** era demasiado complicado para cálculos práticos e caiu em desuso com o passar do tempo. Ao redor do século II d.C., se iniciou a utilizar a **esfera armilar** como um modelo mecânico da Terra e o céu. Ao mesmo tempo surgiu uma nova concepção de Universo: a **teoria do hun t'ien** (*céu envolvente*), segundo a qual: "*... o céu é como um ovo de galinha, tão redondo como uma bala de balesta; a Terra é como a gema do ovo, se encontra sozinha no centro. O céu é grande e a Terra pequena.*"

Posteriormente, as teorias cosmogônicas na China giraram ao redor da idéia de que o Universo estava formado por duas substâncias: o **yang** e o **yin**, associadas ao movimento e ao repouso, respectivamente. De acordo com a escola neo-confucionista, representada principalmente por **Chu Hsi**, no século XII, o **yang** e o **yin** se encontravam misturados antes da formação do mundo, porém foram separados pela rotação do Universo. O **yang** móvel foi lançado a periferia e formou o céu, enquanto que o **yin** inerte ficou no centro e formou a Terra; os elementos intermediários, como os seres vivos e os planetas, guardaram proporções variáveis de yang e yin.

A ASTRONOMIA MAIA



Na América, durante a época pré-colombiana, se desenvolveu um estudo astronômico bastante extenso. Algumas observações **Maias** são bem conhecidas, como a eclipse lunar de 15 de Fevereiro de 3.379 a.C. Tinham seu próprio **calendário solar** e conheciam a periodicidade dos eclipses. Inscreveram

em monumentos de pedra fórmulas para prever eclipses solares e a saída helíaca de Vênus.

Se os distintos povos do México antigo chegaram até a fase hieroglífica, os maias lograram a fase **silábico-alfabética** em sua escrita. A numeração iniciada pelos **olmecas** com base vigésimal, a aperfeiçoam os maias, nos séculos III e IV a. C.

Os **maias** conheceram, desde o terceiro milênio a. C., como mínimo um desenvolvimento astronômico muito polifacético. Muitas de suas observações têm chegado até nossos dias (*por exemplo, a eclipse lunar de 15 de fevereiro de 3.379 a. C.*) e se conhecia com grande exatidão as **revoluções sinóticas** dos planetas, a **periodicidade dos eclipses** etc. O calendário começa em uma data zero que possivelmente seja o dia 8 de junho de 8.498 a. C. em nosso conto do tempo, ainda que não seja de todo seguro. Os maias tinham ainda um ano de 365 dias (*com 18 meses de 20 dias e um mês intercalado de 5 dias*).



Observatório Maia de Chichen-Itzá

Os estudos sobre os astros que realizaram os **maias** seguem surpreendendo os científicos. Sua obseção pelo movimento dos corpos celestes se baseava na concepção cíclica da história, e a astronomia foi

a ferramenta que utilizaram para conhecer a influência dos astros sobre o mundo.

O **calendário solar maia** era mais preciso que o que hoje utilizamos. Todas as cidades do período clássico estão orientadas em respeito ao movimento da abóboda celeste. Muitos edifícios foram construídos com o propósito de representar fenômenos celestes na Terra, como "**El Castillo de Chichén Itzá**", aonde se observa a descida de **Kukulkán**, serpente formada pelas sombras que se criam nos vértices do edifício durante os solstícios. As quatro escadas do edifício somam 365 degraus, os dias do ano. No **Códice Dresde** e em numerosas estelas se encontram os cálculos dos ciclos lunar, solar, venusiano e as tabelas de periodicidade dos eclipses.



A serpente Kukulcán



Calendário Maia

A ASTRONOMIA INCA



Na América do Sul, nos Andes Central, culturas **pré-incaicas** realizaram obras como as Linhas de Nazca, ou a Porta do Sol em Tiahawanaco. Na realidade, ainda falta muito a investigar neste aspecto e na atualidade científicos de diferentes partes do mundo tem voltado seus olhos para a América, porque sem dúvida, apesar do saque realizado pelos conquistadores europeus, se podem descobrir muitas coisas mais.

Sem dúvida alguma, os **Incas** formaram o império mais representativo da América do Sul. É precisamente em **Cuzco**, onde muitos investigadores têm encontrado documentos de colonizadores espanhóis que descrevem o **Templo do Sol**, do qual irradiavam quarenta e um eixos denominados **ceques**, cuja disposição implicava lineamentos geomânticos ou astronômicos, que definiam o vale em **328 huacas** as quais cumpriam funções rituais e políticas.



O complexo sistema de Ceques de Cuzco

Os **Incas** conheciam a **revolução sinótica** dos planetas, construíram um **calendário Lunar** para as festas religiosas e um **solar** para a agricultura. Utilizaram elementos como **Marco** ao redor dos povoados para realizar astronomia observacional. Os **Chibchas** conheciam a constelação de Orión e reconheciam a relação entre a saída heliacal de Sírio com o início da temporada de chuvas.



Huacas do Sol e da Lua

O **calendário** consistia em um ano solar de 365 dias, repartidos em 12 meses de 30 dias e com 5 dias intercalados. Sabe-se que o calendário era determinado a partir de observações ao sol e a lua. Para fixar as datas exatas do ano e meses, **Pachacútec** dispôs a edificação de 12 torres ou pilares localizados ao Leste da lacta de Cuzco, chamadas **sucangas**.

Os **Incas** davam muita importância às constelações e estavam muito interessados na medição do tempo para fins agrícolas. Possuíam suas próprias constelações entre as quais, se destacam a **Cruz do Sul** e o **Centauro**. Para eles a via láctea era obscurecida por sacos de carvão. A Astronomia jogou um papel muito importante para a construção de suas cidades.

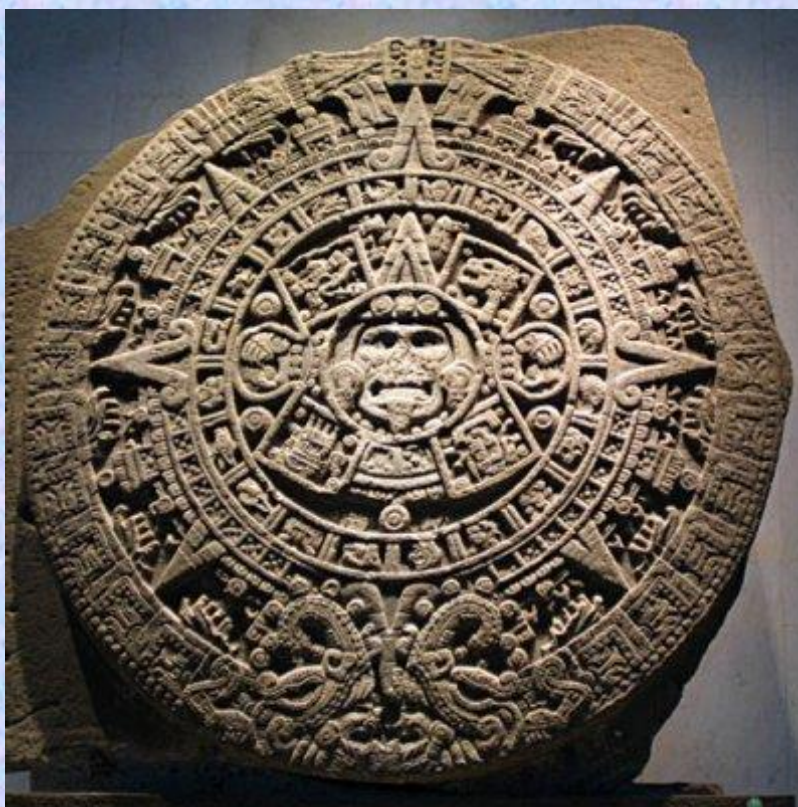
A ASTRONOMIA ASTECA

A civilização **Asteca** surgiu a partir do século X. Seu máximo esplendor foi entre os séculos XIV ao XVI. Os astecas não só desenvolveram a **astronomia** e o **calendário**, se não que estudaram e desenvolveram a **meteorologia**, como uma consequência lógica da aplicação de seus conhecimentos para facilitar seus trabalhos agrícolas.



A representação do **Céu** (*masculino*) e **Terra** (*feminino*) estavam determinados por **Ometecuhtli** e **Omecíhuatl**, respectivamente. As eras na cosmologia asteca estão definidas por sois, cujo final estava marcado por cataclismos. O primeiro Sol, **Nahui-Oceloti** (*Jaguar*) era um mundo povoado por gigantes, que foi destruído por jaguares. O segundo Sol, **Nahui-Ehécati** (*Vento*) foi destruído por um furacão. O terceiro Sol, **Nahuiahuitl** (*Fogo*), foi destruído por uma chuva de fogo. O quarto Sol, **Nahui-Ati** (*água*) foi destruído por um dilúvio. E o quinto, **Nahui-Ollin** (*movimento*) está destinado a desaparecer por movimentos da Terra.

O **calendário asteca**, ou **pedra do Sol**, é o monólito mais antigo que se conserva da cultura pré-hispânica. Se acredita que foi esculpido por volta do ano de 1479. Se trata de um monólito circular com quatro círculos concêntricos. No centro se distingue o rosto de **Tonatiuh** (*Deus Sol*), adornado com Jade e sustentando uma faca na boca. Os quatro sois ou eras anteriores, se encontram representados por figuras de forma quadrada que circundam o quinto sol, no centro. O círculo exterior está formado por 20 áreas que representam os dias de cada um dos 18 meses que constavam no calendário asteca.



O Calendário Asteca

Para completar os 365 dias do ano solar, os astecas incorporavam 5 dias **aciagos** ou **nemontemi**.

Para os astecas, a sucessão do dia e da noite se explicava pelas constantes lutas entre os astros principais. Dado que durante o dia é muito difícil observar a lua e impossível às estrelas, os astecas interpretavam que o sol nascente (**Huitzilopochtli**) matava à lua (**Coyolxauhqui**) e às estrelas.



Teotihuacán e a Pirâmide do Sul – Astecas

Para os astecas, a **astronomia** era muito importante, já que formava parte da religião. Construíram observatórios que lhes permitiram realizar observações muito precisas, até o ponto que mediram com grande exatidão as revoluções sinódicas do Sol, da Lua e dos planetas Vênus e Marte.

A igual que quase todos os povos antigos, os astecas agruparam as estrelas brilhantes em associações aparentes (**constelações**). Os cometas foram denominados "**as estrelas que fumam**".

A ASTRONOMIA CIENTÍFICA



Copérnico rechaçou o universo geocêntrico e propôs a **teoria heliocêntrica**, com o Sol no centro do Sistema Solar e a Terra, a igual que o resto dos planetas, girando em torno dele. Seguiu utilizando circunferências e simplificava os cálculos das anteriores teorias.

Por sua vez, **Tycho Brahe** passou sua vida

recopilando dados referentes ao movimento dos planetas no maior laboratório astronômico daquele tempo. Suas medidas eram de uma precisão extraordinária apesar de não contar com a ajuda do telescópio.

Johannes Kepler foi ajudante de **Brahe** e utilizou seus dados, junto com a teoria de Copérnico, para enunciar as leis que levam seu nome e que descrevem cinematicamente o movimento dos planetas.

Galileo Galilei, ao mesmo tempo em que **Kepler** desenvolvia suas leis, estudou os astros com telescópio. Descobriu as crateras e montanhas da Lua, os quatro grandes satélites de Júpiter e defendeu o sistema copernicano. Havia começado a astronomia científica.

A partir de então, os descobrimentos foram se sucedendo de maneira continuada e a um ritmo cada vez maior. Quatro séculos depois, com a Chegada dos computadores, as viagens espaciais, Internet e as novas tecnologias, se obteve um conhecimento profundo sobre o Universo que cresce dia a dia.

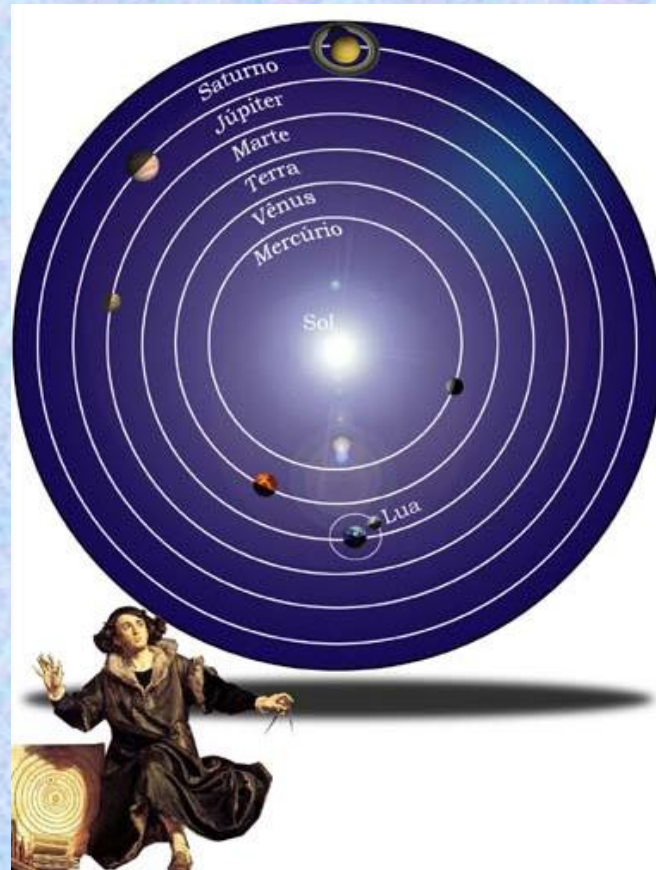
A ASTRONOMIA NO RENASCIMENTO



Em 1492 se descobriu a América e se ampliou de grande forma a navegação, o que ocasionou a necessidade de melhores instrumentos navais, assim como uma melhoria nas técnicas de cartografia terrestre e estelar, o que significou um importante estímulo para o estudo da geografia, da astronomia e das matemáticas.

O século XVI supôs um giro drástico em todas as áreas do conhecimento, a literatura e as artes. Depois de um milênio obscuro e bastante inculto. A Europa voltou seu olhar para os clássicos, sobre tudo, da antiga Grécia. É o **Renascimento**.

Na astronomia, as contribuições de **Nicolau Copérnico** ocasionaram uma mudança radical e um novo impulso para uma ciência que estava adormecida. Copérnico analisou criticamente a teoria de Ptolomeu de um Universo geocêntrico e demonstrou que os movimentos planetários podem ser explicados melhor atribuindo uma posição central ao Sol, mais que à Terra.



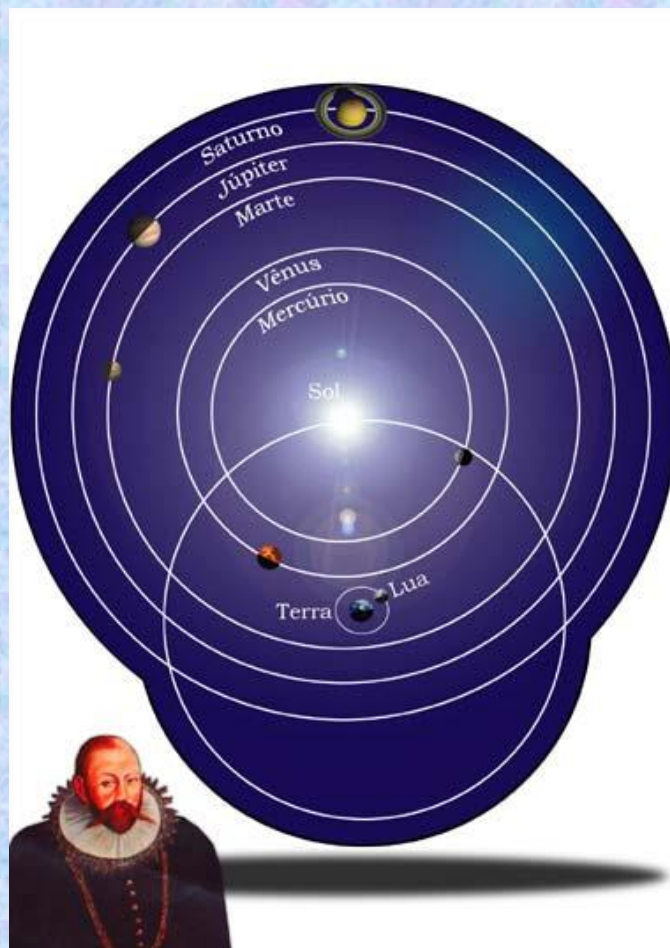
A teoria cosmológica de Copérnico

No início não foi dada muita atenção ao sistema de **Copérnico** (**heliocêntrico**) até que **Galileo** descobriu provas sobre o movimento da Terra quando se inventou o telescópio na Holanda. Em 1609 construiu um pequeno telescópio de refração, o dirigiu para o céu e descobriu as fases de Vênus, o que indicava que este planeta gira ao redor do Sol. Também descobriu quatro luas girando ao redor de Júpiter.

Convencido de que estes planetas não giravam ao redor da Terra, começou a defender o **sistema de Copérnico**, o que lhe levou ante um tribunal eclesiástico. Ainda que tenha sido obrigado a renegar suas crenças e de seus escritos, esta teoria não pode ser suprimida.

Do ponto de vista científico a teoria de Copérnico só era uma adaptação das órbitas planetárias, tal como as concebia por Ptolomeu. A antiga teoria grega de que os planetas giravam em círculos a velocidades fixas se manteve no sistema de Copérnico.

O observador mais importante do século XVI foi **Ticho Brahe**, que tinha o dom da observação e o dinheiro para construir os equipamentos mais avançados e precisos de sua época. Desde 1580 até 1597, **Ticho** observou o Sol, a Lua e os planetas em seu observatório situado em uma ilha próxima de Copenhague e depois na Alemanha.



Modelo híbrido de Tycho Brahe

Suas observações, que eram as mais exatas disponíveis dariam, depois de falecido, as ferramentas para que se pudesse determinar as **leis do movimento celeste**, dadas por seu ajudante e um dos maiores cientícos da história: **Johannes Kepler**.

Porém os feitos mais transcendente do Renascimento não foram estes descobrimentos, se não a mudança de atitude e mentalidade nos cientícos. A experimentação passou a ser filosoficamente respeitável na Europa, e foi **Galileo** quem acabou com a teoria dos gregos e efetuou a revolução.

Galileo era um lógico convincente e genial publicitário. Descrevia seus experimentos e seus pontos de vista de forma tão clara e espetacular, que conquistou à comunidade erudita européia. E seus métodos foram aceitos, junto com seus resultados.

Galileo foi o primeiro em realizar experimentos cronometrados e em utilizar a medição de uma forma sistemática. Sua revolução consistiu em situar a indução por cima da dedução, como o método lógico da Ciência. Galileo pode ser considerado, por tanto, o pai das ciências modernas já que suas idéias se baseavam em experimentos.

A ASTRONOMIA MODERNA

Utilizando os dados recopilados por **Brahe**, seu ajudante, **Johannes Kepler**, formulou as **leis do movimento planetário**, afirmando que os planetas giram ao redor do Sol e não em órbitas circulares com movimento uniforme, se não em órbitas elípticas a diferentes velocidades, e que suas distâncias relativas, com respeito ao Sol, estão relacionadas com seus períodos de revolução.



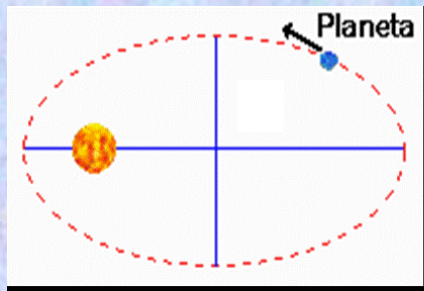
Kepler trabalhou durante muitos anos tratando de encontrar um modelo que permitisse explicar os movimentos planetários, utilizando para tal efeito os pensamentos neoplatônicos e o sistema heliocêntrico de Copérnico.

Depois de provar, sem êxito, com infinidade de formas geométricas "*perfeitas*", o intentou com variações do círculo: as elipses, com as quais concordavam exatamente os dados obtidos durante as observações. Este contradizia um dos paradigmas pitagóricos que seguiam sendo considerados como certos, depois de 2000 anos.

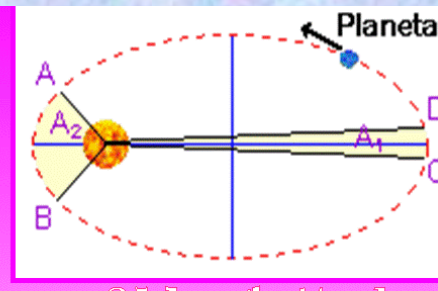
As **leis de Kepler** podem ser assim resumidas:

- 1.- Os planetas giram ao redor do Sol em órbitas elípticas estando este em um de seus focos.
- 2.- Uma linha traçada entre um planeta e o sol varre áreas iguais em tempos iguais.
- 3.- O cubo da distância média de cada planeta ao Sol é proporcional ao quadrado do tempo que leva em completar uma órbita.

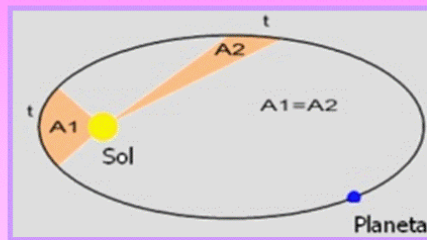
Porém a vitória da Ciência moderna não foi completa até que se estabeleceu um princípio mais essencial: o intercâmbio de informações livre e cooperador entre os científicos. Apesar de que esta necessidade nos parece agora evidente, não o era tanto para os filósofos da Antigüidade como para os dos tempos medievais.



1ª Lei de Kepler



2ª Lei de Kepler



3ª Lei de Kepler

Leis de Kepler

Um dos primeiros grupos em representar tal comunidade científica foi a «**Royal Society of London for Improving Natural Knowledge**» (*Real Sociedade de Londres para o Desenvolvimento do Conhecimento Natural*), conhecida em todo o mundo, simplesmente, por «**Royal Society**». Nasceu em 1645, a partir de reuniões informais de um grupo de cavalheiros interessados nos novos métodos científicos introduzidos por Galileo. Em 1660, a «Society» foi reconhecida formalmente pelo rei Carlos II da Inglaterra. Entretanto não gozava de prestígio entre os eruditos da época.

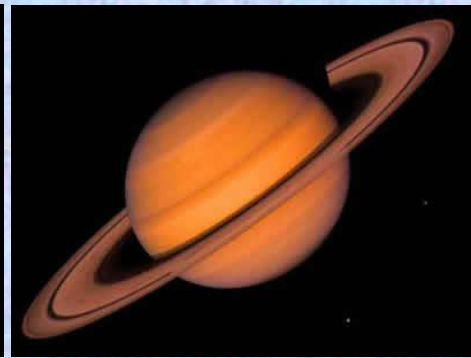
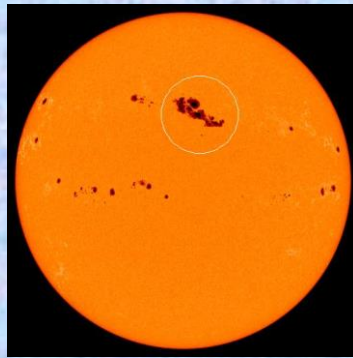
Esta mentalidade mudou graças a obra de **Isaac Newton**, o qual foi nomeado membro da «**Society**». A partir das observações e conclusões de Galileo, Tycho Brahe e Kepler, Newton chegou, por indução, a suas três leis simples do movimento e a sua maior generalização fundamental: a **lei da gravitação universal**.

O mundo erudito ficou tão impressionado por este descobrimento, que Newton foi idolatrado, quase deusificado, ainda em vida. Este novo e majestoso Universo, construído sobre a base de umas poucas e simples presunções, fazia empalidecer agora aos filósofos gregos. A revolução que iniciara **Galileo** a princípios do século XVII, foi completada, espetacularmente, por **Newton**, no final do mesmo século.

Newton modificou os telescópios criando os telescópios refletores Newtonianos que permitiram a observações mais claras de objetos

muito tênues. O desenvolvimento deste e outros sistemas ópticos, deram a **astronomia** um vôo fundamental e se iniciaram a descobrir, descrever e catalogar milhares de objetos celestes nunca observados.

No Século XVII esta grande revolução deu a conhecer a grandes **astrônomos** que foram construindo a astronomia moderna e atual: **Simon Marius** (detectou a *Nebulosa de Andrômeda* em 1612), **Christoph Scheiner** (Estudou as *manchas solares* em 1630), **Johannes Hevelius** (Realizou precisas observações da lua e cometas desde seu observatório em Dantzing), **Christian Huygens** (descobriu o *anel de Saturno* e seu satélite *Titã*), **Giovanni Domenico Cassini** (descobriu 4 satélites de Saturno), **Olaus Römer** (determinou a *velocidade da luz a partir dos eclipses dos satélites de Júpiter* em 1676) e **John Flamsteed** (fundou o *Observatório de Greenwich* em 1675 e realizou um grande catálogo celeste).



Nebulosa de Andrômeda - Manchas Solares - Anéis de Saturno

A ASTRONOMIA NO SÉCULO XVIII



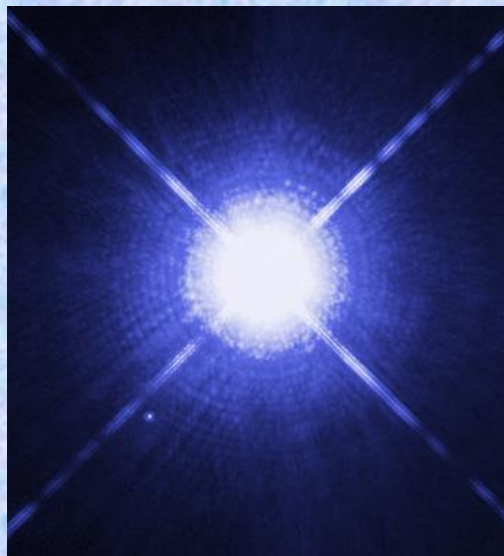
Durante a **época de Newton**, a astronomia se ramificou em diversas direções. Com a lei da gravitação universal, o velho problema do movimento planetário se voltou a estudar como mecânica celeste. O aperfeiçoamento do telescópio permitiu a exploração das superfícies dos planetas, o descobrimento de muitas estrelas débeis e a medição de distâncias estelares.

O sistema de medição mais adequado era o de **triangulação** ou **paralaxe**, que consiste em realizar duas observações do mesmo objeto em lugares diferentes e há mesma hora. O objeto observado parecerá deslocar-se em respeito ao fundo estrelado de acordo com sua distância. Ao calcular o ângulo de

deslocamento e conhecendo a distância que separa os dois pontos de observação se pode encontrar a distância ao objeto.

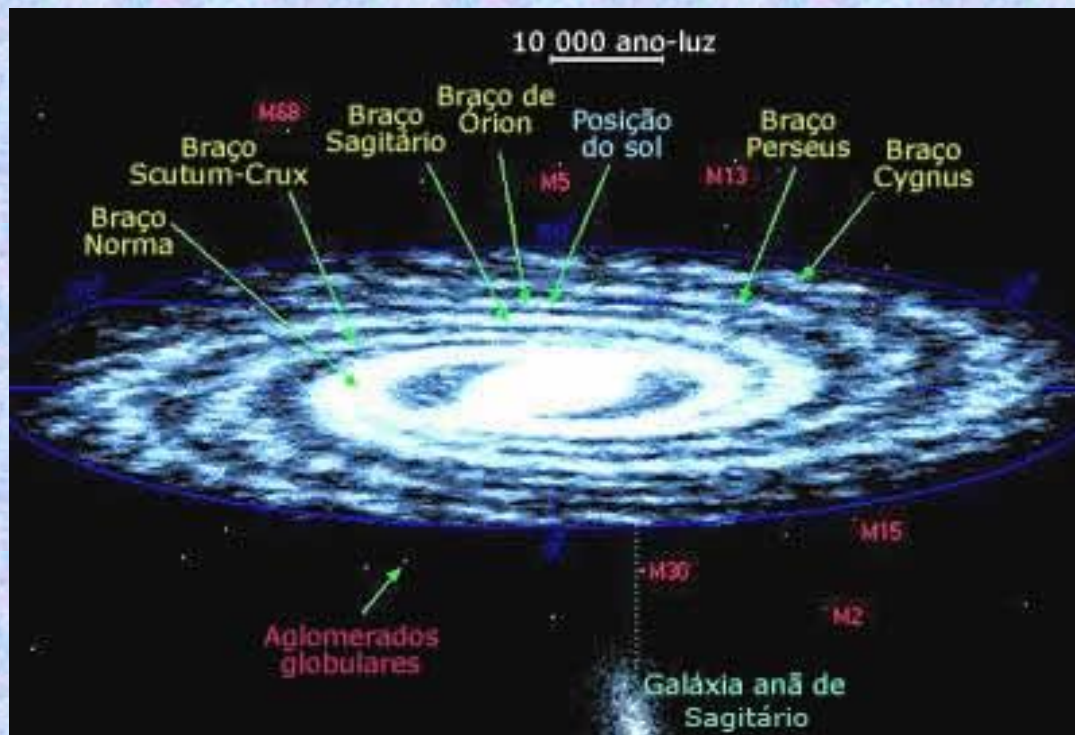
A realização da **paralaxe** requereu a utilização de sistemas de medida de tempo precisas, assim como de medições exata das distâncias geográficas, isto somente se obteve quando as necessidades principalmente navegação levaram ao desenvolvimento de **cronômetros** mais exatos e da ciência da cartografia.

Em 1718 o astrônomo inglês **Edmund Halley** (que já havia calculado a órbita elíptica de "seu" cometa, em 1682), descobriu que três das estrelas mais brilhantes - **Sírio**, **Proción** e **Arturo** - não se encontravam na posição registrada pelos astrônomos gregos. **Halley** chegou à conclusão de que as estrelas não se achavam fixas no firmamento, senão que se moviam de uma forma independente. O movimento é muito lento e tão imperceptível que, até que se pode utilizar o telescópio, pareciam encontrar-se fixas.



Estrela Sírio

Em 1785, **Herschel** sugeriu que as estrelas se encontravam dispostas de forma lenticular no firmamento. Se contemplamos a Via Láctea, vemos um enorme número de estrelas; porém quando olhamos o céu em ângulos retos a esta roda, observamos relativamente um menor número delas. **Herschel** deduziu disso, que os corpos celestes formavam um sistema achatado, com o eixo longitudinal em direção a Via Láctea. Hoje sabemos que, dentro de certos limites, esta idéia é correta, e chamamos a nosso sistema estelar de **Galáxia**, outro termo utilizado para designar a Via Láctea (*galáxia*, em grego, significa «leite»).



Via Láctea

Herschel tentou avaliar o tamanho da Galáxia. A contagem de uma amostra de estrelas em diferentes pontos da Via Láctea permitiu a Herschel estimar que deveria existir umas 100 milhões de estrelas em toda a Galáxia. E pelos valores de seu brilho decidiu que o diâmetro da Galáxia era de umas 850 vezes a distância a brilhante estrela Sírio, enquanto que sua espessura correspondia a 155 vezes aquela distância.

Por sua vez, o matemático e astrônomo francês **Joseph Louis Lagrange** dirigiu a comissão para o estabelecimento de um novo sistema de **pesos e medidas**, o **Sistema métrico decimal**. Em 1788 publica "Mecânica analítica", que servirá de base para futuras investigações astronômicas. Entre suas investigações em astronomia também destacam os cálculos da **libração da Lua** e os movimentos dos planetas.

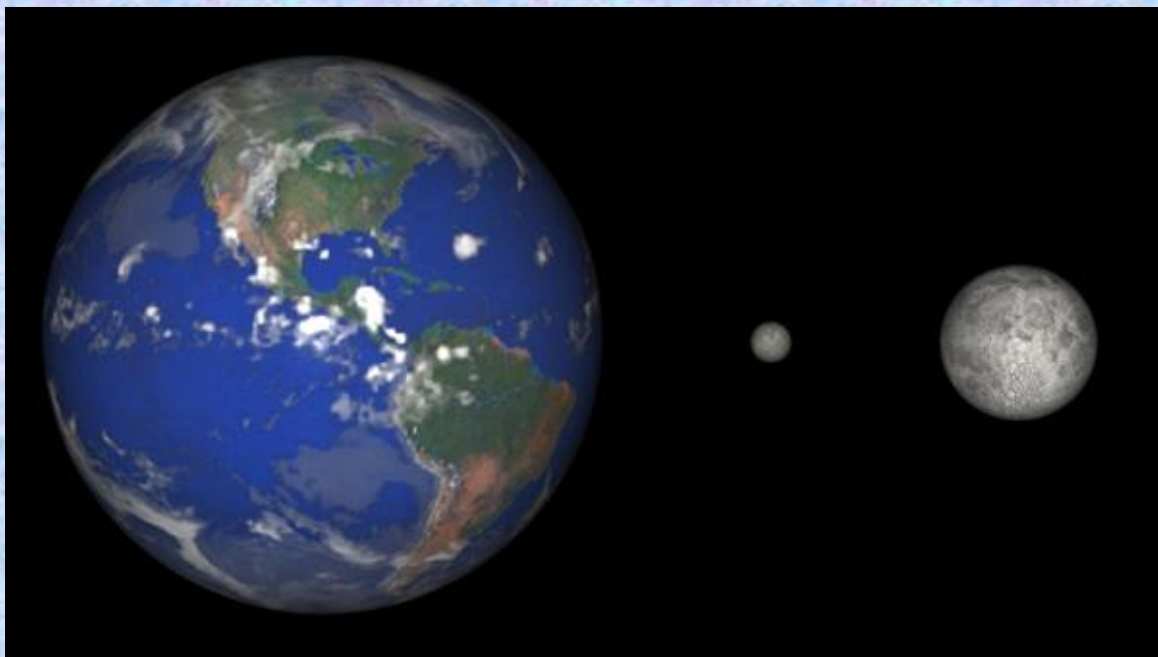
Também durante este século, **Charles Messier** publica o valioso catálogo de objetos celestes com aspecto nebuloso que recopilou desde 1758 até 1784. **Kant** atribui, em 1755, a gênese do sistema solar a um processo mecânico. **Lagrange** estuda, em 1788, o conhecido problema dos três pontos e alguns casos especiais com solução. **Laplace** publica, em 1799, sua Mecânica Celeste e descobre a invariabilidade do eixo maior das órbitas planetárias.

A ASTRONOMIA DO SÉCULO XIX



Giuseppe Piazza descobriu na noite de fim de ano 1800/1801, no espaço entre Marte e Júpiter, o primeiro pequeno planeta batizado com o nome de **Ceres**. Numerosos pequenos planetas (*asteróides, planetóides*) foram descobertos a continuação.

Se realizaram as paralaxes dos planetas exteriores e dos interiores durante os trânsitos, e posteriormente se realizaram as paralaxes das primeiras estrelas como foi 61 do Cisne, por **Friedrich Bessel** no ano de 1838, dando como resultado uma distância de 11 anos luz. Depois foi estudada **Alfa Centauro** desde o hemisfério sul, com uma distância de 4,3 anos luz. Desta maneira o tamanho do universo se estendeu até o infinito.



O Planeta Ceres, em comparação de tamanho, entre a Terra e a Lua

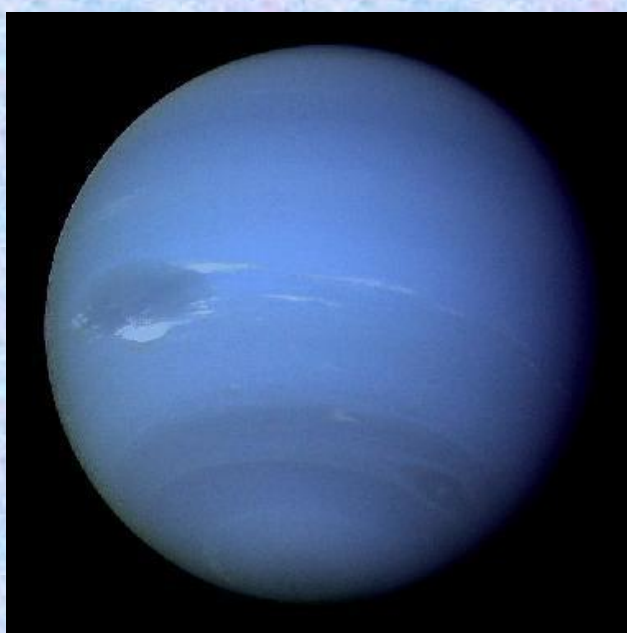
O interesse dos astrônomos pelos **cometas** e ao cálculo de suas órbitas aumenta com o regresso, entre outros, do famoso cometa de **Halley** no ano de 1835. **Schiaparelli**, em Milão, descobre a conexão entre os enxames meteoríticos e os cometas. Assim, avança passo a passo a compreensão de nosso sistema planetário e das estrelas fixas.

Friedrich Bessel consegue medir, pela primeira vez, a distância de uma estrela fixa, 61 Cygni, na constelação do Cisne. Bessel calcula

uma distância de 9,3 anos luz o que se aproxima da realidade. Bessel deduz em 1844, pelas perturbações do movimento próprio de Sírio, a existência de sua companheira desconhecida, que efetivamente é observada em 1862.

Friedrich Argelander, diretor do observatório de Bonn, elabora o «Bonner Durchmusterung», um meritório inventário estelar do hemisfério norte (*com Atlas*) e dá a investigação das estrelas variáveis uma base científica.

Leverrier e **Adams** predizem a existência de Netuno pelas perturbações que sofre Urano e o planeta é descoberto em 1846, no Observatório de Berlim.



O Planeta Netuno

Joseph Fraunhofer, vidreiro de muita inteligência e de grande agudez visual, chegou a fabricar os **espelhos de telescópios** mais perfeitos para sua época. Até 1814, em experimentos dirigidos a corrigir as aberrações cromáticas de seus telescópios, utilizou as linhas espectrais da luz e pronto se sentiu fascinado por elas. Detectou centenas de raias verticais no espectro do Sol e idênticas irregularidades nos espectros da Lua e dos Planetas.

Também, a técnica instrumental amadureceu no século XIX, o mesmo que as técnicas e métodos de medida experimentam um avanço contínuo. Com as investigações sobre o espectro solar e as raias obscuras, com a criação da análise espectral e com a introdução dos métodos de fotografia e os fotômetros, na segunda metade do século XIX, se funda a **astrofísica**.

A ASTRONOMIA NO SÉCULO XX (I)



Os avanços na **astronomia** durante o século XX superaram as de todos os séculos anteriores. Construíram-se telescópios de reflexão cada vez maiores. Os estudos realizados com estes instrumentos revelaram a estrutura de enormes e distantes agrupamentos de estrelas, denominados **galáxias**, e de acúmulos de galáxias.

Ao chegar ao século XX, várias das crenças pré-copérnicas haviam ressurgido ao se falar das galáxias, se considerava que o Sol se encontrava próximo do centro da Via Láctea, que constituía o universo inteiro. Mais além dos confins da galáxia, se considerava que não existia nada mais que um vazio infinito.

O estudo de **espectroscopia das nebulosas elípticas**, a princípios do século, demonstrou que não apresentam características de serem nuvens de gases senão características estelares, o que assinalou que ao menos algumas nebulosas espirais estavam constituídas por estrelas.

O estudo de **estrelas variáveis**, por parte de **Harlow Shapley**, o levou a descobrir variáveis **cefeídas**, estrelas que pulsam mudando de brilho. O ciclo de variação de brilho das cefeídas está diretamente relacionado com seu brilho intrínseco, descobrimento realizado por **Henretta Swan Leavitt**. Esta propriedade das cefeídas permitiu conhecer sua magnitude absoluta.

Shapley ao estudar as variáveis dos cúmulos globulares, se deu conta que sua distância era muito maior da que se acreditava e que se encontravam no centro da galáxia, ao calcular sua distância ao Sol, este deveria estar localizado na periferia da Via Láctea. Desta maneira se deslocou o Sol, do centro do universo conhecido, para a periferia dele.

Ainda que vários astrônomos defendiam a teoria dos **Universos Ilhas** exposto por **Kant** e seguida por **Herschel**, não se tinha provas confirmatória do fato. Esta prova viria das observações de **Edwin Hubble**, que a 19 de Fevereiro de 1924 escreveu a Shapley: *"Seguramente e interessará saber que achei uma variável cefeída na*

nebulosa de Andrômeda". Desta maneira se rebateu a idéia de **Shapley** de uma única galáxia, a nossa, como constituinte do universo inteiro e revelou a presença de outras galáxias no espaço.

A ASTRONOMIA NO SÉCULO XX (II)



Em trabalhos independentes a princípios do século XX **Albert Einstein** propôs sua **Teoria da Relatividade Geral** na que se deduz que o universo não deve ser estático senão que se encontra em expansão, entretanto, isto não coincidia com o que se acreditava. Desta maneira Einstein introduziu em sua fórmula a constante cosmológica para adequá-la as teorias vigentes.

Vesto Slipher, membro do observatório Lowell sob as ordens do celebre **Percival Lowell**, foi encarregado de estudar o movimento circular das nuvens de gás durante a formação de estrelas, teoria que era defendida por seu chefe. Encontrou aparte da rotação de tais nebulosas um comprimento do vermelho persistente em seus espectros, este se devia a que o efeito Doppler indica que os comprimentos de ondas emitidas por um objeto que se afasta do observador, se alargam indo até o vermelho no espectro estudado.

Foi novamente **Hubble** quem ao medir as distâncias de 25 galáxias encontrou uma correlação direta entre sua distância e o grau de afastamento ou em outras palavras a velocidade em que se afastam. Acabava de descobrir a **expansão do Universo**.

O homem que uniu os **hallazgos** de Slipher, Hubble e Einstein foi um matemático sacerdote chamado **Georges Lemaitre**, que em 1927 publicou um artigo onde desenvolvia a relação do corrimento ao vermelho com um universo em expansão.

Posteriormente quando seu artigo se difundiu entre a comunidade científica se começou a pensar que se o universo se encontra em expansão, em algum momento tudo devia estar unido em um ponto de luz ao qual chamou singularidade de "**átomo primordial**" e sua expansão "**Grande Ruído**". Mais tarde o astrônomo **Fred Hoyle**, que

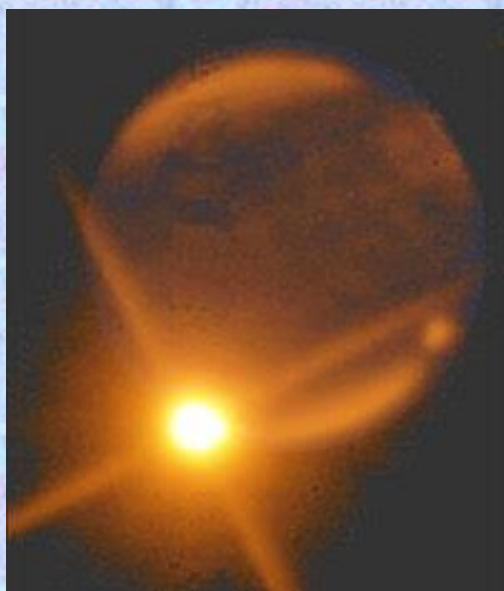
era oposto a esta proposta, a chamou pejorativamente de "**Big Bang**". Assim é como se conhece a teoria mais aceita atualmente como origem do universo.

Na segunda metade do século XX, os progressos em física proporcionaram novos tipos de instrumentos astronômicos, alguns dos quais foram colocados nos satélites que se utilizam como observatórios na órbita da Terra. Estes instrumentos são sensíveis a uma ampla variedade de comprimentos de onda de radiação, incluindo os raios gamma, os raios X, os ultravioletas, os infravermelhos e as regiões de radio do espectro eletromagnético.

Os **astrônomos** não só estudam planetas, estrelas e galáxias, senão também **plasmas** (*gases ionizados quentes*) que rodeiam as estrelas doplas, regiões interestelares que são os lugares de nascimento de novas estrelas, grãos de poeira fria invisíveis nas regiões ópticas, núcleos energéticos que podem conter buracos negros e radiação de fundo de microondas, que podem trazer informação sobre as fases iniciais da **história do Universo**.

Na atualidade sabemos que vivemos em um sistema solar localizado na periferia da via Láctea, composta por milhares de milhões de sois, a qual faz parte de um conjunto galáctico chamado grupo local, o qual, por sua vez, se localiza em um super-cúmulo de galáxias distribuídas por um universo de mais de 15 mil milhões de anos luz, que se encontra em expansão.

INTERNET E A ASTRONOMIA



Os astrônomos têm utilizado a **Internet** desde sua criação, muito antes de ser utilizada pelo grande público, quando era uma forma rudimentar de comunicação, faz mais de vinte e cinco anos. Posteriormente, com a explosão da "**web**", aumentou e expandiu seu uso nesta e em todas as ciências.

Geralmente, os observatórios astronômicos estão situados em lugares remotos, pelo que a comunicação é essencial. Por outro lado, os elevados custos

dos projetos requerem a colaboração de vários países, e os meios proporcionados pela **Internet** fazem isso possível. Além disso, o elevado número de imagens digitais tomadas por telescópios terrestres e espaciais tem permitido a criação de arquivos acessíveis através da rede, especialmente o conteúdo proporcionado pelas agências espaciais **NASA** e **ESA**.

A divulgação de imagens e dados astronômicos se justifica plenamente pela curiosidade que suscita a astronomia. Além disso, a qualidade das fotos contribui de forma decisiva a sua popularidade. Por exemplo, a campanha de observações que teve lugar em julho de 1994, com motivo do impacto do cometa **Shoemaker-Levy** com Júpiter foi impressionante. Nunca um acontecimento astronômico havia sido divulgado de forma tão rápida e eficaz. Depois, a distribuição de imagens de Marte proporcionadas pela missão **Pathfinder** saturou certos servidores de informação pelo elevado número de acessos.

Os aficionados, solitário ou formando grupos e associações, tem sido sempre muito relevantes na Astronomia. Astrônomos aficionados têm descoberto vários objetos estelares, como novas e supernovas, e continuamente proporcionam observações de estrelas variáveis. **Internet** é importante para estes grupos de aficionados, já que permite a coordenação de campanhas de observação, assim como o intercâmbio de idéias, projetos, dados, e programas astronômicos.

Por outro lado, tem uns 12.000 científicos e técnicos especializados, localizados fundamentalmente em centros de pesquisa e universidades da Europa, Estados Unidos e Japão.

Praticamente todos os **observatórios** têm sistemas de informação sobre **Internet**. Neles é possível encontrar uma descrição detalhada dos instrumentos, os planos de observação e as observações realizadas. Está-se investigando sobre novas formas de observação remota, que permitam certas interações com o telescópio, em tempo real.

Com todos os dados circulando pela **Internet** se tem preenchido muitos arquivos e bases de dados astronômicos, os quais são ferramentas fundamentais de pesquisa. As técnicas de armazenamento massivo, junto com o desenvolvimento atual da Internet, fazem possível sua realização a baixo custo. Temas atuais de pesquisa são os novos métodos de análise estatística para aplicação em cosmologia, evolução estelar, ou classificação de objetos.

Também as principais revistas astronômicas, tanto profissionais como de divulgação, publicam os artigos de forma eletrônica na rede. Além disso, existem vários "**sites**", que oferecem informações detalhadas sobre aspectos concretos ou bem organizam esta informação de distintas formas e em vários idiomas.

Existem outros serviços de informação interessantes, como o canal de televisão da **NASA**, que proporciona continuamente imagens das missões espaciais através da **Internet**; os serviços de informação e sociedades astronômicas, desde a União Astronômica Internacional as inúmeras associações amadoras; os relativos à História da Astronomia; e outros centros que armazenam e distribuem imagens para divulgação.

Para tentar por um pouco de ordem, no início da década de 1990 se criou **Astro Web**, um consórcio que intenta manter uma lista unificada. Entretanto, o vertiginoso crescimento da Internet faz com que seja impossível mantê-la em dia. Hoje contém umas 3.000 direções dedicadas a Astronomia, classificadas de acordo com uma ou mais categorias temáticas.

Na área de divulgação, existe um problema devido a que a maior parte da informação disponível na Internet, está escrita em inglês. Afortunadamente, as associações astronômicas estão fazendo contribuições fundamentais neste campo, e não podemos esquecer a crescente presença na **Internet** de museus de ciências e planetários, que permite realizar um excelente trabalho de divulgação.

Neste sentido, **Astro Mia** traz uma visão da astronomia "para todos os públicos", com vocação educativa e em espanhol.

VÔOS E VIAGENS ESPACIAIS

Denomina-se **astronáutica** a navegação realizada entre os astros, isto é, realizada fora do âmbito da Terra. Também é conhecida como **cosmonáutica**, já que também se realiza no cosmos.

O termo **astronáutica** tem sido mais utilizado no ocidente, daí é que os tripulantes de naves espaciais



ocidentais sejam conhecidos como **astronautas**, enquanto que na antiga URSS eram conhecidos como **cosmonautas**, ou navegantes do cosmos.

Na hora de admitir a possibilidade de sair da atmosfera terrestre, tanto para orbitar ao redor da Terra como para navegar no cosmos, tem que se ter sempre presente a **força da gravidade**. A gravidade é a força que mantém a coesão do universo e a que rege sua mecânica. Os veículos ou artefatos que voam pelo espaço não são alheios a esta força.

Na segunda metade do século XX se obtiveram os meios e conhecimentos necessários para construir naves capazes de superar a gravidade terrestre e viajar pelo Espaço.

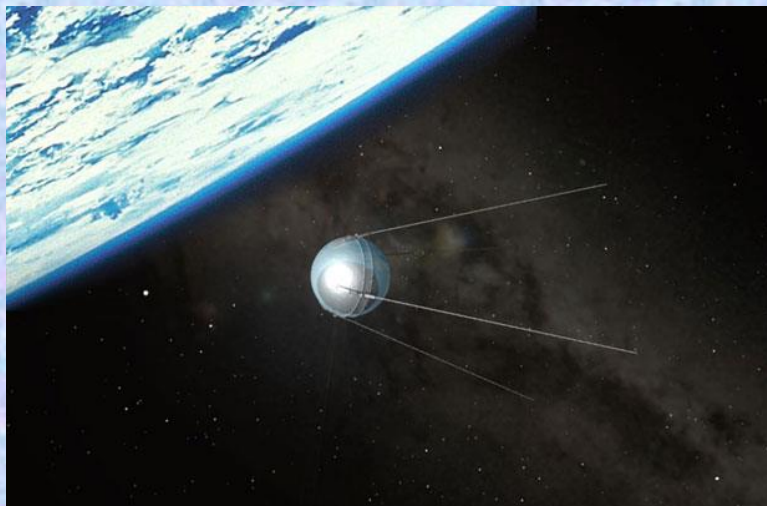
A IDA A LUA



O ano de **1955** foi crucial para os vãos espaciais. Proclamado pela comunidade científica internacional como **ano geofísico internacional**, tanto a União Soviética como os EE.UU. anunciaram sua vontade de lançar satélites artificiais.

A União Soviética pensou utilizar como foguetes espaciais seus grandes mísseis balísticos intercontinentais; os EE.UU., ao não possuírem mísseis da potência dos russos, prepararam o **Projeto Vanguard**. A idéia era empregar um foguete a combustível líquido já existente, o **Viking**, como primeira seção e, como segunda e terceira, pequenos foguetes a combustível sólido.

Porém havia demasiada pressa: o **Projeto Vanguard** foi um desastre, uma série de lançamentos frustrados, com os veículos que se destruíaam as vezes sem sequer terem sido disparados da rampa de lançamento. O fracasso do Vanguard foi acrescentando pelos êxitos soviéticos: em **4 de outubro de 1957** foi posto em órbita o **Sputnik 1**, um satélite artificial com um peso de 184 libras que realizava uma volta ao redor da Terra a cada 95 minutos. O foguete empregado pelos soviéticos havia sido um míssil balístico oportunamente readaptado.



O Sputnik 1 – Satélite Russo

Um mês mais tarde, os russos lançaram o **Sputnik 2**, um satélite com um passageiro a bordo, uma cadela de nome **Laika**. Os EE.UU. por sua vez se viram obrigados a atuar depressa. Abandonado o desastroso Projeto Vanguard, se pensou em outro foguete. Sob o comando de **Werner von Braun**, uma equipe de engenheiros construiu o **Júpiter**, uma versão ampliada do foguete Redstone, que previa o emprego de uma segunda seção formada por foguetes de combustível sólido.

Em **31 de janeiro de 1958**, exatamente 84 dias após a aprovação do projeto de von Braun, o primeiro **Júpiter** posto em órbita no **Explorer 1**, o primeiro satélite artificial americano. Entusiasmados pelo êxito, os políticos americanos se deram conta que era necessário criar um ente espacial civil que se encarregaria de todas as atividades espaciais de caráter pacífico, deixando ao Exército, a Marinha e a Aviação, as empresas exclusivamente militares.



O Satélite Explorer 1 – USA

Nasce assim, em **1 de outubro de 1958**, a **NASA** (*National Aeronautics and Space Administration*) que substituiu a já existente **NACA** (*National Advisory Committee for Aeronautics*). Nos anos seguintes, graças a NASA, a primitiva liderança russa em foguetes espaciais, foi diminuída.

Em **abril de 1961**, os soviéticos empregaram um foguete **Vostok** para por em órbita ao primeiro homem, **Iuri Gagarin**. A tecnologia espacial americana, no relativo a foguetes, foi mais diversificada: teve diversas famílias de veículos. O foguete Júpiter de von Braun foi reelaborado e se converteu no foguete **Juno**, um veículo de quatro seções capaz de gerar 150.000 libras de potência.



Iuri Gagarin, primeiro homem a ser mandado para o espaço

Outras duas importantes famílias de foguetes americanos foram as dos **Atlas** e dos **Titan**. Graças a um **Atlas D** em 1962 o astronauta **John Glenn** se converteu no primeiro americano em órbita.

Desde 1957 von Braun sonhou com um foguete capaz de desenvolver mais de um milhão de libras de potência. E desde 1959 trabalhou no projeto **Saturno**. Quando o primeiro foguete Saturno esteve preparado, todos aclamaram ao prodígio e a carreira até a Lua se voltou em favor dos americanos.

A CHEGADA A LUA



20 de julho de 1969. Pelas telas dos televisores conectados por mundo visã com o espaço, chegam imagens de um sonho que se está convertendo em realidade: a conquista da Lua.

Para a primeira "**alunissagem**" da história se elegeu um lugar situado na parte centro-ocidental do Mar da Tranqüilidade. E é nesta perdida "**cratera**" selenita, aonde se encontra o **LEM** com suas cômicas e largas patas de aranha, de onde se leva a cabo o diálogo com a base de Houston, a "**radio crônica**" da conquista da Lua.

Neil Armstrong desceu sobre o solo lunar, e deixou a primeira pegada e pronunciou, ao descer da escada, a histórica frase (*preparada, claro*): "É um pequeno passo para um homem, porém um gigantesco salto para toda a humanidade".



Neil Armstrong, primeiro homem a pisar na Lua

Aldrin foi o segundo astronauta a pisar solo selenita. Em um momento da transmissão comenta: "Desde aqui se aprecia um panorama belíssimo. É um pouco parecido a alguns desertos dos Estados Unidos". O diálogo continua, naturalmente, até o momento de subir de novo a bordo. Transcorreram mais de quatorze horas, todas utilizadas para realizar importantes experimentos e recolher amostras, quando o **LEM** "Eagle", o águia, volta a seu ninho, ao módulo de serviço "**Colúmbia**" onde ficou esperando **Michael Collins**.

A conquista de novo satélite natural foi a lógica conclusão de um programa iniciado em maio de 1961, quando o então presidente dos Estados Unidos, John Kennedy, anunciou a decisão do país de impulsionar com todas as forças este projeto.

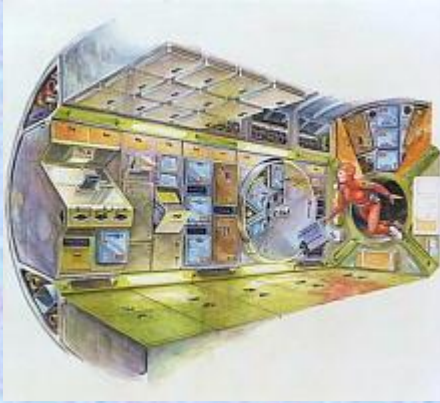
As etapas tecnológicas que fizeram possível a conquista da Lua haviam sido superadas ainda antes de 1961, e foram cobertas por dois programas: "**Mercury**" e "**Gemines**". Iniciado em 1958, o projeto "**Mercury**" era um programa terminado e, no contexto da empresa "**Apolo-Lua**", representou o primeiro passo para realizar um veículo espacial capaz de levar um homem a superfície selenita.

O segundo escalão, representado pelo programa "**Gemines**", permitiu levar a cabo um veículo muito mais avançado, capaz de transportar dois homens. Durante as 10 missões "**Gemines**" enviadas ao espaço, entre março de 1965 e novembro de 1966, os astronautas aprenderam a realizar atividades extra-veiculares, a efetuar manobras de "rendez-vous" em órbita e a levar a cabo experimentos científicos limitados.

A verdadeira prova de que o homem podia suportar a ausência de gravidade, sem efeitos negativos, durante um período suficiente, que permitira realizar a viagem Terra-Lua, surge da missão "**Gemines 7**" que se prolongou quatorze dias: de 4 a 18 de dezembro de 1.965.

O projeto **Apolo** seguiu levando astronautas a Lua até que foi abandonado, depois da Apolo 17, por razões econômicas.

A ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL: O PROJETO



A **Estação Espacial Internacional** é o projeto espacial mais ambicioso desde o programa Apolo. Sendo um projeto internacional, de seu êxito dependem a maior parte dos programas espaciais tripulados. A estação espacial é toda uma aventura pelo sofisticado do projeto e é uma aventura por ser uma experiência de colaboração entre diversas nações.



Estação Espacial Internacional

Em primeiro de **Novembro de 1993**, se assinou em Moscou um acordo entre a **NASA** e a **Agência Espacial Russa** para levar a cabo um projeto conjunto de estação espacial, fundindo os respectivos programas neste campo, **Freedom** e **Mir 2**. Este histórico acordo foi propiciado pelo clima político de distensão, resultado da desintegração da URSS e os problemas econômicos que enfrentava a Rússia, incapaz de afrontar por si só um projeto destas características.

Os americanos, por sua vez, também tinham importantes problemas em continuar com sua estação **Freedom**, cujo custo havia aumentado espetacularmente nos últimos anos, colocando o projeto em sério perigo de cancelamento por parte do Congresso americano.

A URSS tinha uma grande experiência neste campo, não em vão, em 1971 foi lançada a **Salyut 1**, a primeira estação espacial da história. Outras seis estações Salyut há seguiram nos anos seguintes (*entre elas duas estações militares Almaz*). Em 1986 se lançou o primeiro módulo da **Mir**, acumulação de quinze anos de experiência, que seria a única estação espacial da humanidade por mais de uma década, assim como a primeira em estar habitada permanentemente. Em seu interior vários cosmonautas bateram o recorde de permanência no espaço três vezes, estando o atual em poder de **Valeri Polyakov**, com 14 meses.

Nos Estados Unidos, por sua vez, o projeto originário da estação **Freedom**, nascido sob os auspícios da administração Reagan, havia visto reduzido seu tamanho cada ano, ao tempo que os custos disparavam e os atrasos se acumulavam. As dificuldades experimentadas pelos americanos se deviam, por um lado a sua pouca experiência no manejo de estações espaciais, que se limitava ao **Skylab** a princípios dos anos setenta, e a grande complexidade da Freedom, que requeria dezenas de lançamentos do transportador para ser completada. A incorporação do Japão e a Agência Espacial Européia (ESA) ao projeto, que se comprometeram a incorporar um módulo de pesquisa cada um, não melhorou substancialmente a viabilidade da estação.

Com o programa a beira do cancelamento devido a seus altos custos, a **NASA** iniciou a considerar diversas opções de participação com Rússia para melhorar a **Freedom**. No início se pensou em usar naves **Soyuz TM russas**, utilizadas para levar e trazer cosmonautas da Terra para a Mir, como veículos de emergência para a Freedom, já que na concepção original da estação não existia uma nave deste tipo, porém as estritas medidas de segurança impostas após o acidente da **Challenger** obrigavam a sua utilização. O projeto de um veículo americano de emergência (*CRV, Crew Return Vehicle*) havia multiplicado seus custos, resultando por tanto inaceitável.

CONSTRUÇÃO DA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL



Em 1992 se produz um avanço fundamental no acercamento entre os programas espaciais russo e americano com a assinatura do acordo para a realização de uma missão conjunta entre o transportador americano e a Mir. No ano seguinte se assinou o acordo já mencionado para a construção conjunta da **Estação Espacial Internacional** ou **ISS**, fusão dos projetos da Freedom e da Mir 2. No marco da chamada Fase 1, o transportador espacial se acopla com a Mir em nove ocasiões e sete astronautas americanos permanecem nela vários meses entre 1995 e 1998.

Além disso nove cosmonautas russos viajam no transportador em várias missões. Durante esta fase, ambos os países adquirem experiência em coordenar seus respectivos programas espaciais, assim como na construção da **ISS**.

A pesar de todos os contratempos, em 20 de Novembro de 1998, dois anos mais tarde do previsto, foi lançado, desde Baykonur, o módulo **Zaryá** mediante um foguete Protón. Em Dezembro, o transportador Endeavour acoplou Unity com êxito durante a missão STS 88.

Em vista dos problemas econômicos, a Agencia Espacial Russa decidiu vender à NASA a participação científica nos laboratórios russos por 60 milhões de dólares, em troca de ajuda financeira para terminar o SM a tempo, com o que a Rússia abandona qualquer implicação na ciência desenvolvida na ISS.

A **ISS** é o laboratório espacial mais caro e complexo da história da humanidade. A bordo se levam a cabo experimentos de biologia, dinâmica de materiais, observações da Terra ou astronomia entre outros. Além da Rússia, EE.UU., Japão e a ESA, também participam Canadá, Brasil e Ucrânia, convertendo a **ISS** em um **projeto global**.