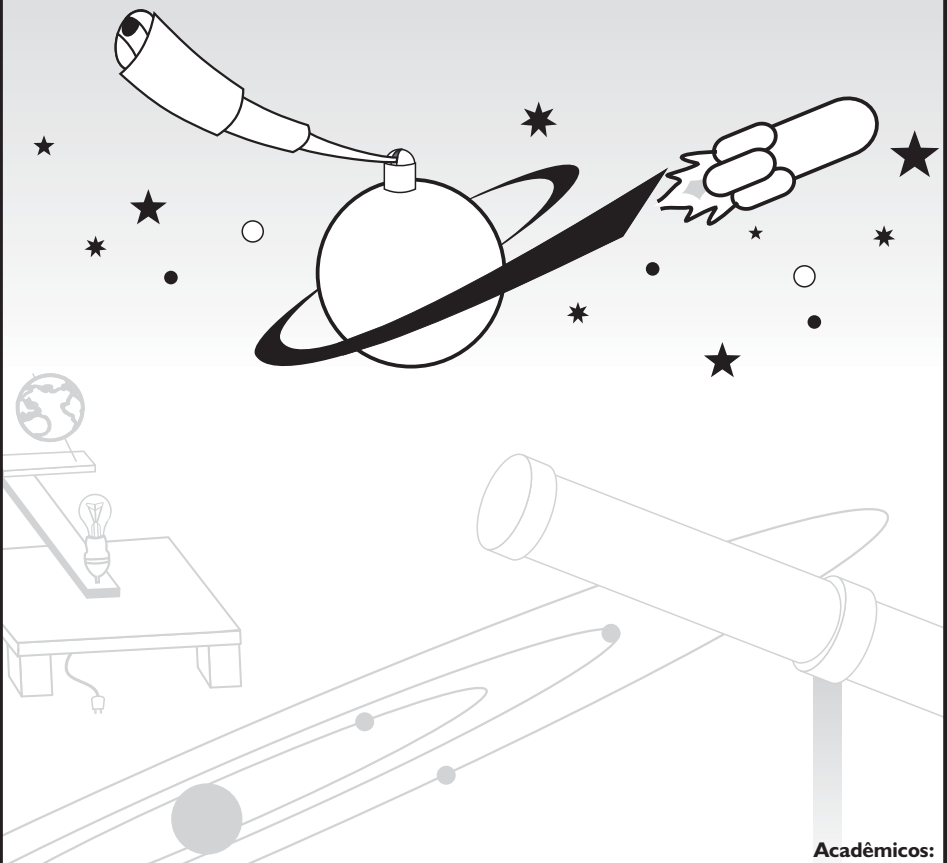




UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

Depto. FÍSICA

O Lúdico na ASTRONOMIA



Orientador:
PROF. DR. MARCELO

Acadêmicos:
RICARDO F. PEREIRA
RENATO M. FUKUI
WILSON GUERRA

1

Os objetos de estudo da Astronomia

Olhando para o céu em uma noite escura podemos ver um incrível número de estrelas. Incrível? Nem tanto. Um pouco mais de 5.000 objetos entre os 100 bilhões de estrelas que moram na nossa grande casa, a nossa Galáxia.

Nossa curiosidade vai aumentando à medida que observamos com cuidado o céu que nos parece envolver. Nele podemos distinguir muitos objetos completamente diferentes. Alguns são brilhantes (por quê?), outros são difusos (por quê?). Alguns cintilam (por quê?), outros parecem ter luz fixa (por quê?). Nem todas as estrelas parecem ter a mesma cor (por quê?). Algumas regiões parecem indicar falta de estrelas, mostrando-se muito escuras (por quê?) e se destacando entre regiões brilhantes. Em algumas épocas um cometa aparece no céu, com sua estranha cauda (de onde vem? Por que são tão diferentes das estrelas?). Subitamente, um risco luminoso no céu chama a nossa atenção (o que foi isso?).

Se uma simples observação a olho nu nos mostra uma variedade tão grande de objetos a serem estudados, imagine o que é revelado quando usamos os potentes telescópios de hoje. Em todo o Universo, seja qual for a distância considerada, encontramos objetos celestes com propriedades diferentes. A física que ocorre nestes corpos, e que é a responsável pelas propriedades que observamos, é a mais ampla possível. A astronomia incorporou em si todas as áreas da física. É esta enorme riqueza da astronomia que nos obriga a estudar os vários objetos celestes com equipamentos e técnicas cada vez mais sofisticadas e completamente diferentes. Cada objeto traz uma pergunta, cada pergunta uma surpresa, e cada surpresa a certeza de que ainda sabemos muito pouco.

2

Descobrimo o Universo: Uma rápida história da Astronomia

A astronomia é, certamente, a mais velha de todas as ciências. Os pesquisadores que estudam a história das ciências já obtiveram provas que até mesmo os nossos ancestrais mais antigos, aqueles que viveram na chamada "idade da pedra", usaram recursos astronômicos com o objetivo de estabelecer certas rotinas para as suas vidas.

Quando os seres humanos que viveram na idade da pedra evoluíram para um modo de vida agrário e começaram a se reunir em comunidades, parte do seu interesse deve, naturalmente, ter se voltado para o céu. Esta motivação é facilmente explicada pois vários fatos que aconteciam à sua volta podiam ser marcados por fenômenos celestes. Por exemplo:

- Para as comunidades agrárias, as estações do ano são muito importantes. Estes povos mais primitivos logo notaram que o céu mudava de acordo com as épocas do ano. As estrelas que surgiam no céu mostravam "desenhos" diferentes à medida que o ano passava. Assim, o surgimento de certos "desenhos estelares" marcava uma época do ano na qual certos procedimentos agrários deviam ser realizados. Por exemplo, na primavera do hemisfério norte, a constelação Virgo e todas as outras que a acompanham assinalam a época de preparar a Terra, semear e ficar atento às inundações. No outono do hemisfério norte, Órion aparece e indica que está na época da colheita e de iniciar as preparações para o inverno que se aproxima.
- Os seres humanos sempre tentaram relacionar eventos celestes com fatos de sua vida pessoal diária. Logo eles notaram que havia uma coincidência, aproximada entre o ciclo menstrual das mulheres e o período orbital de 30 dias da Lua, que produz as fases lunares. Isto levou a muitas culturas a acreditarem que o céu, e a Lua em particular, estavam relacionados com a fertilidade humana.
- Imagine o que era viver numa época tão difícil como a que existiu a milhares de anos antes de Cristo. O dia-a-dia era uma luta constante pela sobrevivência. O futuro era incerto e sujeita a mudanças repentinas. Para estes seres humanos mais primitivos a imutabilidade dos céus certamente sugeria uma perfeição que eles não viam na Terra. Isto, com certeza, levou várias culturas à deificação do céu. Logo estes povos fizeram do Universo que conheciam a morada de seus deuses e atribuiu aos corpos celestes uma grande parte de responsabilidade por suas vidas e seus destinos.
- Se ainda hoje certos fenômenos naturais são capazes de assustar pessoas que moram nos grandes centros urbanos do mundo imagine o que eles não causariam nos povos mais antigos. Fenômenos celestes de grande porte, tais como os eclipses lunares ou solares ou o aparecimento de cometas, mostravam-se muito ameaçadores para estes povos. Após prever as estações do ano, foto fundamental para a sobrevivência da sociedade agrária daquela época, a previsão dos eclipses pode ter sido uma das mais primitivas atividades astronômicas.

Embora estas razões possam parecer muito simples hoje, perceber estes fatos naquela época e desmistificá-los foi uma enorme façanha, e graças a isto a astronomia começou o seu desenvolvimento.

3

Viajando até os limites do Sistema Solar

Vamos fazer uma viagem saindo da Terra e passando por alguns dos corpos celestes do Sistema Solar que são objetos de estudo dos astrônomos.



LUA: Ao sairmos da Terra passamos pelo único satélite natural do nosso planeta, a Lua.

- Este é o único corpo celeste já visitado, pessoalmente, pelo ser humano.
 - Ela tem diâmetro de 3476 km e uma distância média da Terra de 384 403 km.
 - A Lua reflete somente 7% da luz do Sol que incide sobre ela.
 - As temperaturas, em sua superfície, variam de 120°C a 180°C entre o dia e a noite.

A Lua orbita a Terra em média em 27 dias 7 horas e 43 minutos e esse é o mesmo período em que ela rotaciona sobre ela

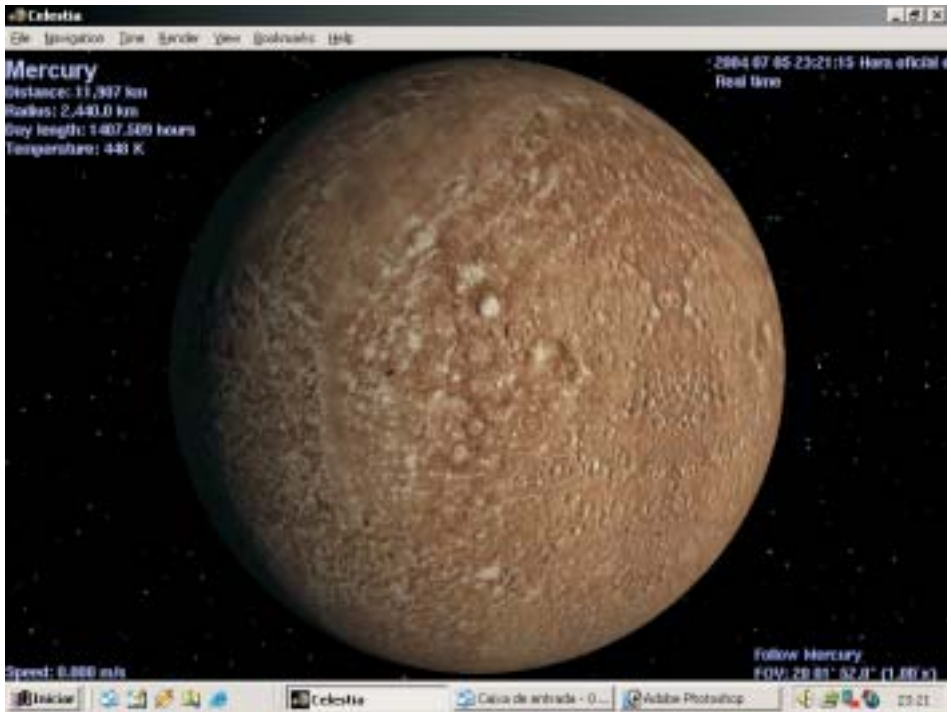


VÊNUS: Caminhando na direção do Sol chegamos a Vênus, o planeta mais quente do Sistema Solar. ·

Sua enorme pressão atmosférica e sua temperatura na sua superfície têm dificultado bastante o seu estudo.

- Vênus fica a aproximadamente a 108.200.000 de quilômetros do Sol, tem raio de 6.052 quilômetros e uma massa que equivale a 0,81 massa terrestre.
- A temperatura média na superfície é de 482°C e uma pressão atmosférica 92 vezes maior que a terrestre.
- Um dia em Vênus dura mais que um ano, seu período de rotação equivale a 243,01 dias terrestres e seu período de translação equivale a 224,70 dias terrestres. O curioso é que Vênus rotaciona num sentido contrário a maioria dos planetas, como a Terra.
- Seu eixo de rotação está inclinado em 177° Vênus reflete 65% da luz do Sol que chega até ele.

Tem tamanho, massa e volume parecido com a Terra.



MERCÚRIO: Chegamos a Mercúrio, segundo menor planeta do Sistema Solar e o mais próximo do Sol.

- Sua superfície é coberta de crateras o que lhe dá um aspecto bem parecido com a nossa Lua.
- Fica a aproximadamente 57.910.000 quilômetros do Sol e tem um raio de 2.440 quilômetros. É até mais pequeno do que Ganimedes, uma das luas de Júpiter e Titã uma das luas de Saturno.
- Tem massa equivalente a 0,06 massa terrestre.
- Mercúrio tem período de rotação equivalente a 58,65 dias terrestres e período de translação de 87,97 dias terrestres.
- A temperatura na superfície alcança até 427°C, enquanto que na outra face, na sombra, a temperatura chega a 173°C negativos.
- Mercúrio não tem inclinação do eixo de rotação.
- Praticamente não tem atmosfera.

Mercúrio reflete 5% da luz do Sol que chega até ele.



SOL: Atingimos agora a estrela mais próxima de nós, o Sol. Ele é um dos principais responsáveis pela vida na Terra.

- Uma estrela normal, como tantas outras, amarelo-alaranjada, que está evoluindo e que um dia se encarregará de destruir todo o sistema planetário que a acompanha.
 - O Sol é o contém aproximadamente 99% da massa total do Sistema Solar.
 - Cento e nove Terras seriam necessárias cobrir o disco do Sol, e em seu interior caberiam 1,3 milhões de Terras.
 - Seu raio mede aproximadamente 695.000 quilômetros.
 - No núcleo do Sol a temperatura alcança $15.000.000^{\circ}\text{C}$ e a uma pressão 340 bilhões de vezes a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar.
- A cada segundo 700 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidos em hélio.



MARTE: Saindo do Sol, voltamos a cruzar as órbitas de Mercúrio, Vênus e Terra e nos dirigimos ao planeta vermelho, Marte.

- Certamente é o planeta mais estudado, até agora, pelos astrônomos e também o mais visitado por sondas espaciais.
 - Embora menor que a Terra, Marte se impõe pela geografia exuberante, onde é marcante o maior vulcão do Sistema Solar.
 - Fica a aproximadamente 227.940.000 quilômetros do Sol e seu raio é de 3.397 quilômetros.
 - Tem massa equivalente a 0,11 massa terrestre.
 - A temperatura média registrada na superfície de Marte é -63°C com uma temperatura máxima de 20°C e mínima de -140°C .
 - Demora 24 horas e 37 minutos terrestres para realizar uma rotação e 1,88 ano terrestre para realizar uma translação.
 - Seu eixo de rotação está inclinado em $25,19^{\circ}$.
 - A pressão atmosférica na superfície mede 0,007 bar.
 - Marte reflete 16% da luz do Sol que chega até ele.

Marte tem 2 satélites naturais: Fobos e Deimos



CINTURÃO DE ASTERÓIDES:

Situados entre as órbitas de Marte e Júpiter estes fragmentos de rochas são resíduos da formação do Sistema Solar. Conhecemos as órbitas bem determinadas de cerca de 50.000 asteróides e um pouco menos de mais 100.000 deles. Quantos existirão nesta região? Estão eles tão próximos uns dos outros a ponto de oferecer perigo para uma espaçonave, como aparece nos filmes de ficção?



JÚPITER: Aqui está o gigante Júpiter, com sua bela e estranha mancha vermelha.

- Fica aproximadamente a 778.300.000 quilômetros do Sol e seu raio mede 71.462 quilômetros.
 - Se Júpiter fosse oco, caberiam mais de mil Terras no seu interior e tem um diâmetro 11 vezes maior que o da Terra.
 - Sua massa é duas vezes e meia superior ao da soma de todos os outros planetas do Sistema Solar.
 - Sua massa equivale a 317,94 massas terrestres
 - Júpiter tem um simples anel que é quase uniforme na sua estrutura e invisível da Terra.
 - A Grande Mancha Vermelha é uma tempestade complexa que se move numa direção anti-horária.
 - Júpiter demora 9 horas e 48 minutos terrestres para realizar uma rotação e 11,86 anos terrestres para realizar uma translação.
 - Seu eixo de rotação está inclinado em $3,13^\circ$
 - Júpiter reflete 42% da luz do Sol que chega até ele.
 - Tem hoje reconhecidos, 61 satélites naturais.

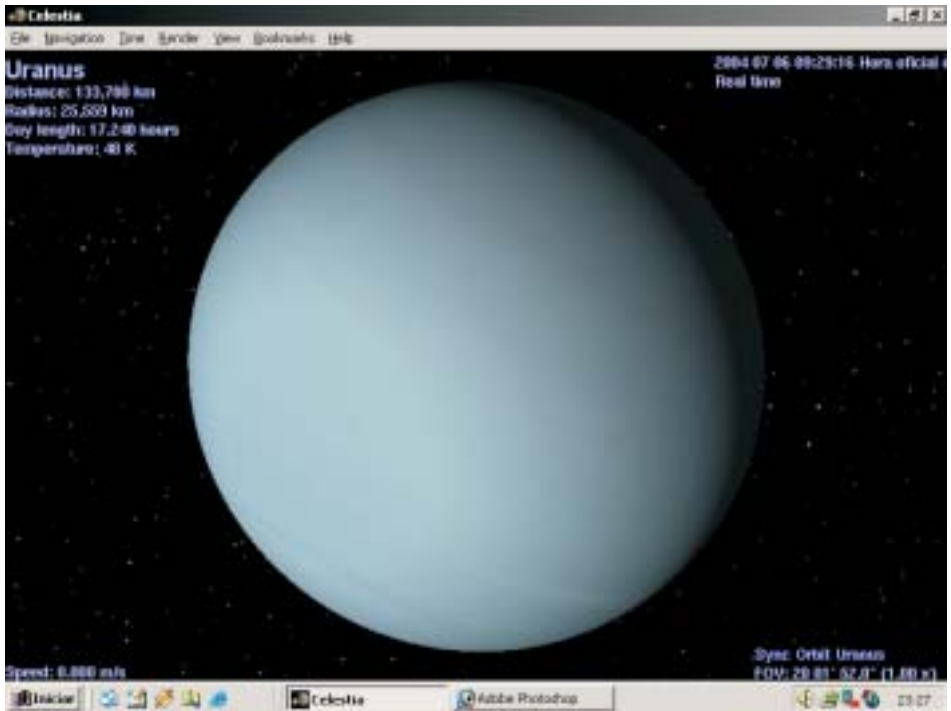


SATURNO: Seus incríveis anéis encantam qualquer astrônomo. Mas não é o único a possuí-los, pois Júpiter, Urano e Netuno também têm anéis.

• Saturno é formado principalmente por gases e, embora seja um planeta gigante, ele é muito leve.

- Fica a uma distância média do Sol de 1.429.400 quilômetros e seu raio mede 60.268 quilômetros.
- Saturno é quase oitocentas vezes maior que a Terra, mas é uma vez e meia menor do que Júpiter.
- Tem massa equivalente a 95,18 massas terrestres.
- Seu período de translação equivale a 10 h e 12 min e seu período de translação 29,46 anos terrestres.
- Seu eixo de rotação está inclinado em 25,33°.
- Saturno reflete 45% da luz do Sol que chega até ele.
- Saturno é o único planeta menos denso do que a água.

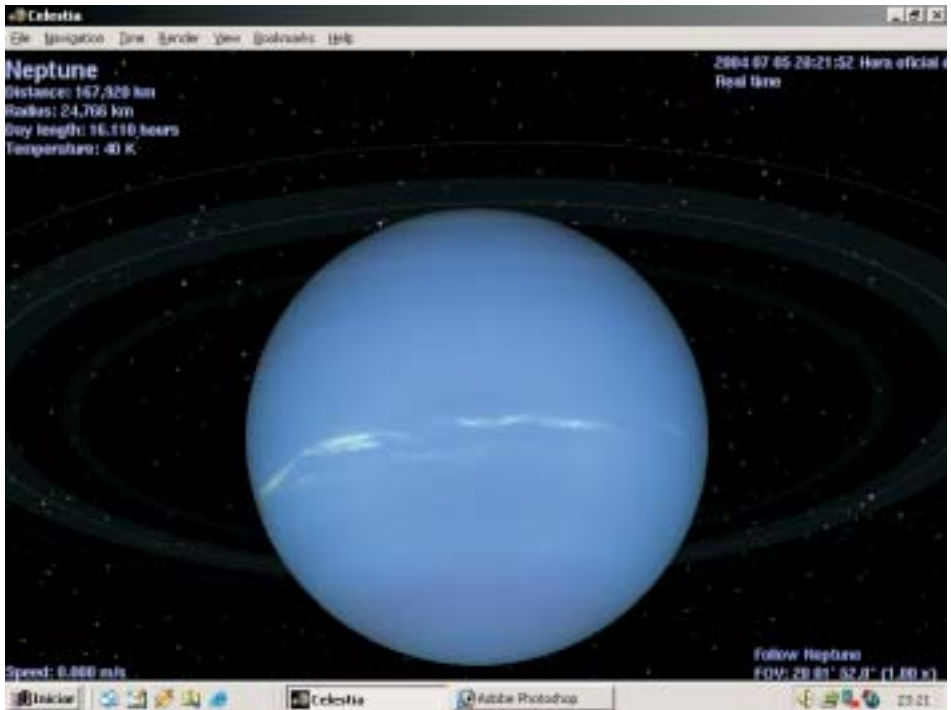
Tem hoje reconhecidos, 31 satélites.



URANO: Enigmático, coberto por densas nuvens formadas principalmente por hidrogênio e hélio.

- Descoberto em 1781 por Willian Herschel (1738-1822).
- Urano se caracteriza por ter um eixo de rotação muito inclinado (quase 98°), o que faz com que ele gire quase deitado em relação aos outros planetas e ele rotaciona no sentido contrário à maioria dos planetas, ele gira de leste para oeste.
- Fica a 2.870.990.000 quilômetros de distância média do Sol, seu raio mede 25.559 quilômetros.
- Sua massa equivale a 14,54 massas terrestres.
- Orbita o Sol a cada 84.01 anos terrestres e a duração de um dia em Urano é 17 horas e 54 minutos terrestres, mas ele rotaciona no sentido contrário à maioria dos planetas, como a Terra.
- A temperatura e pressão na atmosfera superior medem respectivamente 193°C e 1,2 bar.
- Reflete 46 % da luz solar que chega até ele.

Urano tem 25 satélites naturais.



NETUNO: Com o nome do deus dos mares da mitologia grega, Netuno só poderia ter a cor azul dos oceanos terrestres. Uma pena que esta cor não seja consequência da presença de água, mas sim dos gases que formam a sua atmosfera.

- Descoberto por Johann G. Galé em 23/09/1846.
- Fica a uma distância média de 4.504.300.000 quilômetros do Sol, seu raio mede 24.756 quilômetros.
- Tem massa equivalente a 17,14 massas terrestres
- Orbita o Sol a cada 164,9 anos terrestres e seu dia dura 19 horas e 6 minutos terrestres.
- Seu eixo de rotação está inclinado em $28,31^\circ$
- Reflete 50% da luz solar que chega até ele.

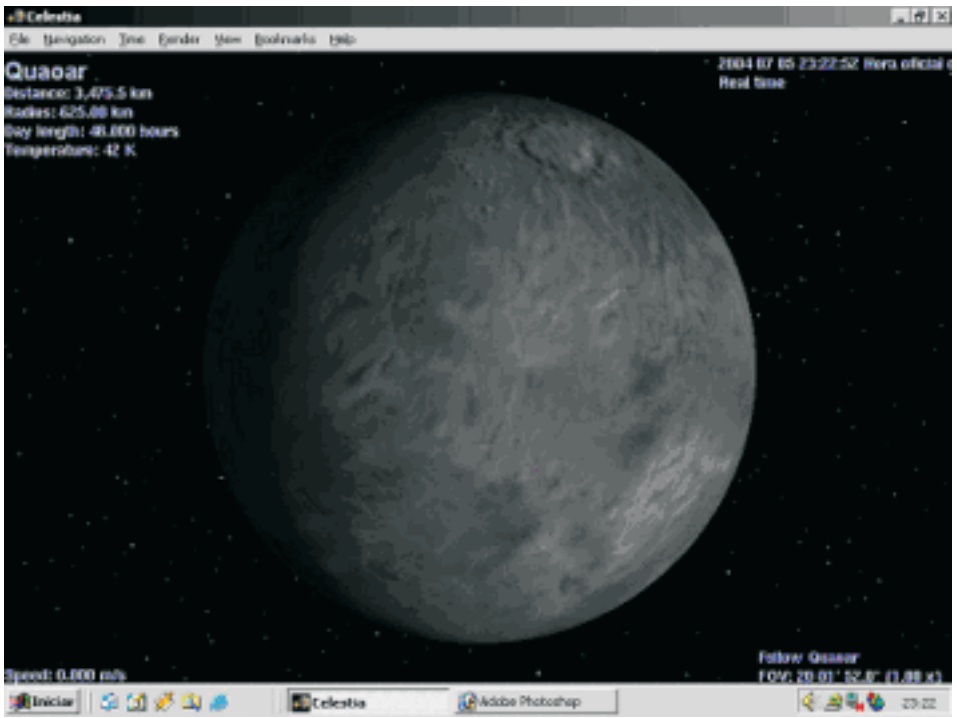
Netuno possui 12 satélites naturais.



CINTURÃO DE Edgeword-Kuiper:

É uma região descoberta em 1992, situada além de Netuno, na qual estão em órbita pelo menos 70.000 objetos com diâmetros maiores do que 100 quilômetros. Acredita-se que esta região é a fonte dos cometas de curto período como, por exemplo, o cometa Halley.

Estima-se que o maior objeto desta região seja o planeta Plutão, mas recentemente vem se descobrindo corpos bem grandes nesta região, como Quaoar, em 2002, com 1250 quilômetros de diâmetro, Plutão tem 2320 Km de diâmetro.

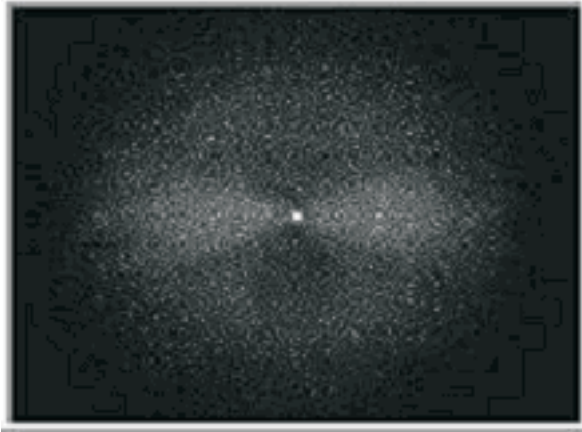




PLUTÃO: Tão longe de nós, até hoje o único planeta não visitado por uma sonda espacial.

- Ele é o menor planeta do Sistema Solar. No entanto, ao contrário de seus vizinhos gigantes, como Netuno e Urano, ele é um planeta rochoso.
- Descoberto em 18/02/1930 por Clyde W. Tombaugh.
- Fica a uma distância média ao Sol de 5.913.520.000 quilômetros, no entanto, devido à excentricidade (o quanto ela é elíptica) da sua órbita, fica mais próximo do Sol do que Netuno durante 20 anos dos 248,54 anos terrestres da sua órbita.
- Seu raio mede 1.160 quilômetros.
- Seu período de rotação equivale a 6 dias e 9 horas terrestres, mas assim como Vênus e Urano, rotaciona no sentido contrário ao da Terra.
- Seu eixo de rotação está inclinado em 122,5°.
- Seu tamanho corresponde a dois terços do tamanho da Lua, metade da de mercúrio e sua massa equivale a 0,0022 massa terrestre.

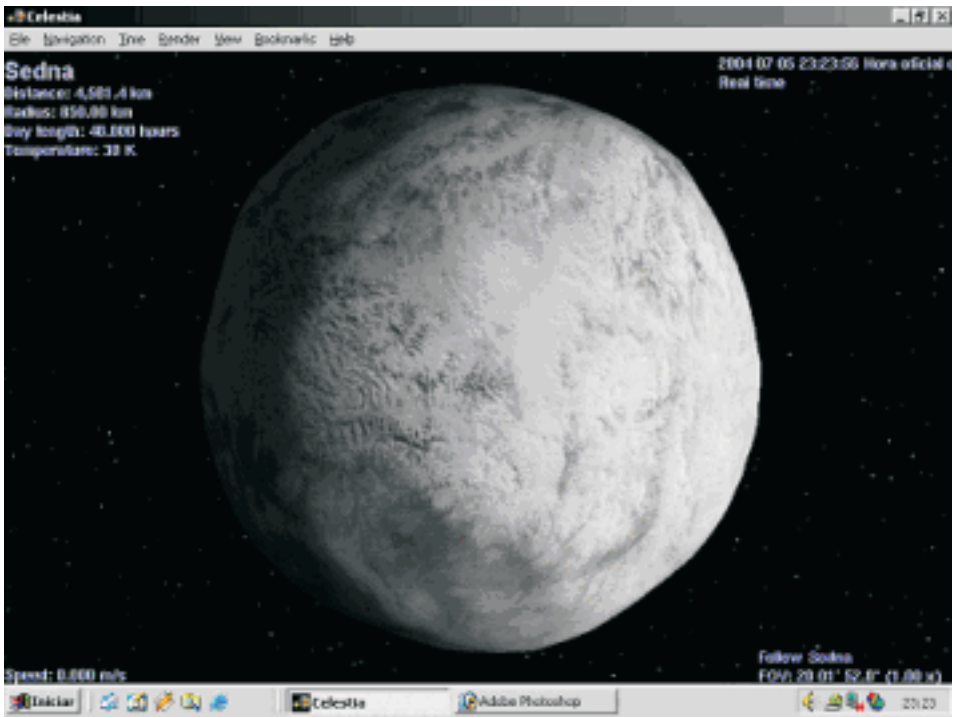
Esse é o único planeta do Sistema Solar que ainda não foi visitado por uma sonda espacial.



NUVEM DE OORT:

Agora sim estamos chegando aos limites do Sistema solar. Estamos muito longe da Terra. Desta região, de onde se originam os cometas de longo período, todo o resto do Sistema Solar seria mesclado em um único ponto brilhante, o Sol, uma pequenina estrela como qualquer outra no firmamento. Muito pouco se sabe sobre a Nuvem de Oort.

Recentemente descobriu-se um objeto que está muito longe dos limites do Cinturão de Kuiper e muito perto para ser um integrante da Nuvem de Oort. Seu nome é Sedna, tem 1700 quilômetros de diâmetro aproximadamente. No ponto mais afastado de sua órbita, ele chega a estar a mais de 180 bilhões de quilômetros do Sol. Os pesquisadores, sem saber bem o que um corpo deste tamanho está fazendo nesta região, estão supondo a existência de uma Nuvem de Oort Interior.



4

Comparando tamanhos no nosso Universo

O nosso Universo engloba tudo: do muito pequeno ao muito grande, das bactérias às supergaláxias. Por este motivo a diversidade dos estudos da astronomia e da astrofísica são muito grandes.

O muito pequeno:

Tamanho do quark (uma das partículas fundamentais da natureza)	menor que 10^{18} metros
Tamanho do elétron	menor que 10^{18} metros
Tamanho do próton	10^{15} metros
Tamanho do núcleo do átomo	10^{14} metros
Tamanho do átomo de hidrogênio	10^{10} metros
Tamanho da molécula de hidrogênio	10^9 metros
Tamanho dos vírus	20 a 300×10^9 metros
Tamanho da molécula de DNA	10^7 metros
Tamanho da célula	10^4 metros
Tamanho de uma pulga	10^3 metros

O muito grande:

Diâmetro da Terra	$12,376 \times 10^6$ metros
Diâmetro do Sol	14×10^8 metros
Diâmetro do Sistema Solar	10^{11} metros
Diâmetro da nossa Galáxia	$\sim 10^{21}$ metros
Diâmetro do Grupo Local de Galáxias	$\sim 10^{22}$ metros
Diâmetro do Superaglomerado de Virgo	$\sim 10^{23}$ metros
Diâmetro do Universo visível	Maior que 10^{25} metros

Comparando tamanhos no Sistema Solar:

Corpo celeste	Raio eq. ($\times 10^6$ metros)
Sol	696,000
Júpiter	71,492
Saturno	60,268
Urano	25,559
Netuno	24,766
Terra	6,378
Vênus	6,051
Marte	3,398
Ganimedes (satélite de Júpiter)	2,631
Titã (satélite de Saturno)	2,575
Merúrio	2,439
Calisto (satélite de Júpiter)	2,400
Io (satélite de Júpiter)	1,815
Tritão (satélite de Netuno)	1,750
Lua (satélite da Terra)	1,738
Europa (satélite de Júpiter)	1,569
Plutão	1,137

Note na tabela acima que vários satélites são maiores do que alguns planetas do Sistema Solar!



O simulador espacial CELESTIA

O simulador espacial Celestia é um *software* de distribuição livre, ou seja, é gratuito e não são cobrados direitos autorais para instalá-lo em quaisquer microcomputadores, para quaisquer sistemas operacionais em que esteja disponível.

Foi criado por Chris Laurel, norte-americano graduado em física e matemática, e contou com a colaboração de Clint Weisbrod, Fridger Shcremppe e Christophe Teysser, todos das áreas de física, matemática e computação. A instalação do *software* está disponível pela internet em www.shatters.net/celestia, e por enquanto só há a versão em língua inglesa disponível. Neste *site* também é possível encontrar inúmeros arquivos para se adicionar recursos ao programa (os chamados "extras") e *links* para outras páginas de pessoas que contribuem espontaneamente para o aprimoramento e expansão das possibilidades de simulação do programa.

Num ambiente tridimensional, o Celestia pode simular uma "viagem" para todos os objetos nele catalogado: planetas, luas, asteróides, cometas, sondas espaciais, naves tripuladas, estrelas e até as galáxias vizinhas. Características como tamanho, temperatura na superfície, período de rotação e traçado de trajetórias estão disponíveis para a grande maioria dos objetos simulados pelo Celestia. Apesar de sua qualidade gráfica ser encantadora, sua característica mais importante está no fato de possuir grandes bancos de dados e recursos baseados em conhecimentos reais de física, o que o torna uma poderosa ferramenta de ensino, habilitando-o como elemento suplementar para o professor de física, astronomia e disciplinas correlatas.

Veja a seguir comandos básicos para se "navegar" no Celestia.

Mouse:

Botão esquerdo um clique: seleciona objeto clicado.

Botão esquerdo - mantendo clicado e arrastando: move campo de visão.

Botão direito um clique: abre um "menu" com opções referentes ao objeto.

Botão direito mantendo clicado e arrastando: gira ao redor do objeto.

Teclado:

Setas: movem o campo de visão na direção da seta pressionada.

Shift + Setas: faz um "giro" em torno do objeto selecionado.

G: viaja até o objeto selecionado.

ENTER: abre campo para se digitar nome do objeto que se quer selecionar (exemplo: pressionar **ENTER**, digitar **PLUTO** (Plutão em inglês), e pressionar **ENTER** novamente para confirmação. Assim o planeta Plutão foi selecionado; para viajar até ele basta pressionar **G**).

HOME: aproxima-se do objeto selecionado.

END: afasta-se do objeto selecionado.

O: exhibe a órbita/trajetória do objeto selecionado. Por padrão, exhibe também as órbitas de todos os planetas e seus satélites naturais.

L: acelera simulação do tempo num fator de 10 vezes por toque.

K: retarda simulação do tempo num fator de 10 vezes por toque.

Barra de Espaço: "congela" simulação do tempo.

J: inverte direção da simulação do tempo.

\: retorna à simulação de tempo real.

!: configura para data e hora atual (ou a data do relógio do computador).

&: habilita/desabilita nome de formações das superfícies das luas e planetas (no caso de Terra, exhibe o nome das capitais dos países).

Menu:

Navegation Solar System Browser: lista todos os objetos do Sistema Solar catalogados.

Navegation Star Browser: lista, em número de 10 a 500, estrelas catalogadas por proximidade, brilho ou companhia planetária.

Navegation Eclipse Finder: calcula momento exato de eclipses solares e lunares de quaisquer planetas ou luas do Sistema Solar.

Time set time: permite configurar quaisquer datas e hora exata para simulação.

Render View Options: permite habilitar ou desabilitar itens visuais como: atmosferas e nuvens dos planetas, órbitas de planetas, luas, naves, asteróides, exibição das caudas dos cometas, de constelações, de galáxias, etc...

Render Ambiente Light: regula luz ambiente entre médio (medium), baixo (low) e nenhum (none), este último sendo o que melhor corresponderia a realidade.

Sabendo estes comandos básicos, pode-se navegar facilmente pelo programa, investigando todo o Sistema Solar e a nossa galáxia, de uma forma lúdica. Ao praticar mais com o programa, pode-se descobrir mais funções e opções disponíveis, melhorando ainda mais a navegação e o aprendizado do usuário.

6

Asteróides



O que são os asteróides?

Os asteróides são objetos rochosos e/ou metálicos, sem atmosfera, que estão em órbita em torno do Sol, mas são pequenos demais para serem considerados como planetas. Os asteróides também são chamados de **planetas menores**. A maior parte dos asteróides está espalhada na região situada entre 2 e 5 UA do Sol (1 U.A. = 150.000.000 de quilômetros)

Qual a origem dos asteróides?

Os asteróides são resíduos do material deixado para trás quando houve a formação do Sistema Solar, há 4,6 bilhões de anos. A forte gravidade de Júpiter teria impedido que este material se agrupasse formando um corpo semelhante a um planeta.

As principais características dos asteróides:

Os asteróides podem ser vistos como objetos individuais ou como membros de uma população de corpos celestes. Primeiramente veremos suas

propriedades individuais.

O tamanho dos asteróides:

Os asteróides variam muito em tamanho. Se fizermos um estudo numérico dos tamanhos destes corpos veremos que há uma concentração muito grande de asteróides de pequeno tamanho, enquanto que os de grande tamanho são poucos.

Existem 26 asteróides conhecidos que tem mais de 200 quilômetros de diâmetro. Alguns possuem mais de 100 Km de diâmetro e muitos outros estão no intervalo entre 10 e 100 Km.

O número de asteróides conhecidos:

Na verdade, ainda não sabemos quantos asteróides existem. Várias centenas de asteróides são descobertos todos os anos. A cada um deles é dada uma designação provisória. Com certeza, existem algumas centenas de milhares de asteróides que são pequenos demais para serem observados da Terra.

Os maiores asteróides conhecidos:

O maior asteróide conhecido é 1 Ceres. Ele tem 845 quilômetros de diâmetro e contém aproximadamente 25% da massa de todos os outros asteróides combinados. **A massa dos asteróides:**

Estima-se que a massa total de todos os asteróides formaria um corpo com, aproximadamente, 1500 quilômetros de diâmetro, ou seja, menos que metade do tamanho da Lua. **A forma dos asteróides:**

Infelizmente o nosso conhecimento sobre os asteróides ainda está limitado a observações feitas, na maior parte, aqui da Terra. Neste caso, mesmo utilizando os maiores telescópios existentes, os asteróides continuam se revelando como "quase-estrelas". Numa placa fotográfica, ou numa imagem eletrônica obtida com um CCD, nada, a não ser seu movimento em relação às estrelas, o diferencia destas. Portanto, suas características principais, tais como sua forma, sua composição, sua rotação, etc., ainda são obtidas de modo indireto.

"Near-Earth Asteroids" (NEAs) ou "Asteróides Próximos à Terra"

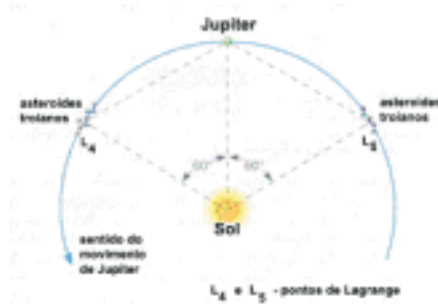
Estes são os asteróides que não estão no Cinturão Principal e cujas órbitas cruzam as dos planetas interiores. Alguns destes asteróides se aproximam bastante da Terra. Eles são divididos em:

- **Asteróides Amor:** são aqueles cujo semi-eixo maior da sua órbita está a menos de 1,0 U.A. e suas distâncias de afélio são maiores do que 0,983 U.A.
 - **Asteróides (ou objetos) Apollo:** são os asteróides cujo semi-eixo maior da sua órbita é maior do que 1,0 U.A. e suas distâncias de periélio menores do que 1,017 U.A.
 - **Asteróides Aten:** são os asteróides cujas distâncias de periélio estão entre
-

1,017 U.A. e 1,3 U.A.

- **Asteróides Troianos** são os asteróides que se situam ao longo da própria órbita de Júpiter, localizados próximos aos pontos situados 60° à frente e 60° atrás da posição de Júpiter em sua órbita.

Os pontos situados 60° à frente e 60° atrás da posição de Júpiter em sua órbita são posições muito características obtidas em soluções de problemas de Dinâmica Orbital. Eles são os chamados pontos Lagrangianos estáveis de um problema de três corpos plano e restrito. Dizemos então que os asteróides Troianos se encontram em ressonância com Júpiter, a chamada ressonância 1:1.



- **Centauros**, estes são os asteróides que estão localizados além da órbita de Júpiter.

Os Centauros, por outro lado, são asteróides (e/ou cometas) cujas órbitas cruzam a órbita de algum planeta gigante. Esta é a razão deles possuírem uma grande instabilidade dinâmica. Devido a esta instabilidade os Centauros, assim como os NEAs, não podem ter estado em suas órbitas atuais desde a formação do Sistema Solar. Eles devem ter chegado nestes locais recentemente, provenientes de alguma outra região, interior ou exterior. Entre os Centauros podemos citar (977) Hidalgo e (2060) Chiron. Embora dinamicamente os dois apresentem similaridades físicas, eles são bastante diferentes já que o primeiro continua tendo a aparência de um asteróide típico enquanto o segundo apresenta uma intensa atividade cometária.

A evolução dos asteróides:

Embora a origem dos asteróides esteja intimamente relacionada com a formação do Sistema Solar, sua evolução depende de processos físicos posteriores a essa formação, tais como colisões, variações orbitais, etc. As altas velocidades aleatórias dos asteróides do Cinturão Principal (cerca de 5 km por segundo) e sua densidade espacial também implicam numa evolução colisional durante a formação do Sistema Solar.

7

Cometas

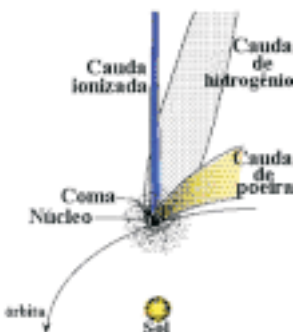
Os cometas constituem outro conjunto de pequenos corpos orbitando o Sistema Solar. Suas órbitas são elipses muito alongadas. Eles são muito pequenos e fracos para serem vistos mesmo com um telescópio, a não ser quando se aproximam do Sol. Nessas ocasiões eles desenvolvem caudas brilhantes que algumas vezes podem ser vistas mesmo a olho nu.



Imagem do cometa periódico Borrelly (19P) obtidas pela sonda Deep Space 1. A foto do núcleo foi obtida quando a nave passou a 3417 km dele. O cometa tem um período de 6,8 anos e um núcleo com 8 km. Lançada em outubro de 1998, a Deep Space 1 completou seu projeto principal de estudar a propulsão iônica antes de fotografar o cometa.

Os cometas são feitos de uma mistura de **gelo e poeira**, como uma *bola de gelo sujo*, segundo o modelo proposto por Fred Lawrence Whipple em 1950. À medida que eles se aproximam do Sol, parte do gelo derrete, formando uma grande nuvem de gás e poeira ao redor do cometa, chamada **coma**, com diâmetro da ordem de 100 mil km. A parte sólida e gelada no interior é o **núcleo** e normalmente tem 1 a 10 km de diâmetro. O calor e o vento solar proveniente do Sol sopram o gás e a poeira da coma formando a **cauda**. Essa cauda sempre aponta na direção oposta à do Sol e pode estender-se por muitos milhões de quilômetros.

Componentes de um cometa



Normalmente podem ser observadas duas caudas, uma **cauda de gás** e uma **cauda de poeira**. A cauda de poeira é mais larga, curva e amarela porque brilha devido à reflexão da luz solar na poeira. A poeira segue a órbita kepleriana, isto é, quanto mais distante do Sol mais devagar andam as partículas. A cauda de gás é reta e azul, pois brilha devido à emissão do monóxido de carbono ionizado (plasma). O gás expelido do cometa é ionizado pela radiação solar e segue as partículas ionizadas expelidas pelo Sol, chamadas de vento solar. A cauda de hidrogênio,

somente visível em ondas de rádio, é a mais extensa; por ser composta das partículas mais leves, é a mais afetada pela pressão de radiação.

Algumas vezes é observada também uma anti-cauda, isto é, uma cauda na direção do Sol. Essa cauda é um efeito de perspectiva, causado por partículas grandes (0,1 a 1 mm de diâmetro), ejetadas do núcleo, que não são arrastadas pela pressão de radiação do Sol, permanecendo na órbita.

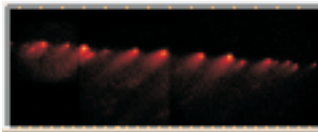


Foto do núcleo irregular do Cometa Halley obtida pela nave européia Giotto a 1000 km do núcleo do cometa, que tem 13 por 8 km, densidade próxima a $1,0 \text{ g/cm}^3$ e massa de $6 \times 10^{14} \text{ kg}$.



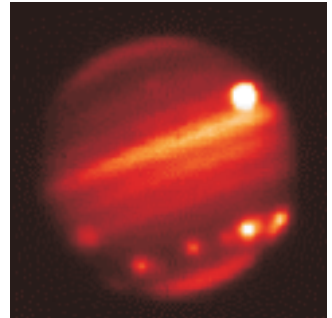
Edmund Halley (1656-1742): astrônomo britânico amigo de Isaac Newton, foi o primeiro a mostrar que os cometas vistos em 1531, 1607 e 1682 eram na verdade o mesmo cometa e, portanto, periódico, que é desde então chamado de Cometa Halley.

Se um corpo pequeno apresenta uma atmosfera volátil visível, chama-se cometa. Se não, chama-se asteroide.



Em julho de 1994 o cometa Shoemaker-Levy 9 que tinha se fragmentado em mais de 21 pedaços, os

maiores de até 1 km, colidiu com Júpiter, explodindo nas nuvens de amônia da atmosfera de Júpiter. A mancha mais brilhante, no canto superior direito da imagem infravermelho de Júpiter, é do satélite Io. As manchas na parte inferior foram causadas pelos impactos.

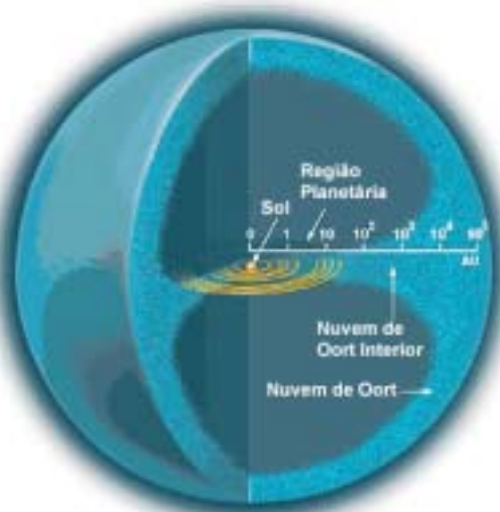


Jan Hendrik Oort (1900-1989) e a Nuvem de Oort

Acredita-se que os cometas são corpos primitivos, presumivelmente sobras da formação do sistema solar, que se deu pelo colapso de uma nuvem molecular gigante.

Esses corpos formariam uma vasta nuvem circundando o Sistema Solar, em órbitas com afélio a uma distância de 50 000 UA do Sol (7,5 trilhões de quilômetros ou 0,8 ano-luz) : a "**Nuvem de Oort**". Haveria 100 bilhões de núcleos cometários nessa nuvem.

Eventualmente, a interação gravitacional com uma estrela próxima perturbaria a órbita de algum cometa, fazendo com que ele fosse lançado para as partes mais internas do sistema solar. Uma vez que o cometa é desviado para o interior do sistema solar, ele não sobrevive mais do que 1000 passagens periélicas antes de perder todos os seus elementos voláteis.



8

Curiosidades sobre o Sistema Solar

Mercúrio

· Em relação à maioria dos outros planetas, a órbita de Mercúrio é uma elipse bem pronunciada. Assim, quando o planeta se aproxima do Sol, sua velocidade de translação é quase igual à rotação, produzindo um curioso efeito: visto de Mercúrio, o Sol pode nascer e se pôr duas vezes num único dia.

Vênus

· A densa atmosfera de Vênus contribui para uma luminosidade escassa na superfície (como um dia nublado na Terra). Mas a densidade não é homogênea e produz refrações múltiplas, originando várias imagens de um mesmo objeto: do solo de Vênus é possível ver dois ou três sóis.

Terra:

· Em março de 1998 a humanidade viveu à espera do fim do mundo. Em um dia normal no laboratório astronômico do Smithsonian Astrophysical Observatory, em Cambridge, quando o computador entrou em pane. Detectara um asteroide, o 1997XF11, viajando em direção a Terra. A máquina pifou porque não estava ajustada para calcular rotas que chegassem tão perto. Pelas projeções, em 2028 o XF11 passaria a cerca de 50.000 quilômetros da Terra, muito mais perto do que a Lua. Um raspão, em escala astronômica. Ainda assim, era um cálculo otimista. Como havia uma margem de erro de 290.000 quilômetros, não se descartava que o asteroide atingisse a Terra. Seria uma catástrofe. Com pelo menos 1,5 quilômetro de diâmetro, o XF11 atingiria a Terra a uma velocidade de 27.000 quilômetros por hora. O impacto, igual a detonação de 2 milhões de bombas atômicas, abriria uma cratera de 32 quilômetros de diâmetro e mataria bilhões de pessoas. No mesmo dia o cientista responsável pelo projeto convocou todo o mundo a ajuda-lo a refazer os cálculos. Poucos dias depois astrônomos do mundo todo apontaram seus telescópios para aquele pontinho no céu. Para sorte da espécie humana, as projeções iniciais foram trituradas. Pelas medições da NASA, em 2028, o asteroide passará a, pelo menos, 960.000 quilômetros da Terra perto, mas bem longe de representar uma ameaça. O asteroide circula o Sol a cada 21 meses numa órbita mais ampla que a nossa. Embora decepcione para os catastrofistas, o episódio mostrou quanto à astronomia se popularizou, depois da melhoria dos telescópios, das informações de sondas espaciais e dos esforços em

desvendar fenômenos como os buracos negros e a presença de água em Luas do Sistema Solar.

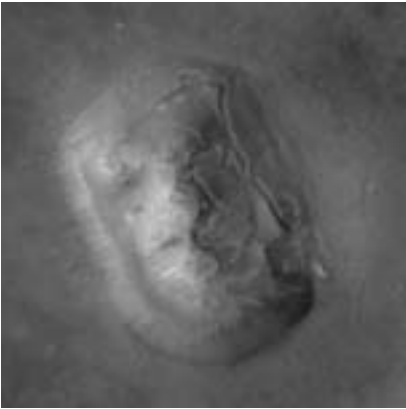
Lua:

· Se a Lua não existisse a nossa espécie nem sequer teria surgido. É que o satélite natural da Terra, enquanto dá voltas, puxa o planeta com sua gravidade e isso determinou a evolução do homem. Se não fosse esse puxão, a rotação da Terra ficaria frouxa como a de um pião que perde velocidade. O eixo de rotação do planeta mudaria de posição a toda hora de um maneira tão caótica que as vezes os pólos ficariam apontados para o Sol. O clima se enlouqueceria. Séculos quentíssimos se alternariam com outros em que camadas de milhares de quilômetros de gelo cobririam os continentes. Nevascas, furacões, enchentes e secas seriam coisa corriqueiras. Sem a Lua, os mares se tornariam bem diferentes do que são hoje. Sumiriam as grandes variações de maré, provocadas pelo puxão gravitacional da Lua. A maioria dos animais seria aquática porque, dentro da água, a temperatura sobe e desce mais devagar. Dessa forma o mar protegeria os bichos do clima maluco. Outro efeito da ausência do satélite é que os dias seriam bem mais curtos. Isso porque a gravidade lunar, além de segurar o eixo da Terra, faz com que a velocidade de rotação do nosso planeta diminua lentamente. Se não houvesse um satélite ao nosso redor, esse freamento não ocorreria na Terra e a ela continuaria rodando muito rápido.

Marte

· Em 1976, uma fotografia tirada da superfície de Marte pela nave espacial americana Viking despertou a imaginação do todo o mundo. Nela, via-se um imenso rosto humano com 3 quilômetros de comprimento esculpido no solo arenoso da superfície do planeta vermelho. Aos olhos de leigos, esotéricos e alguns cientistas barulhentos, parecia a prova de que algum dia existira lá algum tipo de vida inteligente. Tratando-se do planeta que mais inspirou a ficção científica, o episódio espalhou credices. A mais popular delas era que o desenho significava uma espécie de outdoor alienígena dirigido aos terráqueos. Foram até formadas seitas que reverenciavam os criadores da chamada Face de Marte. A celeuma chegou ao máximo em 1993, quando a sonda Observer, artefato de 1 bilhão de dólares destinado a vascular o terreno e o clima de Marte, perdeu contato





com a Terra ao se aproximar do planeta. A NASA chegou a ser acusada de ter desligado a nave propositalmente

para fazer de suas descobertas um segredo militar. A discussão sobre a face de Marte, que ficou no ar por 22 anos, somente acabou em 1998, quando a nave Mars Global Surveyor, nave lançada em 1996 com o objetivo de fotografar e mapear toda a superfície marciana. A nova fotografia tirada de ângulo diferente revelou que aquele

pedaço do planeta - região conhecida como Cidônia é apenas uma cadeia de montanhas em forma circular, sem nenhuma semelhança com a face de humana. O rosto em Marte é tão ilusório quanto São Jorge e o Dragão na Lua.

Júpiter

· Em apenas 9 h e 50 min Júpiter completa uma volta em torno de si mesmo e intensas correntes elétricas são geradas na camada de hidrogênio metálico. A eletricidade produz um **poderoso campo magnético**, 14 vezes mais intenso que o terrestre e que se estende para além de Saturno, mas é invertido em relação ao nosso. Lá, a agulha de uma bússola trava rapidamente sem oscilações, e onde indicar o Norte, não tenha dúvida, é o Sul.

Urano

· O **eixo do campo magnético** de Urano também possui a maior inclinação de todo o Sistema Solar, 55° em relação ao eixo de rotação. A origem desse campo é a mesma dos demais planetas: uma massa fluida, condutora, em contínuo movimento devido ao movimento de rotação.

Netuno

· Uma poderosa fonte interna de calor e que emite quase o triplo da energia recebida pelo Sol garante os movimentos convectivos de sua atmosfera, responsáveis pelos **ventos mais velozes** de todo o Sistema Solar, por volta de 2.000 km/h.

· A atmosfera do planeta Netuno é composta principalmente de gás metano, ela tem espessura de 21.000 quilômetros (enquanto que a da Terra tem 100 quilômetros). Assim, mergulhando 7.000 quilômetros na atmosfera, a pressão alcança um valor incrível de 400.000 vezes maior que a pressão atmosférica. A essa

pressão, Netuno transforma o metano da atmosfera em poeira de diamante.

Cometas:

· A maior cauda de cometa que já foi registrada é a do cometa Hyakutake, um dos maiores cometas que passaram perto da Terra no século passado, a cauda tem 570 milhões de quilômetros de extensão, suficiente para ir da Terra ao Sol quase quatro vezes. A maior cauda que se conhecia até então era a de um cometa sem nome, observado pela primeira vez em 1843, que media cerca de 323 milhões de quilômetros. A cauda do cometa Halley, o cometa mais famoso, se estendeu por no máximo 85 milhões de quilômetros.

Asteróides:

· Astrônomos da NASA, utilizando um radiotelescópio encontraram o mais divertido dos asteróides, o Cleópatra. Ele tem a forma de um imenso osso de cachorro de 217 quilômetros de comprimento e 94 quilômetros de largura e é feito de ferro e níquel em grande parte. Acredita-se que ele foi criado pela colisão de dois corpos menores, que se fundiram num só objeto, os restos da dupla formam as pontas arredondadas do osso. O Cleópatra tem uma área de 30.000 quilômetros quadrados, cinquenta vezes menor que o Estado de São Paulo.

· O asteróide que caiu no Golfo do México, extinguindo mais de 40 das espécies animais, há 65 milhões de anos, não teria efeitos tão catastróficos se tivesse batido mais perpendicularmente contra a Terra. Uma reprodução feita por cientistas, mostrou que um projétil ao atingir uma superfície de características semelhantes à do Golfo do México, num ângulo menor que 30°, bem fechado, o projétil deixou a mesma marca na forma de ferradura da cratera de Chicxulub. E mostrou como a grande nuvem de vapor e poeira avançou sobre a América do Norte. Isso significa que a devastação não depende só do tamanho do bólido, mas também do ângulo com que ele cai. Quanto mais de raspão for à queda, mais detritos são lançados na atmosfera.

A cada ano, trinta rochas chegam por aqui. Desse total, doze atravessa a atmosfera com energia superior a 1.000 toneladas de explosivos. E pelo menos uma delas é grande o suficiente para produzir uma explosão de 15.000 toneladas de dinamite. A estatística saiu de ultra-sensíveis microfones. Eles captaram o estrondo dos mergulhos cósmicos, inaudível para os ouvidos humanos.

SUMÁRIO

1 - Os objetos de estudo da Astronomia	01
2 - Descobrindo o Universo: Uma rápida história da Astronomia	02
3 - Viajando até os limites do Sistema Solar	03
4 - Comparando tamanhos no nosso Universo	16
5 - O simulador espacial Celestia	17
6 - Asteróides	19
7 - Cometas	22
8 - Curiosidades sobre o Sistema Solar	25

BIBLIOGRAFIA

- ❑ HENRIQUEZ, G.A.C. A mais antiga Ciência e a mais nova Tecnologia: Ensino de Astronomia e a Internet. 1999. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ❑ MORENO LORITE, M. A cielo abierto: una experiencia de aprendizaje de la astronomia. Alambique, nº 18, p. 75-83, 1998.
- ❑ MORENO LORITE, M. Secuenciación de contenidos y enseñanza de la astronomia. Alambique, nº 14, p. 61-71, 1997.
- ❑ BRETONES, P.S. Os segredos do Sistema Solar, 6ª edição, Atual Editora, 1998.
- ❑ UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL : <http://astro.if.ufrgs.br/>. Acesso em: 01/2003.
- ❑ REVISTA CAFÉ ORBITAL DO OBSERVATÓRIO NACIONAL: <http://www.on.br/revista/index.html>.
- ❑ CURSO DA REVISTA CAFÉ ORBITAL DO OBSERVATÓRIO NACIONAL: http://www.on.br/site_edu_distancia/index_astrofisica.html
- ❑ REVISTA CIENCIA HOJE: <http://www2.uol.com.br/cienciahoje/che/extra.htm> (Acessado em 21/07/2004);
- ❑ REVISTA CIENCIA HOJE: <http://www2.uol.com.br/cienciahoje/chdia/n158.htm> (Acessado em 21/07/2004);
- ❑ FIGURA: <http://www.cosmobrain.com/cosmobras/fig/eventos/tlesombra.gif>
- ❑ ASTRONOMIA NO ZÊNITE: <http://www.zenite.nu/news/>
- ❑ CURSO ASTROFÍSICA DO SISTEMA SOLAR DA REVISTA CAFÉ ORBITAL: http://www.on.br/site_edu_dist_ss/index_ss.html;
- ❑ DEPARTAMENTO DE ASTRONOMIA DA UFRGS: <http://www.if.ufrgs.br/ast/index.html>;