

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

**COMPONENTE CURRICULAR ELETIVA NA ESCOLA EM TEMPO INTEGRAL:
INTRODUÇÃO A ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA**

JOÃO PAULO SOARES

Orientador(es):

**Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins
Prof^ª Dr^ª. Erlânia Lima De Oliveira**

**MOSSORÓ
2020**

SUMÁRIO

| | |
|--------------------|----|
| APRESENTAÇÃO | 03 |
|--------------------|----|

PLANEJAMENTO DAS AULAS.

MÓDULO I

HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

| | |
|--|----|
| Aula 01: Introdução ao estudo de Astronomia; uma breve História da Astronomia; Astronomia antiga, Clássica, Média Ocidental, Renascença, Barroco | 05 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Aula 02: Os filósofos da Grécia Antiga; O modelo geocêntrico de Ptolomeu; O modelo heliocêntrico (Eratóstenes); Nicolau Copérnico; Tycho Brahe; Galileo | 11 |
|--|----|

AS LEIS DE KEPLER

| | |
|--|----|
| Aula 03: As Leis de Kepler; Programa espacial no Brasil | 22 |
|--|----|

TEORIA DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

| | |
|--|----|
| Aula 04: Isaac Newton; Teoria da Gravitação Universal; Órbitas de um Satélite | 29 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Aula 05: Aplicação da Avaliação do Conhecimento | 35 |
|--|----|

COORDENADAS E FUSOS

| | |
|---|----|
| Aula 06: Inclinação do Eixo de Rotação da Terra; Geocentrismo, Heliocentrismo e Translação | 39 |
|---|----|

COORDENADAS, A TERRA, E A LUA

| | |
|--|----|
| Aula 07: A Lua; Fases da Lua; Translação da Lua; Rotação da Lua e sua Face Oculta; Aspectos das Fases Lunares; Distâncias e Dimensões do Sistema Sol-Terra-Lua; As marés; Os ônibus espaciais | 46 |
|--|----|

O SOL

| | |
|---|----|
| Aula 08: O Sol; Principais características Físicas do Sol; A Estrutura do Sol; O Interior e a Energia Solar; A Atmosfera Solar; Campos Magnéticos do Sol; Ciclo de Atividade Solar; Explosões (“flares”) Solares; Ejeções de Massa Coronal (CME) | 60 |
|---|----|

SISTEMA SOLAR E A GALÁXIA

| | |
|---|----|
| Aula 09: O Sistema Solar; Descrição do Sistema Solar; O Sol; Formas de transporte de energia; Os Planetas e seus Satélites; Asteróides; Cometas; Meteoros, meteoritos e meteoroides; A Formação do Sistema Solar; O corpo humana no espaço | 72 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Aula 10: Aplicação da Avaliação do Conhecimento | 93 |
|--|----|

MÓDULO II

AS ESTRELAS

| | |
|--|----|
| Aula 11: A Cor e o Brilho das Estrelas; A Sequência Principal de Estrelas; As Estrelas Variáveis; As Estrelas de Gás Quente; O interior das Estrelas; As temperaturas das Estrelas; Classificação das Estrela | 97 |
|--|----|

Aula 12: - A Geração de Energia nas Estrelas; As Nuvens Interestelares: berçário das estrelas; O nascimento das Estrelas; Evolução das Estrelas; O Destino das Estrelas107

AS GALÁXIAS

Aula 13: A Estrutura da Nossa Galáxia; Aglomerados abertos; Aglomerados globulares; As Formas Conhecidas: espirais, elípticas e irregulares120

Aula 14: A formação das Galáxias; A exploração em Marte; Comunicação dos Astronautas no espaço128

Aula 15: Aplicação da Avaliação do Conhecimento137

COSMOLOGIA

Aula 16: - Definição de Cosmologia; O que é cosmologia? A que a cosmologia se propõe? Cosmologia e o Universo em que vivemos138

Aula 17: O Modelo Cosmológico Padrão; Estrutura e Evolução; O Suporte Observacional do Big Bang; A Escala de Distância Cosmológica145

Aula 18: Hierarquias; Distâncias Típicas; Matéria Escura; Energia Escura154

Aula 19: O Futuro do Universo; A corrida espacial; Veículos Espaciais160

Aula 20: Aplicação da Avaliação do Conhecimento172

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS174

APRESENTAÇÃO

Esse material que será apresentado, é um produto educacional que faz parte de uma pesquisa de conclusão de curso do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional, em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), no polo 09, localizado no Campus Leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Este produto educacional foi elaborado com a intenção de fazer parte de uma Componente Curricular Eletiva para o estudo de Introdução a Astronomia e Astronáutica nas escolas públicas de Ensino Médio em Tempo Integral (EEMTI) do Estado do Ceará. Essa Componente Curricular faz parte da Base Curricular Diversificada, tendo uma carga horária de quarenta horas aulas (40 h/a) que deverá ser ministrada por um Professor de Física durante um semestre com duas aulas semanalmente e poderá ser ofertada para estudantes matriculados em qualquer série do Ensino Médio.

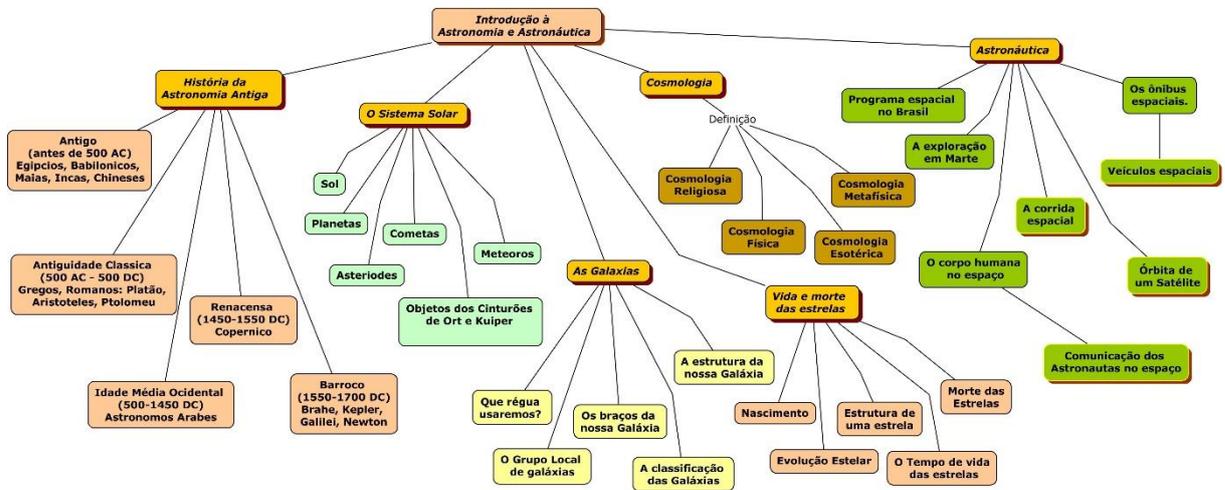
Os objetos de conhecimento deste produto educacional serão apresentados através de Sequências Didáticas que incluem a exploração de conhecimentos prévios dos alunos, leitura de textos, apresentação de vídeos, orientação para atividades de sala e de casa e avaliações do conhecimento que poderão colaborar com o Ensino de Astronomia e Astronáutica nas escolas. Utiliza-se como referencial de teórico, a Teoria da aprendizagem Significativa de David Ausubel, priorizando sempre o conhecimento prévio dos estudantes e a estrutura das aulas em mapas conceituais. Para a utilização deste material são necessários equipamentos como notebook, Datashow e caixas de som para a exposição dos objetivos específicos do conhecimento e vídeos que irão exemplificar as aulas. O laboratório de informática também será útil para pesquisas e apoio para uma aula onde deve ser usado o software *stellarium*.

Esse produto educacional pretende estudar especificamente os objetos de conhecimento de Astronomia, iniciando com a História da Astronomia, Leis de Kepler, Teoria da Gravitação Universal, o Sistema Solar, as Galáxias, as Estrelas e Cosmologia. Na parte de Astronáutica, veremos o Programa Espacial no Brasil, Órbita de um Satélite, Ônibus Espaciais, O corpo Humano no espaço, A exploração em Marte, Comunicação dos Astronautas no espaço, A corrida espacial e Veículos Espaciais.

A escolha destes objetos de conhecimento se deu a partir dos assuntos trabalhados na Olimpíada Brasileira de Astronomia, que são poucos estudados em sala nas aulas de Física. Espera-se que ao final do curso, os estudantes compreendam o que foi discutido durante as aulas, e saiam com os conhecimentos básicos daquilo que se propuseram estudar.

Bons Estudos!

Mapa conceitual da disciplina

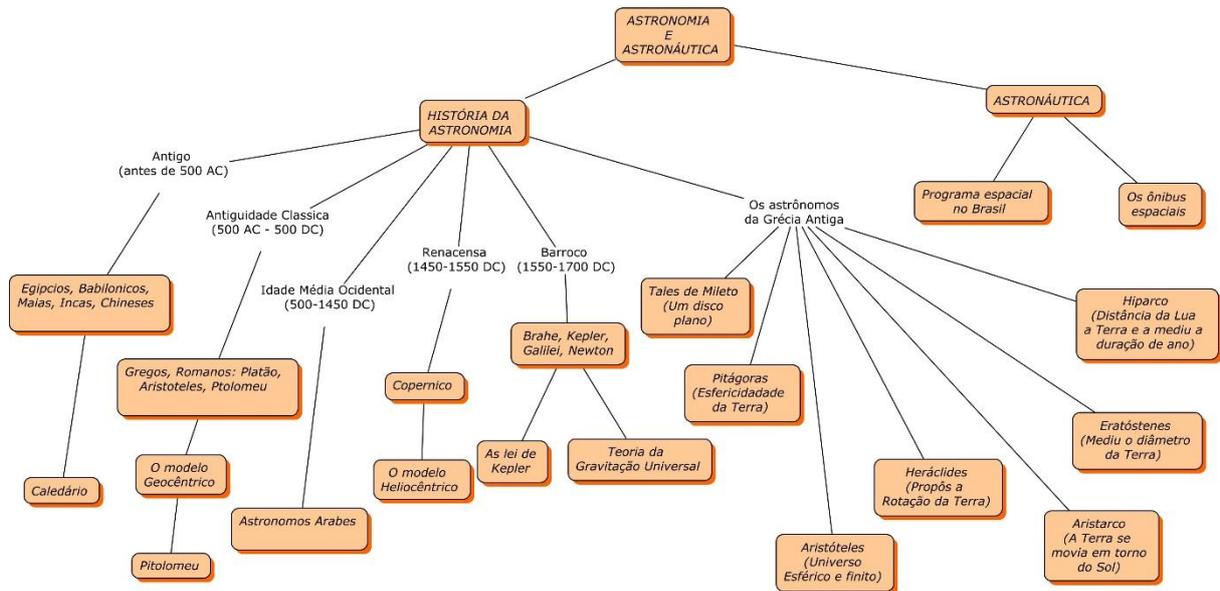


O material deste produto educacional está disponível no *website*:



<http://astronomia-e-astronautica.webnode.com/>

Mapa conceitual da Sequência didática I



Fonte: próprio autor

AULA 01

Apresentação sobre o curso de Astronomia e Astronáutica, mostrando-lhes os objetivos e a sistemática de avaliações.

- ✓ Objetos do conhecimento

HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

- ✓ Objetivos específicos
 - Introdução ao estudo de Astronomia;
 - Uma breve História da Astronomia;
 - Astronomia antiga, Clássica;
 - Média Ocidental, Renascença, Barroco.

Questionamentos para explorar os conhecimentos prévios dos alunos:

- Vocês já ouviram falar na palavra Astronomia?
- O que essa Ciência estuda?
- Por que devemos estudar esse tipo de conhecimento?
- Onde podemos encontrar Astronomia no Cotidiano?

Após esses questionamentos deve-se iniciar o estudo dos objetos específicos:

Definição de Astronomia

“Ciência que estuda os astros, as forças que atuam sobre eles, principalmente a sua constituição, as suas posições relativas e as leis dos seus movimentos”.

Apresentar o vídeo do primeiro episódio da série denominada “ABC da Astronomia” que explica a origem desta ciência e o que ela estuda, disponível no site *youtube* no link:



<https://www.youtube.com/watch?v=0JfksHOJX5U&list=PL786495B96AB0CC3C&index=1>

Introdução ao Estudo de Astronomia



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=Q_ITMEMZ17w

Em seguida deve-se iniciar o estudar da história da astronomia fazendo um breve apanhado desde a idade antiga até o período Barroco.

A exposição da aula se dar a partir das observações feitas pelos Filósofos da antiguidade acerca do movimento de astros como o Sol e da Lua, alguns fenômenos como a sombra e de monumentos construídos para tais observações.

As especulações sobre a natureza do Universo podem remontar ao período histórico humano, embora registros religiosos da cultura ariana que dominou o subcontinente indiano a cerca de nove mil anos tragam especulações sobre a natureza de tudo o que existe. Mas foi na pré-história, que ocorreu pela primeira vez o uso prático do movimento dos corpos celestes, por isso a astronomia é frequentemente considerada a mais antiga das ciências. Desde a pré-história, o céu vem sendo usado como mapa, calendário e relógio pelas diversas culturas espalhadas pelo mundo.

Círculo de Goseck



Os registros astronômicos escritos mais antigos datam de aproximadamente 3000 a.C. e se devem aos chineses, babilônios, assírios e egípcios, mas estruturas dedicadas a observação de eventos no céu são ainda mais antigas com quase de 8000 anos de idade como o círculo de Goseck (http://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADrculo_de_Goseck)).

Fonte: <https://www.noitesinistra.com/2014/08/circulo-de-goseck-o-stonehenge-alemao.html>

Newgrange



O Newgrange, construído em 3200 a.C. (no dia mais curto do ano no hemisfério norte, o solstício de inverno, o Sol ilumina o corredor e a câmara central) e Stonehenge na Inglaterra, que data de 3000 a 1500 a.C.

(<http://pt.wikipedia.org/wiki/newgrange>)),

Fonte: <https://www.newgrange.com/>

Stonehenge



Em Stonehenge, cada pedra pesa em média 26 ton. A avenida principal que parte do centro do monumento aponta para o local no horizonte em que o Sol nasce no dia mais longo do verão (solstício do verão no hemisfério norte). Nessa estrutura, algumas pedras estão alinhadas com o nascer e o pôr do Sol no início do verão

e do inverno do hemisfério norte. (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Stonehenge>)

Fonte: <https://www.tricurioso.com/2019/08/28/8-curiosidades-fascinantes-sobre-stonehenge/>

Chankillo



Nas Américas, o observatório mais antigo descoberto é o de Chankillo, no Peru, construído entre 200 e 300 a.C. Os maias, na América Central, também tinham conhecimentos que lhes permitiram criar calendários sofisticados baseados no movimento do Sol, da Lua e

do planeta Vênus e faziam registro de fenômenos celestes, e os polinésios aprenderam a navegar no Oceano Pacífico a cerca de três mil anos por meio de observações da posição das estrelas e do Sol.

Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-40088478>

Também se destaca o conjunto de edificações das culturas Maia no Sul do México e América Central e da cultura Anasazi no meio-oeste dos Estados Unidos. Mas estamos mais interessados no momento no desenvolvimento da astronomia que leva a o nosso legado mais

próximo que é o da Cultura Europeia que teve seus fundamentos trazidos das culturas mesopotâmicas (particularmente a babilônica) e Egípcia através das culturas grega e árabe.

Na região onde hoje se situa o Iraque está a Mesopotâmia (região entre os rios Tigre e Eufrates). Ali se situava a cidade de Babilônia, na margem esquerda do rio Eufrates, 70 km a Sul da moderna cidade de Bagdá, e foi, durante um período chamado Babilônia Antiga (1830-1531 a.C.) reinado pela dinastia Hamurabi, que surgiram os registros sistemáticos de eventos celestes, seguindo uma tradição da cultura anterior que dominara a região, a cultura Suméria.

O emprego de uma notação numérica eficiente. Para escrever o número 1, o escriba babilônico pressionava o escopro verticalmente sobre a pedra (𐎶); para marcar o 10 pressionava inclinado (𐎵). Combinações destas duas marcas eram usadas até 59. No entanto, para 60 era de novo usado o símbolo 1.

Embora só tardiamente tivesse aparecido um símbolo para o zero, a notação babilônica permitia fazer cálculos sérios e elaborados com alguma facilidade. A nossa divisão da hora em 60 minutos compostos por 60 segundos, e a divisão similar dos ângulos, reflete esta notação babilônica. Os astrônomos Babilônicos seguiam o exemplo de seus predecessores, iam para um lugar alto e de lá passavam o dia e a noite em vigília observando o céu a olho nu, esperando acontecimentos para fazer o registro.

Estes acontecimentos incluíam o aparecimento da Lua seu o aparecimento dos “planetas” e estrelas, basicamente eles confirmavam as observações antigas, próprias ou registradas pelos que vieram antes deles, mas procurando eventos diferentes de modo a tentar interpretar este evento no âmbito de suas crenças, estes homens eram também sacerdotes e os lugares em que faziam suas observações, era no topo de templos, os Zigurates.

Os primeiros observadores celestes da Babilônia são também muitas vezes encarados como astrólogos no sentido grego do termo, isto é, como estudiosos das consequências diretas e inevitáveis para os indivíduos, como consequência da configuração dos corpos celestes. No entanto, esta visão não está correta. Os babilônicos estavam extremamente atentos relativamente a quaisquer fenômenos ou ocorrências da Natureza em qualquer área do saber, tentando prevê-las de forma a evitar eventuais desastres provocados por elas. Cerca de 7000 registros e interpretações de fenômenos estranhos (omens) foram acumuladas ao longo dos anos em 70 lâminas de pedra, conhecidas pelas suas palavras de abertura como Enuma Anu Enlil, tendo a sua versão final sido terminada cerca de 900 a.C.

O corpo celeste mais vezes citado no Enuma é a Lua; pois o calendário babilônico era lunar, pelo que o ciclo da Lua era de extrema importância. Tendo os meses lunares cerca de 28 dias, o calendário das culturas, determinado pelo ano solar, tinha entre doze e treze meses. Durante muito tempo os babilônicos tiveram que fazer ajustes, mas por volta do século V a.C. descobriram que 235 meses lunares eram exatamente 19 anos solares. Assim, passaram a intercalar 7 meses em cada 19 anos de forma regular.

Os povos Babilônicos, criaram o calendário, (mês, semana e dia) a partir das fases da Lua e a astrologia, registraram os primeiros catálogos estelares, e iniciaram a copilar o movimento dos planetas. Faziam previsões dos eclipses lunares e solares, há indícios de que criaram a astronomia.

Tabela 01: dias da semana

| MESOPOTAMIA | LATIM CLASSICO | INGLES | FRANCES | ESPAÑHOL | PORTUGUES |
|-----------------|----------------|-----------|----------|-----------|---------------|
| Dia da Lua | Lunae dies | Monday | Lundi | Lunes | Segunda-feira |
| Dia de Marte | Martis dies | Tuesday | Mardi | Martes | Terça-feira |
| Dia de Mercurio | Mercurii dies | Wednesday | Mercredi | Miercoles | Quarta-feira |
| Dia de Jupiter | Jovis dies | Thursday | Jeudi | Jueves | Quinta-feira |
| Dia de Venus | Veneris dies | Friday | Vendredi | Viernes | Sexta-feira |
| Dia de Saturno | Saturni dies | Saturday | Samedi | Sabado | Sabado |
| Dia do Sol | Solis dies | Sunday | Dimanche | Domingo | Domingo |

Fonte: astronomia/aulas%20de%20astronomia/aulas/aula%2001/tópico%2002.pdf

Para finalizar a primeira aula deve ser feita uma avaliação oral com os alunos acerca da perspectiva da Eletiva, o que eles esperam e qual a importância de estudarmos Astronomia.

Atividade para casa...



Assistirem ao Filme “Ágora, em Alexandria”

Sinopse: “A história da grega polímata a frente de seu tempo: a matemática, filósofa e astrônoma, Hipátia de Alexandria, que ousou lecionar na Academia Neoplatônica, em uma época que mulheres não podiam ter acesso ao conhecimento”, disponível no canal site *youtube* no link <https://youtu.be/OD2VWJ97Fyg>. E respondessem um exercício sobre o filme.

Capa do filme: *Ágora*, em Alexandria.



Fonte: <http://www.astropt.org/2014/07/18/alexandria-agora/>

Questionário sobre o filme Alexandria

1. Identificar o período histórico e a localização dos eventos:
2. Identificar as cenas em que se pode ver ainda o direito arcaico.
3. Onde se expressam os cultos religiosos e as disputas políticas da cidade.
4. Identificar as cenas em que já se pode vislumbrar o direito antigo, adotado pelos romanos:
5. Identificar quais as religiões que se chocam com a filosofia agnóstica.
6. Qual o papel do “prefeito”? Juiz? Sacerdote? Qual o papel dos conselheiros do prefeito? A assembleia no direito romano antigo tem papel importante, que papel é esse?
7. Qual é a consideração dada à filósofa hipátia na biblioteca? E no senado? E frente às religiões? Qual a religião que impõe silêncio à mulher? Por quê?

Fonte: <https://ensaiosemodelos.com/perguntas-e-respostas-filme-alexandriagora/>

AULA 02

- ✓ Objetos do conhecimento

HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

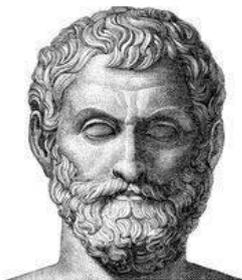
- ✓ Objetivos específicos
 - Os filósofos da Grécia Antiga;
 - O modelo geocêntrico de Ptolomeu;
 - O modelo heliocêntrico (Eratóstenes);
 - Nicolau Copérnico;
 - Tycho Brahe;
 - Galileo.

Explorando os conhecimentos que os alunos já trazem de seu cotidiano.

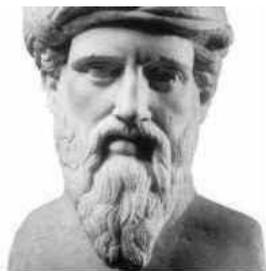
- Quais Filósofos vocês já ouviram falar em outras Ciências?
- Quais as contribuições eles deixaram?
- Os conceitos que eles construíram, permanecem verdade até os dias atuais?
- Qual a importância destes Filósofos para a evolução da Ciência?
- Quais modelos já foram criados sobre o modelo do Universo?

Após esses questionamentos deve-se iniciar o estudo dos objetos específicos:

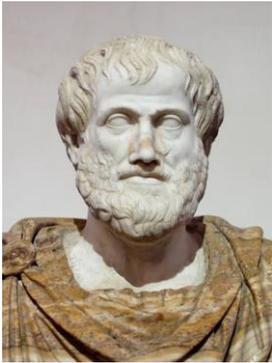
Os Filósofos da Grécia Antiga e da Idade Média Ocidental, deixaram um legado para a evolução da ciência, a seguir apresenta-se os textos estudados na aula:
<http://astro.if.ufrgs.br/antiga/antiga.htm>.



Tales de Mileto (624 - 546 a.C.) introduziu na Grécia os fundamentos da geometria e da astronomia, trazidos do Egito. Pensava que a Terra era um disco plano em uma vasta extensão de água.



Pitágoras de Samos (572 - 497 a.C.) acreditava na esfericidade da Terra, da Lua e de outros corpos celestes. Achava que os planetas, o Sol, e a Lua eram transportados por esferas separadas da que carregava as estrelas. Foi o primeiro a chamar o céu de cosmos.



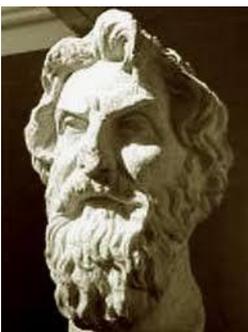
Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.), aluno de Platão, e este aluno de Sócrates, explicou que as fases da Lua¹ dependem de quanto da parte da face da Lua iluminada pelo Sol está voltada para a Terra. Explicou, também, os eclipses: um eclipse do Sol ocorre quando a Lua passa entre a Terra e o Sol; um eclipse da Lua ocorre quando a Lua entra na sombra da Terra. Aristóteles argumentou a favor da esfericidade da Terra, já que a sombra da Terra na Lua durante um eclipse lunar é sempre arredondada. Afirmava que o Universo é esférico e finito. Aperfeiçoou a teoria das esferas concêntricas de Eudoxus de Cnidus (408-355 a.C.), propondo em seu livro *De Coelo*, que "o Universo é finito e esférico, ou não terá centro e não pode se mover." Após Aristóteles, o desenvolvimento científico passou para Alexandria, capital do Egito, fundada por Alexandre o Grande (356-323 a.C.) em 332 a.C., que fora aluno de Aristóteles.



Euclides de Alexandria (330 a.C.-?) descreve em seu livro *A Doutrina da Esfera* o horizonte, os polos, o zênite, as verticais - grandes círculos passando pelo zênite, os círculos de declinação, passando pelos polos e cruzando o equador em em ângulo reto, o meridiano, passando pelo zênite e pelos polos.



Heraclides de Pontus (388-315 a.C.) propôs que a Terra gira diariamente sobre seu próprio eixo, que Vênus e Mercúrio orbitam o Sol, e a existência de epiciclos.



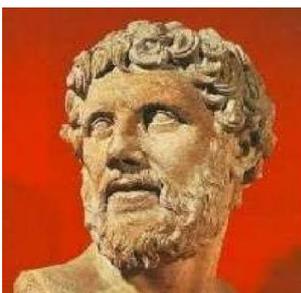
Aristarco de Samos (310-230 a.C.) foi o primeiro a propor a Terra se movia em volta do Sol, antecipando Copérnico em quase 2000 anos. Entre outras coisas, desenvolveu um método para determinar as distâncias relativas do Sol e da Lua à Terra e mediu os tamanhos relativos da Terra, do Sol e da Lua.



Eratóstenes de Cirênia (276-194 a.C.), bibliotecário e diretor da Biblioteca Alexandrina de 240 a.C. a 194 a.C., foi o primeiro a calcular o diâmetro da Terra. Ele notou que, na cidade egípcia de Siena (atualmente chamada de Aswân), no primeiro dia do verão, ao meio-dia, a luz solar atingia o fundo de um grande poço, ou seja, o Sol estava incidindo perpendicularmente à Terra em Siena.

Já em Alexandria, situada ao norte de Siena, isso não ocorria; medindo o tamanho da sombra de um bastão na vertical, Eratóstenes observou que em Alexandria, no mesmo dia e hora, o Sol estava aproximadamente sete graus mais ao sul. A distância entre Alexandria e Siena era conhecida como de 5000 estádios. Um estádio era uma unidade de distância usada na Grécia antiga.

Um camelo atravessa 100 estádios em um dia, e viaja a cerca de 16 km/dia. Como 7 graus corresponde a $1/50$ de um círculo (360 graus), Alexandria deveria estar a $1/50$ da circunferência da Terra ao norte de Siena e a circunferência da Terra deveria ser 50×5000 estádios. Infelizmente, não é possível se ter certeza do valor do estádio usado por Eratóstenes, já que os gregos usavam diferentes tipos de estádios. Se ele utilizou um estádio equivalente a $1/6$ km, o valor está a 1% do valor correto de 40000 km. O diâmetro da Terra é obtido dividindo-se a circunferência por π .



Hiparco de Nicéia (c.190-c.120 a.C.), considerado o maior astrônomo da era pré-cristã, construiu um observatório na ilha de Rodes, onde fez observações durante o período de 147 a 127 a.C. Como resultado, ele compilou um catálogo com a posição no céu e a magnitude de 850 estrelas. A magnitude, que especificava o brilho da estrela, era dividida em seis categorias, de 1 a 6, sendo 1 a mais brilhante, e 6 a mais fraca visível a olho nu. Hiparco deduziu corretamente a direção dos polos celestes, e até mesmo a precessão, que é a variação da direção do eixo de rotação da Terra devido à influência gravitacional da Lua e do Sol, que leva 26000 anos para completar um ciclo.

Para deduzir a precessão, ele comparou as posições de várias estrelas com aquelas catalogadas por Timocharis de Alexandria e Aristyllus de Alexandria 150 anos antes (cerca de 283 a.C. 260 a.C.). Estes eram membros da Escola Alexandrina do século III a.C. e foram os primeiros a medir as distâncias das estrelas de pontos fixos no céu (coordenadas eclípticas). Foram, também, dos primeiros a trabalhar na Biblioteca de Alexandria, que se chamava Museu,

fundada pelo rei do Egito, Ptolémée Sôter Ier, em 305 a.C. Hiparco também deduziu o valor correto de $8/3$ para a razão entre o tamanho da sombra da Terra e o tamanho da Lua e também que a Lua estava a 59 vezes o raio da Terra de distância; o valor correto é 60. Ele determinou a duração do ano com uma margem de erro de 6 minutos.



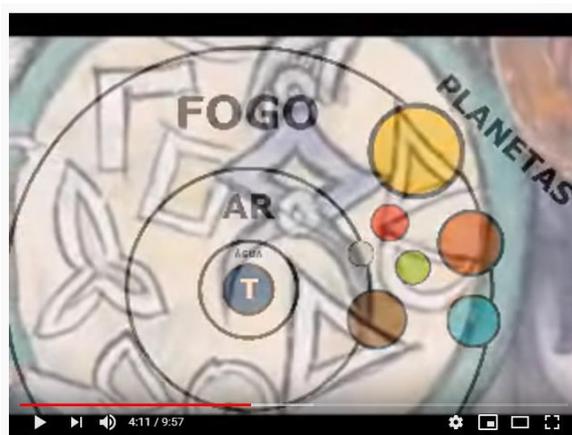
Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.) (Klaúdios Ptolemaíôs - Claudius Ptolomaeus) foi o último astrônomo importante da antiguidade. Ele era grego-egípcio, com cidadania romana, e vivia em Alexandria, uma província romana no Egito. Ele compilou uma série de treze volumes sobre astronomia, conhecida como o Almagesto, que é a maior fonte de conhecimento sobre a astronomia na Grécia.

A contribuição mais importante de Ptolomeu foi uma representação geométrica do sistema solar, geocêntrica, com círculos e epiciclos, em tabelas de dados que permitiam calcular (predizer) o movimento dos planetas com considerável precisão, modelo que foi usado até o Renascimento, no século XVI.

Para exemplificar os modelos planetários primitivos veja o vídeo disponível no site *youtube* no link:



(<https://www.youtube.com/watch?v=-bvjtXRNRSM>).



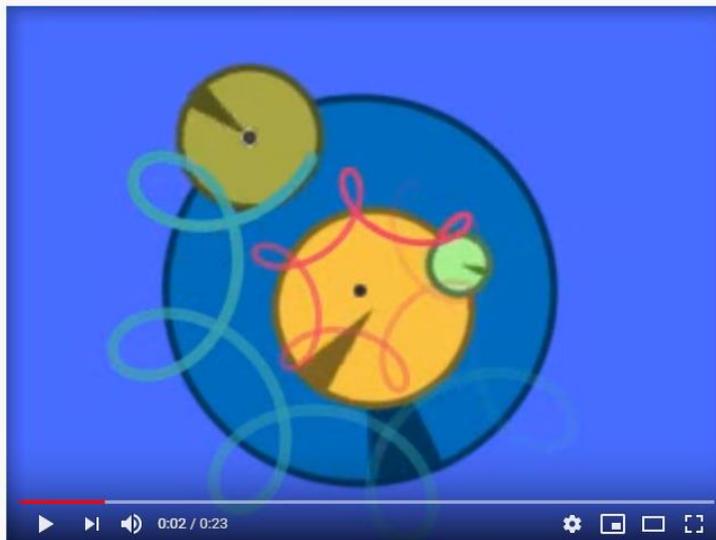
Para explicar o modelo geocêntrico de Ptolomeu a partir dos epiciclos veja dois vídeos do site *youtube* nos sites:



(<http://www.youtube.com/watch?v=FHSWVLwbbNw&feature=related>)



(<http://www.youtube.com/watch?v=SmzLM8lmw8k&feature=related>).



Seguindo a história chegamos ao período da Renascença que durou cerca de cem anos, onde ganhou destaque o Filósofo Nicolau Copérnico, criando o modelo Heliocêntrico. Discutimos sobre os aspectos que iria posteriormente revolucionar a ciência, haja vista que Copérnico só divulgou seu trabalho no ano em que morreu.

Nicolau Copérnico (1473-1543) foi um astrônomo e matemático polonês que desenvolveu a teoria heliocêntrica do Sistema Solar. Foi também cónego da Igreja Católica, governador e administrador, jurista, astrônomo e médico.



Sua teoria do Heliocentrismo, que colocou o Sol como o centro do Sistema Solar, contrariando a então vigente Teoria Geocêntrica (que considerava a Terra como o centro), é considerada como uma das mais importantes hipóteses científicas de todos os tempos, tendo constituído o ponto de partida da astronomia. (https://pt.wikipedia.org/wiki/Nicolau_Cop%C3%A9rnico)

Copérnico relutou a vida inteira em publicar as suas conclusões, que ele mantinha à sete chaves em sua torre de observações no castelo de Frauenburg. Copérnico terminou sendo convencido a preparar a publicação que ocorreu no fim da sua vida por um seu discípulo chamado Rético, responsável pela edição, aprontada em 1543. No prefácio ao Papa Paulo III, Copérnico confessa que por temer as admoestações, terminou por adiar a data por "quase quatro vezes nove anos".

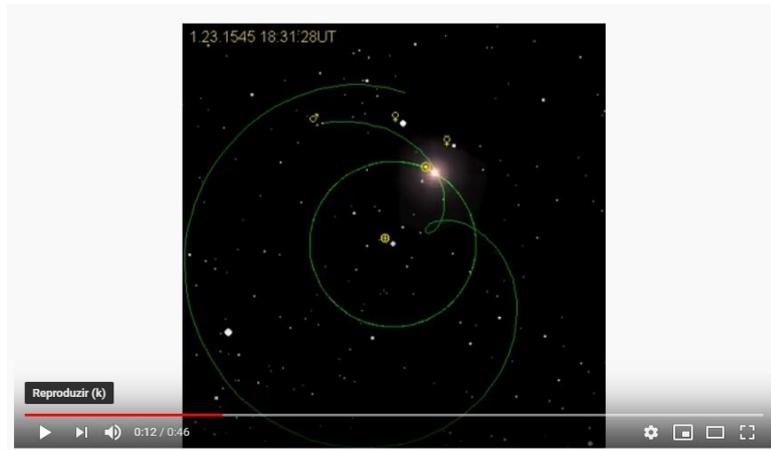
Ao contrário da lenda que afirma ele temer os efeitos da perseguição religiosa, sabe-se também que sua indecisão deveu-se às razões de ordem ideológica. Fortemente influenciada pelo pitagorismo, acreditava ser o saber um privilégio da minoria e temia que a água pura do conhecimento fosse misturada à lama do senso comum, temia a reação dos ignorantes mais do que a da religião. Escrito em latim e dirigido basicamente a astrônomos, o livro não teve efeitos imediatos.

A Igreja somente resolveu colocá-lo no codex dos livros proibidos somente 25 anos após sua publicação, mas em face do efeito que causou foi tarde demais, o Revolutionibus somente foi removido desta lista em 1835. Muitos seguidores de seu método não o consideravam mesmo uma realidade Física, mas um método matemático, um algoritmo eficiente para o cálculo e previsão dos movimentos planetários, possivelmente em virtude do prefácio mencionado acima. Foram os seguidores mais entusiastas de Copérnico que terminaram por aprofundar a revolução, tais como Johannes Kepler, Giordano Bruno (<http://educaterra.terra.com.br/voltaire/cultura/giordano.htm>)

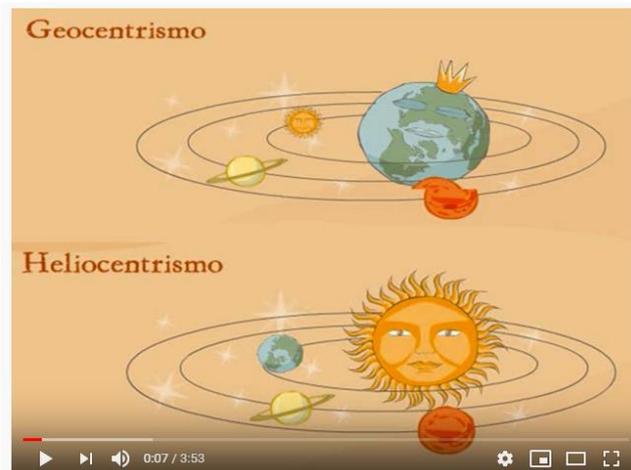
Para exemplificar os modelos Geocêntrico e Heliocêntrico veja os vídeos no site *youtube* de acordo com os *links* a seguir:



<http://www.youtube.com/watch?v=VyQ8Tb85HrU&feature=related>



<http://www.youtube.com/watch?v=yYbYwhZIEpg&feature=related>



Na sequência, seguimos para o período Barroco, que se destacam Tycho Brahe; Johannes Kepler e Galileu sobre a ideia do modelo Heliocêntrico.

Os textos a seguir são retirados do site da Universidade Federal do Rio grande do Sul, no site <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/Aula6-122.pdf>.



“Três anos após a morte de Copérnico, nasceu o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), o último grande astrônomo observacional antes da invenção do telescópio. Usando instrumentos fabricados por ele mesmo, Tycho fez extensivas observações das posições de planetas e estrelas, com uma precisão em muitos casos melhor do que 1 minuto de arco (1/30 do diâmetro aparente do Sol).

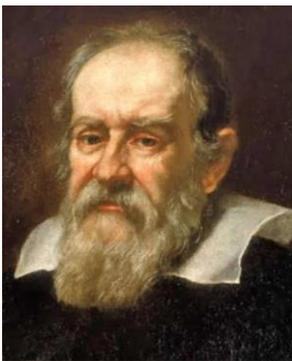
O excelente trabalho de Tycho como observador lhe propiciou o patrocínio do rei da Dinamarca, Frederic II (1534-1588), e assim Tycho pode construir seu próprio observatório, na pequena ilha báltica de Hven (entre Dinamarca e Suécia).

Tycho Brahe não acreditava na hipótese heliocêntrica de Copérnico, mas foram suas observações dos planetas que levaram às leis de Kepler do movimento planetário. Em 1600 (um ano antes de sua morte), Tycho contratou para ajudá-lo na análise dos dados sobre os planetas, colhidos durante 20 anos, um jovem e hábil matemático alemão chamado Johannes Kepler (1571-1630).



Quando Tycho morreu, Kepler "herdou" seu posto e seus dados, a cujo estudo se dedicou pelos 20 anos seguintes. Kepler conseguiu determinar as diferentes posições da Terra após cada período sideral de Marte, e assim conseguiu traçar a órbita da Terra. Encontrou que essa órbita era muito bem ajustada por um círculo excêntrico, isto é, com o Sol um pouco afastado do centro". A partir daí foram constituídas as Leis de Kepler, que serão explicada nas aulas seguintes.

Para finalizar a aula, vamos falar sobre Galileo e suas contribuições sobre o modelo heliocêntrico. Os textos a seguir são retirados da Universidade Federal do Rio grande do Sul, no site <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/Aula6-122.pdf>.



“Galileo Galilei (1564 - 1642). Galileo foi o pai da moderna física experimental e da astronomia telescópica. Seus experimentos em mecânica estabeleceram parte dos conceitos de inércia, e de que a aceleração de corpos em queda livre não depende de seu peso, que foram mais tarde incorporados às leis do movimento de Newton.

Galileo começou suas observações telescópicas em 1609, usando um telescópio construído por ele mesmo, embora não seja ele o invento do telescópio. Lentes e óculos já eram conhecidos desde cerca de 1350, e Galileo tinha ouvido falar do telescópio construído pelo holandês Hans Lippershey (1570-1619) em 1608. Galileo soube desse instrumento em 1609, e, sem ter visto o telescópio de Lippershey, construiu o seu próprio, com aumento de 3 vezes, ainda em 1609. Em seguida ele construiu outros instrumentos, e o melhor tinha aumento de 30 vezes.

Galileo usou o telescópio para observar sistematicamente o céu, fazendo várias descobertas importantes, como:



Fonte: <https://digitalblue.blogs.sapo.pt/559443.html>

Descobriu que a Via Láctea era constituída por uma infinidade de estrelas.

Descobriu que Júpiter tinha quatro satélites, ou luas, orbitando em torno dele, com períodos entre 2 e 17 dias. Esses satélites são chamados "galileanos", e são: Io, Europa, Ganimedes e Calisto. Desde então, mais 57 satélites foram descobertos em Júpiter. Essa descoberta de Galileo foi particularmente importante porque mostrou que podia haver centros de movimento que por sua vez também estavam em movimento; portanto o fato de a Lua girar em torno da Terra não implicava que a Terra estivesse parada.

Descobriu que Vênus passa por um ciclo de fases, assim como a Lua. Essa descoberta também foi fundamental porque, no sistema ptolomaico, Vênus está sempre mais próximo da Terra do que o Sol, e como Vênus está sempre próximo do Sol, ele nunca poderia ter toda sua face iluminada voltada para nós (fase cheia) e, portanto, deveria sempre aparecer como nova ou na forma de arco crescente ou minguante. Ao ver que Vênus muitas vezes aparece em fase quase totalmente cheia, Galileo concluiu que ele viaja ao redor do Sol, passando às vezes pela frente dele e outras vezes por trás dele, e não revolve em torno da Terra.

Descobriu a superfície em relevo da Lua, e as manchas do Sol. Ao ver que a Lua tem cavidades e elevações assim como a Terra, e que o Sol também não tem a superfície lisa, mas apresenta marcas, provou que os corpos celestes não são esferas perfeitas, mas sim têm irregularidades, assim como a Terra. Portanto a Terra não é diferente dos outros corpos, e pode ser também um corpo celeste.

As descobertas de Galileo proporcionaram grande quantidade de evidências em suporte ao sistema heliocêntrico. Por causa disso, ele foi chamado a depor ante a Inquisição Romana, sob acusação de heresia, e obrigado a se retratar. Apenas em 1980, o Papa João Paulo II [Karol Joseph Wojtyla (1920-2005)] ordenou um re-exame do processo contra Galileo, o que acabou por eliminar os últimos vestígios de resistência, por parte da igreja Católica, à revolução Copernicana. Galileo foi perdoado em 31 de outubro de 1992”.

Hora de exercitar



Lista de exercícios de Fixação

01. A “nova” Teoria Heliocêntrica é o fundamento de uma mudança na visão do cosmos. Aponte as principais influências desta mudança.
02. Comente o trabalho de Copérnico.
03. Ptolomeu sugere um **sistema dos mundos geocêntrico**. **Explique este sistema:**
04. Quais as explicações para o mundo e seus fenômenos dadas por:
 - a) Tales de Mileto
 - b) Aristóteles
 - c) Hiparco

05. Antes da invenção do telescópio todas as observações astronômicas eram feitas a olho nu procurando comparar a posição dos astros, de uma noite para a noite seguinte, levando em conta certos marcos de referência e a passagem do tempo, que era contado usando-se outros dispositivos referenciais, como os relógios de Sol. Neste caso o que um observador assírio, por exemplo, viria no céu ao longo das semanas em relação:

- a) às estrelas
- b) planetas
- c) a Lua

06 – O principal problema do modelo de Copérnico era a sua incapacidade de mostrar que os planetas descrevem órbitas com velocidades diferentes, em torno do Sol. Para compensar isso, Copérnico utilizou o elemento dos epiciclos para explicar o movimento retrogrado dos planetas no céu. Como Kepler resolve este problema?

AULA 03

- ✓ Objetos do conhecimento

AS LEIS DE KEPLER

- ✓ Objetivos específicos
 - As Leis de Kepler;
 - Programa espacial no Brasil

Iniciando a aula verificando os conhecimentos prévios dos alunos:

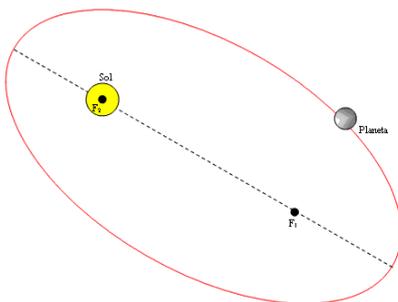
- Qual o modelo estabelecido para o Sistema Solar?
- Quando esse modelo se tornou aceito pela Ciência?
- Quem formulou este modelo e como está escrito?
- Qual o motivo de entender essas Leis?

Exposição do conteúdo:

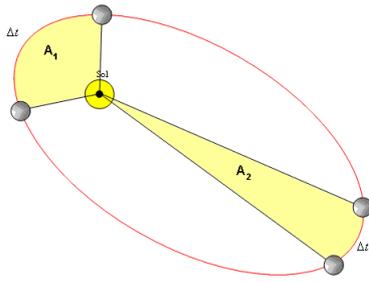
Para exemplificar sobre as Leis De Kepler e um pouco de sua História, veja o vídeo do décimo segundo episódio da série ABC da Astronomia, disponível no youtube, no link:



<https://www.youtube.com/watch?v=Q9WtKTgLtaQ>

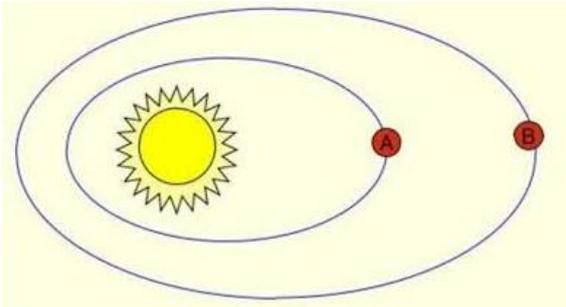


Primeira Lei de Kepler - Lei das órbitas: Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse.



Segunda Lei de Kepler - Lei das Áreas: O segmento que une o sol a um planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais.

$$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_1}$$



Segunda Lei de Kepler - Lei dos Períodos: O quociente dos quadrados dos períodos e o cubo de suas distâncias médias do sol é igual a uma constante k , igual a todos os planetas.

$$\frac{T^2}{a^3} = k \rightarrow \frac{T_A^2}{a_A^3} = \frac{T_B^2}{a_B^3}, \text{ para qualquer planeta em relação ao Sol.}$$

Tendo em vista que o movimento de translação de um planeta é equivalente ao tempo que este demora para percorrer uma volta em torno do Sol, é fácil concluirmos que, quanto mais longe o planeta estiver do Sol, mais longo será seu período de translação e, em consequência disso, maior será o "seu ano".

Hora de exercitar



Lista de exercícios

01. Considere o raio médio da órbita de Júpiter em torno do Sol igual a 5 vezes o raio médio da órbita da Terra. Segundo a 3ª Lei de Kepler, o período de revolução de Júpiter em torno do Sol é de aproximadamente

- a) 5 anos b) 11 anos c) 25 anos d) 110 anos e) 125 anos

02. Adotando o Sol como referencial, aponte a alternativa que condiz com a 1ª Lei de Kepler da gravitação universal.

- A) As órbitas planetárias são curvas quaisquer, desde que fechadas.
 B) As órbitas planetárias são espiraladas.
 C) As órbitas planetárias não podem ser circulares.
 D) As órbitas planetárias são elípticas, com o Sol ocupando o centro da elipse.
 E) As órbitas planetárias são elípticas, com o Sol ocupando um dos focos da elipse.

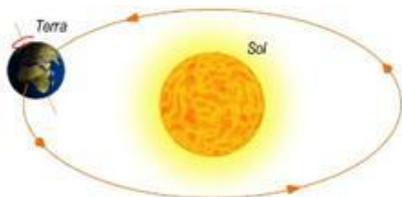
03. A 2ª Lei de Kepler permite concluir que um planeta possui:

- A) maior velocidade, quando se encontra mais longe do Sol.
 B) maior velocidade, quando se encontra mais perto do Sol.
 C) menor velocidade, quando se encontra mais perto do Sol.
 D) velocidade constante em toda sua trajetória.
 E) velocidade areolar variável.

04. Dois satélites de um planeta têm períodos de revolução de 32 dias e de 256 dias, respectivamente. Se o raio da órbita do primeiro satélite vale 1 unidade, então o raio da órbita do segundo será:

- A) 4 unidades.
 B) 8 unidades.
 C) 16 unidades.
 D) 64 unidades.
 E) 128 unidades.

05. A Terra descreve uma elipse em torno do Sol cuja área é $A=6,98.1022 \text{ m}^2$.



a) Qual é a área varrida pelo raio que liga a Terra ao Sol desde zero hora do dia 1o de Abril até as 24 horas do dia 30 de Maio do mesmo ano?

b) Qual foi o princípio ou lei que você usou para efetuar o cálculo acima?

06. Grande parte dos satélites de comunicação estão localizados em órbitas circulares que estão no mesmo plano do equador terrestre. Geralmente estes satélites são geoestacionários, isto é, possuem período orbital igual ao período de rotação da Terra, 24 horas.



Considerando-se que a órbita de um satélite geoestacionário possui raio orbital de 42000km, um satélite em órbita circular no plano do equador, com raio orbital de 10500km, tem período orbital de:

- a) 3 horas b) 4 horas c) 5 horas d) 6 horas e) 8 horas

07. O astrônomo alemão J. Kepler (1571-1630), adepto do sistema heliocêntrico, desenvolveu um trabalho de grande vulto, aperfeiçoando as ideias de Copérnico. Em consequência, ele conseguiu estabelecer três leis sobre o movimento dos planetas, que permitiram um grande avanço no estudo da astronomia. Um estudante ao ter tomado conhecimento das leis de Kepler concluiu, segundo as proposições a seguir, que:

- I. Para a primeira lei de Kepler (lei das órbitas), o verão ocorre quando a Terra está mais próxima do Sol, e o inverno, quando ela está mais afastada.
- II. Para a segunda lei de Kepler (lei das áreas), a velocidade de um planeta X, em sua órbita, diminui à medida que ele se afasta do Sol.
- III. Para a terceira lei de Kepler (lei dos períodos), o período de rotação de um planeta em torno de seu eixo, é tanto maior quanto maior for seu período de revolução.

Com base na análise feita, assinale a alternativa correta:

- a) apenas as proposições II e III são verdadeiras
- b) apenas as proposições I e II são verdadeiras
- c) apenas a proposição II é verdadeira
- d) apenas a proposição I é verdadeira
- e) todas as proposições são verdadeiras

08. Em seu movimento em torno do Sol, a Terra descreve uma trajetória elíptica, como na figura, a seguir:



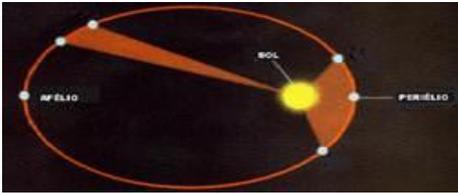
São feitas duas afirmações sobre esse movimento:

1. A velocidade da Terra permanece constante em toda a trajetória.
2. A mesma força que a Terra faz no Sol, o Sol faz na Terra.

Sobre tais afirmações, só é CORRETO dizer que

- a) as duas afirmações são verdadeiras.
- b) apenas a afirmação 1 é verdadeira.
- c) apenas a afirmação 2 é verdadeira.
- d) as duas afirmações são falsas.

09. Considere um segmento de reta que liga o centro de qualquer planeta do sistema solar ao centro



do Sol. De acordo com a 2ª Lei de Kepler, tal segmento percorre áreas iguais em tempos iguais. Considere, então, que em dado instante deixasse de existir o efeito da gravitação entre o Sol e o planeta.

Assinale a alternativa correta.

- O segmento de reta em questão continuaria a percorrer áreas iguais em tempos iguais.
- A órbita do planeta continuaria a ser elíptica, porém com focos diferentes e a 2ª Lei de Kepler continuaria válida.
- A órbita do planeta deixaria de ser elíptica e a 2ª Lei de Kepler não seria mais válida.
- A 2ª Lei de Kepler só é válida quando se considera uma força que depende do inverso do quadrado das distâncias entre os corpos e, portanto, deixaria de ser válida.
- O planeta iria se dirigir em direção ao Sol.

10. (UNIFESP-SP) A Massa da Terra é aproximadamente 80 vezes a massa da Lua e a distância entre os centros de massa desses astros é aproximadamente 60 vezes o raio da Terra. A respeito do sistema Terra-Lua pode-se afirmar que:

- a Lua gira em torno da Terra com órbita elíptica e em um dos focos dessa órbita está o centro de massa da Terra
- a Lua gira em torno da Terra com órbita circular e o centro de massa da Terra está no centro dessa órbita
- a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Terra.
- a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra=Lua, localizado no meio da distância entre os centros de massa da Terra e da Lua.
- a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Lua.

- ✓ Objetivos específico
 - Programa espacial no Brasil

Investigar os conhecimentos prévios dos alunos:

- Alguém já ouviu falar em Programa Espacial?
- De que se trata um Programa Espacial?
- No Brasil, tem Programa Espacial?
- Qual o motivo de estudar sobre Programa Espacial?

Em seguida abordar o estudo sobre a Agência Espacial Brasileira:

- Política, Organizações, Programas e projetos;

Conteúdo disponível no site:



<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/>



- Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE);

Conteúdo disponível no site:



<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/politica-nacional-de-desenvolvimento-das-atividades-espaciais-pndae/>

- Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE);

Conteúdo disponível no site:



<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/sistema-nacional-de-desenvolvimento-de-atividades-espaciais/>

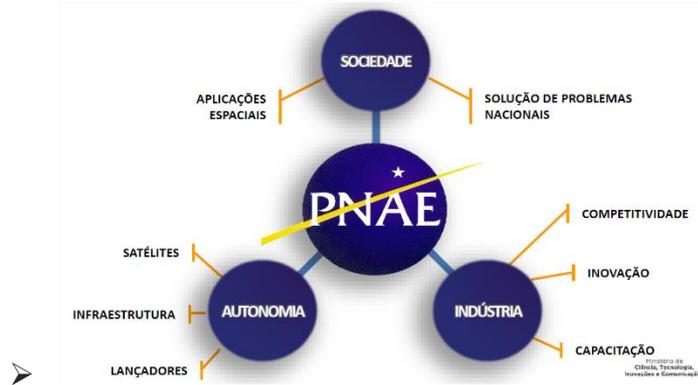


- Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE).

Conteúdo disponível no site:



<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/programa-nacional-de-atividades-espaciais/>



As informações foram retiradas do site da Agência Espacial Brasileira (AEB)



<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/linha-do-tempo/>.

AULA 04

- ✓ Objetos do conhecimento

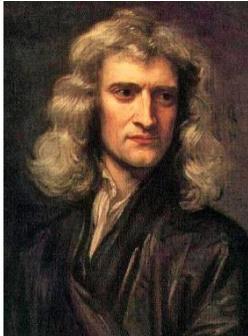
TEORIA DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

- ✓ Objetivos específicos
 - Isaac Newton;
 - Teoria da Gravitação Universal;
 - Órbitas de um Satélite

Nesta aula finaliza o primeiro ciclo de atividades para a realização da primeira avaliação parcial um em caráter de simulado para a Olimpíada Brasileira de Astronomia. Verificando o conhecimento prévio dos alunos, inicia-se com as seguintes perguntas:

- Ao abandonarmos um objeto ele cai em relação ao solo, por quê?
- Por que os planetas não saem da órbita elíptica em torno do Sol?
- O que é a aceleração da gravidade?
- Qual força atua sobre os corpos?

Após o debate anterior, segue o assunto sobre Newton:



Isaac Newton (1643-1727) foi um físico, astrônomo e matemático inglês. Seus trabalhos sobre a formulação das três leis do movimento levaram à lei da gravitação universal, a composição da luz branca conduziu à moderna física óptica, na matemática ele lançou os fundamentos do cálculo infinitesimal.

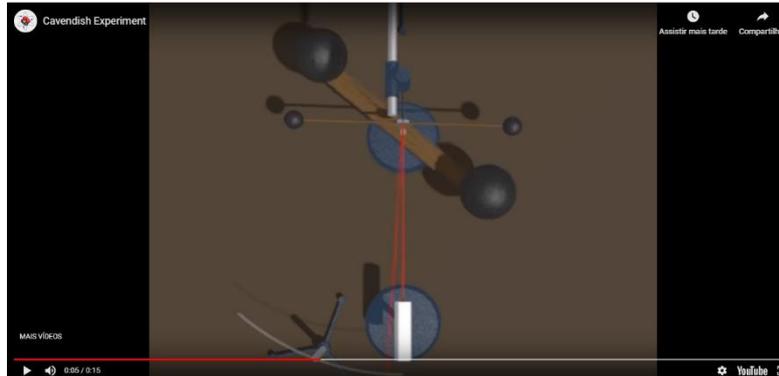
https://www.ebiografia.com/isaac_newton/

Seguindo o uma tentativa anterior o físico britânico Henry Cavendish, resolveu o problema do valor da constante da gravitação universal, de forma indireta. Realizando um experimento que leva justamente o seu nome, cujo objetivo original era pesar a Terra. O Experimento de Cavendish (http://pt.wikipedia.org/wiki/Experimento_de_Cavendish) como é conhecido usa um instrumento chamado de balança de torção, montada originalmente anos antes por John Michell (http://pt.wikipedia.org/wiki/John_Michell).

Para verificar o experimento “balança de torção” veja o vídeo no site *youtube* no *link*:



<http://www.youtube.com/embed/vWICm0X0QC0>.



Obtido o valor da Constante Gravitacional se torna possível então saber a massa da Terra e dos outros corpos distantes, como a Lua e o Sol e mesmo estimar a massa dos outros corpos no universo visível, e conseqüentemente saber as relações de uns com os outros e se prever o que poderá acontecer, através dos movimentos previstos, que é claro serão determinados pelas forças de atração de uns pelos outros. (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Constantegravitacional>)

A lei da Gravitação universal fica assim:

$$\vec{F} = -G \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2}, \text{ a constante gravitacional vale } : 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Se você souber sua massa, o valor da aceleração média da gravidade da Terra e o raio da Terra além do valor da constante Gravitacional é possível encontrar o valor da Massa da Terra. Tente fazer isso. Nas aulas seguintes veremos como várias destas ideias são usadas

Hora de exercitar



Lista de exercícios sobre Gravitação Universal

01. A intensidade da força gravitacional com que a Terra atrai a Lua é F . Se fossem duplicadas a massa da Terra e da Lua e se a distância que as separa fosse reduzida à metade, a nova força seria:

- a) $16F$ b) $8F$ c) $4F$ d) $2F$ e) F

02. A força da atração gravitacional entre dois corpos celestes é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre os dois corpos. Assim, quando a distância entre um cometa e o Sol diminui da metade, a força de atração exercida pelo Sol sobre o cometa:

- a) diminui da metade;
 b) é multiplicada por 2;
 c) é dividida por 4;
 d) é multiplicada por 4;
 e) permanece constante.

03. -A lei da gravitação universal de Newton diz que:

- a) os corpos se atraem na razão inversa de suas massas e na razão direta do quadrado de suas distâncias.
 b) os corpos se atraem na razão direta de suas massas e na razão inversa do quadrado de suas distâncias.
 c) os corpos se atraem na razão direta de suas massas e na razão inversa de suas distâncias.
 d) os corpos se atraem na razão inversa de suas massas e na razão direta de suas distâncias.
 e) os corpos se atraem na razão direta do quadrado de suas massas na razão

04. O gráfico a seguir mostra que dois corpos atraem-se com força gravitacional que varia com a distância entre seus centros de massas. Calcule o valor de F assinalado no gráfico.

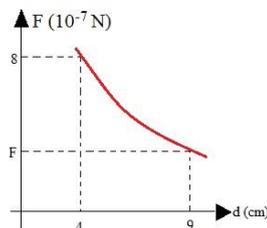


Gráfico demonstrando a força gravitacional entre dois corpos em função da distância

05. -Um corpo de 6 kg encontra-se a uma altura igual ao dobro do raio terrestre. Considerando que na superfície terrestre a aceleração da gravidade seja de 10 m/s^2 , o peso desse corpo na altura citada é de aproximadamente:

- a) 60 N b) $6,6 \text{ N}$ c) 600 N d) $66,6 \text{ N}$ e) $60,6 \text{ N}$

- ✓ Objetivos específicos
 - Órbitas de um Satélite

O próximo tópico a ser abordado de Astronáutica a ser trabalhado são as Órbitas de um Satélite. Para iniciar o conteúdo deve-se fazer o seguinte levantamento sobre o conhecimento prévio dos alunos.

- O que são satélites?
- Qual a diferença entre satélite natural e artificial?
- Qual a função de um satélite?
- Onde encontram-se os satélites?

A abordagem do conteúdo sobre a órbita dos satélites se deu a partir das informações do site:



http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_PT/SEMSX965P1G_0.html.

Órbitas dos satélites

Introdução

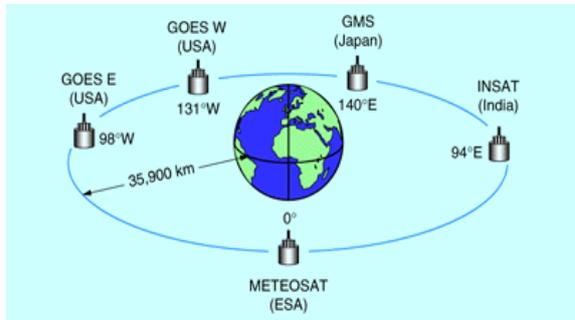
Um satélite pode permanecer na mesma órbita durante um longo período de tempo, já que a atracção gravitacional da Terra vem equilibrar a força centrífuga. Como os satélites estão em órbita fora da atmosfera, não existe resistência do ar. Por isso, de acordo com a lei da inércia, a velocidade do satélite é constante, o que permite uma órbita estável em torno da Terra durante muitos anos.

A atracção gravitacional diminui à medida que nos afastamos da Terra, enquanto a força centrífuga aumenta à medida que a velocidade orbital aumenta. Assim, um satélite numa órbita baixa, normalmente a cerca de 800 km da Terra, está exposto a uma imensa atracção gravitacional e tem de avançar a uma velocidade considerável para gerar a força centrífuga correspondente. Existe, por isso, uma ligação direta entre a distância à Terra e a velocidade orbital do satélite. A uma distância de 36.000 km, o tempo de percurso da órbita é de 24 horas, o que corresponde ao tempo de rotação da Terra. A esta distância, um satélite acima do equador estará estacionário em relação à Terra.

A Órbita Geoestacionária

As órbitas geoestacionárias a 36.000 km do equador são as mais conhecidas para os inúmeros satélites utilizados para vários tipos de telecomunicações, incluindo a televisão. Os sinais destes satélites podem ser enviados para todo o mundo. As telecomunicações precisam de 'ver' o seu

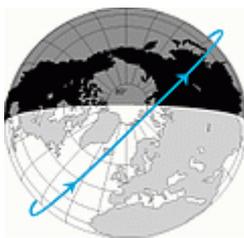
satélite a todo o momento e, por isso, este deve permanecer estacionário nas mesmas posições relativamente à superfície terrestre.



Meteosat e outros satélites em órbita geoestacionária

Um satélite estacionário é vantajoso para a detecção remota porque observa a Terra sempre da mesma perspectiva, o que significa que pode registar a mesma imagem em breves intervalos. Isto é particularmente útil para a observação das condições meteorológicas.

Uma das desvantagens das órbitas geoestacionárias é a grande distância em relação à Terra, que reduz a resolução espacial que se pode obter. Existem vários satélites meteorológicos uniformemente distribuídos em órbitas geoestacionárias à volta do mundo, para fornecer uma visão global.



Órbitas Solares Síncronas

Muitos satélites estão equipados com sistemas de sensores passivos que dependem da iluminação solar. Por isso, os satélites encontram-se em órbita à volta da Terra. À medida que medem a reflexão da luz solar da Terra, as suas órbitas têm de ser ajustadas ao ritmo do dia e da noite. É importante poder comparar imagens registadas durante um período de tempo prolongado. Para poderem ser comparadas, as condições de luz devem ser idênticas.

Os registos devem ser efetuados à mesma hora local do dia, para que a altura do sol acima do horizonte seja a mesma, e o plano da órbita do satélite deve permanecer num ângulo constante em relação à luz do sol. Estes pré-requisitos podem ser atingidos colocando o satélite numa órbita polar.

À medida que o satélite gira na sua órbita, a Terra gira sobre o seu eixo. Sempre que o satélite faz uma rotação completa, uma nova faixa da Terra é digitalizada e, após um certo número de rotações, toda a superfície da Terra estará adquirida. Alguns satélites digitalizam uma vasta faixa de cada vez e, assim, cobrem a Terra inteira em poucas rotações; por sua vez, os satélites de alta resolução que digitalizam apenas uma faixa estreita, demoram vários dias até completar a cobertura da Terra.

AULA 05

Terminado essa primeira etapa do módulo I, os alunos devem se submeter primeira Avaliação Parcial do conhecimento.

Avaliação Parcial Um (AP1)

01. Analise as proposições a seguir sobre as principais características dos modelos de sistemas astronômicos.

I. Sistema dos gregos: a Terra, os planetas, o Sol e as estrelas estavam incrustados em esferas que giravam em torno da Lua.

II. Ptolomeu supunha que a Terra encontrava-se no centro do Universo e os planetas moviam-se em círculos, cujos centros giravam em torno da Terra.

III. Copérnico defendia a ideia de que o Sol estava em repouso no centro do sistema e que os planetas (inclusive a Terra) giravam em torno dele em órbitas circulares.

IV. Kepler defendia a ideia de que os planetas giravam em torno do Sol, descrevendo trajetórias elípticas, e o Sol estava situado em um dos focos dessas elipses.

Assinale a alternativa **correta**.

- a) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

02. Em 1609, Galileu Galilei, pela primeira vez na história, apontou um telescópio para o céu. Em comemoração aos quatrocentos anos desse feito, o ano de 2009 foi considerado pela ONU o Ano Internacional da Astronomia. Entre suas importantes observações astronômicas, Galileu descobriu que o planeta Júpiter tem satélites. Qual a importância histórica dessa descoberta?

a) Existem corpos celestes que não orbitam a Terra, o que implica que a Terra poderia não ser o centro do Universo.

b) Comprovou a veracidade da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.

c) Permitiu a Johannes Kepler formular suas leis da mecânica celeste.

d) Existem corpos esféricos maiores que o Planeta Terra, o que implica que a Terra não é o único corpo sólido do Universo.

e) Mostrou que as Leis de Newton são válidas também para a interação gravitacional.

03. O modelo Ticonico híbrido propõe que o Sol gira em torno da Terra ao longo de um período de 365 dias. Enquanto isso, os demais planetas giram ao redor do Sol. Essa tese, que tenta alicerçar o modelo geocêntrico, foi proposta por:

- a) Isaac Newton
- b) Cláudio Ptolomeu
- c) Johannes Kepler
- d) Tycho Brahe
- e) Galileu Galilei

04. Marque a alternativa correta a respeito do modelo astronômico proposto por Cláudio Ptolomeu.

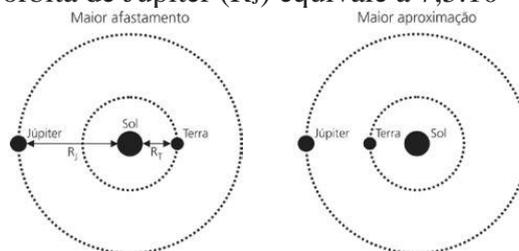
a) O modelo ptolomaico propunha que o Sol girava ao redor da Terra e todos os outros planetas giravam ao redor do Sol.

- b) Nicolau Copérnico no século XVI propôs que a Terra era o centro do sistema planetário, proposta que era contrária à de Ptolomeu.
- c) O sistema planetário proposto por Ptolomeu trazia a ideia de que a Terra era o centro do Universo e os demais astros giravam ao seu redor.
- d) A proposta de Ptolomeu era a de um universo simples, por isso, o Sol deveria ser o centro e os demais planetas girariam ao seu redor.
- e) O modelo planetário proposto por Ptolomeu não foi aceito por muito tempo porque confrontava as ideias da Igreja.

05. A Massa da Terra é aproximadamente 80 vezes a massa da Lua e a distância entre os centros de massa desses astros é aproximadamente 60 vezes o raio da Terra. A respeito do sistema Terra-Lua pode-se afirmar que:

- a) a Lua gira em torno da Terra com órbita elíptica e em um dos focos dessa órbita está o centro de massa da Terra.
- b) a Lua gira em torno da Terra com órbita circular e o centro de massa da Terra está no centro dessa órbita.
- c) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Terra.
- d) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no meio da distância entre os centros de massa da Terra e da Lua.
- e) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Lua.

06. Em setembro de 2010, Júpiter atingiu a menor distância da Terra em muitos anos. As figuras abaixo ilustram a situação de maior afastamento e a de maior aproximação desses planetas, considerando que suas órbitas são circulares, que o raio da órbita terrestre (R_T) mede $1,5 \cdot 10^{11}$ m e que o raio da órbita de Júpiter (R_J) equivale a $7,5 \cdot 10^{11}$ m.



De acordo com a Terceira Lei de Kepler, o período de revolução e o raio da órbita desses planetas em torno do Sol obedecem à relação:

$$\left(\frac{T_J}{T_T}\right)^2 = \left(\frac{R_J}{R_T}\right)^3$$

Em que T_J e T_T são os períodos de Júpiter e da Terra, respectivamente. Considerando as órbitas circulares representadas na figura acima, o valor de T_J , em anos terrestres, é mais próximo de:

- a) 0,1 b) 5 c) 12 d) 125 e) 15

A Lei da Gravitação Universal de Newton é expressa por:

$$F = \frac{-G.M.m}{r^2}$$

07. Em que G é uma constante de proporcionalidade, M é a massa de um objeto maior, m é a massa de um objeto menor, r é a distância entre os centros de gravidade dos objetos e o sinal negativo corresponde à força atrativa. De acordo com a Lei de Gravitação Universal de Newton, se a distância entre um par de objetos é triplicada, a força é equivalente a (o):

- a) um nono do valor original.
- b) um terço do valor original.
- c) três vezes o valor original.
- d) nove vezes o valor original.
- e) mesmo valor que a original.

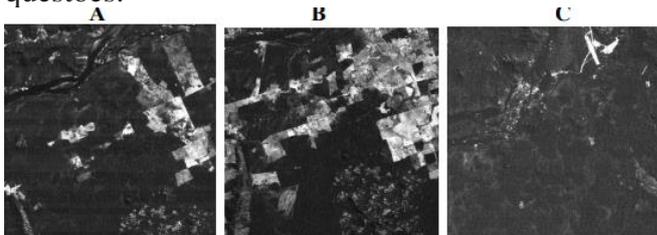
08. Em 1957 os soviéticos iniciaram a Era Espacial com o lançamento do primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik I. Desde então, milhares de satélites foram colocados em órbita da Terra. A partir de imagens obtidas de satélites, é possível também acompanhar o desmatamento da região amazônica. Tais satélites são denominados satélites de sensoriamento remoto, do qual o CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), construído pelo Brasil e China, é um exemplo. Para que possa obter imagens da Terra, o CBERS possui câmaras imageadoras, uma espécie de câmara fotográfica que são constantemente direcionadas à superfície terrestre.



Baseado nas informações do enunciado e na figura ao lado em qual face (A, B, C) do CBERS você colocaria as câmaras imageadoras? Observação: o “cubo” representa o CBERS e as letras A, B, C, três de suas faces e a “seta” sua órbita. Coloque um X na alternativa correta.

- () Face A
- () Face B
- () Face C

09. As imagens obtidas de satélite têm várias aplicações. Uma delas é a identificação e o monitoramento de áreas desmatadas. As imagens abaixo (A, B e C) são de uma mesma região do estado do Pará. Elas foram obtidas pelo satélite americano Landsat em diferentes épocas (1985, 1998 e 2007, mas não nessa ordem). Ao analisar estas imagens, nas quais a floresta é representada em tons de cinza escuros (quase preto), observamos um aumento crescente das áreas desmatadas da região (representadas em tons de cinza claros, tendendo ao branco). A partir da análise das imagens é possível mapear essas áreas e calcular a taxa de desmatamento para esse período de 22 anos. Analise as imagens de satélite: A, B e C e responda as seguintes questões:



Considerando que o aumento do desmatamento foi crescente ao longo desses 22 anos, indicar a sequência cronológica correta das imagens, preenchendo os espaços em branco.

A imagem de 1985 é a da letra _____

A imagem de 1998 é a da letra _____

E a de 2007 é a da letra _____

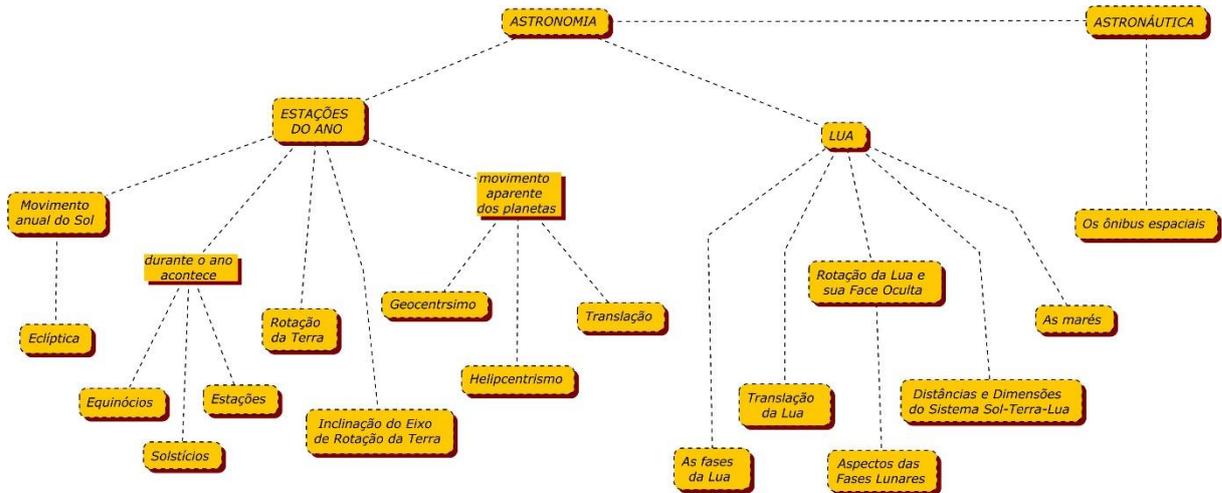
10. A figura a seguir representa dois satélites artificiais em órbita, em torno da Terra.



Baseando-se nas leis de Kepler, e diante da representação mostrada, É CORRETO afirmar que

- A) os satélites 1 e 2 possuem a mesma velocidade.
- B) o satélite 2 percorre uma distância maior que o satélite 1, num mesmo intervalo de tempo.
- C) o satélite 2 leva mais tempo que o satélite 1 para dar uma volta completa em torno da Terra.
- D) os satélites 1 e 2 dão uma volta completa em torno da Terra no mesmo intervalo de tempo.

Mapa Conceitual da Sequência Didática II



Fonte: o próprio autor

AULA 06

- ✓ Objetos do conhecimento

COORDENADAS E FUSOS

- ✓ Objetivos específicos
 - Inclinação do Eixo de Rotação da Terra;
 - Geocentrismo,
 - Heliocentrismo e Translação

Nesta aula será abordado o assunto sobre as estações do ano. No início da aula deve ser feito o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito do assunto.

- O que são as estações do ano?
- Quais são estações do ano?
- Aqui em Guanacés tem todas as estações?
- Porque ocorre as estações do anos?

Em seguida deve ser feita a exposição da aula. O conteúdo foi retirado dos sites:

<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>,

http://pt.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B3pico_de_Capric%C3%B3rnio.

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula_03/pdf/05.pdf

Movimento Anual do Sol e Eclíptica

O plano da eclíptica define o plano da órbita da Terra em torno do Sol. O círculo da eclíptica é, simplesmente, a projeção de seu respectivo plano na esfera celeste. Como já vimos, ao longo da direção da eclíptica foram concebidas primeiramente, pelos povos antigos da Mesopotâmia, as constelações do Zodíaco, e que depois foram associadas a lendas e mitos do povo grego.

Somente em regiões tropicais como a nossa, o Sol pode ficar a pino ao meio-dia (solar). Isto acontece duas vezes por ano (equinócios), e os dias correspondentes são determinados pela latitude do lugar. Para um local no equador terrestre, o Sol cruza a pino o meridiano local nos dias dos equinócios. Já para os locais situados exatamente sobre um dos trópicos, o Sol cruza a pino somente uma vez, no solstício de verão. Os Trópicos de Capricórnio e Câncer são nomeados desta maneira porque durante os solstícios, na Antiguidade, o Sol se encontrava na direção dessas constelações zodiacais.

Solstícios, Equinócios e as Estações

O movimento anual aparente do Sol na esfera celeste pode ser entendido através da translação da Terra em torno do Sol ou da observação do pôr do Sol (você pode experimentar observar que todo dia o Sol se põe em um lugar levemente diferente do dia anterior). A Figura abaixo mostra a Terra em quatro ocasiões especiais de sua órbita ao redor do Sol. São os dias em que ocorrem os solstícios e equinócios.



Tomemos como referência o hemisfério sul da Terra. Na posição do dia 21 de junho, fixando nossa visão a partir da Terra, o Sol está na distância angular máxima ao norte do plano

do equador celeste, parecendo parar na esfera celeste para depois retroceder, para o sul, em seu movimento anual aparente.

Os raios solares, nessa época do ano, incidem mais obliquamente sobre a superfície do hemisfério sul da Terra, de forma que a incidência de calor é menor. Esse dia é denominado solstício do inverno austral (solstício significa Sol parado; em latim: solstitium).

A noite do solstício do inverno austral é a mais longa do ano. A partir do solstício de inverno, tanto os “dias claros” como os dias civis e astronômicos voltam a aumentar de duração, lentamente. De modo análogo, na posição do dia 21 de dezembro da Figura, é quando ocorre o “dia claro” mais longo do ano para o hemisfério sul, o Sol atinge a posição angular mais ao sul do equador celeste. É o dia do solstício do verão austral. No verão, a incidência dos raios solares acontece de forma menos oblíqua à superfície. Em lugares próximos ao Trópico de Capricórnio (http://pt.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B3pico_de_Capric%C3%B3rnio), a incidência é quase perpendicular. Portanto, a insolação é maior. Após o solstício de verão, os “dias claros” se tornam cada vez mais curtos novamente.

Em duas ocasiões especiais intermediárias (posições dos dias 22 de setembro e 20 de março da Figura), o “dia claro” e a noite têm a mesma duração (isso ocorre para todo o globo terrestre). São os dias dos equinócios de primavera e outono.

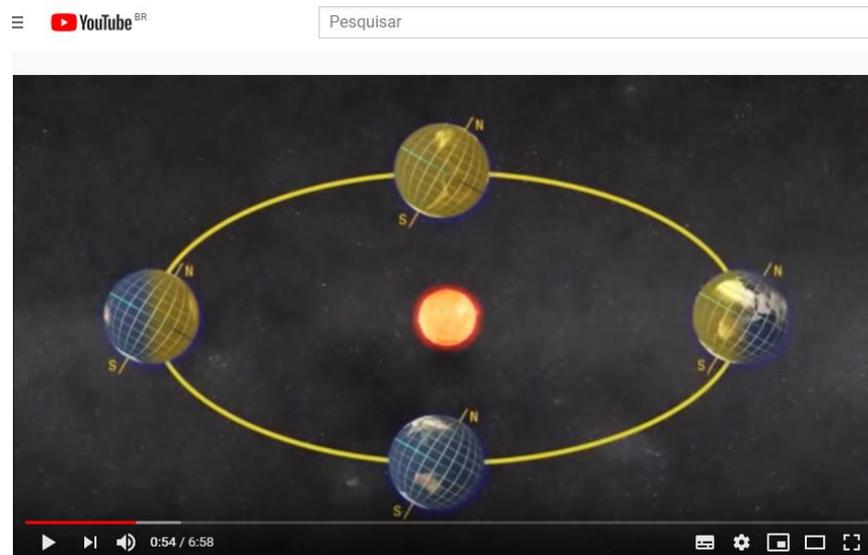
A palavra equinócio, de origem latina, significa noites de iguais duração. Os equinócios ocorrem quando o Sol está sobre o círculo do equador celeste, deslocando-se do hemisfério celeste norte para o sul, no caso do equinócio da primavera austral, e fazendo o caminho inverso, no equinócio do outono austral.

Nesses dias, ambos os hemisférios terrestres recebem a mesma quantidade de radiação solar. Entre o início do outono austral e o fim do inverno, os “dias claros” são mais curtos do que as noites (a noite mais longa ocorre no início do inverno), e entre o início da primavera e o fim do verão, a situação se inverte (o dia mais longo ocorre no início do verão). Sequencialmente, para o hemisfério sul da Terra, tem-se: o equinócio de outono em 20 ou 21 de março, o solstício de inverno entre 21 e 23 de junho, o equinócio de primavera em 22 ou 23 de setembro e o solstício de verão entre 21 e 23 de dezembro.

Para exemplificar o movimento que provoca as quatro estações do ano, solstício e equinócio, veja o vídeo a seguir, disponível no site *youtube* a través do link:

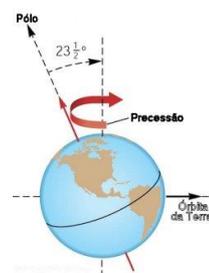
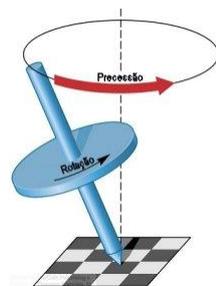


<https://www.youtube.com/watch?v=Qejc-mAObgw>



Inclinação do Eixo de Rotação da Terra

O ângulo formado entre o eixo de rotação da Terra e a perpendicular da eclíptica é, exatamente, igual à separação angular entre o plano do equador da Terra e o plano da órbita terrestre (eclíptica). <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>



Na época atual, a inclinação entre o plano do equador e o da eclíptica é de aproximadamente $23^{\circ},5$ (exatamente $23^{\circ} 27' 08''$). Se, por acaso, a inclinação fosse 0° , ou seja, a Terra girasse com o seu eixo perpendicularmente ao plano da eclíptica, todos os “dias claros” e noites teriam sempre a mesma duração (12 h); seria um eterno equinócio (os planos da eclíptica e do equador coincidiriam) e não existiriam as estações do ano.

Mas a inclinação do eixo da Terra muda com o tempo, porque está se movimenta semelhante a um pião que gira obliquamente ao chão. Um dos movimentos, denominado

precessão dos equinócios , faz o eixo da Terra girar em torno da perpendicular da eclíptica com um período de cerca de 25.800 anos.

(http://pt.wikipedia.org/wiki/Precess%C3%A3o_dos_equin%C3%B3cios)

Outro movimento, chamado nutação ([http://wapedia.mobi/pt/Nutação](http://wapedia.mobi/pt/Nuta%C3%A7%C3%A3o)), faz o ângulo dessa inclinação oscilar em torno de um valor médio. Ambos os movimentos são determinados pela interação gravitacional da Lua, Sol e planetas sobre a Terra, em função desta não ser uma esfera perfeita.

O movimento de precessão produziria uma modificação lenta e gradual nas datas dos solstícios e equinócios, antecipando-as, caso a correção correspondente não fosse aplicada ao sistema de coordenadas celestes equatoriais. Com relação às observações astronômicas, esses movimentos alteram lentamente as coordenadas equatoriais dos astros, em virtude de modificarem a direção dos polos celestes.

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

Geocentrismo, Heliocentrismo e Translação

Todos os planetas de nosso sistema solar possuem movimentos anuais aparentes com trajetórias próximas à trajetória do Sol, quando vista a partir da superfície da Terra e no mesmo sentido do movimento solar (de oeste para leste). Daí a origem do modelo geocêntrico, que tentou explicar os movimentos desses astros errantes por entre as constelações zodiacais; todos se deslocando em torno da Terra imóvel. Mas como vimos antes o modelo heliocêntrico associado às Leis de Kepler e finalmente à Gravitação Universal explicou como a Terra e os demais planetas orbitam em torno do Sol. Esse movimento é denominado translação (ao redor do Sol).

O movimento de translação da Terra acontece num plano, aquele da eclíptica. A órbita da Terra não é um círculo perfeito, mas sim uma elipse pouco excêntrica (quase circular). Em primeira aproximação, o Sol ocupa um dos focos da elipse. Na verdade, a Terra translada em torno do centro de massa (http://pt.wikipedia.org/wiki/Centro_de_massa) do Sistema Solar. A translação da Terra pode ser chamada de movimento orbital. A velocidade média de translação é de cerca de 107.000 km/h (ou 30 km/s).

<https://www.passeidireto.com/arquivo/49045414/introducao-a-astronomia-e-astrofisica-curso-do-inpe>

Ano Sideral

O intervalo de tempo que a Terra leva para transladar completamente em torno do Sol depende do referencial assumido. No caso do ano solar, a referência é o próprio Sol. Já o ano sideral é o intervalo de tempo entre duas passagens consecutivas da Terra pelo mesmo ponto de sua órbita, tomando como referência às estrelas. Enquanto o ano solar tem 365,2422 dias (solares), o ano sideral tem 365,25636; ou seja, o ano sideral é mais longo cerca de 20 min. Você poderia perguntar agora: Por que não se adota o ano sideral no calendário? ou, mesmo qual é mesmo a importância disso?

Simplesmente porque os inícios das estações do ano são determinados pelo ano solar e não pelo sideral. Se usássemos o ano sideral, a cada 72 anos as estações do ano começariam um dia mais cedo, pois estaríamos acrescentados um dia ($20 \text{ min/ano} \times 72 \text{ anos} = 24 \text{ h}$). Com o passar dos anos, a diferença entre o início real de uma estação e o seu início no calendário aumentaria, chegando a 1 mês após 2.160 anos.

Unidade Astronômica

O semieixo maior da órbita elíptica da Terra ao redor Sol é de 149.597.870 km, sendo denominada de unidade astronômica (UA). A distância Terra-Sol varia de um valor mínimo, em torno de 147 milhões de quilômetros, a um máximo por volta de 152 milhões de quilômetros.



Hora de exercitar...

Lista de exercícios

01. O movimento da Terra responsável pelas estações do ano é chamado de:

- a) Rotação b) Nutação c) Translação d) Precessão

02. Marque a alternativa correta sobre as quatro estações do ano.

- a) As estações do ano são bem definidas em todo o planeta.

- b) O outono é a estação do ano que recebe maior quantidade de radiação solar.
- c) O verão é a estação do ano que começa com o término do outono e antecede a primavera.
- d) O movimento de translação, juntamente com a inclinação do eixo da Terra em relação ao plano orbital, é responsável pelas estações do ano.
- e) As estações do ano não alteram a dinâmica natural de um determinado local.

03. Analise as afirmativas e marque a alternativa que NÃO corresponde a uma característica do inverno.

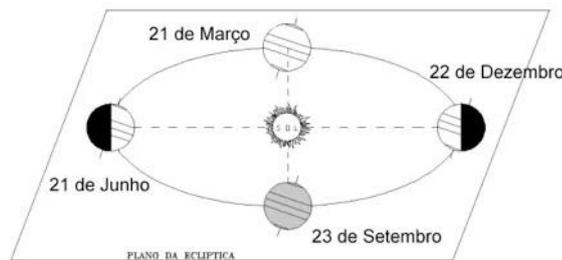
- a) O inverno é a estação que registra as menores temperaturas.
- b) O inverno é a estação do ano que antecede a primavera.
- c) As noites são mais longas que os dias durante o inverno.
- d) O inverno tem início com o término do verão.

04. A estação do ano caracterizada pelos dias mais longos que as noites é:

- a) Inverno
- b) Verão
- c) Primavera
- d) Outono

05. Com relação à figura abaixo, podemos afirmar:

A translação, movimento no qual a Terra gira ao redor do Sol, dá origem às estações do ano.



06. O movimento de translação é aquele em que a Terra, junto com os outros planetas, gira ao redor do Sol. A translação define, assim, os dias e as noites, percorrendo um caminho que tem forma elíptica.

07. Ela representa o movimento da Terra em um período de 365 dias (um ano), definindo as estações do ano.

08. Os equinócios são demarcados pelos dias 21 de março e 23 de setembro.

09. O solstício é um período em que as noites são iguais aos dias.

10. No verão do Hemisfério Sul, é possível considerar que a incidência dos raios solares na superfície da Terra é praticamente perpendicular.

Estão corretas:

- a) 2, 3 e 5.
- b) 1, 2, 3, 4 e 5.
- c) 2, 3 e 4.
- d) 1, 2 e 3.
- e) 2, 4 e 5.

AULA 07

- ✓ Objetos do conhecimento

COORDENADAS, A TERRA, E A LUA

- ✓ Objetivos específicos
 - A Lua; Fases da Lua;
 - Translação da Lua;
 - Rotação da Lua e sua Face Oculta;
 - Aspectos das Fases Lunares;
 - Distâncias e Dimensões do Sistema Sol-Terra-Lua;
 - As marés;
 - Os ônibus espaciais

Seguindo a teoria da aprendizagem significativa, deve-se fazer um levantamento sobre os conhecimentos prévios dos alunos com as seguintes perguntas:

- Vocês já observaram a Lua?
- Como ela se apresenta no céu durante o mês ou durante o ano?
- Por que não vemos a Lua sempre cheia?
- Qual o motivo das marés altas e baixas?

Em seguida deve ser feita a exposição do conteúdo a partir dos textos a seguir:

A Lua

A Lua é o único satélite natural da Terra. Foi denominada, na antiguidade, de Luna, pelos romanos e Selene, irmã de Hélios e filha de Hipérion e Téia pelos gregos. É o astro mais brilhante do céu noturno. As fases da Lua correspondem aos diferentes aspectos com que esta se apresenta no céu ao longo das noites e dos “dias claros” de um mês. Isso não é devido à projeção da sombra da Terra na Lua, como alguns podem pensar. Mas sim, devido à visualização que temos da Lua conforme ela orbita em torno da Terra (posição relativa entre a Lua, Terra e Sol) (<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/cosmologia/movimentos-da-terra-3.php>).

Fases da Lua

A fase da Lua é um fenômeno astronômico de observação simultânea para todo o globo terrestre (quando a Lua cheia é vista do Brasil, ela é também vista, do mesmo modo em Portugal). Com certa regularidade, a Lua ora atravessa a sombra da Terra (eclipse da Lua), ora projeta sua sombra na superfície terrestre (eclipse do Sol) (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Eclipse>).



Fonte: <https://www.astrocentro.com.br/blog/lua/fases-da-lua-em-2018/>

O Sol, assim como as outras estrelas, são astros que produzem e emitem radiação eletromagnética em vários comprimentos de onda, ou seja, são fontes de ondas de rádio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama, em ordem crescente de energia luminosa. A Lua, os planetas (incluindo a Terra) e os corpos menores do Sistema Solar são astros iluminados pelo Sol. Portanto, a Lua e os planetas são visualizados por nós simplesmente porque refletem a luz visível solar incidente. A superfície da Lua reflete cerca de 7% da luz solar incidente.

Para exemplificar o movimento das fases da Lua e de sua origem, veja o vídeo do sétimo episódio da série ABC da Astronomia, disponível no site *youtube* a través do *link*:



<https://www.youtube.com/watch?v=8pXN5IGRYkk>.

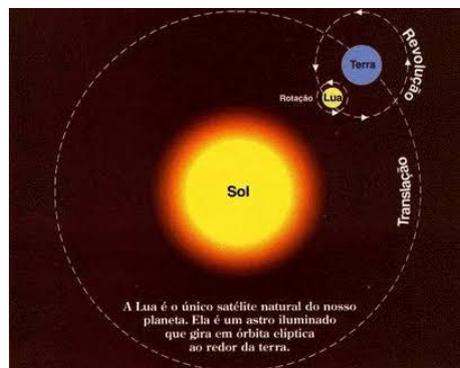


Translação da Lua

O intervalo de tempo que a Lua gasta para completar uma volta completa em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua, em relação ao referencial das estrelas, é chamado de período sideral; é igual a 27 dias, 7 horas, 43 minutos e 12 segundos (solares). Já o intervalo de tempo entre duas fases iguais

sucessivas (ex. duas fases cheias) é denominado período sinódico ou, simplesmente, lunação; relativo ao referencial terrestre. Uma lunação dura 29 dias, 12 h, 44 min e 3 s (solares), maior que o período sideral; e é a base dos calendários lunares usados pelos muçulmanos e judeus.

O movimento orbital da Lua (ao redor da Terra, em primeira aproximação) é realizado no mesmo sentido dos movimentos orbital e rotacional da Terra, ou seja, ocorre de oeste para leste. É fácil perceber isso: a Lua sempre “nasce” cerca de 50 minutos mais tarde, dia após dia, em consequência de seu movimento de oeste para leste. Aplicando-se novamente a regra da mão direita com o polegar para cima apontando para o norte, observa-se que a Lua translada ao redor da Terra no mesmo sentido que a Terra translada ao redor do Sol. A Figura ilustra o movimento de translação da Lua.



http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula_03/06.html

A órbita da Lua não é circular, mas sim elíptica, de modo que em um dos focos da elipse se localiza o centro de massa do sistema Terra-Lua e não o centro da Terra como se poderia pensar. A distância entre os centros da Lua e Terra varia de 357.300 km a 407.100 km. A velocidade média de translação da Lua fica em torno de 3.700 km/h. http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula_03/06.html

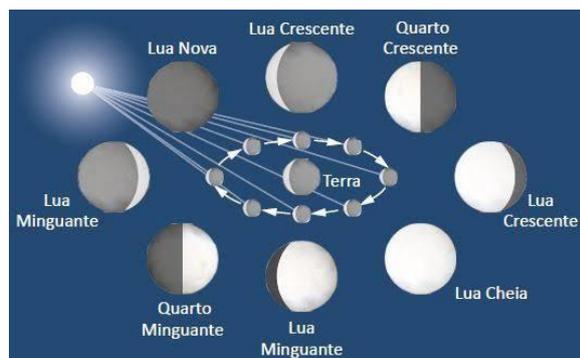
Rotação da Lua e sua Face Oculta

Além do movimento orbital ao redor da Terra, a Lua também possui um movimento de rotação em torno de si mesma. O movimento rotacional da Lua também ocorre no mesmo sentido do seu movimento orbital. Pode-se usar a regra da mão direita para a sua visualização. Em virtude do movimento orbital da Lua estar sincronizado com sua rotação, por questão de equilíbrio dinâmico evolutivo, a Lua tem sempre a mesma parte voltada para a Terra. Seu período de rotação é igual ao seu período sideral de translação: um dia na Lua dura cerca de 27 dias solares da Terra. A face oculta não corresponde a 50% da superfície lunar.

De fato, não existe um lado permanentemente escuro na Lua o que existe é um lado voltado permanentemente para a Terra e outro voltado permanentemente para o espaço e ambos são igualmente iluminados pelo Sol.

Aspectos das Fases Lunares

Na fase de quarto crescente, a Lua está com a metade de seu hemisfério iluminado voltada para a Terra. Em certas ocasiões, com a forma parecida com a de um C para o hemisfério sul. Na fase cheia, toda a sua parte iluminada está voltada para a Terra. No quarto minguante, a Lua está com a outra abaixo mostra a Lua nessas quatro fases principais.



Fonte: <https://sinasstria.wordpress.com/significado-e-influencia-das-fases-da-lua/>

Na Astronomia, a fase da Lua é conceituada através da fração iluminada do disco lunar voltado para a Terra, que pode ser quantificada de forma percentual ou não. Na fase nova, essa fração é nula, 0,5 (ou 50%) no quarto crescente, 1,0 (ou 100%) na fase cheia e novamente 0,5 no quarto minguante. Outro conceito astronômico adotado na definição da fase lunar é o ângulo Sol-Lua-Terra, denominado ângulo de fase, cujo vértice é a própria Lua. Esse ângulo na ocasião da Lua nova é próximo a 180° , 90° para o quarto crescente, próximo de zero para a fase cheia e novamente 90° para o quarto minguante observe isso na figura acima.

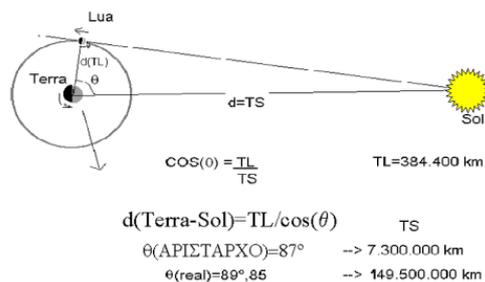
Distâncias e Dimensões do Sistema Sol-Terra-Lua

A olho nu, o tamanho angular da Lua é de aproximadamente $0^{\circ},5$. Por pura coincidência é semelhante ao tamanho angular do Sol. Deste modo, os dois parecem iguais em tamanho, porém não o são. Nota-se que a Lua está 400 vezes mais próxima da Terra do que o Sol, o qual é cerca de 400 vezes maior em diâmetro. Hiparco (200 a.C.) calculou a distância e o tamanho da Lua por ocasião de um eclipse lunar, medindo a duração total da etapa umbral. Ele aplicou alguns conhecimentos geométricos, conjugados a outras medidas conhecidas na época (duração do mês lunar e dimensões angulares da Lua e do Sol).

A Primeira tentativa conhecida de medir a distância Terra-Sol foi em função da distância Terra-Lua foi calculada por Aristarco de Samos (300 a.C.). Ele observou simultaneamente a Lua em quarto crescente e o pôr do Sol. Quando o Sol estava no horizonte, Aristarco mediu a separação angular entre a Lua e o Sol, a qual representa um dos ângulos do triângulo-retângulo Terra-Lua-Sol (Figura abaixo), cujo vértice do ângulo reto (90°) é a Lua.

O ângulo medido ficou em torno de 87° proporcionando uma distância TerraSol de 7.300.000 km, muito abaixo do valor médio moderno que é de 149.500.000 de quilômetros, esta diferença esse deve ao fato da estimativa da distância entre a Terra-Lua não ser nada boa, pois ele fez usando o seu polegar para cobrir a Lua a partir do seu ponto de vista e estimando a distância usando regra de proporções, usando o comprimento de seu próprio braço.

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-118-CALCULO-DA-DISTANCIA-TERRA-SOL-FEITO-POR-ARISTARCO-300-AC_fig18_238690216

Eclipses

Conteúdo retirado do site: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/eclipse.htm>

Eclipses ocorrem quando o movimento de algum astro em frente a uma fonte de luz projeta a sombra do astro sobre outro corpo celeste.

Eclipse é um **fenômeno astronômico** marcado pelo escurecimento **total** ou **parcial** de um astro em virtude da passagem de algum corpo celeste em frente a uma fonte de luz. Existem duas categorias de eclipse: o eclipse **solar** e o eclipse **lunar**.

Tipos de eclipse

Existem duas categorias de eclipses: os eclipses **solares** e os eclipses **lunares**.

Tipos de eclipses solares

- **Eclipses solares totais:** a Lua cobre totalmente a luz solar, projetando sua sombra sobre a Terra;
- **Eclipses solares parciais:** a Lua não fica perfeitamente alinhada com o Sol, cobrindo somente parte de sua luminosidade;
- **Eclipses solares anulares:** o tamanho aparente da Lua não é suficiente para cobrir totalmente a luz solar. Esse fenômeno resulta no surgimento de um anel em volta da sombra da Lua.

Tipos de eclipses lunares

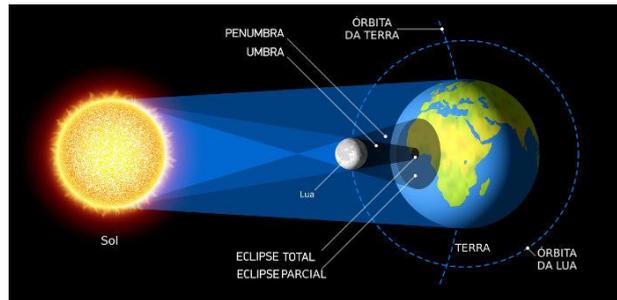
Existem os eclipses lunares **penumbrais, parciais e totais**. Todos esses tipos de eclipse estão relacionados à **posição relativa** do observador na Terra.

- **Eclipses penumbrais:** a superfície da lua fica levemente escurecida ao atravessar a região do cone de penumbra produzido pela Terra;
- **Eclipses lunares parciais:** somente parte da sombra da Terra é projetada sobre a Lua;
- **Eclipses totais:** toda a superfície lunar é coberta pela sombra da Terra.

Eclipse solar

O **eclipse solar** ocorre quando a Lua posiciona-se em frente ao Sol de forma que a sua sombra é projetada sobre a superfície da Terra. Durante a ocorrência desse tipo de eclipse, uma pequena região da Terra fica escura por causa da **projeção da sombra da Lua**. É nessa região, chamada de **umbra**, que se observa o **eclipse solar total**.

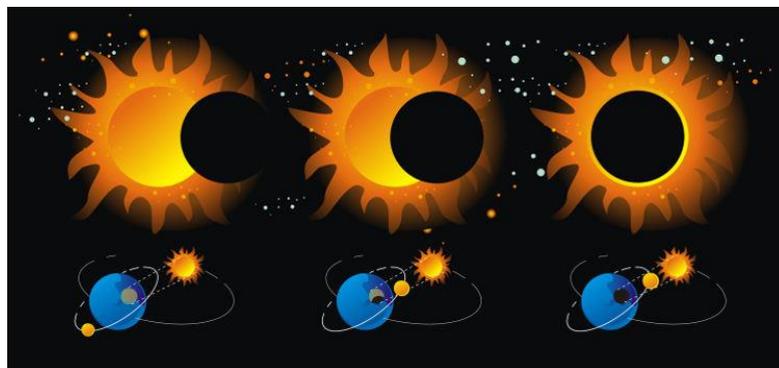
Nos arredores da umbra, encontra-se a **penumbra**, onde é possível observar um **eclipse solar parcial**. A diferença entre **umbra** e **penumbra** é a luminosidade da região. Os locais onde se pode observar o eclipse total são mais escuros que as regiões circundantes. Observe a figura a seguir, que traz um esquema de como ocorre o **eclipse solar**. Nela também é possível observar as regiões de **umbra** e **penumbra**, onde podemos visualizar o **eclipse total** e **parcial**, respectivamente:



Os eclipses solares são graduais, ou seja, a Lua leva certo tempo para poder cobrir o Sol, por isso é comum vermos fotos dos estágios de um eclipse, como a imagem a seguir:



Ao observar as fases da Lua, é possível imaginar que a cada **Lua Nova** ocorra um eclipse solar, no entanto, isso não acontece porque o plano da órbita lunar é **ligeiramente rotacionado** (cerca de $5,2^\circ$) em relação à órbita da Terra em torno do Sol (chamada de eclíptica). Portanto, os eclipses solares só ocorrem nas posições em que a órbita lunar passa através do plano eclíptico. Observe a figura a seguir:

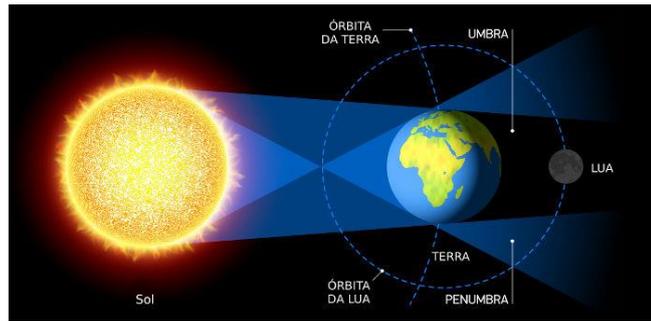


Na figura acima (fora de escala), podemos ver os planos das órbitas lunar e eclíptica. Quando os dois cruzam-se, podem ocorrer eclipses solares.

Eclipse lunar

O **eclipse lunar** ocorre quando a **sombra da Terra**, produzida pelo Sol, é **projetada sobre a Lua**, cobrindo-a. De forma similar ao eclipse solar, o eclipse lunar só pode ocorrer quando a órbita da lua coincide com a **eclíptica**. Sem a pequena diferença de $5,2^\circ$ entre essas duas órbitas, ocorreriam eclipses lunares sempre que houvesse uma Lua Cheia.

Observe a figura abaixo, que apresenta um esquema que mostra a formação de um eclipse lunar:

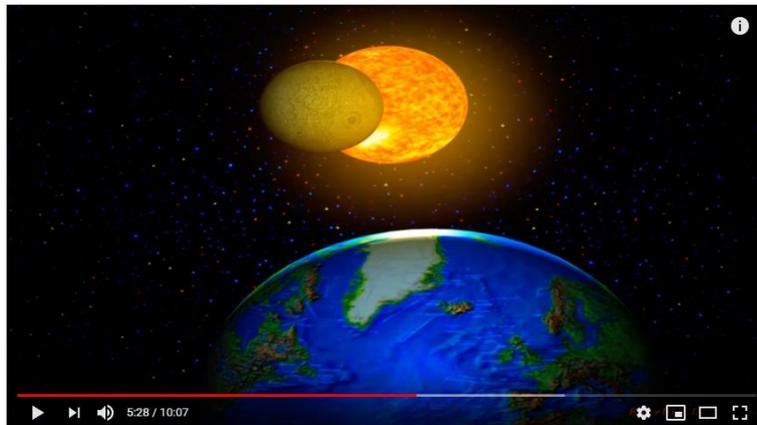


A seguir veja o vídeo que ilustra o eclipse Solar e lunar. Retirado do *site youtube* no

link:



<https://www.youtube.com/watch?v=A1DjBgWQHtg>



As marés

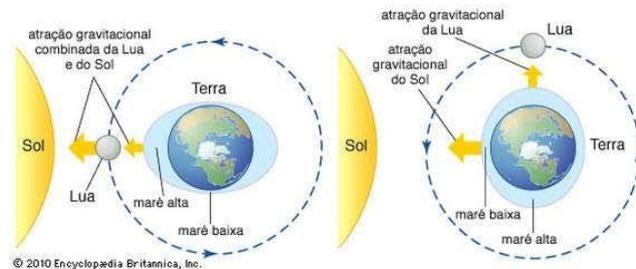
Conteúdo retirado do site: <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node3.htm>

As marés na Terra constituem um fenômeno resultante da atração gravitacional exercida pela Lua sobre a Terra e, em menor escala, da atração gravitacional exercida pelo Sol sobre a Terra.

A ideia básica da maré provocada pela Lua, por exemplo, é que a atração gravitacional sentida por cada ponto da Terra devido à Lua depende da distância do ponto à Lua. Portanto a atração gravitacional sentida no lado da Terra que está mais próximo da Lua é *maior* do que a sentida no centro da Terra, e a atração gravitacional sentida no lado da Terra que está mais distante da Lua é *menor* do que a sentida no centro da Terra.

Em relação ao centro da Terra, um lado está sendo puxado na direção da Lua e o outro lado está sendo puxado na direção contrária. A maré do lado oposto não é causada pela rotação da Terra. Como a água flui muito facilmente, ela se "empilha" nos dois lados da Terra, que fica com um bojo de água na direção da Lua e outro na direção contrária.

Enquanto a Terra gira no seu movimento diário, o bojo de água continua sempre apontando aproximadamente na direção da Lua. Em um certo momento, um certo ponto da Terra estará embaixo da Lua e terá maré alta. Aproximadamente seis horas mais tarde (6h 12m), a rotação da Terra terá levado esse ponto a 90° da Lua, e ele terá maré baixa. Dali a mais seis horas e doze minutos, o mesmo ponto estará a 180° da Lua, e terá maré alta novamente. Portanto as marés acontecem duas vezes a cada 24h 48, que é a duração do dia lunar.



Fonte: <https://escola.britannica.com.br/artigo/mar%C3%A9/482673>

Se a Terra fosse totalmente coberta de água, a máxima altura da maré seria 1 m. Como a Terra não é completamente coberta de água, vários aspectos resultantes da distribuição das massas continentais contribuem para que a altura e a hora da maré variem de lugar a outro. Em algumas baías e estuários as marés chegam a atingir 10 m de altura.

Para finalizar, veja o vídeo exemplificando o movimento das marés no site *youtube* no link:



<https://www.youtube.com/watch?v=sYss-N7EnEw>



- ✓ Objetivos específicos
 - Os ônibus espaciais

Para finalizar a aula segue o conteúdo de Astronáutica sobre os ônibus espaciais. E elencamos algumas perguntas para saber o que os alunos sabiam sobre a temática:

- O que são ônibus espaciais?
- Para onde viajam esses ônibus?

➤ Aqui no Brasil, tem ônibus espaciais?

Em seguida foi feita a abordagem sobre o assunto, cujo conteúdo foi retirado do site: <https://www.infoescola.com/astronomia/onibus-espacial/>

O **ônibus espacial** (space shuttle) é um tipo de avião que decola verticalmente e é composto basicamente de uma cabine para a tripulação, um grande compartimento de carga, duas asas e três motores. Para decolar utiliza um enorme depósito de combustível e dois foguetes auxiliares. A altura do conjunto é de 56,14 m, o ônibus espacial tem 37,23 m de comprimento, envergadura de 23,79 m. A órbita de operação ocorre entre 185 e 643 km e a velocidade máxima do ônibus espacial é de 28.000 km/h.

A cabine está dividida em dois níveis nos quais se podem acomodar de duas a oito pessoas. No primeiro nível estão os controles do veículo, o controle do braço mecânico, a comunicação e os assentos da tripulação para o lançamento e a reentrada na atmosfera terrestre. O segundo nível está destinado à tripulação (dormitórios, lugar para as refeições e asseio pessoal etc.) e o local de onde se tem acesso ao compartimento de carga e à sala de pressurização (local do qual são preparadas as atividades fora da nave).



Ônibus espacial Challenger, em seu lançamento inaugural (4 de abril de 1983). Foto: NASA

O compartimento de carga tem 18,3 m de comprimento e 4,6 m de largura e pode levar até 22.000 kg de carga útil. É possível manipular a carga com o braço mecânico, isto é muito útil para colocar e recolher satélites no espaço e realizar operações de manutenção e reparo dos mesmos, pôr em órbita telescópios e levar suprimentos ou astronautas à estação orbital.

Os três motores do ônibus espacial consomem hidrogênio e oxigênio líquido, estão configurados triangularmente e contam com a mais alta tecnologia de foguetes dos dias atuais.

Quando submetidos à máxima potência, durante o lançamento, consomem 4.000 litros de combustível por segundo! Um carro normal poderia dar a volta ao mundo, seguindo a

linha do equador, com tal quantidade de combustível. O tanque externo tem 47 m de altura e 8 m de diâmetro.

O tanque externo e os foguetes auxiliares fornecem os dois milhões de litros de combustível (média) utilizados em cada lançamento. Depois de aproximadamente oito minutos e meio, a uma altura superior a 100 km, o tanque externo se desprende do ônibus espacial e cai. Destino diferente têm os foguetes auxiliares que se separam antes do tanque externo e têm sua queda amortecida por paraquedas, caem num raio de 220 km. Os foguetes auxiliares são recuperados e posteriormente reutilizados.

Na reentrada, o atrito com a atmosfera produz o aumento da temperatura que varia de 315 a 1.438 °C dos quais a nave e a tripulação estão protegidos pelo isolamento térmico da fuselagem.

Velocidade de Escape



A figura ao lado nos mostra um foguete sendo lançado para uma missão espacial. Podemos dizer que essa é uma das mais sensacionais imagens já vistas. É incrível a capacidade do ser humano de colocar um objeto tão imenso no espaço. Mas observando a figura, ou até mesmo um vídeo de lançamento, nos vem a pergunta: como é possível um objeto tão grande ser lançado para

fora da nossa atmosfera?

Para que consigamos lançar um objeto para fora de nossa atmosfera, ou melhor, para lançarmos um corpo a partir da superfície de um planeta, com velocidade inicial v_0 é possível que esse corpo não mais retorne ao planeta, desde que o valor de v_0 seja igual ou maior que uma velocidade v_E denominada **velocidade de escape**.

Para calcular o valor de v_E basta usar a conservação da energia mecânica e impor que a energia cinética do corpo se anule no infinito, onde também a energia potencial se anula. Sendo E_{ci} e E_{pi} as energias cinética e potencial no lançamento e E_{cf} e E_{pf} as energias cinética e potencial no infinito, teremos:

$$E_{ci} + E_{pi} = E_{cf} + E_{pf}$$

$$\frac{m \cdot v_E^2}{2} - \frac{G \cdot M \cdot m}{R} = 0 + 0$$

$$v_E^2 = \frac{2 \cdot G \cdot M}{R}$$

$$v_E = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

Onde:

v_E – é a velocidade de escape

G – é a constante gravitacional

R – é o raio do planeta

M – é a massa do planeta

Cabe ressaltar que o valor da velocidade de escape não depende da direção em que o corpo é lançado.

Vejamos o exemplo a seguir:

Calcule o valor da velocidade de escape do planeta Terra sabendo que sua massa é $M = 5,98 \times 10^{24}$ kg e seu raio médio é $R = 6,38 \times 10^6$ m. Usando a equação acima, temos:

$$v_E = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

$$v_E = \sqrt{\frac{(2) \cdot (6,67 \cdot 10^{-11}) \cdot (5,98 \cdot 10^{24})}{6,38 \cdot 10^6}}$$

$$v_E \cong 11,2 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

$$v_E = 11,2 \text{ km/s}$$



Lista de Exercícios

1. Há um fenômeno celeste que ocorre quando a Lua penetra, totalmente ou parcialmente, no cone de sombra projetado pela Terra, em geral, sendo visível a olho nu. Isto ocorre sempre que o Sol, a Terra e a Lua se encontram próximos ou em perfeito alinhamento, estando a Terra no meio destes outros dois corpos.

O texto indica que ocorreu um fenômeno, que fenômeno é esse?

- a) Estrela cadente. b) Eclipse. c) Nascer da Lua. d) Elipse.

2. Sobre os movimentos da Lua, relacione a segunda coluna de acordo com a primeira e assinale a sequência correta.

| | |
|----------------|---|
| A – Rotação | (___) Movimento que a Lua realiza ao redor do Sol. |
| B – Revolução | (___) Movimento que a Lua realiza ao redor da Terra. |
| C – Translação | (___) Movimento que a Lua realiza ao redor do seu próprio eixo. |

a) C, A, B. b) C, B, A. c) A, B, C. d) A, C, B. e) B, C, A.

3. Entre as influências que a Lua – o satélite natural da Terra – exerce sobre o nosso planeta, podemos assinalar:

- Variações no índice de reflexão dos raios solares.
- Oscilações no regime das marés.
- Elevação ou interrupção das atividades vulcânicas.
- Alteração na quantidade de massa rochosa na superfície terrestre.
- Determinação dos compostos químicos presentes na atmosfera.

4. Com relação aos eclipses solares e lunares, analise as afirmativas e marque V para as verdadeiras e F para as falsas.

- (___) O eclipse solar ocorre quando o Sol fica entre a Terra e a Lua.
 (___) Só existem eclipses lunares parciais.
 (___) No eclipse lunar, a Terra fica entre a Lua e o Sol.
 (___) Durante o eclipse solar não se pode olhar diretamente para o Sol, pois isso pode ocasionar problemas na visão.

Qual é a alternativa correta?

a) V, V, F, F. b) F, F, V, V. c) F, V, F, V. d) V, F, V, V.

5. Com relação aos “eclipses” está correta a afirmativa:

I. São fenômenos celestes de desaparecimento total ou parcial de uma estrela, temporariamente, por interposição do Sol.

II. Quando a Lua está alinhada entre o Sol e a Terra, dá-se eclipse do Sol, pois a sombra da Lua se projeta na Terra, ocorrendo a ocultação parcial, ou total, do Sol.

III. O eclipse da Lua ocorre quando a Terra se interpõe entre o Sol e a Lua. Com esse alinhamento, a sombra da Terra se projeta na Lua, tornando-a invisível.

Assinale o item cuja resposta esteja correta:

- Apenas a afirmativa I.
- Apenas a afirmativa II.
- Somente as afirmativas I e II.
- Somente as afirmativas II e III.
- Todas as afirmativas.

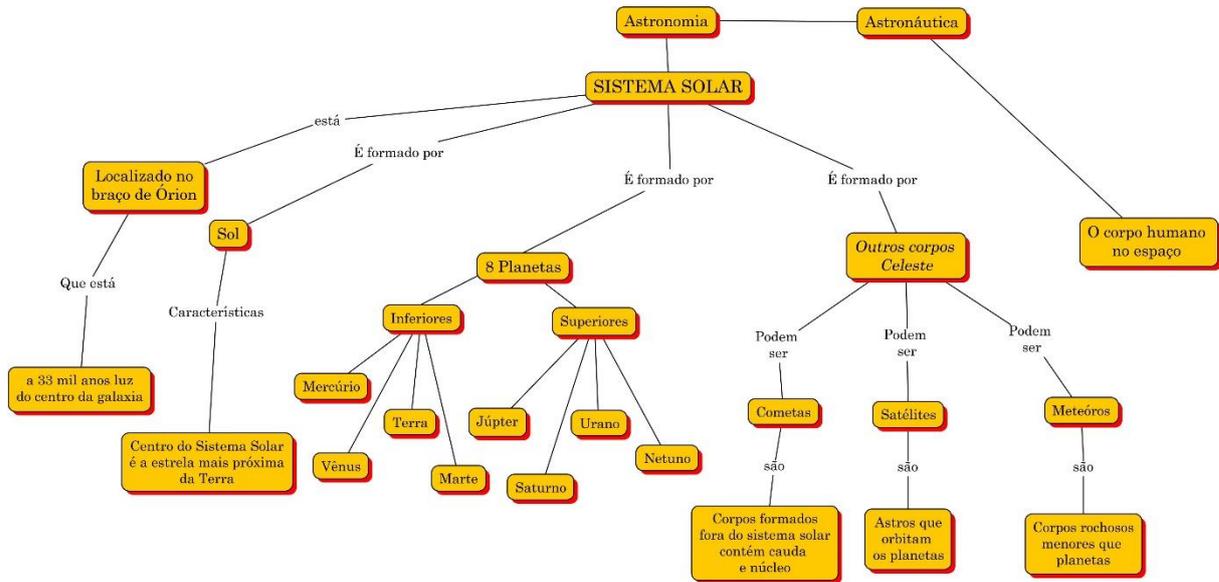
6. (FUVEST-SP) Admita que o Sol subitamente “morresse”, ou seja, sua luz deixasse de ser emitida. Passadas 24h, um eventual sobrevivente, olhando para o céu sem nuvens, veria:

- a Lua e as estrelas.
- somente estrelas.
- somente os planetas do sistema solar.
- somente a Lua.
- uma completa escuridão.

7. (Uemg 2014) Em uma aula sobre Gravitação, o professor de Física resolveu escrever um poema e mostrá-lo a seus alunos:

“O Sol e a Lua num balé em torno da Terra.

Mapa Conceitual da Sequência Didática III



Fonte: o próprio autor

AULA 08

- ✓ Objetos do conhecimento

O SOL

- ✓ Objetivos específicos
 - O Sol;
 - Principais características Físicas do Sol;
 - A Estrutura do Sol;
 - O Interior e a Energia Solar; A Atmosfera Solar;
 - Campos Magnéticos do Sol; Ciclo de Atividade Solar;
 - Explosões (“flares”) Solares;
 - Ejeções de Massa Coronal (CME)

Seguindo a teoria da aprendizagem significativa, antes de iniciar especificamente o conteúdo da aula, se faz necessário saber o que os alunos possuem de conhecimento sobre o assunto a ser abordado e para isso devem ser feitas as seguintes perguntas:

- O que é o Sol para vocês?
- Qual a cor do Sol?
- A que se deve sua alta temperatura?
- O que proporciona a luz proveniente do Sol?
- O Sol se movimenta?
- O Sol pode acabar um dia?

- O planeta Terra continuaria existindo sem o Sol?

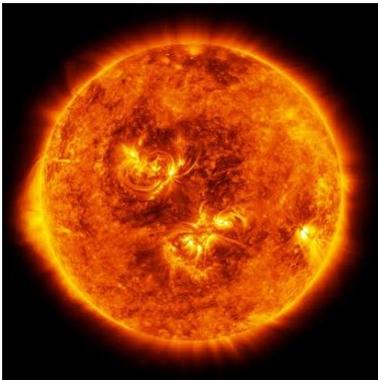
A partir dessa discussão, deve-se iniciar a exposição da aula a partir dos textos a seguir.

Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/aulas_pdfs/o_sol/OSol.pdf

O Sol



O Sol é uma estrela. Estrelas são massas de gás aquecidas pela compressão gravitacional de uma nuvem originalmente fria. A temperatura das estrelas depende da velocidade com que energia é liberada de seu interior em processos de Fusão nuclear. Elas podem ser de vários tamanhos. Nosso Sol, tema deste tópico, é considerado uma estrela anã típica de nosso agrupamento de estrelas chamado de Galáxia da Via-Láctea.

Fonte: <https://medium.com/@eltonwade/de-que-%C3%A9-feito-o-sol-e-quando-ele-morrer%C3%A1-atualidade-d06efe413cec>

Para entender um pouco mais sobre o Sol, veja o vídeo do vigésimo episódio da série ABC da Astronomia disponível no site youtube no link:



[https://www.youtube.com/watch?v=ZEiJLhtkfGM&list=PL786495B96AB0CC3](https://www.youtube.com/watch?v=ZEiJLhtkfGM&list=PL786495B96AB0CC3C&index=20)

C&index=20



Do ponto de vista da vida na Terra o Sol, é o astro mais importante. Claro que a Terra tem sua importância por se tratar de nossa "casa", mas é o Sol que mantém a Terra um

planeta bastante propício para a existência da vida, em suas diversas formas manifestações, lembrando que estas manifestações são o produto de apenas um conjunto limitado da bioquímica que conhecemos. Além disso, aprendemos a conhecer o Sol desde a infância como fonte de luz e calor intensos aquele que nos permitiu ter as primeiras percepções visuais do mundo que nos cerca.

Com o passar dos anos aprendemos a tirar proveito de sua luz e calor e a admirar sua imponência no céu diurno, como fazemos e fizeram nossos antepassados, com a Lua no céu noturno. Além disso, desde os primórdios da civilização o homem aprendeu a admirar o Sol como o responsável pela existência e manutenção da vida na Terra e por isso mesmo, na maioria das culturas antigas, o Sol era adorado como uma representação da divindade ou sendo ele mesmo o próprio Deus.

O Sol já foi chamado de Hélios pelos gregos, de Mitras pelos persas e de Rá pelos egípcios. Entretanto, a despeito de aceitarmos a presença do Sol no céu não deixamos de nos perguntar de onde vem toda a sua luz e calor, que somos capazes de ver e sentir, e que o caracteriza como uma estrela que é a mais próxima da Terra. Estando próximo da Terra, há milhares de anos o homem na Terra já identificava algumas características do Sol, como por exemplo, as manchas solares, regiões escuras que contrastavam com o resto de sua superfície brilhante. Mais recentemente, com o advento de técnicas poderosas e avançadas, temos nos aproximado de desvendar alguns de seus mistérios.

O Sol encontra-se a uma distância média de 150 milhões de quilômetros da Terra. Esta distância equivale a cerca de 8 minutos-luz. O Sol encontra-se no centro geométrico e gravitacional do sistema solar. Em torno dele orbitam todos os outros corpos, como planetas, asteróides e cometas.

As principais características Físicas do Sol.

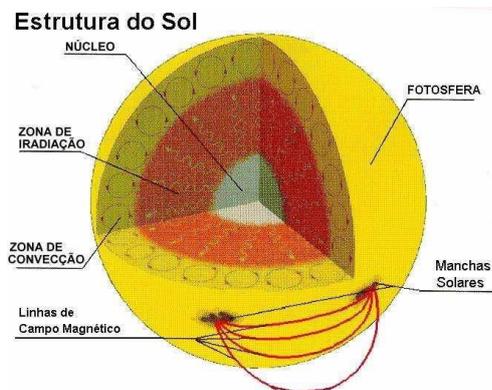
- Massa $1,989 \times 10^{30}$ kg
- Raio Equatorial 695.000 km
- Raio Médio 109,2 raios terrestres
- Densidade Média $1,41 \text{ g/cm}^3$ • Densidade Central 162 g/cm^3
- Período de Rotação Equatorial* 609 horas (~25 dias)

- Velocidade de Escape 618,02 km/s
- Distância Média à Terra 149,6 milhões de km
- Luminosidade $3,83 \times 10^{33}$ ergs/s
- Temperatura Média na Superfície 5.500°C

O Sol apresenta rotação diferencial, isto é, o período de rotação depende da latitude. Nas regiões polares, a rotação dura cerca de 35 dias.

A Estrutura do Sol

O Sol pode ser dividido em duas zonas principais, o interior solar e atmosfera solar. O interior é composto de Núcleo, Zona radiativa e Zona convectiva. A parte mais externa do Sol, referida de atmosfera solar é composta de 3 camadas: a fotosfera, a cromosfera e a coroa.



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Estrutura-do-Sol-Fonte-Calbo-e-Costa-1999_fig1_323384484

O Interior e a Energia Solar

Nem todas as estrelas têm a mesma estrutura interna. Esta depende da massa da estrela. Para o Sol, a estrutura interna é composta de um núcleo, zona radiativa e um envelope convectivo que pode chegar até a superfície. A figura acima mostra um esquema das camadas do interior solar.

Observamos que o Sol emite uma potência de $3,9 \times 10^{26}$ W. O nosso entendimento atual permite-nos dizer que toda essa energia se origina de reações nucleares que ocorrem no seu centro mais interno e demora cerca de 107 anos para ser transportada pela zona radiativa e em seguida pela zona convectiva acima desta até atingir a superfície, onde a temperatura é aproximadamente 5.800 K.

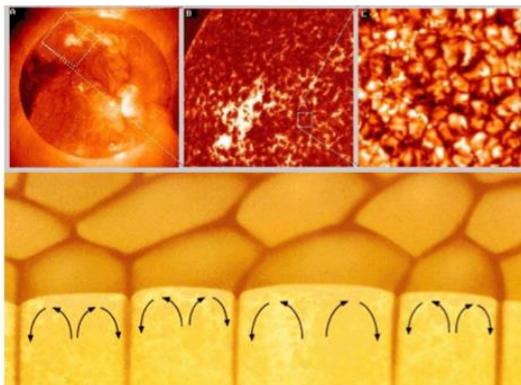
O estudo científico das condições físicas no interior e na atmosfera das estrelas, apoiado pela física nuclear e a Mecânica Quântica nos permitiram determinar seus processos de produção de energia. Sabemos que as estrelas são gigantescas massas de gás (predominantemente hidrogênio) que se mantêm coesas pela própria força gravitacional (o peso

da estrela pressiona seu núcleo que fica superaquecido). Por este motivo, tanto a pressão quanto a temperatura do gás são altíssimas no núcleo das estrelas.

Por exemplo, a temperatura é da ordem de dezenas a centenas de milhões de graus (estima-se cerca de 15 milhões de graus para o caso do Sol). A estas temperaturas e pressões o gás encontra-se no estado ionizado (plasma²) estabelecendo um ambiente propício para a ocorrência de reações nucleares de fusão dos elementos mais leves (hidrogênio - e seus isótopos, deutério e trítio - e hélio).

Devido à alta pressão no centro, o gás apresenta propriedades que podem ser melhor descritas no estado de fluido ao invés do estado gasoso. Da energia produzida pela fusão dos elementos no núcleo das estrelas - em especial, o Sol - parte é usada para manter as condições de temperatura e pressão interna e parte é emitida na forma de radiação que escapa pela superfície iluminando e aquecendo os astros do espaço interplanetário.

Observando-se a superfície solar com grande aumento pode-se ver grãos semelhantes a bolhas de água em ebulição dentro de uma panela.



Fonte: <https://questcosmic.wordpress.com/page/8/>

No caso do Sol, são bolhas de gás muito quente transportando a energia do interior para a superfície. No envoltório abaixo da superfície, a energia é transportada por convecção do gás. A convecção ocorre devido à grande opacidade dessa camada à transferência de energia pelo processo radiativo. Assim, as porções mais internas do gás, aquecidas pela radiação que vem do núcleo, expandem-se e sobem até a superfície, onde perdem energia e esfriam. Ao esfriarem tornam-se mais densas e pesadas, tornando a descer. As células de convecção têm cerca de 5.000 km e se duram de 05 a 10 minutos.

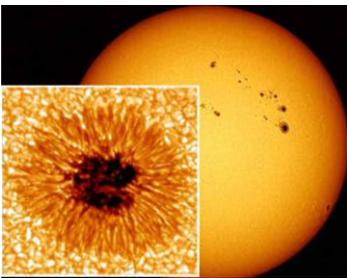
A Atmosfera Solar

A atmosfera solar é composta basicamente por 3 camadas: fotosfera - visível a olho nu, cromosfera acima da primeira, e coroa solar, a camada mais externa e tênue.



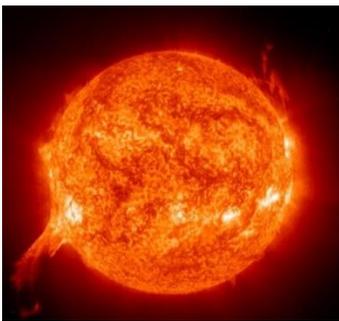
Fonte: <https://despachados.com.br/sol/>

- Fotosfera



Trata-se da camada visível do Sol. É uma estreita camada de cerca de 500 km de espessura, o que equivale a cerca de meio milésimo do raio solar. É da fotosfera que vem a maior parte da luz visível. Entretanto, o gás desta camada não é totalmente transparente, e devido a sua opacidade o interior solar não pode ser visto. A densidade é de cerca de 10¹³-10¹⁵ partículas por centímetro cúbico. Além da granulação, nesta camada, podem ser observadas manchas escuras que surgem e praticamente desaparecem por completo em períodos regulares de cerca de 11 anos.

- Cromosfera



Estendendo-se até cerca de 10.000 km acima da fotosfera esta camada possui uma temperatura de dezenas a centenas de milhares de graus. A densidade cai de 1-2 ordens de grandeza relativamente a fotosfera. Esta camada pode ser vista observando-se o Sol com um filtro especial na luz vermelha conhecido como H α (correspondendo a primeira linha da serie de Balmer do átomo de Hidrogênio)

Utilizando este filtro pode-se distinguir as várias estruturas cromosféricas: proeminência, "praias" brilhantes, filamentos, fáculas, "plages" e espículos. A fronteira cromosfera-coroa é conhecida como região de transição, uma fina camada de poucas centenas de quilômetros na qual a temperatura se eleva dos valores cromosféricos até cerca de 1-2 milhões de graus, já na base da coroa. Enquanto isso, a densidade decresce a valores de 10⁹ - 10⁸ cm³, valores estes típicos da coroa solar calma (característica de períodos de baixa atividade solar).

- ✓ Calmas (de longa duração): proeminências ou filamentos localizados em ou próximos a regiões ativas.
- ✓ Ativas (transitórias): proeminências geralmente associadas a "flare" no limbo ou precipitação de arcadas.

Flares

Estão associados a filamentos, que normalmente desaparecem por erupção para cima. Os filamentos grandes se formam gradualmente. O primeiro passo ocorre quando uma região ativa se rompe em duas regiões unipolares. A seguir, as linhas neutras que se formam do rompimento desta e outras regiões ativas se unem para produzir um filamento extenso. Às vezes duram por várias rotações solares.

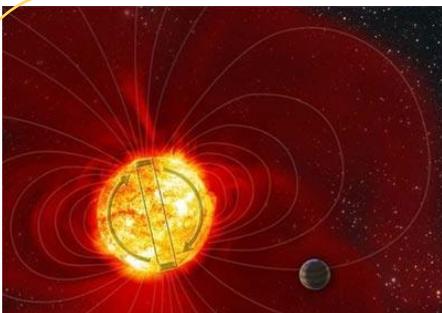
Um filamento típico é menor, dura por apenas uma rotação solar e sofre ligeira alteração de forma quase todo dia. Além disso, podem ser usados para fornecer estimativas da rotação solar. Espículos são pequenos jatos de matéria que se projetam em direção à coroa solar, com velocidades de cerca de 20 km/s a alturas de até 15.000 km.

A Coroa



É a parte mais externa da atmosfera solar e estende-se por milhões de quilômetros a partir do Sol. A coroa solar é melhor observada durante os eclipses totais do Sol, pois apesar de ter um brilho equivalente ao da lua cheia, ela fica obscurecida quando a fotosfera é visível. Desta forma durante o eclipse, como o disco solar é ocultado pela Lua, é possível observar e estudar a coroa.

Campos Magnéticos do Sol



o campo magnético solar é basicamente bipolar com os polos, a princípio, coincidentes com os polos heliográficos. Neste período, as linhas do campo magnético solar seguem a direção de meridianos que atravessam o Sol do polo Norte até o polo Sul, ou vice-versa, passando perpendicularmente pelo Equador solar. A partir daí, como a rotação diferencial do Sol no Equador é mais rápida do que nos polos, o gás que está preso às linhas de campo as arrasta consigo causando uma distorção em sua direção a partir de médias latitudes em direção ao Equador.

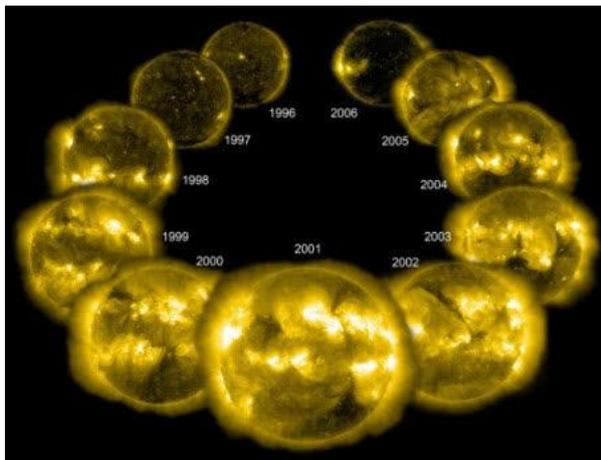
Fonte: <https://www.oarquivo.com.br/variedades/ciencia-e-tecnologia/3662-o-campo-magn%C3%A9tico-do-sol-est%C3%A1-prestes-a-inverter.html>

A cada rotação, as linhas de campo vão sendo mais e mais arrastadas e distorcidas nas proximidades do Equador, até que a densidade de linhas de campo torna-se muito elevada e sua direção passa a ser praticamente paralela à linha equatorial solar. Nesse período, começa a ocorrer o afloramento das linhas de campo subsuperficial à superfície em forma de arcos e a emergência desses arcos magnéticos a partir da superfície em direção à cromosfera e coroas solares.

Ciclo de Atividade Solar

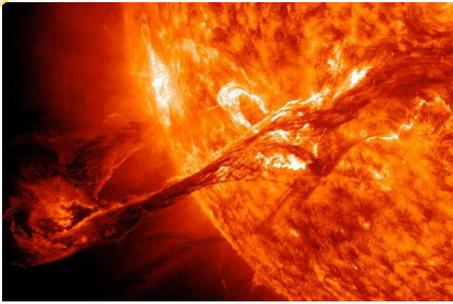
A maioria das características da emissão solar está diretamente relacionada a atividade solar. O aspecto mais marcante da atividade é o ciclo de 11 anos, período no qual o número de manchas solares cresce e atinge um máximo, decrescendo em seguida. A Figura abaixo mostra a evolução do ciclo solar iniciado em 1996. Em 2011 estamos no início de um ciclo (ciclo 24) de atividade solar.

No início de um ciclo, as manchas pequenas surgem em número reduzido em latitudes solares mais elevadas, e vão se formando cada vez maiores e mais próximas ao equador solar aumentando em número, conforme o ciclo evolui em direção ao máximo de atividade, decrescendo gradativamente quando o ciclo decai em direção ao fim (Figura abaixo). Este período leva cerca de 11 anos em média. Entretanto, como uma mesma polaridade magnética do Sol se repete somente a cada 2 ciclos de atividade, o ciclo magnético solar é de cerca de 22 anos.



Fonte: <https://thoth3126.com.br/as-manchas-solares-e-os-ciclos-de-atividade-do-sol/>

Explosões (“flares”) Solares



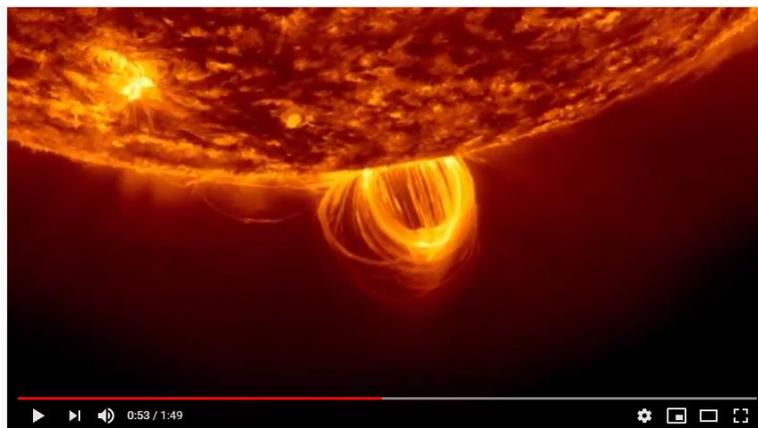
As explosões solares foram observadas pela primeira vez, em 1 de setembro de 1859, por R. C. Carrington and R. Hodgson, enquanto eles observavam manchas solares. Estes fenômenos caracterizam-se pela emissão de grandes quantidades de energia (10^{26} – 10^{32} erg), em intervalos de tempo relativamente curtos, variando de alguns segundos até poucas horas, para os fenômenos mais intensos. A energia cinético-térmica liberada é proveniente da energia magnética armazenada na atmosfera solar, no interior de locais conhecidos como regiões ativas, como descrito anteriormente.

Toda essa energia, que não chega a 10% de toda a energia emitida pelo Sol durante 1 segundo, provoca o aquecimento e aceleração dos elétrons, prótons e íons mais pesados presentes nos locais de liberação de energia e em sua vizinhança próxima. A interação das partículas energizadas com o meio ambiente provoca emissão de energia, na forma de radiação, que se distribui por grande parte do espectro eletromagnético, estendendo-se desde ondas de rádio a raios-X e raios-gama, podendo produzir também a emissão de partículas (íons e elétrons) energéticos. Uma explosão solar típica produz uma quantidade de energia equivalente a cerca de 40 bilhões de vezes a energia da bomba atômica lançada em Hiroxima.

O vídeo a seguir veja o vídeo que ilustra as explosões solares, disponível no site *youtube* no link:



https://www.youtube.com/watch?v=q_kVmJlrCr0



Ejeções de Massa Coronal (CME)



São grandes quantidades de matéria (10¹⁵ - 10¹⁶ erg), entremeadas de linhas de campo magnético, que são expulsas do Sol durante um período de várias horas, formando uma enorme erupção que se expande para o espaço exterior a velocidades de várias centenas a poucas milhares de km/s.

Os CME são acelerados conforme vão se movendo para o espaço exterior. As primeiras evidências deste tipo de evento dinâmico foram obtidas a partir das observações de um coronógrafo a bordo do satélite OSO-7, durante o período de 1971 a 1973. Ainda não se sabe qual a causa destes fenômenos, e não está certo de onde se originam. Mais de metade destes fenômenos encontram-se associados a proeminências eruptivas.

Fonte: <https://www.tribunaribeirao.com.br/site/nova-explosao-no-sol-e-registrada-e-pode-provocar-o-aquecimento-da-alta-atmosfera/>

O restante que acompanha os "flares" costuma aparecer na forma de "surges" ou "sprays". Entretanto, em ambos os casos existe associação com instabilidades em proeminências. Além disso, também podem ocorrer na ausência de "flares" ou proeminências eruptivas.

A frequência dos CME varia com o ciclo de atividade solar, podendo ser observado cerca de um evento por semana, no mínimo do ciclo, enquanto podem ocorrer até 2-3 eventos por dia nos períodos do máximo de atividade do ciclo. Sua morfologia varia desde um formato aproximado de jato até um halo (arco), que pode circundar todo o disco solar (360°) em casos extremos. A maioria dos CME produzem ondas de choque que, quando se propagam em direção à Terra, percorrem a distância a partir do Sol em cerca de 2 dias.

Hora de exercitar.



Assistir ao documentário “Sol Indomável (Dublado) Documentário Discovery Channel [HD]”. Em Seguida responder um “Quis” com perguntas e curiosidades sobre a nossa estrela, o Sol.



https://www.youtube.com/watch?v=xGVP_AVjeLI



Sol Indomável (Dublado) Documentário Discovery Channel [HD]

01. O que é o Sol? Em seguida Justifique sua resposta.

É um satélite natural da Terra

É um Planeta

É um asteroide

É uma estrela

É um cometa

02. A cor do Sol é amarelo. Verdadeiro ou falso? Em seguida Justifique sua resposta.

Verdadeiro

Falso

03. O Sol é 100 vezes maior que o tamanho do nosso Planeta Terra. Verdadeiro ou falso? Em seguida Justifique sua resposta.

Verdadeiro

Falso

04. A temperatura do Sol chega a 5.500° C. Verdadeiro ou falso? Em seguida Justifique sua resposta.

Verdadeiro

Falso

05. O Sol é o lugar mais quente do Universo. Verdadeiro ou Falso? Em seguida Justifique sua resposta.

Verdadeiro

Falso

06. O Sol vai esfriar um dia. Verdadeiro ou falso? Em seguida Justifique sua resposta.

Verdadeiro

Falso

07. A luz do Sol demora quanto tempo para chegar até a Terra? Em seguida Justifique sua resposta.

1 minutos e 10 segundos

3 minutos e 27 segundos

4 minutos e 15 segundos

7 minutos e 59 segundos

8 minutos e 18 segundos

08. O Sol leva quanto tempo para completar uma volta no movimento de translação que faz em torno do centro da Via Láctea? Em seguida Justifique sua resposta.

24 horas

30 dias

30 mil anos

1 milhão de anos

200 milhões de anos

09. O Sol nasce sempre ao: Em que hemisfério?

Norte

Sul

Leste

Oeste

10. Às vezes, o Sol, a Terra e a Lua ficam alinhados. A Lua se coloca entre eles, ocultando o Sol. Como é chamado esse fenômeno? Descreva como acontece esse fenômeno.

AULA 09

- ✓ Objetos do conhecimento

SITEMA SOLAR E A GALÁXIA

- ✓ Objetivos específicos
 - O Sistema Solar; Descrição do Sistema Solar;
 - O Sol; Formas de transporte de energia;
 - Os Planetas e seus Satélites;
 - Asteróides; Cometas; Meteoros, meteoritos e meteoroides;
 - A Formação do Sistema Solar;
 - O corpo humana no espaço

Chegando ao final do primeiro período, inicia-se a aula sobre o Sistema Solar. Dentro desse contexto, deve-se fazer os seguintes questionamentos a respeito do que os estudantes já sabem dentro do assunto:

- O que é Sistema Solar?
- Por que recebe esse nome?
- Quais corpos formam o Sistema Solar?
- Quais outros corpos fazem parte do Sistema Solar?
- Existem vida em outros planetas?
- Onde estamos localizados no Universo?
- Qual a principal fonte de energia do Sistema Solar?

Na sequência a exposição do conteúdo a partir dos textos a seguir:

Para iniciar o assunto, veja o vídeo do décimo sétimo episódio da série ABC da Astronomia, sobre os Planetas, disponível no *site youtube* no *link*:



<https://www.youtube.com/watch?v=FHvTYpR1Y5o>.



O conteúdo foi retirado do site
<https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/solarsys.htm>

O Sistema Solar

O nosso sistema solar consiste de uma estrela média, a que chamamos o Sol os planetas Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e Plutão. Inclui: os satélites dos planetas; numerosos cometas, asteróides, e meteoróides; e o espaço interplanetário.

O Sol é a fonte mais rica de energia electromagnética (principalmente sob a forma de calor e luz) do sistema solar. A estrela conhecida mais próxima do Sol é uma estrela anã vermelha chamada Próxima Centauri, à distância de 4.3 anos-luz. O sistema solar completo, em conjunto com as estrelas locais visíveis numa noite clara, orbitam em volta do centro da nossa galáxia, um disco em espiral com 200 biliões de estrelas a que chamamos Via Láctea.



Fonte: <http://www.observatorio.ufmg.br/pas33.htm>

A Via Láctea tem duas pequenas galáxias orbitando na proximidade, que são visíveis do hemisfério sul. Têm os nomes de Grande Nuvem de Magalhães e Pequena Nuvem de Magalhães. A galáxia grande mais próxima é a Galáxia de Andromeda. É uma galáxia em espiral, tal como a Via Láctea, mas é 4 vezes mais massiva e está a 2 milhões de anos-luz de distância. A nossa galáxia, uma de biliões de galáxias conhecidas, viaja pelo espaço intergaláctico.

Composição do Sistema Solar

O Sol contém 99,85% de toda a matéria do Sistema Solar. Os planetas, que se condensaram a partir do mesmo disco de matéria de onde se formou o Sol, contêm apenas 0,135% da massa do sistema solar. Júpiter contém mais do dobro da matéria de todos os outros planetas juntos. Os satélites dos planetas, cometas, asteróides, meteoróides e o meio interplanetário constituem os restantes 0,015%. A tabela seguinte é uma lista da distribuição de massa no nosso Sistema Solar.

- Sol: 99,85%
- Planetas: 0,135%
- Cometas: 0,01%
- Satélites: 0,00005%
- Planetas Menores: 0,0000002%
- Meteoróides: 0,0000001%
- Meio Interplanetário: 0,0000001%

Formas de transporte de energia

Existem três formas de transportar-se energia: por condução, convecção e radiação

Condução

É a situação em que o calor se propaga através de um "condutor". Ou seja, apesar de não estar em contato direto com a fonte de calor um corpo pode ser modificar sua energia térmica se houver condução de calor por outro corpo, ou por outra parte do mesmo corpo.

Convecção

movimento dos fluidos, e é o princípio fundamental da compreensão do vento, por exemplo. O ar que está nas planícies é aquecido pelo sol e pelo solo, assim ficando mais leve e subindo. Então as massas de ar que estão nas montanhas, e que está mais frio que o das planícies, toma o lugar vago pelo ar aquecido, e a massa aquecida se desloca até os lugares mais altos, onde resfriam.

Radiação

É a propagação de energia térmica que não necessita de um meio material para acontecer, pois o calor se propaga através de ondas eletromagnéticas.

A energia que recebemos do Sol é transmitida de forma radiativa, também. O Sol encontra-se a uma distância média de 150 milhões de quilômetros da Terra. Isso equivale a cerca de 8 minutos-luz, isto é, a luz do Sol demora esse tempo para chegar à Terra. A segunda estrela mais próxima é Próxima Centauri, que se encontra a uma distância 270 mil vezes maior, assim sua luz demora 4 anos e 4 meses para chegar até nós! Pela sua proximidade, podemos estudar o Sol melhor do que qualquer outra estrela do Universo.

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

Os Planetas e seus Satélites

Planetas internos



Mercúrio é o planeta mais próximo do Sol, distante 57.910.000 km, seu período de rotação corresponde a 58d 15h 30 min, o período orbital é de 88 dias terrestre. Sua distância ao Sol é de. O raio mede 2.439,7 km e massa 2,285.1023 kg. A variação da temperatura entre o dia e a noite é de -170 graus Celsius a 430 graus.

Seu nome latino corresponde ao do deus grego Hermes, filho de Zeus. Bastante pequeno, é o menor entre todos os planetas Sua superfície está coberta por crateras resultantes do impacto de corpos menores. Por isso supõe-se que a atividade vulcânica tenha ocorrido apenas no início, até cerca de 1/4 da sua idade atual. Caso houvesse atividade recente, o derramamento de lava cobriria e apagaria as crateras. Das inúmeras crateras existentes, destaca-se a Bacia Caloris, com 1.300 quilômetros de diâmetro, quase 1/3 do diâmetro do planeta.

Suspeita-se que ele possua uma atmosfera muito tênue, quase desprezível, por isso existe uma incrível variação da temperatura entre o dia e a noite: de -170 graus (lado oculto do Sol) a $+430$ graus centígrados (lado iluminado pelo Sol). Compare com a Terra, onde a variação é de poucas dezenas de graus. Sua órbita é altamente excêntrica, só Plutão o supera nesse aspecto. ([http://pt.wikipedia.org/wiki/Merc%C3%A0rio_\(planeta\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Merc%C3%A0rio_(planeta)))



Vênus observado pela sonda Galileu (nssdc), conhecido como Estrela D'Alva, é o mais brilhante dos planetas, e sua temperatura chega a atingir 460 graus Celsius. A pressão atmosférica chega a ser cerca de 100 vezes maior que a da Terra. Um dia de Vênus corresponde a 243 dias, chega a ser maior do que o movimento de translação que é de 225 dias. Vênus é o nome latino da deusa grega do amor, Afrodite. Facilmente identificável no céu, esse planeta é também chamado de Estrela D'Alva ou estrela matutina - mas ele não é uma estrela! É o mais brilhante dos planetas e está sempre próximo ao Sol, como Mercúrio, pois suas órbitas são internas à da Terra. Enquanto Mercúrio é bastante pequeno (2/5 da Terra), Vênus já possui um tamanho comparável ao da Terra. Aliás, esse planeta é bastante parecido com o nosso, em massa e composição química. Apesar dessas similaridades, entretanto, sua atmosfera é bastante diferente da terrestre.

A atmosfera de Vênus é bastante espessa e reflete a maior parte da luz solar incidente. Essa é a razão do seu grande brilho. Sua atmosfera também impede a observação direta da superfície do planeta. O raio de Vênus somente pode ser determinado com o uso de radares ou de sondas espaciais. Por ter um tamanho relativamente grande, seu manto é convectivo, pois não consegue dissipar o calor interno por condução, como acontece com Mercúrio (veja o quadro sobre as formas de transporte de energia).

A convecção levou gases para a superfície, de modo a formar uma atmosfera composta basicamente por gás carbônico, CO₂ - quase 97 % - e gás nitrogênio, N₂ - 3 %. O gás carbônico é responsável pela ocorrência do efeito estufa (veja quadro a seguir), que eleva a temperatura na superfície a 460 °C. Note que essa temperatura chega a superar a de Mercúrio que está mais próximo do Sol e esperaríamos que fosse mais quente. As nuvens de Vênus são formadas por várias substâncias, entre elas o ácido sulfúrico. A pressão atmosférica de Vênus é bastante alta, cerca de 100 vezes maior que a da Terra. Existem também evidências de vulcanismo, que está relacionado ao manto convectivo. Por tudo isso, a superfície de Vênus possui condições bem inóspitas. (ver mais em [http://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9nus_\(planeta\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9nus_(planeta)))

Vênus possui rotação retrógrada, isto é, ele gira em sentido contrário ao da maior parte dos movimentos do sistema solar. É também o único planeta em que o tempo de rotação

(243 dias) supera o de translação em torno do Sol (225 dias). Deste modo o dia em Vênus dura mais que o ano!

Imagem de Mercúrio: <https://realidadesimulada.com/alguns-fatos-sobre-mercurio-o-planeta-mais-proximo-do-sol/>

Imagem de Vênus: http://www.ccvalg.pt/astronomia/sistema_solar/venus.htm



Terra é o nome da deusa romana esposa do Céu. Possui massa de aproximadamente 5.9722×10^{24} kg e temperatura média de $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, permitindo que exista água no estado líquido. Além disso, 3/4 de sua superfície são cobertos pela água. Seu diâmetro corresponde a aproximadamente 12.756,2 km, seu período de rotação equivale a 23 horas 56 minutos e 4 segundos e o período de translação 365 dias 5 horas e 48 minutos e possui um satélite natural, a Lua.

Como já vimos, o planeta em que vivemos era considerado até o Renascimento como em posição privilegiada, em torno da qual o Universo existia. Com o avanço do nosso conhecimento, a Terra deixou de ocupar um lugar especial e passou a ser apenas mais um dos planetas de uma estrela comum, o Sol. Porém, ainda hoje é considerada particular, pela existência e complexidade da vida em sua superfície.

A seguir, veja o vídeo do vigésimo primeiro episódio da série ABC da Astronomia disponível no site *youtube* no link:

 <https://www.youtube.com/watch?v=FWj9BZISBoY&list=PL786495B96AB0CC3C&index=21>



A temperatura na Terra é tal que permite que a água exista no estado líquido*. Aliás, o nosso planeta deveria ser chamado de planeta Água e não Terra, pois 3/4 de sua superfície são cobertos pela água. Apenas para se ter uma ideia da quantidade de água dos oceanos, se a superfície do planeta se aplainasse, o planeta seria coberto por um oceano de 400m de profundidade.

A água é um dos fatores essenciais que levou à existência da vida. A atmosfera terrestre é formada basicamente por nitrogênio (78 %), que faz com que o nosso planeta seja azul quando visto de fora. Existem, porém, outros gases. Entre eles devemos salientar o oxigênio (20 %) e o ozônio, que bloqueiam a radiação ultravioleta do Sol, que é fatal para alguns microorganismos e prejudicial para os seres vivos em geral. O oxigênio da atmosfera terrestre é basicamente produzido pelas plantas, através da fotossíntese. Hoje, a atmosfera possui uma pequena quantidade de gás carbônico, porém ela já deve ter sido muito maior, mas foi consumida por vários processos. Assim, atualmente o efeito estufa é muito menor na Terra do que é em Vênus.

A Terra é um planeta bastante ativo geologicamente: possui vulcanismo e movimentos tectônicos importantes resultantes da convecção do manto interno à crosta. O nosso planeta possui um satélite, a conhecida Lua. Sua superfície é coberta por crateras de impacto, principalmente na face oposta à Terra. Observa-se também os mares (regiões escuras) e montanhas (regiões claras). Os mares são grandes regiões preenchidas por lava solidificada. Porém, não há indícios de atividade vulcânica atual. Como não possui atmosfera significativa, sua temperatura é basicamente regida pela radiação solar, com grandes diferenças entre o dia e a noite. (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Terra>)

Imagem da Terra: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/04/nasa-tira-foto-do-planeta-para-comemorar-o-dia-da-terra.html>



Marte é o planeta telúrico mais distante do Sol. Seu nome refere-se ao deus latino da guerra, cujo correspondente grego é Ares. É o segundo menor planeta do sistema solar, sua temperatura na superfície oscila entre -153° e 20° graus Celsius. É o planeta mais visitado por robôs lançados aqui da Terra. Possui massa de aproximadamente $6,42.10^{23}$ kg, seu período orbital é de 687 dias terrestres o diâmetro equatorial é de 6792 km e possui dois satélites, Fobos e Deimos. É o planeta mais visitado por naves robôs.

Possui uma atmosfera tênue, cujo componente principal é o gás carbônico (95 %). Sua cor avermelhada é devida à poeira de óxido de ferro (ferrugem) que cobre parcialmente a sua superfície. Parte desta é recoberta por lava solidificada, formando grandes planícies. Mas existem também crateras de impacto e montanhas.

A maior montanha do sistema solar está em Marte. É o monte Olimpo, um vulcão extinto, que possui 25 km da base ao topo! Devem ter ocorrido processos de convecção em algum momento do passado, mas como Marte é um planeta pequeno, esses processos cessaram e atualmente seu calor é dissipado por condução. A temperatura na superfície oscila entre -90 e 30 graus centígrados. Marte possui dois satélites, Fobos e Deimos (em grego, Medo e Terror), cujos nomes representam os dois filhos do deus da guerra, Ares, na mitologia grega. São pequenos, da ordem de 10 quilômetros de raio, e possuem forma irregular, como a de uma batata. São provavelmente asteróides, capturados pela gravidade do planeta. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_\(planeta\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_(planeta)). É o planeta mais visitado por naves robôs.

Imagem de Marte

<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2019/10/ex-cientista-da-nasa-afirma-que-foi-encontrada-vida-em-marte-na-decada-de-1970.html>



Júpiter é o maior planeta do sistema solar, sendo seu raio cerca de 11 vezes maior que o da Terra. e sua massa é de $1,8986 \times 10^{27}$ kg. Sua atmosfera é formada por hidrogênio e hélio. Seu raio é de aproximadamente 71.0398 km. O período de rotação é de aproximadamente 9 horas 55 minutos e 30 segundos e seu período orbital corresponde a 11,86 anos terrestres. Sua temperatura média é de 108 °C negativos. Possui 79 satélites naturais e seus anéis são compostos principalmente de poeira e emite mais energia térmica do que recebe do Sol.

É o protótipo dos planetas jovianos, os gigantes gasosos. Coincidentemente, o seu nome latino corresponde em grego a Zeus, o maior dos deuses do Olimpo. Apesar de possuir, provavelmente, um núcleo formado por materiais pesados, ele é composto basicamente por hidrogênio e hélio na forma gasosa. Assim, Júpiter, como os demais planetas jovianos, não possui uma superfície sólida como os planetas terrestres. Sua atmosfera é também formada por hidrogênio e hélio. Ela é bastante espessa e determina a aparência do planeta.

A imagem de Júpiter mostra uma série de bandas coloridas paralelas ao seu equador, que correspondem a nuvens de diferentes movimentos, temperatura e composição química.

Uma estrutura bastante interessante é a chamada Grande Mancha Vermelha. Como as bandas, ela também corresponde a um fenômeno meteorológico, por assim dizer. Ela é muito grande (10.000 x 25.000 quilômetros), muito maior que a Terra, por exemplo. É uma estrutura bastante estável, no sentido de que persiste há muito tempo.

Hoje conhecemos 79 satélites de Júpiter, mas esse número continua a crescer em virtude de novas descobertas. Entretanto, quatro deles destacam-se por seu tamanho: Io, Europa, Ganímedes e Calisto. São chamados satélites galileanos, pois foram descobertos por Galileu, no início do século XVII. Ganímedes é o maior satélite do sistema solar. Io e Europa são similares aos planetas telúricos, formados basicamente por rochas. Io possui vulcões ativos e Europa uma atmosfera de oxigênio, além de um possível oceano de água líquida sob uma crosta de gelo. De todos os satélites do sistema solar, apenas 5 possuem atmosferas: Europa, Io, Ganímedes, Titã (Saturno) e Tritão (Netuno).

Imagem de Júpiter:

[https://pt.wikipedia.org/wiki/J%C3%BApiter_\(planeta\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/J%C3%BApiter_(planeta))

Além dos satélites, Júpiter possui um anel, como os demais planetas jovianos. Esse anel é bastante fino e escuro, diferente do de Saturno, que é bastante brilhante e define a aparência do planeta. Júpiter emite mais energia térmica do que recebe do Sol e este excesso deve ser de origem gravitacional.

Para exemplificar o estudo sobre Júpiter, veja um vídeo da série ABC da Astronomia, décimo primeiro episódio disponível no site *youtube* no *link*:



<https://www.youtube.com/watch?v=rFazZK9rZxs>





Saturno, o nome desse planeta vem do deus romano que ensinou aos homens a agricultura, e é por alguns associado ao deus grego Cronus. Saturno é o segundo maior planeta do sistema solar, possui uma pequena fonte de calor interna, tem um sistema de anéis compostos de gelo d'água que é visível através de pequenas lunetas. Possui 82 satélites naturais e sua massa é dez vezes a massa da Terra e seu diâmetro é de aproximadamente 120.000 km. Ele leva 29 anos terrestres para dar uma volta em torno do Sol e seu período de rotação corresponde a 10 horas e 30 minutos. É similar a Júpiter em vários aspectos, como na estrutura interna e atmosfera. Também possui bandas atmosféricas que, porém, são menos contrastantes entre si que as de Júpiter. Também, como Júpiter, possui uma pequena fonte de calor interna.

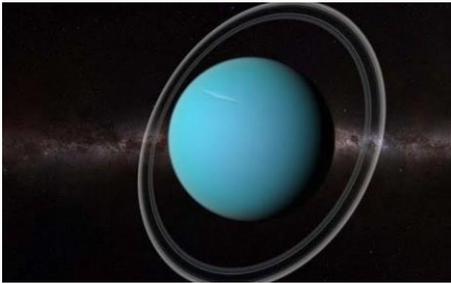
Saturno possui um belo sistema de anéis que é visível através de uma pequena luneta. Dizemos um sistema, pois o disco que vemos em torno de Saturno corresponde a pelo menos sete anéis. Os anéis são compostos por partículas de gelo e poeira, cujos tamanhos vão desde um milésimo de milímetro até dezenas de metros. Apesar de sua grande extensão - o raio externo fica a 480 000 quilômetros do centro de Saturno -, os anéis são extremamente finos, da ordem de duzentos metros.

Para se ter uma ideia dessa proporção, imagine um disco do tamanho de um quarteirão com uma espessura de aproximadamente um centésimo de milímetro! Enquanto os anéis de Saturno são conhecidos há bastante tempo, os anéis dos demais planetas jovianos só foram descobertos na década de 70. Saturno possui ao menos 61 satélites. Um satélite bastante peculiar é Titã. É o segundo maior satélite do sistema solar. Possui um núcleo rochoso, recoberto por um manto de gelo de compostos orgânicos.

Sua espessa atmosfera é formada principalmente por nitrogênio e contém também moléculas orgânicas complexas, estrutura que se supõe ser similar à atmosfera terrestre primitiva. Quando da passagem da sonda Cassini ela lançou uma sonda chamada de Huygens e esta pousou na superfície de Titã. A temperatura máxima na superfície de Titã é de -100 graus centígrados. (ver mais sobre Saturno [http://pt.wikipedia.org/wiki/Saturno_\(planeta\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Saturno_(planeta)) e sobre Titã <http://pt.wikipedia.org/wiki/Tit%C3%A3>)

Imagem de Saturno:

<https://www.hipercultura.com/saturno-dados-fatos/>



Historicamente Urano é diferente pois ele foi o primeiro dos planetas a serem descobertos na era moderna, em 1781, pelo astrônomo inglês de origem alemã William Herschel (http://pt.wikipedia.org/wiki/William_Herschel), sua atmosfera é composta basicamente por hidrogênio e hélio,

mas contém também um pouco de metano, possui 27 satélites conhecidos, todos compostos principalmente por gelo. Sua massa é de aproximadamente 8,68.1025k, seu período de rotação é de 17 horas e 14 min, seu período orbital corresponde a 84,01 anos terrestres e possui temperatura média aproximadamente -197 °C.

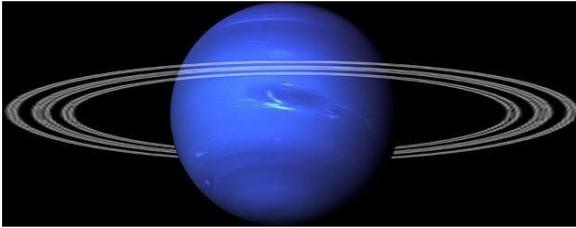
Urano, cujo nome refere-se ao deus grego que personifica o céu, deve possuir um núcleo rochoso similar ao da Terra recoberto por um manto de gelo Assim, ele é diferente de Júpiter e Saturno na estrutura interna. Sua atmosfera é composta basicamente por hidrogênio e hélio, mas contém também um pouco de metano. Possui também faixas atmosféricas, como os demais planetas jovianos.

Urano possui uma anomalia no que tange ao seu eixo de rotação, que está muito próximo do plano orbital, isto é, o seu eixo é praticamente perpendicular ao dos demais planetas. Supõe-se que isso se deva ao efeito de um grande impacto com outro corpo. Como Saturno e Jupiter Urano possui um sistema de anéis, que são observados de frente e não lateralmente como os de Saturno, por exemplo.

Logo após a descoberta de Urano, foi notado que os cálculos matemáticos não reproduziam com exatidão a sua órbita. Foi então sugerido que existiria um outro planeta, cuja influência gravitacional era a responsável pelos desvios de sua órbita. Em 1845, o jovem matemático inglês John C. Adams e pouco depois o astrônomo francês Urbain Le Verrier) previram a existência de Netuno, que foi, então, observado pelo astrônomo alemão Johann G. Galle e H. L. d'Arrest em 1846. O fato de que Netuno não foi descoberto, mas sim previsto, é considerada uma grande vitória da gravitação Newtoniana.

Imagem de Urano:

<https://www.sabedoriaecia.com.br/astrologia/aneis-frio-surreal-e-cheiro-de-ovo-podre-confira-algumas-curiosidades-sobre-urano/>



Netuno é o nome latino de Possêidon, o deus grego dos mares, é formado por rochas e gelo, possui um sistema de anéis e apresenta uma atmosfera espessa. Possui 13 satélites naturais, dentre eles, destaca-se Tritão, e um satélite ativo possuindo vulcões de gelo. Sua massa é 17 vezes maior que a da Terra, seu diâmetro é quatro vezes maior que o da Terra. Ele leva 165 anos terrestre para dar uma volta em torno do Sol e o período de rotação é de aproximadamente 18 horas.

Possui uma estrutura interna muito similar a Urano, sendo formado por rochas e gelo. Aprese

ta uma atmosfera espessa com bandas atmosféricas. Possui 13 satélites e um sistema de anéis. Dentre seus satélites, destaca-se Tritão. É um satélite ativo possuindo vulcões de gelo. Dentre todos os corpos do sistema solar, a atividade vulcânica só está presente na Terra, Vênus, Io e Tritão.

([http://pt.wikipedia.org/wiki/Neptuno_\(planeta\)\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Neptuno_(planeta))))

Imagem de Netuno: <https://www.hipercultura.com/netuno-fatos-e-curiosidades/>

Plutão: Desde sua descoberta, foi o último dos planetas a ser descoberto no Sistema Solar. A partir de 2006, a União Astronômica Internacional definiu novas regras para classificação de planetas, a partir daí, deixou de ser considerado planeta. Pesquisas recentes apontam que ele é bem maior do que se imaginava, possui 2300 km de diâmetro, possui cinco luas (Caronte, Nix, Hidra, Cérbero e Estige). Possui uma atmosfera composta por metano, monóxido de carbono, nitrogênio e outros materiais, além de ter uma grande quantidade de gelo em sua superfície. Nas baixas temperaturas locais (cerca de -248°C), esse gelo apresenta o mesmo comportamento natural de uma rocha aqui da Terra, sendo a base estruturante das montanhas acima descritas.

Asteroides

Apesar do nome de origem grega que significa “similar a estrelas”, os asteróides¹ são mais parecidos aos planetas, apesar de muito menores. Concentram-se, em sua maioria, em um anel entre as órbitas de Marte e Júpiter. Imagine o que aconteceria se um planeta fosse quebrado em milhares de pedacinhos e esses pedacinhos fossem espalhados ao longo de sua

órbita. Um cinturão de asteróides é aproximadamente isso. Porém, os asteróides não devem ser o resultado de um processo destrutivo, mas, sim, um planeta que não deu certo.

O diâmetro dos asteróides pode chegar a centenas de quilômetros. O maior deles, Ceres, tem um diâmetro de 974 quilômetros. Os grandes asteróides são esféricos, mas os menores podem possuir formas irregulares (como a de batatas). A maior parte deles é formada basicamente por rochas (predominância de silicatos). Porém, alguns podem ser metálicos (predominância de ferro).

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Asteroides>

Cometas

O sistema solar não abrange apenas o Sol, os planetas, seus satélites e asteróides. Os cometas pertencem também ao sistema solar e, como os planetas, orbitam em torno do Sol. Porém, suas órbitas não se restringem ao plano do sistema solar, que contém as órbitas dos planetas. As órbitas dos cometas possuem inclinações as mais variadas, com excentricidades bastante altas e raios muito grandes, maiores que os dos planetas mais distantes.

Quanto à sua composição, o núcleo de um cometa é um aglomerado de matéria sólida: grãos de poeira e gelo de materiais orgânicos. Quando um deles se aproxima do Sol, o material de sua superfície sublima², formando uma nuvem de gás e poeira ao seu redor. Essa é a chamada coma. O movimento do cometa, em combinação com a ação do vento solar, forma duas caudas: a de gás e a de poeira.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Cometa>

Meteoros, meteoritos e meteoroides

Meteoro, chamado popularmente de estrela cadente ou estrela fugaz, designa o fenómeno luminoso observado quando da passagem de um meteoróide pela atmosfera terrestre. Pode apresentar várias cores, dependentes da velocidade e da composição do meteoróide, um rasto por vezes persistente, e produzir sons. Meteoros podem estar associados a chuvas de meteoros (ou "chuva de estrelas cadentes" ou simplesmente "chuva de estrelas"), em que os vários rastos parecem provir do mesmo ponto do céu noturno - o radiante - ou surgir como fenómenos isolados, denominando-se neste caso "meteoros esporádicos".

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Meteoro>

Para exemplificar o estudo sobre meteoros, veja um vídeo da série ABC da Astronomia, décimo quarto episódio, disponível tube disponível no link:



<https://www.youtube.com/watch?v=rFazZK9rZxs>



Um meteorito é a denominação dada quando um meteoróide, formado por fragmentos de asteroides ou cometas ou ainda restos de planetas desintegrados, que podem variar de tamanho desde simples poeira a corpos celestes com quilômetros de diâmetro, alcança a superfície da Terra, podendo ser um aerólito (rochoso), siderito (metálico) ou siderólito (metálico-rochoso).

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Meteorito>

Meteoroides são fragmentos de materiais que vagueiam pelo espaço e que, segundo a Organização Internacional de Meteoros, possuem dimensões significativamente menores que um asteroide e significativamente maiores que um átomo ou molécula, distinguindo-os dos asteroides (objetos maiores) e da poeira interestelar (objetos menores, inclusive micrométricos).

Os meteoroides derivam de corpos celestes como cometas e asteroides e podem ter origem em ejeções a de cometas que se encontram em aproximação ao sol, na colisão entre dois asteroides, ou mesmo ser um fragmento de sobra da criação do Sistema Solar. Ao entrar em contato com a atmosfera de um planeta, um meteoróide dá origem a um meteoro.

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Meteoróide>

A Formação do Sistema Solar

O Universo conhecido é basicamente vazio. A matéria visível concentra-se em pequenas regiões. Isto é, o Universo possui uma certa estrutura. Exatamente como o homem não ocupa uniformemente toda a superfície terrestre, a matéria não se distribui igualmente no Universo. A matéria visível tende a se concentrar nas galáxias, como o homem tende a se concentrar nas cidades. A galáxia em que vivemos chama-se Via Láctea. As estrelas que

formam a Via Láctea formam a faixa esbranquiçada, de aparência leitosa, que pode ser vista em noites escuras.

O Sol é apenas uma das dezenas de bilhões de estrelas que existem na Via Láctea. O planeta mais distante encontra-se muito mais perto que a estrela mais próxima. Plutão encontra-se a 4 horas-luz, enquanto a estrela mais próxima está a mais de 4 anos-luz. Este local da nossa galáxia é relativamente pouco movimentado.



Fonte: <https://www.misteriosdouniverso.net/2016/02/como-sabemos-que-via-lactea-e-espisal.html>

Em galáxias do tipo da nossa Via Láctea, que é uma galáxia espiral, existem nuvens de matéria na região de seu disco. Essas nuvens não são como as da nossa atmosfera, que são basicamente compostas por água, mas aglomerados de gás e poeira. As estrelas, de modo geral, e o nosso sistema solar, em particular, tiveram sua origem em uma nuvem desse tipo. Isto é, o Sol nasceu e foi formado em uma dessas nuvens. A composição química dessa nuvem é basicamente a mesma do Sol e do restante do Universo, preponderantemente hidrogênio.

Os elementos mais pesados existem em uma quantidade muito menor. A tendência é que os elementos mais pesados sejam menos abundantes que os elementos mais leves nos corpos celestes - exceção feita a alguns corpos celestes, entre eles a Terra.

O modelo mais aceito atualmente para a formação do sistema solar considera que o sistema solar como um todo (Sol, planetas etc.) surgiu a partir de uma mesma nuvem de gás e poeira: a Nebulosa Solar Primitiva. Em algum momento, essa nuvem começou a se contrair devido à autogravidade. O estopim de um processo desse tipo pode ter sido a explosão de uma estrela chamada supernova. Essa explosão fez com que o equilíbrio gravitacional da nuvem acabasse, e assim começasse a sua contração.

Para exemplificar, veja o vídeo da série ABC da Astronomia, episódio três, disponível no site *youtube* no *link*:

<https://www.youtube.com/watch?v=9xHRzI-PYS8>



Poderíamos dizer que assim foi a concepção do sistema solar. O colapso gravitacional pode ter ocorrido naturalmente, também. Assim, o sistema solar em seu início, há cerca de 4,6 bilhões de anos atrás, era muito diferente do que é hoje. Ele evoluiu, exatamente como os seres vivos evoluem ao longo de sua vida, porém, de maneira completamente diversa. Inicialmente, o Sol não era uma estrela exatamente como é hoje, com fusão de energia em seu interior. Os planetas também não existiam.

Existia apenas uma concentração de massa central e um disco de matéria em torno dela. Enquanto a concentração de massa central evoluía para o que é o nosso Sol atualmente, o disco estruturava em anéis. Eles iriam transformar-se nos planetas. Um dos anéis não deu origem a um planeta, mas continua até hoje como um anel. É o chamado cinturão de asteróides, entre as órbitas de Marte e Júpiter.

Como um anel de matéria em torno do Sol transforma-se em planeta? O gás e poeira presente nesses anéis colidem e formam pequenos aglomerados de matéria, chamados planetesimais. Esses planetesimais, por sua vez, também podem colidir e na colisão pode ocorrer liberação de calor. Esse calor pode ser usado para derreter os planetesimais e assim "grudá-los".

Do colapso inicial da nuvem até o início da condensação dos planetas o intervalo de tempo deve ser da ordem de 10 milhões de anos. Até que o Sol se torne uma estrela transcorrem-se 50 milhões de anos. Para chegar ao estágio final de um sistema planetário deve transcorrer 1 bilhão de anos. O sistema solar deve ter cerca de 5 bilhões de anos de idade. Toda a teoria exposta acima está de acordo com as características gerais do sistema solar. Algumas delas são:

(1) os planetas se encontram aproximadamente em um mesmo plano que é o plano equatorial do Sol;

(2) as órbitas são quase circulares;

(3) grande parte das rotações é prógrada.

A teoria de formação do sistema solar também nos fornece uma explicação para a existência de dois grupos de planetas. Os planetas formaram-se a partir da aglutinação de corpos menores. Nessa época, as temperaturas nas regiões próximas ao Sol (onde se formaram os planetas interiores) eram altas o suficiente para que os elementos mais leves não pudessem estar na forma sólida, e assim não poderiam se aglutinar para formar corpos cada vez maiores. Isto é, apenas materiais pesados poderiam permanecer sólidos e formar os planetesimais. Já para distâncias maiores, mesmo os elementos leves poderiam estar sob forma sólida e, por serem mais abundantes, os planetas gigantes são formados basicamente por esses elementos.

É interessante notar que muito do que sabemos sobre a formação do sistema solar é corroborado pelo que observamos no Universo. Existem regiões onde ocorre atualmente a formação de estrelas, exatamente como aconteceu em nosso sistema solar. Faça uma analogia com os seres humanos. Em uma festa, um dos convivas é um jovem de 20 anos. Porém entre todos os convidados você pode encontrar bebês, crianças, adolescentes, adultos e idosos, todos ao mesmo tempo. Isto é, você pode encontrar pessoas mais jovens e mais velhas que aquele jovem de 20 anos.

Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

- ✓ Objetivos específicos
 - **O corpo humano no espaço**

Para finalizar o conteúdo da aula, inicia-se o estudo do comportamento do corpo humano no espaço, inicialmente, fazendo as seguintes, perguntas:

- Qual a primeira missão para o espaço?
- Que tipo de alimentação os astronautas consomem?
- Quantos dias o homem deve ficar no espaço?
- Os astronautas podem adquirir algum tipo de doença?

Depois de fazer este levantamento sobre os conhecimentos prévios dos alunos, dar-se início ao conteúdo a partir dos textos a seguir:

Conteúdo retirado do site:

https://brasil.elpais.com/brasil/2018/01/10/ciencia/1515596656_020248.html

Os astronautas crescem no espaço em média de dois a cinco centímetros. Isto se deve à ausência de gravidade, que faz com que as vértebras se separem e a coluna se expanda. Mas, ao voltar à Terra, em pouco tempo retomam a sua altura original. “Os discos são como esponjas”, explica o fundador e primeiro diretor do Museu da Ciência de Barcelona (atual CosmoCaixa), Rafael Clemente. Este engenheiro industrial e especialista em divulgação sobre astrofísica afirma que a coluna vertebral não se alonga ilimitadamente. “Tanto faz se você estiver no espaço um mês ou um ano, chegará um momento em que não crescerá mais.”

Desde que os seres humanos chegaram ao espaço, há mais de 50 anos, foram realizados vários estudos médicos para determinar como a saída da Terra afeta o corpo humano. Scott Kelly foi o primeiro norte-americano a passar quase um ano no espaço a bordo da Estação Espacial Internacional. A NASA estudou como a viagem afetou sua saúde comparando-a com a de seu irmão gêmeo, que ficou na Terra.



Fonte: <https://www.megacurioso.com.br/artes-cultura/109527-confira-11-imagens-incriveis-de-astronautas-da-nasa-no-espaco.htm>

Um dos efeitos mais prejudiciais de viajar ao espaço é que se perde muito cálcio. Ali se flutua, e movimentar-se exige muito menos esforço. Enquanto uma pessoa idosa na Terra pode perder 1% de massa óssea por ano, no espaço essa quantidade se volatiliza em um mês. Além disso, dentro da cápsula os astronautas não têm contato com o sol, uma fonte importante de vitamina D. “O que acontece é muito parecido ao que se passa com as pessoas idosas que estão acamadas: sofrem de problemas de osteoporose ou de perda de cálcio”, ressalta Clemente. Para minimizar esse problema, têm um programa de exercícios muito intensos durante todo o dia: passam horas na bicicleta estática ou no simulador de levantamento de pesos.

A falta de gravidade produz também atrofia nos músculos e as extremidades perdem volume. Para evitar isso, segundo afirma Clemente, os russos utilizavam há anos o traje de

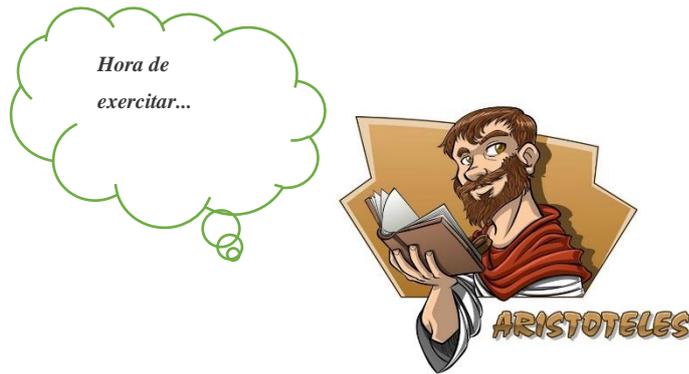
pinguim, formado por calças com tiras elásticas até os pés que os forçavam a fazer esforço com as pernas para mantê-las esticadas. “Quando aterrissam, depois de uma longa viagem, praticamente têm de ser carregados nos braços e em seguida colocados em uma cadeira. Levam dias para voltar a adquirir tônus muscular”, explica.

Dois terços dos astronautas regressam do espaço com miopia, apesar de muitos deles serem pilotos que antes tinham uma visão perfeita. Um estudo apresentado em 2016 na reunião anual da Sociedade Americana de Radiologia (EUA) revela que isto se deve às mudanças no líquido cefalorraquidiano, o fluido do sistema nervoso central, pela falta de gravidade.

Decolar também não é sempre fácil. Há astronautas que apresentam enjoos durante as primeiras horas de viagem. Frank Borman, o comandante da Apollo 8 –primeira missão a ir à Lua– vomitou duas vezes na saída. Depois de 24 horas se recuperou e durante o resto da missão não teve sintomas. Mas para a NASA, “o aspecto mais perigoso de viajar a Marte é a radiação espacial”. Os astronautas no espaço recebem até dez vezes mais radiação que na Terra. A exposição à radiação pode aumentar seu risco de sofrer de câncer, causar doenças degenerativas como catarata ou doenças cardíacas e circulatórias.

Além dos problemas fisiológicos, também pode haver consequências psicológicas. Ter quatro pessoas metidas em uma cápsula durante seis meses pode provocar incompatibilidade entre elas. Por isso, os grupos da expedição são selecionados cuidadosamente levando em conta que possam trabalhar eficazmente em equipe. “Os mal-entendidos podem afetar o rendimento e o sucesso da missão”, explica a NASA em seu site. A isso se deve somar possíveis transtornos do ritmo circadiano, já que, segundo Clemente, “em uma nave orbital você pode ver um nascer e um pôr do sol a cada 90 minutos. Portanto, o ritmo de 24 horas se desmonta”.

Conhecer como reage o corpo humano às condições do espaço é útil para as missões futuras, quando as viagens espaciais forem de meses ou anos. Por exemplo, na superfície de Marte se viveria em aproximadamente um terço da gravidade da Terra. Por isso, a NASA trabalha na preparação de um programa médico para compensar os efeitos contraproducentes da redução da gravidade.



Lista de exercícios

01. O planeta Terra é o _____ do Sistema Solar mais próximo do sol, sendo classificado como um planeta _____. A maior parte de sua superfície é composta por _____ e sua camada externa é muito fina, recebendo a denominação de _____. Essa camada não é contínua, ao contrário do que ocorre em outros planetas, sendo segmentada em várias _____.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas acima.

- a) quarto – rochoso – rochas – atmosfera – placas tectônicas
- b) terceiro – comum – rochas – crosta terrestre – formas de relevo
- c) quarto – joviano – água – atmosfera – camadas de ar
- d) terceiro – rochoso – água – crosta terrestre – placas tectônicas

02. Entre as camadas terrestres abaixo relacionadas, assinale aquela que necessita da combinação harmônica de todas as demais:

- a) hidrosfera b) litosfera c) biosfera d) atmosfera

03. Assinale a alternativa que indica o movimento da Terra que é realizado de forma inclinada e que completa uma volta ao redor do eixo de sua eclíptica.

- a) Precessão b) Rotação c) Translação d) Nutação

04. (UFJF – com adaptações)

Leia o fragmento de texto a seguir:

Tais mudanças nas partes superficiais do globo pareciam, para mim, improváveis de acontecer se a Terra fosse sólida até o centro. Desse modo, imaginei que as partes internas poderiam ser um fluido mais denso e de densidade específica maior que qualquer outro sólido que conhecemos, que assim poderia nadar no ou sobre aquele fluido. Desse modo, a superfície da Terra seria uma casca capaz de ser quebrada e desordenada pelos movimentos violentos do fluido sobre o qual repousa.

(Benjamin Franklin, 1782, em uma carta para o geólogo francês Abbé J. L. Giraud-Soulavie in PRESS, Frank et al. Para entender a Terra. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006).

Sobre a estrutura interna da Terra, pode-se AFIRMAR que:

- a) a crosta é uma camada única constituída de uma placa tectônica, dividida em duas seções.
- b) a litosfera é a camada mais densa e mantém-se em movimento devido às correntes convectivas.
- c) as camadas da Terra são separadas umas das outras por áreas denominadas descontinuidades.
- d) ela é formada por camadas alternadas, de densidades semelhantes, que diminuem da superfície para o centro.

05. O nosso sistema solar é constituído por planetas classificados como internos ou externos. Os internos apresentam composição sólida, graças à presença de rochas e minerais em suas estruturas. Os externos apresentam consistência gasosa, por conterem hélio e hidrogênio, e gelo. Assinale a única alternativa em que todos os astros citados estão corretamente classificados, hoje, pelos cientistas astronômicos.

- a) Internos: Mercúrio, Vênus, Saturno e Terra. Externos: Marte, Saturno, Urano, Netuno.
- b) Internos: Mercúrio, Netuno, Terra e Marte. Externos: Júpiter, Saturno, Urano e Vênus.
- c) Internos: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Externo: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- d) Internos: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Externos: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- e) Internos: Mercúrio, Vênus, Terra e Saturno. Externos: Júpiter, Marte, Urano e Netuno.

06. Assinale a opção INCORRETA em reação ao conjunto de astros que formam o Sistema Solar:

- a) Os Planetas não têm luz própria. Exemplo de planetas: Terra, Júpiter, Saturno e Marte.
- b) Os Planetas giram em torno do Sol. Exemplo de planetas: Mercúrio, Vênus, Terra e Urano.
- c) As Estrelas possuem luz própria e iluminam os planetas e satélites.
- d) Os Satélites possuem luz própria e giram ao redor do Sol. Exemplo de satélite natural: Lua.

07. Em relação ao Universo assinale a opção CORRETA:

- a) O espaço que envolve o mundo em que vivemos e é ocupado por bilhões de astros, é o Espaço Geográfico.
- b) Nem todos os astros do Universo se movimentam.
- c) Durante o dia e durante a noite percebemos no Céu uma porção de pontinhos luminosos.
- d) O imenso conjunto de astros e galáxias chamamos de Universo.

08. Assinale a opção CORRETA em reação ao conjunto de astros que formam o Sistema Solar:

- a) Os Planetas têm luz própria.
- b) Os Planetas giram em torno dos satélites.
- c) As Estrelas possuem luz própria.
- d) Os Satélites giram ao redor do Sol.

09. Assinale a alternativa que indica apenas os planetas rochosos do sistema solar:

- a) Terra, Vênus, Urano e Netuno.
- b) Marte, Terra, Saturno e Mercúrio.
- c) Vênus, Marte, Plutão e Urano.
- d) Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.
- e) Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

10. Em relação ao Universo assinale a opção INCORRETA:

- a) O espaço que envolve o mundo em que vivemos e é ocupado por bilhões de astros, é o Espaço Geográfico.
- b) O imenso conjunto de astros e galáxias chamamos de Universo.
- c) O Espaço Cósmico equivale ao Universo.
- d) O Espaço Sideral equivale ao Universo.

AULA 10

Finalizando o primeiro período da Eletiva, deve-se aplicar a Avaliação Parcial dois (AP2).

Avaliação Parcial 2

01. (PUC RS/1999) Considere o texto e afirmativas sobre equinócio.

“No dia 22 de setembro de 1998, às 2 horas e 37 minutos, iniciou um dos equinócios em Porto Alegre.”

I. O referido equinócio estabelece o início da primavera, que antecede o verão.

II. Todos os equinócios acontecem entre os solstícios.

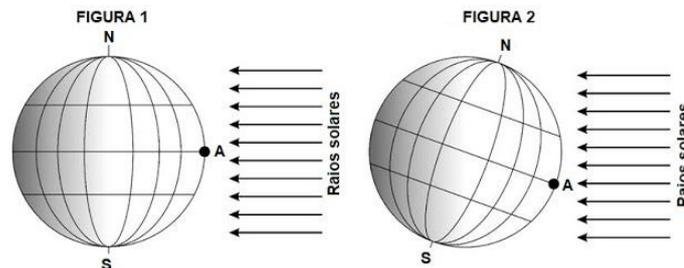
III. O referido equinócio estabelece o início da primavera em todos os países do mundo.

IV. A inclinação do eixo da Terra, em torno de 50° , e seu movimento de rotação, são responsáveis pelo equinócio.

A análise das afirmativas permite concluir que está correta a alternativa:

- a) I e II
- b) I e IV
- c) I e III
- d) III e IV
- e) II e III

02. (UFG) Observe as figuras a seguir:

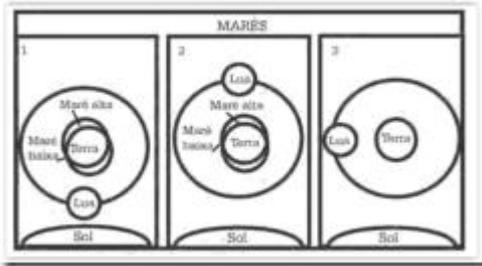


Os ângulos de incidência dos raios solares sobre a superfície da Terra, demonstrados nas figuras, apresentam duas situações distintas, que caracterizam os solstícios e os equinócios. Em ambas as figuras, o ponto A representa uma cidade sobre a linha do equador, ao meio-dia. A Figura 2 mostra a incidência do sol três meses após a situação ilustrada na Figura 1. A Figura 1 representa o:

- a) equinócio de primavera no hemisfério sul, quando a incidência dos raios solares é oblíqua à superfície da Terra em A.
- b) equinócio de primavera no hemisfério sul, quando a incidência dos raios solares é perpendicular à superfície da Terra em A.
- c) equinócio de outono no hemisfério sul, quando a incidência dos raios solares é perpendicular à superfície da Terra em A.
- d) solstício de verão no hemisfério norte, quando a incidência dos raios solares é oblíqua à superfície da Terra em A.
- e) solstício de inverno no hemisfério sul, quando a incidência dos raios solares é oblíqua à superfície da Terra em A.

03. (UFPE). Movimentos da Terra e da lua:

Observe as proposições, tomando por referências a figura a seguir:

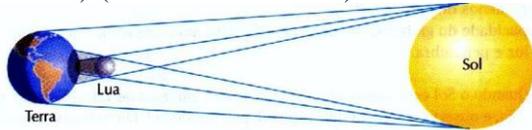


- I. As marés são movimentos oscilatórios e superficiais dos oceanos, que têm como causa a atuação dos ventos.
- II. No quadro 1, a Lua se encontra na posição de Conjunção, que corresponde à fase de Lua Nova.
- III. Nos quadros 1 e 2, os astros Sol, Terra e Lua estão alinhados, o que vai corresponder às marés de “águas-vivas” ou “de sizígia”.
- IV. Quando a Lua se posiciona em quadratura, quadro 3, não haverá possibilidade da ocorrência de qualquer tipo de eclipse.
- V. A posição da Lua no quadro 2 corresponde à fase de Quarto Minguante.

Estão corretas:

- a) I, II e III.
- b) II, III e IV.
- c) III, IV e V.
- d) I e V.
- e) II, IV e V.

04. 18) (U.E. Londrina-PR) Durante um eclipse solar, um observador,



- a) no cone de sombra, vê um eclipse parcial.
- b) na região plenamente iluminada, não vê o eclipse solar.
- c) na região plenamente iluminada, vê a Lua eclipsada.
- d) na região da sombra própria da Terra, vê somente a Lua.

05. (UFRG adaptado-MODELO ENEM) Com relação ao Sistema Solar, alguns de seus componentes, características e fenômenos, assinale (V) para as alternativas verdadeira e (F) para as falsas.

- () O Sol apresenta manchas constituídas de uma região escura (umbra) rodeada por uma região mais clara (penumbra), que estão relacionadas ao seu campo magnético e se movimentam pela sua superfície.
- () Um eclipse lunar só ocorre durante a fase de Lua Nova quando a face iluminada (dia) do nosso satélite natural fica voltada para o Sol e a face escura (noite) para a Terra.
- () Um décimo planeta, denominado Éris, foi descoberto no Sistema Solar, ficando a sua órbita além da órbita do planeta Plutão. Continuam, porém, as discussões entre os cientistas quanto à classificação como planeta ou não, tanto de Plutão como do novo astro descoberto, em razão do tamanho e provável origem deles.
- () O planeta Júpiter, que é o maior do Sistema Solar, possui massa maior do que a de todos os demais planetas juntos e teve quatro de seus satélites descobertos por Galileu Galilei, por isso denominados de satélites galileanos.

() O planeta Marte possui uma superfície com crateras, mas não tão agrupadas como as da Lua ou de Mercúrio em virtude do desgaste pela erosão de fortes ventos. Há também, na sua superfície, sinais de erosão provocada, possivelmente, por antigas correntes de água.

06. (UEPG-2000) Com relação aos astros que compõem o Sistema Solar, as posições que eles ocupam, seus movimentos e as leis que regem esses movimentos, assinale (V) para as alternativas verdadeira e (F) para as falsas.

() Os planetas do Sistema Solar se agrupam em duas classes, a dos terrestres ou telúricos, de pequenas dimensões e elevada densidade (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte e talvez Plutão), e a dos gigantes ou jupiterianos, de grandes diâmetros e baixa densidade (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno).

() A lei das órbitas, que foi deduzida por Johannes Kepler, tem como enunciado: "Os planetas descrevem elipses das quais o Sol ocupa um dos focos".

() Os antigos caldeus descobriram que a cada 18 anos e 11 dias os eclipses do Sol e da Lua se reproduzem de modo muito idêntico. Esse período é conhecido como período de recorrência dos eclipses ou período de Saros.

() Marte, o planeta vermelho, um dos poucos planetas do Sistema Solar que não possuem satélites, tem o movimento de rotação no sentido retrógrado.

() A camada do Sol denominada cromosfera constitui o limite do disco solar visível em luz branca em que surgem as manchas solares.

07. "Editoras de livros didáticos, preparem-se: Plutão não é mais o nono planeta do Sistema Solar. Cerca de 2.500 astrônomos convocados pela União Astronômica Internacional (IAU) foram a Praga, na República Tcheca, e decidiram, no voto, rebaixar o astro descoberto em 1930 pelo americano Clyde Tombaugh. Com a decisão, o Sol fica com uma família de oito planetas – Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Rebaixado à "segunda divisão", Plutão agora será denominado um "planeta anão", categoria recém-criada que também irá abraçar todos os objetos aproximadamente esféricos além da órbita netuniana."

(G1, 24/08/2006. Disponível em: g1.globo.com).

Entre os motivos que levaram o rebaixamento de Plutão a um planeta anão, podemos assinalar corretamente:

- a) Possui tamanho reduzido.
- b) A sua órbita não é totalmente autônoma.
- c) O seu formato é indefinido.
- d) Não realiza o movimento de rotação.
- e) Não possui atmosfera.

08. A respeito das chamadas estrelas cadentes, marque a alternativa correta:

- a) As estrelas cadentes são, na verdade, meteoritos que, ao entrarem na atmosfera terrestre, tornam-se incandescentes em razão do atrito com o ar.
- b) As estrelas cadentes resultam de fragmentos de asteroides ou restos de cometas que, ao entrarem na atmosfera terrestre, tornam-se incandescentes por conta do atrito com o ar.
- c) Em uma fase do processo de morte de uma estrela, fragmentos (estrelas cadentes) originam-se a partir das explosões estelares e viajam pelo espaço em uma altíssima velocidade.
- d) As estrelas cadentes são, na verdade, meteoros que, ao entrarem na atmosfera terrestre, tornam-se incandescentes por conta das reações químicas entre os elementos do meteoro e os elementos do ar.

09. Seis Ônibus Espaciais foram construídos. O primeiro foi o Ônibus Espacial *Enterprise*, mas ele não chegou a ir ao espaço. Ele foi usado para exercícios de treinamento. O primeiro Ônibus

Espacial a orbitar a Terra foi chamado *Columbia*. Um dos Ônibus Espaciais, o *Challenger*, explodiu a caminho de entrar em órbita em 1986.

O Ônibus Espacial é um veículo que decola como um foguete, orbita a Terra como uma espaçonave, e aterriza como um _____.

a) Paraquedas

b) Foguete

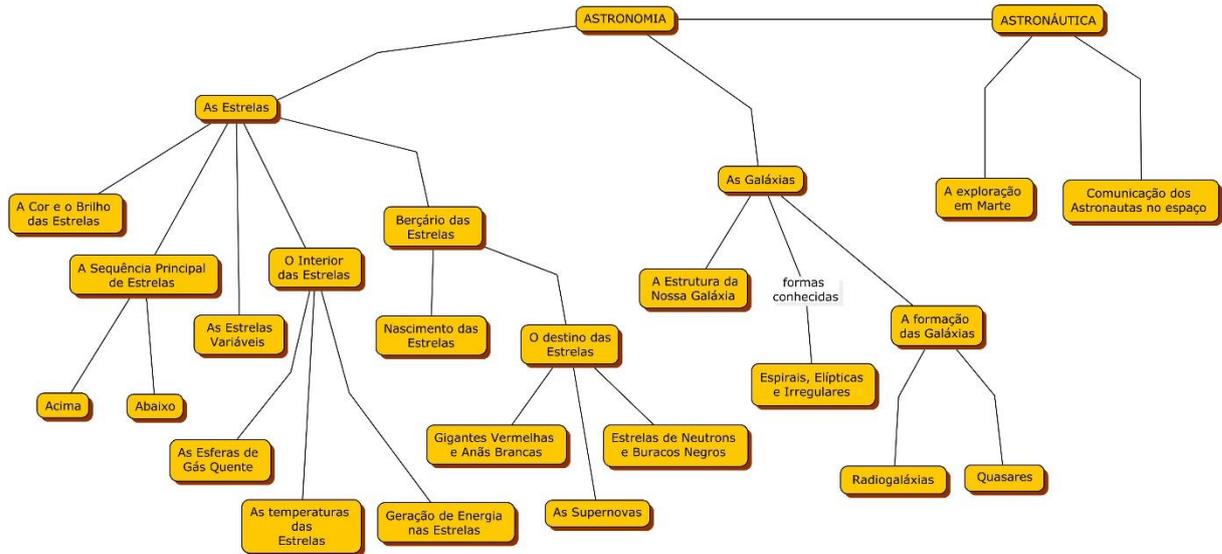
c) Avião

d) Helicóptero

10. O astronauta americano Scott Kelly, passou quase um ano na Estação Espacial Internacional (EEI), diz sentir fortes dores pelo corpo. Sente tanta dor nos músculos e articulações que mal consegue dizer onde dói. "Estou surpreso pela diferença entre como me sinto agora, fisicamente, em comparação com a primeira missão em que estive", diz em entrevista poucos dias após voltar à Terra. Kelly passou quase um ano na Estação Espacial Internacional com o cosmonauta russo Mikhail Kornienko. Na outra missão, Kelly ficou no espaço por 159 dias.

Cite, quais os motivos o astronauta senti essas dores a após voltara a Terra de pois de um ano.

Mapa Conceitual da Sequência Didática IV



Fonte: o próprio autor

AULA 11

- ✓ Objetos do conhecimento
- ✓ **AS ESTRELAS**
- ✓ Objetivos específicos
 - A Cor e o Brilho das Estrelas;
 - A Sequência Principal de Estrelas;
 - As Estrelas Variáveis;
 - As Estrelas de Gás Quente;
 - O interior das Estrelas;
 - As temperaturas das Estrelas;
 - Classificação das Estrelas

Inicia-se o segundo período, e as atividades do módulo II das atividades da Eletiva. E o assunto da aula é sobre as Estrelas. Antes de abordar o conteúdo específico da aula, deve-se fazer o levantamento sobre o conhecimento que os alunos possuem sobre o tema, fazemos as seguintes perguntas:

- Para que servem as estrelas?
- De onde surgem as estrelas?
- Onde as estrelas estão localizadas?
- De que é feito as estrelas?
- As estrelas existem para sempre?

Depois da discussão, inicia-se o assunto da aula a partir dos textos, imagens e vídeos a seguir:

Em uma noite sem Lua e longe das luzes das cidades, quando olhamos para o céu a primeira coisa que notamos é o brilho das estrelas. Um ou outro planeta também está lá, mas elas é que nos chamam a atenção de início. A olho nu, percebe-se alguns aspectos:

- ✓ Nota-se que são fontes de luz mais fracas que o Sol;
- ✓ As cores são aparentemente variáveis, desde um branco azulado na maioria, até um amarelo avermelhado, um pouco mais raro;
- ✓ A maioria das estrelas se agrupam em sua grande maioria em pequenas famílias de dois, três ou mais membros.



Fonte: <http://www.asmaravilhasdoceuestrelado.com.br/2013/11/o-que-sao-as-estrelas.html>

Para exemplificar o conteúdo sobre as estrelas, vimos o vídeo do sexto episódio da série ABC da Astronomia disponível site *youtube* a partir do *link*:



<https://www.youtube.com/watch?v=oAVsZrKt4Tw>



Quase metade das estrelas faz parte de sistemas de duas estrelas (duplos), chamados estrelas binárias. A maioria destas estrelas duplas, embora vivam juntas, distam entre si várias unidades astronômicas, movendo-se uma em torno da outra com períodos de vários anos. Existem, no entanto, estrelas binárias cuja separação é muito menor e que se movimentam com períodos de apenas algumas horas!

Estas estrelas estão tão próximas uma da outra que são capazes de trocar entre si seu material envoltório. Muitas vezes esta troca ocorre de maneira um pouco violenta, e então podem acontecer explosões locais que expulsam a matéria para longe do sistema. Em outros sistemas binários, onde acontece que uma das componentes seja uma estrela muito compacta e densa, o material da companheira flui mais calmamente, formando um disco luminoso em torno da estrela compacta.

A distância média que separa estrelas vizinhas (ignorando os sistemas binários) é de cerca de 4 anos-luz. Esta distância equivale a 253.000 unidades astronômicas ou a 27 milhões de vezes o diâmetro do Sol: o espaço entre as estrelas é imenso, comparado com o tamanho das estrelas, ou mesmo do Sistema Solar.

Para exemplificar o que são Unidades Astronômicas (UA) e Anos-Luz vimos o vídeo do segundo episódio da série ABC da Astronomia disponível site *youtube* a partir do link:

 https://www.youtube.com/watch?v=X08LxSz_Ecw&list=PL786495B96AB0CC3C&index=2



A Cor e o Brilho das Estrelas

A cor de uma estrela é determinada pela temperatura em que se encontra a sua superfície, enquanto o seu brilho é determinado pela quantidade de luz que ela irradia por segundo, através de toda a sua superfície. Assim como o Sol, as estrelas são bolas de gás muito quente (plasma) que emitem suas radiações para o espaço. Há duas propriedades das estrelas que são de interesse imediato: a sua cor e o seu brilho.

A seguir tem-se o diagrama cor versus brilho das estrelas, onde cada ponto indica o brilho e a cor de uma determinada estrela. Um diagrama deste tipo é conhecido como diagrama de Hertzsprung-Russell ou diagrama H-R.

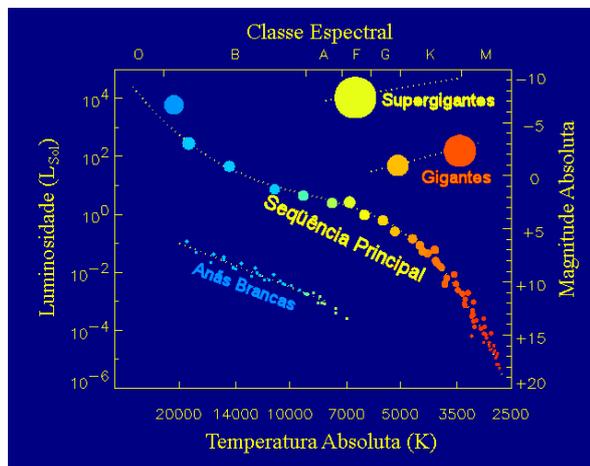
O Sol tem uma cor intermediária amarelo-claro. A sua temperatura na superfície é de cerca de 5.800 K (Kelvin). Uma grande maioria das estrelas é parecida com o Sol, com cores e tamanhos comparáveis.

Outras estrelas são bem maiores e vermelhas: são as estrelas gigantes vermelhas, cuja temperatura na superfície é da ordem de 3.000 K.

Há ainda estrelas de cor branca e tamanho muito pequeno, quase tão pequenas quanto a Terra: são as estrelas anãs brancas, que tem temperaturas superficiais da ordem de 10.000 K.

O brilho de uma estrela é a taxa com que a sua energia luminosa é emitida. Ele depende somente da sua temperatura superficial e da área total de sua superfície.

No diagrama H-R da figura abaixo está desenhado também as linhas tracejadas que indicam os lugares onde devem cair as estrelas de tamanhos semelhantes medidos com relação ao raio do Sol, simbolizado por R! ($R! = 696.000$ km), é fácil ver quão correto foi batizar de Supergigante uma estrela como Betelgeuse.



Fonte: http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_diahr.htm

O diagrama H-R acima, que mostra como as estrelas se distribuem conforme sua cor (temperatura) e brilho (luminosidade).

As linhas tracejadas indicam como se posicionam as estrelas de mesmo tamanho físico (i. é, mesmo raio). as estrelas “anãs” situam-se nas regiões inferiores do gráfico e as “gigantes” nas regiões superiores. algumas estrelas conhecidas foram destacadas com símbolos indicando o seu tamanho relativo.

A luminosidade de uma estrela é a potência que ela é capaz de gerar no seu interior, em geral através de reações nucleares de fusão.

A luminosidade do Sol é $3,8 \times 10^{26}$ Watts, valor que simbolizamos por L.

Para as outras estrelas, prefere-se medir suas luminosidades usando como referência à luminosidade do Sol:

A estrela Betelgeuse, por exemplo, tem luminosidade de 104 L, quer dizer, ela é 10 000 vezes mais luminosa que o Sol.

No diagrama H-R, o brilho das estrelas está expresso em termos da sua luminosidade, enquanto a cor está em termos da sua temperatura superficial.

Quanto mais quente for um objeto, mais azul será a radiação por ele emitida. Esta lei da física foi estabelecida em 1898 por Wilhem Wien. Podemos vê-la em funcionamento, observando a cor da chama de um fogão de cozinha: uma chama bem azulada indica uma chama quente, enquanto uma chama mais avermelhada indica uma chama mais fria.

A temperatura da superfície do Sol portanto é $5\,527\text{ }^{\circ}\text{C}$. As estrelas jovens de massas muito maiores que o Sol, são sempre quentes; estão situadas na parte superior do ramo da sequência principal do diagrama HR.

Os astrônomos classificam as estrelas mais quentes como tipo O, em seguida vem as do tipo B. Na sequência de temperaturas temos os tipos A, F, G, K e M. O Sol, pela sua temperatura, é uma estrela tipo G.

Confira isto na figura do diagrama HR apresentada antes. Como veremos mais adiante, as estrelas mais quentes (e, portanto, mais azuis) são, em geral, também mais massivas.

Por conseguinte, a classe espectral está correlacionada não apenas à temperatura, mas também à massa das estrelas, assim como a seu raio e luminosidade. Para as estrelas "normais" chamadas também de estrelas da sequência principal, a seguinte tabela sumariza suas propriedades:

Tabela: características das estrelas

| Tipo | Raio | Massa | Temperatura | Luminosidade (Sol = 1) |
|------|------|-------|-------------|------------------------|
| O | | 60 | 50.000 | 1.400.000 |
| B | | 18 | 28.000 | 20.000 |
| A | | 3,2 | 10.000 | 80 |
| F | | 1,7 | 7.400 | 6 |
| G | | 1,1 | 6.000 | 1.2 |
| K | | 0,8 | 4.900 | 0,4 |
| M | | 0,3 | 3.000 | 0.04 |

Fonte: o próprio autor

A Sequência Principal de Estrelas

A maioria das estrelas, incluindo o nosso Sol, ficam numa faixa que corre mais ou menos diagonalmente pelo diagrama. Esta faixa é denominada Sequência Principal, e as estrelas que aí se localizam são chamadas de estrelas da Sequência Principal. Aqui, as estrelas mais

vermelhas - mais frias superficialmente – são as menos luminosas, enquanto as estrelas mais azuis - mais quentes - são as mais luminosas. As massas das estrelas podem variar bastante.

Na sequência principal, as estrelas que têm maior massa são as mais brilhantes e, portanto, mais azuis e mais quentes superficialmente. Ao contrário, as estrelas de menor massa são as menos brilhantes e, portanto, mais vermelhas e mais frias. Uma fração considerável de estrelas tem massas entre 0,1 vezes a 10 vezes a massa do Sol (simbolizado por M_S - $M_S = 2 \times 10^{33}$ quilogramas.), mas a maior parte tem massas da ordem de 0,8 M_S , ou pouco.

Em uma escala de massa menor que esta, estão: as anãs-vermelhas, muitas vezes encontradas como companheiras “invisíveis” (como brilham pouco são difíceis de notar) de estrelas normais.

Mas existem também algumas estrelas cujas massas podem chegar até a 60 M_S . Estas estrelas são 10 milhões de vezes mais brilhantes que o Sol: se, por exemplo, Alfa do Centauro fosse uma delas, brilharia no nosso céu tanto quanto a Lua cheia!

As estrelas da sequência principal também nunca são muito grandes: os seus raios variam de 0,001 até 25 vezes o raio do Sol, no caso das estrelas mais brilhantes. Todas as estrelas da sequência principal produzem a energia que irradiam através de reações nucleares muito semelhantes àquelas que ocorrem durante a explosão de uma bomba-H: convertendo núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio.

Cerca de 80% da massa destas estrelas está na forma de hidrogênio, de modo que fica claro que elas têm combustível para passar muito tempo na sequência principal. As de maior massa, porque são mais brilhantes, devem passar um tempo menor: como sua luminosidade é desproporcionalmente maior, elas devem “queimar” seu hidrogênio mais rapidamente que as estrelas com massa menor.

Quando o “combustível” hidrogênio começa a faltar no centro das estrelas da sequência principal, elas começam a sair da sequência principal. O seu destino então será o de se expandirem e se transformarem em estrelas gigantes vermelhas. A massa de uma estrela vai determinar como vai ser sua existência futura.

Acima da Sequência Principal

No diagrama H-R, acima da sequência principal, encontramos as estrelas gigantes vermelhas. Estas estrelas são esferas gigantes de gás – algumas vezes chegam a ser bem maiores que a órbita da Terra em torno do Sol - frias e luminosas. Embora a sua temperatura superficial seja baixa, as suas áreas superficiais são tão grandes que fazem com que elas tenham altíssimas luminosidades, de centenas a milhares de vezes superior à do Sol.

As gigantes vermelhas são estrelas que já esgotaram boa parte de suas reservas de hidrogênio: como, então, podem emitir tanta energia para serem assim luminosas? Estas estrelas deixaram a sequência principal e agora as suas regiões centrais estão se contraindo, pela ação do próprio peso, o que acaba por fazer a ignição de alguma fonte alternativa de energia nuclear. Nesta contração, uma parte da energia potencial gravitacional contida na estrela é liberada. É esta energia que provê a sua luminosidade. Mas isto somente por curtos períodos, até que outros “combustíveis” nucleares possam entrar em “ignição”. Em breve vamos voltar a ver estas questões com maiores detalhes.

Abaixo da Sequência Principal

Abaixo da sequência principal encontram-se as estrelas anãs-brancas. Estas estrelas têm aproximadamente o tamanho da Terra, embora sua massa seja da ordem da massa do Sol. São, portanto, estrelas muito densas. Como elas são pequenas, embora tenham altas temperaturas superficiais, não são muito luminosas.

As anãs-brancas são o último estágio da evolução de muitas estrelas. Nesta fase a sua luminosidade é unicamente devida à energia térmica, ou seja, calor, ainda disponível: a estrela se esfria lentamente. Mais de 10% das estrelas na nossa vizinhança são anãs-brancas, mas elas são muito difíceis de serem vistas, dada a sua fraca luminosidade. Nem todas as estrelas, no entanto, terminam suas carreiras como anãs-brancas. Algumas tornam-se estrelas de nêutrons, e outras ainda se transformam em buracos negros.

As Estrelas Variáveis

A maioria das estrelas tem brilho praticamente constante no tempo. Ocorrem sempre pequenas variações, erráticas, em geral imperceptíveis a olho nu. Isto sem contar, é claro, com a lenta – lentíssima - variação de brilho devido ao fato que as estrelas evoluem, mudando lentamente de posição no diagrama H-R. Mas isto só seria notável em escalas de tempo de 10.000 ou 100.000 anos. Entretanto, em certas fases da vida estelar a evolução pode ser muito mais rápida e então as variações de brilhos podem vir a ser mesmo espetaculares.

Existe também uma minoria de estrelas cujo brilho varia periodicamente, aumentando e diminuindo em escalas de meses, dias ou mesmo em escala de horas. Estas estrelas são chamadas de estrelas variáveis. Na verdade, mais de 25% de todas as estrelas variáveis não têm de fato o seu brilho variável: são na realidade sistemas binários eclipsantes, nos quais a aparente variação do brilho se deve ao fato de uma das estrelas componentes eclipsar a outra, ao passar pela sua frente, em relação ao nosso ponto de vista.

As estrelas variáveis (aquelas que de fato variam seu brilho) o fazem por periodicamente se expandirem e se contraírem, pulsando tanto em brilho como em tamanho. Por isso são também denominadas estrelas pulsantes.

As Estrelas de Gás Quente

As estrelas são enormes bolas de gás muito quente e de radiação eletromagnética, que irradiam energia no espaço interestelar. Esta energia, que é emitida na superfície da estrela, é produzida no seu interior mais profundo, sendo lentamente difundida por toda a estrela até escapar pela sua superfície. Todos nós sabemos que o calor, isto é, a energia térmica, sempre flui das regiões quentes para as regiões frias. Isto implica que o centro da estrela deve ser muito mais quente que a sua superfície. Na verdade, a temperatura central das estrelas é estupidamente grande.

Podemos dizer também que as estrelas são bolas de gás quente auto-gravitantes:

Este termo significa que a estrela é mantida coesa por causa da ação das forças gravitacionais geradas por ela própria, isto é, por sua própria massa.

As temperaturas das Estrelas

A densidade média de massa do Sol é cerca de $1,4 \text{ g/cm}^3$, isto é, 1,4 vezes a densidade da água. No entanto, a densidade no centro do Sol é mais de 100 vezes maior, aproximadamente 150 g/cm^3 . Não existe nada parecido no mundo das substâncias sólidas ou líquidas: nenhum sólido ou líquido pode existir a estas densidades, suportando as enormes pressões que prevaleceriam. Na verdade, a única forma de matéria possível no Sol é a forma gasosa, a temperaturas extremamente altas.

A pressão de um gás é proporcional ao produto da sua temperatura pela sua densidade. Resulta, então, que para termos altas pressões necessitamos altas temperaturas. Esta é a razão das altas temperaturas no interior das estrelas: a necessidade de grandes pressões que equilibrem a força de gravidade produzida pela enorme quantidade de massa que as estrelas contêm. Um gás a temperaturas de milhões de graus não se parece em nada com aqueles que estamos familiarizados

Os átomos se movem a altíssimas velocidades, centenas de quilômetros por segundo. Quando eles colidem uns com os outros – e isto acontece com frequência nestes meios tão densos – a interação é tão violenta que todos os elétrons são arrancados e os átomos tornam-se completamente ionizados. O gás então consiste, de fato, de núcleos atômicos e elétrons

movendo-se independentemente. A radiação que é produzida neste gás quente e denso é constituída de raios-X intensos, e não daquela radiação luminosa que escapa da superfície relativamente fria da estrela. No entanto, cada fóton de raios X do interior estelar viaja em média somente cerca de 0,0001 cm, antes de ser capturado ou desviado por algum núcleo ou elétron do gás. Este mecanismo explica por que as estrelas, ao contrário dos planetas, são intrinsecamente luminosas.



Para finalizar a aula, deve-se realizar uma atividade no Laboratório de Informática com *software stellarium*. Em seguida responder as questões a seguir:



Fonte: <https://stellarium-web.org/>

1. A que horas o Sol culmina, se põe e fica acima do horizonte?
2. Quais planetas são visíveis pela noite? Quais as suas magnitudes e quais seriam visíveis a olho nu? Descreva como se movimentam e suas declinações médias.
3. Qual é a fase da lua que é mostrada? Para que lado se deduz que o Sol está?
Quais as próximas fases da lua?
4. Que tipo de movimento as estrelas fazem ao longo do dia/noite? Por que enxergamos esse tipo de movimento?
5. Quais são as estrelas mais brilhantes de dia/noite? A quais constelações pertencem?

Fonte:

http://www.if.ufrgs.br/fis02001/fis2004/trabalhos_082/Stellarium_Leonardo.pdf

Conteúdo extraído do site:

Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Imagem Geosistemas
São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

AULA 12

- ✓ Objetos do conhecimento

AS ESTRELA

- ✓ Objetivos específicos
 - A Geração de Energia nas Estrelas;
 - As Nuvens Interestelares: berçário das estrelas;
 - O nascimento das Estrelas;
 - Evolução das Estrelas;
 - O Destino das Estrelas

Nesta aula, continua o conteúdo sobre as Estrelas, onde será abordado sua energia, como elas nascem, sua evolução e o destino final. Para iniciar a discussão, é importante que se faça o levantamento do conhecimento prévio dos alunos, com os seguintes questionamentos:

- De onde surgem as Estrelas?
- Como elas nascem?
- De onde vem sua energia?
- A que distância elas estão de nós?
- Qual o destino das Estrelas?

Em seguida, são abordados os conteúdos de acordo com os textos, imagens e vídeos a seguir:

A Geração de Energia nas Estrelas

As estrelas são imensos reatores atômicos, logo geram energia nuclear. A luz do Sol que nos alimenta é produzida no interior profundo do Sol. Para entender isto vamos precisar nos deter um pouco e examinar como a energia nuclear é gerada nas estrelas.

Por volta de 1920, o astrônomo inglês Sir Arthur Stanley Eddington (1882 – 1944), estudou teoricamente a hipótese da contração em estrelas variáveis Cefeidas, e comprovou que a contração gravitacional não produz energia durável por bilhões de anos, portanto não pode ser a principal fonte de energia do Sol e das outras estrelas.

Descartando a hipótese da gravidade, Eddington tinha que propor uma nova teoria. Em 1920 a equação de Einstein $E = m.c^2$, que implica que a massa pode ser convertida em energia, já era conhecida. Um grama de matéria totalmente convertida em energia produz 90 trilhões de joules (1 watt = 1 joule/s e 1 caloria = 4,18 joules). Eddington propôs a existência de uma “energia subatômica”, mas nessa época as únicas partículas subatômicas conhecidas

eram o próton e o elétron (nêutron só seria descoberto em 1932), de forma que essa proposta envolvia muita especulação.

Eddington já era famoso por ter organizado as expedições de 1919 para confirmar a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein (1879-1955), confirmando que a luz se desvia perto da borda do Sol, através da observação do desvio durante um eclipse, e teve um papel fundamental no estudo das estrelas. Ele propôs que a astrofísica permitia explorar o interior das estrelas, já que as propriedades da superfície eram consequências da estrutura interna. Foi ele quem explicou como as estrelas se mantêm estáveis: uma intensa fonte de energia no núcleo da estrela gera a pressão que contrabalança a força para dentro da estrela, a gravidade, estabilizando a estrela por muitos bilhões de anos. Mas ele não conseguiu mostrar qual é essa fonte de energia.

Em março de 1938, uma conferência foi organizada pela Carnegie Institution, de Washington, para unir astrônomos e físicos. Um dos participantes foi o imigrante alemão Hans Albrecht Bethe. Logo após a conferência, Bethe desenvolveu a teoria de como a fusão nuclear podia produzir a energia que faz as estrelas brilharem. Esta teoria foi publicada em seu artigo *A Produção de Energia nas Estrelas*, de 1939, e que lhe valeu o prêmio Nobel em 1967.

O processo de fusão nuclear, chamado ciclo próton-próton, e é o processo principal de geração de energia em estrelas como o Sol, que tem temperatura nuclear de 15 milhões de kelvins. Para estrelas com temperatura nucleares acima de 20 milhões de kelvins, a energia nuclear também é produzida pela fusão de 4 prótons para formar um núcleo de hélio, mas o processo pelo qual isso ocorre é diferente, envolvendo o carbono, por isso é chamado de ciclo do carbono.

Conteúdo retirado do site:

https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/aula2/aula2i.pdf

As Nuvens Interestelares: berçário das estrelas

A grande maioria das estrelas da nossa galáxia foi formada há muito tempo, em termos da escala de vida humana. Apesar disso muitas estrelas são ainda jovens e novas estrelas também estão se formando, como podemos observar na nebulosa de Orion, por exemplo. As novas estrelas nascem nas grandes nuvens de gás e poeira - nuvens escuras - que se espalham pelo meio interestelar. Estas nuvens são formadas por mais de 80% de Hidrogênio (na forma molecular, H₂), uns 18% de Hélio e umas “pitadinhas” - 1% a 2% - de elementos mais pesados, que aparecem na forma de poeira.

Berçário de Estrelas



Fonte: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/02/telescopio-faz-imagem-de-bercario-de-estrelas-8-mil-anos-luz-da-terra.html>

Estas nuvens, também chamadas nuvens moleculares, são imensas: várias centenas de pares, chegando a mil anos-luz. Elas contêm grande quantidade de massa, de centenas a milhares de vezes a massa do Sol. Observa-se que algo como 10% de toda a massa da nossa Galáxia está na forma de nuvens moleculares: uma massa equivalente a 10 bilhões de sóis. Se todas elas fossem convertidas em estrelas, a nossa Galáxia seria provavelmente uma das mais brilhantes (e nós, na Terra, morreríamos torrados com a imensa radiação proveniente das estrelas...).

Felizmente, em condições normais, as nuvens moleculares não são muito produtivas. A maioria delas passa milhares de anos sem atividade alguma. Acredita-se que na Galáxia inteira nascem menos de uma dezena de estrelas por ano!

A maioria das estrelas jovens da Galáxia encontra-se próximas de seus locais de nascimento e ainda estão envolvidas pelos restos das nuvens que lhes deram origem. Muitas vezes observamos centenas de jovens estrelas reunidas em aglomerações, chamadas de associações O, B.

Para exemplificar o conteúdo sobre as estrelas, veja o vídeo do vigésimo oitavo episódio da série ABC da Astronomia disponível site *youtube* a partir do *link*:

 <https://www.youtube.com/watch?v=jD9wwYaxTgU&list=PL786495B96AB0CC3C&index=28>



Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

O nascimento das Estrelas

A explicação, mais simples, é que grandes nuvens moleculares geram estrelas no seu interior por causa de um fenômeno conhecido como instabilidade gravitacional. Num certo sentido, a instabilidade gravitacional pode ser entendida como o inverso do equilíbrio hidrostático que prevalece nas estrelas. Naquele caso, o peso de uma camada é equilibrado pela diferença das pressões nos dois lados da camada.

Em uma nuvem de gás se, por alguma razão, o peso de uma camada superar a diferença de pressões, teremos o início de um movimento de contração que pode se transformar num colapso, isto é, todas as camadas se precipitam em direção a um centro ao mesmo tempo. Forma-se um coágulo de gás mais denso e quente no interior da nuvem: chamamos este coágulo de proto-estrela.

Para exemplificar o onde e como nascem as Estrelas, veja o vídeo a seguir disponível no site *youtube* no *site*:



<https://www.youtube.com/watch?v=ZMKjm41mwJk>



À medida que a contração se desenvolve, a temperatura interna do coágulo aumenta, pela diminuição do volume e aumento da quantidade de material, até que, em algum momento, as condições de densidade e temperatura tornam-se favoráveis ao início da fusão do Hidrogênio e a consequente produção de energia nuclear. Assim nascem as estrelas. As grandes nuvens interestelares são muito frias, algo como 10 K a 100 K, isto é, menos que -200°C ! Por outro lado, elas são também muito pouco densas: menos que $10\text{-}22\text{ gramas/cm}^3$, correspondente a algumas dezenas de átomos por cm^3 . Sendo assim tão pouco densas, elas facilmente encontram o equilíbrio hidrostático, apesar das baixíssimas pressões internas. Na verdade, não é raro encontrarmos nuvens moleculares em expansão: quer dizer, suas pressões internas são maiores que as forças de gravitação!

Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

Ciclo de evolução das Estrelas

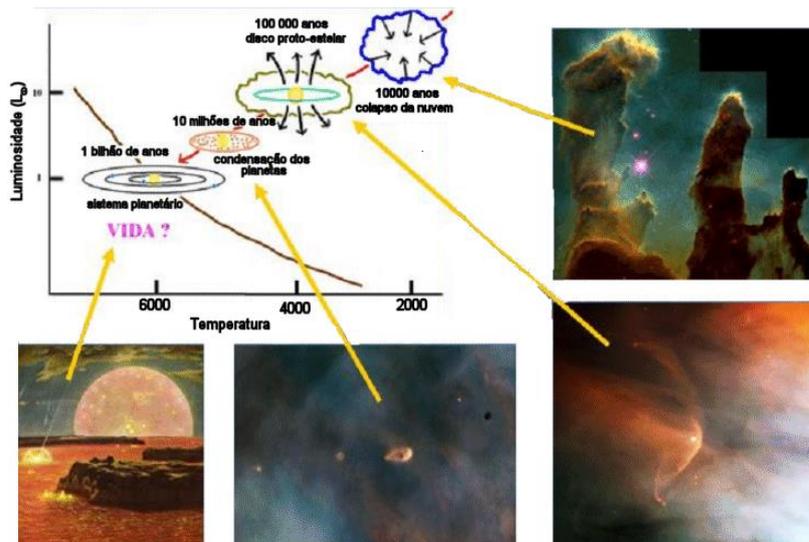
Formação estelar

As estrelas se formam em imensas nuvens moleculares imersas em nebulosas gasosas existentes nas galáxias. Assim como as galáxias em geral, as nuvens moleculares são feitas quase que inteiramente de hidrogênio e hélio. Turbulências, como as causadas por uma explosão de supernova nas proximidades, provocam crescentes adensamentos em algumas regiões da nebulosa, formando glóbulos de gás frio, que acabam colapsando sob seu próprio peso. Cada glóbulo dará origem a uma estrela.

À medida que o glóbulo colapsa, forma-se um disco em rotação com a protoestrela no centro; jatos bipolares de gás e poeira são gerados pelo disco rotante e pelo vento estelar da protoestrela.

A pressão no centro da estrela aumenta até o ponto em que ela balança a força gravitacional, alcançando o equilíbrio hidrostático que faz parar o colapso.

O material remanescente do disco circunestelar pode formar um disco protoplanetário, que possivelmente dará origem a planetas.



No interior da protoestrela, o núcleo continua a acretar matéria das camadas externas a ela, ficando mais denso e mais quente. Quando a temperatura do núcleo fica alta o suficiente (8 milhões K) para iniciar as reações termonucleares, a protoestrela passa a ser chamada de estrela, iniciando a fase de sua vida chamada "sequência principal".

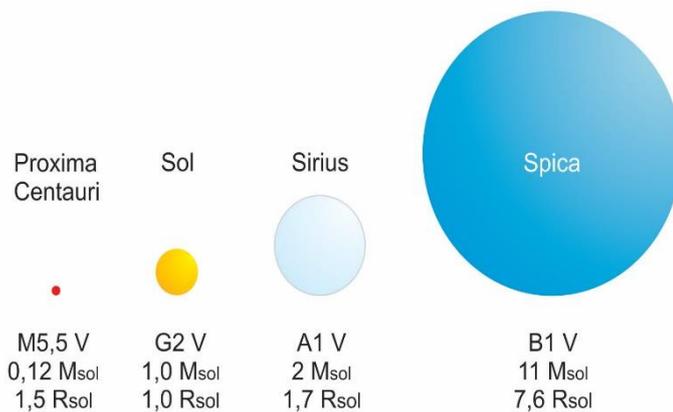
A massa mínima que a protoestrela precisa ter para seu núcleo atingir a temperatura suficiente para acender as reações nucleares e formar uma estrela é de aproximadamente 10% da massa do Sol (o valor teórico é 0,08 massas solares), correspondendo a aproximadamente 70 vezes a massa de Júpiter. Se a massa for menor do que isso ela será uma anã marrom.

Sequência principal

A sequência principal (SP) é etapa mais longa da vida da estrela, quando ela está fundindo hidrogênio em hélio no núcleo e brilhando estavelmente, em equilíbrio hidrostático. Durante esse tempo as estrelas mantêm uma relação unívoca entre a luminosidade e a temperatura, determinada pela sua **massa**, formando uma faixa diagonal no diagrama HR, com as estrelas mais quentes (mais massivas), sendo as mais luminosas e as mais frias (as menos massivas) as menos luminosas.

A massa com que uma estrela se forma define a sua temperatura, a sua cor, o seu tamanho, a sua luminosidade e o seu tempo de vida da estrela na sequência principal. Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida.

A figura abaixo mostra quatro exemplos de estrelas da SP (o número romano V ao lado da classe espectral das estrelas indica que são estrelas da sequência principal).



Spica é uma estrela de classe espectral B (cada classe espectral se subdivide em 10 categorias, de 0 a 9, no sentido de mais quente para mais fria, daí o número 1 ao lado do B), o que significa que é uma estrela com temperatura superficial de aproximadamente 20000 K, o que lhe confere uma cor branco-azulada. Sua massa inferida é onze vezes maior que a do Sol (11 M_{Sol}), seu raio aproximadamente 10 vezes maior que o do Sol e sua luminosidade mais de 1000 vezes maior que a do Sol. Seu tempo de vida na SP é da ordem de 10 milhões de anos.

Estrelas que se formam com massas maiores que a de Spica serão ainda maiores, mais quentes, mais azuladas e mais luminosas do que Spica. A estrela mais massiva conhecida tem massa em torno de 140 massas solares. Essas estrelas são chamadas supergigantes azuis.

Sírius, a estrela mais brilhante do céu noturno, é uma estrela de classe A o que significa que é uma estrela com temperatura superficial de aproximadamente 10000 K, e sua cor é esbranquiçada. Tem o dobro da massa do Sol e tem um tempo de vida 10 vezes menor.

O **Sol** é uma estrela mediana, pertencente à classe espectral G; sua temperatura superficial é da ordem de 5500 K, daí sua cor amarelada. A massa do Sol, que é a unidade de medida de massas das estrelas e das galáxias, é de 2×10^{30} kg e seu raio é de 680 000 km. O Sol vai viver 10 bilhões de anos na SP.

Próxima Centauri, a companheira mais fraca do sistema estelar triplo de Alfa Centauro, está entre as menores estrelas da SP. É uma estrelinha vermelha, de tipo espectral M, com temperatura superficial em torno de 3000 K. Sua massa é 1 décimo da massa do Sol, mas mais viver muito mais do que ele: ficará 1 trilhão de anos na SP.

Fonte de energia

Durante a sequência principal a estrela está produzindo sua energia por reações termonucleares ocorrendo apenas na sua parte mais central, o núcleo, que concentra aproximadamente 10% da massa da estrela. Somente essa região é quente o suficiente para produzir tais reações. O tipo de reação que está ocorrendo é a fusão de 4 núcleos de hidrogênio (4 prótons) para formar 1 núcleo de hélio.

Nesse processo, 0,7% da massa se transforma em energia (massa do núcleo de hélio = 99,3% da massa de 4 núcleos de hidrogênio), pela equação $E_N \propto M c^2$ onde E_N significa energia produzida por fusão nuclear.

Tempo de vida

O tempo de vida das estrelas na SP depende de quanta energia interna ela tem para gastar (o que é proporcional à sua massa (M)) e quão rápido ela gasta essa energia (que é a sua luminosidade (L)).

Por exemplo, a luminosidade do Sol é de $3,9 \times 10^{26}$ watts. Ele mantém essa luminosidade convertendo 600 milhões de toneladas de H em He a cada segundo, e dessas 600, aproximadamente 4 (=0,7% de 600) são convertidas em energia.

Para saber quanto tempo o Sol vai durar precisamos saber quanta energia ele pode produzir, o que depende de quanto hidrogênio ele tem para converter em hélio. A massa do Sol é 2×10^{30} kg, portanto ele contém 2×10^{21} milhões de toneladas de H, mas apenas 10% da massa do Sol (a região do núcleo) é quente o suficiente para a fusão ocorrer, portanto a quantidade de energia que o Sol pode produzir é:

$$E_N = 0,7\% \times 10\% \times 2 \times 10^{30} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,26 \times 10^{44} \text{ J.}$$

O tempo de vida do Sol na SP será $t_{\text{Sol}} = E_N / L = 1,26 \times 10^{44} \text{ J} / 3,9 \times 10^{26} \text{ J/s} =$ aproximadamente 10 bilhões de anos.

O tempo de vida na SP das outras estrelas pode ser calculado em relação ao tempo de vida do Sol pois, como no caso do Sol, a energia que qualquer estrela pode produzir por reações termonucleares é proporcional à sua massa, ($E_N = M c^2$) e a luminosidade, em geral, é proporcional à massa ao cubo ($L \propto M^3$) (ver relação Massa- Luminosidade).

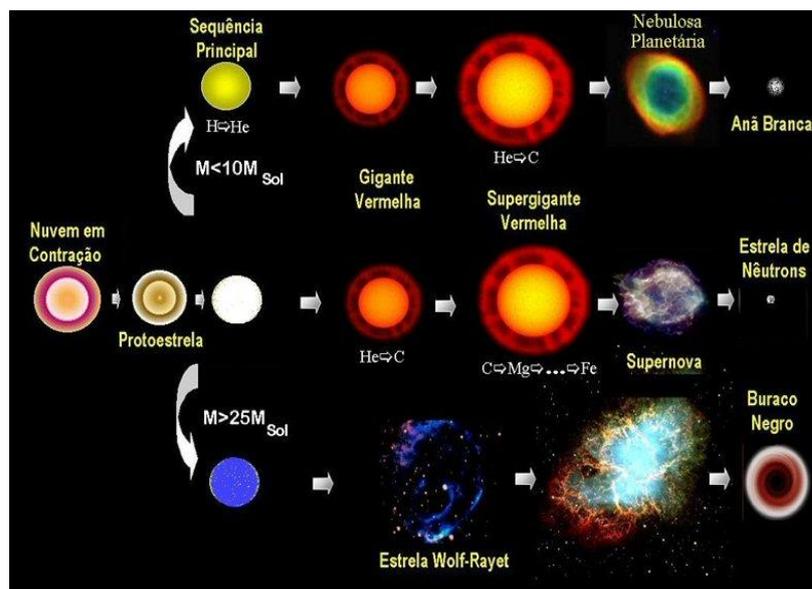
Portanto, o tempo de vida de uma estrela é inversamente proporcional ao quadrado de sua massa: $t_{\text{est}} \propto M^{-2}$ Em relação ao tempo de vida do Sol: $t_{\text{est}}/t_{\text{sol}} = (M_{\text{est}}/M_{\text{sol}})^{-2} \rightarrow t_{\text{est}} = (M_{\text{est}}/M_{\text{sol}})^{-2} \times 10$ bilhões de anos.

Exemplo:

Qual o tempo de vida na SP de uma estrela de 20 massas solares?

Solução: $t_{\text{est}} = (20 M_{\text{sol}}/1 M_{\text{sol}})^{-2} \times 10$ bilhões de anos = $20^{-2} \times 10$ bilhões de anos = $1/400 \times 10$ bilhões de anos = $2,5 \cdot 10^{-3} \times 10$ bilhões de anos = 25 milhões de anos.

Evolução final das estrelas



Quando as estrelas consomem o hidrogênio no núcleo (raio de aproximadamente 50 000 km no Sol), que corresponde a aproximadamente 10% da sua massa total, elas saem da sequência principal. A geração de energia passa a se dar em uma camada externa a este núcleo, com aproximadamente 2 000 km de espessura, onde a temperatura e a densidade são suficientes para manter as reações nucleares.

Como nenhuma energia é gerada no núcleo nesta fase, ele se contrai rapidamente, e a luminosidade da estrela aumenta um pouco. As camadas externas se reajustam ao aumento de luminosidade expandindo-se, e como a área superficial aumenta, sua temperatura diminui. Desta forma, a luminosidade aumenta e a estrela torna-se mais vermelha, tornando-se uma gigantes vermelha.

Quando o Sol atingir essa fase, daqui a 5 bilhões de anos, engolirá Mercúrio, Vênus e a Terra, chegando próximo à órbita de Marte. Na fase de gigantes vermelhas as estrelas produzem energia transformando hélio em carbono no núcleo, e hidrogênio em hélio em uma fina camada externa ao núcleo. Quando o hélio também se esgota no núcleo, as estrelas de

massa até dez massas solares não têm mais como retirar energia pela fusão nuclear, pois sua temperatura do núcleo nunca ficará alta o suficiente (1 bilhão K) para fundir o carbono, portanto terminará sua vida com um núcleo de carbono. Já as estrelas com massas acima de 10 massas solares fundirão o carbono e sucessivamente neônio, magnésio, silício, até ter o núcleo de ferro.



Simulação da evolução de uma estrela como o Sol, que passa para a fase de gigante, supergigante, ejeta uma nebulosa planetária e transforma-se em uma anã branca.

A morte de uma estrela vai depender de sua massa. Se ela tiver menos de dez vezes a massa do Sol, quando tiver "queimado" todo o hélio do núcleo ela ejetará uma nebulosa planetária e o núcleo remanescente será uma Anã Branca. As Anãs Brancas podem ter tamanhos comparáveis aos da Terra, porém com massas próximas às do Sol.

Dessa forma uma colher de chá desse tipo de estrelas pesaria uma dezena toneladas!



Simulação da explosão de uma estrela massiva

Se a estrela tiver uma massa maior que dez vezes a do Sol, ela terá uma morte catastrófica. A síntese de elementos mais pesados a partir de mais leves é um processo que libera energia para todos os elementos mais leves que o ferro, mas a fusão do ferro é uma reação que consome energia, em vez de liberar, então o ferro não funde. Sem produção de energia, a pressão cai bruscamente e as camadas externas começam a despencar em direção ao centro da estrela, ali encontram-se com o núcleo sólido de ferro e quicam, sendo ejetadas para o espaço a altas velocidades:

É o que chamamos de Supernova. Com a energia dessa explosão são produzidos todos os elementos mais pesados que o ferro. Os gases liberados no espaço vão ser incorporados ao meio interestelar e a outras nebulosas, que poderão dar origem a novas estrelas.

O destino do núcleo que sobra após a explosão da supernova é novamente ditado pela massa. Se esta for menor que 2 ou 3 vezes a massa do Sol, virará uma estrela de nêutrons, com uma temperatura superficial acima de 1 milhão de graus K, massa de cerca de 1,46 MSol, raio de cerca de 20 km e densidade de 10^{14} g/cm³. Se esta estrela possuir campo magnético forte, ela emitirá luz direcionada em um cone em volta dos polos magnéticos, como um farol, e será um pulsar.

Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma massa muito grande (maior do que 25 massas solares), então ela dará origem a um buraco negro.

Conteúdo retirado do Site:

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/estrelas.htm>

Para exemplificar a origem de um buraco negro, veja o vídeo do trigésimo episódio da série ABC da Astronomia disponível no *site youtube* no *link*:



<https://www.youtube.com/watch?v=Fuw0yUHw&list=PL786495B96AB0CC3C&index=30>





Lista de Exercícios

01. As estrelas formam-se a partir da contração dos gases e poeiras existentes nas:
- Anãs castanhas
 - Nebulosas planetárias
 - Nuvens interestelares
 - Gigantes vermelhas
02. As estrelas passam a maior parte do tempo na fase de:
- Sequência principal
 - Gigante vermelha
 - Anã castanha
03. Completa a frase seguinte com a opção correta. “Na sequência principal, as estrelas de massa maior que a do Sol apresentam temperaturas mais _____ e são _____. As estrelas de massa menor que a do Sol apresentam temperaturas mais _____ e são _____.”
- ... elevadas ... avermelhadas ... baixas ... azuladas
 - ... elevadas ... azuladas ... baixas ... avermelhadas
 - ... baixas ... avermelhadas ... elevadas ... azuladas
 - ... baixas ... azuladas ... elevadas ... avermelhadas
04. Uma supernova é uma explosão muito violenta que ocorre nas:
- estrelas de menor massa no final da sua evolução.
 - estrelas de grande massa no final da sua evolução.
 - estrelas de grande massa no princípio da sua formação.
05. Uma estrela de grande massa, após uma supernova, pode dar origem a:
- Uma nebulosa planetária ou a uma anã castanha.
 - Uma nebulosa planetária ou a um buraco negro.
 - Uma estrela de neutrões ou a um buraco negro.
06. Uma estrela como o Sol morre:
- Explodindo
 - Queimando todo o gás e sumindo
 - Liberando suas camadas de gases até só sobrar o núcleo que se desentrega.
 - Aumentando a gravidade até explodir no contra-vácuo e se tornar um buraco negro.
 - Não fazemos ideia porque nunca vimos outra estrela como o sol explodir
07. Qual é o ciclo de vida de uma estrela como o Sol?
- Gases; próto-estrela; estrela "bebê"; estrela jovem; estrela de meia-idade; estrela velha; gigante vermelha; nebulosa planetária e anã branca.

b) Gases; anã branca; estrela "bebê"; estrela jovem; estrela de meia-idade; estrela velha; gigante vermelha; próto-estrela e anã negra.

c) Gases; estrela "bebê"; estrela jovem; estrela de meia-idade; estrela velha; nebulosa planetária; anã branca e anã negra.

08. O Sol é uma:

a) Próto-estrela

b) Estrela "bebê"

c) Estrela jovem

d) Estrela de meia-idade

e) Estrela velha

09. A nebulosa M 16, conhecida como Nebulosa da Águia, é o aglomerado de estrelas relativamente jovens, com "apenas" 2 milhões de anos. Situa-se na região da constelação Cauda de Serpente e está distante aproximadamente 7000 anos-luz da Terra. Por que algumas Nebulosas são chamadas de berçário de estrelas?

10. Júpiter é um gigante gasoso e o maior planeta do Sistema Solar. Você sabia alguns cientistas afirmam que Júpiter poderia se tornado uma estrela? Por que isso não aconteceu?

AULA 13

- ✓ Objetos do conhecimento
- ✓ **AS GALÁXIAS**
- ✓ Objetivos específicos
 - A Estrutura da Nossa Galáxia;
 - Aglomerados abertos;
 - Aglomerados globulares;
 - As Formas Conhecidas: espirais,
 - elípticas e irregulares

Fazendo as perguntas sobre o conhecimento dos alunos sobre o assunto, para que pudéssemos seguir na teoria da aprendizagem significativa.

- Onde está localizado o Sistema Solar?
- Existem outras Galáxias no Universo?
- Que tipos de Galáxias existem no Universo?
- Como surgem as Galáxias?

Em seguida começamos a exposição do conteúdo a partir dos textos a seguir:

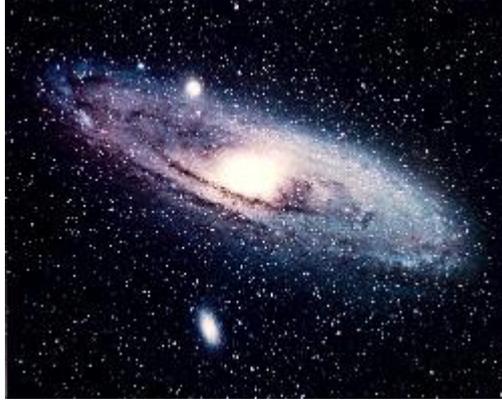
A descoberta das galáxias

Por volta do século XVIII vários astrônomos já haviam observado, entre as estrelas, a presença de corpos extensos e difusos, aos quais denominaram "nebulosas". Immanuel Kant (1724-1804), o grande filósofo alemão, influenciado pelo astrônomo Thomas Wright (1711-1786), foi o primeiro a propor, por volta de 1755, que algumas nebulosas poderiam ser sistemas estelares totalmente comparáveis à nossa Galáxia. Essa ideia ficou conhecida como a "hipótese dos universos-ilha". No entanto, as especulações cosmológicas de Kant não foram bem aceitas na época, de forma que a natureza das "estrelas nebulosas" permaneceu assunto de controvérsia.

Até 1908, cerca de 15 000 nebulosas haviam sido catalogadas e descritas. Algumas haviam sido corretamente identificadas como aglomerados estelares, e outras como nebulosas gasosas. A maioria, porém, permanecia com natureza inexplicada. O problema maior era que a distância a elas não era conhecida, portanto não era possível saber se elas pertenciam à nossa Galáxia ou não.

O tamanho da nossa própria Galáxia ainda não era bem conhecido: apenas em 1917 Harlow Shapley mostrou que o Sol não estava no centro da Galáxia, e que o tamanho desta era muito maior do que se pensava até então.

Somente em 1923 Edwin Powell Hubble (1889-1953) proporcionou a evidência definitiva para considerar as "nebulosas espirais" como galáxias independentes, ao identificar uma variável Cefeida na "nebulosa" de Andrômeda (M31).



Hubble pode assim calcular a distância entre esta e a Via Láctea, obtendo um valor de 2,2 milhões de anos-luz. Isso situava Andrômeda bem além dos limites da nossa Galáxia, mesmo que ela tivesse os 300 mil anos luz medidos por Shapley (o valor atualmente aceito para o diâmetro do disco da Galáxia é 100 100 mil anos-luz). Ficou assim provado que Andrômeda era um sistema estelar independente.

Conteúdo retirado do site: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>

Para entender um pouco sobre o conhecimento das Galáxias, veja o vídeo do sexto episódio da série ABC da Astronomia disponível no *site youtube* no *link*:



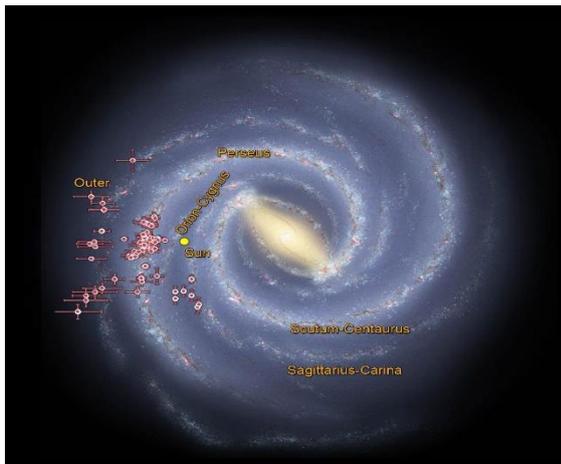
https://www.youtube.com/watch?v=6iFEYS_Fxw&list=PL786495B96AB0CC3C&index=8



A Estrutura da Nossa Galáxia

Vista representativa da estrutura da nossa Galáxia, com o disco representado em branco. O halo tem uma forma circular e circunda todo o disco. A distância do Sistema Solar ao centro da Galáxia está representada do lado esquerdo da figura inferior: ~ 30 mil anos luz

Ela possui a forma de uma espiral, sobre a qual falaremos nessa seção e é constituída de um disco alongado, formando uma barra, com um núcleo (a região do plano) e um halo com a forma aproximadamente esférica que envolve o disco.



Fonte: <https://mensageirosideral.blogfolha.uol.com.br/2015/06/23/dando-forma-a-via-lactea/>

Para exemplificar o estudo sobre a Via-Láctea, veja um vídeo do vigésimo terceiro episódio da série ABC da Astronomia disponível no youtube no site:



https://www.youtube.com/watch?v=p_H3tfjSo3k&list=PL786495B96AB0CC3C&index=23



Somente podemos ver a olho nu a faixa de estrelas que constituem o disco da Galáxia, mas existem outros dois componentes tão importantes quanto as estrelas: o gás interestelar e a poeira. Vamos então discutir qual é a forma da nossa Galáxia. Conforme

mencionamos, podemos entender a forma da Galáxia se pensarmos num disco com um bojo no centro, envolvido por um halo esférico.

O diâmetro desse disco, estimado através das medidas de hidrogênio através do plano, é da ordem de 100.000 anos-luz. A espessura do disco é muito menor, da ordem de 2.000 anos-luz. O nosso Sistema Solar encontra-se a cerca de 30.000 anos-luz do centro da Galáxia, num dos braços espirais. Como visto no tópico sobre as estrelas, ao observarmos as estrelas notamos que a imensa maioria delas se distribui ao longo da sequência principal no diagrama H-R. Em uma Galáxia, as estrelas podem ser divididas em dois grupos:

Tipo I: Estrelas mais jovens e com composição química mais heterogênea (formadas de hidrogênio, hélio e uma fração de elementos mais pesados que os dois)

Tipo II: As mais antigas e com composição química mais homogênea (praticamente só de hidrogênio e hélio), semelhante a nuvem mãe, que origem à Galáxia.

As estrelas mais jovens acabam, pela estrutura dos braços espirais e gravidade local, concentrando-se em regiões próximas do plano. As estrelas mais antigas estão principalmente localizadas em aglomerados globulares, espalhados pelo halo. Essa concentração de estrelas em aglomerados é normal e observada na nossa e em outras galáxias. Aglomerados estelares são extremamente importantes no estudo da evolução estelar e galáctica. Objetos formados em aglomerados possuem tipicamente a mesma composição química, a mesma idade e estão situados aproximadamente à mesma distância de nós. Então, estudar as estrelas em aglomerados nos permite ver objetos em estágios evolutivos diferentes, mas que foram formados a partir das mesmas condições iniciais.

Classificamos os aglomerados em abertos e globulares.

Aglomerados abertos

Estão concentrados no disco e contém, em média, 100 objetos, quase que só do tipo I. Eles são um grupo esparsos, cujas componentes estão ligeiramente ligadas pela gravidade. Exemplos clássicos de aglomerados abertos são as Plêiades, já vistas antes, e as Híades (na constelação de Touro), ambos são bem visíveis a olho nu.



Fonte: <http://www.astronoo.com/pt/aglomerado-estelar.html>

Aglomerados globulares

São fortemente ligados pela gravidade, possuem uma forma esférica bem definida (com raio da ordem de cerca de 100 anos luz) e podem conter cerca de 100.000.000 estrelas. A maioria das estrelas componentes é do tipo II.



Imagem do típico aglomerado globular Messier 80 capturada pelo Hubble. Trata-se de um enxame estelar composto de centenas de milhares de estrelas que está localizado na direção da constelação de Escorpião. A Via Láctea tem cerca de **160** aglomerados globulares dos quais **25%** têm origem alienígena. Crédito: NASA / The Hubble Heritage Team / STScI / AURA.

Fonte: <http://www.astropt.org/2010/02/24/astromos-revelam-que-a-via-lactea-esta-repleta-de-aglomerados-estelares-alienigenas/>

Outros componentes das galáxias: as nuvens de gás e poeira.

As nuvens de gás interestelar são uma espécie de resíduo do processo de formação das estrelas. Regiões espalhadas pela nuvem se condensam e dão origem às estrelas; o gás que resta após o processo de formação continua espalhado entre as estrelas e “confinado” ali pela força da gravidade. A existência de nuvens ao longo do plano da Galáxia e em seus braços é responsável pelo obscurecimento (absorção da luz emitida pelas estrelas mais distantes) ao longo do plano.

Partículas de poeira cósmica são também responsáveis pelo obscurecimento ao longo do plano Galáctico na faixa óptica. O tamanho dos grãos de poeira é da ordem de alguns milésimos de milímetros e emitem principalmente radiação infravermelha. Essa emissão é uma forma de reprocessamento da luz visível, absorvida pelos grãos, utilizada para aquecê-los e depois retransmitida no infravermelho.

As Formas Conhecidas

A maior parte das galáxias possui características que permitem classificá-la como espirais ou elípticas.

Espirais

Galáxias espirais, como a nossa, têm discos com núcleos e halos difíceis de serem vistos principalmente por causa do brilho do núcleo e do disco. Como o disco e os braços espirais são constituídos de estrelas de população I, jovens, e contém bastante gás e poeira, especialmente nos braços, elas possuem uma taxa alta de formação de estrelas, que explica esse brilho. Já o halo é constituído de uma população de estrelas tipo II.



NGC 4321

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>



NGC1300

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>

Os braços espirais estão enrolados em torno do núcleo, dando não mais do que uma volta ao seu redor. As galáxias espirais formam duas sequências separadas: as espirais barradas (Sb) e as espirais normais (S). Espirais normais são subdivididas em Sa (núcleos grandes e pequenos braços enrolados), Sb (núcleos menores e braços mais soltos) e Sc (núcleos bem pequenos e braços quase “desacoplados” do núcleo). Cerca de um terço das galáxias espirais observadas são barradas e sua subclassificação é a mesma: SBa, SBb e SBc.

Elípticas

Galáxias elípticas possuem uma aparência oval e algumas são quase esféricas. Elas apresentam núcleos brilhantes com regiões externas mais tênues e não possuem uma borda claramente definida. Tipicamente quase não contém gás ou poeira, a matéria prima que permite a formação contínua de estrelas e são formadas, em grande maioria, por estrelas de população II (velhas).



A galáxia elíptica gigante M87

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>

A faixa de massa e tamanho das galáxias elípticas é grande, cobrindo desde anãs (pouco maiores que um aglomerado globular) até raras gigantes (como M87) e supergigantes, com mil vezes a massa da nossa galáxia e cerca de 500.000 anos-luz de diâmetro. A maioria das galáxias (mais de 60%) é elíptica, em grande parte galáxias anãs. Na classificação de galáxias, as elípticas são identificadas pela letra E seguida de um número que define os diversos tipos de elípticas.

Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

Irregulares

Hubble classificou como galáxias irregulares aquelas que eram privadas de qualquer simetria circular ou rotacional, apresentando uma estrutura caótica ou irregular. Muitas irregulares parecem estar sofrendo atividade de formação estelar relativamente intensa, sua aparência sendo dominada por estrelas jovens brilhantes e nuvens de gás ionizado distribuídas irregularmente.

Em contraste, observações na linha de 21 cm, que revela a distribuição do gás hidrogênio, mostra a existência de um disco de gás similar ao das galáxias espirais. As galáxias irregulares também lembram as espirais no seu conteúdo estelar, que inclui estrelas jovens e velhas.



Foto das galáxias irregulares Grande Nuvem de Magalhães e Pequena Nuvem de Magalhães, obtida por [Wei-Hao Wang](#). A mancha avermelhada na Grande Nuvem é uma região de formação estelar gigante

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>

Os dois exemplos mais conhecidos de galáxias irregulares são a Grande e a Pequena Nuvem de Magalhães, consideradas satélites da Via Láctea. Elas são visíveis a olho nu no Hemisfério Sul, e foram identificadas pelo navegador português Fernão de Magalhães em 1519. A massa da Grande Nuvem é da ordem de 6×10^9 massas solares, e sua distância da ordem de 176 mil anos-luz. A Pequena Nuvem é bastante alongada e menos massiva do que a Grande Nuvem e está a uma distância de 200 mil anos-luz.

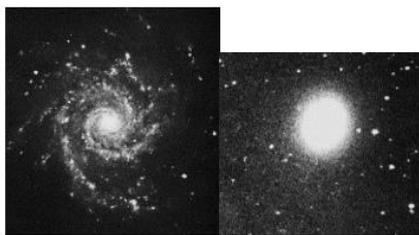
Conteúdo retirado do site:

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>



Lista de exercicios

1. Existe alguma galáxia, além da nossa, que pode ser visível a olho nu? Se existir, qual(is)?
2. Qual a importância da descoberta de Cefeidas em Andrômeda, por Edwin Hubble, na década de 1920, no estabelecimento da natureza extragaláctica das "nebulosas espirais"?
3. O que é a Lei de Hubble e qual o seu significado cosmológico?
4. Quais os três principais tipos de galáxias que existem, de acordo com sua morfologia?
5. Qual a diferença entre galáxias elípticas e espirais quanto a: a. forma b. quantidade de gás e poeira c. população estelar
6. Quais são as principais diferenças entre uma galáxia Sa e uma Sc? E entre uma Sa e uma SBa? E entre uma E1 e uma E7?
7. Classifique as galáxias abaixo de acordo com o tipo morfológico no diagrama de Hubble.



8. Qual a explicação para a concentração de estrelas azuis sobre os braços espirais das galáxias?

AULA 14

- ✓ Objetos do conhecimento

AS GALÁXIA

- ✓ Objetivos específicos
 - A formação das Galáxias;
 - A exploração em Marte;
 - Comunicação dos Astronautas no espaço

Nesta aula, terminamos o conteúdo sobre as Galáxias tratando sobre como ocorre sua formação.

A formação das Galáxias

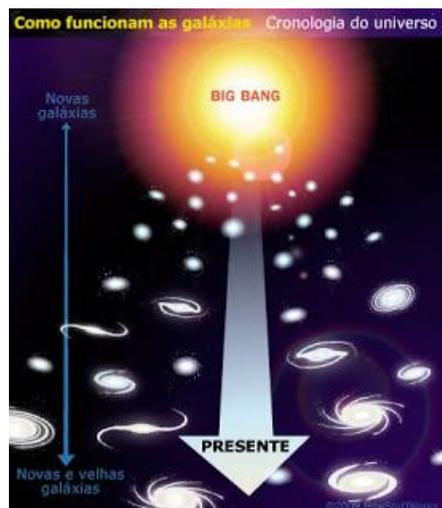
As galáxias devem ter sido criadas há bilhões de anos atrás. Tanto quanto sabemos, todas elas possuem estrelas de população tipo II, logo sua idade deve ser de, pelo menos, uns 10 a 11 bilhões de anos, que é a idade típica das estrelas de população II. O Universo hoje é muito velho para formar novas galáxias, porque o gás espalhado entre as galáxias e aglomerados possui uma densidade muito baixa para formar novas estruturas.

A densidade média de uma galáxia é da ordem de um átomo por centímetro cúbico. Essa seria a densidade se todas as estrelas fossem dissolvidas e espalhadas uniformemente pelo volume da galáxia. Embora extremamente baixa para os nossos padrões (a densidade do nosso corpo é de 1 g.cm^{-3} , ou 1×10^{24} átomos por centímetro cúbico), essa densidade ainda é cerca de um milhão de vezes maior do que a densidade do Universo hoje (cerca de $10^{-30} \text{ g.cm}^{-3}$).

Entretanto, quando o sistema solar se formou a densidade do Universo era cerca de 10 vezes maior do que a densidade de hoje. Quando o Universo tinha cerca de 10 milhões de anos, sua densidade era cerca de um milhão de vezes maior do que hoje (um átomo de hidrogênio por centímetro cúbico) e as galáxias ainda estavam em processo de formação.

Basicamente, a teoria de formação e evolução das galáxias envolve uma participação importante da força gravitacional.

A teoria do colapso sugere que galáxias, da mesma forma que estrelas, formaram-se a partir de uma nuvem de hidrogênio e hélio, ambos criados nos primeiros instantes de vida do Universo (mais precisamente, nos três primeiros minutos).



Fonte: <https://astronomy-universo.blogspot.com/2011/04/como-funcionam-as-galaxias-formacao-de.html>

Inicialmente, essas nuvens se expandiam junto com a expansão do próprio universo; depois de um certo tempo, a atração gravitacional de uma região um pouco mais densa dentro da nuvem fez com que ela se expandisse mais lentamente. Finalmente, após alguns milhões de anos, ao invés de continuar a expansão, a nuvem começou a se contrair e a separação entre diferentes nuvens foi aumentando.

A Figura abaixo mostra como esse processo provavelmente ocorreu. A maioria das galáxias aparentam ser entidades independentes, interagido umas com as outras devido à força gravitacional. Isso é uma “ilusão” causada pela impossibilidade de telescópios observarem a enorme quantidade de gás existente entre as galáxias. Uma enorme quantidade de gás parece existir em todos os aglomerados de galáxias e sua presença é notada devido à emissão de raios X, que ocorre quando o gás é acelerado pelo campo gravitacional das galáxias.



Fonte: <https://astronomy-universo.blogspot.com/2011/04/como-funcionam-as-galaxias-formacao-de.html>

Durante o processo evolutivo, colisões dos mais diversos tipos devem acontecer entre galáxias, algumas bastante dramáticas, especialmente quando galáxias espirais estão envolvidas. Grupos e aglomerados certamente são afetados pela força gravitacional dos outros componentes e, muitas vezes, ocorre a fusão de duas galáxias para formar uma galáxia gigante ou, quando o evento é muito violento, uma onda de choque pode romper a estrutura estável e destruir as galáxias envolvidas na colisão.

Para finalizar o conteúdo sobre as Galáxias, veja um vídeo do vigésimo segundo episódio da série ABC da Astronomia disponível no site youtube no link:



https://www.youtube.com/watch?v=Rv2ingzE_IY&list=PL786495B96AB0CC3C&index=22



Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Imagem Geosistemas São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.

Na sequência a aula, abordamos dois tópicos sobre Astronáutica. A seguir apresenta-se o conteúdo, mas, antes, deve ser feito a abordagem sobre o conhecimento prévio dos alunos com os seguintes questionamentos:

- O homem já saiu do Planeta Terra?
- Para onde ele foi para fora do Planeta?
- Quais interesses em fazer essas descobertas?
- Será que existem vidas em outros Planetas?

- Como o homem se comunica no espaço?

Logo seguida, inicia-se a aula sobre os tópicos sugeridos a partir dos textos a seguir:

A exploração em Marte

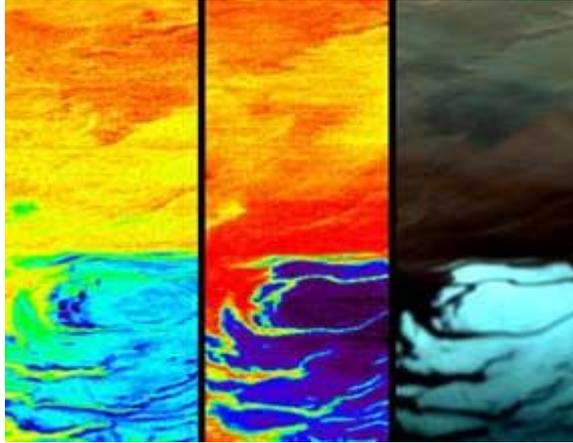
Marte, apesar de ser o planeta mais próximo da Terra, é um lugar difícil de visitar. Já foram tentadas quase quarenta missões espaciais a Marte – com mais de metade a resultarem em fracasso. Desde que, no século XIX, foi possível dispor de instrumentos ópticos de certa potência, o planeta mostrou uma série de detalhes que o fizeram parecer um gémeo da Terra. Desde os polos gelados ao ciclo das estações, dos fenómenos meteorológicos à duração do dia, tudo se parecia unir a favor das hipóteses de planeta Marte ser habitável e talvez ocupado por seres inteligentes.



Fotografia tirada pela câmara de alta resolução da Mars (High Resolution Stereo Camera - HRSC) da Mars Express. Mostra duas vistas de uma porção de uma banda de 1700 km por 65 km tirada com orientação sul-norte no Valles Marineris. Esta imagem foi obtida em alta resolução (12 metros por pixel), a cores e a três dimensões.

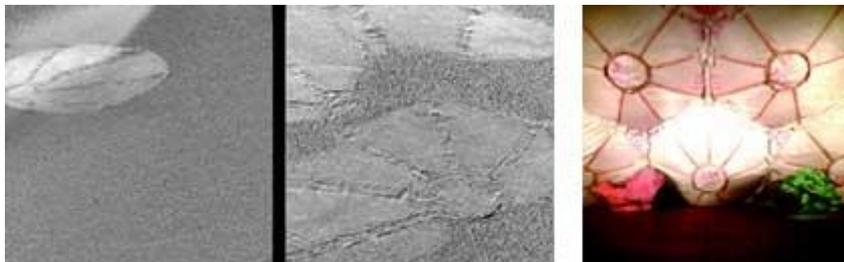
Provavelmente influenciados por estes fatores, alguns ilustres astrónomos de um passado recente asseguraram existir sobre a superfície de Marte uma intrigante rede de canais, possíveis vias de água artificiais construídas para transportar o líquido precioso desde os polos até às áridas regiões equatoriais. A partir do momento em que os objetos de estudo começaram a desenvolver-se, os cientistas ganharam interesse por descobrir se existe ou não vida em Marte e aprofundar os seus conhecimentos em relação a este planeta.

Uma das formas para tal descoberta era o enviar de naves e veículos espaciais para Marte. A primeira missão bem-sucedida a Marte, Mariner 4, foi efetuada pela NASA em 28 de Novembro de 1964. Ela passou a 6.120 milhas de Marte e enviou 22 imagens, de acordo com o planeado. A nave espacial revelou um mundo de maravilha com diferenças exóticas relativamente ao nosso planeta. A primeira nave espacial a orbitar em torno de Marte foi a russa Mars 2 em 1971.



Observações da calote polar do Sul realizadas pelo espectrómetro/câmara OMEGA. A imagem da direita corresponde á imagem real e as outras bandas em cores distintas permitem identificar a distribuição do gelo de dióxido de carbono, ao meio e do gelo de água, à esquerda.

A sua nave irmã, a Mars 3, também orbitou em torno de Marte e lançou, com êxito, um módulo de aterragem na superfície. Ela trabalhou durante 20 segundos e os especialistas suspeitam que foi destruída por uma tempestade de poeira marciana. O primeiro veículo orbital da NASA também orbitou em torno de Marte no mesmo ano. No entanto, as missões espaciais que deram um verdadeiro destaque à exploração de Marte foram, indubitavelmente, as duas missões Viking nos meados de 1970. Ambas consistiam num veículo orbital e num módulo de aterragem a enviarem as primeiras imagens detalhadas a partir da superfície marciana.



As “pegadas” deixadas no solo de Marte pelos airbags do módulo de aterragem do Opportunity, podem também ajudar a determinar a natureza do solo.

Elas mostraram uma paisagem semelhante a um deserto que, em temperatura, era, de facto, mais parecida com a tundra da terra. Os veículos orbitais mapearam 97% do planeta. A exploração de Marte teve depois uma paragem durante mais de duas décadas, interrompida somente por algumas tentativas falhadas ou parcialmente bem sucedidas (o veículo orbital/módulo de aterragem Phobos Soviético, perdido na rota para Marte em 1989, Phobos 2, também perdido em 1989 perto da lua Marciana Phobos, e o Mars Observer americano, perdido em 1993 quando estava prestes a chegar a Marte).



Imagem da câmara panorâmica do Opportunity

A Mars Global Surveyor tornou-se na primeira missão com êxito para o Planeta Vermelho em vinte anos quando foi lançada em 1996, entrando em órbita em 1997. No mesmo ano, a política de “mais rápido, mais económico, melhor” da NASA colocou o Mars Pathfinder na superfície do Planeta Vermelho. O pequeno jeep lunar, Sojourner, rastejou pela superfície durante muitas semanas analisando rochas e atraindo a imaginação do público geral. Infelizmente, isso não foi o princípio de uma renascença gloriosa e o “Demónio de Marte” atacou de novo, tornando as quatro missões seguintes inúteis ou severamente danificadas. O veículo orbital e os módulos de aterragem Russian Mars 96, transportando várias experiências europeias, perderam-se num acidente do veículo de lançamento em 1996.



O Spirit de volta à acção!

O veículo orbital americano Mars Climate perdeu-se na chegada a Marte em 1999. As sondas Mars Polar Lander/Deep Space 2 americanas também se perderam durante a chegada em 1999. No entanto, em 2001, a americana Mars Odyssey chegou com êxito à órbita de Marte, transportando experiências científicas concebidas para se efectuarem observações globais de Marte. Esta nave espacial também servirá como retransmissor de comunicações para as naves espaciais americanas e europeias que cheguem a Marte em 2003 e 2004.

No entanto, o ano de 2003 assistiu a um interesse retomado por Marte através de um aumento de missões, com lançamento pela ESA de Mars Express, com o seu módulo de aterragem Beagle, e com o lançamento pela NASA de dois rovers, Spirit e Opportunity, da missão Mars Exploration Rover. A Spirit, assim como sua nave gémea Opportunity - cuja chegada está prevista para o próximo dia 24 -, está equipada com um importante arsenal de

instrumentos científicos e um veículo todo-o-terreno de seis rodas que percorrerá a superfície marciana para recolher amostras e fazer análises.

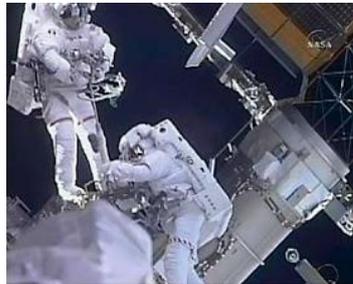
O objetivo é tentar analisar se, na zona da aterragem, houve água em tempos remotos e se ainda restam vestígios do líquido neste planeta.

Fonte: <http://www.cienciaviva.pt/rede/space/home/desafio3/desafio3azambuja11.pdf>

Comunicação dos Astronautas no espaço

Sabemos que o som não se propaga no vácuo, então, como os astronautas se comunicam no espaço?

Simple, utilizam rádio. As ondas sonoras não se propagam no vácuo, mas as ondas de rádio sim.



Quando estão dentro de uma nave eles podem se comunicar normalmente, pois as naves possuem o ambiente pressurizado. Além disso, quando necessário também podem utilizar a linguagem de sinais.



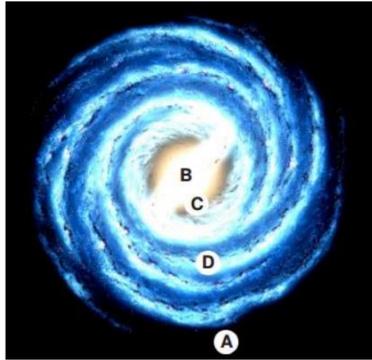
Conteúdo retirado do site:

<http://polemicascmm.blogspot.com/2012/04/como-os-astronautas-se-comunicam-o.html?m=1>



Lista de Exercícios

01. O “Big Bang” (“grande explosão”) é reconhecido pelos cientistas como o evento que deu origem ao universo. Uma observação astronômica que está de acordo com essa teoria é:
- o movimento de rotação da Terra.
 - o afastamento entre as galáxias.
 - o movimento de aproximação de estrelas.
 - o movimento de translação da Terra.
- 02) Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir:
- Tempo
 - Velocidade
 - Área
 - Distância
- 05) “Possuem muitas estrelas e podem ter formato espiral, elíptico ou irregular.” A descrição acima corresponde a:
- Nebulosas
 - Planetas
 - Aglomerados
 - Galáxias
06. Sol é a estrela mais próxima do nosso planeta. Com relação ao seu futuro, pode-se afirmar que:
- o Sol sempre existirá, pois produz a sua própria energia.
 - daqui a bilhões de anos seu brilho irá diminuir.
 - pode deixar de brilhar a qualquer momento.
 - como toda estrela, vai acabar como um buraco negro.
05. A figura abaixo representa a Via Láctea, a galáxia onde se localiza o Sistema Solar.



A região que melhor representa a localização do Sistema Solar nessa figura é:

- a) (A) b) B c) C d) D

6. A alternativa que contém apenas corpos celestes que fazem parte do Sistema Solar é:

- a) Buracos negros, aglomerados e planetas
 b) Planetas, luas e asteroides
 c) Luas, buracos negros e nebulosas
 d) Luas, aglomerados e nebulosas

07. A atividade para casa: assistir ao filme “Perdido em Marte”, e trazer na aula na próxima aula o seguinte exercício:



I – Que condições impossibilitaria a vida em Marte?

II – Quais características de Marte se assemelha a Terra?

III - O que o Astronauta teve que fazer para se manter vivo em Marte?

III – Como se deu a comunicação entre Marte e a Terra?

IV – Aponte três erros Físicos que foi mostrado no filme, que não poderiam acontecer:

V – Seria possível os seres humanos habitarem Marte e mater uma vida como aqui na Terra? Explique.

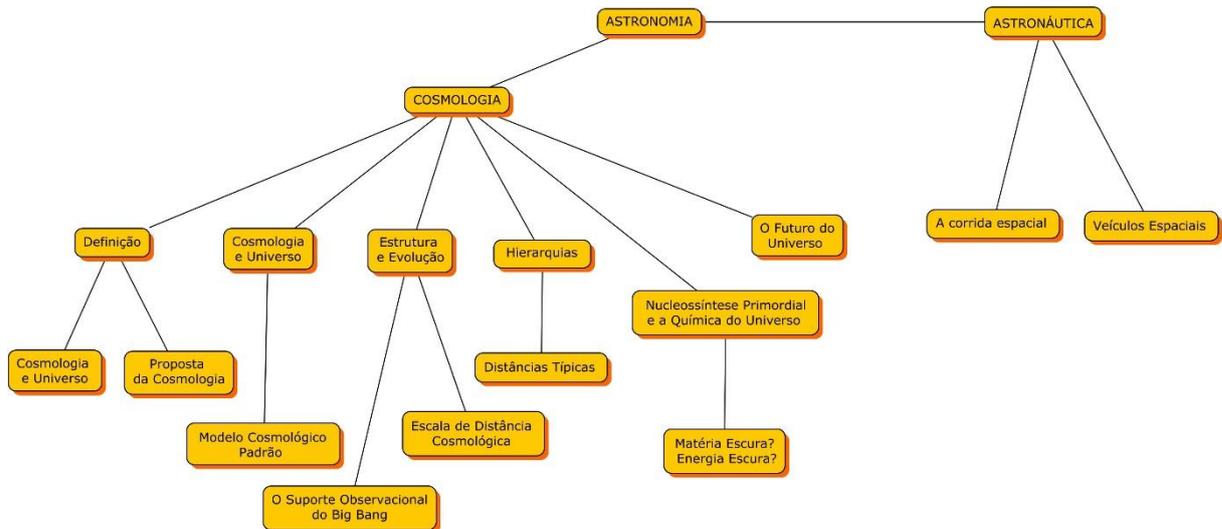
AULA 15

Finalizando a primeira etapa do segundo período da Eletiva, aplicamos a Avaliação Parcial dois (AP1).

Avaliação Parcial 1

01. Por que as nebulosas brilham? Por que existem nebulosas escuras?
02. Por que a Via-Láctea é vista como uma faixa luminosa que dá uma volta completa no céu?
03. Por que a Via-Láctea é vista como uma faixa luminosa que dá uma volta completa no céu?
04. Suponhamos que você quisesse descobrir novos aglomerados abertos na Galáxia. Em que direções você teria mais chances de encontrá-los?
05. Descreva as principais populações estelares que compõem a Galáxia. Essas populações existem em todas as galáxias do Universo? Por quê?
06. Em que tipo de galáxias é mais provável encontrarmos explosões de supernovas? Por quê?
07. Aponte três diferenças entre os aglomerados abertos e globulares.
08. Quais são os tipos de galáxia que possuem disco?
09. Quais são os tipos de galáxia que possuem braços espirais?
10. Quais são as diferenças entre um “grupo de galáxias” e um “aglomerado de galáxias”?

Mapa Conceitual da Sequência Didática V



Fonte: o próprio autor

AULA 16

- ✓ Objetos do conhecimento

COSMOLOGIA

- ✓ Objetivos específicos
 - Definição de Cosmologia;
 - O que é cosmologia?
 - A que a cosmologia se propõe?
 - Cosmologia e o Universo em que vivemos

Nesta aula, deve-se iniciar o estudo de Cosmologia, fazendo uma abordagem sobre a história, definição, os modelo cosmológico padrão ao futuro do Universo. Dentro dessa perspectiva, inicia-se a aula fazendo o levantamento dos conhecimentos prévios do alunos, com as seguintes questões?

- Qual a origem da palavra Cosmologia?
- O que é Cosmologia?
- O que a Cosmologia estuda?
- Que modelo cosmológico usamos com referência para o Universo?
- Esse modelo existirá é finito ou infinito?

Em seguida deve-se iniciar a exposição dos conteúdos específicos a partir dos textos a seguir:

Cosmologia

As origens históricas da Cosmologia estão diretamente ligadas aos conceitos míticos que povoaram as religiões dos povos antigos. Como o Universo era desconhecido, cada civilização adequava sua percepção cosmológica ao que percebia: o Sol, a Lua, alguns planetas e algumas estrelas. Essa associação tinha raízes no desejo de organizar o cosmos e, de alguma forma, explicar a origem do lugar onde o Homem vivia.

A Cosmologia na Idade Antiga pode ser bem representada pela astronomia egípcia e mesopotâmica e seu apogeu ocorreu no florescer da Grécia Clássica. A civilização grega clássica deu enormes contribuições a diversas áreas do conhecimento humano, incluindo a Astronomia e a Matemática. Essa civilização foi bastante influenciada pelos egípcios e babilônicos, tanto na área mitológica quanto na científica. A cosmologia grega, por exemplo, foi uma fusão das ideias egípcias, fenícias, mesopotâmias, minoanas e micênicas.

A civilização árabe deu continuidade à busca do conhecimento científico e à evolução cultural proporcionados pelos antigos gregos. Foram os árabes que nomearam boa parte das estrelas e constelações conhecidas. Entretanto, à exceção da civilização árabe, durante a Idade Média a evolução do pensamento científico ficou estagnada. O modelo de Ptolomeu (universo geocêntrico) transformou-se em dogma adotado pela religião cristã e, em consequência, pela civilização cristã. Somente com o Renascimento Europeu, associado ao período das grandes navegações, a ciência ocidental retomou seu crescimento.

O início da revolução astronômica veio com a introdução do sistema heliocêntrico para o Universo, por Nicolau Copérnico, com a utilização do telescópio por Galileu e a descoberta das Leis de Kepler. A partir desses três marcos e das descobertas científicas de Isaac Newton, a Astronomia começou a evoluir de forma quantitativa, separando-se cada vez mais da astrologia e caracterizando-se como ciência de fato. Finalmente, a noção real de que o Universo se estendia para além do nosso Sistema Solar apareceu no século XIX. Apesar disso, a Cosmologia somente passou a ser considerada como ciência no século XX. Nas últimas décadas do Séc. XX houve um rápido aumento do conhecimento humano sobre o Universo, de modo que somos a primeira geração de seres humanos capaz de perceber os detalhes da história cósmica.

O que é cosmologia?

A Cosmologia é a ciência que estuda a origem, estrutura e evolução do Universo e tem um caráter multidisciplinar. Seu objetivo é entender como o Universo se formou, por que ele tem a forma que hoje percebemos e qual será o seu destino. Ela é também a mais exigente em termos de extrapolação de resultados e conceitos, já que as escalas de tempo e distância envolvidas nos problemas cosmológicos são da mesma ordem de grandeza da idade e tamanho do Universo que queremos observar. Além disso, ao contrário de um experimento em

laboratório, não podemos criar vários universos para que possamos fazer uma análise estatística completa de suas propriedades.

As principais ferramentas utilizadas pela Cosmologia vêm da Física, da Matemática e da Astronomia. Da Física, vêm as leis que descrevem fenômenos físicos nos laboratórios da Terra e, ao verificarmos que elas descrevem fenômenos semelhantes em lugares distantes do Universo, podemos reafirmar seu caráter universal. A Matemática fornece a linguagem utilizada para registrar os processos observados, permitindo a descrição precisa dos fenômenos astronômicos.

Da Astronomia, vêm as técnicas de observação do céu, de medição do tempo e de determinação das escalas de distância envolvidas. Podemos ainda incluir a Química e a Filosofia. A primeira é importante no estudo da matéria que compõe o Universo e a segunda fornece o arcabouço que insere a Cosmologia na hierarquia do pensamento humano.

Conteúdo retirado do site:

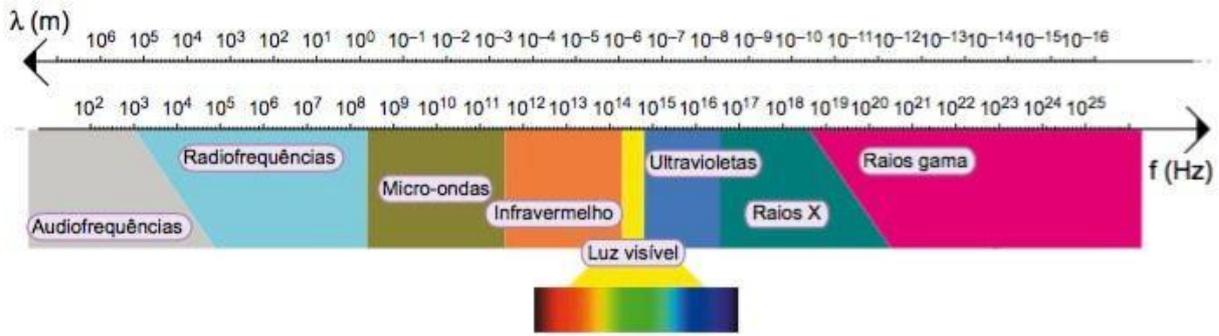
<http://www.das.inpe.br/cosmo/intro-cosmo/node1.html>

A que a cosmologia se propõe?

Ao observar o céu, o homem pode trabalhar para “definir” o tamanho do Universo, levando em conta as limitações dos instrumentos disponíveis e, conseqüentemente, da região acessível a seus olhos. Isso não quer dizer que não existam fenômenos além das regiões que conseguimos ver. Nosso universo tem as fronteiras tecnológicas (que serão superadas assim que dispusermos de instrumentos mais capazes) e as impostas pelas leis físicas.

Nesse caso estamos limitados pelas velocidades com que a radiação eletromagnética se propaga. Estendendo este raciocínio podemos imaginar que existem fenômenos astronômicos que já aconteceram, mas cuja informação (sinal eletromagnético na forma de ondas de rádio, por exemplo) ainda não chegou até nós porque a fonte encontra-se muito distante da Terra.

Além da questão da distância existe o problema de que a atmosfera da Terra absorve a radiação eletromagnética incidente em quase todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético. As únicas “janelas” visíveis do solo são a óptica e a faixa em rádio. A Figura abaixo apresenta um diagrama que relaciona os comprimentos de onda com suas faixas de absorção dentro da atmosfera terrestre.



Fonte: <https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/espectro-eletromagnetico>

Estudando a radiação eletromagnética que essas fontes emitem, pode-se estimar a que distância elas se encontram, mapear o Universo e procurar respostas para muitas das perguntas fundamentais formuladas pelo ser humano desde que começou a olhar para o céu... Neste caso, ainda estamos nos questionando sobre nossas origens:

Quem somos?

De onde viemos?

Para onde vamos?

Contudo, parte da motivação para o estudo da Cosmologia vem do aparecimento de questões mais recentes, relacionadas com o desenvolvimento da Ciência como um todo, tais como:

Como o Universo foi formado e como ele terminará?

Como as estruturas da matéria em grande escala funciona?

Qual o tamanho e a geometria do Universo?

O que se pode aprender sobre Física estudando o Universo?

As Leis da Física oferecem uma descrição aceitável da criação?

Nos dias de hoje, a pesquisa fundamental em Cosmologia envolve técnicas e instrumentação extremamente sofisticadas, muitas vezes desenvolvida especificamente para este tipo de pesquisa. No estudo de modelagem uma parte da motivação para se desenvolver os supercomputadores vem da necessidade de se usar capacidade de processamento mais e mais poderosa para simular a formação e evolução das primeiras galáxias.

Além disso, certas condições físicas no Cosmos são extremas e jamais poderão ser conseguidas na Terra, de modo que a Cosmologia associa-se à Física para utilizar o Universo como um grande laboratório. Finalmente, o apelo intelectual e o conhecimento das perspectivas sobre o Universo em que vivemos podem servir até como fator de orientação ética, direcionando as ideias do Homem e fornecendo parâmetros para nortear escolhas que podem definir o futuro da nossa espécie.

Cosmologia e o Universo em que vivemos

O objetivo final da Cosmologia é explicar o Universo em termos de uma teoria simples e esteticamente atraente. Entretanto, de todas as ciências, a Cosmologia é a mais exigente em termos de extrapolação de resultados e conceitos, já que as escalas de tempo e distância envolvidas nos problemas cosmológicos são da mesma ordem de grandeza da idade e tamanho do Universo que observamos.

Além disso, ao contrário de um experimento em laboratório, não podemos criar (ou não existem) vários universos para que possamos fazer uma análise estatística completa de suas propriedades. Aqui apresentaremos as maiores escalas de distância em que observamos a matéria agrupando-se. Elas são também as maiores observadas pelo ser humano e constituem o que chamamos de “Universo Observável”.

Ao estudarmos a distribuição de matéria no Universo, da forma apresentada nesta disciplina, por exemplo, partimos dos menores constituintes para o “todo”. É fácil perceber que existe uma hierarquia no Universo, em que matéria vai se juntando para formar uma determinada estrutura que, numa escala maior, comporta-se como uma pequena parte que será juntada às outras para formar uma estrutura ainda maior e assim sucessivamente, até um limite em que o Universo torna-se homogêneo, isto é, sem estruturas aparentes.

A teoria mais aceita no momento é que o Universo foi criado a partir de um estado inicial extremamente denso e quente, com fótons com energias inimagináveis e pares de partículas sendo criados e aniquilados a cada instante.

Como o Universo passou desse estado totalmente desorganizado (o “plasma primordial”) para o estado organizado que observamos hoje, aparentemente violando a Segunda Lei da Termodinâmica?

Essa é uma das perguntas que vamos tentar responder nesta aula.

As galáxias mais próximas são brilhantes e permitem um estudo mais detalhado de suas propriedades. À medida que observamos objetos mais e mais distantes, fica mais difícil medir a radiação emitida e por essa razão astrônomos e cosmólogos sempre estão desenvolvendo técnicas de observação e instrumentos mais sensíveis. Olhando “mais fundo” no Universo, é possível estimar a época de nascimento e a evolução das galáxias e a sua distribuição inicial no espaço. Essa distribuição descreve as chamadas estruturas em grande escala. Não sabemos exatamente em que época isso aconteceu, porque temos muito pouca informação sobre esse período do Universo, mas sabemos que isso deve ter acontecido quando o Universo tinha entre 100 milhões e 1 bilhão de anos de idade.

Em contraste, sabemos muito mais sobre o Universo mais jovem, com cerca de 380 mil anos de idade! Esse período é explorado a partir das informações que extraímos do estudo da Radiação Cósmica de Fundo de Microondas (doravante RCFM), descoberta por Arno Penzias⁴ e Robert Wilson⁵ em 1965, e da sua associação com o estado primordial denso e quente, do Universo, mencionado anteriormente.

A figura abaixo mostra a evolução do Universo com a Terra, nos dias de hoje. Conforme olhamos para pontos mais e mais longe, para a esquerda, olhamos para objetos mais e mais distantes de nós e, como consequência, cada vez mais jovens, pois mais distante no espaço significa mais distante no tempo, por conta do limite da velocidade da luz. Propriedades dos objetos mais próximos podem ser medidas diretamente com os equipamentos disponíveis atualmente para os astrônomos, de modo que a Figura é mais precisa no lado direito. À medida que nos afastamos, nosso conhecimento baseia-se menos nas observações diretas e mais nos cálculos e no conhecimento que temos sobre as leis da Física.



Fotografia em corte da história do Universo. Da esquerda para a direita a Evolução do universo até nós e além.

Como atividade de casa, direcionamos que os alunos assistissem ao filme Teoria de Tudo, disponível no site *youtube* no *link*:



<https://www.youtube.com/watch?v=WxXiuzTT-HE>



Fonte: <http://capasbrasilgratis3.blogspot.com/2015/03/a-teoria-de-tudo-filme-capa-dvd.html>

Sinopse

Baseado na história de Stephen Hawking, o filme expõe como o astrofísico fez descobertas relevantes para o mundo da ciência, inclusive relacionadas ao tempo. Também retrata seu romance com Jane Wilde, uma estudante de Cambridge que viria a se tornar sua esposa. Aos 21 anos de idade, Hawking descobriu que sofria de uma doença motora degenerativa, mas isso não o impediu de se tornar um dos maiores cientistas da atualidade.

Data de lançamento: 29 de janeiro de 2015 (Brasil)

Direção: James Marsh

Autora: Jane Hawking

Música composta por: Jóhann Jóhannsson

Prêmios: Oscar de Melhor Ator, MAIS

Após assistissem ao filme, tinham que responder a seguinte atividade:

1. O filme *A teoria de tudo* tem como enredo principal a vida do físico britânico Stephen Hawking:

a) Quem é Stephen Hawking no mundo da Ciência?

b) Quais seus principais trabalhos?

2. Por que o filme recebe o nome Teoria de Tudo?

3. O que Stephen Hawking procura descobrir ao longo de suas pesquisas?

4. Podemos apontar pelo menos três contribuições de peso acertadamente salientadas no filme. Descreva quais são elas?

5. Faça uma descrição entre o filme e o estudo de Cosmologia.

Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57/doc/publicacao.pdf?metadatarpository=sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57.41&mirror=sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/03.17.15.17.24>

AULA 17

- ✓ Objetos do conhecimento

COSMOLOGIA

- ✓ Objetivos específicos
 - O Modelo Cosmológico Padrão;
 - Estrutura e Evolução;
 - O Suporte Observacional do Big Bang;
 - A Escala de Distância Cosmológica

Nesta aula, trata-se de falar sobre o modelo cosmológico, a estrutura e evolução do Universo, do observacional Big bang, e da escala de distância cosmológica. Antes de iniciar o conteúdo, deve-se fazer o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos a partir das seguintes questões:

- De que o Universo é formado?
- Existem outras Galáxias além da nossa?
- Como a Cosmologia faz para explicar a organização do universo?
- A partir do Big Bang, como e quando as Galáxias foram formadas?
- Como são utilizadas as medidas de distância para essa ordem de grandeza?

Depois de fazermos esses questionamentos, inicia-se a exposição do conteúdo em a partir dos textos a seguir:

O Modelo Cosmológico Padrão

Até cerca de 1950, a Cosmologia era uma ciência essencialmente teórica, com praticamente nenhum suporte observacional ou atividade experimental que pudesse validar os modelos de Universo então vigentes. Esses modelos possuíam as mais diversas características e a imensa maioria evoluiu a partir das soluções das equações da Teoria da Relatividade Geral, ou TRG, onde Albert Einstein propôs a descrição do movimento de corpos em referenciais acelerados. Nos últimos dez anos, alguns fatos experimentais, em conexão com a TRG, criaram um paradigma de modelo cosmológico, conhecido como Modelo Cosmológico Padrão, (doravante MCP). Embora não seja um consenso na comunidade científica, o MCP é o que melhor descreve o Universo que observamos e baseia-se nos seguintes pontos:

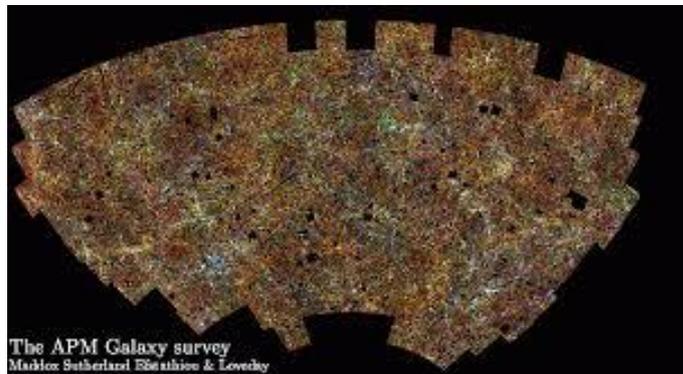
I – Não há região ou observador no espaço que ocupe uma posição preferencial em relação a outra qualquer. Essa afirmativa é conhecida como Princípio Cosmológico.

II – Universo é homogêneo e isotrópico em escalas suficientemente grandes;

III – A exigência da RCFM, a grande abundância de determinados elementos químicos leves (hidrogênio, deutério, hélio e lítio) e a observação da velocidade relativa de afastamento de galáxias distantes, que são observações que dão consistência ao MCP.

O item 1 foi enunciado originalmente por Nicolau Copérnico em fins do século XV, recebendo o nome de Princípio Copernicano⁶ e vem sendo utilizado na imensa maioria dos modelos cosmológicos desde então. Como praticamente todos os processos, observados na evolução das estrelas e galáxias, podem ser descritos em termos da Física conhecida, acredita-se que as leis que descrevem os fenômenos físicos da nossa Galáxia são as mesmas em qualquer parte do Universo.

Essa crença vem de podermos observar e descrever fenômenos que ocorrem em galáxias distantes com exatamente o mesmo formalismo matemático usado para descrever fenômenos locais. O item 2 vem foi verificado com mais detalhes nos últimos anos com base em resultados de diversos levantamentos de distâncias de galáxias é uma propriedade observada nas linhas espectrais das galáxias, que são deslocadas para maiores comprimentos de onda, na direção da parte vermelha do espectro eletromagnético (região de menor energia). Esse deslocamento é tanto maior quanto mais distante estiver a galáxia observada.



Fonte: http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/pdfs/apostila_completa_2018.pdf

Levantamento de galáxias APM, contendo 2 milhões de galáxias e 10 milhões de estrelas, cobrindo cerca de 4.000 graus quadrados, em torno do Polo Sul Galáctico. Os buracos são áreas excluídas em torno de estrelas brilhantes e aglomerados globulares.

O vídeo a seguir, são imagens do telescópio Hubble mostrando a dimensão do Universo, deve ser visto durante a aula, está disponível no youtube no link:



[https://www.youtube.com/watch?v=iyDRv1iSjxY,](https://www.youtube.com/watch?v=iyDRv1iSjxY)



The very best of Hubble in 4K Ultra HD NASA ESA beautiful space music

Estrutura e Evolução

Quando observamos o Universo, verifica-se que as galáxias distantes estão se afastando umas das outras e ocorre que uma explicação para isso é que o Universo está em expansão. Isso levou a pensar que ele teve um começo! Para se saber quando foi este começo devemos vencer o desafio de medir seu tamanho, idade e forma.

Por tamanho entende-se a maior distância que podemos estudar; a idade é contada em relação ao instante zero e a forma está ligada à geometria do Universo, que é definida pela quantidade de matéria existente, visível ou não.

A Cosmologia tenta traçar um perfil da evolução do Universo de seu início denso e quente, quando o Universo era composto de uma mistura de gás e radiação em equilíbrio térmico, para o estado extremamente complexo e diversificado que vemos hoje, com galáxias, estrelas e planetas concentrados em certas partes do céu e regiões vazias em outras.

As estruturas parecem ter sido formadas a partir de pequenos desvios do equilíbrio no Universo jovem e a força da gravidade fez com que regiões mais densas (com mais matéria) se expandissem mais lentamente e se aglutinassem para formar as galáxias. Ainda assim pouco se sabe sobre esse processo de evolução.

Quanto tempo depois do BIG BANG a matéria levou para se aglutinar em galáxias? E quanto tempo foi gasto na formação das primeiras estrelas e planetas? O processo aconteceu das pequenas para as grandes estruturas, com estrelas e aglomerados de estrelas se formando primeiro e se juntando para formar galáxias (uma evolução hierárquica conhecida como “bottomup” – de baixo para cima), ou aconteceu ao contrário, com os enormes superaglomerados se fragmentando em nuvens menores que formaram estruturas do tamanho das galáxias (conhecido também como “top-down” - de cima para baixo)?

Para exemplificar como a matéria do Universo se aglutinou depois do Big Bang, veja um vídeo que mostra como isso aconteceu a partir da explosão disponível no *youtube* no link:



(<https://www.youtube.com/watch?v=u075D8tkybo>),



O destino do Universo será determinado pela sua densidade média, que está, por sua vez, ligado à geometria e à taxa de expansão. Se a densidade for baixa, o Universo seguirá eternamente no processo de expansão em que se encontra atualmente. Entretanto, se a densidade for maior do que certo valor crítico (da ordem de 10^{29} g.cm³), a força da gravidade poderá ser capaz de frear e mesmo reverter esse processo de expansão, fazendo com que o Universo se contraia e, eventualmente, termine sua “vida” numa grande contração (O Big Crunch).

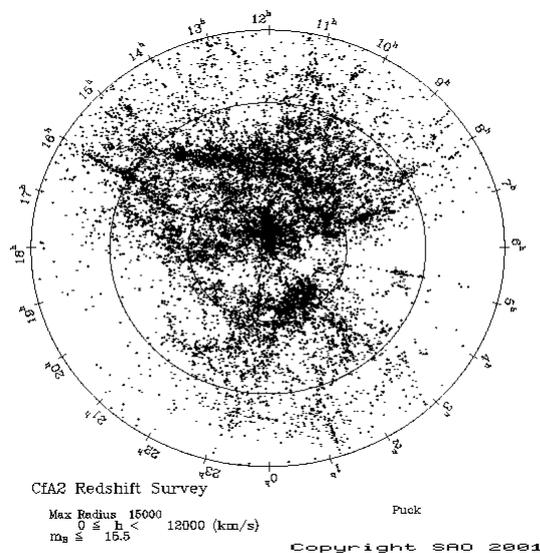
Finalmente, nesta época sabemos que existem fortes evidências de que o Universo é composto de algo desconhecido, na verdade, cerca de 97% da composição do Universo é desconhecida. Dividimos essa parte desconhecida entre matéria e energia escuras: os termos serão explicados mais à frente. Como 97% da composição do Universo é constituída de matéria e energia escuras, para conhecer seu destino – e o nosso também – é necessário determinar o que são esses componentes e como eles influenciam na dinâmica do Universo.

O Suporte Observacional do Big Bang

Embora a intensidade da RCFM seja extremamente uniforme em todo o céu, a distribuição local de galáxias é extremamente irregular, com flutuações na densidade de galáxias por volume sendo extremamente alta. Mapas dessa distribuição, feitos a partir da medida de seus “redshifts”, revelam um padrão notável de estruturas semelhantes a filamentos

conectando concentrações de galáxias entremeadas com regiões vazias e aproximadamente esféricas.

A Figura abaixo é resultado de anos de levantamentos de espectros durante as décadas de 70, 80 e 90, inicialmente com telescópios relativamente modestos, posteriormente com o Telescópio espacial Hubble¹. Essa distribuição de galáxias, filamentos e vazios é conhecida como estrutura em grande escala. Vamos apresentar agora o suporte observacional mencionado anteriormente. Estas informações capazes de traçar o perfil de evolução do Universo desde seus primeiros instantes até nossa era.



Fonte: <https://www.cfa.harvard.edu/~dfabricant/huchra/>

Levantamento de galáxias em função do “redshift”, feito pela equipe do Center for Astrophysics (CfA) nas décadas de 70, 80 e início dos 90. O centro da figura representa o observador, ou seja, nós. As galáxias mais distantes nesse levantamento possuem velocidade de recessão de 12.000 km/s, que corresponde a um redshift de 0,04.

A Escala de Distância Cosmológica

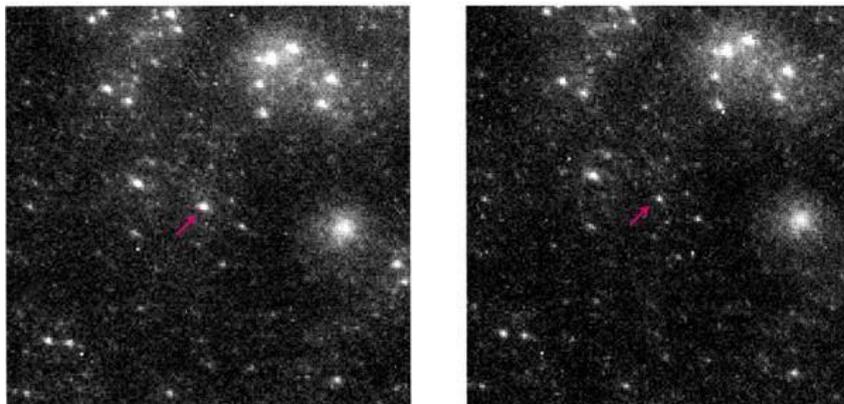
Todo o estudo da astronomia depende, fundamentalmente, de se conhecer a que distância se encontra o objeto estudado para, a partir daí, se determinar o seu brilho intrínseco e estudar as propriedades da radiação que chega até nós. Historicamente, os modelos cosmológicos concebidos pelo Homem envolviam a Terra, a Lua, o Sol, os planetas e as estrelas distantes e, desde o tempo da civilização grega tem-se feito determinações do tamanho da Terra e das distâncias Terra-Sol e Terra-Lua.

O aparecimento dos telescópios, no séc. XVII, só veio aumentar a necessidade de se “mapear a estrada cósmica”, começando com a nossa vizinhança mais próxima. A ideia

(acredita-se que inicialmente formulada por Emanuel Kant) de que nebulosas elípticas eram na verdade aglomerados enormes de estrelas, trouxe ao Homem a necessidade de entender melhor os diferentes objetos que ele avistava no céu. A descoberta dos aglomerados de galáxias e da expansão do Universo, no séc. XX, acentuou esse problema.

Os astrônomos resolveram, então, sistematizar as maneiras de determinar as distâncias até esses objetos, para poder realizar o “mapeamento cósmico”. Nessa seção vamos estabelecer as bases para a discussão, feita no capítulo sobre Cosmologia, que diz que quanto maior a distância que um objeto se encontra de nós, maior a velocidade com que ele se afasta. A pergunta que vamos responder nessa seção é como os astrônomos medem as distâncias aos objetos extragalácticos.

Conforme comentado nos capítulos anteriores, medidas de paralaxe são utilizadas para estimar as distâncias a estrelas próximas. Entretanto, os erros nessas medidas limitam o uso das paralaxes a distâncias inferiores a cerca de 100 anos-luz. Estrelas Cefeidas e estrelas Novas podem ser usadas para medir distâncias na nossa Galáxia e até galáxias próximas.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/galax/index.htm>

Uma cefeída na galáxia IC4182, $(m-M) = 28.36 \pm 0.09$, observada pelo Telescópio Espacial Hubble.

Eles possuem características bastante marcantes (tais como a intensidade do brilho ou a variabilidade regular) que permitem sua identificação em outra galáxia. A comparação é feita entre objetos do mesmo tipo, cuja paralaxe de um deles tenha sido determinada. Como a intensidade da luz emitida decai com o inverso do quadrado da distância entre fonte e o observador, é possível estimar a distância até objetos mais distantes.

Os métodos utilizando Cefeídas permitem medidas razoavelmente seguras de distâncias até cerca de 10 milhões de anos luz; a partir daí torna-se mais e mais difícil identificar Cefeídas individuais nas galáxias. Para atingir distâncias maiores é necessário utilizar outros calibradores padrão (velas padrão), cujo brilho e/ou tamanho angular intrínsecos conhecidos

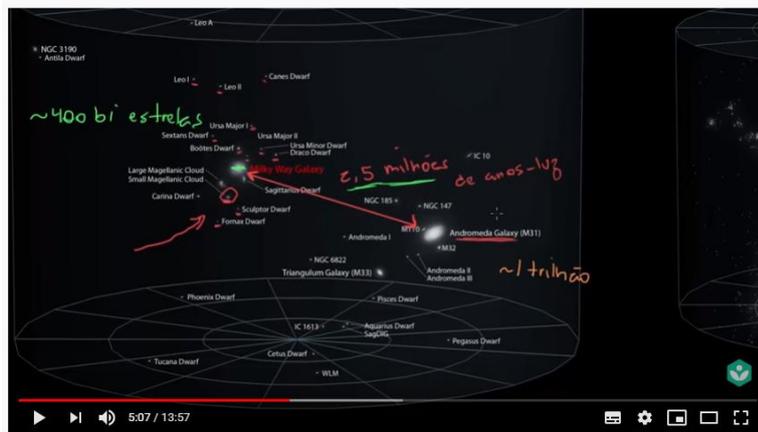
podem ser comparados ao brilho e tamanho de objetos semelhantes, mas localizados a distâncias menores.

Naturalmente, o truque nesse processo é ter certeza que escolhemos um critério adequado para reconhecer que observamos o mesmo tipo de objeto visto na nossa vizinhança, neste caso usa-se o decaimento do brilho de supernovas do tipo Ia₃, que são detectáveis em galáxias mesmo nas imensas distâncias envolvidas. Com o “mapeamento da estrada cósmica” até algumas centenas de milhões de anos-luz da Terra, uma nova questão aparece claramente aos astrônomos: por que existem algumas escalas de aglutinação preferenciais no Universo? Em outras palavras, por que o Universo segue uma hierarquia de distribuição de matéria, mas somente até um certo ponto?

Para entendermos melhor como é são feitas as medidas e escalas de distâncias, veja o vídeo disponível no *youtube* no link:



https://www.youtube.com/watch?v=E-w_9c6muRM.



Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

<http://mtcm16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57/doc/publicacao.pdf?metadatarepository=sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57.41&mirror=sid.inpe.br/mtcm18@80/2008/03.17.15.17.24>

Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Imagem Geosistemas São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.



Lista de exercícios

01. Por que os cosmólogos acreditam que o Universo está se expandindo?

- Porque é muito difícil detectar a luz de galáxias distantes.
- Porque a luz das galáxias distantes está deslocada para o vermelho.
- Porque a temperatura do Universo está cada vez mais fria.

02. Qual característica observada no nosso Universo visível não é explicada no Big Bang?

- A ausência de cargas magnéticas isoladas, os monopolos.
- A temperatura da radiação cósmica de fundo.
- A maior abundância de hidrogênio em relação ao hélio.

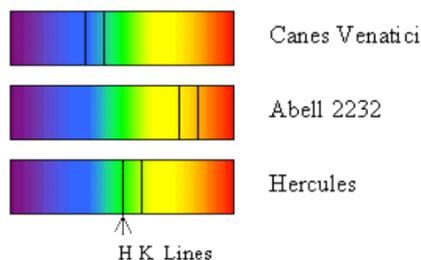
03. Como se acredita que tenham sido construídos os elementos pesados como carbono e ferro?

- Pelo confinamento de quarks e gluons em bárions e mésons.
- Pelo desacoplamento da matéria e da radiação.
- Pela fusão nuclear de núcleos leves no interior das estrelas, seguido da sua ejeção pelas explosões de supernovas.

04. Qual é a ideia principal do modelo de Copérnico?

- A Terra está em rotação e, juntamente com os outros planetas, executa um movimento de revolução em torno do Sol estacionário.
- A Terra está em rotação e é o único planeta que gira em torno do Sol.
- A terra não está em rotação, mas gira em torno do Sol.

05. Qual das três galáxias abaixo apresenta o maior redshift?



- Canes Venatici
- Abell 2232
- Hercules

06. Por que a expansão do Universo não era conhecida antes do século XX?

- Porque a teoria da relatividade geral ainda não havia sido desenvolvida.

- b) Porque é muito difícil medir as distâncias das estrelas e galáxias.
- c) Porque o princípio cosmológico ainda não havia sido descoberto.

07. A taxa de expansão universal está ...

- a) diminuindo porque a gravitação sendo atrativa sempre atua como um freio gradual.
- b) Se mantém constante no tempo, porque é uma condição inicial.
- c) está acelerando devido à influência da energia escura.

08. A principal evidência de que o Universo é constituído principalmente de energia escura se deve a:

- a) medidas da densidade de matéria no sistema solar.
- b) determinação da distância ao aglomerado de Coma.
- c) determinação de distâncias dos quasares.
- d) medidas de supernovas extremamente distantes.

AULA 18

- ✓ Objetos do conhecimento

COSMOLOGIA

- ✓ Objetivos específicos
 - Hierarquias;
 - Distâncias Típicas;
 - Matéria Escura; Energia Escura

Nesta aula, deve ser abordado o assunto sobre as hierarquias das Galáxias, as distâncias entre elas, e o conceito de matéria escura. Para iniciarmos o conteúdo, deve ser feito alguns questionamentos a respeito do conhecimento prévios dos alunos:

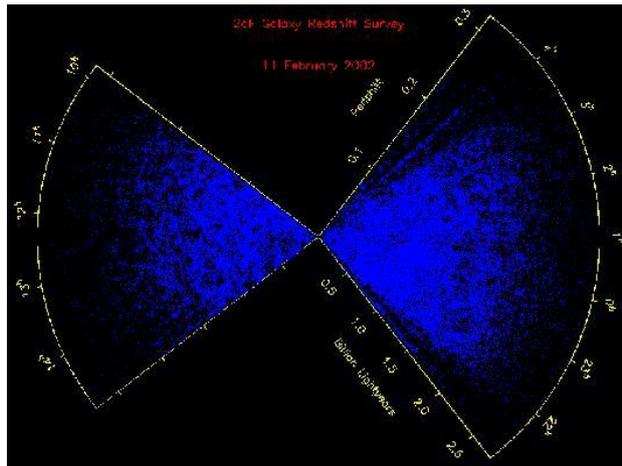
- De que maneira a Cosmologia organiza o estudo das Galáxias?
- Como são medidas as distâncias entre as Galáxias?
- O que é matéria escura?
- O que leva o homem a buscar informações sobre Universo?

Após a discursão, deve ser feita a exposição da aula a partir dos textos a seguir:

Hierarquias

Se tirarmos uma “radiografia” do Universo, veremos que sua estrutura é hierárquica. Além das galáxias em pares, observamos grupos (constituído de alguns poucos a algumas dezenas de objetos, num raio de cerca de 1 milhão de anos-luz – essa é a hierarquia mais comum, com a maior parte das galáxias sendo encontradas em grupos), aglomerados (alguns milhares de objetos, num raio de cerca de 10 milhões de anos luz) e superaglomerados (contém cerca de 100 a 1000 aglomerados num raio de aproximadamente 100 milhões de anos-luz).

Encontramos uma espécie de parede de galáxias a uma distância de aproximadamente 450 milhões de anos-luz e, a partir daí, não existe nenhuma evidência de outro nível na hierarquia de aglutinação da matéria (figura abaixo).Aparentemente, ao tentar enxergar o Universo além de 450 milhões de anos-luz não encontramos nenhuma estrutura porque estamos olhando para uma região/época em que as galáxias ainda não haviam se formado. Conforme mencionamos antes, olhar para os confins do Universo é a mesma coisa que observar regiões num passado remoto, perto da época em que o próprio Universo se formou.



A distribuição de galáxias no Universo próximo feita pelo 2dF Survey

Fonte: <https://vintage.portaldoastronomo.org/noticia.php?id=55>

O aglomerado mais próximo de nós é o aglomerado de Virgem, localizado a cerca de 50 milhões de anos-luz (na direção da constelação de Virgem). Ele contém cerca de 200 galáxias brilhantes, das quais 68% são espirais, 19% são elípticas e o resto é constituído de galáxias irregulares ou não classificadas. Localizado a cerca de 350 milhões de anos-luz, o aglomerado de Coma é o segundo mais próximo e contém alguns milhares de galáxias de todos os tipos já comentados. Ao contrário de Virgem, em Coma a maioria das galáxias são elípticas ou S0 (cerca de 80%) e somente uns 15% são classificadas como espirais ou irregulares.

Dois características são notáveis nos aglomerados ricos como Coma:

- a) a relativa ausência de galáxias espirais
- b) a existência de uma ou duas supergigantes elípticas próximo ao centro do aglomerado.

Distâncias Típicas

Estamos acostumados, no nosso dia a dia, a pensar e trabalhar com distâncias e medidas em termos das nossas próprias dimensões; quando precisamos pensar em coisas muito grandes e muito pequenas, dimensões menores que décimos ou centésimos de milímetros, ou milhares de quilômetros já são difíceis de quantificar mentalmente. Se pensarmos, então, nas distâncias típicas que envolvem os fenômenos astronômicos, veremos que elas se encontram, muitas vezes, além da nossa realidade e mesmo da imaginação. Vamos montar uma tabela que nos mostra, em termos gerais, as relações de tamanho entre objetos no Universo que conhecemos:

| RAIO (METROS) | OBJETOS CARACTERÍSTICOS |
|---------------|--|
| 10^{26} | Universo observável |
| 10^{24} | Superaglomerados de galáxias |
| 10^{23} | Aglomerados de galáxias |
| 10^{22} | Grupos de galáxias |
| 10^{21} | Nossa Galáxia (Via Láctea) |
| 10^{18} | Nebulosas gigantes |
| 10^{12} | Sistema Solar |
| 10^{11} | Atmosfera exterior das estrelas gigantes vermelhas |
| 10^9 | Sol |
| 10^8 | Planetas gigantes (Júpiter, p. ex.) |
| 10^7 | Estrelas anãs, planetas como a Terra |
| 10^3 | Asteróides, núcleos de cometas |
| 10^4 | Estrelas de nêutrons |
| 1 | Seres humanos |
| 10^{-2} | Molécula de DNA (eixo longo) |
| 10^{-5} | Células vivas |
| 10^{-9} | Molécula de DNA (eixo curto) |
| 10^{-10} | Átomos |
| 10^{-14} | Núcleos dos átomos pesados |
| 10^{-15} | Prótons e nêutrons |
| 10^{-35} | Escala de Planck; quantum de espaço |

É interessante frisar que, em Astrofísica Extragaláctica e Cosmologia, os trabalhos são realizados em um campo onde as distâncias são maiores que um ser humano pode imaginar; algo entre 22 e 26 ordens de grandeza maior que suas próprias dimensões! Não é de se admirar que, ao extrapolar as distâncias para valores cada vez maiores, as incertezas envolvidas sejam também grandes. Tipicamente, a incerteza sobre o tamanho do Universo e, indiretamente, sobre sua idade, vem dos problemas em se calibrar e extrapolar a distância até os objetos mais distantes. Como vimos A Lei de Hubble, pode ser usada para estimar as dimensões típicas do nosso Universo.

Matéria Escura? Energia Escura?

Na década de 80, a astrônoma Vera Rubin acumulou observações sobre um fato bastante estranho, ao estudar as curvas de rotação das galáxias espirais. Elas não giravam como era esperado pela gravitação newtoniana e na Relatividade Geral, e a diferença era grande. Devido à grande diferença observada entre a curva da galáxia e a curva do disco, foi levantada a hipótese que o halo continha muito mais matéria do que o imaginado e que essa matéria somente sofria a ação da gravidade, não emitindo nenhum tipo de radiação eletromagnética.

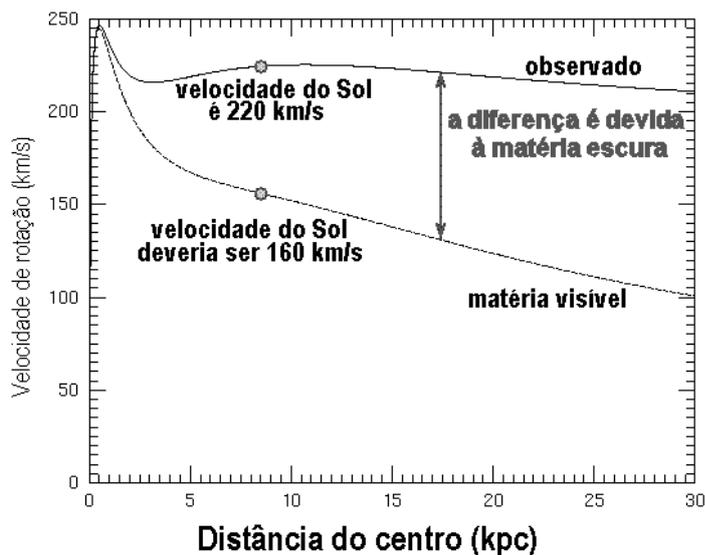
Daí o nome “MATÉRIA ESCURA”. Pode-se mostrar que a curva de rotação de uma galáxia espiral deve variar em função da posição do elemento de massa com a distância até o centro. A relação entre a energia potencial gravitacional e a energia cinética de um elemento de matéria a uma distância r do centro da Galáxia, de acordo com a 2ª lei de Newton, é dada por:

$$G \frac{m.M}{r^2} = m \frac{V^2}{r}$$

E determinando uma relação para a massa contida dentro de uma esfera de raio R, obtemos:

$$M = \frac{V^2 \cdot r}{G}$$

O que sugere que, a velocidade deve aumentar proporcionalmente à massa e, fora dos limites do objeto, cair rapidamente a zero³. A Figura abaixo mostra as curvas de velocidade de rotação devidas ao disco, gás e halo de uma galáxia espiral típica. Ela nos mostra algo completamente inesperado: a curva combinada da Figura deveria cair como a curva do disco, caso a matéria do halo fosse desprezível em relação à massa do disco.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/vialac/node5.htm>

Entretanto, nota-se claramente que a velocidade do halo também cresce e, para raios maiores que os raios determinados por meio de observações ópticas, tende à velocidade de toda a Galáxia. As estimativas dinâmicas (via leis de Newton) dessa matéria não-luminosa ou “escura” indicam que ela é quase 10 vezes maior que a quantidade de matéria comum ou bariônica, como pode ser visto na Tabela mostrada a seguir. Pode-se argumentar que também existe matéria escura bariônica: anãs negras, nuvens moleculares frias (“escuras”) e outros objetos que não emitem luz visível.

A resposta é que sempre será possível tentar medir esses objetos feitos de bárions por meio da emissão infravermelho ou rádio. Quanto à matéria não-bariônica, ela somente pode

ser percebida através de efeitos da gravidade; pois não emite radiação eletromagnética. Para ela existem diversos candidatos, entre eles o neutrino, que é o mais conhecido.

Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

<http://mtc->

m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57/doc/publicacao.pdf?metadataarepository=sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57.41&mirror=sid.inpe.br/mtc18@80/2008/03.17.15.17.24

Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Imagem Geosistemas São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.



Lista de exercício

01. Qual das respostas seguintes NÃO resulta da lei de Hubble?
 - a) O Universo está se expandindo.
 - b) Nós estamos no centro do Universo.
 - c) O Universo teve um início.
 - d) O Universo já foi mais denso do que é atualmente.

02. A idade do Universo a partir da sua taxa de expansão é da ordem de:
 - a) 1 bilhão de anos.
 - b) 10 bilhões de anos.
 - c) 100 bilhões de anos.
 - d) 1000 bilhões de anos.

03. A Maior parte do hélio presente no Universo foi produzido:
 - a) nas estrelas.
 - b) nos quasares.
 - c) na época em que a radiação de fundo se desacoplou.

d) nos primeiros 10 minutos da expansão.

04. Qual das afirmativas seguintes não é correta em relação à radiação de fundo?

- a) é igualmente brilhante em todas as direções.
- b) é devida à contribuição acumulada das estrelas em galáxias distantes.
- c) é mais brilhante na região de microondas do espectro eletromagnético.
- d) se desacoplou da matéria cerca de 1 milhão de anos após o Big Bang.

05. Suponha que o nosso Universo tenha curvatura positiva. Qual das afirmativas seguintes é FALSA?

- a) o Universo tem um centro.
- b) o Universo deve eventualmente se contrair.
- c) O Universo tem um volume finito.
- d) o Universo não tem fronteiras.

06. Como poderíamos em princípio dizer se o espaço é plano ou se tem curvatura positiva?

- a) descobrindo se o Universo tem um centro.
- b) descobrindo as fronteiras do Universo.
- c) determinando a existência da radiação de fundo.
- d) medindo a soma dos ângulos internos de um triângulo muito grande.

07. O que aconteceria se a densidade de massa do Universo for inferior à densidade crítica?

- a) O Universo deve se contrair em algum momento.
- b) O Universo se contrai e então rebate em uma nova expansão.
- c) O Universo para de se expandir, mas não se contrai.
- d) O Universo expande para sempre.

08. Porque não podemos observar a radiação produzida durante os primeiros 300 000 anos da história do Universo?

- (a) porque ela foi sendo absorvida e reemitida continuamente.
- (b) porque ainda não teve tempo de chegar até nós.
- (c) porque ela foi defletida por buracos negros.
- (d) porque já passou por nós há alguns bilhões de anos atrás

AULA 19

- ✓ Objetos do conhecimento

COSMOLOGIA

- ✓ Objetivos específicos
 - O Futuro do Universo;
 - A corrida espacial;
 - Veículos Espaciais

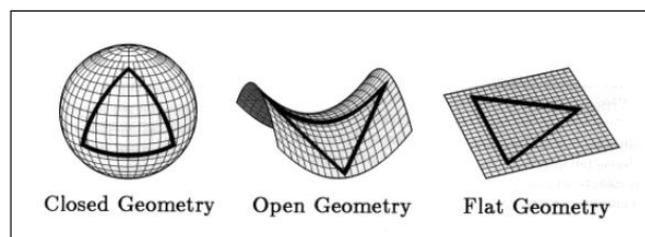
Chegamos ao final do curso, e finalizando as atividades do módulo II. Nesta aula, será abordado os assuntos sobre o futuro do universo e dois tópicos sobre Astronáutica: corrida espacial e ônibus espaciais. Para iniciar a aula, seguindo a teoria da aprendizagem significativa, utilizamos as perguntas que investigam o conhecimento dos alunos sobre o assunto a ser estudado. Nesse contexto, deve-se fazer as seguintes perguntas:

- Com base na Cosmologia: de onde viemos?
- Onde estamos?
- Para onde vamos?
- O Universo é finito ou infinito?
- O que falta ser descoberto?
- Onde podemos chegar com o avanço da ciência?

Feita essa discussão, apresenta-se o conteúdo da aula a partir dos textos a seguir:

O Futuro do Universo

A questão do futuro do Universo está ligada, diretamente, à quantidade de matéria que o Universo possui. A combinação da matéria comum (formada de prótons, nêutrons e elétrons), matéria e energia escura (que não sabemos exatamente do que é feita) determina a dinâmica do Universo (expansão retardada ou acelerada) mas também a geometria (se ele é um Universo aberto, fechado ou plano). A combinação de matéria ordinária, matéria escura e energia escura definem a geometria do Universo, que pode ser esférica, plana ou hiperbólica¹.



Fonte: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br>

A geometria define a dinâmica do Universo. Essa força depende da densidade média de matéria-energia no Universo. A densidade de matéria atual do Universo não é suficiente para interromper a expansão ($\Omega = 0,27$) e, pensando somente em termos de matéria, a geometria seria aberta e o Universo se expandiria para sempre. Entretanto, a densidade de energia escura, que funciona como uma pressão negativa e é responsável pela expansão acelerada do Universo, contribui para a densidade total, fazendo com que ela torne-se igual a 1.

Se a densidade total fosse maior que a densidade crítica, c , a expansão seria interrompida e o movimento se inverteria, conduzindo o Universo a um colapso, ou “BIG CRUNCH”. Para valores menores que c a expansão aconteceria eternamente. O valor de c é facilmente calculado. Ele depende da inclinação da reta na Figura abaixo e do valor da constante de gravitacional G . A melhor estimativa é que $c \sim 10^{-29} \text{ g.cm}^{-3}$.

Conforme foi discutido antes, toda a matéria que forma a nossa galáxia, outras galáxias e aglomerados pode ser estimada por meios dinâmicos, isto é, aplicando-se as leis de Newton e as leis de conservação de energia.

Essa relação entre a energia cinética (que quantifica o movimento das galáxias) e a energia gravitacional (que “atrapalha” o movimento, tendendo a puxar as galáxias umas ao encontro das outras) é chamada de teorema do Virial.

Para simplificar o estudo do futuro do Universo, veja o vídeo disponível que exemplificar o que segundo algumas das teorias poderá acontecer, disponível no *site youtube* no *link*:



<https://www.youtube.com/watch?v=ZZDEj8TfI>,



Como sugestão, segue a dica do vídeo que também retrata como será o futuro do universo, especificamente a Via-Láctea. Disponível no youtube no link:



<https://www.youtube.com/watch?v=uD4izuDMUQA>



Devido a estudos dos resultados da aplicação do teorema do Virial, existe a conclusão que a quantidade de matéria escura no Universo é cerca de 10 vezes maior do que a quantidade de matéria normal. Ao longo deste texto podemos ressaltar também, um fato notável: toda a dinâmica da evolução do Universo obedece a um delicado equilíbrio de forças, uma espécie de “cabo de guerra” entre a força da gravidade e diversas outras forças que, em diferentes épocas da vida de um sistema planetário, de uma estrela, de um aglomerado de galáxias, atuam contrabalançando a tendência da gravidade de atrair os corpos. Então, se imaginarmos que o Universo não tem matéria suficiente para interromper completamente o processo de expansão, o que vai acontecer com o passar do tempo?

Bom, estrelas se formam de nuvens de hidrogênio... daqui a muitos bilhões de anos, teremos a seguinte situação: todo o hidrogênio disponível para virar estrela terá sido consumido nas reações nucleares e os átomos que não foram consumidos então não terão mais como se agrupar para formar estrelas, porque a expansão terá separado as nuvens que são, naturalmente, o local onde acontece formação de estrelas. E as galáxias? Nas galáxias de campo, que se encontram sozinhas, as estrelas mais velhas já terão queimado todo o seu combustível e a galáxia apagará, porque não haverá mais formação estelar.

As galáxias que se encontram em grupos e aglomerados, provavelmente entrarão em estado de equilíbrio gravitacional ou então se fundirão em um só objeto. O que acontece com as estrelas das galáxias de campo também acontecerá, mais cedo ou mais tarde, com as galáxias em grupos: elas “apagarão”. Juntando a isso as consequências da Segunda Lei da Termodinâmica, que diz que, sempre que acontece um evento irreversível no Universo, a entropia (que pode ser comparada ao grau de desorganização de um determinado sistema)

permanece constante ou aumenta, caminhamos então para um estado em que não haverá mais energia disponível no Universo para que aconteçam eventos quaisquer.

Além disso, após cerca de 1032 anos os constituintes básicos da matéria, feitas principalmente de prótons, devem decair, aumentando o campo de radiação e “decompondo” toda a matéria existente no Universo.

O Universo estará, então, no seu estado de energia mínima – onde não há como perturbá-los sem que mais energia seja introduzida – e entropia máxima, caminhando para seus momentos finais. Se não houver nenhum processo inesperado que modifique esse quadro (e que nem podemos imaginar direito qual seja), estaremos presenciando a morte térmica do Universo. Essa é uma das consequências naturais de um modelo de Universo que começa com um BIG BANG e cuja quantidade de matéria não é suficiente para interromper o processo de expansão. Por outro lado, caso a densidade fosse maior do que ρ_c , e supondo que vivemos num Universo que começou com uma grande explosão, teríamos um instante (não sabemos exatamente quando) em que a expansão do Universo seria interrompida e ele começaria a se contrair.

A gravidade puxaria então os corpos novamente uns de encontro aos outros e, seguindo as leis da Termodinâmica, a temperatura do Universo novamente aumentaria. Com a diminuição do volume e aumento gradual da densidade, teríamos uma contração acelerada e o final desse processo seria um “BIG CRUNCH”, com o Universo voltando a uma singularidade e levando consigo todo o espaço-tempo.

O quadro atual das observações praticamente descarta essa possibilidade, mas modelos cíclicos e estacionários ainda são estudados e tem um atrativo teórico interessante, que é justificar o processo de criação contínua de matéria. Ainda não sabemos responder se as ideias sobre a morte térmica do Universo apresentadas acima acontecerão exatamente desse modo. As questões formuladas pelos cientistas que trabalham com a física de partículas se juntam às dos cosmólogos nessa tentativa de definir qual será o futuro do Universo que hoje observamos. Para terminar de montar o quadro, as respostas procuradas pela Cosmologia são cruciais, pois o valor da taxa de expansão do Universo, sua idade e composição química são essenciais para entender o quebra-cabeças cosmológico.

CONCLUSÃO

A Cosmologia é uma ciência que trabalha para tentar entender o conteúdo, estrutura e evolução do Universo, lidando com enormes tempos e distâncias. Ela tenta também entender como o Universo jovem se comportou sob condições extremas de densidade, temperatura e energia. Teóricos, observadores e experimentalistas estão desenvolvendo uma grande variedade

de técnicas e instrumentos para responder as questões fundamentais que levantamos ao longo desse capítulo.

O progresso ao longo dos últimos 30 anos foi enorme, mas na década de 90, em particular, a Cosmologia tornou-se o que chamamos de ciência madura, dispondo de uma enorme quantidade de dados, informações diversas e teoria e instrumentação avançando rapidamente. Observações recentes do satélite WMAP e de outros experimentos responderam algumas das questões sobre a história térmica e a evolução do Universo.

Observações das estruturas em grande escala vêm sendo feitas por diversos grupos no mundo, usando dados de telescópios no solo e a bordo de satélites (Telescópio Hubble). Nosso conhecimento sobre a distribuição e movimento peculiar (causado pela distribuição de massa no Universo) das galáxias ainda é incompleto, mas já temos uma boa ideia do Universo que nos cerca e de suas propriedades físicas mais importantes. Uma nova geração de experimentos (telescópios gigantes, satélites e experimentos cuja tecnologia teve que ser desenvolvida especialmente para eles) estão fazendo ou planejam fazer novas medidas e estudar o Universo de formas inimagináveis há 25 anos atrás.

Estimativas da idade do Universo e da quantidade de matéria escura estão em andamento, com o Telescópio Espacial Hubble, diversos levantamentos de objetos em diferentes comprimentos de onda (2MASS, 2dF, SDSS, SDOSS, SNI, objetos Lyman α , etc.). O INPE participa ativamente em vários desses projetos, tanto para estudar a RCFM quanto no estudo de simulações de interação de galáxias.

Esperamos um enorme avanço no entendimento da evolução das galáxias e das estruturas em grande escala nesta década. Ainda não sabemos exatamente qual é a natureza da matéria escura ou da energia escura, mas certamente ambas são resíduos do Universo jovem. Vários experimentos estão em andamento para detectar ou eliminar candidatos, como os experimentos de neutrinos e WIMPS (Weak Interactive Massive Particles) KamLand, Edelweiss, Sudbury.

O estudo da distribuição de supernovas tipo I distantes permite descrever a expansão acelerada do Universo e, em consequência, conhecer melhor as propriedades da energia escura. Os problemas principais que a Cosmologia tenta resolver são bem formulados, mas muitas das soluções tem permanecido obscuras por décadas. Finalmente, com o aumento da quantidade de informações obtidas a partir do avanço dos experimentos, computadores e o consequente avanço da teoria, uma boa parte das questões fundamentais apresentadas nesse capítulo estão começando a ser resolvidas.

Vários dos pesquisadores da DAS estão diretamente envolvidos nessa corrida ao conhecimento e estão trabalhando atentos aos novos resultados que, diariamente, aparecem na literatura científica. A primeira versão dessa monografia, escrita em 1998, continha diversas informações conflitantes com o conteúdo atual e algumas questões formuladas nas décadas de 80 e 90 que recentemente respondidas (mesmo que ainda sujeitas a confirmação) pelos resultados do satélite WMAP e dos levantamentos de objetos distantes. Se uma monografia sobre esse mesmo tema for escrita dentro de 10 ou 20 anos, temos certeza que ela será ainda mais distinta da escrita em 1998, no que diz respeito aos problemas fundamentais que a Cosmologia pretende resolver.

Conteúdo retirado do site:

http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFIS/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula

<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57/doc/publicacao.pdf?metadatarpository=sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57.41&mirror=sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/03.17.15.17.24>

Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Imagem Geosistemas São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.

Para finalizar a aula, deve ser feita a exposição do conteúdo sobre a corrida espacial e os veículos espaciais. Nesta aula finaliza o conteúdo de Astronáutica proposto no plano semestral da Eletiva. Antes de iniciar o conteúdo específico, deve-se fazer os seguintes questionamentos sobre o assunto:

- O que caracteriza o termo “corrida espacial”?
- Por qual motivo começou?
- Quais países iniciaram a corrida espacial?
- Quais os objetivos destas missões?
- Ainda existe corrida espacial?
- Como são levados os satélites ou pessoas para o espaço?
- Que tipo de veículos são estes?
- Onde são fabricados?
- Qual será o custo de fabricação destes transportes?

Depois dessa discussão, deve ser feita a exposição do conteúdo sobre a corrida espacial, a guerra fria, o final da corrida espacial e os veículos espaciais. A aula se dar a partir de uma apresentação de slides a partir dos textos sugeridos a seguir:

A corrida espacial

A corrida espacial, iniciada em 1957, foi uma competição tecnológica, travada entre a União Soviética e os Estados Unidos pela conquista da órbita terrestre. O objetivo era desenvolver tecnologia que permitisse a construção da primeira aeronave espacial tripulada em órbita e a chegada à Lua.

A Corrida Espacial e a Guerra Fria

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos e União Soviética deixaram de ser aliados e passaram a disputar a influência política e econômica no mundo. Começaram a confrontar-se de forma indireta em territórios periféricos, mas também no campo da cultura, dos esportes e da tecnologia. Entretanto, nunca se enfrentaram diretamente em nenhum conflito militar e, por isso, este período deu-se o nome de Guerra Fria.



Fonte: <https://prezi.com/p/rcf9ff0av4x-/a-corrída-espacial/>

Uma das faces mais visíveis desta disputa foi a Corrida Espacial. Esta consistia no desenvolvimento de veículos que fossem capazes de sobrevoar a órbita terrestre e, quem sabe, ir mais além ao espaço. Igualmente, se pensou em construir um escudo que protegesse cada nação dos mísseis do país inimigo. Para os estudos e desenvolvimento tecnológico, os governos dos dois países recrutaram os melhores cientistas e engenheiros da Alemanha, que se encontravam desempregados após o conflito de 1939-1945.

Embora os dois países tivessem a mesma capacidade técnica e operacional, foram os soviéticos os primeiros a colocarem um satélite em órbita. Os soviéticos foram os primeiros a mandar o satélite Sputnik I ao espaço em 4 de outubro de 1957. A ação russa foi interpretada pelos norte-americanos como um desafio, e quatro meses mais tarde, os EUA colocam o Explorador I em órbita.

Seguiriam os esforços para mandar seres humanos nas naves e para isso, foram feitos testes com animais como a cachorra Laika, em 1957, e outros dois cães e camundongos em 1963. Com o êxito desta última missão, os soviéticos se prepararam para transportar humanos ao espaço. Assim, o cosmonauta Yuri Gagarin (1934-1968), em 12 de abril de 1961, pôde contemplar a Terra mais além da órbita tripulando a nave Vostok I.

Dois anos depois, a União Soviética enviaria a primeira mulher ao espaço, Valentina Vladimirovna Tereshkova, em 16 de junho de 1963. Se os americanos olhavam cada vez mais para a Lua, a URSS passou a se concentrar mais nas possibilidades de colonizar o espaço e isso foi feito com a primeira Estação Espacial, lançada em 1971. Naquele ano, três cosmonautas passaram ali três semanas realizando experimentos.

Os soviéticos ainda mandaram sondas para Marte (1971) e Vênus (1972) deixando de lado o sonho de chegar ao satélite terrestre. Após três meses do lançamento do Sputnik, os EUA lançaram o satélite Explorer I, em 31 de janeiro de 1958, que permaneceu ativo, mandando informações sobre meteoritos, até maio do mesmo ano. No entanto, a missão de Yuri Gagarin fez novamente os Estados Unidos sentirem-se superados. A pressão política interna aumentou nos Estados Unidos diante do desempenho russo e os norte-americanos consideravam-se envergonhados por não liderarem a corrida espacial.

Assim, em 1961, o presidente John Kennedy (1917-1963) anunciou no Congresso que seriam os EUA o primeiro país a levar um homem ao solo lunar pelo projeto Apollo Moon. Em paralelo, foi lançado o Programa Gêmeos, responsável pelo desenvolvimento de uma nave espacial que fosse capaz de fazer o ser humano alunissar e voltar em segurança. Um ano depois, em 20 de fevereiro de 1962, John Glenn orbitou a terra a bordo da nave Friendship 7.

O êxito das pesquisas foi demonstrado em 20 de julho de 1969, quando Neil Armstrong (1930-2012) pisa em solo lunar após uma viagem de três dias juntamente com os astronautas Buzz Aldrin e Michael Collins. Os americanos ainda mandariam mais seis missões tripuladas que alunissariam e trariam pedras lunares para serem analisadas pelos cientistas.

Fim da Corrida Espacial

Vários motivos puseram fim a corrida espacial. Uma das razões foi o encarecimento do combustível, com a primeira crise de petróleo em 1973, que aumentou consideravelmente os custos de produção. Também uma aproximação diplomática entre as duas potências, iniciada nos 70, com o objetivo de terminar com a Guerra Fria. Além dos encontros entre os presidentes se iniciou a cooperação entre as agências espaciais soviética e americana.

O resultado foi o projeto Apollo-Soyuz onde as naves espaciais Apollo, americana, e Soyuz, soviética, encontraram-se e se acoplaram no espaço, em 17 de julho de 1975. Era o fim da corrida espacial. Embora a missão tenha sido um êxito, o programa não foi adiante e as duas nações só voltariam a cooperar em programas espaciais nos anos 90.

Conteúdo retirado do site:

<https://www.todamateria.com.br/corrida-espacial/>

Veículos Espaciais

O transporte espacial é um meio que utiliza veículos tripulados (com pessoas) ou não-tripulados (cargas), a fim de enviá-los ao espaço. Assim, são construídas tecnologias e veículos específicos para lançamento. É um transporte com custos elevadíssimos para sua manutenção e fabricação, sendo esse um dos principais problemas para seu desenvolvimento e experiências realizadas no espaço.

Através de espaçonaves e tecnologias como propulsão, astrodinâmica, dentre outras, os veículos são impulsionados para o espaço. É um tipo de transporte que se desenvolveu muito nos séculos XX e XXI e tem sido um dos objetos de estudo importantes para descobertas surpreendentes.

Com esses meios de transporte é possível:



- Coletar amostras de planetas por meio da exploração, a fim de encontrar respostas sobre a vida humana e a existência de vida extraterrestre. Um exemplo disso, são as coletas e estudos que a NASA está fazendo com o planeta Marte;
- Lançar satélites de telecomunicações (responsável pelo uso da internet e do GPS, por exemplo);
- Turismo espacial, um tipo de turismo aberto para os indivíduos que procuram lazer e não apenas para estudos científicos. As ambições dentro dessa modalidade são grandes;
- Manutenção das estações espaciais, levando astronautas e cargas para a Estação Espacial Internacional.

Para aprimorar um pouco mais o conhecimento sobre a corrida espacial e ônibus espaciais veja o vídeo a seguir, disponível no site *youtube* no *link*:

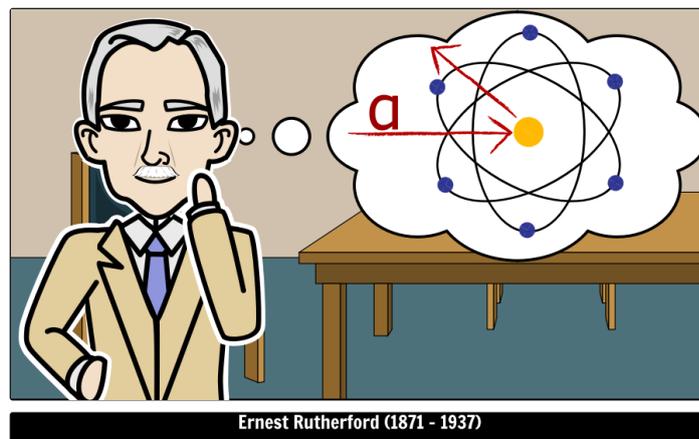


<https://www.youtube.com/watch?v=urAy6BRsMTE>



Conteúdo retirado do site:

<http://meios-de-transporte.info/transporte-espacial.html>



Lista de exercícios

01. Pela relação Tully-Fisher uma galáxia cuja velocidade de rotação é duas vezes superior deve ter uma luminosidade
 - (a) 2 vezes maior.
 - (b) 16 vezes maior.
 - (c) 4 vezes menor.
02. Se a constante de Hubble for igual a 70 km/s/Mpc podemos concluir que o aglomerado de Virgo, $v \sim 1000 \text{ km/s}$, está a
 - (a) cerca de 43 milhões de anos-luz.
 - (b) cerca de 20 milhões de anos-luz.
 - (c) cerca de 80 milhões de anos-luz.
03. Sabendo que a idade do sistema solar é da ordem de 4.6 bilhões de anos podemos concluir que a constante de Hubble deve ser
 - (a) maior que 100 km/s/Mpc .

- (b) menor que 100 km/s/Mpc.
- (c) cerca de 50 km/s/Mpc.

04. Segundo a relatividade restrita um quasar que apresenta redshift igual a 1 deve ter uma velocidade

- (a) $v/c = 1$
- (b) $v/c = 0.3$
- (c) $v/c = 0.6$

05. Em um Universo euclidiano se aumentarmos o limite de detecção em 0.5 magnitude devemos observar cerca de (a) 2 vezes mais galáxias. (b) 3 vezes mais galáxias. (c) 4 vezes mais galáxias.

06. A estrutura do Universo em grande escala é incompatível com a gravitação newtoniana porque

- (a) a lei de ação e reação reduziria o Universo a um buraco negro supermassivo.
- (b) pela lei de Gauss este Universo deveria ter massa nula.
- (c) as galáxias se afastariam com velocidades maiores que a velocidade da luz.

07. A constante de Hubble

- (a) é invariável no tempo e o seu valor é da ordem de 70 km/s/Mpc.
- (b) é variável no tempo.
- (c) mede a taxa de afastamento das galáxias e quasares.

08. Quando o parâmetro de escala do Universo era a metade do seu valor atual

- (a) a densidade de massa era duas vezes maior.
- (b) a densidade de massa era quatro vezes maior.
- (c) a densidade de massa era oito vezes maior.

09. A temperatura efetiva de uma variável do tipo Cefeida é aproximadamente igual à do Sol. Mas a sua dimensão radial é da ordem de 195 raios solares. Quantas vezes mais luminosas que o Sol podem ser estas estrelas?

- (a) 10000
- (b) 20000
- (c) 40000

10. Um observador identifica em um espectro de emissão as linhas H α , H β e H γ . A linha H α apresenta um comprimento de onda de 6700 Angstrom. Qual é o redshift da fonte?

- (a) 0.002
- (b) 0.010
- (c) 0.021

11. A galáxia de Andrômeda está a cerca de 670 Kpc da Via Láctea, mas, ao contrário das galáxias mais distantes, ela se aproxima de nós a uma velocidade de 275 km/s. Isto ocorre porque

- (a) M31 é uma galáxia peculiar.
- (b) M31 e a via Láctea fazem parte de um grupo, o grupo local.
- (c) existe uma enorme quantidade de matéria escura entre nós e M31.

12. As galáxias obedecem à lei de Hubble com um espalhamento da ordem de 100-200 km/s. Este espalhamento é uma decorrência

- (a) da aceleração peculiar que as galáxias sofrem, devido à influência da distribuição local de massa no seu entorno.
- (b) de que a lei de Hubble é uma aproximação sujeita a correções de ordem superior.
- (c) de uma perturbação primordial que persiste até os dias de hoje.

AULA 20

Chegamos ao final do período, e finalizamos as atividades do módulo II com a Aplicação da Avaliação Parcial 2.

Avaliação Parcial 2

01. Leia atentamente as afirmativas a seguir:

I - A terra é um astro iluminado por uma estrela, em torno da qual desenvolve um movimento de rotação.

II - As galáxias, que existem aos milhares, são formadas por estrelas, planetas, satélites, asteróide e outros astros.

III - As estrelas, devido a freqüente explosões, liberam energia, provocando fortíssimo calor.

IV - Os meteoros são pequenos astros, formados por três partes: núcleo, cabeleira e calda.

V - A lua, na fase minguante, vai passando de cheia a nova e sua superfície, vista da Terra, vai diminuindo. São verdadeiras:

(a) II, IV, V; (b) I, III, IV; (c) II, III, V; (d) III, IV, V.

02. A gravidade é a mais fraca das 4 forças da natureza, mas apesar disso domina vários fenômenos astronômicos desde a formação, evolução estelar, dinâmica planetária e evolução do Universo. Isto ocorre porque

a) a gravidade é uma força de longo alcance.

b) a gravidade é uma força atrativa.

c) além de ser atrativa a gravidade é uma força de longo alcance.

03. Orbitando a parte externa da Via Láctea, o halo, podem ser observados agrupamentos de muitas estrelas. Esses agrupamentos receberam o nome de:

a) grupo local.

b) ano luz.

c) enxames globulares.

d) estrelas fixas.

04. A temperatura efetiva de uma variável do tipo Cefeida é aproximadamente igual à do Sol. Mas a sua dimensão radial é da ordem de 195 raios solares. Quantas vezes mais luminosas que o Sol podem ser estas estrelas?

a) 10000

b) 20000

c) 40000

05. Dois observadores morando numa mesma cidade e distantes entre si 20 km observam a Lua. Num dado momento eles se comunicam e percebem uma diferença angular da ordem de 10.73 segundos de arco. Qual é a distância Terra-Lua?

a) 360000 km

b) 370000 km

c) 380000 km

06. Num Universo plano:

a) a estrutura do espaço é euclidiana.

b) o parâmetro de densidade é igual a 1.

c) o Universo tem apenas duas dimensões.

07. A constante de Hubble:

a) é invariável no tempo e o seu valor é da ordem de 70 km/s/Mpc.

b) é variável no tempo.

c) mede a taxa de afastamento das galáxias e quasares.

08. A estrutura do Universo em grande escala é incompatível com a gravitação newtoniana porque:

- a) a lei de ação e reação reduziria o Universo a um buraco negro supermassivo.
- b) pela lei de Gauss este Universo deveria ter massa nula.
- c) as galáxias se afastariam com velocidades maiores que a velocidade da luz.

09. As estrelas do tipo Cefeida apresentam uma relação bastante estreita entre o período de variabilidade e a luminosidade intrínseca. A que se deve a existência desta relação?

- a) É uma consequência da lei de corpo negro.
- b) A relação PL decorre da opacidade ser maior nas atmosferas mais densas.
- c) Esta relação decorre da necessidade da estrutura estelar obedecer ao teorema do virial.

10. Qual é a dimensão do nosso horizonte causal hoje?

- a) Cerca de 10^{21} cm
- b) Cerca 10 bilhões de anos-luz.
- c) Aproximadamente 70 Kilo parsecs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA > INSTITUCIONAL > **AEB**: DISPONÍVEL EM:<<http://www.aeb.gov.br/institucional/sobre-a-aeb/>> acesso em 25 jul 2018.

BEZERRA, Juliana. Toda Matéria. Corrida Espacial. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/corrida-espacial/>> acesso em 04 out. 2018.

CÍRCULO DE GOSECK. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2017. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=C%C3%ADrculo_de_Goseck&oldid=48823500> Acesso em: 17 mai. 2017

CHANKILLO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2017. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Chankillo&oldid=48424264>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

COMETA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Cometa&oldid=56389112>>. Acesso em: 20 set. 2018.

ECLIPSE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Eclipse&oldid=55822031>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

ECLIPSE SOLAR E LUNAR. BRASIL ESCOLA. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/eclipse.htm>> acesso em 23 Jul 2018

FRAZÃO, Dilvan, **E BIOGRAFIA**, Pernambuco, 16/07/2018, disponível em: <https://www.ebiografia.com/isaac_newton/> acesso em: 20/08/2018,

GALÁXIAS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A descoberta das Galáxias. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>> acesso em 25 set. 2018

GALILEO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Galileo&oldid=55835066>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

HISTÓRIA ILUSTRADA DA CIÊNCIA - Universidade de Cambridge, Colin A. Ronam, edição brasileira Jorge Zahar Editor, tradução Jorge Enéas Fortes. Disponível em:<<http://astro.if.ufrgs.br/antiga/antiga.htm>>acesso em 20 mai. 2018.

HISTÓRIA ILUSTRADA DA CIÊNCIA - Universidade de Cambridge, Colin A. Ronam, edição brasileira Jorge Zahar Editor, tradução Jorge Enéas Fortes. Disponível em:<<http://astro.if.ufrgs.br/antiga/antiga.htm>>acesso em 20 mai. 2018.

INTRODUÇÃO A ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA, Universidade Federal do Ceará, disciplina de Astronomia/aula: disponível em: <http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/SOLAR_2/Curso_de_Graduacao_a_Distancia/LFI_S/I_a_P/Introducao_a_Astronomia/aula_03/pdf/05.pdf> acesso em 22 Nov. 2018

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). SGI 2.5 – Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Imagem Geosistemas São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.

JOHN MICHELL. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=John_Michell&oldid=44406673>. Acesso em: 6 jan. 2018.

JÚPITER (PLANETA). In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=J%C3%BApiter_\(planeta\)&oldid=56566180](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=J%C3%BApiter_(planeta)&oldid=56566180)>. Acesso em: 12 set. 2018.

MARÉS. Universidade federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node3.htm>> acesso em: 27 Jul 2018

MARTE (PLANETA). In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Marte_\(planeta\)&oldid=55937660](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Marte_(planeta)&oldid=55937660)>. Acesso em: 12 set. 2018.

MEIOS DE TRANSPORTE. TransporteInfo. Transporte Espacial. Disponível em: <<http://meios-de-transporte.info/transporte-espacial.html>> acesso em 04 out. 2018.

MERCÚRIO (PLANETA). In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Merc%C3%A9rio_\(planeta\)&oldid=55044193](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Merc%C3%A9rio_(planeta)&oldid=55044193)>. Acesso em: 12 set. 2018.

METEORO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Meteoro&oldid=55769037>>. Acesso em: 20 set. 2018.

METEORITO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Meteorito&oldid=55045613>>. Acesso em: 23 set. 2018.

METEOROIDE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Meteoroide&oldid=56541993>>. Acesso em: 23 set. 2018.

MULLER, Machado , Et. All. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Fonte de Energia e Tempo de Vida das Estrelas. Disponível em: <https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/aula2/aula2i.pdf> acesso em: 25 set. 2018

MOVIMENTO ANUAL DO SOL E AS ESTAÇÕES DO ANO: Universidade Federal do Rio grande do Sul. Rio Grande do Sul, disponível em: < <http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>> acesso em 25 jul. 2018.

NICOLAU COPÉRNICO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Nicolau Cop%C3%A9rnico&oldid=56441007](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Nicolau_Cop%C3%A9rnico&oldid=56441007)>. Acesso em: 10 fev. 2018

NETUNO (PLANETA). In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Netuno_\(planeta\)&oldid=56599117](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Netuno_(planeta)&oldid=56599117)>. Acesso em: 15 set. 2018.

NEWGRANGE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2015. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Newgrange&oldid=43057889>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

NORTH, John. Cosmos: An Illustrated History of Astronomy and Cosmology, The University of Chicago Press, 2008.

O SISTEMA SOLAR. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/solarsys.htm>>, acesso em 15 Ago 2018

PACIEVITCH, Thais. INFOESCOLA. São Paulo, disponível em : <<https://www.infoescola.com/astrologia/onibus-espacial/>> acesso em 28 Jul 2018

RONAN, Colin A. História Ilustrada da Ciência - Universidade de Cambridge, edição brasileira Jorge Zahar Editor, tradução Jorge Enéas Fortes.

RUBIO, Isabel. ELPAIS.. Por que os astronautas crescem até cinco centímetros quando vão ao espaço. 10 JAN 2018. Disponível em:< https://brasil.elpais.com/brasil/2018/01/10/ciencia/1515596656_020248.html> acesso em 23 Set. 2018.

SARAIVA, Maria. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Etapas evolutiva das estrelas Formação estelar. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/estrelas.htm>> acesso em: 25 set. 2018.

SATURNO (PLANETA). In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Saturno_\(planeta\)&oldid=56436241](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Saturno_(planeta)&oldid=56436241)>. Acesso em: 12 set. 2018

STONEHENGE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Stonehenge&oldid=56394684>>. Acesso em: 2 jan. 2018.

STEROIDE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Asteroide&oldid=56403645>>. Acesso em: 20 set. 2018.

TERRA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Terra&oldid=55974871>>. Acesso em: 12 set. 2018

TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Tr%C3%B3pico de Capric%C3%B3rnio&oldid=54864519](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Tr%C3%B3pico%20de%20Capric%C3%B3rnio&oldid=54864519)>. Acesso em: 18 abr. 2018.

URANO (PLANETA). In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Urano_\(planeta\)&oldid=56691434](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Urano_(planeta)&oldid=56691434)>. Acesso em: 15 set. 2018.

VARINO, Cláudia. CiênciaViva. Escola Secundária. A exploração de Marte. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/rede/space/home/desafio3/desafio3azambuja11.pdf>> acesso em 30 set. 2018

VÊNUS (PLANETA). In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=V%C3%A9nus_\(planeta\)&oldid=56703435](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=V%C3%A9nus_(planeta)&oldid=56703435)>. Acesso em: 12 set. 2018.